

Mykologie am Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie der Universität Tübingen, 1974-2011

FRANZ OBERWINKLER

Kurzfassung

Wir beschreiben die mykologischen Forschungsaktivitäten am ehemaligen Lehrstuhl „Spezielle Botanik und Mykologie“ der Universität Tübingen von 1974 bis 2011 und ihre internationalen Ausstrahlung. Leitschiene unseres gemeinsamen mykologischen Forschungskonzeptes war die Verknüpfung von Gelände- mit Laborarbeiten sowie von Forschung mit Lehre. Dieses Konzept spiegelte sich in einem weit gefächerten Lehrangebot, das insbesondere den Pflanzen als dem Hauptsubstrat der Pilze breiten Raum gab. Lichtmikroskopische Untersuchungen der zellulären Baupläne von Pilzen bildeten das Fundament für unsere Arbeiten: Identifikationen, Ontogeniestudien, Vergleiche von Mikromorphologien, Überprüfen von Kulturen, Präparateauswahl für Elektronenmikroskopie, etc. Bereits an diesen Beispielen wird die Methodenvernetzung erkennbar.

In dem zu besprechenden Zeitraum wurden Ultrastrukturuntersuchungen und Nukleinsäuresequenzierungen als revolutionierende Methoden für den täglichen Laborbetrieb verfügbar. Flankiert wurden diese Neuerungen durch ständig verbesserte Datenaufbereitungen und Auswertungsprogramme für Computer. Zusammen mit den traditionellen Anwendungen der Lichtmikroskopie und der Kultivierung von Pilzen stand somit ein effizientes Methodenspektrum zur Verfügung, das für systematische, phylogenetische und ökologische Fragestellungen gleichermaßen eingesetzt werden konnte, insbesondere in der Antibiotikaforschung, beim Studium zellulärer Interaktionen von Parasiten und Wirten, bei der Analyse mykorrhizierter Wurzeln und von Algen-Pilz-Assoziationen sowie bei den Insekt-Pilz-Vergesellschaftungen.

Systematisch-phylogenetische Untersuchungen haben wir an nahezu allen Großgruppen der Basidiomyceten durchgeführt. Ursprünglich konzentrierten sich diese Arbeiten auf die damals „Heterobasidiomyceten“ genannten Taxa der Rost- und Brandpilze, der Zitter- und Tränenpilze und ihrer nächsten Verwandten. Sie wurden dann ausgeweitet auf die Nichtblätterpilze und schließlich auch auf Blätter- und Bauchpilze angewendet. Neben Basidiomyceten wurden von uns auch Ascomyceten studiert, einschließlich der nur in asexuellen Stadien bekannten Gruppen. Schließlich haben wir uns saproben und besonders den parasitischen Oophyten gewidmet. Diese „Falschen Mehltaupilze“ wurden mikromorphologisch und molekularphylogenetisch bearbeitet und, wenn möglich, nach ihren koevolutiven Trends interpretiert.

Mit unseren Studien haben wir wesentlich zum verbesserten Verständnis der Phylogenie und der Evolutionstendenzen der Pilze beigetragen. Zahlreiche Arten, Gattungen, aber auch Familien und Ordnungen wurden von uns als neue Sippen beschrieben.

Mit unserer Beteiligung an der Untersuchung „neuartiger Waldschäden“ begannen die Studien an Pilz-Wurzel-Vergesellschaftungen. In unseren Wäldern sind Arten der Kieferngewächse sowie der Buchen- und Birkengewächse dominant. Diese Wälder sind Ektomykorrhiza-Vegetationen. Ektomykorrhizen wurden von uns über Jahrzehnte hinweg in heimischen Wäldern, dann aber auch in Taiwan und Südecuador beprobt und im Labor als Kulturen in ihrer Ontogenie und strukturellen Differenzierung licht- und elektronenmikroskopisch untersucht sowie physiologisch und molekularphylogenetisch analysiert. Dies zeigt erneut den hohen methodischen Vernetzungsgrad an unserem Lehrstuhl. Nach Ausweiten unserer Untersuchungen von Pilz-Wurzel-Assoziationen auf unterschiedliche Landpflanzengruppen haben wir auch arbuskuläre, ericoide und arbutoide Mykorrhizen sowie Orchideen-Pilzvergesellschaftungen studiert. Schließlich kamen noch die Mykothalli von Lebermoosen als Untersuchungsobjekte hinzu. Mit diesen Arbeiten einher gingen Untersuchungen an pilzlichen Endophyten von Waldbäumen und an Mikropilzen der Rhizosphären und der Böden.

Basidiolichenen wurden von uns mehrfach hinsichtlich der zellulären Baupläne und der Pilz-Algen-Interaktionen licht- und elektronenmikroskopisch untersucht sowie in Übersichten vergleichend dargestellt.

Abstract

The mycological research, conducted from 1974-2011 by the staff of the former chair of „Systematic Botany and Mycology“, University of Tübingen, is reviewed in this article. The availability of electronmicroscopic and molecular techniques has revolutionized studies in fungi. In addition, the application of computer facilities for analyzing of huge data sets, and programs for constructing phylogenetic trees, opened new fields of research. Including traditional and well established methods of light microscopy and of culture techniques, a reasonable set of methods was available to study systematics, phylogeny and ecology in a so far unknown magnitude. We applied a concept of integrating field studies with laboratory work. This strategy has been supported effectively by teaching programs. Particular focus was given to plants because of their unparalleled importance in fungal ecology.

In our studies, light microscopy played a basic role, referring to identification, life cycle reconstruction, comparison of micromorphologies, checking of fungal cultures, screening for optimal slides in ultrastructural work, etc. In this context, the network of methodologies is quite obvious, and was highly effective in studies of fungi producing antibiotics, interacting as parasites with their hosts, or as symbionts in the rhizosphere, in basidiolichens, and in insect associations.

We have carried out studies in systematics and phylogeny of major basidiomycetous lineages, starting with taxa of the former „Heterobasidiomycetes“, rusts, smuts, and all kinds of jelly fungi. Then we added non-gilled and gilled Homobasidiomycetes, including gasteroid forms. These studies have contributed considerably to an improved understanding of basidiomycete phylogeny and evolution. Numerous species and genera as well as families and orders have been introduced by us and our collaborators. We have also studied the morphology, ecology and phylogeny of some Ascomycetes, including groups only known from asexual stages. Our work on Oophyta started with saprobic ones but quickly focussed on plant parasites of the downy mildews, studying their micromorphologies, phylogenies and coevolutionary trends.

Symptoms of a previously unknown forest decline in Central Europe had a strong impact on our myco-ecological work. We started studies on ectomycorrhizal systems in our native climax vegetations, i.e. ectomycorrhizal vegetations, dominated by trees of the Pinaceae, Fagaceae and Betulaceae. These studies were extended to Taiwan and South Ecuador. Ectomycorrhizal systems were established in the lab and studied ontogenetically, ultrastructurally, and physiologically. Finally, molecular identification and phylogenetic reconstructions became very important. Again, these approaches underpin a rather effective networking of methods in our lab. Extending our work to diverse groups of land plants led us to studies in arbuscular, ericoid, arbutoid, and orchid mycorrhizae. Also mycothalli of liverworts, fungal endophytes in forest trees, and microfungi of the rhizosphere and of soil ecosystems were included in our research.

We were interested in basidiolichens over a long time. Cellular constructions of basidiocarps, lichen thalli, and fungus-alga interactions have been studied microscopically and ultrastructurally.

Autor

Prof. Dr. em. FRANZ OBERWINKLER

Universität Tübingen, Institut für Organismische Botanik (ehemals Institut für Spezielle Botanik und Mykologie), Auf der Morgenstelle 1, 72076 Tübingen,

E-Mail: franz.oberwinkler@uni-tuebingen.de

Inhalt

Einleitung	5
Pilze	5
Basidiomycota	6
„Heterobasidiomycetes“	7
Pucciniomycotina, Rostpilz-Verwandtschaft	8
Cryptomycocolacales	8
Mixiales	10
Agaricostilbales	10
Spiculogloeales	11
Atractiellales	11
Classiculales	12
Naohideales	12
Cystobasidiales	12
Platyglloeales	12
Helicobasidiales	13
Pucciniales (Uredinales), Rostpilze	14
Septobasidiales, Schildlausparasiten	18
Pachnocybales	18
Heterogastridiales	19
Leucosporidiales, Sporidiobolales	19
Microbotryales, Falsche Brandpilze	19
Ustilaginomycotina, Echte Brandpilze	23
Urocystales	24
Ustilaginales	25
Tilletiales, Steinbrände	28
Georgerfischeriales	29
Doassansiales	30
Entylomatales	30
Ceraceosorales	30
Microstromatales	30
Exobasidiales	31
Graphiolales, Palmenbrände	33
Brachybasidiales und Cryptobasidiales	33
Malasseziales	34
Entorrhizales	34
Agaricomycotina	36
Bartheletiaceae	36
Tremellales, Zitterpilze	36
Filobasidiales	38
Cystofilobasidiales	39
Dacrymycetales, Tränenpilze	40
Sebacinales, „Wurzelpilze“ mit weitgehend unbekannter Vielfalt	41
Auriculariales, Judasohrpilze und Verwandte	43
Tulasnellales	46
Cantharellales, Pfifferlings-Verwandtschaft	47
Trechisporales	48
Phallales, Stinkmorchel-Verwandtschaft	49
Hymenochaetales, Borstenscheiben, Feuerschwamm-Verwandtschaft	50
Polyporales, Porlinge und Verwandte	51

Thelephorales, Erdwarzenpilze, Habichtspilz und Verwandte	53
Russulales, Täublinge, Milchlinge und Verwandte	54
Atheliales.....	56
Boletales, Röhrlinge, Steinpilz-Verwandtschaft	57
Amylocorticiales	59
Agaricales, Blätterpilze im engen Sinne	61
Hygrophoraceae, Schnecklinge und Verwandte	61
Stephanosporaceae	63
Lachnellaceae	63
Physalacriaceae (Armillariaceae), Familie der Hallimaschpilze und Verwandter.....	64
Marasmiaceae, Schwindlinge und Verwandte	65
Amanitaceae, Knollenblätterpilze, Wulstlinge und Verwandte	66
Mycenaceae, Helmlinge und Verwandte	69
Tricholomataceae, Ritterlinge und Verwandte.....	69
Nidulariaceae, Nestpilze.....	70
Agaricaceae, Champignon-Verwandtschaft.....	71
Hydnangiaceae, Lacktrichterlinge und Verwandte	71
Cortinariaceae, Schleierlinge und Verwandte	73
Crepidotaceae, Stummelfüßchen und Verwandte	74
Bolbitiaceae, Mistpilze und Verwandte	74
Strophariaceae, Träuschlinge und Verwandt	74
Basidiomyceten-Gattungen incertae sedis	75
Ektomykorrhizen mit Basidiomyceten.....	75
Ascomycota, Schlauchpilze und ihre asexuellen Stadien	78
Saprobe Arten.....	78
Mykoparasiten.....	78
Pflanzenparasiten	79
Humanpathogene Arten.....	80
Borkenkäferpilze	81
Hefen in Termiten	81
Ektomykorrhizabildner.....	81
Hefen	82
Pilze des Bodens und des Wurzelraumes	82
Glomeromycota	82
Oophyta, Falsche Mehltäupilze und ihre Verwandten	86
Waldökosysteme	87
Mykologische Untersuchungen zu „Neuartigen Waldschäden“	87
Sturmwurfflächen, verursacht durch die Orkane „Vivian“ und „Wiebke“ und „Lothar“.....	89
Nadelpilzsukzessionen	91
Pilz-Borkenkäfer-Assoziationen	91
Pilze tropischer Böden und Wälder.....	92
Ausbildung	93
Nationale und Internationale mykologische Aktivitäten.....	93
Längere Forschungsaufenthalte von Mykologinnen und Mykologen in Tübingen	97
Ehemalige Doktoranden und Mitarbeiter, die heute Hochschullehrer sind	97
Auszeichnungen für Dissertationen	98
Schlußbemerkungen	99
Dank	99
Literatur	100

Einleitung

Die mykologische Forschung am ehemaligen Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie der Universität Tübingen betrachten wir in diesem Rückblick unter dem Gesichtspunkt des Fortschritts unserer Wissenschaftsdisziplinen. Um unsere Forschungsrichtungen, die schwerpunktmäßig auf Systematik, Evolution und Ökologie der Basidiomyceten ausgerichtet waren, vor 40 Jahren dem neuesten Stand der Methodik anzupassen, hat OBERWINKLER, der den Lehrstuhl am 1.3.1974 übernahm, neben einer neuen lichtmikroskopischen Ausstattung auch ein elektronenmikroskopisches Labor einrichten können. Die Voraussetzungen für die Kultivierung und experimentelle Untersuchung von Pilzen wurden geschaffen. Dies war der Weitsicht des damaligen Präsidenten der Universität Tübingen, ADOLF THEIS, zu verdanken. Es ermöglichte der jungen Tübinger Mykologengruppe den gleichzeitigen Einstieg in die aktuellen Forschungsmethoden der Ultrastruktur, der Kultivierung von Pilzen und der Arbeiten mit antibiotisch aktiven Metaboliten.

Wir stellen unsere mykologische Forschung nach Themenkreisen gegliedert dar, die durch jeweils verwandte Pilzgruppen definiert sind. Diese Abfolge soll verdeutlichen, dass nicht die Einrichtung unterschiedlich methodischer, voneinander getrennter Arbeitsrichtungen unser Ziel war, sondern ganz im Gegenteil eine möglichst enge Vernetzung. Diese über Jahrzehnte praktizierte Forschungsstrategie hat sich für alle kooperativ beteiligten Mitarbeiter als optimal erwiesen.

Dem Lehrstuhl angegliedert war eine selbständige Abteilung für Vegetationskunde unter der Leitung von WILHELM SAUER. Vom mykologischen Bereich war auch die Arbeitsgruppe von AXEL BRENNICKE, die molekularbiologisch an höheren Pflanzen arbeitete, thematisch abgekoppelt. Seit 2009 wird der Lehrstuhl, der inzwischen in „Organismische Botanik“ umbenannt wurde, kommissarisch von MICHAEL WEIß geleitet.

Die Benennung der Taxa, von den Ordnungen bis zur Abteilung folgt der Nomenklatur von HIBBETT et al. (2007). Taxonnamen werden ohne Autoren verwendet. Um auch Nicht-Mykologen den Text verständlich zu machen, wurden, soweit möglich, neben wissenschaftlichen auch gebräuchliche deutsche Volksnamen verwendet. Zitiert werden in diesem Rückblick nur Publikationen, die an unserem Lehrstuhl entstanden sind oder an denen unsere Mitarbeiter beteiligt waren. Damit werden, bedauerlicherweise, Diplom- und Zulassungsarbeiten nicht referiert.

Ausgangspunkt unserer verschiedenen mykologischen Forschungsrichtungen waren immer Pilze in ihren Lebensräumen. Dieser Ansatz bestätigte ständig den Stellenwert der Geländearbeit mit Beobachten, Erkennen, Sammeln, Identifizieren und schließlich Kultivieren der Pilze. In dieses Primärkonzept ging der Lebensraum als die zentrale ökologische Komponente schlechthin ein und damit wurden die jeweiligen Pflanzen- und Tierarten als obligate Interaktionspartner der Pilze angemessen berücksichtigt.

Zu Beginn standen Arbeiten an zellulären Bauplänen saprober und parasitischer Basidiomyceten sowie Isolierungen und Charakterisierungen antibiotischer Inhaltsstoffe von ausgewählten Arten. Es folgte 1978 eine Ausweitung der Untersuchungen auf Boden- und Holzpilze sowie Mykorrhizen von heimischen Waldbäumen im Rahmen der Waldschadensforschung. Als molekulare Analysen von Pilzen möglich wurden, haben wir diese mit den seither bewährten Methoden verknüpft, um Aussagen zur Biodiversität, Ökologie und Phylogenie der Pilze zu optimieren.

Pilze

In einer aktualisierten Übersicht haben PRILLINGER et al. (2002) die Systematik und Phylogenie der Echten Pilze (Fungi) unter besonderer Berücksichtigung der Asco- (Schlauchpilze) und Basidiomyceten (Ständerpilze) dargestellt. – Basierend auf den Genomen von 21 Pilzen, drei Tieren und *Arabidopsis thaliana* haben KURAMAE et al. (2006) ein Dendrogramm erstellt, für das sie die größtmögliche Sicherheit einer richtigen phylogenetischen Hypothese annah-

men. Die Tiere stellen die Schwestergruppe der Pilze dar, Asco- und Basidiomycota sind Nachbarabteilungen. – Für das groß angelegte Projekt „Assembling the Fungal Tree of Life“ (AFTOL) haben CELIO et al. (2006) auf die benötigten Datenbanken für strukturelle und biochemische Merkmale hingewiesen. Um die dabei auftretenden Schwierigkeiten zu verdeutlichen, wurden Septenporen, Kernteilungen und Spindelpolzyklen als Beispiele erläutert.

Basidiomycota, Ständer- oder Basidienpilze

Bei der Tagung der damals noch als „Gesellschaft für Pilzkunde“ benannten und durch Mitgliederbeschluss in „Gesellschaft für Mykologie“ umbenannten Vereinigung in Tübingen hat OBERWINKLER am 29.9.1977 zum Thema „Was ist ein Basidiomycet“ referiert (OBERWINKLER 1978). Die von ihm angeführten fünf Merkmalsträger zur Unterscheidung von Asco- und Basidiomycota, nämlich Meiosporangien (Asci bei Ascomycota / Basidien bei Basidiomycota), Septentypen (einfache Poren mit Woronin-Körpern/einfache Poren mit / ohne Microbodies / Doliporen), Zellwandeigenschaften (zweischichtig / mehrschichtig), Hefeknosung (mit kontinuierlicher Wand / mit Kragenbildung) und diverse Chemismen, haben weiterhin Gültigkeit. Rückblickend soll daran erinnert sein, dass damals noch deutlich gemacht werden musste, dass Ustilaginales, Tilletiales, Sporobolomycetales, Exobasidiales, Cryptococcales und Cryptobasidiales tatsächlich den Basidiomyceten zuzurechnen sind.

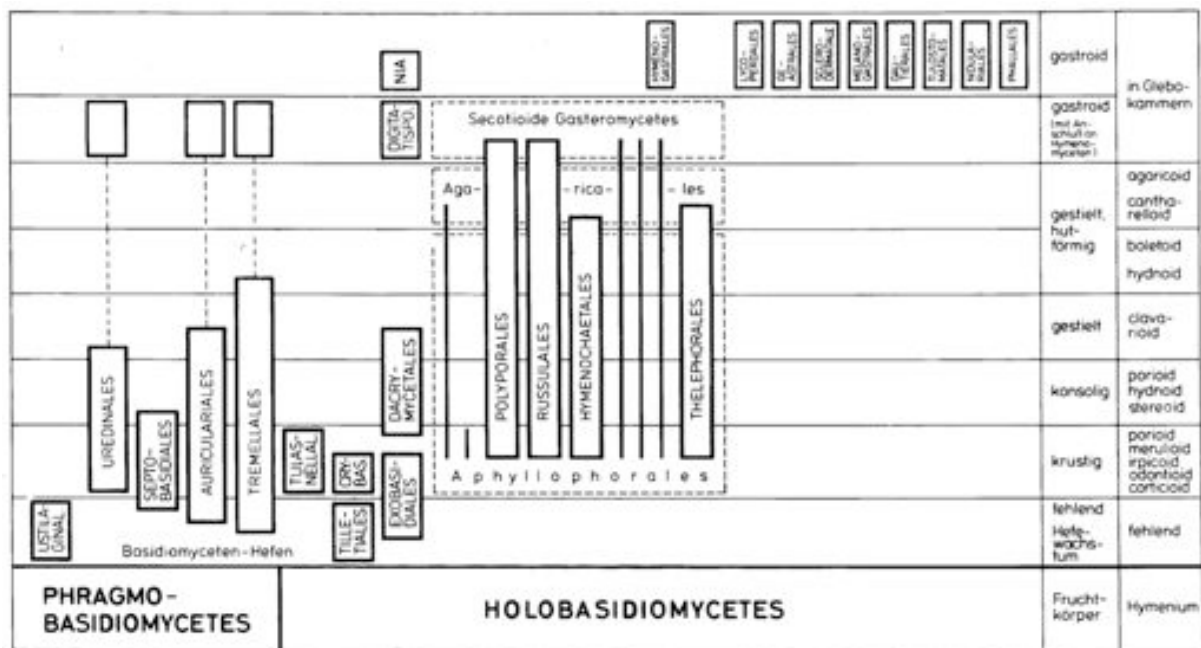


Abb. 1: System-Vorschlag für die Gruppierung natürlicher Verwandtschaften der Basidiomyceten. Aus OBERWINKLER (1977a). In diesem System aus „vormolekularer Zeit“ wurde versucht, natürliche Verwandtschaften darzustellen. Die Abfolge der Taxa von links nach rechts sollte ihre Phylogenie illustrieren. Die vertikalen Säulen stellen Monophyla dar, von denen mehrere damals bereits gut abgesichert waren. Andere, wie die Polyporales und besonders die Russulales, erschienen revolutionär. Besonders wichtig war die Auflösung der Nichtblätterpilze (Aphyllaphorales) und Blätterpilze (Agaricales s.l.) und die jeweilige Anbindung von Bauchpilzen (secotioides Gasteromycetes). Es verblieben isolierte Gasteromyceten, die nach makro- und mikromorphologischen Merkmalen an keine der nicht-gasteroiden Verwandtschaften angebunden werden konnten.

Während seiner Studien an „Primitiven Basidiomyceten“ (OBERWINKLER 1965) wurden die meisten der damals in der Bayerischen Staatssammlung München aufbewahrten heterobasidialen und aphyllaphoralen Typusarten von Basidiomyceten-Gattungen vergleichend lichtmikroskopisch untersucht. Diese Arbeiten konnten mit Unterbrechungen bis 1974 fortgesetzt und auf agaricale und gastroide Gruppen ausgeweitet werden. Das Ergebnis dieser Untersuchungen erschien in einer stark komprimierten Form als „Das neue System der Basidiomyce-

ten“ (OBERWINKLER 1977a). Aus dieser Publikation reproduzieren wir das Schema des Systems (Abb. 1) weil hier das Wesentliche wiedergegeben wird: Unterschiedliche Fruchtkörperbaupläne, wie corticioid, merulioide, porioide, stereoid, hydroid, clavarioide, cantharelloide, boletoid, agaricoid oder gasteroid, sind mehrfach und unabhängig voneinander entstanden. Nach Jahren wurden diese Vorstellungen molekularphylogenetisch bestätigt. Die daraus resultierende Konsequenz für die Systematik erzwang eine gravierende Umgruppierung der Großtaxa, z.B. der Polyporales, Russulales oder Thelephorales. Für die Hymenochaetales und Boletaceae war eine solche Interpretation schon akzeptiert. Nicht aufgelöst werden konnten die meisten Agaricales und die „echten“, d.h. nicht secotialen Gasteromyceten. Unter den damals gebräuchlichen Phragmobasidiomyceten waren die Ustilaginales, Uredinales, Septobasidiales, Auriculariales und Tremellales zusammengefasst. Zu den Heterobasidiomyceten erweitert enthielt diese Gruppierung auch noch die Tilletiales, Cryptobasidiales, Exobasidiales, Dacrymycetales und Tulasnellales. Den mikrostrukturellen Merkmalen der Meiosporangien haben wir eine besondere Bedeutung beigemessen, sie daher vergleichend analysiert. Diese Thematik hatte OBERWINKLER (1964a) knapp zusammengefasst und dann (OBERWINKLER 1982) auch auf die Systematik der gesamten Basidiomyceten angewendet. In den Anmerkungen zur Evolution und Systematik der Basidiomyceten (OBERWINKLER 1985) wurden neben den konvergent entstandenen Fruchtkörperbauplänen auch Basidiomycetenhefen im ontogenetischen und phylogenetischen Kontext dargestellt.

Heterobasidiomyceten mit ontogenetischen Hefestadien hat OBERWINKLER (1987) besprochen. Zu dieser Zeit waren ultrastrukturelle Merkmale der Septenporen soweit bekannt, dass sie von „einfachen“ Poren bis zu komplexen Doliporen als Spiegel der Basidiomycetenevolution gedeutet werden konnten. Die 5S rRNAs von mehr als 50 Basidiomycetenarten waren damals bereits in unserem Tübinger Labor sequenziert worden (BLANZ & GOTTSCHALK 1985, GOTTSCHALK 1985, GOTTSCHALK & BLANZ 1984, 1985). Die Verteilung von Typ-A- und Typ-B-Sekundärstrukturen der 5S rRNAs trennte die Rostpilz-Verwandtschaft (Pucciniomycotina) von den übrigen Basidiomyceten (Ustilaginomycotina und Agaricomycotina). Dies wurde in allen nachfolgenden molekularphylogenetischen Hypothesen, basierend auf unterschiedlichen Sequenzbereichen, untermauert (HIBBETT et al. 2007). Bei Verwendung von β -Tubulin-Genen konnte die Monophylie der Basidiomyceten, der Ustilaginomycotina und der Agaricomycotina (als Hymenomycetes) bestätigt werden (BEGEROW et al. 2004a), nicht jedoch die der Pucciniomycotina (als Urediniomycetes).

In der Evolution der Pilze sind Substratabhängigkeiten auf unterschiedlichen systematischen Ebenen außerordentlich bedeutungsvoll. In einer Übersicht zur Biodiversität filamentöser Pilze hat OBERWINKLER (1992b) besonders Basidiomyceten hinsichtlich ihrer Substratbindungen und damit einhergehenden Funktionen in Ökosystemen dargestellt. Diese Thematik hat er mehrfach (OBERWINKLER 1993a, 2009) zusammengefasst: Parasitismus an Pilzen und Pflanzen ist bei basalen Basidiomyceten weit verbreitet. Mykorrhizierungen sind dagegen weitgehend auf die Agaricomycotina und Lichenisierungen (Flechtenbildungen) sogar auf die Agaricomycetes beschränkt. Exklusiv saprobe Basidiomyceten fehlen bei den Ustilaginomycotina, sie sind bei den Pucciniomycotina selten und bei den Agaricomycotina weit verbreitet. Dies erweckt den deutlichen Eindruck einer Evolutionstendenz in den Großgruppen. Die Abfolge der Ordnungen (Abb. 2) lehnt sich an die Übersicht von HIBBETT et al. (2007) an.

„Heterobasidiomycetes“

Die Heterobasidiomyceten bildeten den Fokus für systematisch-phylogenetische Untersuchungen an unserem Lehrstuhl. Bis 2009 hat die Reihe „Studies in Heterobasidiomycetes“, die 1980 begonnen wurde, 235 Publikationen erbracht. – Heterobasidiomyceten waren ein erweiterter taxonomischer Ersatz für die Phragmobasidiomyceten, die sich, der Name deutet darauf hin, durch mehrzellige, septierte Basidien (Phragmobasidien) auszeichnen und von den Basidiomyceten mit einzelligen Basidien (Holobasidien) unterscheiden. Insgesamt kann in

dieser Gruppe eine hohe Variabilität wichtiger Merkmale festgestellt werden, die OBERWINKLER (1992a) aufgelistet hat. Unter diesen ist die Plastizität der Sporenkeimung besonders bemerkenswert: Hefen, Schleudersporen, Konidien oder Hyphen. Einen Überblick über tropische Heterobasidiomyceten hat OBERWINKLER (1995) erstellt. In einer detaillierten Übersicht haben WEIß et al. (2004a) mit ultrastrukturellen und molekularen Daten deutlich gemacht, dass „Heterobasidiomycetes“ nicht monophyletisch sind. Vielmehr beinhalten sie, nach damaliger Nomenklatur, Urediniomycetes, Ustilaginomycetes und basale Gruppen der Hymenomycetes. Die Autoren listeten alle Gattungen, mit Ausnahme jener der Rostpilze, auf und ordneten sie den höheren Taxa zu. Den Mykoparasitismus verstanden sie als treibenden Motor in der Evolution der Basidiomyceten, eine Thematik, die seit dem Beginn der Untersuchungen an heterobasidialen Mykoparasiten an unserem Lehrstuhl häufig diskutiert wurde. Desgleichen war in ständiger Diskussion, ob *Cryptomycocolax abnormis* der basale Basidiomycet schlechthin ist. Die Atractiellales erwiesen sich als monophyletisch. Innerhalb der Urediniomycetes wurden zwei Gruppen mit Pflanzenparasiten ausgewiesen, die Rostpilze und die Platyglloeales. Überraschend war der Befund, dass *Helicobasidium* nicht in die Platyglloeales fällt. Dass die Brandpilze in zwei große, konvergent evolvierte Gruppen zerfallen, wurde ausführlich thematisiert. Die Ustilaginomycetes wurden als Schwestergruppe der Hymenomycetes angesehen. Für die *Malassezia*-Hefen, lipophile Hautbewohner von Säugetieren, wurde eine Herkunft von Pflanzenparasiten angenommen.

Klassifikationsprobleme von Sebaciales und Auriculariales wurden im historischen Kontext beleuchtet. Schließlich wurde auf die Frage der Abgrenzung von „Heterobasidiomyceten“ und „Homobasidiomyceten“, unter besonderer Berücksichtigung der Ceratobasidiales, eingegangen.

Unsere Arbeiten an heterobasidialen Pilzen resultierten aus einem Verbund von Organismenkenntnis, der Verfügbarkeit und der gezielten Verwendung optimierter Methoden von Kulturtechniken, von Licht- und Elektronenmikroskopie und von molekularen Analysen. Die Themenverteilung mag anfangs als zu breit gestreut erschienen sein, hat sich aber im Verlaufe der Zeit zu einem Gesamtbild verdichtet, für das viele Bausteine unverzichtbar waren.

Pucciniomycotina, Rostpilz-Verwandtschaft

Diese Unterabteilung der Basidiomycota wurde von BAUER et al. (2006) nomenklatorisch begründet sowie systematisch und phylogenetisch bis zu den Ordnungen dargestellt. Sie fasst die „einfachporigen“ Basidiomyceten zusammen. An einer Übersicht der Klassifikation der Pucciniomycotina durch AIME et al. (2006) waren vier Mitarbeiter des Lehrstuhls beteiligt. In der phylogenetischen Systematik der gesamten Pilze (HIBBETT et al. 2007) wurde unser System der Pucciniomycotina und der Ustilaginomycotina übernommen.

Cryptomycocolacales

Bisher sind nur zwei Arten aus der Ordnung Cryptomycocolacales bekannt. Beide sind Mykoparasiten an Ascomyceten, die Colacosomen und einfache Septenporen sowie plattenförmige Spindelpolkörper besitzen. Die subzellulären Strukturen weisen auf eine basale Stellung in der Rostpilzverwandtschaft und damit der gesamten Basidiomycota hin. Diese Position kann auch molekularphylogenetisch gestützt werden.

Cryptomycocolax abnormis haben OBERWINKLER & BAUER (1990), nach einer Aufsammlung von OBERWINKLER vom Vulkan Irazú, Costa Rica, beschrieben. Der Pilz parasitiert einen Ascomyceten. Die Interaktionsorganelle sind zwei unterschiedliche Colacosomen. Ein Colacosomentyp wurde von BAUER & OBERWINKLER (1991) von *Platygllea peniophorae* (*Colacogloea p.*) beschrieben. Das konvergente Auftreten dieser sehr speziellen, mykoparasitischen Interaktionsorganelle bei Cryptomycocolacomycetes und Microbotryomycetes haben BAUER et al. (2006) diskutiert. Die einfachen Septenporen von *Cryptomycocolax abnormis* werden von Mikrobodies flankiert, die Woroninkörperchen gleichen. Dieses Ascomyceten-Merkmal

findet sich bei Basidiomyceten nur noch bei der nächst verwandten Gattung *Colacosiphon* (KIRSCHNER et al. 2001a). Auch die Spindelpolkörperchen der Kernteilungs-Interphase entsprechen in Lage, Struktur und Teilungsverhalten jenen der Ascomyceten. Erst in der späten Interphase entstehen die für Basidiomyceten typischen Mittelstücke zwischen den Spindelpolkörperplatten. In molekularphylogenetischen Analysen bilden *Cryptomycocolax* und *Colacosiphon* einen gut unterstützten Ast, der eine basale Position im Dendrogramm der Basidiomyceten einnimmt und als eigene Klasse, Cryptomycocolacomycetes, ausgewiesen wurde (BAUER et al. 2006).

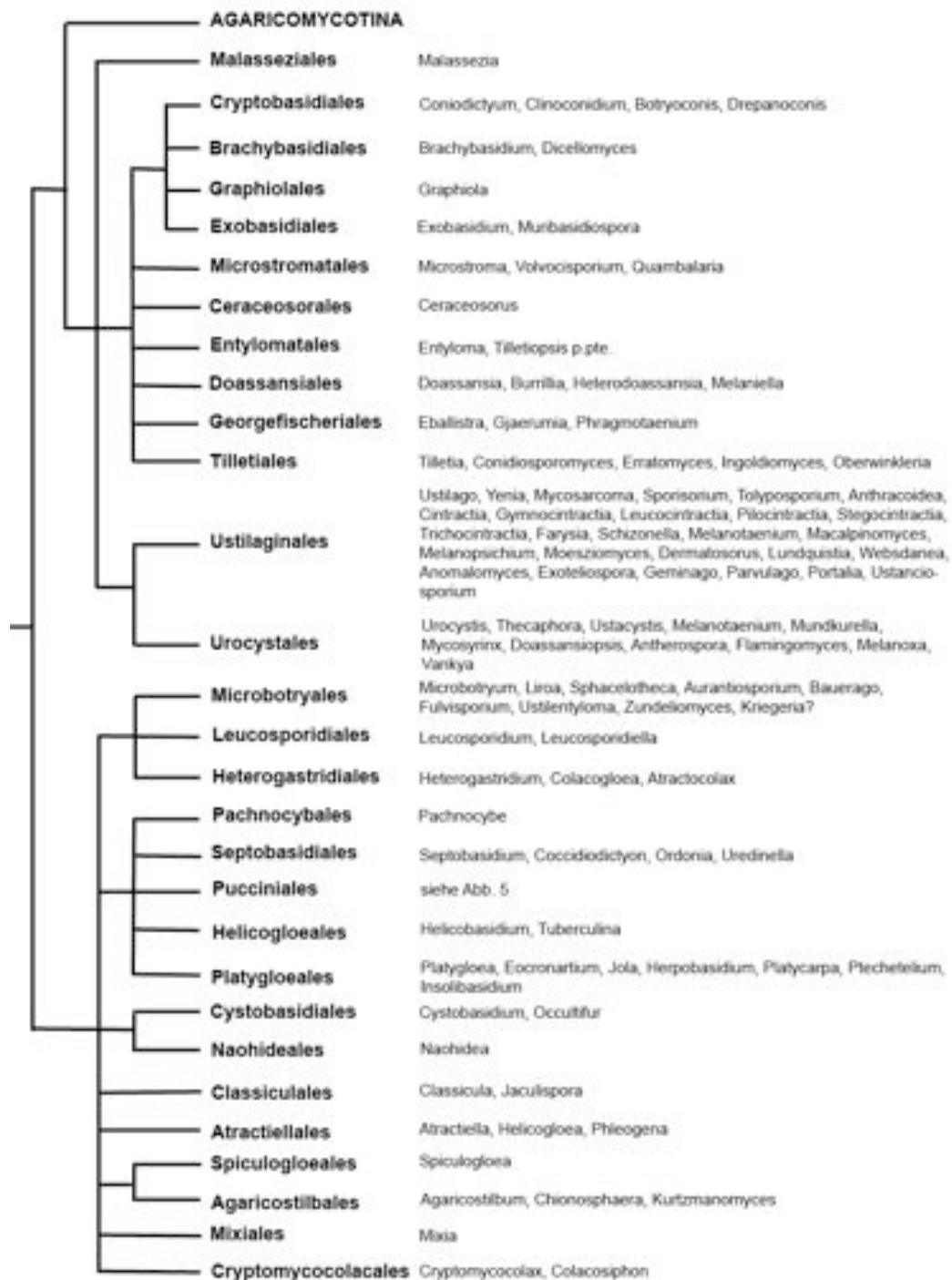


Abb. 2: Phylogenetische Hypothese für Ordnungen der Pucciniomycotina und Ustilaginomycotina in Anlehnung an HIBBETT et al. (2007). Die Taxa werden entlang der hier gegebenen Anordnung, von unten nach oben, besprochen.

Mixiales

Mixia osmundae, die einzige Art der Mixiales, parasitiert in ihrer Hyphenphase auf den japanischen und nordamerikanischen Königsfarnen, *Osmunda japonica* und *O. cinnamomea*. An blasenförmigen Zellen des Parasiten, die aus den Wirtsblättern heraus wachsen, werden viele Sporen nach außen abgegliedert, die daher keine Asci sein können, wie ursprünglich falsch angenommen wurde. Es ist unbekannt, ob es sich bei den Sporen um Konidien oder um Basidiosporen handelt. Diese Zellen knospen und leiten damit die Hefephase ein. Mehrfach wurden uns Aufsammlungen von *M. osmundae* aus Japan von JUNTA SUGIYAMA für elektronenmikroskopische Untersuchungen zugesandt. Es sollte mit hiesiger Expertise herausgefunden werden, ob die sporenbildenden Zellen Meio- oder Mitosporangien sind. Trotz zeitraubender Untersuchungen sind leider keine Kernteilungs- und Chromosomenstadien gefunden worden, die mitotische oder meiotische Teilungen belegen konnten. Ultrastrukturelle Details der Zellwände, der exogenen Sporen und der Spindelpolkörper wurden von BAUER et al. (2006) dokumentiert. Eine basale Stellung von *M. osmundae* innerhalb der Basidiomyceten erscheint danach wahrscheinlich. Dies wird auch durch molekularphylogenetische Hypothesen (WEIß et al. 2004a, AIME et al. 2006, BAUER et al. 2006) gestützt.

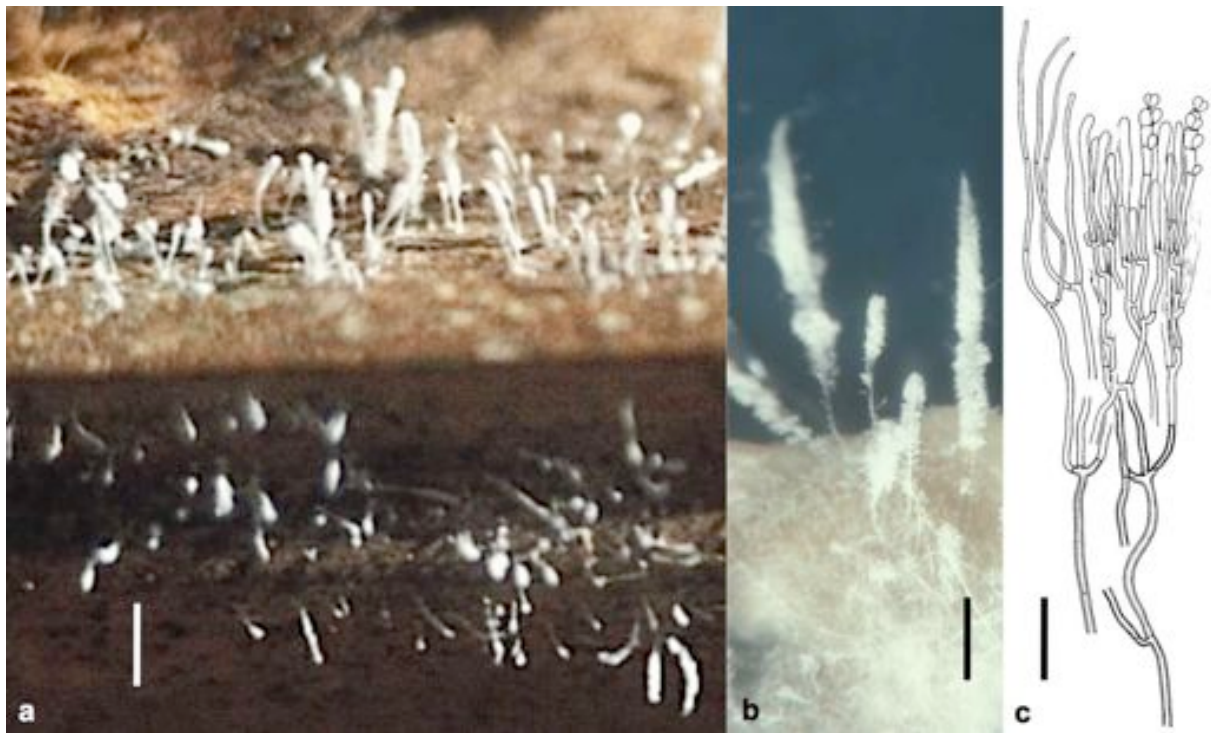


Abb. 3: *Agaricostilbum pulcherrimum*. a: Australien, Wilson River Reserve, 7.8.1981. Die weißen, gestielt-kopfig-walzlischen Fruchtkörper wachsen rasig in unterschiedlich großen Populationen. Messbalken 1 mm. b: Kultur der Art auf Agar, Messbalken 200 µm. c: Ausschnitt einer Randpartie des Fruchtkörper von *Agaricostilbum hyphaenes* (Typus). Nach OBERWINKLER & BANDONI (1982). Messbalken 20 µm. – Fotos und Zeichnung F. OBERWINKLER.

Agaricostilbales (Abb. 3)

Nach den bisher bekannten Aufsammlungen von *Agaricostilbum*-Arten bevorzugen diese Pilze abgestorbene Palmenblätter als Substrat. In der Ordnung finden sich keine Pilzparasiten, wohl aber in der Klasse der Agaricostilbomycetes. Basidiosporen knospen mit Hefen. Das ursprünglich als Deuteromycet beschriebene und wie der Name andeutet, stilboide (gestielte mit Köpfchen) *Agaricostilbum pulcherrimum* (als *A. palmicolum*), wurde in Tübingen und Vancouver nachuntersucht. Wir fanden (WRIGHT et al. 1981), dass die Verbreitungseinheiten bildenden Zellen Basidien sind, die sitzende Basidiosporen abgliedern. Meiose, meiotischer Zyklus der Spindelpolkörper und Basidienontogenie von *A. pulcherrimum* wurden von BAU-

ER et al. (1992) transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. BAUER & OBERWINKLER (1986a) haben experimentell-ontogenetische Untersuchungen an Phragmobasidien von *Agaricostilbum pulcherrimum*, *Gymnosporangium clavariiforme*, *Helicogloea lagerheimii*, *Phleogena faginea*, *Platyglöea peniophorae* und *Sphacelotheca polygona-persicariae* durchgeführt. Sie fanden, dass bei diesen Arten die Basidiosporenbildung und -keimung durch die äußeren Faktoren Luft, Wasser und Wasseragar stark beeinflusst werden. Es können Schleudersporen, Mikrokonidien oder Hefen gebildet werden. Die Basidienzelle kann sich also in ihrer Weiterentwicklung so verhalten wie die Basidiospore. Mit der Bildung der Basidienzellen ist die Ontogenie des Meiosporangiums abgeschlossen. Die Basidiosporen haben wir als vegetative Verbreitungseinheiten definiert. – Mit der Auswertung vollständiger 5S rRNA-Sequenzen konnte GOTTSCHALK (1985) zeigen, dass *Agaricostilbum pulcherrimum* (als *A. palmicolum*) die Typ-A-Sekundärstruktur besitzt, wie dies u.a. auch für *Atractiella solani*, *Phleogena faginea*, *Pachnocybe ferruginea*, *Platyglöea peniophorae* (*Colacogloea p.*) und die Brandpilze *Microbotryum violaceum*, *Sphacelotheca* sp. und *Ustilago scabiosae* (*Microbotryum s.*), aber auch für *Taphrina deformans*, zutrifft. In nachfolgenden molekularphylogenetischen Untersuchungen (B. MÜLLER 1989, WEIß et al. 2004, AIME et al. 2006, BAUER et al. 2006, BAUER et al. 2009) wurde die basale Stellung der Agaricostilbomycetes im phylogenetischen System der Basidiomyceten untermauert. Die *Chionosphaera*-Arten sind von KIRSCHNER et al. (2001b) vergleichend untersucht worden. Sie beschrieben die neue Species *C. cuniculicola*, die mit Koniferen-Borkenkäfern vergesellschaftet ist. *Fibulostilbum phylacicola* (SEIFERT et al. 1992) wurde in *Chionosphaera* einbezogen. – Eine neue anamorphe Heterobasidiomycetenhefe, *Kurtzmanomyces insolitus* wurde von SAMPAIO et al. (1999b) beschrieben. *Mycogloea nipponica* war das durch KIRSCHNER et al. (2003) erstmals gefundene Teleomorph in der Hefegattung *Kurtzmanomyces*. – Die Agaricostilbales wurden mit den Spiculogloeaes in der Klasse Agaricostilbomycetes (BAUER et al. 2006) zusammengefasst.

Spiculogloeaes

Arten dieser Ordnung (BAUER et al. 2006) sind Mykoparasiten mit tremelloiden Haustorien. Die Mikromorphologie der Fruchtkörper von *Spiculogloea occulta*, die Interaktion mit dem Wirt *Hyphodontia sambuci* sowie Merkmale in Kultur wurden von LANGER & OBERWINKLER (1998) dargestellt. Die Autoren haben auch die bis dahin bekannten auricularioiden Gattungen mit intrahymenialen Arten geschlüsselt.

Atractiellales

Vertreter dieser Ordnung besitzen subzelluläre Organelle aus Membranstapeln, die wir Symplechosomen nannten. Diese Pilze leben saprob, können aber auch in epiphytischen Orchideen als Wurzel-Mykobionten auftreten. In einer Übersicht der gestielt-kopfigen, gasteroiden, auricularioiden Heterobasidiomyceten fassten OBERWINKLER & BANDONI (1982a) in der neuen Ordnung Atractiellales drei Familien zusammen: Hoehnelomycetaceae mit den Gattungen *Agaricostilbum* und *Atractiella*, Chionosphaeraceae mit *Chionosphaera* und *Stilbum* sowie die Phleogenaceae mit der einzigen Gattung *Phleogena*. Auch ein höchst ungewöhnlicher, holobasidialer, stilboider Heterobasidiomycet, *Pachnocybe ferruginea*, wurde behandelt (siehe: Pachnocybales). Mit *Atractogloea* fügten OBERWINKLER & BANDONI (1982c) den Hoehnelomycetaceae eine weitere Gattung hinzu, deren einzige Art, *A. stillata*, sitzend-pustelige Fruchtkörper hat.

OBERWINKLER & BAUER (1989) haben die genannten Gruppen einer erneuten Revision unterzogen. Es wurden vergleichend dargestellt: Fruchtkörper, Hyphen und Hyphensysteme, Septen und Septenporen, Spindelpolkörper, Membrankomplexe, Basidien, Basidiosporen, Hefen, Konidien und 5S ribosomale RNAs. Sie fanden, dass die behandelten Taxa heterogen sind und führten daher die Agaricostilbales, Agaricostilbaceae, Pachnocybaceae und Atractogloeaes ein. Ferner beschrieben OBERWINKLER & BAUER (1989) ein bis dahin unbekannt geblie-

benes Zellorganell aus Membrankomplexen, das Symplechosom, das für Arten der Atractiellales typisch ist. Der systematische Wert dieses Merkmals wird durch molekulare Stammbäume dieser Gruppen und ihrer Verwandten bestätigt (BAUER et al. 2006). Entsprechend werden in der Ordnung neben *Atractiella* auch *Helicogloea* und *Phleogenia* zusammengefasst. – Aus Taiwan haben CHEN & OBERWINKLER (2000b) *Helicogloea globosa* und *H. musaispora* beschrieben und die Arten der Gattung geschlüsselt. – Atractiellales aus Costa Rica wurden von KISIMOVA-HOROVITZ et al. (2000b) studiert. – Zwei pyknidiale, zumeist in Borkenkäfergängen vorkommende Atractiellales wurden von OBERWINKLER et al. (2006) beschrieben. *Basidiopycnis hyalina* ist im Basidien- und Konidienstadium bekannt, *Proceropycnis pinicola* nur als Anamorph. KIRSCHNER & OBERWINKLER (2009) fanden, dass *Basidiopycnis albertensis* mit dem Anamorph von *Basidiopycnis hyalina* übereinstimmt, somit ein Synonym ist. Es konnte auch gezeigt werden, dass *Mycogelidium sinense* kein Basidiomycet ist, vielmehr eine Nebenfruchtform eines Ascomyceten aus der Verwandtschaft der Capnodiales. – In terrestrischen und epiphytischen neotropischen Orchideen wurden molekular und ultrastrukturell Hyphen nachgewiesen, die zu Atractiellales Arten gehören (KOTTKE et al. 2010). Dieser Befund ist bisher singulär geblieben.

Classiculales

Bisher ist eine Art, *Classicula fluitans*, mit reif transversal septierten Basidien, subterminal angeschwollenen Sterigmen und lang spindeligen Basidiosporen bekannt geworden. Dagegen kennt man *Jaculispora submersa* nur als Konidien-bildenden Deuteromyceten. Beide Pilze sind aus Süßwasser isoliert worden. BAUER et al. (2003) haben die teleomorphe Gattung *Classicula* und das anamorphe Taxon *Jaculispora* in dieser Ordnung zusammengefasst. *Classicula fluitans* ist das Basidienstadium von *Naiadella fluitans*. Die Arten besitzen tremelloide Haustorien. In der phylogenetischen Systematik einfachporiger Heterobasidiomyceten wurde die eigene Klasse Classiculomycetes vorgeschlagen (BAUER et al. 2006).

Naohideales

OBERWINKLER (1990) hat für *Platygloea sebacea* eine eigene Gattung, *Naohidea*, eingeführt, weil die Art durch mehrere mikromorphologische Merkmale von *P. disciformis*, der Typusart der Gattung, deutlich abweicht (vergleiche Platygloeales). BAUER (2004) fand Nanometerporen in den intrazellulären Haustorien und WEIß et al. (2004a) konnten die molekularphylogenetisch unterstützte Position von *Naohidea* in den Cystobasidiomycetes zeigen.

Cystobasidiales

Dimorphe Pilze mit meist rosa bis orangefarbenen Hefekolonien und Hyphen mit tremelloiden Haustorien für mykoparasitische Interaktionen. Die Typusart der Gattung *Cystobasidium*, *C. fimetarium* (= *C. lasioboli*), wurde von SAMPAIO & OBERWINKLER (2011a) nach mikromorphologischen Merkmalen der Hauptfruchtform und der Hefephase sowie nach Daten zur Substratverwertung und der Molekularphylogenie dargestellt. – OBERWINKLER (1990) beschrieb *Occultifur internus*, einen Mykoparasiten, der in Fruchtkörpern von Dacrymyceten wächst und tremelloide Haustorien mit Nanometerporen sowie Septenporen mit Cystosomen (BAUER 2004) besitzt. SAMPAIO et al. (1999a) fanden eine weitere Art, *Occultifur externus*, die unter Laborbedingungen zur Fruktifikation gebracht werden konnte. Für diese Species konnte auch molekularphylogenetisch die Zuordnung zu den Cystobasidiales erbracht werden. Die Arten der Gattung *Occultifur* haben SAMPAIO & OBERWINKLER (2011c) nach morphologischen, biochemischen und molekularphylogenetischen Merkmalen besprochen.

Platygloeales (Abb. 4)

Die pflanzenparasitischen Platygloeales kommen auf Laubmoosen, Farnen und Samenpflanzen vor. Ihre Phragmobasidien sind quer septiert. Als OBERWINKLER et al. (1990a) *Platygloea*

peniophorae in die eigene Gattung *Colacogloea* transferierten, haben sie auch die Typusart der Gattung *Platyglea*, *P. disciformis*, ausführlich behandelt. Bei der Bearbeitung Farne bewohnender, nicht den Rostpilzen zugehöriger, auricularioider Parasiten der Gattungen *Herpobasidium* und *Platycarpa* haben OBERWINKLER & BANDONI (1984) auch deren Verwandte auf Caprifoliaceen vergleichend untersucht. Sie haben *Herpobasidium australe* aus Australien neu beschrieben und die Gattungen *Ptechetelium* für *Herpobasidium cyatheae* sowie *Insolibasidium* für *H. deformans* vorgeschlagen. *Herpobasidium abnorme* wurde als neue Art aus Idaho von OBERWINKLER & WELLS (1985) beschrieben. Für den Vergleich von Basidientypen hat OBERWINKLER (1982) die Mikromorphologie von *Eocronartium muscicola*, einem Laubmoosparasiten, dargestellt. Meiose, Spindelpolzyklus und Septenporen von *Herpobasidium filicinum* wurden von BAUER & OBERWINKLER (1994) transmissionselektronenmikroskopisch untersucht um weitere Daten für die systematische Interpretation der Art zu erhalten.



Abb. 4: *Platyglea disciformis*. a: Fruchtkörper auf der Sommerlinde, *Tilia platyphyllos*, Tübingen, 8.1979. Das Mycel des Pilzes wächst im Holz. Fruchtkörper brechen durch die Borke nach außen. Die Art ist nur von Lindenästen bekannt. Sie ist wahrscheinlich im Areal der Lindenarten verbreitet. Messbalken 1 mm. b: Ausschnitt aus dem Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien und einer Cystidiol. Typisch sind für die gesamte Verwandtschaft die schnallenlosen Septen. Nach OBERWINKLER et al. (1990). – Foto F. OBERWINKLER.

Helicobasidiales

LUTZ et al. (2004a) konnten zeigen, dass *Tuberculina* spp. zu *Helicobasidium*-Nebenfruchtformen gehören, relativ nahe mit den Rostpilzen verwandt sind und diese parasitieren. Die Identitäten von *Tuberculina* spp. und der Hauptfruchtform *Helicobasidium* spp. mit krustenförmigen (corticoiden) Fruchtkörpern konnten experimentell belegt werden (LUTZ et al. 2004b). BAUER et al. (2004) haben den Mykoparasitismus von *Tuberculina persicina* auf *Puccinia silvatica* und *Tranzschelia pruni-spinosae* untersucht. Sie fanden die Fusion von Parasiten- und Wirtszellen und deren Zytoplasmamembranen. Die Fusionskanäle erreichen bis zu 1 µm Durchmesser, was ungehinderten Zellorganelltransfer ermöglicht. Experimente zur Wirtsspezifität von *Tuberculina* haben eine hohe Diversität der Mykoparasiten ergeben (LUTZ et al. 2004c). Für den Projektfinanzierer, die Deutsche Forschungsgemeinschaft, haben wir (LUTZ et al. 2006) einen Artikel geliefert, der das Doppelleben des Birnengitterrost-Parasiten beschreibt. In die Titelzeile hatte sich der gravierende Fehler eingeschlichen, der

dem Birnengitterrost selbst das Doppelleben als Pilz- und Pflanzenparasit zuschrieb. Dies konnte in der englischen Version des Beitrages (LUTZ et al. 2007) korrigiert werden.

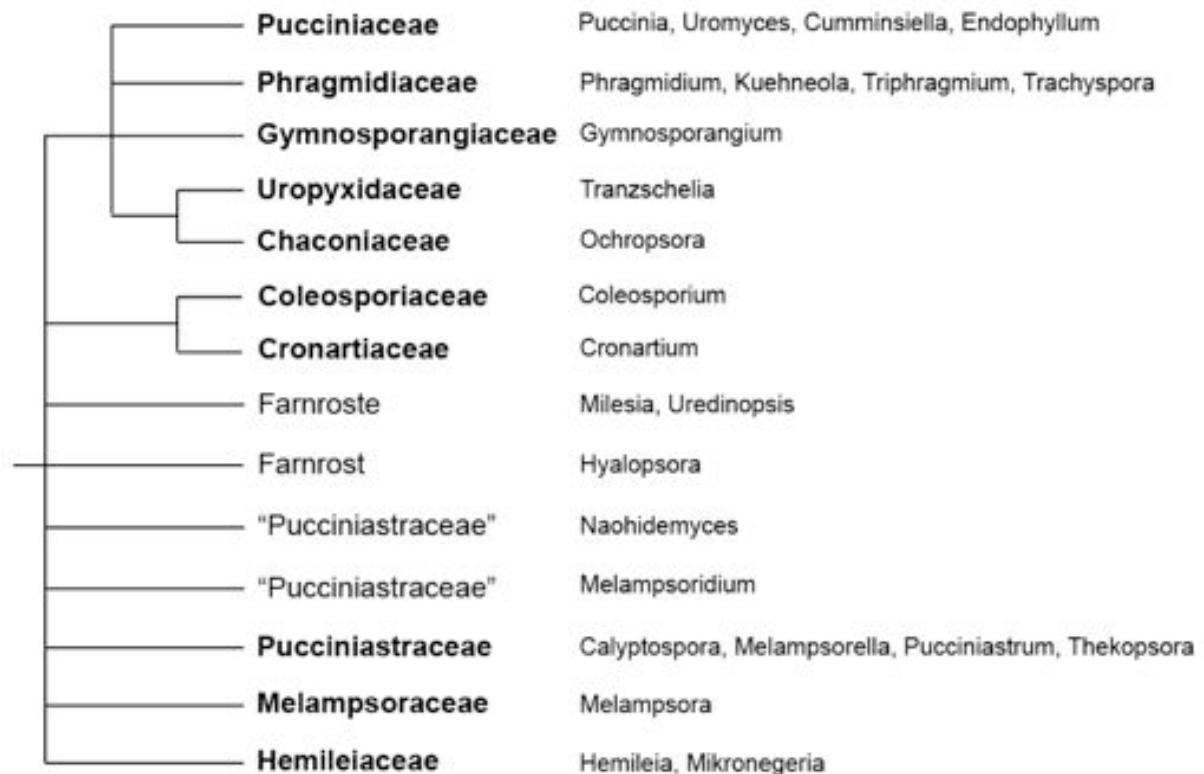


Abb. 5: Phylogenetische Hypothese für Familien der Pucciniales in Anlehnung an MAIER et al. (2003). Das Phylogramm enthält Gattungen, die MAIER in seiner Dissertation behandelte.

Pucciniales (Uredinales), Rostpilze (Abb. 5)

Die artenreichen Rostpilze sind obligate Pflanzenparasiten, die mehrere morphologisch unterschiedliche Sporentypen ausbilden können, u. a. die namengebenden rostroten Uredosporen (Uredinales). Zahlreiche Arten sind wirtswechselnd und einige sind ökonomisch bedeutende Kulturpflanzenschädlinge, so der Schwarzrost des Getreides (*Puccinia graminis*) und der Kaffee-Rost (*Hemileia vastatrix*).

In seiner Dissertation hat SEBALD (1977) die Sporenontogenien, -ornamente und Septenporen von Rostpilzen transmissionselektronenmikroskopisch vergleichend untersucht. – Beim Studium des Keimungsverhaltens der Sporen von *Coleosporium tussilaginis* fanden sich Hefekolonien an Pycnosporen (DEML et al. 1982a,b). Diese Befunde wurden lichtoptisch als Hefekoloniae interpretiert. Erst als molekulare Charakterisierungen möglich wurden, ließ sich zeigen, dass die aufbewahrten Kulturen nicht mit den untersuchten Rostpilzen identisch waren (MÜLLER, 1989). – Die Pyknidialstruktur und Pyknosporogenese sowie die Basidiosporenkeimung und den Infektionsvorgang beim Birnengitterrost hat METZLER (1981, 1982) untersucht. Experimentell-ontogenetische und karyologische Untersuchungen hat BAUER (1983, 1986, 1987) durchgeführt. Er konnte zeigen, dass Sekundärsporenbildung nur im monokaryotischen Zustand erfolgt und dass Volumen- und Strukturänderungen des Chromatins von der Kernphase des Mitosezyklus abhängen. – BAUER & OBERWINKLER (1986b) haben die gastroidische Entwicklung der Basidien und Basidiosporen von *Ochropsora ariae* in Wirtsblättern und in Wasseragar studiert. Die Kerndegeneration während der Ballistosporenbildung wurde von ihnen (BAUER & OBERWINKLER 1988) an *Cronartium asclepiadeum* analysiert. – Ultrastruktur und Anatomie der Melampsoraceen wurden von BERNDT (1993) in seiner Dissertation untersucht. Die dikaryotischen Haustorien (D-Haustorien) von Farnrosten wurden von BERNDT et al. (1994) transmissionselektronenmikroskopisch analysiert. Sie entdeckten ultrastrukturelle

Unterschiede zwischen *Hyalopsora* und *Uredinopsis* einerseits sowie *Milesia* andererseits. Es wurde postuliert, dass die Farnroste mit *Cronartium*-Arten eine Abstammungsgemeinschaft bilden. BERNDT & OBERWINKLER (1995) fanden, dass *Thekopsora galii*, *Naohidemycetes vaccinii* sowie *Pucciniastrum circaeae*, *P. epilobii*, *P. hikosanense* und *P. styracinum* einfache (gymnopedunculate) D-Haustorien besitzen. Dagegen haben *Pucciniastrum actinidiae*, *P. agrimoniae*, *P. pyrolae* und *Calypsotheca goeppertiana* Haustorienstiele, die von einer zurückgefalteten extrahaustorialen Matrix umgeben sind, was wir als velopedunculate bezeichnet haben. BERNDT (1996c) hat die Haustorien von *Coleosporium*-Arten und diejenigen von *Ravenelia* und *Kernkampella* spp. analysiert (BERNDT 1997a). Schließlich haben BERNDT & OBERWINKLER (1997) die Ultrastruktur und Morphologie der Haustorien von *Melampsorella*-Arten und *Thekopsora areolata* beschrieben und illustriert. Sie konnten zeigen, dass *Melampsorella caryophyllacearum* velopedunculate D-Haustorien und *M. symphyti* gymnopedunculate D-Haustorien besitzen. Im Gegensatz zu anderen *Thekopsora*-Arten hat *T. areolata* velopedunculate D-Haustorien. – Aus Venezuela hat BERNDT (1995) eine neue Gattung und Art, *Diabolidium calliandrae* und aus Taiwan (BERNDT 1996a) die neue Species *Diorchidium taiwanensis* beschrieben. Von neotropischen Leguminosen wurden von BERNDT (1996b) weitere neue Rosttaxa bekannt gemacht: *Ravenelia palenquensis*, *R. magnispina*, *R. verrucata* var. *apurensis*, *Uredo santa-rosensis*, *U. paschoae* und *Uraecium guanacastensis*. *Cerotelium dioscoreae* von *Dioscorea* aus Ecuador hat BERNDT (1997b) eingeführt. Sechs neue *Puccinia*-Arten von *Baccharis* spp. wurden von BERNDT (1998a) vorgestellt: *Puccinia basirostrata*, *P. ecuadorientalis*, *P. lentapiculata*, *P. otavalensis* und *P. quitensis* aus Ecuador und *P. vulcanicola* aus Costa Rica. Weitere neue neotropische Rostpilzarten hat BERNDT (1998b) aus Ecuador und Venezuela bekannt gemacht: *Prospodium manabi* auf Bignoniaceen, *Puccinia garcilassae* auf *Garcilassa rivularis*, *P. machillae* auf *Wedelia* cf. *grandiflora*, *Uromyces valerianae-microphyllae* auf *Valeriana microphylla*, wahrscheinlich das Teleutosporenstadium von *Uredo quitensis*, *Uredo verruculosa* auf *Pteridium aquilinum*, vermutlich eine *Uredinopsis*-Art, *U. ribesii-andicola* auf *Ribes* cf. *andicola* und *Aecidium begoniae* auf *Begonia* sp. Zusätzliche neotropische Arten wurden durch BERNDT (1999) eingeführt: *Goplana ribis-andicolae*, *Puccinia ponsae*, *P. promatensis*, *Uromyces syphocampyli-gigantei*, *Uredo cyclanthacearum*, *U. meremiae* und *U. semidiscifera*. Aus Brasilien beschrieben BERNDT et al. (2002) *Crossopsora piperis*. In Argentinien konnte BERNDT (2002) folgende neue Arten finden: *Puccinia baccharidis-boliviensis*, *P. cordyceps*, *P. pucarae* und *Aecidium hypseochari-diola*. BERNDT (in BERNDT & UHLMANN 2006) stellte folgende neue Rostpilzarten aus dem südlichen Afrika vor: *Puccinia cornurediata*, *P. subindumentana* und *Uromyces lotononidicola*. BERNDT & UHLMANN (2006) beschrieben *Puccinia horti-kirstenboschi* und *P. rapipes*. Zusammen mit A. R. WOOD haben BERNDT & UHLMANN (in BERNDT & UHLMANN 2006) *Puccinia dioscoreae-mundtii*, *P. othonnoides* und *Uromyces otholobii* eingeführt. – Für seine Dissertation hat MAIER einen Teil der DNA der nukleären großen ribosomalen Untereinheit von 52 Rostpilzarten sequenziert. Aus diesen Daten wurde erstmals eine repräsentative Phylogenie der Pucciniales (Uredinales, MAIER et al. 2003) erstellt. Es zeigte sich, dass *Puccinia*, *Uromyces*, *Endophyllum* und *Cumminsella* einen gemeinsamen Ursprung haben, die autoecischen Rosaceen-Roste *Phragmidium*, *Kuehneola*, *Triphragmium* und *Trachyspora* (Abb. 6) sowie die Pucciniastreae sensu DIETEL jeweils ein Monophylum darstellen und *Ochropsora* nahe verwandt mit *Tranzschelia* ist. Ferner konnte nachgewiesen werden, dass die Gattungen *Chrysomyxa*, *Coleosporium*, *Cronartium*, *Gymnosporangium*, *Melampsora*, *Phragmidium* und *Tranzschelia* jeweils monophyletisch sind.



Abb. 6: *Trachyspora intrusa* auf *Alchemilla* sp., Schweiz, St. Antönien, Partnun, 17.6.2011. Dieser Rostpilz bildet nur Uredo- und Teleutosporen auf Frauenmantelarten aus, er hat also keinen Wirtswechsel. In manchen Gebieten, besonders in den Alpen, ist der Frauenmantelrost weit verbreitet und häufig. Messbalken 2 mm. – Foto F. OBERWINKLER.

Im Rahmen des BIOTA-Projektes Südafrika wurden von Tübingen aus auch Rostpilze untersucht. MENNICKEN et al. (2003) konnten erstmals für die Penaeaceae einen Rostpilz nachweisen: Für den Wirt *Saltera sarcocolla* wurde *Uredo sarcocollae* beschrieben. MENNICKEN & OBERWINKLER (2004) konnten weitere sechs, bislang unbekannte Rostpilze, aus dem südlichen Afrika beschreiben: *Puccinia rocherpaniana* auf *Helichrysum tricostatum*, *P. pteroniae* auf *Pteronia divaricata*, *Uredo tarchonanthia* auf *Tarchonanthus littoralis*, *Uredo aspalathi* auf *Aspalathus laricifolia*, *Uromyces silksvleyensis* auf cf. *Bartholina burmanniana* und *Uromyces quaggafonteinus* auf *Ehrharta calycina*. Ein Jahr später wurden weitere fünf neue Rostpilzarten aus Südafrika publiziert (MENNICKE et al. 2005a): *Puccinia namibiana* auf *Blepharis obmitrata*, *P. ovamboensis* auf *Triaspis hypericoides*, *P. windhoekensis* auf *Coccinia rehmannii*, *Uropeltis flavae* auf *Grewia flava* und *Uromyces otaviensis* auf *Ipomoea* cf. *verbascoidea*. Die Bearbeitung von Rostpilzen auf afrikanischen Zygophyllaceen (MENNICKE et al. 2005b) lieferte drei Species, die bisher nicht beschrieben waren: *Uromyces dinteri* auf *Tetraena decumbens*, *U. namaqualandus* auf *Roepera cordifolia* und *U. paulshoekensis* auf *Roeperia* cf. *foetida*. Schließlich wurden die Rostpilze auf Aizoaceen des südlichen Afrika revidiert (MENNICKE et al. 2005c). Unter den acht Arten fanden sich fünf neue Taxa: *Puccinia aridariae* auf *Aridaria noctiflora*, *P. knersvlaktensis* auf *Mesembryanthemum nodiflorum*, *P. otzeniana* auf *Lampranthus otzenianus*, *Uredo guerichiani* auf *Mesembryanthemum guerichianum* und *U. lieliefontinensis* auf *Galenia* sp. – Für Costa Rica hat BERNDT (2004) eine Zusammenstellung der bis dahin aus dem Land bekannten Rostpilze veröffentlicht. Darin finden sich 292 Arten, von denen 70 Species Erstnachweise darstellen. *Puccinia hypoxidis* und *P. phyllostachydis* wurden erstmals für die Neue Welt nachgewiesen. – Als Dissertation wurde von RITSCHER (2005) eine klassische Monographie der umfangreichen Gattung *Hemileia* erstellt. RITSCHER et al. (2005) beschrieben die neue Rostpilzgattung *Desmosorus* aus Mittel- und Südamerika, mit der einzigen Art, *D. oncidii*, die auf Arten der Orchideengattungen *Cattleya*, *Epidendrum*, *Laelia*, *Lophiaris* und *Oncidium* gefunden werden konnte. Der Pilz hat

suprastomatale Sori mit terminalen Sporen an verzweigten Hyphen, subglobose, stachelige Uredosporen und dünnwandige, zylindrische Teleutosporen. – *Phragmidium mucronatum* und *P. tuberculatum* kommen auf Rosen der Sektion *Caninae*, *Rosa canina*, *R. corymbifera* und *R. rubiginosa* vor. RITZ et al. (2005) konnten in molekularphylogenetischen Analysen zeigen, dass *P. mucronatum* mit anderen *Rosa*-Phragmidien verwandt ist. Dagegen gehört *P. tuberculatum* zu einer Gruppe von *Rubus-Sanguisorba*-Phragmidien. Wie die Radiation und die Wirtsspezifität der *Phragmidium*-Arten entstand, ist weiterhin ungeklärt (KOHLEN et al. 2010). – Die Taxonomie und Phylogenie von *Puccinia lagenophorae* wurde von SCHOLLER et al. (2011) behandelt. Sie wiesen nach, dass dieser weltweit verbreitete Rostpilz auf ca. 140 Asteraceen-Arten vorkommt und wahrscheinlich von einer mit Cyperaceen / Juncaceen wirtswechselnden *Puccinia* aus Australien abstammt.

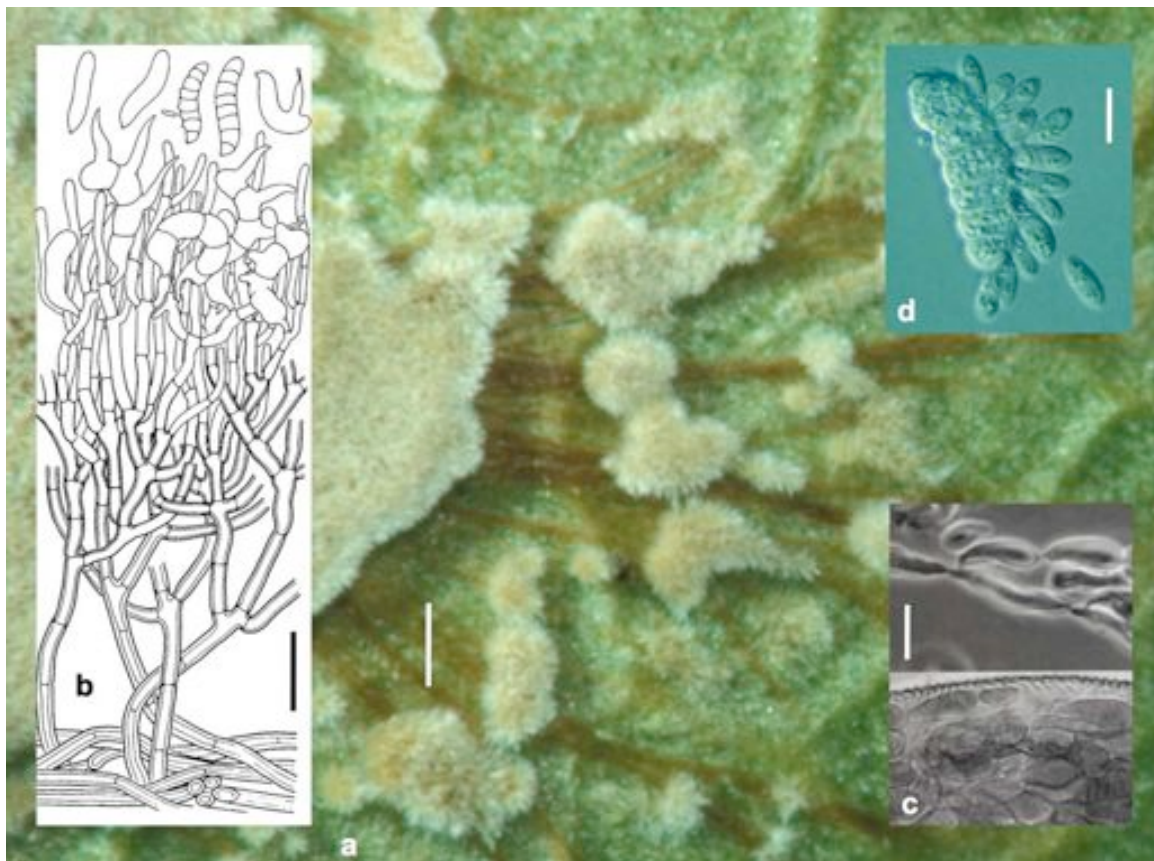


Abb. 7: *Septobasidium*-Arten parasitieren Schildläuse, die ihrerseits die Phloembahnen ihrer Gehölzwirte anzapfen. **a:** *Septobasidium foliicolum* auf *Ocotea foetens*, Madeira, Faja de Nogueira, 31.4.1984. Diese Art wächst ausnahmsweise auf immergrünen Blättern. Braun gefärbte Hyphenstränge sind auf der Blattoberfläche zu erkennen. Von diesen steigen senkrecht gebündelte Hyphen säulenartig empor und breiten sich über den Schildläusen dachartig aus. Allmählich verbinden sich diese einzelnen Dächer zu einer gemeinsamen Decke (linker Teil). Messbalken 100 µm. **b:** Die Zeichnung von *Septobasidium albidum* (Venezuela, Mérida, auf *Erythrina glauca*, 29.11.1968) soll den grundsätzlichen zellulären Aufbau septobasidialer Fruchtkörper von den basalen Hyphen bis zur hymenialen Deckschicht mit Basidien und Basidiosporen illustrieren. Bemerkenswert an dieser südamerikanischen Art ist, dass sie keine dickwandigen Probasidien besitzt, die ansonsten für Septobasidien sehr charakteristisch sind. Messbalken 20 µm, nach OBERWINKLER (1977a). **c:** Haustorien von *Coccidioidictyum inconspicuum* im Schildlauskörper. In der unteren Bildhälfte ist der geriefte Chitinpanzer eines Tieres zu erkennen, im oberen Teil ist eine frei präparierte haustoriale Hyphe abgebildet. Teneriffa, Anagagebirge, 23.2.1978, Messbalken 5 µm. **d:** *Septobasidium carestianum*, Basidiosporenkeimung. Reife Sporen der meisten Septobasidien sind mehrfach quer septiert. Aus jeder Basidiosporenzelle knospen Hefezellen, die weiter knospen und schließlich Hefekolonien bilden. Septobasidiale Pilze haben also einen Entwicklungsgang, der aus einer Hyphen- und einer Hefephase besteht, was als dimorph bezeichnet wird. *Septobasidium carestianum* ist in Mitteleuropa weitgehend auf flussbegleitende Weidenauen begrenzt. Die meisten Septobasidien kommen in den Tropen vor und sind dort weit verbreitet. – Fotos und Zeichnung F. OBERWINKLER.

Septobasidiales, Schildlausparasiten (Abb. 7)

Vertreter dieser Ordnung sind häufig wirtsspezifische, meist in den Tropen vorkommende Schildlaus-Parasiten. Hyphen wachsen aus den Wirten aus und überdecken die Schildlauskolonien mit einer Deckschicht. Da nicht alle Individuen einer Kolonie befallen werden und die Pilzdecke einen Schutz für die Schildläuse darstellen könnte, wird auch von einer Beziehung zum beiderseitigen Vorteil (Mutualismus) gesprochen. Eine fruchtkörperlose septobasidiale Art aus Teneriffa wurde von OBERWINKLER (1989a) als neue Gattung und Art, *Coccidiodyction inconspicuum*, beschrieben. Die RACIBORSKISCHE Gattung *Ordonia* wurde wieder aus *Septobasidium* ausgegliedert und *Uredinella spinulosa* in diese Gattung transferiert. – Die Vielgestaltigkeit und mögliche koevolutive Trends der *Septobasidium*-Arten hat OBERWINKLER (1993a) diskutiert. – Eine neue Art, *Septobasidium wilsonianum*, wurde von GÓMEZ & KISIMOVA-HOROVITZ (2001) aus Costa Rica beschrieben.

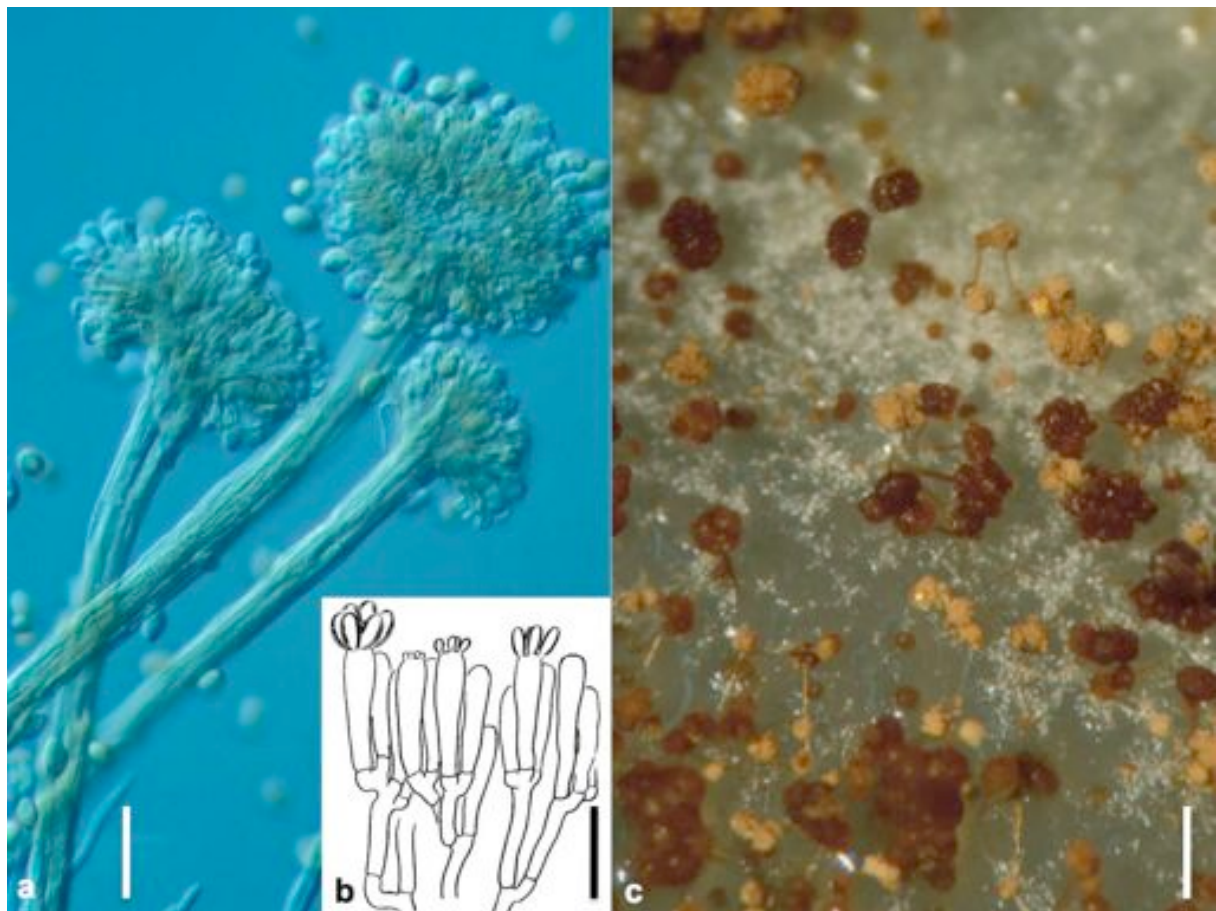


Abb. 8: *Pachnocybe ferruginea* in Kultur. Dieser Pilz, von dem nur einige wenige europäische und nordamerikanische Aufsammlungen existieren, wächst saprob auf Koniferenholz. **a:** Auf Stielen entwickeln sich kopfige Hymenien mit Holobasidien. Basidiosporen sitzen kronenartig auf den Basidienscheiteln, von denen sie passiv abbrechen. Entsprechend ist der Basidentyp gasteroid. Phasenkontrast, Messbalken 100 µm. **b:** Ausschnitt aus dem Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien. Nach OBERWINKLER & BANDONI (1982a), Messbalken 10 µm. **c:** Kultur auf Agar. Messbalken 500 µm. – Fotos und Zeichnung F. OBERWINKLER.

Pachnocybales (Abb. 8)

Die morphologischen Merkmale von *Pachnocybe ferruginea* sind in Abb. 8 dargestellt und erläutert. In ihrer Übersicht der gasteroiden, auricularioiden Heterobasidiomyceten haben OBERWINKLER & BANDONI (1982a) auch den stilboiden, holobasidialen Pilz *Pachnocybe ferruginea* behandelt. OBERWINKLER & BAUER (1989) führten die Pachnocybaceae ein. Umfang-

reiche ultrastrukturelle Analysen der meiotischen Kernteilungen ermöglichten die Darstellung des Spindelpolkörper-Zyklus (BAUER & OBERWINKLER 1990c). Die strukturellen Ähnlichkeiten der Spindelpolkörper mit denen der Rostpilze, mit *Eocronartium muscicola* und *Helicobasidium mompa*, gaben wichtige Hinweise auf die systematische Stellung von *Pachnocybe* im Bereich der Rostpilz-Verwandtschaften.

Heterogastridiales

Es handelt sich um fruchtkörperlose, unscheinbar pustelförmige oder pyknidienartig wachsende Mykoparasiten mit Colacosomen und ohne Teleutosporen. BANDONI & OBERWINKLER (1981) konnten glaubhaft machen, dass der Konidien bildende Pilz *Hyalopycnis blepharistoma* ein Basidiomycet ist. Dies wurde schließlich durch das Auffinden von auricularioiden Basidien, die sitzende, tetraradiäre Basidiosporen bilden (OBERWINKLER et al. 1990b), eindeutig belegt. Das perfekte Stadium wurde *Heterogastridium pycnidioideum* genannt. Konidien und Basidien entstehen in Pyknidien. Wie alle Vertreter der Ordnung, besitzt die Art Colacosomen (BAUER 2004), kann damit zumindest potentiell als Mykoparasit angesehen werden. – Colacosomen wurden erstmals in *Platyglea peniophorae* nachgewiesen (OBERWINKLER et al. 1990a). Diese Art wurde in eine eigene Gattung, *Colacogloea*, transferiert. Die Colacosomen wurden von BAUER & OBERWINKLER (1991) ultrastrukturell charakterisiert. Sie ließen sich auch in *Platyglea bispora* (*Colacogloea bispora*) nachweisen (OBERWINKLER et al. 1999), einer Art, die auf *Tubulicrinis* spp. parasitiert. Schließlich haben KIRSCHNER & OBERWINKLER (2000) *Colacogloea papilionacea* mit Zygonidien beschrieben. Die Art parasitiert auf Ascomyceten, die in Borkenkäfergängen vorkommen. Einen Colacosomen besitzenden Heterobasidiomyceten, der durch Borkenkäfer auf Koniferen verbreitet wird, haben KIRSCHNER et al. (1999) als neue Art und Gattung, *Atractocolax pulvinatus*, beschrieben. Die Hefeeigenschaften von *Colacogloea* spp. wurden durch SAMPAIO et al. (2011) zusammengefaßt. – Zwei Colacosomentypen haben wir in *Cryptomycocolax abnormis* (OBERWINKLER & BAUER 1990, siehe Cryptomycocolacales) nachgewiesen.

Leucosporidiales, Sporidiobolales

Die Pilze bilden weißliche, creme- bis rosafarbene Hefekolonien. Auch bei ihnen wurden Colacosomen, aber kein Mykoparasitismus nachgewiesen. SAMPAIO et al. (2003) haben ernährungsphysiologische, ultrastrukturelle und molekulare Daten von asexuell und sexuell auftretenden, Pflanzen und Pilze parasitierenden sowie vermutlich saproben Microbotryomyceten vergleichend untersucht. Sie schlugen die Leucosporidiales und Sporidiobolales als neue Ordnungen, *Leucosporidiella* als neue Gattung und *Leucosporidium golubevii* als neue Art vor.

Microbotryales, Falsche Brandpilze (Abb. 9)

Die Falschen Brandpilze sind, gleich den Echten Brandpilzen (siehe Ustilaginomycotina), obligate Pflanzenparasiten. Auch sind die Befallsmerkmale ähnlich. Lange wurden Brandpilze deshalb in einer Ordnung (Ustilaginales) vereinigt. Die Erkenntnis, dass es sich hierbei um nicht näher verwandte Sippen handelt, wurde von unserer Gruppe in zahlreichen Arbeiten gewonnen.



Abb. 9: Der Staubbeutel-Brandpilz des Seifenkrautes, *Microbotryum saponariae*. **a**: Befallsbild auf dem Seifenkraut, *Saponaria officinalis*, Tübingen, 10.7.2007. Die Brandsporen werden anstatt der Pollenkörner in den Antheren des Seifenkrautes gebildet. Staubartige, „brandige“ Flecken auf den Kronblättern des Wirtes sind durch die abgefallenen Brandsporen verursacht. Eine solch dunkel pigmentierte und ornamentierte Brandspore ist in der rechten Abbildung zu sehen. Messbalken 2 mm. **b**: Die keimende Brandspore ist die Zelle in der das Kernpaar zu einem diploiden Kern verschmilzt, also der Ort vor der Reifeteilung, dementsprechend ein Promeiosporangium. Das „Keimen“ der Brandspore liefert die Zelle in der die Reduktionsteilung, die Wiederherstellung der haploiden Kerne, erfolgt. Diese Zelle nennen wir allgemein Meiosporangium und bei Basidiomyceten Basidie. Nach der Meiose wird die Basidie quer septiert, sodass sich im Idealfall ein haploider Kern in einer Meiosporangienzelle befindet. Im Bild ist ein Querseptum zu erkennen. Die terminale Basidienzelle knospt eine Basidiospore, bei Brandpilzen meist Sporidie genannt, ab. Die Orte der Abknospung der unteren Basidiosporen liegen nicht im Fokus, sie können daher nicht eindeutig lokalisiert werden. Messbalken 5 μ m. – Fotos F. OBERWINKLER.

In einem erweiterten Screening von Eisentransportverbindungen haben DEML & OBERWINKLER (1980) die Siderochrome von Brandpilzen mit ontogenetischen Hefestadien untersucht und dabei in *Ustilago*-Arten, die wir später zu den Microbotryales stellten, eine Verbindung entdeckt, die DEML & OBERWINKLER (1982b) als Rhodotorulasäure identifizieren konnten. DEML (1985) hat die Siderophorproduktion von Hefen aus Polygonaceen-Blüten bewohnenden Brandpilzen studiert und eine systematisch relevante Verteilung von Ferrichrom und Rhodotorulasäure gefunden. – Als wir Antherenbrände der Caryophyllaceen systematisch studierten (DEML & OBERWINKLER 1982a), sind wir beim Vergleich mit Brandpilzen anderer Wirtsgruppen auf die Heterogenität von *Ustilago*-Arten gestoßen. Es erschien uns daher sinnvoll, die bereits von LÉVEILLÉ eingeführte Gattung *Microbotryum* für *Ustilago violacea* zu verwenden, den Pilz also *M. violaceum* zu nennen. – Die beiden in den Antheren von *Silene vulgaris* sporulierenden *M. silenae-inflatae* und *M. violaceo-irregulare* haben wir (DEML & OBERWINKLER 1983) nach Befallsbildern, Sporenfarben, Sporenornamenten, Basidieneigen-

schaften und den Verwertungsspektren von Kohlenstoffquellen ihrer Hefen unterschieden. Feinstrukturelle Untersuchungen zu einzelnen Ontogeniestadien von *M. scabiosae* (als *Ustilago* s.) wurden von SCHMITTER (1982) durchgeführt. – Beim Studium der Basidiomyceten-Hefen unterschieden PRILLINGER et al. (1991) einen *Microbotryum*-Typ. Nach der Kohlenhydratzusammensetzung der Zellwände konnten PRILLINGER et al. (1993) *Ustilago* s. str., *Sporisorium*, *Entyloma* und *Melanotaenium* von *Microbotryum* und *Sphacelotheca* trennen. *Ustilentyloma fluitans* konnte mit *Microbotryum* gruppiert werden. – Den Zyklus des Spindelpolkörpers, die Meiose und die Basidienentwicklung haben wir (BERBEE et al. 1990) am Beispiel von *M. violaceum* untersucht und mit den entsprechenden Eigenschaften von *Ustilago maydis* und *Sphacelotheca polygoni-serrulati* verglichen. – Einen illustrierten Lebenszyklus von *M. lychnidis-dioicae* auf der Wirtsart *Silene latifolia* haben SCHÄFER et al. (2010) veröffentlicht. – Mit einer „simple colour contrast method“ der Sporenpulverfarben hat VÁNKY (1998b) 55 Brandpilzarten mit violettfarbigen Sporenmassen, die Dikotylenwirte aus acht Familien besitzen, nach *Microbotryum* umkombiniert. Über drei neue Arten, die auf Portulacaceen vorkommen, *M. calyptratae* auf *Calandrinia calyptratae* und *C. menziesii*, *M. lewisiae* auf *Lewisia nevadensis* und *M. perfoliatae* auf *Claytonia perfoliata*, berichtete VÁNKY (1998d). – Mit molekularphylogenetischen Methoden konnten wir (LUTZ et al. 2005) zeigen, dass die Antherenbrände der Caryophyllaceen eine wirtsabhängige Speziation durchliefen. Das paraphyletische *M. violaceum* wurde in monophyletische Taxa zerlegt, *M. chloranthae-verrucosum* und *M. saponariae* wurden als neue Arten eingeführt und *M. dianthorum* emendiert. Mit erweiterten Daten wiesen KEMLER et al. (2006) nach, dass die *Microbotryum*-Arten auf Caryophyllaceen ein Monophylum darstellen und dass die nordamerikanischen Species von den europäischen getrennt wurden, bevor diese begannen sich aufzuspalten. Eine zweite Gruppe von Antherenbränden rekrutiert ihre Wirte aus den Dipsacaceen, Lamiaceen und Lentibulariaceen. Auch die meisten Antherenbrände auf Asteraceen sind monophyletisch. Die Polygonaceen parasitierenden Microbotryaceen können als basal innerhalb der Taxa angesehen werden, die auf Eudicotylen vorkommen. LUTZ et al. (2008) haben die in Antheren von Caryophyllaceen sporulierenden Microbotryen erneut ökologisch, morphologisch und molekular analysiert. Es gelang ihnen drei bis dahin unbekannt gebliebene Arten zu entdecken: *M. adenopetalae*, *M. minuartiae* und *M. silenae-acaulis*. – Brandpilze auf Polygonaceen hatten wir (DEML et al. 1981b) unter den Gattungen *Sphacelotheca* und *Ustilago* behandelt. Wir fanden, dass Artabgrenzungen nach Wirtsspektren, Befallsbildern und Brandsporenmorphologien möglich sind. Von Madeira haben wir *Sphacelotheca polygoni-persicariae* auf *Polygonum persicaria* als neue Art beschrieben (DEML et al. 1985). *Sphacelotheca*-Arten hatten wir damals auf Polygonaceen begrenzt interpretiert und die Ähnlichkeiten mit den Antherenbränden der Gattung *Microbotryum* erkannt. – Licht- und rasterelektronenmikroskopisch haben DEMML et al. (1981a) die Sporenbildung microbotryaler Brandpilze (als *Ustilago pustulata* und *U. scabiosae*) untersucht. Sie fanden in schnallentragenden Hyphen intrazelluläre, kettenförmig angeordnete Brandsporen. – Arten der Gattung *Ustilago* s.l. von mono- und dikotylen Wirten wurden von SCHMITTER (1984) vergleichend für ihre Dissertation untersucht. Sie fand, dass erste Gruppeneinteilungen nach Wirtspflanzen getroffen werden können und dass innerhalb dieser Gruppen Befallsbilder, Sporenfarben, Sporengrößen, -oberflächen und -wände sowie Keimungsverhalten bei vergleichbaren Versuchsbedingungen systematisch wichtige Merkmale liefern. Unter den behandelten Taxa waren auch *Sphacelotheca*- und *Ustilago*-Arten auf Caryophyllaceen und Polygonaceen, die nachfolgend zu *Microbotryum* gestellt wurden. – VÁNKY & OBERWINKLER (1994) haben die Brandpilze der Polygonaceen revidiert und 48 Arten anerkannt, die den Gattungen *Liriope*, *Melanopsichium*, *Sphacelotheca*, *Thecaphora*, *Ustilago* und *Zundeliomyces* zugeordnet wurden. KEMLER & al. (2009) fanden eine hohe Wirtsspezifität von *Microbotryum*-Arten auf Wirten, die nicht zu den Caryophyllaceen zählen. Übergreifende Wirtsbindungen konnten für *Fallopia* und *Polygonum* glaubhaft gemacht werden. – An *Sphacelotheca polygoni-serrulati* haben BAUER et al. (1991) die Meiose und

den Spindelpolkörperzyklus untersucht. – Für *Ustilago subnitens* auf *Scleria melaleuca* aus Costa Rica haben wir (PIEPENBRING et al. 1996) die neue Gattung *Aurantiosporium* vorgeschlagen. Das Gattungskonzept gründet auf der Brandsporenbildung, den unregelmäßigen Sporengruppierungen und hellen, mehrfach geschichteten Sporenwänden. K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1999a) haben eine weitere Art, *A. marisci*, die auf *Mariscus thunbergii* parasitiert, hinzugefügt. – Vier *Ustilago* Arten, die von *Cyperus*, *Juncus* und *Luzula* bekannt waren, hat VÁNKY (1999b) wegen des Vorhandenseins „interzellulärer Hyphen“ in eine eigene Gattung, *Bauerago*, transferiert. Die Berechtigung der Gattung wurde nachträglich molekularphylogenetisch (BAUER et al. 2006, KEMLER et al. 2006) bestätigt. Dagegen musste die neue Gattung *Tothiella* VÁNKY (1999b) von VÁNKY et al. (2008a) mit *Thecaphora* synonymisiert werden. – Ein höchst ungewöhnlicher Parasit der Microbotryomyceten auf *Scirpus*, *Kriegeria eriophori*, ist von uns ausführlich mikromorphologisch, ultrastrukturell und molekularphylogenetisch untersucht worden (BAUER et al. 2006, SAMPAIO & OBERWINKLER 2011b). Die einzige Art der Gattung lebt in den großen Lufthöhlen der Blattgewebe von *Scirpus sylvaticus* in Europa und verwandter Wirte in Nordamerika. Die Probasidien entwickeln sich als dünnwandige, sackartige Zellen und wachsen zu mehreren mit extrem schmalen Hyphen durch die Spaltöffnungen nach außen. An der Oberfläche des Blattes werden quer septierte Basidie gebildet, die leicht abfallen und im Wasser flutend Basidiosporen abschleudern. Diese können sekundäre Schleudersporen bilden, die mit Hefezellen keimen. Hyphen besitzen Schnallen und Septen, die durch jeweils mehrere, einfache Poren durchbrochen sind. Der Pilz dringt mit Haustorien in die Wirtszellen ein. – Die neue, phylogenetische Systematik der Brandpilze (BAUER et al. 1997) veranlassten BAUER & OBERWINKLER die Ordnung Microbotryales und die Familie Ustilaginomataceae einzuführen. – Damals verfügbare Daten zur Evolution von Brandpilzen im traditionellen Sinne, also Microbotryales und Ustilaginomycetes, haben BEGEROW et al. (2004b) zusammengefasst und theoretisch problematisiert. Näher behandelten sie die Gattungen *Microbotryum*, *Ustilago/Sporisorium*, *Entyloma* und *Exobasidium*.

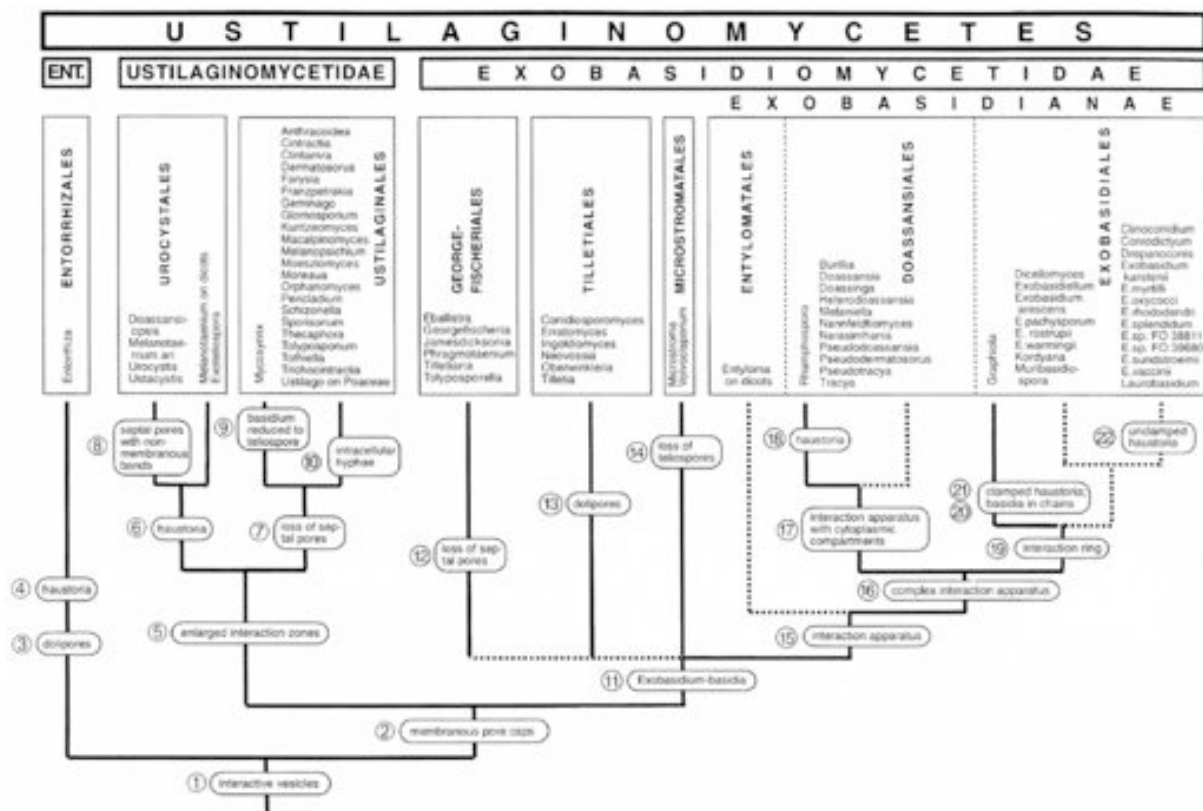


Abb. 10: Phylogenetisches System der Ustilaginomycotina nach morphologischen und ultrastrukturellen Merkmalen. Aus BAUER et al. (1997). Die Ordnungen werden, mit Ausnahme der Entorrhizales, in der Abfolge von links nach rechts besprochen.

Ustilaginomycotina, Echte Brandpilze (Abb. 10)

Die meisten echten Brandpilze sind dimorphe, überwiegend an Pflanzen parasitierende und in ihrer Hyphenphase obligate Parasiten. Viele Vertreter bilden dunkle Brandsporen aus und verleihen damit ihren Wirtspflanzen ein angebranntes Aussehen. Von den beiden anderen Unterabteilungen der Basidiomycota unterscheiden sie sich durch eine Kohlenhydratzusammensetzung der Zellwände, in der Glucose dominiert und Xylose fehlt. Zumeist treten bei diesen Pilzen auch submikroskopische Interaktionszonen mit Vesikeln beim zellulären Kontakt mit ihren Wirten auf. Septenporen sind überwiegend durch Membrankappen umschlossen. Die Anhebung der Klasse Ustilaginomycetes (BAUER et al. 1997) zur Unterabteilung der Basidiomycota wurde von BAUER et al. (2006) vorgeschlagen. Morphologische und ultrastrukturelle Merkmale wurden kladistisch ausgewertet um ein phylogenetisches System der echten Brandpilze zu erhalten. Dieses System wurde durch molekulare Daten phylogenetisch untermauert (BEGEROW et al. 1997, BAUER et al. 1998, BEGEROW et al. 2006). MOORE's „Ustomycota“ sind von BAUER & OBERWINKLER (1997) kritisch besprochen worden. Ihre Abspaltung von den übrigen Basidiomyceten wurde begründet zurückgewiesen. Den damals aktuellen Kenntnisstand über Brandpilze haben BAUER et al. (2001a) in einem Übersichtsartikel zusammengefaßt. Morphologische Daten und Sequenzen von Brandpilzen wurden von PIEPENBRING & OBERWINKLER (2003) hinsichtlich ihrer Eignung für eine optimierte phylogenetische Interpretation besprochen. In der phylogenetischen Systematik der gesamten Pilze (HIBBETT et al. 2007) wurde unser System der Ustilaginomycotina übernommen. – Zur Charakterisierung von Brandpilzen hat DEML (1977a) für seine Dissertation Feinstrukturuntersuchungen an Zellwänden und Zellsepten durchgeführt. Bei *Tilletia*- und *Entyloma*-Arten konnte er Doliporen ohne Parenthesome nachweisen. Von vier verschiedenen Brandpilz-Sideraminen konnten Ferrichrom, Ferrichrom A und Ferricrocin identifiziert werden. Aus *Schizonella melanogramma* isolierte er neue Antibiotika und stellte sie rein dar. Diese bis dahin unbekannten Glycolipide wurden Schizonellin A und B genannt (DEML et al. 1980). Sie besitzen antibiotische Aktivitäten gegen Gram-positive und Gram-negative Bakterien sowie gegen einige Pilze. – DEML (1986) hat die Basidiosporenenstehung mehrerer Brandpilze vergleichend untersucht. Er fand sitzende, aus dem Meiosporangium ausknospende Basidiosporen bei Arten der Gattungen *Microbotryum* und *Sphacelotheca*. Bei *Anthracoidea*-, *Sporisorium*- und *Ustilago*-Species entstehen die Sporen dagegen an kurzen, sterigmenartigen Auswüchsen. – Die Verwendbarkeit der Brandsporenmorphologie für die Taxonomie der Ustilaginales hat VÁNKY (1991d) diskutiert und (1998a) auf die Sporenballen bildenden Taxa bezogen. Für Europa hat VÁNKY (1994a) 400 Brandpilzarten aus 28 Gattungen im traditionellen Sinne erfaßt und mit 1003 Abbildungen illustriert. Weitere 70 Arten wurden von ihm neu beschrieben. – Thema der Dissertation von PIEPENBRING (1994) waren die Brandpilze Costa Ricas. Sie konnte 52 Arten aus 16 Gattungen für das Land nachweisen, mikroskopisch und ultrastrukturell untersuchen sowie auf das Keimverhalten überprüfen. Über Costa Ricanische Ustilaginales hat PIEPENBRING (1995a, 1996b) taxonomisch weiter gearbeitet, aber auch deren Ökologie, saisonale Variabilität und Höhenverbreitung untersucht (PIEPENBRING 1996a). Die Brandpilze von Kuba haben PIEPENBRING (1999) und PIEPENBRING & RODRIGUEZ (1998a,b) bearbeitet. Über neue neotropische Arten hat PIEPENBRING (2000a) berichtet, dann über Ustilaginomycetes und Microbotryales von Panama (PIEPENBRING 2001). – Sporenfreisetzung und –verbreitung bei Arten der Ustilaginales und Tilletiales, aber auch von *Microbotryum*, haben PIEPENBRING et al. (1998d) behandelt. – Die Ontogenie, Sporenwand- und Ornamentbildung sowie die Keimporen der Brandsporen wurden von PIEPENBRING et al. (1998a,b,c) an 120 Arten von 37 Gattungen transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. – Die Septenbildung in Basidien von *Ustilago*-Arten verläuft irisblendenartig, bis ein schmaler Porus resultiert, der dann durch Zellwandauflagerungen verschlossen wird. BAUER et al. (1989) haben diese Septenontogenie untersucht und mit derjenigen von *Sphacelotheca polygoni-serrulati* verglichen. Bei

dieser Art, die zu den Microbotryales gehört, werden keine Poren in Basidiensepten ausgebildet. – Die subzellulären Differenzierungen der Wirt-Brandpilz-Interaktionen haben BAUER & OBERWINKLER (2004) in einem Übersichtsartikel dargestellt. – Basierend auf molekularen Daten haben BEGEROW et al. (2000) Brandpilzhefen in phylogenetische Hypothesen integrieren können. – Die Besiedelung geernteter Äpfel durch Brandpilzhefen wurde von BOEKHOUT et al. (2006) studiert.

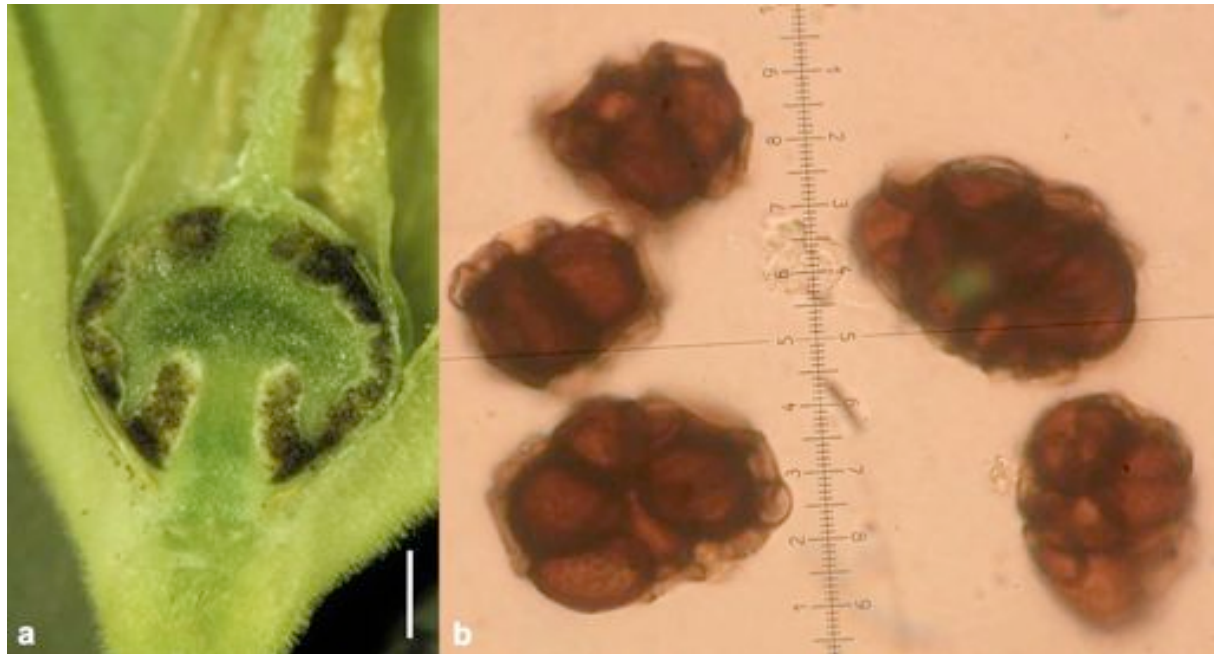


Abb. 11: Brandpilze der Gattung *Urocystis* besitzen Sporenballen. **a:** Der Primelbrandpilz *Urocystis primulae* in der Echten Schlüsselblume, *Primula veris*, Tübingen, 7.1985. Im Schnitt durch den Fruchtknoten der Schlüsselblume sind keine Samenanlagen der Pflanze zu sehen. Diese sind durch Brandsporenlager ersetzt. Die Brandsporenballen sind nur als winzige Punkte zu erkennen. Messbalken 2 mm. **b:** In den Blättern des Leberblümchens, *Hepatica nobilis*, kann sich der spezifische Brandpilz *Urocystis syncocca* entwickeln. Brandsporen (dickwandig und braun) sind zu mehreren in Ballen zusammengelagert und mit sterilen Zellen (dünnwandig, weitgehend hyalin) vereint. Ein Teilstrich der Messskala = 1 µm. – Fotos F. OBERWINKLER.

Urocystidales (Abb. 11)

In einem neuen, phylogenetischen System der Brandpilze (BAUER et al. 1997) haben BAUER & OBERWINKLER die Ordnung Urocystales und die Familie Mycosyringaceae eingeführt. Ultrastrukturell können die Arten der Ordnung durch den Septenporenbauplan mit zwei plattenartigen Strukturen im Porus charakterisiert werden. Die vergleichenden, licht- und elektronenmikroskopischen Untersuchungen von Nebenfruchtformen, Mycelien, Sporenbildung, Sporenmorphologie, Keimstadien, Septenporen und Haustorien mehrerer Arten der Gattungen *Ginanniella* und *Urocystis* ergaben, dass diese Genera nicht getrennt werden können (NAGLER 1986, 1987). Primär- und Sekundärkonidiengenerationen von *Urocystis* (*Ginanniella*) *primulicola* wurden von NAGLER & OBERWINKLER (1984) unter Freiland- und Kulturbedingungen untersucht um bisher unbekannte Stadien im Nebenfrucht-Entwicklungsgang des Parasiten zu finden. Die Haustorien von *Urocystis*-Arten wurden von NAGLER & OBERWINKLER (1989) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. Sie fanden botryose Haustorien, die im aktiven Zustand von einer extrahaustorialen Matrix umgeben sind, deren Membran eine hohe ATPase-Aktivität zeigt. – BAUER et al. (1995a) haben die zelluläre Interaktion von *Ustacystis waldsteiniae* mit Haustorien in den Wirtszellen von *Waldsteinia geoides* ultrastrukturell untersucht. Sie verwendeten chemisch fixierte und unter Hochdruck gefriersubstituierte Proben. In der das Haustorium umgebenden, extrahaustorialen Matrix wurden membrangebundene, koralloide Vesikel gefunden, die vom Wirt gebildet werden. Sie

fusionieren mit der Zytoplasmamembran des Pilzes und geben offensichtlich ihren Inhalt an ihn ab. Die Septenporen von *Ustacystis waldsteiniae* wurden ebenfalls von BAUER et al. (1995b) mit der neu verfügbaren Gefriertechnik fixiert und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. – VÁNKY & BERBEE (1988) fanden, dass keine der fünf *Thecaphora*-Arten, die damals von Süßgräsern bekannt waren, zu dieser Gattung gehören. *Thecaphora herteriana* wurde zu *Urocystis* gestellt. *Thecaphora ambrosiae* auf *Ambrosia artemisioides* wurde von K. VÁNKY, *T. polymniae* auf *Polymnia riparia* von K. VÁNKY & PARDO-CARDONA und *T. spilanthes* auf *Spilanthes oleracea* von FREIRE & K. VÁNKY in VÁNKY (1996b) beschrieben. – In der Gattung *Mundkurella* hat VÁNKY (1990a) drei Arten unterschieden, auf Leguminosen hat er (VÁNKY 1991c) elf *Thecaphora*-Arten anerkannt, von *Camassia quamash* (VÁNKY 1994c) *Urocystis camassiae* und von *Trautvetteria grandis* *U. trautvetteriae* (VÁNKY 1998d) beschrieben. – VÁNKY (1998e) schlug vor, den Gattungsnamen *Thecaphora* gegenüber *Sorosporium* zu schützen. – Die Morphologie der Hexenbesen von *Mycosyrinx cissi* auf *Cissus* spp. hat PIEPENBRING (1995c) beschrieben. *Mycosyrinx* und andere „paar-sporige“ Ustilaginales hat VÁNKY (1996a) revidiert und für *M. nonveilleri* haben VÁNKY & BAUER die neue Gattung *Geminago* eingeführt. – Die ungewöhnlichen Basidienbildungen der Costa Ricanischen Brandpilze *Doassansiopsis limnocharidis*, *Mycosyrinx cissi* und *Thecaphora haumani* haben PIEPENBRING & BAUER (1995) erstmals dargestellt. – Aus Indien beschrieben K. VÁNKY, M.S. PATIL & N.D. SHARMA (in VÁNKY 1997d) *Melanotaenium indicum*, das auf *Ischaemum indicum* vorkommt. Die Art wurde von BAUER et al. (2001b) in eine neue Gattung, *Phragmotaeonium*, gestellt. – VÁNKY & BAUER (in VÁNKY 1998d) haben CLINTONS *Melanotaenium gunnerae* aus Chile validiert. – Die im Meerwasser wachsende *Ruppia maritima* wird von einem Brandpilz befallen, der ursprünglich als *Melanotaenium ruppiae* beschrieben wurde. BAUER et al. (2007) wiesen nach, dass es sich jedoch um den Vertreter einer eigenen Gattung handeln muss, die als *Flamingomyces* beschrieben wurde. – Für den in Antheren von *Muscari*- und *Scilla*-Arten sporulierenden Brandpilz *Ustilago vaillantii* haben BAUER et al. (2008b) die neue Gattung *Antherospora* vorgeschlagen. Für diese Gattung und *Floromyces anemarrhenae* (*Thecaphora a.*), die auf der Agavacee *Anemarrhena asphodeloides* vorkommt, führten VÁNKY et al. (2008b) die Familie Floromycetaceae ein. – *Thecaphora*-Arten, die Caryophyllaceen parasitieren, wurden von VÁNKY & LUTZ (2007) untersucht. Sie konnten zwei bis dahin unbekannte Brandpilzarten, *T. alsinearum* und *T. melandrii*, aufdecken. Die Revision von *Thecaphora* (Glomosporiaceae) zeigte, dass die Gattungen *Glomosporium*, *Kochmania* und *Tothiella* mit *Thecaphora* zu synonymisieren sind (VÁNKY et al. 2008a). – Ein Brandpilz auf der nordamerikanischen *Oxalis oregana*, der als *Melanotaenium oxalidis* bekannt war, wurde von LUTZ et al. (2011) in die neue Gattung *Melanoxa* transferiert. Eine zweite Art, *Melanoxa oxalidiella*, wurde nach jüngst gesammeltem Material von *Oxalis acetosella* aus Slovenien, neu beschrieben. Die für Slovenien bekannten Brandpilze haben LUTZ & VÁNKY (2009) kompiliert.

Ustilaginales (Abb. 12)

Mit den Arten der Gattung *Ustilago* stellt diese Ordnung die Kerngruppe der echten Brandpilze dar. Charakteristisch für diese Pflanzenparasiten sind ihre intrazellulär in Wirtszellen wachsenden Hyphen mit reif porenlosen Septen.

Im Meristem junger Sprosse von *Zizania latifolia* verursacht *Ustilago esculenta* hypertrophierende, weich bleibende Gewebewucherungen, die in Ostasien als Nahrungsmittel auf den Markt kommen. Die Brandsporenkeimung, Spindelkörper, Septenporen und Charakteristika der Wirt-Parasit-Interaktion wurden von NAGLER et al. (1990) untersucht. Sie schlossen, dass die Art mit übrigen, grasbewohnenden *Ustilago*-Species eine natürliche Verwandtschaft bildet. Mit erweiterten Art- und Methodenspektren griffen PIEPENBRING et al. (2002) das Thema erneut auf. *Ustilago maydis* und *U. scitaminea* waren in diese Untersuchung miteinbezogen. Nach den Ergebnissen dieser Studie lässt sich die Gattung *Yenia*, zu der *Ustilago esculenta*

(Abb. 12) gestellt wurde, aufrecht erhalten. *Ustilago maydis* gruppiert mit *Sporisorium*-Arten, könnte aber auch von diesen getrennt und in der alten BREFELDSchen Gattung *Mycosarcoma* geführt werden.



Abb. 12: Der „Speisebrandpilz“ *Yenia (Ustilago) esculenta* im Mandschurischen Wasserreis, *Zizania latifolia*. **a:** Anbauflächen der Wirtspflanze in gefluteten Feldern bei Puli, Taiwan, 24.3.1987. **b:** Basale Halmteile des Grases werden von diesem spezifischen Brandpilz befallen, der den Wirt zu hypertrophierendem Wachstum anregt. Dadurch entstehen weiche Pflanzengewebe, die von Brandsporenlagern durchsetzt sind und die in diesem Zustand als Delikatesse verspeist werden. Markt in Taichung, Taiwan, 3.1987. Messbalken 1 cm. – Fotos F. OBERWINKLER.

Für *Sporisorium pachycarpum* haben VÁNKY & LUTZ (2011) eine neue Gattung, *Tubisorus*, vorgeschlagen. Diese steht nach einer molekularphylogenetischen Hypothese nahe bei *Mycosarcoma*. – DEML (1983) hat *Sphacelotheca transfissa* auf *Hyparrhenia hirta* nach *Sporisorium* transferiert. – Die *Sporisorium*-Arten auf *Dichanthium ischaemum* und *Hyparrhenia hirta* wurden von VÁNKY et al. (1988) untersucht. Sie fanden, dass *Sphacelotheca barcinonensis*, *S. transfissa* und *Ustilago puellaris* zu *Sporisorium* gehören. *Sporisorium langdonii* auf *Themeda avenacea*, *S. lingii* auf *T. australis*, *S. themedae-arguentis* auf *T. arguens* und *Sporisorium walkeri* auf *T. australis* hat VÁNKY (1994c) eingeführt. *Sporisorium capillipedii* hat er (VÁNKY 1995a) in eine neue Gattung, *Endosporisorium*, gestellt, dieses Genus aber später (VÁNKY 1997a) mit *Macalpinomyces* synonymisiert. Von *Polytrias amaura* haben K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1997a) *Sporisorium amaurae* neu beschrieben, drei weitere *Sporisorium*-Arten auf *Thelepogon* und *Themeda*-Wirten und *Ustilago schmidtiae* auf *Schmidtia pappophoroides* wurden von K. VÁNKY aufgestellt. *Sporisorium exsertiformum* auf *Themeda australis* und *S. trachypogonis-plumosi* auf *Trachypogon plumosus* wurden von K. VÁNKY sowie *S. trachypogonicola*, ebenfalls auf *T. plumosus*, von K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1995b) beschrieben. Hinzu kamen *S. iseilematis-prostrati* auf *Iseilema prostratum* (VÁNKY 1997d)

und *S. loudetiae-pedicellatae* auf *Loudetia pedicellata* (K. & C. VÁNKY in VÁNKY 1997e). Über zwei neue *Sporisorium*-Arten auf *Pseudoraphis spinescens*, *S. pseudoraphis* und *S. anthracoideisporum* K. VÁNKY & R.G. SHIVAS sowie *S. iseilematis-ciliati* auf *Iseilema ciliatum*, hat VÁNKY (1998c) berichtet. Auf den südafrikanischen Gräsern *Digitaria eriantha* und *D. monodactyla* fand VÁNKY (1999a) die neue Art *S. pole-evansii*. – Von *Onopordum bracteatum* hat VÁNKY (1991b) *Ustilago onopordi* beschrieben. – Ein auf *Cyperus ustulatus* vorkommender Brandpilz wurde von MCKENZIE & VÁNKY (in VÁNKY 1991b) als *Ustilago gardnerii* veröffentlicht. – Auf Commelinaceen hat VÁNKY (1994b) fünf *Ustilago*-Arten anerkannt, eine weitere, *U. combensis*, wurde vorgeschlagen, *U. ctenioides* auf *Dactyloctenium ctenioides* wurde von ihm (VÁNKY 1996b) beschrieben. Ein Brandpilz auf *Boissiera squarrosa* von Pakistan wurde von VÁNKY (1997d) als *U. boissierae*, ein weiterer auf *Schoenfeldia gracilis* aus dem Chad als *U. schonefeldiae* bezeichnet (VÁNKY 1997e). K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1997e) machten aus Südafrika *U. dregeanoides* bekannt, der auf *Merxmüllera stricta* vorkommt und K. VÁNKY & A.A. MITCHELL (in VÁNKY 1998c) beschrieben *U. inaltilis* von dem australischen Gras *Triodia longiloba*. *Ustilago drakensbergiana* auf *Digitaria tricholae-noides* wurde von VÁNKY (1999a) eingeführt. – VÁNKY & PIEPENBRING (in VÁNKY 1994c) haben *Anthracoidea altiphila* aufgestellt, die auf *Carex jamesonii* und *C. pichinchensis* vorkommt, K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1995a) beschrieben *A. unciniae* von *Uncinia hamata* und K. VÁNKY (1995b) hat *A. grallatoriae* auf *Carex grallatoria* vorgeschlagen. Eine Revision der Brandpilze auf der Cyperaceengattung *Schoenus* (VÁNKY & WEBSDANE 1995) ergab zwei *Anthracoidea*-Arten, drei *Tolyposporium*-Species und *Sorosporium solidum*. – Von australischen Cyperaceen haben VÁNKY & WEBSDANE (1996) sechs neue *Tolyposporium*-Arten beschrieben. Weitere neue Arten der Gattung aus Australien hat VÁNKY (1997b) aufgestellt, *T. tetrariae* auf *Tetraria capillaris* und *T. triste* auf *Gahnia tristis*. K. & C. VÁNKY fügten diesen *T. gahniae* auf *Gahnia radula* und *T. gymnoschoeni* auf *Gymnoschoenus sphaerocephalus* hinzu. Von *Lepidosperma gunnii* wurde *T. megalospermum* (VÁNKY 1997d) und von *Epischoenus gracilis* *T. epischoeni* (VÁNKY, 1999a) beschrieben. Aus Neuseeland haben VÁNKY & MCKENZIE (1990) *Cintractia oreoboli* und *Schizonella isolepidis* von *Oreobolus strictus* bzw. *Isolepis nodosa* beschrieben. VÁNKY & LUTZ (2008a) haben *Schizonella isolepidis* in die Gattung *Tolyposporium* transferiert und *Ustilago duriusculae* mit *U. striiformis* synonymisiert (VÁNKY & LUTZ 2008b). *Tolyposporium restifaciens*, ein Brand auf australischen *Stipa*-Wirten, wurde von VÁNKY et al. (1997) in eine eigne, monotypische Gattung, *Fulvisporium*, transferiert. K. VÁNKY (1995a) hat *Dermatosorus cyperi* auf *Cyperus* aff. *celluloso-reticulatus* und *Macalpinomyces sharmae* von *Panicum sumatrense* aufgestellt. Bei einer Revision der ursprünglich monotypischen Gattung *Macalpinomyces* hat VÁNKY (1996c) fünf Arten anerkannt, zwei wurden von ihm neu beschrieben, *M. sharmae* auf *Panicum sumatrense* und *Setaria pallide-fusca* und *M. zonotriches* auf *Zonotriche inamoena* sowie *M. eragrostiellae* K. & C. VÁNKY auf *Eragrostiella bifaria*. Auf *Vetiveria nigriflora* kommt eine weitere Art, *M. nigriflora* (VÁNKY 1997d) vor. Die südafrikanischen Gräser *Trichopteryx dregeana* und *Tristachya leucothrix* sind die Wirte für die neuen Brandpilzarten *M. trichopterygis* und *M. tristachyae* (K. & C. VÁNKY in VÁNKY 1997e). – Die neue Gattung *Heterotolyposporium* ist durch *H. lepidospermae* aus Tasmanien typifiziert (VÁNKY 1997c). *Uredo piluliformis* auf *Juncus* sp. wurde ebenfalls in diese Gattung gestellt. *Ustilago lyginiae* hat VÁNKY (1997f) in eine neue Gattung, *Websdanea*, transferiert. Für einen Brandpilz auf der südafrikanischen *Rhynchospora rugosa* hat VÁNKY (1999a) die neue Gattung *Ustanciosporium* mit der Typusart *U. rhynchosporae* vorgeschlagen. – Die molekulare Phylogenie und Koevolution von 85 Arten der Gattungen *Ustilago* und *Sporisorium* mit Gräsern wurden von STOLL (2001) im Rahmen seiner Dissertation bearbeitet. Zusätzlich wurde auch eine für Wirte repräsentative Zahl von Poaceen molekularphylogenetisch analysiert. Eine Wirt-Parasit-Koevolution konnte nicht bestätigt, aber auch nicht ausgeschlossen werden. Kospeziationen als koordinierte Artbildungsprozesse waren mit den verfügbaren Daten nicht belegbar. STOLL et al. (2003) werte-

ten ITS-Sequenzen von 53 *Sporisorium*- und *Ustilago*-Arten phylogenetisch aus. Sie konnten zeigen, dass *Sporisorium* s.l. und *Ustilago* s.str. monophyletisch sind und dass *Sporisorium*-Species nur auf Arten der Panicoideae sowie *Ustilago*-Brände ausschließlich auf Gräsern der Pooideae oder Chloridoideae vorkommen. In der kombinierten Auswertung der ITS- und LSU-rDNA-Sequenzen von 98 Arten aus den Gattungen *Lundquistia*, *Melanopsichium*, *Moesziomyces*, *Macalpinomyces*, *Sporisorium* und *Ustilago* wiesen STOLL et al. (2005) drei Monophyla nach, *Sporisorium*, *Ustilago* und eine Gruppe, die sich aus Arten dieser beiden Gattungen zusammensetzt. *Lundquistia* gruppiert innerhalb *Sporisorium*. Mit der Typusart verbleibt *Macalpinomyces* in einer eigenen Gattung. – BAUER et al. (1999a) untersuchten morphologische und ultrastrukturelle Merkmale von *Ustilago osmundae* auf *Osmunda regalis* und *O. cinnamomea*. Sie fanden eine hohe Übereinstimmung mit Strukturmerkmalen der Melanotaeniaceen. Entsprechend wurde der Königsfarnbrand in eine eigene Gattung, *Exoteliospora*, gestellt. – Von *Carex lemanniana* hat VÁNKY (1992) *Farysia corniculata* beschrieben. – Für *Cintractia utriculicola* hat PIEPENBRING (1995b) die Gattung *Trichocintractia* eingeführt. Morphologische und molekularphylogenetische Untersuchungen an Arten der Gattungen *Cintractia* (PIEPENBRING et al. 1999) resultierten in der Beschreibung von drei neuen Gattungen, *Gymnocintractia*, *Leucocintractia* und *Stegocintractia*. Die Gattung *Cintractia* s.l. wurde von PIEPENBRING (2000b) monographiert. Es wurden 43 Arten, darunter vier neue Taxa, behandelt. – *Cintractia uljanishcheviana* wurde von GONZÁLEZ et al. (2007) in die neue Gattung *Portalia* gestellt. Molekularphylogenetisch ist sie nächst verwandt mit *Dermatosorus*. Diese Gattung hatte VÁNKY (1987) revidiert und mit *Zundelula* synonymisiert. – Ein Grasbrand auf dem australischen Wirt *Panicum trachyrachis* wurde von VÁNKY et al. (2006) als neue Art und Gattung, *Anomalomyces panici*, eingeführt. – Auf der im Meerwasser wachsenden *Eleocharis parvula* war der Brandpilz *Ustilago marina* bekannt. BAUER et al. (2007) konnten zeigen, dass diese Art in eine eigene Gattung, *Parvulago*, zu stellen ist. – Für die Dissertation HENDRICHS zur Phylogenie der Gattung *Anthracoidea* (HENDRICHS et al. 2005) waren auch umfangreiche molekularphylogenetische Untersuchungen der Wirtsgattung *Carex* (HENDRICHS et al. 2004a,b) erforderlich. – *Schizonella intercedens* beschrieben K. VÁNKY & A. NAGLER (in VÁNKY 1998d) von *Carex michelii* aus Ungarn. Eine neue, kryptische Art der Gattung *Schizonella* haben PRILLINGER et al. (2009) als *S. caricis-atratae* von *Carex atrata* aus Österreich mitgeteilt. – In einer Übersicht der Ustilaginomycotina mit phylogenetischen Hypothesen, die auf Multigenanalysen und morphologischen Daten basierten, haben BEGEROW et al. (2006) Anthracoideaceae, Ustilaginaceae und Websdaneaceae bestätigt, Cintractiaceae, Dermatosoraceae, Melanopsichiaceae und Farysiaceae (VÁNKY 2001) jedoch eingezo-gen. Für die weiteren, von VÁNKY (2001) eingeführten Familien, Clintamraceae, Geminaginaceae und Uleiellaceae, fehlen noch molekularphylogenetische Bestätigungen.

Tilletiales, Steinbrände

Nach der traditionellen, alten Systematik der Brandpilze, wurden in den Tilletiales die Taxa mit Holobasidien zusammengefasst (OBERWINKLER 1977a). Bemerkenswert ist ferner, dass diese Brandpilze keine Hefephase besitzen, aber oft Schleuderkonidien ausbilden. Ein bekannter Vertreter und ökonomisch bedeutender Parasit ist der Weizensteinbrand (*Tilletia caries*). – In seinen feinstrukturellen Merkmalsanalysen an Ustilaginales-Arten und weiteren Brandpilzen konnte DEML (1977b) für *Tilletia caries* und *T. foetida* Doliporen ohne Parenthesome nachweisen. – Tetraglycyllferrichrom, das erste Heptapeptid-Ferrichrom wurde von DEML et al. (1984) aus einem Stamm von *Neovossia indica* isoliert. – Von *Alopecurus geniculatus* aus Japan beschrieb VÁNKY (1990c) *Neovossia japonica*. VÁNKY & BAUER (1992) führten die neue Gattung *Conidiosporomyces* ein, deren Hauptmerkmal ypsilonförmige Konidien in den Brandsporenlagern sind. – VÁNKY & SHARMA (in VÁNKY 1994c) beschrieben *Tilletia polypogonis* von *Polypogon monspeliensis*, VÁNKY (1995a) *T. dactyloctenii* von *Dactyloctenium aegyptium* und VÁNKY (1995b) *T. brachypodii-mexicani* und *T. colombiana* von

Brachypodium mexicanum sowie K. & C. VÁNKY & N.D. SHARMA (in VÁNKY 1995b) *T. eragrostiellae* von *Eragrostiella bifaria*. – Ein auf dem Süßgras *Ortachne* (*Muhlenbergia*) *erectifolia* vorkommender Brandpilz in der Cordillera de Mérida, Venezuela, wurde von VÁNKY & BAUER (1995) als *Oberwinkleria anulata* beschrieben. Die Art zeichnet sich durch Brandsporen aus, die zugleich als Basidien fungieren, also mit Basidiosporen auskeimen. – Für *Tilletia hyalospora*, die auf *Nassella*- und *Stipa*-Arten parasitiert, haben VÁNKY & BAUER (1996) die Gattung *Ingoldiomyces* vorgeschlagen. Dieser Brandpilz bildet nicht nur Schleuderkonidien, sondern auch Schleuderasporen. – Auf *Phaseolus*-Blättern kommt in den Tropen eine Schwarzfleckenkrankheit vor, die als *Entyloma vignae* bzw. *Protomycopsis patelii* bekannt war. PIEPENBRING & BAUER (1997) erkannten, dass die beiden Namen ein und denselben Parasiten betreffen und dass dieser zu den Tilletiales zu stellen ist. Es wurde die neue Brandpilzgattung *Erratomyces* eingeführt.

Georgiefischeriales

In ihrem neuen System der Brandpilze (BAUER et al. 1997) haben BAUER, BEGEROW und OBERWINKLER die Georgiefischeriales mit ultrastrukturellen Differentialmerkmalen beschrieben: Interaktionszonen mit tubulären Organellen zwischen Parasiten und Wirten sind lokal begrenzt und Hyphensepten besitzen öfters keine Poren. Molekularphylogenetische Untersuchungen (BEGEROW et al. 1997) bestätigten die Georgiefischeriales. In einer methodisch und organismisch erweiterten Studie untergliederten BAUER et al. (2001b) die Georgiefischeriales in drei Familien: Eballistraceae, Georgiefischeriaceae und Tilletiaceae. Sie schlugen auch *Eballistra* und *Phragmotenium* als neue Gattungen vor. – Eine Überprüfung von *Entyloma ossifragi* auf *Nartheceum ossifragum* (BAUER et al. 2005) zeigte, dass dieser Brandpilz zu den Georgiefischeriales zu stellen ist. Die neue Gattung *Gjaerumia* und die neue Familie Gjaerumiaceae wurden auf dieser Art begründet.

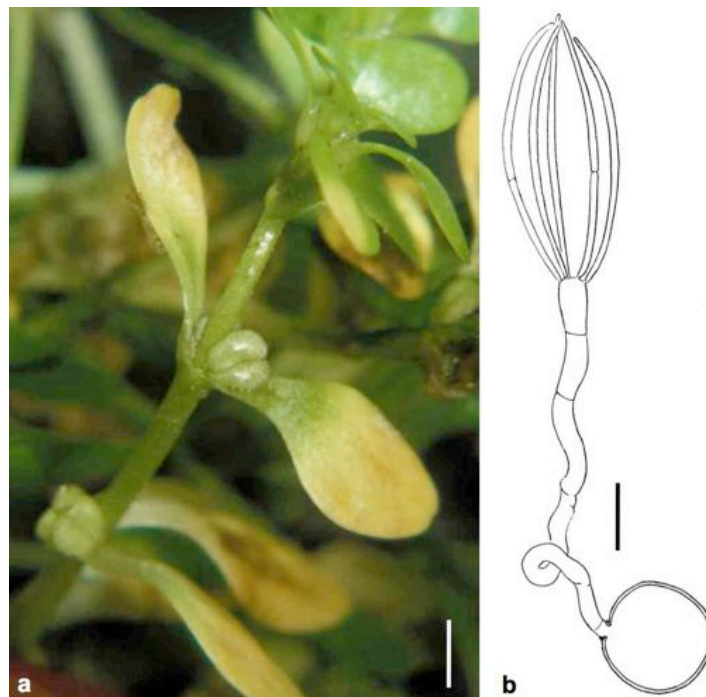


Abb. 13: Der Wassersternbrandpilz, *Doassinga callitrichis* auf *Callitriche palustris*, Botanischer Garten Tübingen, 10.1986. **a:** Der Brandpilz wächst in den Blattgeweben des Wassersterns. Stark befallene Blätter verlieren ihr Blattgrün, wodurch die Infektion deutlich erkennbar wird. Messbalken 2 mm. **b:** Brandspore mit reifer Basidie und terminalen, sitzenden Basidiosporen. Die beiden transversalen Septen in der Basidie sind Rückzugssepten, die ein Zurückfließen des Cytoplasmas während der Sporenbildung verhindern. Es liegt also eine Holobasidie und nicht ein Phragmobasidie vor. Die kahnförmige, sigmoide Form der Basidiosporen wird als Anpassung

an Wasserverbreitung gedeutet. Zwei Basidiosporen sind quer septiert. Messbalken 5 µm. – Foto und Zeichnung F. OBERWINKLER.

Doassansiales (Abb. 13)

Die Ordnung wurde von BAUER & OBERWINKLER (in BAUER et al. 1997) beschrieben. Sie ist durch komplexe Interaktionsapparate mit cytoplasmatischen Vesikeln gekennzeichnet. Die meisten Arten parasitieren Wasser- und Sumpfpflanzen und bilden intramatrikal Sporenballen mit sterilen Zellen aus. Basidiosporen haben oft eine sigmoide Form, was als Anpassung an das Leben im Wasser interpretiert wird. Zusätzlich zu den Doassansiaceae wurde als neue Familie die Rhamphosporaceae vorgeschlagen. Diese Gliederung wurde durch molekularphylogenetische Hypothesen (BEGEROW et al. 1997) bekräftigt. Die Wirt-Parasit-Interaktionen werden durch subzellulär komplexe Strukturen vermittelt. – Für *Doassansia morotiana*, *D. punctiformis*, *D. putkonenii* und *Entyloma hottoniae* hat VÁNKY (1993) die Gattung *Heterodoassansia* vorgeschlagen. *Burrillia sagittariae* auf *Sagittaria planitiana* wurde von K. & C. VÁNKY (in VÁNKY 1996b) beschrieben. – *Entyloma callitrichis* wurde von VÁNKY et al. (1998) in die neue Gattung *Doassinga* gestellt. – Von *Selaginella*-Wirten waren zwei Brandpilzarten bekannt, *Melanotaenium oreophilum* und *M. selaginellae*. Eine Überprüfung (BAUER et al. 1999b) zeigte, dass diese Parasiten den Doassansiales angehören. Entsprechend wurden die Gattung *Melaniella* und die Familie Melaniellaceae vorgeschlagen.

Entylomatales

BAUER & OBERWINKLER (in BAUER et al. 1997) beschrieben die Entylomataceae und Entylomatales und charakterisierten sie als Brandpilze mit Brandsporen, einfachporigen Hyphensepten und einfachen parasitären Interaktionsapparaten mit homogenen Inhalten. Die Befallsmerkmale (Sporen werden im Pflanzengewebe gebildet) ähneln denen der vorgenannten Ordnung (Doassansiales). Auf dem Wirt *Crepis zacintha* hat VÁNKY (1990b) *Entyloma zacintha* als neue Art erkannt. Von *Erodium laciniatum* aus Tunesien beschrieb er (VÁNKY 1991a) *Entyloma erodii*. Auf *Delilia biflora* fanden VÁNKY, DÖBBELER & U. BRAUN (in VÁNKY 1992) einen bis dahin unbekannten Brandpilz, den sie *Entyloma deliliae* nannten. Aus Mittelamerika beschrieb PIEPENBRING (1996c) zwei neue Entylomen. – Hypothesen zur Molekularphylogenie von *Entyloma* haben BEGEROW et al. (2002c) vorgelegt. Sie konnten die Ordnung als Monophylum bestätigen, das anamorphe *Tilletiopsis*-Arten beinhaltet. Es gibt deutliche Evidenzen für eine Koevolution von *Entyloma*-Taxa mit ihren Wirten. Dies ist besonders auffällig bei den Asteridae. – Nach molekularphylogenetischen Analysen und Merkmalen der Sporenmorphologie haben VÁNKY & LUTZ (2010) einen weiteren Brandpilz auf *Ranunculus ficaria* aus dem Iran, *Entyloma majewskii*, beschrieben.

Ceraceosorales

BEGEROW et al. (2006) beschrieben die Ceraceosorales und definierten sie als Pflanzenparasiten mit intrazellulären Hyphen in Wirtszellen und lokal begrenzten Interaktionszonen. Zweisterigmige Basidien wachsen durch die Stomata nach außen. *Ceraceosorus* ist nach molekularphylogenetischen Daten nächst verwandt mit *Entyloma*.

Microstromatales (Abb. 14)

Arten der Microstromatales besitzen gastroide Holobasidien ohne Probasidien (OBERWINKLER 1978, 1982) und lokal begrenzte Interaktionszonen mit ihren Wirten, in denen keine komplexen Interaktionsstrukturen zu finden sind (BAUER et al. 1997). BLANZ (1978) hat *Exobasidium* und *Microstroma* licht- und transmissionselektronenmikroskopisch sowie nach dem Wachstum ihrer Hefen in Submerskulturen untersucht. Er konnte die einfachen Septenporen nachweisen. – Die Ordnung wurde von BAUER & OBERWINKLER (in BAUER et al. 1997) beschrieben. – Eine Revision von *Muribasidiospora* (BEGEROW et al. 2001, 2002b) erbrachte, dass *M. triumfeticola* von *M. indica* abgespalten werden muss. Für *M. triumfeticola* wurde die Gattung *Volvocisporium* eingeführt, die den Microstromatales angehört, während *M. indica* bei

den Exobasidiales verbleibt. RITSCHEL et al. (2008) haben für Namibia eine weitere *Volvocisporium*-Art, *V. grewiae*, nachgewiesen. – DE BEER, BEGEROW & BAUER beschrieben die Quambalariaceae (DE BEER et al. 2006) für anamorphe Pilzparasiten auf *Eucalyptus* und *Corymbia* und stellten sie nach molekularphylogenetischen Hypothesen zu den Microstromatales.

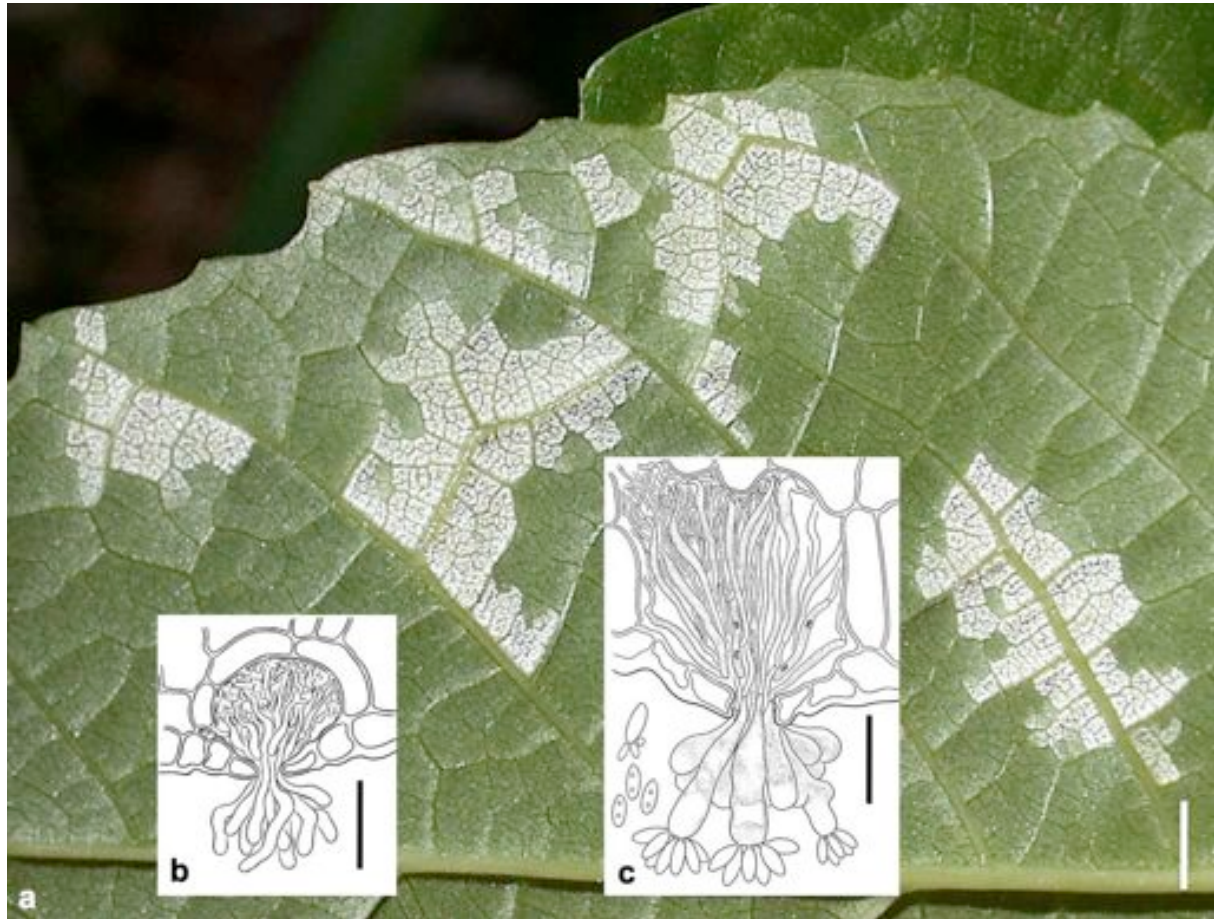


Abb. 14 a: *Microstroma juglandis* auf der Blattunterseite von *Juglans regia*, Tübingen, 1.7.2009. Die winzigen, weißen Aufwölbungen entsprechen jeweils Basidienbüscheln, die aus Spaltöffnungen der Blätter des Walnussbaumes hervorwachsen. Das gesamte Infektionsfeld wird durch Blattadern begrenzt. Diese sind Ausbreitungsbarrieren für das parasitische Mycel im Blattgewebe. Der spezifische, sehr weit im Walnuss-Areal und den Anbaubereichen verbreitete und häufige Parasit könnte treffend als „Weißbrand der Walnussblätter“ bezeichnet werden. Messbalken 5 mm. b: Schnitt durch ein Pilzlager, das sich in einer Atemhöhle des Walnussblattes entwickelt hat und von dem junge Basidien durch die Spaltöffnung nach außen wachsen. c: Reife Basidien mit terminalen, sitzenden Basidiosporen. Eine der abgefallenen Sporen knospt Hefezellen ab (nach OBERWINKLER 1978). Messbalken für b, c 20 µm. – Foto und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Exobasidiales, Nacktbasidien und Verwandte (Abb. 15)

Die dimorphen Pflanzenparasiten besitzen Holobasidien, die durch Stomata auswachsen oder durch sich zersetzende Epidermiszellen der Pflanzen freigelegt werden. Der Kontakt zu den lebenden Wirtszellen wird über tubulär strukturierte Interaktionsapparate hergestellt. Die Schleuderbasidiosporen werden an kurzen Sterigmen gebildet und sind einwärts gekrümmt. Ein Befall durch viele Arten dieser Ordnung, so von *Exobasidium* (Nacktbasidien), verursacht die meisten Wirte zu hypertrophierendem Wachstum organspezifischer Gewebepartien. – Vergleichende Merkmalsanalysen an *Exobasidium*-Arten und verwandten Basidiomyceten hat BLANZ (1977) im Rahmen seiner Dissertation durchgeführt. – BLANZ & OBERWINKLER (1983) haben sich mit der Artabgrenzung von *Exobasidium* beschäftigt. – Aus Costa Rica und Jamaica haben GÓMEZ & KISIMOVA-HOROVITZ (1998) sieben *Exobasidium* Arten beschrieben, *E.*

aequatorianum auf *Vaccinium crenatum*, *E. disterigmicola* auf *Disterigma humboldtii*, *E. escalloniae* auf *Escallonia myrtilloides*, *E. jamaicense* auf *Lyonia jamaicensis*, *E. pernettyae* auf *Pernettya prostrata*, *E. poasanum* auf *Cavendishia bracteata* und *E. sphyrospermii* auf *Sphyrospermum cordifolium*. – BEGEROW et al. (2001) fanden, dass nur *Muribasidiospora indica* den Exobasidiales angehört, nicht jedoch *M. triumfetticola* (siehe Microstromatales). – BEGEROW et al. (2002a) haben die Exobasidiales im weiten Sinne verstanden. Sie schlossen, dass die Exobasidiaceae hauptsächlich auf Ericaceae, die Cryptobasidiaceae vorwiegend auf Lauraceae, die Brachybasidiaceae auf Poaceae und die Graphiolaceae auf Palmen vorkommen. Ferner verwiesen sie auf Parallelen der Wirtsphylogenie, was allerdings auf *Exobasidium* und die Vaccinioideae nur eingeschränkt zutrifft.



Abb. 15: „Nacktbasidienspilze“, *Exobasidium*-Arten, parasitieren überwiegend Pflanzen der Heidekraut-Verwandtschaft (Ericales). **a:** *Exobasidium rhododendri* auf *Rhododendron ferrugineum*, Botanischer Garten Tübingen, 13.6.2009. Die kugeligen Gallen bestehen aus hypertrophierten Wirtsgeweben an deren Oberflächen der hochspezialisierte Parasit Basidien und Basidiosporen bildet. **b:** Oberer Teil einer Basidie mit Sterigmen und jungen Basidiosporen. Eine Besonderheit der Exobasidiaceen-Basidie sind die nach innen gekrümmten Schleudersporen. Ein Teilstrich der Meßskala = 1 µm. — Fotos F. OBERWINKLER.

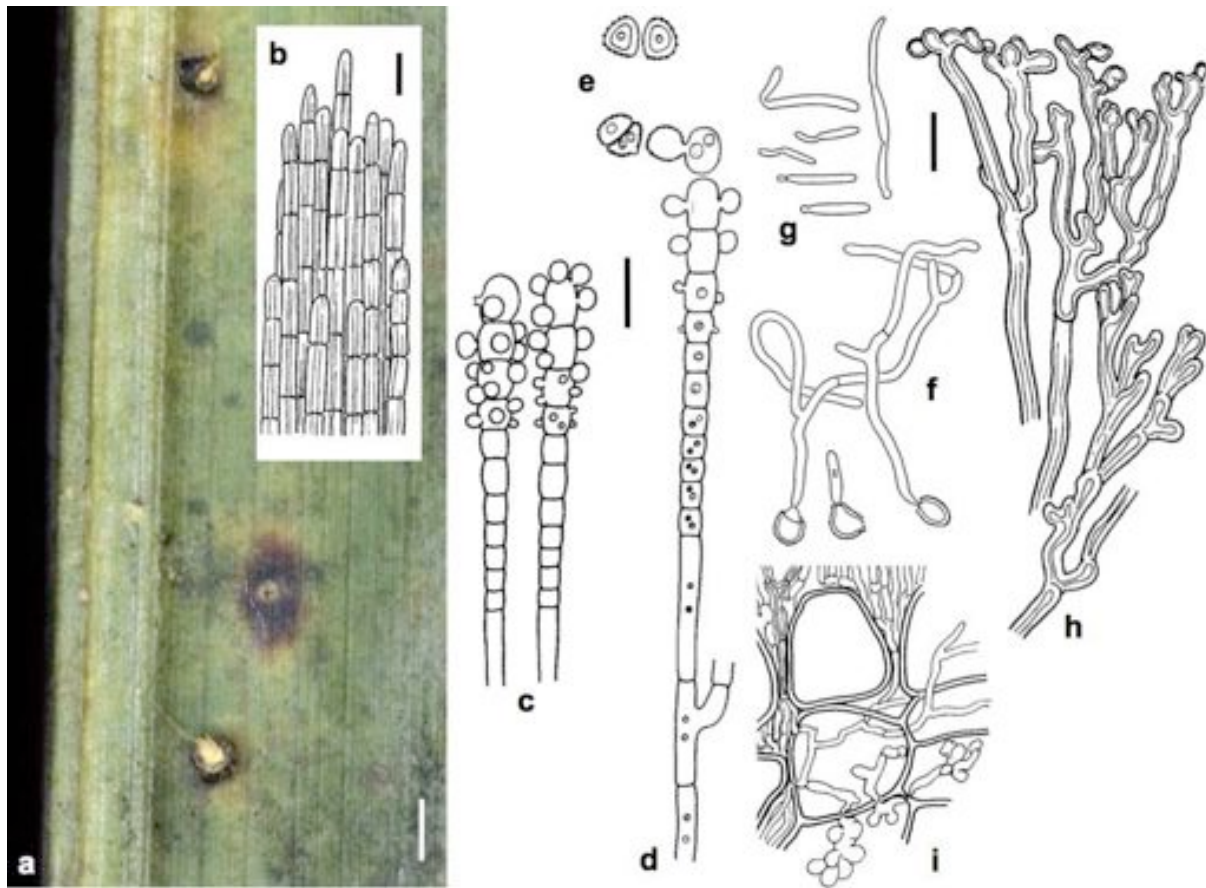


Abb.16 **a**: Der Palmen-Brandpilz *Graphiola phoenicis* auf der Kanarenpalme, *Phoenix canariensis*, China, Menglun Botanischer Garten, 10.8.1995. Zwei Fruchtkörper des Pilzes haben die Blattepidermis durchbrochen. Beim linken Sporenlager sind die fadenförmigen Hyphenbündel erkennbar, die über das Hymenium hinauswachsen. *Graphiola*-Arten und Verwandte parasitieren nur Palmen, bevorzugt *Phoenix* und *Sabal*-Species. Messbalken 5 mm. **b**: Hyphen der Peridie. **c**: Zwei Basidienketten, die jeweils aus kurz tonnenförmigen Basidien bestehen. Die oberen Basidienzellen sind reif und gliedern lateral Basidiosporen ab. **d**: Basidienkette mit Zellkernen, die den Übergang von der Zweikernphase ($n+n$) zum diploiden Zustand ($2n$) verdeutlichen. **e**: Teilung einer Basidiospore und reife, dickwandige Sporen. **f**: Basidiensporenkeimung mit Hyphen und einer Hefeknospung. **g**: Hefeknospung. **i**: Parasitäre Interaktion mit lebenden Wirtszellen. Beim Durchwachsen der Wirtszellwände verschmälern sich die Hyphen zu feinen Kanälen um sich danach in den Wirtszellen mit gelappten Haustorien auszubreiten. **b-i** nach OBERWINKLER et al. (1982), Messbalken 5 μ m. – Foto und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Graphiolales, Palmenbrände (Abb. 16)

Bis 1982 war für die Palmen parasitierenden *Graphiola*-Arten nicht geklärt, welcher Pilzgruppe sie angehören. OBERWINKLER et al. (1982) konnten nachweisen, dass es sich um Basidiomyceten handelt. Die Mikromorphologie und Ontogenie der kettenförmig aneinander gereihten Holobasidien untermauern die Eigenständigkeit der Gruppe, auch wenn molekularphylogenetisch die Einbindung in die Exobasidiales nahe liegt.

Brachybasidiales und Cryptobasidiales

Diese beiden Ordnungen werden taxonomisch auch als Familien innerhalb der Exobasidiales klassifiziert. Brachybasidiales besitzen Schleuderbasidiosporen und Cryptobasidiales haben gasteroide Basidien.

In einer vergleichenden Abhandlung von Basidentypen und ihrer phylogenetischen Bedeutung hat OBERWINKLER (1982) *Exobasidium*, *Exobasidiellum*, *Microstroma* auch *Brachybasidium* und *Coniodictyum* behandelt und repräsentative Arten illustriert. – Über Wieder- bzw. Neufunde von *Climoconidium bullatum* und *C. farinosum* sowie *Drepanoconis larviformis* in Costa Rica berichteten GÓMEZ & KISIMOVA-HOROVITZ (1998). – Süd- und mittelamerikani-

sche Taxa der Gattungen *Botryoconis*, *Clinoconidium* und *Drepanoconis* wurden von HENDRICHs et al. (2003) morphologisch und ultrastrukturell untersucht sowie nach kladistischer Methode phylogenetisch interpretiert. Molekularphylogenetische Hypothesen sprechen für die Eingliederung in die Exobasidiales (BEGEROW et al. 2006). – BERNDT & SHARMA (1998) haben aus Indien eine neue Art, *Dicellomyces calami*, von Blättern von *Calamus* cf. *rotang* beschrieben.

Malasseziales

Die auf der Haut von Säugetieren vorkommenden Hefen der Gattung *Malassezia* konnten molekularphylogenetisch den Exobasidiomycetes zugeordnet werden (BEGEROW et al. 2000). Die phylogenetische Herkunft dieser thermophilen Hefen mit ihrer besonderen ökologischen Spezialisierung ist nicht geklärt.

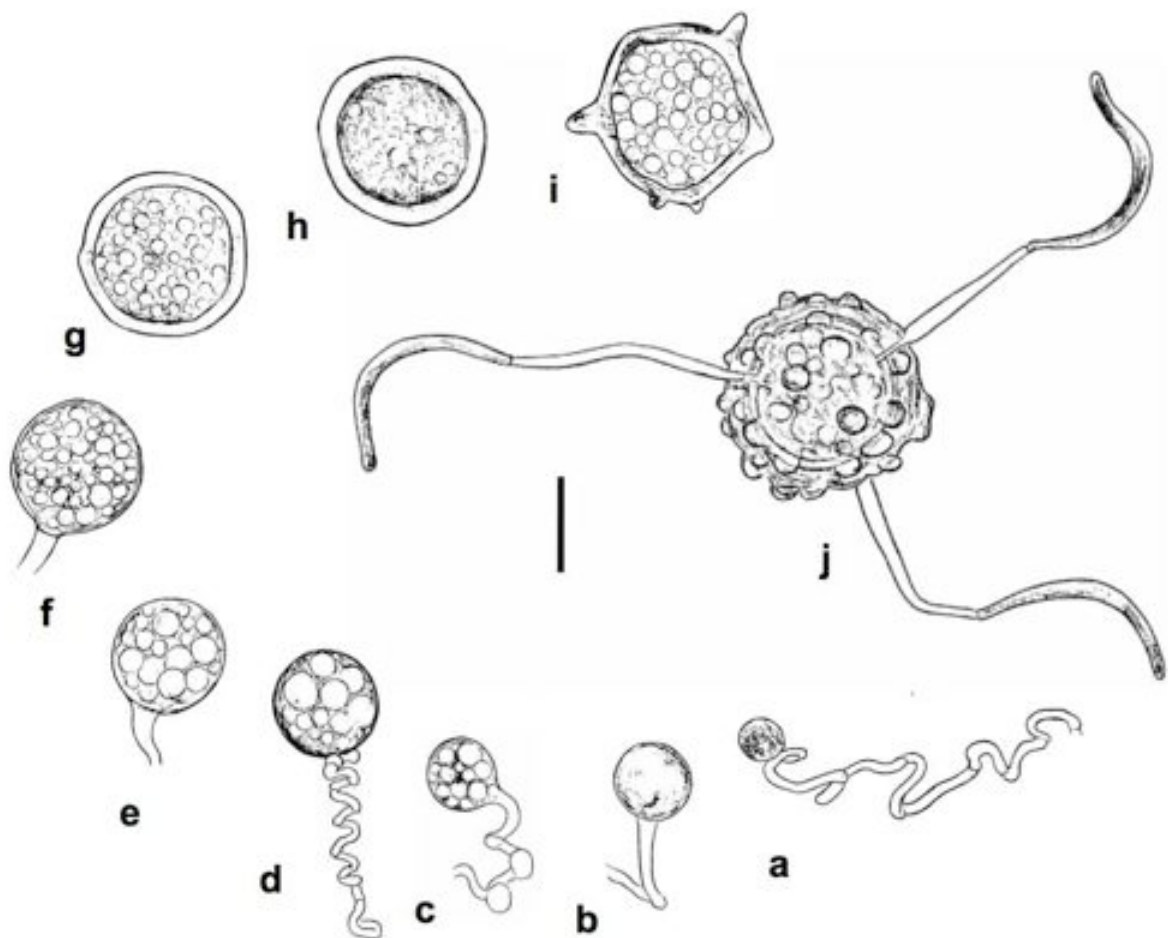


Abb. 17: Entwicklungsstadien des Wurzelbrandpilzes *Entorrhiza casparyana* auf der Gliederbinse *Juncus articulatus*. **a-i**: Die gesamte Ontogenie verläuft in lebenden Wurzelzellen des Wirtes. **a-f**: Junge Brandsporen jeweils an einer generativen Hyphenspitze. Mit zunehmender Reife wird das Cytoplasma der Sporen stark granulär, schließlich lösen sie sich von den Trägerhyphen ab (**g-i**), werden zunehmend dickwandiger und bilden ein Sporenornament aus. **j**: Keimung einer reifen Brandspore mit drei Keimhyphen an denen jeweils terminal eine sigmoide Spore entsteht. Da die Karyologie nicht bekannt ist, ist unklar ob Basidiosporen oder Konidien gebildet werden. Mehrfach haben wir vierzellige keimende Brandsporen beobachtet. Dies war jedoch am Beispiel unserer Abbildung nicht erkennbar. Weder die Verbreitungsbiologie noch die phylogenetische Stellung der *Entorrhiza*-Pilze konnten bisher geklärt werden. Messbalken 10 µm. – Coll. R. BAUER, G. DEML, M. NEBEL, Triensbach 9.1986, Keimstadien R. BAUER 1.1987, Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Entorrhizales (Abb. 17)

Traditionell werden *Entorrhiza*-Arten als Brandpilze klassifiziert. Sie parasitieren lebende Wurzelzellen von Cyperaceen und Juncaceen, bilden dickwandige Überdauerungszellen

(Brandsporen), die reif durch interne Septierung vierzellig werden. – Die Ontogenie der Brandsporenentwicklung und die Ultrastruktur der Septenporen von *Entorrhiza casparyana* wurden von DEML & OBERWINKLER (1981) untersucht. Wegen einer Probenverwechslung haben sie anstatt der *Entorrhiza*-Basidie diejenige von *Tilletia* sp. dargestellt. Aus Brandsporenzellen wächst jedoch jeweils ein Keimschlauch aus, wie BAUER et al. (2001a) zeigen konnten. – Von *Scirpus cernuus* und *S. basilaris* wurde *Entorrhiza finerani* und von *Eleocharis parvula* *Entorrhiza parvula* von VÁNKY (1992) beschrieben. – Nach ultrastrukturellen und molekularen Daten interpretierten BAUER et al. (1997) und BEGEROW et al. (1997) die Entorrhizales als eine Schwestergruppe aller Brandpilze. Entorrhizaceae und Entorrhizales haben BAUER & OBERWINKLER (in BAUER et al. 1997) beschrieben. – Aus Neuseeland hat VÁNKY (1998c) *Entorrhiza casparyanella* auf *Juncus gregiflorus* bekannt gemacht. – VÁNKY et al. (2007) haben die südafrikanische *Entorrhiza calospora*, die an Wurzeln verschiedener Arten der Aizoaceae, Molluginaceae und Portulacaceae Gallen bildet, in die neue Gattung *Talbotiomyces* transferiert. Wegen fehlender ontogenetischer, ultrastruktureller und molekularer Daten war jedoch eine systematische Zuordnung der Gattung nicht möglich.

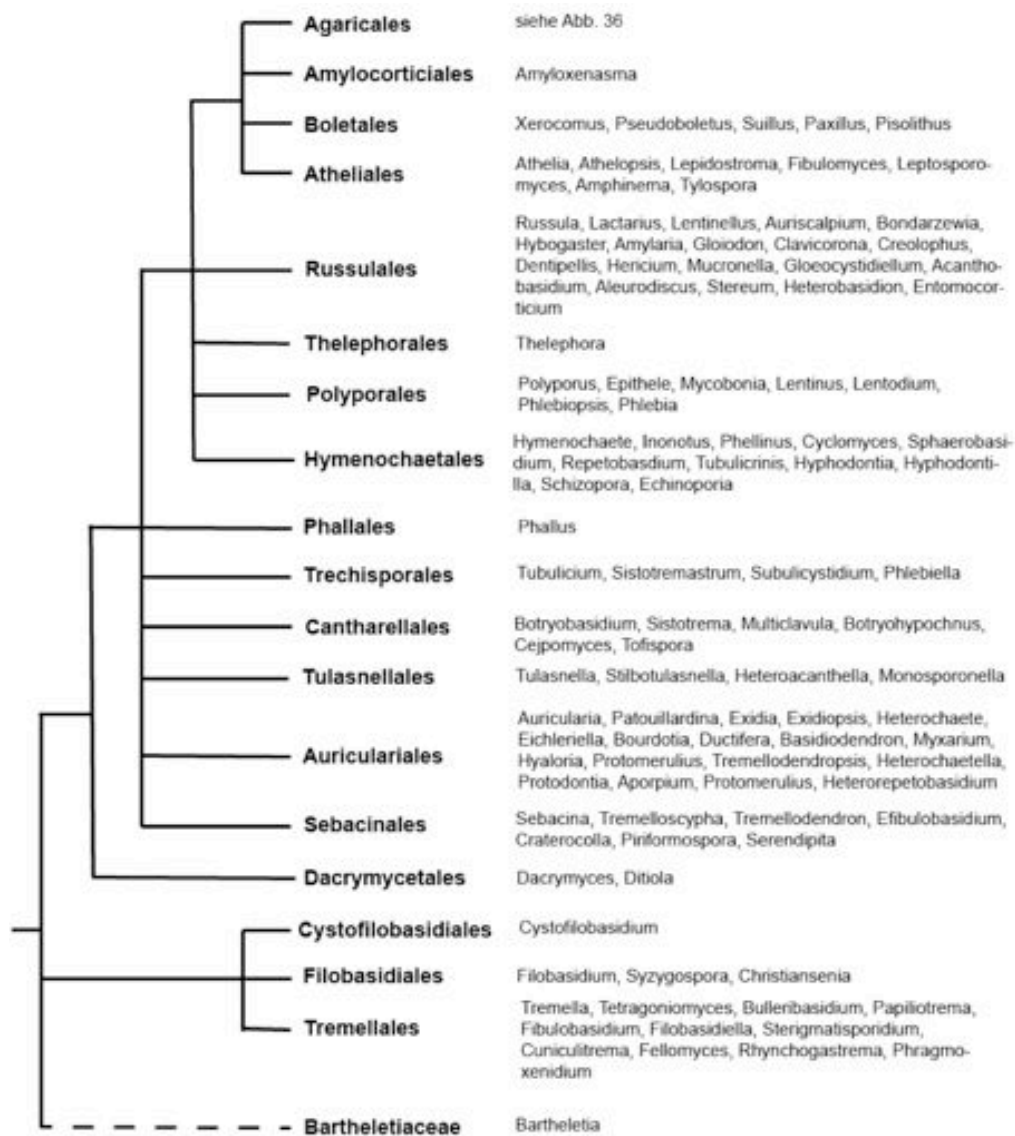


Abb. 18: Phylogenetische Hypothese für Ordnungen der Agaricomycotina (verändert nach HIBBETT et al. 2007). Die Taxa werden entlang der hier gegebenen Anordnung, von unten nach oben, besprochen. Die phylogenetische Stellung der Bartheletiaceae ist ungeklärt.

Agaricomycotina (Abb. 18)

Um die Taxonomie der Phylogenie der Basidiomyceten anzugleichen haben BAUER et al. (2006) die Unterabteilung der Agaricomycotina vorgeschlagen, deren Arten sich durch den Typ B der Sekundärstruktur der 5S RNA, dominierende Glucose und das Vorhandensein von Xylose in den Zellwänden definieren lassen. Ein gemeinsames Strukturmerkmal für diese sehr artenreiche Unterabteilung der Basidiomycota ist weder im subzellulären und zellären Bereich noch in makroskopischen Bauplänen vorhanden. Die meisten Pilze, deren Fruchtkörper mit freiem Auge erkannt werden können (die sog. Großpilze) gehören hierher.

Wie wichtig der breite Ansatz unseres gesamten Forschungskonzeptes war, wird aus den folgenden Abschnitten deutlich. Systematik und Phylogenie der einzelnen Taxa waren unverzichtbar für einen wissenschaftlich fundierten Einstieg in ökologische Fragestellungen, insbesondere der Bodenbiologie und vornehmlich der Mykorrhizaforschung. Optimierte Kultivierungstechniken, ausgereifte Feinstrukturmethodik und sukzessive Verwendbarkeit molekularer Analytik wurden zu essentiellen Komponenten unserer Arbeiten.

Bartheletiaceae

Die auf abgefallenen *Ginkgo biloba*-Blättern schwarze Kolonien bildende *Bartheletia paradoxa*, die von ARNAUD schon 1954 beschrieben wurde, haben SCHEUER et al. (2008) ontogenetisch, morphologisch, ultrastrukturell und molekularphylogenetisch untersucht. Sie fanden dickwandige Probasidien (Teliosporen), die über jeweils einen Keimporus mit Hyphen auskeimen und in einer tremelloiden Basidie terminieren. Auf stummelförmigen Sterigmen werden sitzende Basidiosporen gebildet. Hyphensepten sind vielfach mit Mikroporen durchlöchert. Molekularphylogenetisch kann eine basale Stellung in den Agaricomycotina wahrscheinlich gemacht werden.

Tremellales, Zitterpilze (Abb. 19)

Viele Tremellales-Arten kommen auf Holz vor und täuschen damit eine saprobe Lebensweise vor. Tatsächlich ließen sich die genauer untersuchten Arten als Mykoparasiten erkennen. Häufig haben diese Pilze gallertige, bei Trockenheit einschrumpfende und bei erneut einsetzender Feuchtigkeit wieder aufquellende Fruchtkörper. Ursprünglich waren Tremellales innerhalb der Heterobasidiomyceten als Pilze mit längs septierten Basidien definiert. – Bei der Bearbeitung cyphelloider Pilze fanden AGERER & OBERWINKLER (1979) tremelloide Basidien in *Flagelloscypha applanata*. Da sie keine Haustorien an den Basidien bildenden Hyphen finden konnten, nahmen sie an, dass diese Basidien nicht zu einem tremelloiden Mykoparasiten gehörten. Entsprechend schlugen sie eine neue Gattung, *Heteroscypha*, vor. Bei *Flagelloscypha malmei* fanden sie nur vereinzelte, partiell apikal septierte Basidien. – An kultivierter *Tremella uliginosa* wiesen OBERWINKLER & BANDONI (1981) dickwandige Basidien nach, deren Teilzellen entweder direkt mit dikaryotischen Hyphen keimen, oder deren monokaryotische Keimhyphen außerhalb der Basidie fusionieren. Sie führten für diesen Pilz die Gattung *Tetragoniomyces* und die Familie Tetragoniomycetaceae ein. Die mykoparasitische Interaktion von *Tetragoniomyces uliginosus* mit *Rhizoctonia* sp. untersuchten BAUER & OBERWINKLER (1990a) transmissionselektronenmikroskopisch. Sie fanden einen Mikroporus, der durch die Haustorienspitze und die Wirtszellwand geht. Dabei verschmelzen die Cytoplasmamembranen von Wirt und Parasit, was zu einem direkten Cytoplasmakontakt der beiden interagierenden Pilze führt. Dies war der Erstnachweis eines derartigen Mykoparasitismus bei Basidiomyceten. – Für seine Dissertation hat ZUGMAIER (1991) den Mykoparasitismus von *Tremella encephala*, *T. mycophaga*, *T. polyporina* und einer unbeschriebenen *Tremella* auf *Dacryonaema rufum* licht- und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. Es konnte belegt werden, dass die zellulären Differenzierungen bei allen studierten Arten identisch sind. Die mykoparasitischen Interaktionen von *Tremella mesenterica*, *T. encephala* und *T. mycophaga* haben ZUGMAIER et al. (1994) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch studiert. Sie

fanden denselben Interaktionstyp wie er schon für *Tetragoniomyces uliginosus* nachgewiesen war. Für *Tremella mesenterica* haben ZUGMAIER & OBERWINKLER (1995) diese Studien vertieft und das Wirtsspektrum mit *Peniophora eriksonii*, *P. quercina* und *Phanerochaete cremea* getestet.

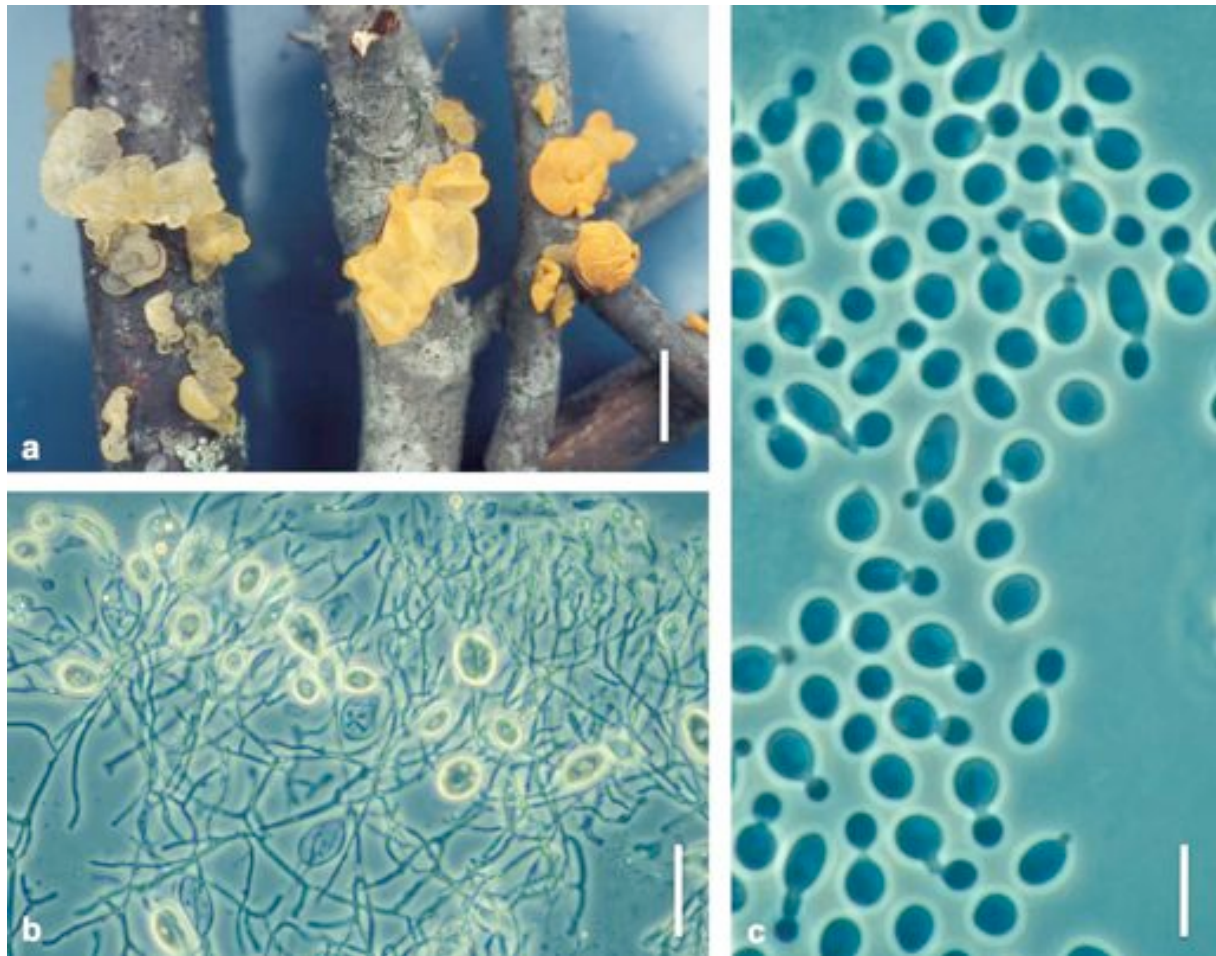


Abb. 19: Der Goldgelbe Zitterling *Tremella mesenterica*. **a**: Fruktifikationen auf Laubholzweigen, Tübingen, 7.1983. Rechts: Junge Fruchtkörper im Stadium der Konidienbildung. Mitte: Reife Fruchtkörper mit Konidien und Basidien. Links: Alte Fruchtkörper mit Basidien und Basidiosporen. Messbalken 3 cm. **b**: Quetschpräparat des Hymeniums mit reifen und alten, längs septierten Basidien. Noch nicht sporulierende Basidien sind dicht plasmatisch, absporulierte Meiosporangien haben das Cytoplasma in die Basidiosporen gepumpt. Der unregelmäßige Hyphenverlauf im Subhymenium läßt die gelatinöse Konsistenz der Fruchtkörper erahnen. Messbalken 40 µm. **c**: Hefekiemung mit unterschiedlichen Stadien der Knospung. Messbalken 10 µm. – Fotos F. OBERWINKLER.

OBERWINKLER & BANDONI (1983) beschrieben *Trimorphomyces papilionaceus* als neue Art und Gattung. Der Pilz parasitiert *Arthrinium sphaerocarpum*. Neben Basidiensporen werden mono- und dikaryotische Konidien gebildet. – Für die von MÖLLER 1885 aus Brasilien beschriebenen *Tremella anomala*, *T. auricularia*, *T. dysenterica*, *T. fibulifera* und *T. spectabilis* haben BANDONI & OBERWINKLER (1983) ausführliche Beschreibungen und detaillierte Illustrationen erstellt. – Mikromorphologische und molekulare Untersuchungen an einer Vielzahl von *Tremella*-Belegen, vornehmlich aus Taiwan, hat CHEN (1998) für seine Dissertation durchgeführt. Er hat 11 neue Arten beschrieben, *Tremella cerebriiformis*, *T. flava*, *T. fusco-succinea*, *T. giraffa*, *T. griseobrunnea*, *T. neofoliacea*, *T. nivalis*, *T. resupinata*, *T. taiwanensis*, *T. tropica* und *T. vasifera*. In seiner phylogenetischen Analyse unterscheidet er fünf Artgruppen: *Aurantia*-, *Foliacea*-, *Fuciformis*-, *Indecorata*- und *Mesenterica*-Gruppe. In die Studien eingeschlossen war auch *Sirobasidium magnum*. – CHEN et al. (2001) untersuchten, be-

schrieben und illustrierten Typusbelege von folgenden *Tremella*-Arten: *T. australiensis*, *T. brasiliensis*, *T. coalescens*, *T. microspora* und *T. samoensis*. Dabei fanden CHEN & OBERWINKLER (2000a) im Neotypus von *Tremella brasiliensis* einen Mykoparasiten der zwei Jahre vorher als *Heteromycophaga tremellicola* beschrieben wurde. – *Sirobasidium minutum* haben KISIMOVA-HOROVITZ et al. (2000b) aus Costa Rica beschrieben und über weitere Heterobasidiomyceten aus dem Land berichtet. – In Arbeiten zu seiner Dissertation hat B. MÜLLER (1989) aus nicht sterilen Pykno-sporenlagern von *Puccinia punctiformis* (*P. suaveolens*) häufig *Cryptococcus laurentii* isoliert, den er molekularphylogenetisch den Tremellales zuordnen konnte. – Merkmale, die sich für die Unterscheidung von *Filobasidiella depauperata* und *Filobasidiella neoformans* eignen, wurden von KWON-CHUNG et al. (1995) herausgearbeitet. – BIALEK et al. (2002) zeigten, dass durch *Cryptococcus neoformans* verursachte Meningitis der Maus in Gewebepreparaten durch PCR des 18S rRNA-Gens nachgewiesen werden kann. – Nach morphologischen, ultrastrukturellen, physiologischen und molekularen Charakteristika haben SAMPAIO et al. (2002) zwei neue Gattungen, *Bulleribasidium* und *Papiliotrema* sowie drei neue Arten *B. oberjochense*, *P. bandonii* und *Fibulobasidium murrhardtense*, beschrieben. – LAASER et al. (1988) isolierten aus dem auf Blätterpilzen parasitierenden Stäubenden Zwitterling (*Asterophora lycoperdoides*) eine Hefe, die biochemisch und ultrastrukturell charakterisiert wurde. Doliporen vom *Tremella*-Typ ermöglichten eine Zuordnung zu den Tremellales. – Unter den mit Borkenkäfern assoziierten Pilzen fanden KIRSCHNER et al. (2001d) eine Art mit tremelloiden Basidien und die zugehörige Hefe, *Sterigmatosporidium polymorphum*, die an stielartigen Fortsätzen weiter knospt. Sie beschrieben die neue Gattung *Cuniculitrema* mit der Art *C. polymorpha* und führten die Familie der Cuniculitremaeae ein. Diese Familie bildet ein Monophylum, das auch die Hefegattungen *Fellomyces* und *Kockovaella* beinhaltet. – SPAAIJ et al. (1991) haben aus *Xenasmatella* Fruchtkörpern eine Hefe isoliert, die sie als *Fellomyces horovitziae* beschrieben haben. – Aus Ackerböden von Ahlum bei Braunschweig haben METZLER et al. (1989) einen Pilz isoliert, der tremelloide Haustorien und tremelloide Doliporen besitzt. Die Basidien sind nur apikal partiell längsseptiert und entwickeln sitzende Basidiosporen. Die neuen Taxa, *Rhynchogastrema coronata* und Rhynchogastremaceae, wurden den Tremellales zugeordnet. – In Fruchtkörpern von *Uthatabasidium fusisporum* fanden OBERWINKLER et al. (1990c) einen fruchtkörperlosen Mykoparasiten mit schnallenlosen Hyphen, Doliporen ohne Parenthesome, quer septierten Basidien und Basidiosporenkeimung mit Sekundärsporen oder kugeligen Mikrokonidien. Die mykoparasitische Interaktion erfolgt durch Mikroporen, die durch die Parasiten- und Wirtszellwände verlaufen. Wir haben diesen höchst ungewöhnlichen Mykoparasiten *Phragmoxenidium mycophilum* genannt und ihn in einer eigenen Familie, Phragmoxenidiaceae, mit großem Vorbehalt zu den Tremellales gestellt.

Filobasidiales (Abb. 20)

Pilze, die zu diesser Ordnung gerechnet werden, haben Holobasidien, die keine Schleudersporen ausbilden können. Ihre Fruchtkörper sind äußerst unscheinbar, manchmal entstehen Basidien an vereinzelt Hyphen. Neben *Filobasidium floriforme* haben BANDONI et al. (1991) zwei unbekannte Arten der Gattung, *F. elegans* und *F. globosporum*, auf *Yucca* spp. gefunden, beschrieben und illustriert. – OBERWINKLER & BANDONI (1982b) haben Arten der holobasidialen Gattungen *Carcinomyces*, *Christiansenia* und *Syzygospora* ontogenetisch, licht- und elektronenmikroskopisch untersucht. Sie haben diese Taxa in der Familie Carcinomycetaceae zusammengefasst. Es wurden auch die mykoparasitischen Interaktionen dargestellt. Die Untersuchung des Typus von *Syzygospora alba* veranlassten OBERWINKLER & LOWY (1981) diesen Namen für das Basidienstadium des Mykoparasiten anzuwenden.

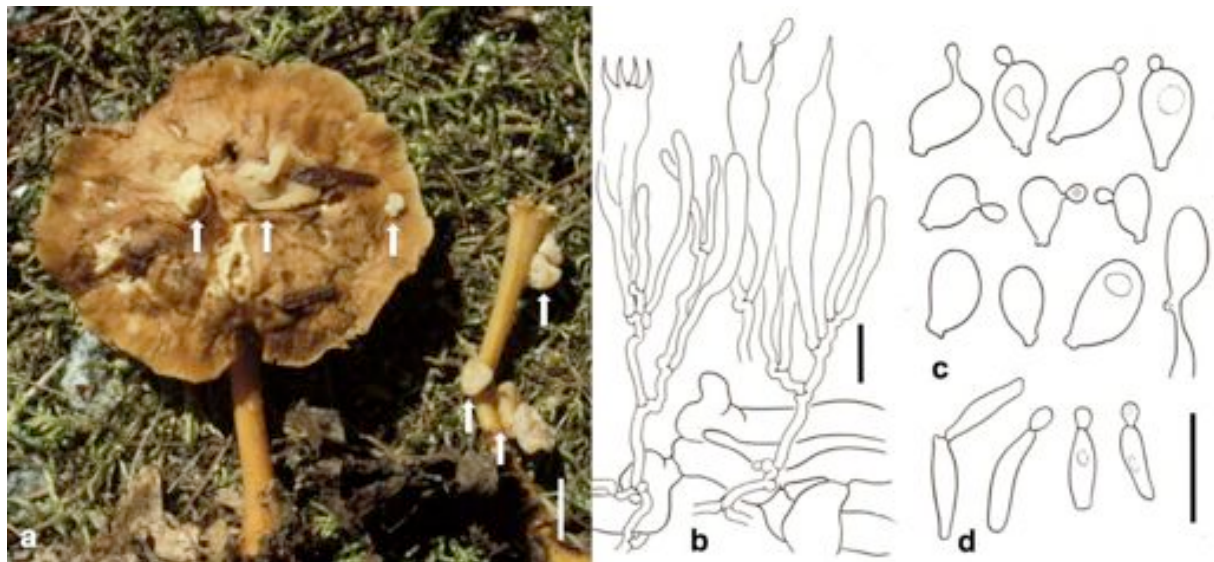


Abb. 20 **a:** Der Gallen induzierende Pilzparasit *Carcinomyces mycetophilus* auf einem Rübling, *Collybia* sp., North Carolina, Highlands, 4.8.1985. Die Gallenbildungen auf dem Hut und dem Fruchtkörperstiel des Wirtes sind durch Pfeile markiert. Messbalken 1 cm. **b:** Hymenium des Parasiten mit zwei Basidien sowie schmalen und Schnallen tragenden Hyphen. Die breiten, basalen Hyphen gehören zum Wirt. Messbalken 5 µm. **c:** Mit Hefen keimende Basidiosporen. **d:** Hefeknospung. **c, d** Messbalken 10 µm. – Foto und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Sie waren auch der Meinung, dass die Gattung von *Christiansenia* unterschieden werden kann. Ferner haben sie die mykoparasitischen Strukturen analysiert und dargestellt. CHEN et al. (1997) haben die neue Art *Syzygospora nivalis* aus Taiwan beschrieben. – Die Ontogenie von *Christiansenia pallida*, die auf *Phanerochaete crenea* parasitiert, wurde von OBERWINKLER et al. (1984) nach Kultivierungsexperimenten rekonstruiert. Es wurden auch die subzellulären Interaktionsstrukturen von Parasit und Wirt dargestellt. Diese haben BAUER & OBERWINKLER (1990b) in einer ausführlichen Arbeit analysiert. Sie fanden auch bei diesem mykoparasitischen Interaktionssystem Mikroporen als Interaktionskanäle, die Cytoplasmafusionen von Wirt und Parasit ermöglichen.

Cystofilobasidiales (Abb. 21)

Dimorphe Pilze mit weißen, orangefarbenen oder roten Hefekolonien, die von unterschiedlichsten Substraten isoliert wurden und die keine mykoparasitischen Interaktionen erkennen lassen. In Hefekolonien von *Rhodospiridium capitatum* wiesen OBERWINKLER et al. (1983) Hyphen mit kugeligen, dickwandigen Zellen nach, aus denen langgestielte, kopfige Holobasidien mit sitzenden Basidiosporen auswuchsen. Sie konnten zeigen, dass Hefe- und Hyphenphase zu ein und demselben Pilz gehören. Entsprechend führten OBERWINKLER & BANDONI die neue Gattung *Cystofilobasidium* mit zwei Arten, *C. capitatum* und *C. bisporidii*, ein. – Eine neue Art, *Cystofilobasidium ferigula*, wurde von SAMPAIO et al. (2001) durch Kreuzen kompatibler Hefestämme von *Cryptococcus ferigula* erhalten. Es konnte auch die Identität von *C. lari-marini* mit *C. capitatum* nachgewiesen werden.

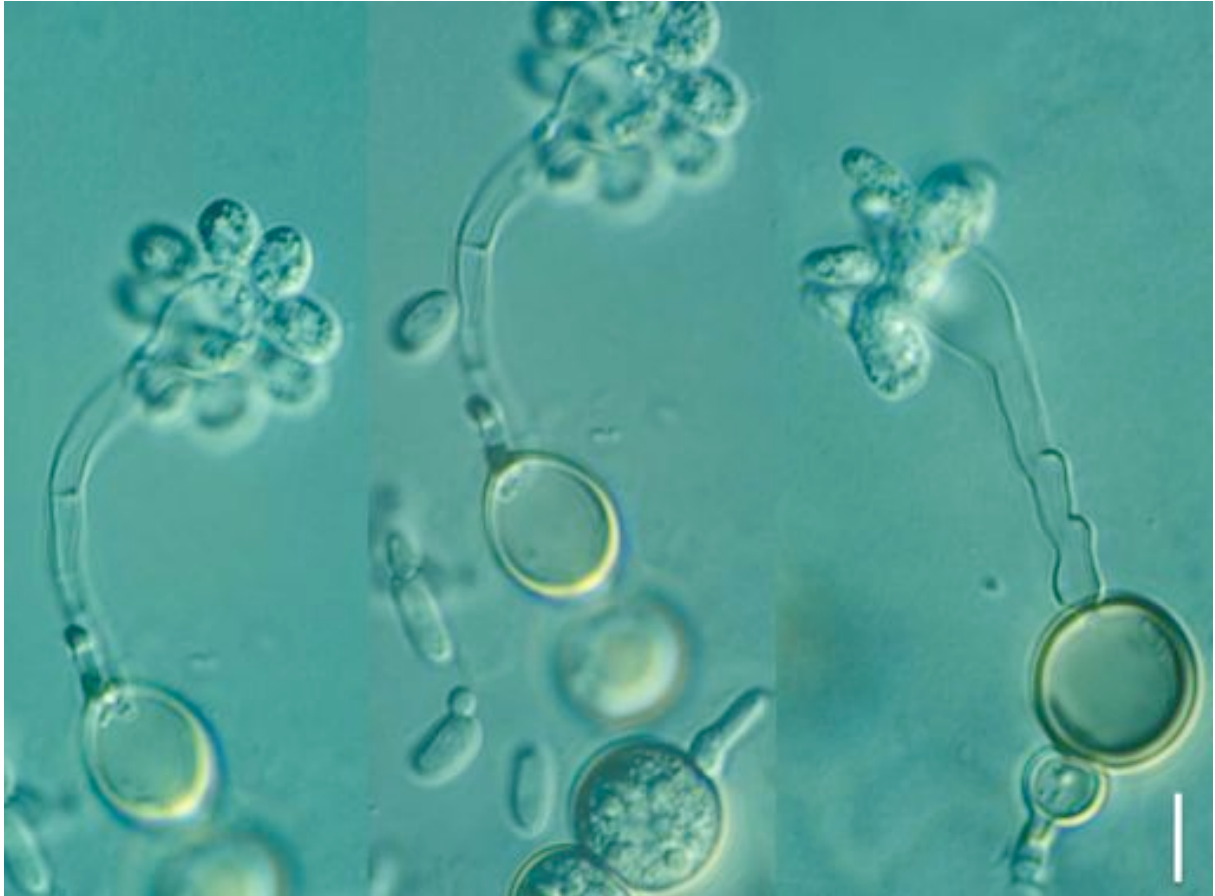


Abb. 21: *Cystofilobasidium capitatum* in Kultur, Phasenkontrastaufnahmen. Dickwandige Probasidien (Teleutosporen) keimen mit je einer unterschiedlich langen Basidie, die kopfig anschwillt und sitzende Basidiosporen sukzessive abschnürt. Messbalken 10 µm. – Fotos F. OBERWINKLER.

Dacrymycetales, Tränenpilze (Abb. 22)

Das gemeinsame Merkmal der Tränenpilze ist die dacrymycetale Gabelbasidie, ein Meiosporangium, das zwei lange Sterigmen besitzt. Sehr selten kommen auch Basidien mit einem Sterigma oder drei Sterigmen vor. Zudem haben die Tränenpilze zu allermeist septierte Basidiosporen. Dies ist, im Gegensatz zu den Ascomycota, bei Basidiomycota außerordentlich selten. Typisch sind Arten der Gattung *Dacrymyces*, die als Saprobionten auf Holz vorkommen und eine intensive Braunfäule hervorrufen. Sie bilden gallertige, gelb- bis orangefarbene (carotinhaltige) Fruchtkörper. Die einheimischen 11 Arten dieser Gattung hat GÖTTEL (1983) für ihre Dissertation licht- und transmissionsmikroskopisch untersucht und systematisch interpretiert. – Eine an Fichtenmoderholz in Bergwäldern vorkommende Dacrymyceten-Art hat OBERWINKLER (1989b) als *Ditiola haasii* neu beschrieben. Die Zuordnung zur Gattung *Ditiola* erfolgte nach mikromorphologischen Merkmalen im Vergleich mit dem Gattungstyp, *Ditiola radicata*. – Auf Zweigen von *Dendrocalamus giganteus* fanden OBERWINKLER & TSCHEN (1990b) in Taiwan einen winzigen Pilz, den sie als neue Art erkannten und als *Dacrymyces dendrocalami* beschrieben. Charakteristisch sind kurz-tonnenförmige Basidien und die stark verzweigten Hyphiden im Hymenium. – Die Gattungen der Dacrymycetales hat OBERWINKLER (1993b) nach morphologischen Merkmalen charakterisiert und cladistisch interpretiert. – Karyologische Untersuchungen zur sexuellen Fortpflanzung von *Dacrymyces stillatus* sowie ultrastrukturelle Analysen zu Differenzierungen bei der Konidiogenese wurden von MOSSEBO (1995) durchgeführt.

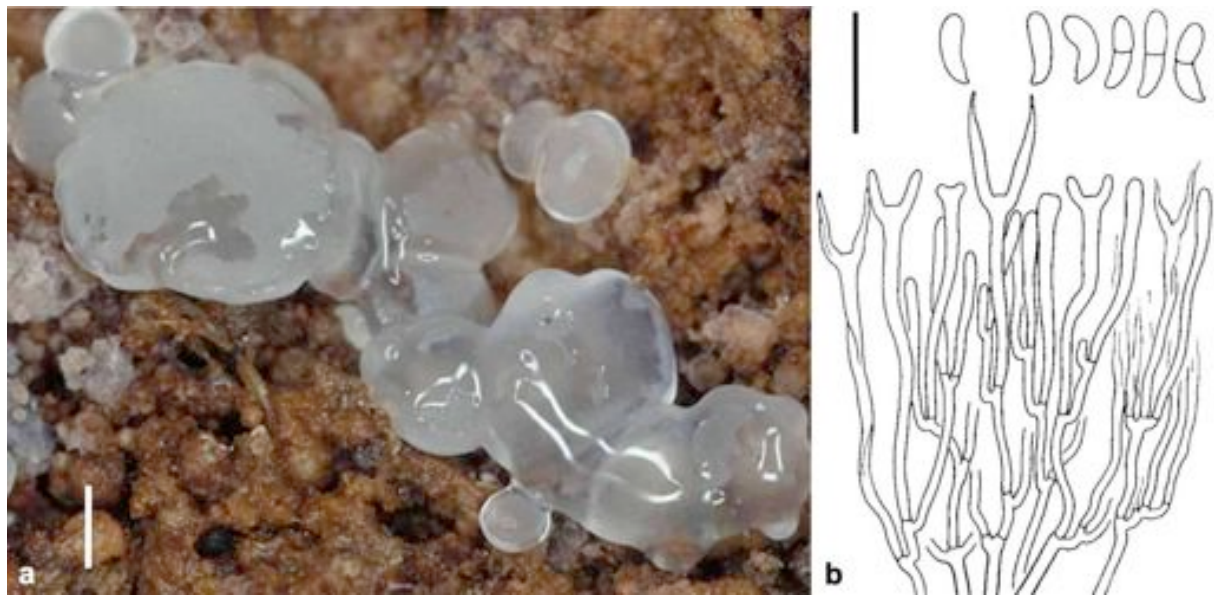


Abb. 22: Wurzelnde Tränenpilze. **a:** *Ditiola haasii* auf Fichtenmoderholz, Oberjoch, 10.10.1996. Sporulierende Fruchtkörper haben eine rau erscheinende Hymeniums Oberfläche, überreife Hymeniumsteile sind schleimig-glatt. Die Art ist nur aus den montan-subalpinen Nadelwäldern der Alpen nachgewiesen. **b:** Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien und Sporen von *Ditiola radicata* (nach OBERWINKLER 1989). Messbalken 20 µm. – Foto und Zeichnung F. OBERWINKLER.

Sebacinales, „Wurzelpilze“ mit weitgehend unbekannter Vielfalt (Abb. 23)

Arten dieser Pilzgruppe sind grundsätzlich mit Pflanzenwurzeln assoziiert, entweder als Einwohner, Endophyten, oder als Mykorrhizapilze. Als solche decken sie das gesamte Spektrum der bisher für Basidiomycota bekannten Interaktionstypen ab. Sie bilden mit Kieferngewächsen und Arten der Buchen-Verwandtschaft sowie einigen weiteren Pflanzengruppen Ektomykorrhizen. Mit Arten der Heidekraut-Verwandtschaft gehen sie ericoide, arbutoide und caven-dishioide Mykorrhizen ein, und schließlich treten sie mit Orchideen, sogar mit epiphytisch lebenden, in spezifische Orchideenmykorrhizen ein. Die Hyphen der Sebacinales sind fast immer schnallenlos, ihre Septenporen haben Doliporen mit kontinuierlichen Parenthesomen und ihre Basidien sind reif längs septiert.

Die jüngste Entdeckungsgeschichte kryptischer Sebacinen kann als sensationell bezeichnet werden. Um dies zu verdeutlichen, greifen wir auf eigene Arbeiten aus „vormolekularer Zeit“ zurück. – Südbayerische Arten der Gattung *Sebacina*, nach damaliger Umgrenzung, hat OBERWINKLER (1963) behandelt und *S. dimitica* als neue Species beschrieben. – Fruchtkörperlose und intrahymenial in anderen Pilzen wachsende *Sebacina*-Arten (s.l.) wurden von OBERWINKLER (1964b) untersucht. Er hat drei neue Arten, *Sebacina gloeophora*, *S. vermifera* intrahymenial in *Uthatabasidium fusisporum* und *S. inclusa* in Fruchtkörpern von *Botryobasidium*, gefunden und beschrieben. Eine weitere Art, *Sebacina interna*, die im Fruchtkörper von *Hyphoderma obtusum* gefunden wurde, ist zusammen mit POELT beschrieben worden. Diese frühen Arbeiten von OBERWINKLER werden hier angeführt, weil *Sebacina vermifera* und viele fruchtkörperlose, nur molekular detektierte *Sebacina*-Sippen, sich jüngst weltweit in Dendrogrammen als Sequenztaxa unbekannter Sebacinen akkumulieren. Wie diese molekular detektierbare, kryptische Diversität künftig als Organismen handhabbar gemacht werden kann, ist derzeit absolut rätselhaft. – Eine weitere Art mit winzigen, kaum sichtbaren Fruchtkörpern und gebogenen Basidiosporen wurde von KIRSCHNER & OBERWINKLER (2002) als *Sebacina allantoidea* beschrieben. – WELLS & OBERWINKLER (1982) erkannten, dass *Eichleriella gelatinosa*, die damals nur von Jamaica und Florida bekannt war, in die engere Verwandtschaft von *Sebacina* gehört. Sie haben für die Art die neue Gattung *Tremelloscypha* errichtet und die

Familie der Sebacinaceae eingeführt, in die sie auch *Tremellodendron* transferierten. – Über *Sebacina*-Arten aus Costa Rica haben KISIMOVA-HOROVITZ et al. (2000a) berichtet.

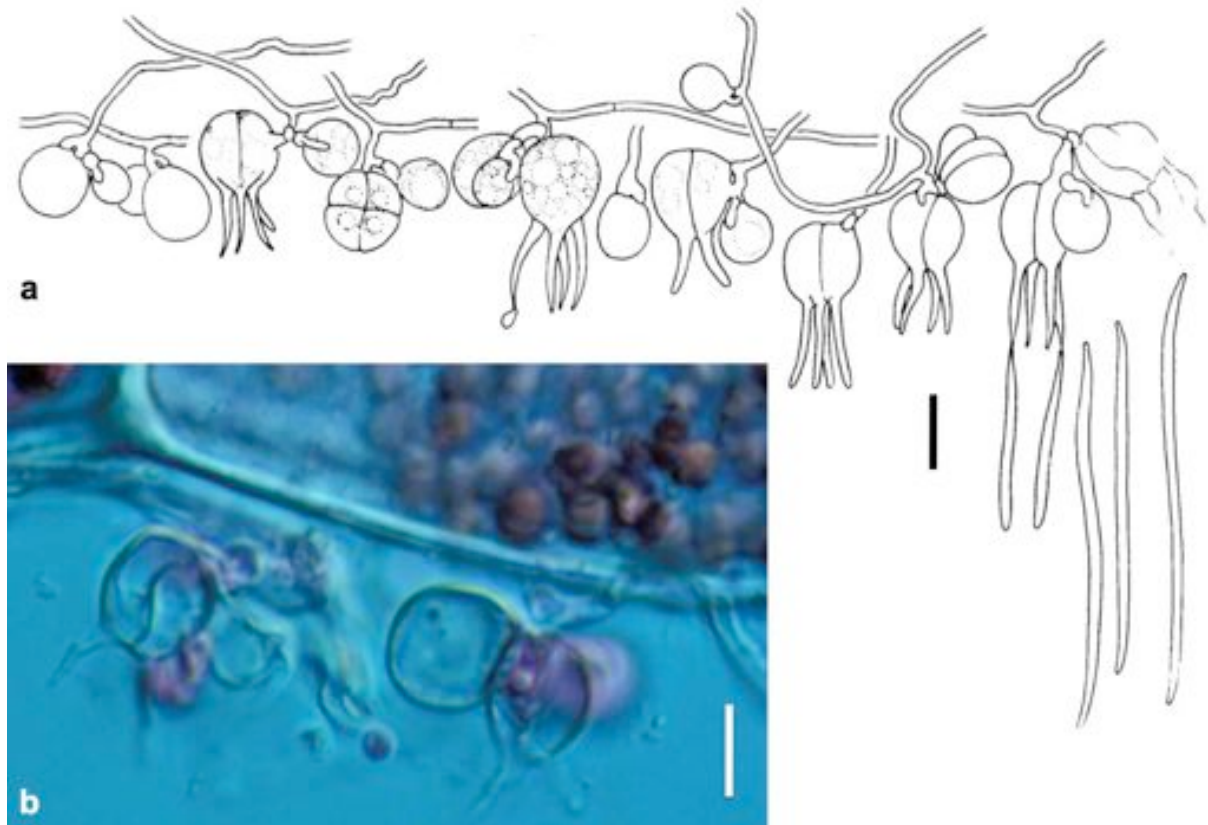


Abb. 23: Vollständiger zellulärer Aufbau von *Serendipita* (*Sebacina*) *vermifera* im sporulierenden Zustand. **a:** Die Art besteht aus sehr schmalen generativen Hyphen, die nur subbasidial Schnallen besitzen. Die Basidiosporen erinnern an Fadenwürmer, worauf der Artnachname Bezug nimmt. Regen-Eggenried, 3.9.1967. **b:** Während eines Pilzkurses in Oberjoch hat G. KOST den Pilz an einem Lebermoos wachsend entdeckt (11.9.1985). *Serendipita vermifera* zählt zu den kryptischen Arten, die makroskopisch nicht erkennbar sind, also nur zufällig gefunden werden können. Besonders kurios war das Auffinden dieses Mikropilzes 1976 bei der Rastermikroskopie einer *Tomentella* (P. BLANZ 3563), unter deren Hymenium *S. vermifera* fruktifizierte. Auf die Typusherkunft der Art wird im Text eingegangen. Beide Messbalken 10 µm. – Zeichnung und lichtmikroskopisches Foto F. OBERWINKLER.

Nach molekularphylogenetischen Hypothesen von WEIß & OBERWINKLER (2001) stellen die Sebacinaceae mit den Gattungen *Sebacina*, *Efibulobasidium*, *Tremelloscypha* ein Monophylum dar, in das auch *Craterocolla* zu stellen ist. – Sebacinoiden Pilze konnten von SELOSSE et al. (2002a,b) in Wurzeln der chlorophylllosen Orchidee *Neottia nidus-avis* und in den Ektomykorrhizen benachbarter Fichten und Kiefern sowie von Buchen, Hainbuchen, Haselsträuchern, Linden und Schwarzpappeln gefunden werden. – Sebacinen als Ektomykorrhizabildner entdeckten URBAN et al. (2003) an *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*, *Carpinus betulus* und *Tilia* sp. Es konnte *Sebacina incrustans* als eine der mykorrhizierenden Pilzarten identifiziert werden. – KOTTKE et al. (2003) fanden mit molekularen Methoden, dass die Mycobionten der foliosen Lebermoose *Calypogeia muelleriana*, *Lophozia incisa* und *L. sudetica* Sebacinen im Cluster von *Sebacina vermifera* sensu WARCUP & TALBOT sind. Dagegen stellte sich der Mycobiont von *Aneura pinguis*, ebenso ein Lebermoos, als *Tulasnella* heraus. Ultrastrukturelle Befunde konnten diese Nachweise erhärten. – WEIß et al. (2004b) führten auf der Basis zahlreicher Sequenzen die Sebacinales ein, die ein Monophylum repräsentieren. Sie fanden, dass Fruchtkörper bildende und ektomykorrhizierende Arten nur in der Gruppe A des Sebacinales-Stammbaumes auftreten, während mit *Calypogeia*- und *Lophozia*-assoziierte Sebacinen und ericoide Mykorrhizabildner auf die Gruppe B beschränkt sind. Orchideenmy-

korrhizen werden dagegen von Arten beider Gruppen gebildet. Diese Arbeit belegte die hohe Zahl kryptischer *Sebacina*-Sippen durch molekulare Detektion. Hier ist auf die wenigen, fruchtkörperlosen Sebacinen zu verweisen, die ab 1964 lichtmikroskopisch entdeckt wurden. – SETARO et al. (2006a,b) untersuchten die Ektendomykorrhizen bildenden Sebacinen der andinen Ericacee *Cavendishia nobilis*. Sie rekrutieren sich aus einer Vielzahl kryptischer *Sebacina*-Taxa, die alle der Gruppe B angehören. Der Mykorrhizierungstyp unterscheidet sich durch einen lockeren Hyphenverband zwischen Wurzelrindenzellen und durch angeschwollene intrazelluläre Hyphen. Aus diesen Gründen wurde der Begriff „Cavendishioide Mykorrhiza“ vorgeschlagen. – In 76 ericoiden Mykorrhizen haben SELOSSE et al. (2007) „Clade B Sebacinales“ entdeckt, „Clade A Sebacinales“ wurden in 13 Wurzeln „basaler Ericaceae“ gefunden. – Für die anamorphe Sebacinale-Art *Piriformospora indica* und verwandte Arten aus dem *Sebacina-vermifera*-Komplex wurde nachgewiesen (DESHMUKH et al. 2006), dass diese Pilze in einer endophytischen Interaktion mit Gerste sowohl eine höhere Wuchsleistung ihrer Wirtspflanzen als auch deren erhöhte Resistenz gegen abiotischen und biotischen Stress induzieren. Für die Verlängerung des mutualistischen Interaktionsgeschehens sind offenbar absterbende Wirtszellen notwendig, die von sebacinalen Pilzen besiedelt werden. – Die verborgene Welt der Sebacinale und ihr enormes Potential für die Mykorrhizaforschung und für Anwendungen im Pflanzenbau hat WEIß (2007, 2010) für einen breiten Leserkreis allgemein verständlich dargestellt. – Epiphytische Orchideen aus ecuadorianischen Bergregenwäldern bilden Mykorrhizen mit Sebacinale der Gruppe B (SUÁREZ et al. 2008, 2009). Dass diese *Sebacina*-Sippen Mykorrhizen bilden, wurde ultrastrukturell an Orchideen (*Stelis* spp./*Pleurothallis lilijae*) belegt. – Den relativen Artenreichtum von Sebacinale, die mit Ericaceen und Orchideen in tropischen Bergwäldern bei Loja, Südecuador, assoziiert sind, haben SETARO et al. (2011) zu kalkulieren versucht. Sie berichten, dass 74% der Sebacinale MOTUs (molecular operational taxonomic units) weltweit bisher nur von diesen Untersuchungsflächen bekannt sind. Trotzdem könne hier nicht von einem hotspot der Sebacinale-Diversitäten gesprochen werden. – Die außerordentlich weite Verbreitung und das häufige Auftreten von Sebacinen in Landpflanzen haben WEIß et al. (2011) thematisiert. Auf Grund ihrer molekularen Daten nehmen sie an, dass die Vielzahl der Mykorrhizierungstypen, an denen Sebacinen beteiligt sind, auf einen endophytischen Ursprung zurückgeführt werden kann. – *Sebacina vermifera*-Stämme, die mit Orchideenwurzeln assoziiert sind, wurden von BASIEWICZ et al. (2011) molekular und phänotypisch charakterisiert. In dieser Arbeit haben ZUCCARO & WEIß *Piriformospora williamsii* neu beschrieben. Die mutualistischen Eigenschaften, das ungewöhnlich breite Wirtspektrum und die potentiellen landwirtschaftlichen Anwendungsmöglichkeiten von *Piriformospora indica* haben QIANG et al. (2011) besprochen. Dies wurde auch unter dem Gesichtspunkt diskutiert, dass mittlerweile das Genom von *P. indica* bekannt ist. – Die enorme ökologische Bedeutung der kryptischen *Sebacinale*-Sippen kann derzeit auch nicht annäherungsweise abgeschätzt werden.

Auriculariales, Judasohrpilze und Verwandte (Abb. 24)

In Ostasien sind Judasohrpilze, die elastisch-gallertige Fruchtkörper bilden und an Holz wachsen, bedeutende, häufig kultivierte Speisepilze. In westlichen Ländern wird diese Eßkultur weitgehend durch ostasiatische Restaurants vermittelt.

Auricularia-Arten haben reif quer septierte, die Arten der meisten übrigen Gattungen der Ordnung besitzen längs septierte Basidien (Meiosporangien). Auf diese Tatsache wurde des öfteren mit der Bemerkung verwiesen, dass Basidienmorphologien hier und vielleicht auch in anderen Verwandtschaften, für phylogenetische Systematik nicht verwendbar seien. Dabei wird die Bandbreite morphologischer Differenzierungen übersehen, die Übergänge zwischen unterschiedlichen Bauplänen herstellen. OBERWINKLER (1982) hat dies an Basidien der Gattung *Patouillardina* gezeigt. – Die mikromorphologischen Ähnlichkeiten einiger Arten der Gattungen *Exidiopsis*, *Basidioidendron*, *Heterochaete*, *Myxarium* und *Tremellodendropsis* mit

holobasidialen Taxa der Aphyllophorales hat OBERWINKLER (1972) dargestellt. – Die von BANDONI et al. (1982) untersuchten Vertreter „poroider Tremellaceae“, *Aporpium caryae*, *Protodaedalea japonica* und *Protomerulius brasiliensis* sind nach heutiger Systematik Auriculariales mit längs septierten Basidien. – Ab 1974 haben unsere mikromorphologischen Studien, wenn immer machbar, auch Ultrastrukturuntersuchungen eingeschlossen. So war für uns und unsere Kooperationspartner klar geworden, dass die Unterscheidung Tremellales / Auriculariales am sichersten durch die unterschiedlichen Parenthesomtypen der Doliporen getroffen werden kann. Es wurde dann auch immer deutlicher, dass die meisten Tremellen Mykoparasiten sind die Haustorien und Hefephase besitzen, Merkmale, die bei Auriculariales-Arten nicht vorkommen.

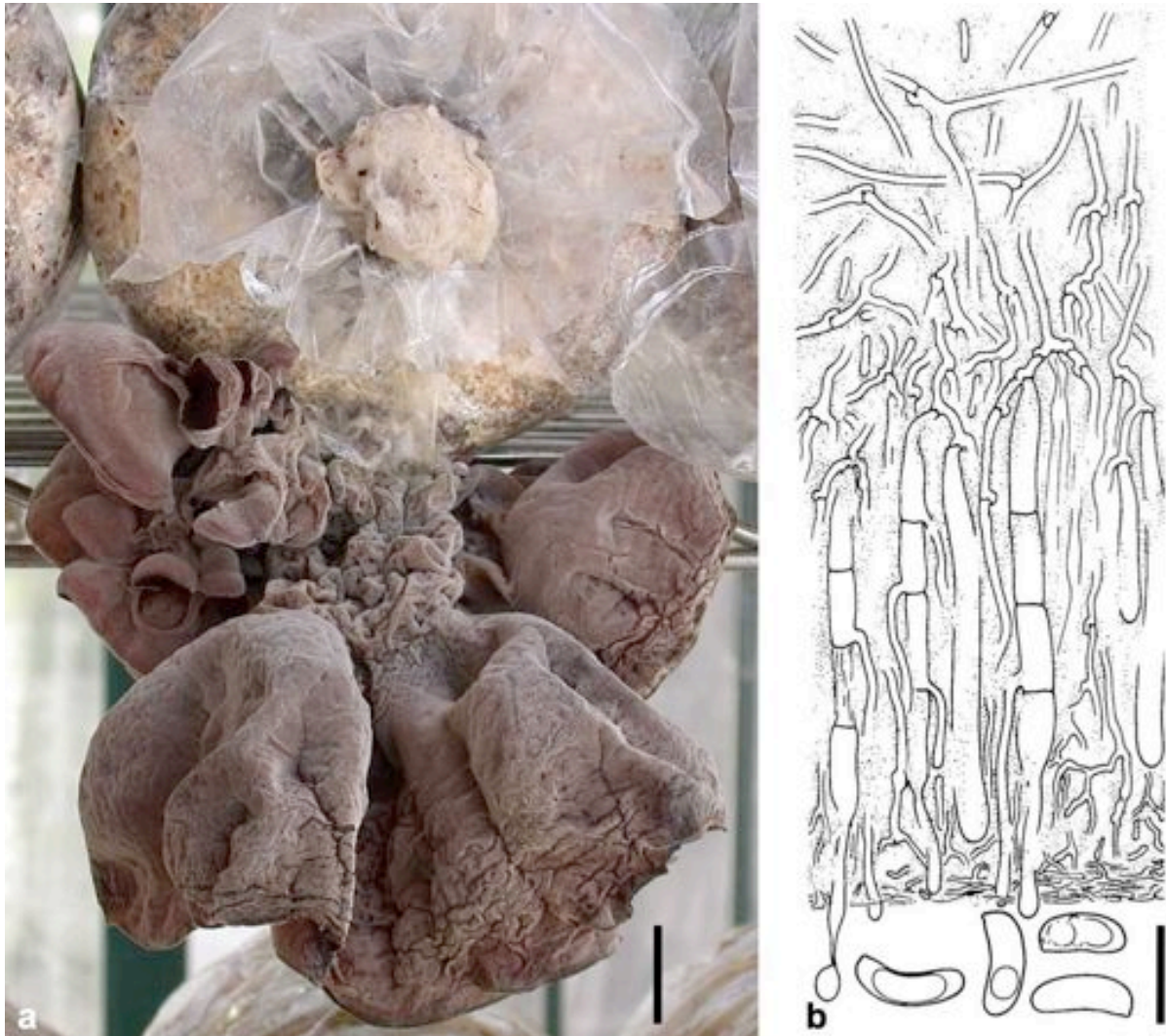


Abb. 24: Judasohrpilze, *Auricularia*-Arten. **a:** *Auricularia polytricha*, Taiwan, Hualien, 22.5.2008. Dieser riesige Fruchtkörper eines Judasohrpilzes ist in Kultur gewachsen. Die Sägespäne in dem Plastikbehälter waren vorher mit Mycel des Pilzes beimpft worden. Messbalken 2 cm. **b:** *Auricularia auricula-judae*, Ausschnitt aus dem Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien und Basidiosporen. Messbalken 20 μ m, nach OBERWINKLER (1977a). – Foto und Zeichnung F. OBERWINKLER.

Resupinate Vertreter der *Exidia*- und *Myxarium*- Verwandtschaft aus Costa Rica wurden von KISIMOVA-HOROVITZ et al. (1997b, 2000a,b) studiert. Sie haben *Myxarium mesonucleatum* und *M. subsphaerosporum* als neue Arten beschrieben (KISIMOVA-HOROVITZ et al. 2000a). – WEIß & OBERWINKLER (2001) stellten molekularphylogenetische Hypothesen zu Auriculariales und verwandten Taxa vor, die auf der Auswertung von Sequenzen der großen Untereinheit

der 28S rDNA basierten. Innerhalb der Auriculariales unterschieden sie 5 Gruppen: (1) *Auricularia*, *Exidia*, *Exidiopsis*, *Heterochaete* und *Eichleriella*; (2) *Bourdotia* und *Ductifera*; (3) kugelsporige *Basiodendron* Arten; (4) *Myxarium* und *Hyaloria*; (5) *Protomerulius*, *Tremelodendropsis*, *Heterochaetella* und *Protodontia*. Diese Gruppen können größtenteils durch mikromorphologische Merkmale gestützt werden. Arten der Gruppe (1) konnten mit ITS-Sequenzen inklusive den 5.8S rDNA Genen so aufgelöst werden, dass *Auricularia*-Arten monophyletisch clustern. – Zwei resupinate Arten mit apikal partiell längs septierten Repetobasidien und stark angeschwollenen Sterigmen haben C.-J. CHEN & OBERWINKLER (in CHEN et al. 2002) als *Heterorepetobasidium ellipsoideum* und *H. subglobosum* aus Taiwan beschrieben. Nach mikromorphologischen Charakteristika schlossen die Autoren, dass diese Pilze am besten bei den Auriculariales unterzubringen wären. Die Eingruppierung in die Tulasnellales erschien gleichermaßen sinnvoll. WEIB et al. (2004a) listeten die Gattung unter Taxa incertae sedis. Molekulare Daten fehlen bis jetzt.

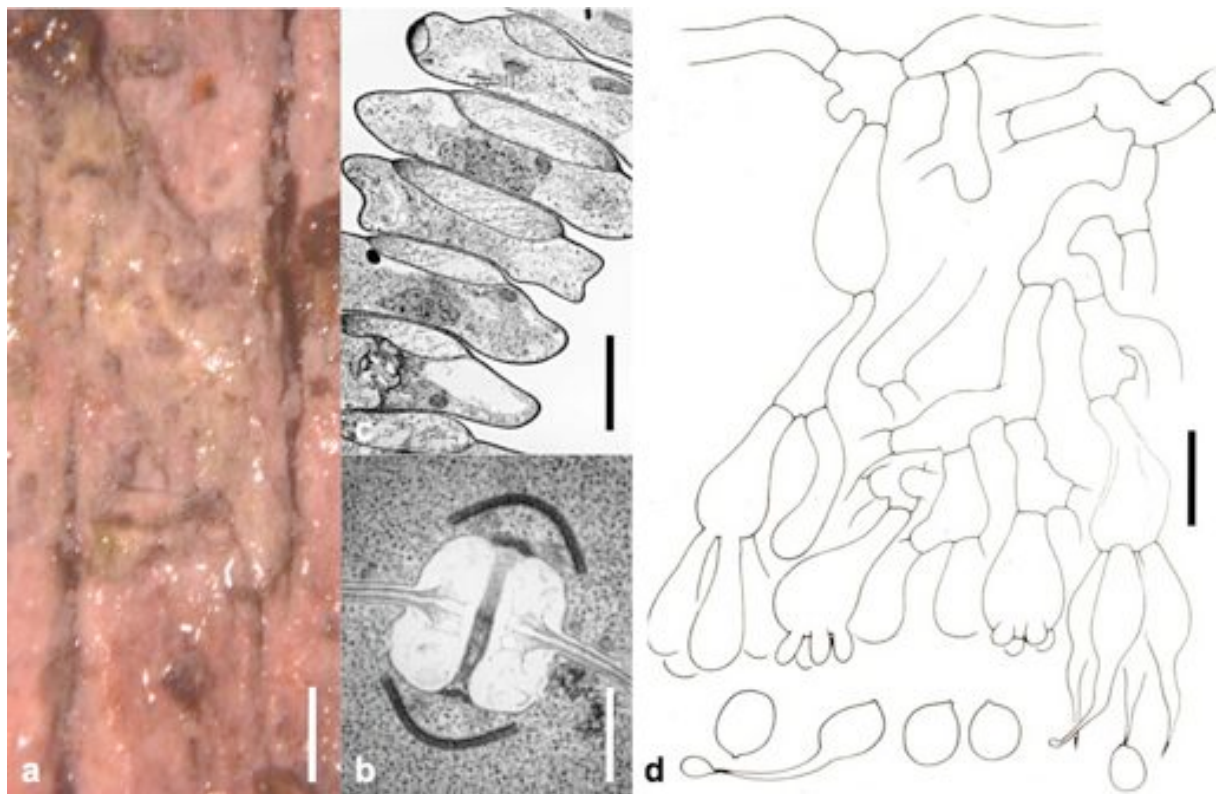


Abb. 25: Die mikromorphologischen Differentialmerkmale von *Tulasnella*-Arten sind ihre tropfenförmig angeschwollenen Sterigmen (**d**). Tatsächlich wurde die Gattung von JOHAN-OLSEN 1889 als *Pachysterigma* bezeichnet. Der von J. SCHRÖTER ein Jahr vorher zu Ehren der französischen Mediziner, Botaniker und Mykologen CHARLES und LOUIS RENÉ TULASNE eingeführte Name hat jedoch Priorität. Die großartigen Pilzzeichnungen von CHARLES TULASNE in den „Selecta Fungorum Carpologia“ haben Maßstäbe gesetzt. **a**: Der voll entwickelte Fruchtkörper von *Tulasnella violea* breitet sich dünn-krustenförmig auf der Unterseite von am Boden liegendem Holz aus (Oberjoch 11.10.2003). Mit welchen Pflanzenwurzeln der Pilz in Verbindung steht, oder ob er nur saprob wächst, kann bei diesem Fund nicht entschieden werden. Schwach bis deutlich rosa gefärbte Oberflächen des Hymeniums treten bei Arten dieser Gattung öfter auf. Messbalken 5 mm. **b**: Doliporen mit kontinuierlichen Parenthesomen sind für alle Vertreter der Tulasnellales charakteristisch. Messbalken 0,1 μm. **c**: Oft haben *Tulasnella*-Zellwände Aussackungen, die mit einer amorphen Substanz gefüllt sind. Solche Strukturen sind von anderen Basidiomyceten nicht bekannt. Messbalken 2 μm. **d**: Die Zeichnung zeigt das Hymenium von *T. violea*. Der Ausschnitt entspricht der gesamten Fruchtkörperdicke. Es wurden Basidien in unterschiedlichen Entwicklungsstadien illustriert. Messbalken 5 μm, nach OBERWINKLER (1977a). – TEMs R. BAUER, Foto und Zeichnung F. OBERWINKLER.

Tulasnellales (Abb. 25)

Basidien von *Tulasnella* spp. (Wachskrustenpilz) haben wir in unseren Lehrveranstaltungen wegen ihrer höchst ungewöhnlichen Morphologie immer wieder gezeigt und mikroskopieren lassen. Mehr Interesse wurde den sehr schwer unterscheidbaren, unscheinbar corticioid fruktifizierenden, „saproben“ Heterobasidiomyceten nicht entgegen gebracht. Dies änderte sich schlagartig mit dem Auffinden von *Tulasnella*-Arten als mykorrhizierende Pilze. – Über die Zuordnung von *Tulasnella* und verwandten Taxa zu höheren taxonomischen Einheiten besteht derzeit kein Konsens. Wir bevorzugen eine von den Cantharellales getrennte, eigene Ordnung. – BANDONI & OBERWINKLER (1982) haben die neue Gattung *Stilbotulasnella* vorgeschlagen, die durch eine stilboide Nebenfruchtform, hefeartige Keimung von Konidien und Basidiosporen sowie Doliporen ohne Parenthesome charakterisiert wird. – Für einen Pilz aus Taiwan hat OBERWINKLER eine neue Gattung, *Heteroacanthella*, eingeführt, in die OBERWINKLER & LANGER die Art *H. variabilis* stellten (OBERWINKLER et al. 1990d). Auch *Platyglaea acanthophysa* wurde von OBERWINKLER in *Heteroacanthella* transferiert. Basidien mit stachelartigen Auswüchsen (Acanthobasidien) und Acanthophysen, Sporen mit Sekundärsporenbildung und Doliporen mit kontinuierlichen Parenthesomen kommen in beiden Arten vor, sind somit für die Gattung charakteristisch. – Ein in Termitenbauten in Zambia vorkommender Pilz wurde von OBERWINKLER & RYVARDEN (1990a) als eine monotypische Gattung, *Monosporonella termitophila*, beschrieben und illustriert. Die Art hat einsterigmige Basidien, die gelegentlich repetieren. Basidiosporen keimen mit Sekundärsporen und Doliporen besitzen kontinuierliche Parenthesome. – Das heterotrophe Lebermoos *Cryptothallus mirabilis* konnte als epiparasitisch auf *Tulasnella*-Arten erkannt werden (BIDARTONDO et al. 2003). Die Tulasnellen ihrerseits bilden Ektomykorrhizen mit *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Pinus pinaster* oder *Salix aurita* und *S. cinerea*. – Aus 59 Wurzelproben von sieben europäischen und nordamerikanischen *Cypripedium*-Arten haben SHEFFERSON et al. (2005) überwiegend Tulasnellen nachgewiesen, nur selten Vertreter der Sebacinaceae und Ceratobasidiaceae sowie eine Art der Deuteromycetengattung *Phialophora*. Bei einer Quantifizierung der *Cypripedium*-Mykorrhizaspezifitäten fanden SHEFFERSON et al. (2007) eine enge spezifische Bindung der Pilzpartner an die Orchideenarten. Dies wurde als ein konservierter Koevolutionstrend interpretiert. – Aus einem andinen Bergregenwald bei Loja, Ecuador, haben SUÁREZ et al. (2006) *Tulasnella* spp. als Mycobionten in epiphytischen Orchideen nachgewiesen. Die molekularen Daten wurden durch ultrastrukturelle Befunde abgesichert. Es konnten jedoch keine Zuordnungen zu bereits bekannten *Tulasnella*-Arten gemacht werden. Die Autoren nahmen an, dass der hohen Diversität von Tulasnellen als Mykorrhizapartner epiphytischer Orchideen eine erhebliche ökologische Bedeutung zukommt. An den Orchideenmykorrhizen sind, wie bereits erwähnt, auch Sebacinen der Gruppe B (SUÁREZ et al. 2008, 2009) beteiligt. – KOTTKE et al. (2008a) haben versucht, mit Hilfe von Sequenztaxa, Pilznetzwerke im oben bereits erwähnten Bergregenwald bei Loja, Südecuador, zu erfassen. Sie fanden, dass die detektierten Tulasnellales-Taxa an epiphytischen, pleurothalloiden Orchideen und in Aneuraceen auftraten. – Identifikation und funktionelle Typen mutualistischer, Orchideenwurzeln bewohnender Pilze wurden von KOTTKE & SUÁREZ (2009) beschrieben. – An *Tulasnella*-Mycobionten von südecuadorianischen Orchideenmykorrhizen haben CRUZ et al. (2010) die Variabilität der Mikromorphologie und den intragenomischen Polymorphismus untersucht. In einem morphologisch kaum variablen Taxon des *Tulasnella pruinosa*-Komplexes wurde, mit Ausnahme von einem Klon, nur eine Variabilität von weniger als 1% der ITS1-5.8S-ITS2 Region gefunden. – In 54 europäischen und 48 ecuadorianischen Aufsammlungen des thallosen Lebermooses *Aneura pinguis* (Metzgeriales) haben PREUSSING et al. (2010) molekularphylogenetisch die hohe Diversität von 13 verschiedenen Gruppen mycobiontischer *Tulasnella* festgestellt. Diese Diversität war in europäischen Proben wesentlich höher als in ecuadorianischen. Aneuraceae mit ihren tulasnelloiden Pilzen haben KRAUSE et al. (2011) als ein Modell der frühen evolutiven Entwicklung von Pilzsymbiosen interpretiert.

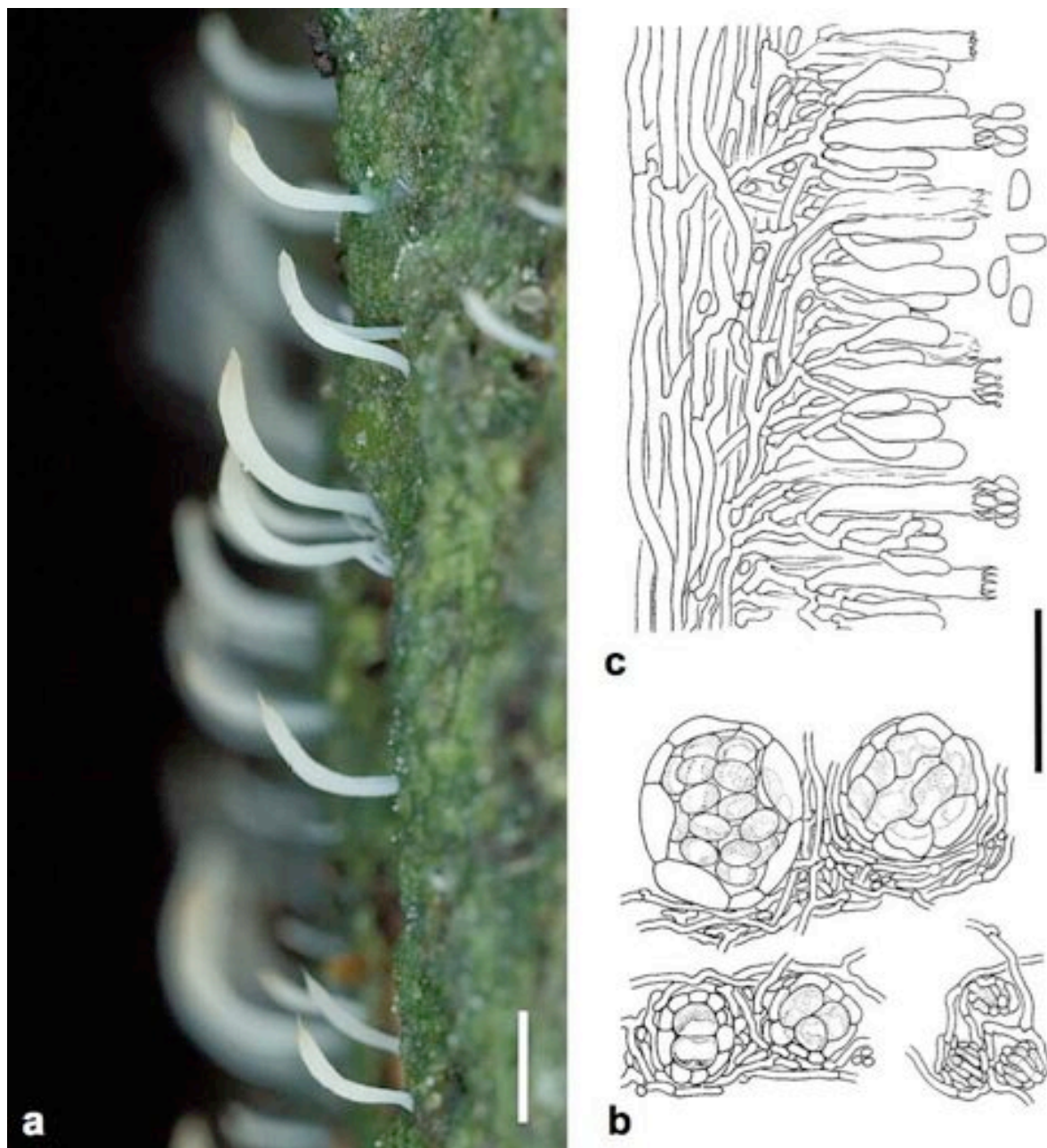


Abb. 26: Basidiomyceten-Flechten mit keulenförmigen Fruchtkörpern. **a:** *Multiclavula mucida* auf einem Fichtenstumpf, Wertach, 4.10.1996. Diese Basidiomycetenflechte fruktifiziert stiftförmig, clavarioid. Der Flechtenthallus bildet einen grünen Pilz-Algen-Überzug auf dem Fichtenholz. Die Flechte hat eine weltweite Verbreitung. Messbalken 1 cm. **b:** Unterschiedliche Entwicklungsstadien der Pilz-Flechten-Verbindung (Lichenisierung). Einzelne Grünalgenzellen (punktiert) werden von Hyphen umhüllt. Diese Ummantelung erlaubt oder fördert sogar die Vermehrung der Algen, sodaß immer größere Thalluskugeln entstehen. Hier sind nur die Anfangsstadien illustriert. **c:** Ausschnitt aus dem Subhymenium und Hymenium eines Pilzfruchtkörpers mit unterschiedlichen Stadien der Basidienentwicklung und Basidiosporen. Messbalken für **b** und **c** 20 µm, nach OBERWINKLER 1970. – Foto und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Cantharellales, Pfifferlings-Verwandtschaft (Abb. 26)

Diese Ordnung wird, entsprechend unterschiedlicher molekularphylogenetischer Hypothesen, uneinheitlich umschrieben. Wir separieren in dieser Darstellung die Tulasnellales als eigenes Taxon (siehe oben). – In ihrer mykofloristischen Studie „niederer Basidiomyceten aus Südbayern II“ haben POELT & OBERWINKLER (1962) auch *Botryobasidium pruinatum* und *Sistotrema raduloides* aufgelistet, die jetzt zu den Cantharellales gestellt werden. Der bleibende

Wert dieser Studie hat sich durch die Identifizierbarkeit der in ihren zellulären Konstruktionen illustrierten Arten ergeben. – Einige Species der Gattungen *Botryobasidium* und *Sistotrema* hat OBERWINKLER (1977b) ausgewählt, um zu zeigen, wie mikromorphologische Merkmale zur Artabgrenzung verwendet werden können. – Holobasidiomyceten mit unscheinbar corticioiden Fruchtkörpern wurden von OBERWINKLER (1965) hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Basidentypen lichtoptisch analysiert. Unter den behandelten Taxa war auch *Sistotrema brinkmannii*. – In seiner ersten zusammenfassenden Bearbeitung der Basidiolichenen hat OBERWINKLER (1970) *Sistotrema brinkmannii* erneut berücksichtigt, weil dieser Pilz auf einer *Chlorella*-Algenkultur kugelige Verbände ausbildete, die morphologisch Lichenisierungen entsprachen, wie sie bei *Multiclavula mucida* vorkommen. Diese Basidiolichene wurde ebenfalls lichtmikroskopisch bearbeitet und vollständig illustriert. Ihre kugeligen Thalli wurden in ihrer Ontogenie verfolgt und die zelluläre Interaktion, Pilz-Alge, transmissionselektronenmikroskopisch analysiert (OBERWINKLER 1984). *Multiclavula* wurde auch in den Reviews über Basidiolichenen von OBERWINKLER (2001, 2012) behandelt. In molekularphylogenetischen Bäumen gruppieren *Sistotrema brinkmannii* und *Multiclavula mucida* zusammen. – Die Gattung *Botryobasidium* wurde an unserem Lehrstuhl durch G. LANGER (1994) monographiert. Inklusive *Botryohypochnus* und *Cejpomyces* hat Frau LANGER 48 Arten nach morphologischen Merkmalen unterschieden, beschrieben und zellulär illustriert. Sie hat die neue Gattung *Tofispora* eingeführt und mit RYVARDEN zusammen *T. repetospora* beschrieben. Für *Botryobasidium* wurden acht neue Arten vorgeschlagen: *B. arachnoideum*, *B. asterosporum*, *B. grandisporum*, *B. lacinisporum*, *B. longisporum*, *B. sublaeve*, *B. tuberculisporum* und *B. tubulicystidium*. Bei ultrastrukturell untersuchten Arten wurden Doliporen mit kontinuierlichen Parenthesomen gefunden. Alle erhobenen Daten, inklusive solcher von Kreuzungsverhalten, wurden einer kladistischen Analyse unterworfen um phylogenetische Hypothesen mit Evolutionstendenzen erstellen zu können. Die behandelten Arten wurden geschlüsselt. Aus Costa Rica beschrieben LANGER & LANGER (1998) *Haplotrichum parmastii* als neues Anamorph einer vermutlich unbekannten *Botryobasidium*-Art. Elf *Botryobasidium*-Arten haben LANGER & LANGER (2000) aus dem Bayerischen Wald nachgewiesen. Kreuzungen von *Botryobasidium subcoronatum*-Stämmen aus Europa und Taiwan haben LANGER et al. (2000) durchgeführt. Sie konnten drei Intersterilitätsgruppen finden. – Mit vier Genbereichen haben MONCALVO et al. (2006) die cantharelloide Verwandtschaft molekularphylogenetisch zu interpretieren versucht. Sie konnten vier monophyletische Gruppen identifizieren. Die Gattung *Sistotrema* erwies sich als polyphyletisch. Es ließ sich mit molekularen Daten nicht klären, ob *Tulasnella* den Cantharellales zuzuordnen ist. Die Rekonstruktion eines „Superbaumes“ schlug fehl.

Trechisporales (Abb. 27)

In einer Auswahl unscheinbar fruktifizierender Holobasidiomyceten hat OBERWINKLER (1965) auch die von BOURDOT beschriebene *Peniophora vermifera* untersucht. Er hat für diese Art und *Peniophora clematidis* sowie für *Hypochnus dussii* die neue Gattung *Tubulicium* vorgeschlagen. Diese wird nach molekularphylogenetischen Hypothesen jetzt in den Hydnodontaceae zu den Trechisporales gestellt. Molekular begründet soll in der gleichen Ordnung auch die Gattung *Sistotremastrum* stehen, die OBERWINKLER (1965) ebenfalls lichtmikroskopisch bearbeitete. Nach mikromorphologischen Merkmalen kann eine solche Gruppierung nicht verstanden werden. Unter Berücksichtigung zellulärer Strukturen ist es besonders irritierend, dass *Sistotremastrum suecicum* und *S. niveocremaeum* in molekularen Dendrogrammen clustern, *Paulliticorticium* aber nicht in diese Gruppe fallen soll und auch mit keinem anderen Taxon gruppiert werden kann. – Molekular begründet ist auch *Subulicystidium*, eine Gattung der Hydnodontaceae. Die Schwierigkeiten der Artunterscheidung nach Sporenmerkmalen hat OBERWINKLER (1977b) an einer Reihe von *Subulicystidium*-Taxa gezeigt. Er hat zwei Arten, *Subulicystidium meridense* und *S. naviculatum*, aus Venezuela neu beschrieben und illustriert.

Die Gattung wurde neben *Litschauerella* und *Tubulicium* von KISIMOVA-HOROVITZ et al. (1997a) für Costa Rica bearbeitet. – Die Gattung *Xenasmatella* hatte OBERWINKLER (1965) vorgeschlagen um pleurobasidiale Sippen ohne Cystiden von *Xenasma* zu unterscheiden. Amyloidsporige Xenasmatellen wurden in einer eigenen Untergattung, *Amyloxenasma*, gruppiert. Diese wird mittlerweile als Gattung geführt. Als OBERWINKLER (1977b) auf *Phlebiella vaga* stieß, hat er *Xenasmatella* mit *Phlebiella* synonymisiert, diese Gattung aber auf die warzigsporigen Arten beschränkt. In molekular begründeten Dendrogrammen repräsentieren die Phlebiellen eine eigene Gruppe.



Abb. 27 a: Der Krustenpilz *Phlebiella vaga* auf morschem Fichtenholz, Oberjoch, 24.9.2007. Die Art kann an den makroskopisch sichtbaren, creme-ocker gefärbten Hyphensträngen erkannt werden. Bei Sporulation sind diese Hyphenbündel mit Basidien überzogen (b oben). b: Ausschnitte aus dem Hymenium mit unterschiedlich entwickelten Pleurobasidien. Diese wachsen aus Hyphen seitlich aus, haben daher eine Art Hyphensockel. Das obere Bild zeigt einen Hyphenstrang, der allseitig vom Hymenium umgeben ist. Messbalken 20 µm. c: Basidiosporen stärker vergrößert. Messbalken 10 µm. b, c nach OBERWINKLER (1977b). – Foto und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Phallales, Stinkmorchel-Verwandtschaft (Abb. 28)

Unter Anmerkungen zur Evolution und Systematik der Basidiomyceten hat OBERWINKLER (1985) auch die Entstehung von gastroiden Sippen (Bauchpilzen) behandelt. Gestielte Phallales wurden, in vormolekularer Zeit, hinsichtlich zunehmender Differenzierungen ihrer Fruchtkörperhüte und Hymenien interpretiert.

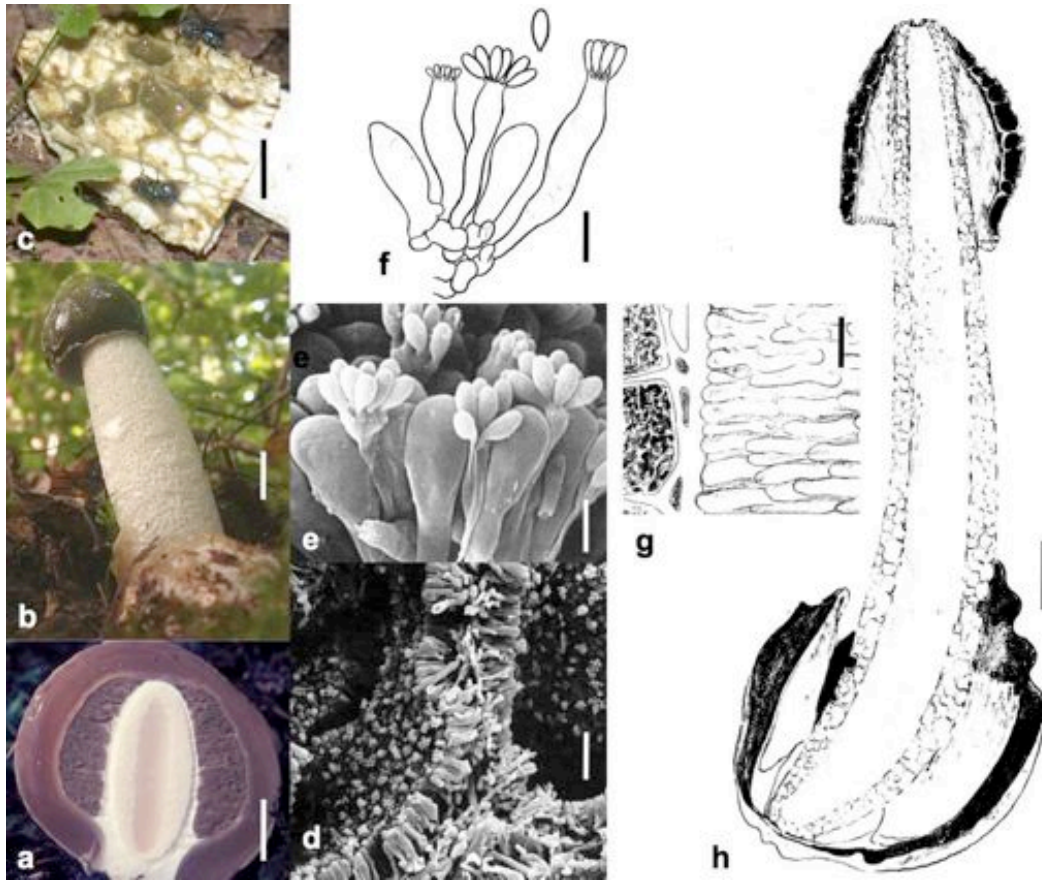


Abb. 28: Die Stinkmorchel, *Phallus impudicus*. **a**: Das reife Hexenei der Stinkmorchel zeigt im Schnitt den zentralen, komprimierten Stiel, dann das gefaltete Hymenium, die Gleba, schließlich die Ummantelung aus Peridenschichten. Burgwalden, 18.8.1970. **b**, **h**: Beim Auswachsen des Fruchtkörpers wird die Hülle des Hexeneis gesprengt und der Stiel schiebt den Kopf mit dem Hymenium in wenigen Stunden in die Höhe. **c**: Die übel riechende Sporenmasse auf der Außenseite des Hutes wird von Aasfliegen in kürzester Zeit abgeweidet. **b**, **c** Tübingen 18.6.2002. **a-c** Messbalken 1 cm. **d**: Hymenien zweier Glebakammern bei Basidienreife. Messbalken 20 μm . **e**, **f** Ausschnitte aus dem Hymenium mit Basidien unterschiedlicher Reife. Mehr als vier Basidiosporen sitzen auf Stummelsterigmen scheitelständig auf den Basidien. Messbalken 5 μm . **g**: Grenzbereich zwischen Glebakammern (links) und dicht gepackten Huthyphen (rechts). Messbalken 1 mm. **h**: Längsschnitt durch einen reifen Fruchtkörper kurz nach dem Streckungswachstum des Stiels. Messbalken 2 cm. **f**, **h** nach OBERWINKLER (1977a). Fotos, REM-Bilder und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Hymenochaetales, Borstenscheiben, Feuerschwamm- und Schillerporlings Verwandtschaft (Abb. 29)

Die Ordnung wurde von OBERWINKLER (1977a), basierend auf mikromorphologischen Merkmalen und dem Pigmentchemismus, vorgeschlagen. Die so definierten Hymenochaetales beinhalteten u.a. die Gattungen *Hymenochaete* (Borstenscheibe), *Inonotus* (Schillerporling), *Phellinus* (Feuerschwamm) und *Cyclomyces*. – In der molekularphylogenetischen Ära wurde dieses Konzept so stark erweitert, dass der Umfang der Hymenochaetales nur noch als molekulare Hypothese zu verstehen ist. Einige der neuerdings hierher gestellten Taxa, die von uns bearbeitet wurden, sollen erwähnt werden. – *Sphaerobasidium* wurde als neue Gattung von OBERWINKLER (1965) eingeführt. Sie erscheint auch mikromorphologisch nah verwandt mit *Repetobasidium*. Den damals bekannten Arten hat OBERWINKLER (1965) die neue Art *R. erikssonii* hinzugefügt. Aus Taiwan beschrieben und illustrierten OBERWINKLER & TSCHEN (1989) *R. intermedium*. In molekularen Phylogrammen stehen *Repetobasidium* und *Sphaerobasidium* in den Tubulicrinaceae. – Die damals bekannten *Tubulicrinis*-Arten hat OBERWINKLER (1966) beschrieben und illustriert und die Gattung gegenüber *Tubulicium*, *Dacryobolus sudans* und *Hyphodontia* abgegrenzt. – Aus Taiwan wurde von E. LANGER (in LANGER

et al. 1992) *Hyphodontia serpentiformis* beschrieben. Arten der Gattungen *Hyphoderma*, *Hyphodontia*, *Hypochnicium* und *Schizopora* wurden von LANGER & OBERWINKLER (1993) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. Sie fanden Doliporen mit kontinuierlichen Parenthesomen bei Arten von *Hyphodontia* und *Schizopora*. Dagegen konnten für *Hyphoderma*- und *Hypochnicium*-Arten Doliporen mit perforierten Parenthesomen nachgewiesen werden. Die Gattung *Hyphodontia* wurde durch E. LANGER (1994) monographiert. Inklusive *Hyphodontiella*, *Schizopora* und *Echinoporia* hat LANGER 60 Arten untersucht, *Hyphodontia adhaerispora* neu beschrieben und sieben gültig veröffentlichte *Hyphodontia*-Arten und eine *Schizopora*-Species nicht akzeptiert. Die charakterisierbaren Merkmale wurden kladistisch ausgewertet und für phylogenetische Hypothesen verwendet, die behandelten Arten wurden geschlüsselt. LANGER et al. (1996) hatten vorgeschlagen, *Hyphodontia* als nomen conservandum gegenüber *Schizopora* und *Xylodon* zu schützen. Molekularphylogenetische Hypothesen zur Phylogenie von *Hyphodontia* und *Schizopora* sowie von verwandten Aphyllophorales wurden von LANGER (1998) entwickelt. *Schizopora* muss in *Hyphodontia* einbezogen werden. Letztere erwies sich als nicht monophyletisch. Aus dem Bayerischen Wald hat E. LANGER (2000) *Schizopora bresinskyi* beschrieben und im Changbai Shan konnten LANGER & DAI (1998) *Hyphodontia syringae* entdecken.

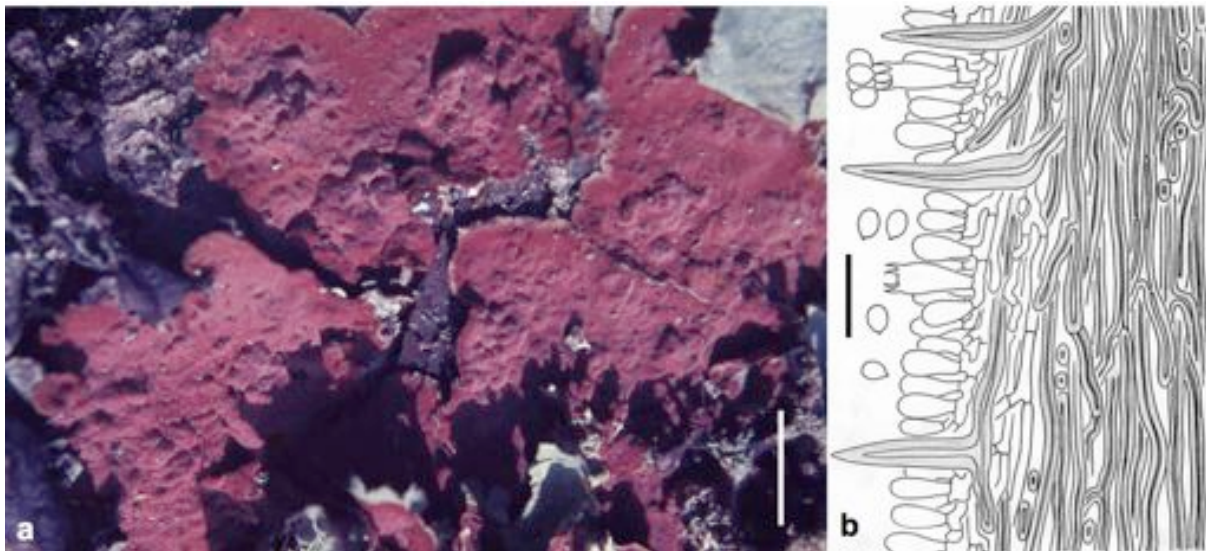


Abb. 29 **a**: Die Ochsenblutfarbene Borstenscheibe, *Hymenochaete mougeotii* auf der Tanne, *Abies alba*, Bad Reichenhall, 15.4.1964. Diese Art mit ihren flach ausgebreiteten Fruchtkörpern ist auf absterbende Tannenäste spezialisiert. Das Bild zeigt Hymeniumsbreiche, die von Schnecken abgeweidet wurden und die zum Teil wieder regenerierten. Messbalken 1 cm. **b**: *Fuscoporia torulosa* (*Phellinus torulosus*) wächst bevorzugt an Eichen, wurde aber auch von weiteren Laubholzarten nachgewiesen. Der Hymeniumschnitt zeigt die typischen Hyphensysteme der Feuerschwämme und ihrer nächsten Verwandten mit einer Mischung von dünnwandigen generativen und dickwandigen Hyphen, welche die holzige Konsistenz verursachen. Messbalken 20 µm. – Foto und Zeichnung F. OBERWINKLER.

Polyporales, Porlinge und Verwandte (Abb. 30)

Diese Ordnung von GÄUMANN, der in diese Ordnung Sippen mit poroidem Hymenophor (Fruchtträgerschicht) stellte, wurde von OBERWINKLER (1977a) wieder aufgegriffen und nach mikromorphologischen Merkmalen charakterisiert. Dementsprechend wurde sie durch Sippen mit corticioiden (*Epithele*) und stereoiden (*Mycobonia*) über polyporoide Vertreter bis zu agaricoiden (*Lentinus*) und gastroiden (*Lentodium*) Sippen erweitert. – SAUTER (1978) hat im Rahmen seiner Dissertation an 12 Polyporaceen, an *Epithele typhae* und an *Lentinus tigrinus* vergleichend morphologische, licht- und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen durchgeführt und, soweit machbar, die Arten unter Kulturbedingungen studiert. – An *Phlebiopsis gigantea* wurden die genetische Variabilität, die phylogenetische Position und das ant-

agonistische Verhalten gegenüber dem Wurzelschwamm *Heterobasidion annosum*, einem bedeutenden Forstschädling, von FROBÖSE (1998) untersucht. Es konnten molekulare Unterschiede der *Phlebiopsis*-Stämme gefunden werden. Von *Picea abies* isolierte Stämme zeigten für den Einsatz gegen *Heterobasidion* günstigere Eigenschaften als die von *Pinus sylvestris* stammenden Isolate. Die Berechtigung der Gattung *Phlebiopsis* wurde kritisch diskutiert. – Das Mycorrhiza-Helferbakterium *Streptomyces* sp. AcH 505 wurde von LEHR et al. (2007) gegenüber *Heterobasidion* sp. getestet. Die Besiedelung von Fichtenholz wurde durch das Bakterium gehemmt, jedoch nicht beim Isolat *Heterobasidion abietinum* 331. *Heterobasidion*-Stämme, die gegenüber antifungischen Bakterienmetaboliten resistent sind, werden in ihrer Wurzelbesiedelung gefördert. – GIANNETTI et al. (1978), QUACK (1978) und QUACK et al. (1978) haben aus *Merulius tremellosus* (*Phlebia tremellosa*) und *Phlebia radiata* bis dahin unbekannte, antibiotisch wirksame Substanzen, Merulinsäuren A, B, C und Merulidial, isoliert.

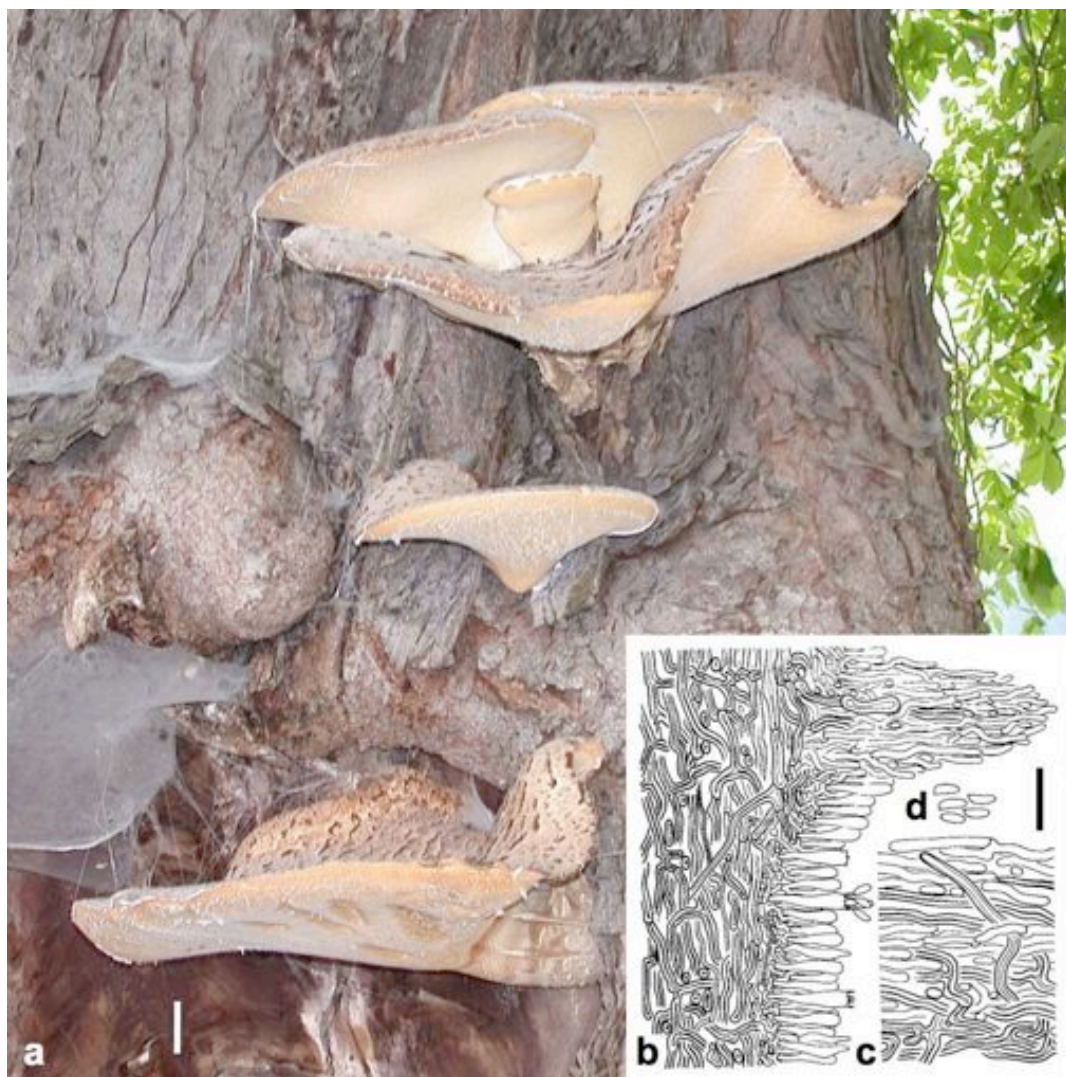


Abb. 30: Porlinge im engeren Sinn, *Polyporus* s.str. **a:** *Polyporus squamosus* auf *Aesculus hippocastanum*, Schweiz, Zillis, 22.5.2009. Der Schuppige Stielporling befällt lebende Bäume und bildet an ihnen meist mehrere große, seitlich gestielte Fruchtkörper. Die Hutoberseite trägt auffällige, bräunliche Schuppen. Die Pilze im Bild fruktifizierten an einer Rosskastanie über längere Zeit. Basidiosporen haben sich an den Porenrändern angehäuft und in den Spinnennetzen verfangen. Messbalken 1 cm. **b, c, d** Wabenporling, *Polyporus arcularis*, Messbalken 20 µm, nach OBERWINKLER (1977a). **b:** Durch ihre Mikromorphologie lassen sich Porlinge im engeren Sinn gut definieren. Sie haben zwei bis drei unterschiedliche Hyphentypen und sterile Auswüchse aus dem Hymenium (hyphal pegs). **c:** Huthaut aus dünn- und dickwandigen Hyphen. **d:** Basidiosporen sind dünn- und glattwandig sowie hyalin. – Foto und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Thelephorales, Erdwarzenpilze, Habichtspilz und Verwandte (Abb. 31)

Die meisten Arten der Thelephorales haben braun pigmentierte, primär höckerige und zusätzlich warzige Sporen. Ferner konnte in allen untersuchten Arten Thelephorsäure nachgewiesen werden. Schließlich gibt es ausreichend Evidenzen dafür, dass alle Pilzarten dieser Ordnung Mycobionten sind, zuallermeist Ektomykorrhizierer. Daher werden Thelephorales-Arten nur in Wäldern oder bei Bäumen gefunden.

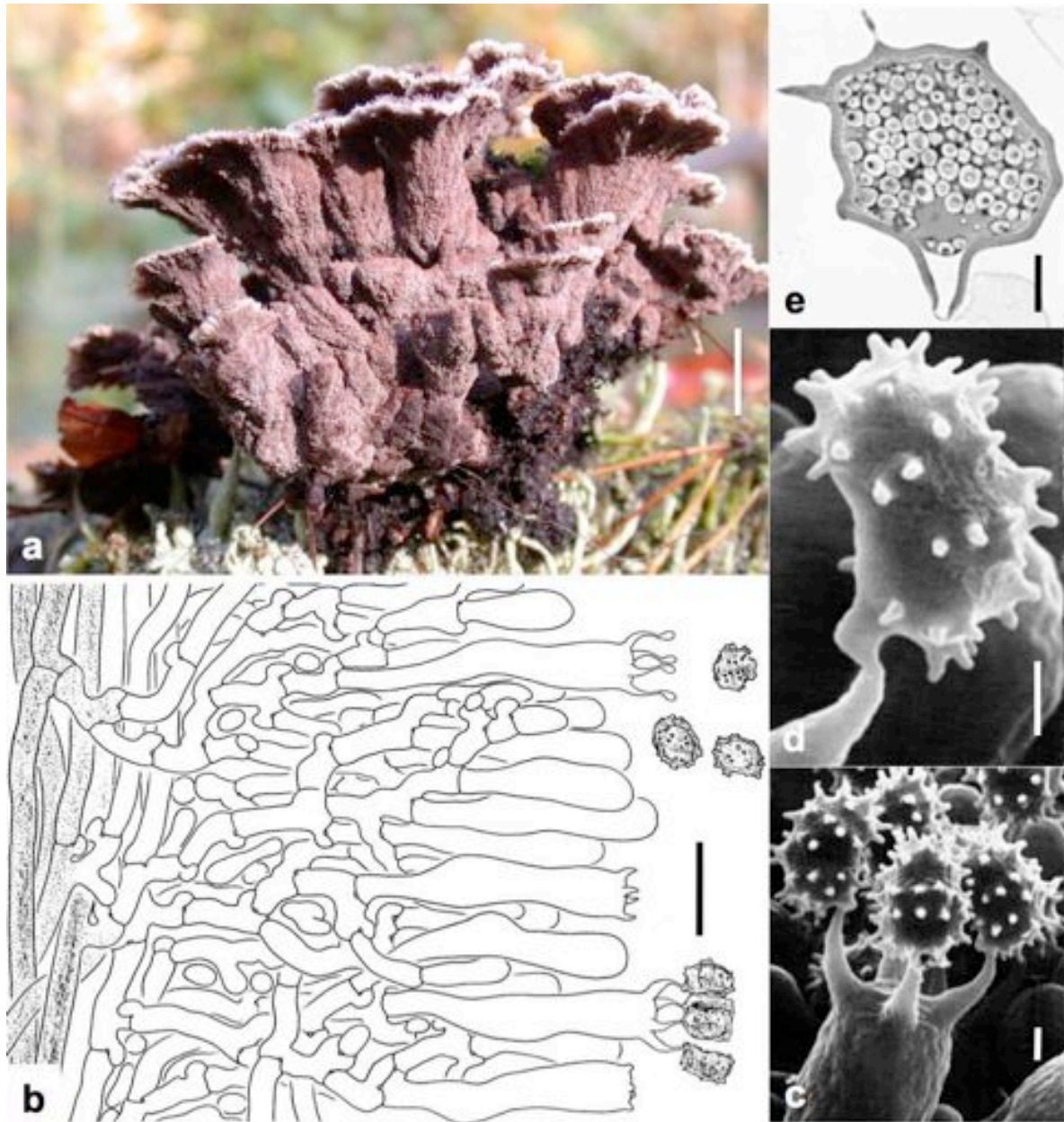


Abb. 31 **a:** *Thelephora terrestris* auf Mischwaldboden, Tübingen, 24.10.2004. Der Graubraune Erdwarzenpilz wächst mit sehr unterschiedlich geformten Fruchtkörpern flach bis aufrecht und hat unregelmäßig buckelige Hymenien mit fransigen Rändern. Diese Art und ihre Verwandten sind wichtige Mykorrhizapilze in bodensauren Nadelwäldern, aber auch in Ektomykorrhiza-Vegetationen der Buchen- und Birkengewächse. Damit haben sie in den riesigen boreo-nemoralen Wäldern eine enorme ökologische Bedeutung. Messbalken 1 cm. **b:** Ausschnitt aus dem Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien, hyalinen Hyphen des Subhymeniums, braun pigmentierten Basidiosporen und Hyphen (punktiert) im Inneren des Fruchtkörpers. Messbalken 20 μ m. **c:** Basidie mit reifen Basidiosporen. **d:** Basidiospore in Seitenansicht mit asymmetrischem Ansatz am Sterigma. Die Sporenoberfläche ist höckerig und stachelige Fortsätze sitzen meist paarig auf den Höckern. **d:** Schnitt durch eine Basidiospore und ihren Apiculus. Das Cytoplasma ist stark granulär, der Apiculus cytoplasmafrei. **b, c, d, e** nach OBERWINKLER (1977a), **c, d, e** Messbalken 2 μ m. – Foto, Zeichnung, REMs und TEM F. OBERWINKLER.

Bei seinen vergleichend mikromorphologischen Untersuchungen der Basidiomyceten konnte OBERWINKLER (1977a) die „Série des Phylactéries“ von PATOUILLARD, die DONK später Thelephoraceae nannte, nachdrücklich bestätigen. In der Vielfalt habitueller Hymenomycetenstrukturen (corticoid, odontoid, lenzitoid, thelephoroid-clavarioid, hydroid und boletoid), die bei Arten dieser Verwandtschaft vorkommen, fehlte jedoch der agaricoide Typ. – HORAK hatte die Gattung *Verrucospora*, seiner Meinung nach, ungültig publiziert und OBERWINKLER darauf hingewiesen. Zu Ehren des verdienstvollen Agaricologen hatte OBERWINKLER (1974) den neuen Namen *Horakia* für *Inocybe flavofusca*, die damals nur von zwei Aufsammlungen aus dem Kongo und Kamerun bekannt war, vorgeschlagen. Lichtmikroskopisch sind die thelephoroiden Basidiosporen mit ihren Doppelwarzen auf Höckern besonders auffällig (Abb. 46). *Verrucospora flavofusca* taucht nun in molekularen Dendrogrammen zusammen mit *Lepiota cristata* und *Coprinus comatus* bei den Agaricaceae auf (siehe dort), eine Position, die mikromorphologisch nicht zu verstehen ist. – Die von CORNER verwendeten Thelephorales hat OBERWINKLER (1974) nomenklatorisch validiert. – In den tropischen Bergregenwäldern von Südecuador fanden HAUG et al. (2005) Russulaceen und Thelephoraceen als Ektomykorrhizapilze an Bäumen zweier *Neea*-Arten und einer *Guapira*-Species, die zu den Nyctaginaceae gehören. Die Verbreitung und Evolution der Ektomykorrhizen neotropischer Vertreter dieser Familie wurden diskutiert.

Russulales, Täublinge, Milchlinge (Sprödböttler) und Verwandte (Abb. 32)

Über viele Jahre hat OBERWINKLER die zellulären Baupläne von Basidiomyceten vergleichend untersucht und zeichnerisch dokumentiert. Eine sehr knappe Zusammenfassung und Interpretation seiner Ergebnisse hat er als „Das neue System der Basidiomyceten“ veröffentlicht (OBERWINKLER 1977a). Er hat die „Série des Asterosporées“ von MALENÇON (Russulales im Sinne von KREISEL) aufgegriffen und nach dem Vorkommen ihrer mikroskopischen Leitmerkmale in allen Gattungen der Basidiomyceten überprüft. Die Kombination von amyloidem Sporenornament und Gloecystidialsystem ließ sich in ganz unterschiedlichen Homobasidiomyceten aufdecken. Darunter war u.a. die Blätterpilzgattung *Lentinellus* mit dem verwandten, hydroiden *Auriscalpium*. Auch der polyporoide Tannenparasit *Bondarzewia montana* mit dem gastroiden *Hybogaster* sowie die stereoid-clavarioide *Amylaria himalayensis*, zählen hierzu. Unter den konsolid-hydroiden Pilzen gehören *Gloiodon*-Arten zu den Russulales, unter den clavarioid-hydroiden *Clavicornia* (Becherkoralle), *Creolophus* (Stachelseitling), *Dentipellis*, *Hericium* (Stachelbart) und, molekular nicht bestätigt, *Mucronella* sowie unter den corticioid-stereoiden Sippen Arten der Gattung *Gloeocystidiellum* im weiten Sinne. – Bereits beim Studium unscheinbarer Fruchtkörper corticioider Pilze fand OBERWINKLER (1965) den kaum sichtbaren *Aleurodiscus delicatus* auf Blättern der Cyperaceen *Carex pendula* und *Cladium mariscus*. Wegen seiner stacheligen Probasidien wurde diese Art in eine eigene, neue Gattung, *Acanthobasidium*, gestellt. In molekular begründeten Dendrogrammen clustern Arten dieser Gattung in den Russulales zusammen mit polyphyletischen *Aleurodiscus*- und *Stereum*-Taxa. – Es konnte experimentell gezeigt werden (GÖRKE 2004), dass der auf *Picea abies* häufige Rotfäuleerreger *Stereum sanguinolentum* Fichtensetzlinge nicht über Wurzeln infizieren kann. – Die Zugehörigkeit von *Heterobasidion annosum* zu den Russulales konnte HONOLD (1982) mit mikromorphologischen und ultrastrukturellen Merkmalen nachweisen. – Für ihre Dissertation hat MAIFELD (1998) aus Fichtenstämmen, die von *Heterobasidion annosum* infiziert waren, aber auch von befallsfreien Bäumen, Endophyten isoliert und deren antagonistische Wirkungen getestet. In *Cordana pauciseptata* fand sie einen Deuteromyceten, der den Wurzelschwamm in vitro deutlich hemmte, dagegen die Fichtensämlinge im Wachstum förderte.



Abb. 32 **a**: Der Speitäubling, *Russula emetica*, im subalpinen Mischwald, Oberjoch, 1.10.2002. Die intensiv rote Huthaut, der weiß gefärbte Stiel und die weißlichen Lamellen sind ein guter Hinweis auf die Art, sein brennend scharfer Geschmack macht ihn aber unverkennbar. Wie alle Täublinge und die verwandten Milchlinge sind diese Pilze mit Lamellen keine echten Blätterpilze, Agaricales, vielmehr sind sie in einer getrennten Verwandtschaft zu diesen, also konvergent, entstanden. Die Gattungen *Russula*, Täubling und *Lactarius*, Milchling, sind sehr artenreich und als Symbiosepartner von Bäumen weltweit von großer Bedeutung in Ektomykorrhiza-Wäldern. Messbalken 1 cm. **b**, **c**: Basidiosporen in Seiten- (**b**) und Rückenansicht (**c**). Das Ornament der Sporen ist stark amyloid, d.h. aus Melzers Lösung wird Jod selektiv in die Sporenmatrix eingelagert wodurch diese Strukturen im Lichtmikroskop blau gefärbt erscheinen. Diese Eigenschaft findet sich nicht nur in der Täublings-Familie, sondern bei den allermeisten Arten, die heute zur Ordnung der Russulales gestellt werden. **c**: Der oberhalb des Apiculus liegende, nicht ornamentierte und auch nicht amyloide Bereich wird Hilarfleck genannt. Bei ornamentierten Basidiosporen bleibt diese Stelle immer wenig strukturiert bis glatt. Dies ist nötig für die Ausbildung eines Tropfens gegenüber der Anheftung des Apiculus am Sterigma. Der Tropfen ist eine funktionelle Voraussetzung für die Abschleuderung der Basidiospore. Messbalken 2 μm . **d**: Gefrierbruch einer Lamelle, der die Symmetrie des zellulären Aufbaus verdeutlicht. Die Außenseiten zeigen die regelmäßige Anordnung der Hymenien (Hym) mit unterschiedlich reifen Basidien. Darunter folgen die schmalen und stark verflochtenen Hyphen des Subhymeniums (Subhym). Schließlich finden sich im Lamelleninneren zahlreiche kugelig angeschwollene Zellen, die Sphaerocysten (Sph) genannt werden. Sie entstehen in der Spätphase der Fruchtkörperbildung und sind mit verantwortlich für die Endausdifferenzierung der Lamellen und für das Aufspannen des Hutes. Das leichte, „spröde“ Brechen der Milchlings- und Täublingsblätter liegt in dieser besonderen Mikromorphologie begründet. Sphaerocysten sind innerhalb der Russulales auf die Familie Russulaceae begrenzt und nicht, wie in manchen Verallgemeinerungen zu finden ist, ein Merkmal der ganzen Ordnung. Messbalken 20 μm . – Fotos F. OBERWINKLER.

Das mit Borkenkäfern vergesellschaftete *Entomocorticium dendroctoni* wurde von WHITNEY et al. (1987) beschrieben und hinsichtlich der Vergesellschaftung mit *Dendroctonus ponderosae* experimentell untersucht. Offensichtlich verbreiten die Käfer den Pilz, weiden ihn aber

auch ab und werden dadurch fertiler. – In tropischen Wäldern Südtaiwans bei Tainan und Kenting haben HAUG et al. (1994) Baummykorrhizen an 60 Gehölzarten untersucht. An Arten der Pinaceen und Fagaceen fanden sie Ektomykorrhizen, darunter *Lactarius* sp. an Wurzeln von *Tsuga chinensis*. – Die Ektomykorrhiza von *Lactarius deterrimus* (Fichten-Reizker) an *Picea abies* haben MÜNZENBERGER et al. (1986) morphologisch und anatomisch charakterisiert. In ihrer Dissertation hat MÜNZENBERGER (1991) die Fichtenreizker- und *Laccaria amethystea*-Ektomykorrhizen mit den Ektendomykorrhizen des Violetten Lacktrichterlings am Erdbeerbaum, *Arbutus unedo*, verglichen. Es wurden auch Stoffwechselleistungen der Interaktionspartner jenen parasitischer Systeme gegenüber gestellt. – Molekulare Analysen zur Verwandtschaft der agaricoiden Russulaceen im Vergleich mit Mykorrhiza- und Fruchtkörpermerkmalen hat EBERHARDT (2000) im Rahmen ihrer Dissertation durchgeführt. Nach den untersuchten Arten erschien *Lactarius* (Milchlinge) monophyletisch und *Russula* (Täublinge) paraphyletisch. Molekular begründete, infragenerische Gruppierungen konnten nur bei *Lactarius* mit Untergattungen gleichgesetzt werden. Neben einer morphologischen Beschreibung haben EBERHARDT et al. (2000) die *Lactarius*-Ektomykorrhizen an *Abies alba* auch molekular charakterisiert. In Bergregenwäldern Südecuadors fanden HAUG et al. (2005) *Russula puiggarii* und *Lactarius* sp. als Ektomykorrhizabildner von *Neea* sp. (Nyctaginaceae). In relikitären Beständen der endemischen Buche *Fagus grandifolia* var. *mexicana* der Berglagen von Veracruz in Mexico haben MONTROYA et al. (2010) *Lactarius badiopallescens* und *L. cinereus* als Ektomykorrhizapartner nachgewiesen.

Atheliales (Abb. 33)

Die nach molekularphylogenetischen Hypothesen im Stammbaum der Agaricomycotina angeordneten Atheliales können weder durch morphologische noch durch ökologische Eigenschaften ihrer Arten in dieser Position verstanden werden. – Auf Algen und Flechten parasitierende und mit Algen symbiontische Interaktionen eingehende *Athelia*-Arten hat OBERWINKLER (1970) beschrieben und illustriert. Die von OBERWINKLER (1965) „ad interim“ eingeführte Gattung *Athelopsis* enthält Arten, die zumindest fakultativ lichenisiert sein können. – In molekularphylogenetischen Dendrogrammen ist die clavarioide Basidiolichene *Lepidostroma calocerum* in den Atheliales zu finden. Sie bildet einen schuppenförmigen, blattartig differenzierten Thallus aus (OBERWINKLER 1970, 1984, 2001, 2012). – Die zellulären Baupläne von *Fibulomyces mutabilis* und *Leptosporomyces galzinii* hat OBERWINKLER (1977b) lichtmikroskopisch untersucht und illustriert. Diese Arten stehen in molekularen Dendrogrammen in den Atheliales. – Die umfangreiche Beprobung taiwanesischer Baumarten konnte zwei corticioide Ektomykorrhizabildner nachweisen, *Amphinema byssoides* bei *Pinus taiwanensis* und *Tylospora fibrillosa* bei *Picea morrisonicola* (HAUG et al. 1994). – Mykorrhizen von *Tylospora asterophora* und *T. fibrillosa* konnten EBERHARDT et al. (1999) morphologisch und molekular unterscheiden.



Abb. 33: *Athelia*-Arten zeichnen sich durch weiße und dünne, den Substraten flach anliegende Fruchtkörper mit einfachen, sich nicht verdickenden Hymenien, aus. **a:** *Athelia arachnoidea* über Grünalgen an einer Sumpfpfzypresse, *Taxodium distichum*, im Botanischen Garten Tübingen, 25.2.2003. Der sehr häufige Pilz parasitiert Algen und Flechten und wächst oft großflächig über sie hinweg. Messbalken 1 cm. **b:** Quetschpräparat des Hymeniums in 10% KOH mit Phloxin. Der Farbstoff wird von den Zellen differenziell aufgenommen. Zellkerne bleiben transparent. Dikaryotische Zellen und diploide Kerne sind gut zu erkennen. Zwei Basidien hatten bereits Sterigmen ausgebildet. Ein Teilstrich der Messskala = 1 μ m. – Fotos F. OBERWINKLER.

Boletales, Röhrlinge, Steinpilz-Verwandtschaft (Abb. 34)

Unter experimentellen Bedingungen im Labor haben KOTTKE & OBERWINKLER (1988a) mit dem Goldröhrling, *Suillus grevillei*, die Ektomykorrhizierung von *Larix decidua* erreichen können. Erstaunlicherweise gelang dies unter den gewählten künstlichen Voraussetzungen und, entgegen dem natürlichen Verhalten des Pilzes, auch mit *Picea abies*. – Ektomykorrhizaprobe von *Paxillus involutus* (Kahler Krempling) aus stark mit Industriestaub kontaminierten Fichtenwäldern wurden von TURNAU et al. (1993a) auf die Elementlokalisierung in den Pilzzellen analysiert. Dies wurde mit Energieverlustspektroskopie transmissionselektronenmikroskopisch durchgeführt. Es konnte die Anreicherung von Cadmium in Pilzvakuolen nachgewiesen werden. Dieser Befund kann auf eine Detoxifikation von Schwermetallen durch symbiontische Pilze hinweisen. Ektomykorrhizen von *Paxillus involutus* – *Pinus sylvestris* eines stark kontaminierten Waldes wurden von TURNAU et al. (1994a) ultrastrukturell und cytochemisch untersucht.

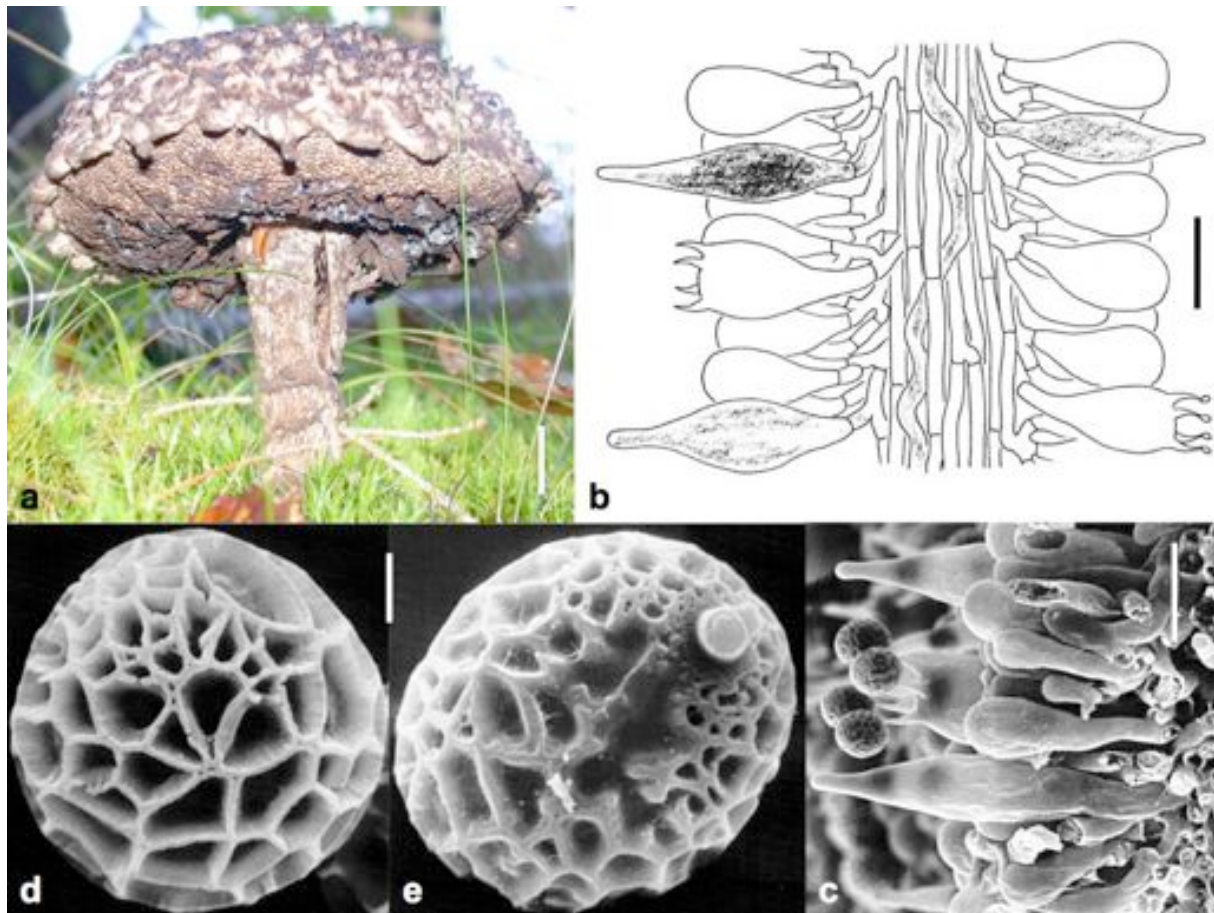


Abb. 34: Strubbelkopfröhrling *Strobilomyces strobilaceus*. **a**: Alter Fruchtkörper auf einer Waldwiese, Tübingen 9.10.2002. Die graubraune Färbung und die faserig-wolligen Hutschuppen kennzeichnen die Art habituell. Der Strubbelkopfröhrling ist ein Mykorrhizapilz, der oft mit Fichte oder Buche zusammenlebt. Messbalken 2 cm. **b**: Längsschnitt durch eine Röhrenwand mit beidseitigen Hymenien, jungen Basidien und plasmatisch dunkel gefärbten Zellen, Cystiden, die über die Hymeniums Oberfläche hinausragen. **c**: Gefrierbruch einer Röhrenwand und schräger Ansicht des Hymeniums mit jungen und einer Sporen tragenden, reifen Basidie sowie Cystiden. **b**, **c** Messbalken 20 µm. **d**, **e**: Basidiosporen mit netzig-wabigem Ornament der Sporenwand. Dieser Sporenbauplan ist für die Boletaceae und die Boletales höchst ungewöhnlich. Am häufigsten kommen bei diesen Pilzen dunkel pigmentierte, spindelige, glatt- und dickwandige Basidiosporen vor. Trotz dieser auffälligen Verschiedenheit gehört *Strobilomyces* nach molekularphylogenetischen Hypothesen zu den Boletaceae. **e**: Ansicht von der Apiculus-Seite. Der Hilarfleck mit reduziertem Sporenornament ist erkennbar. **d**, **e** Messbalken 20 µm. – Fotos F. OBERWINKLER.

Das hohe Speichervermögen der Ektomykorrhiza von *Xerocomus badius* (Maronen-Röhrling) mit *Picea abies* für Phosphor- und Stickstoffverbindungen unter sauren Bodenverhältnissen konnte durch Vitalfluoreszenzfärbung sowie durch Emissions- und Energieverlustspektroskopie (EELS) bestimmt werden (KOTTKE et al. 1998). – Mit *Paxillus involutus* vormykorrhizierter, ungedüngte und auf Ackerböden ausgepflanzte Eichen- und Buchensetzlinge erwiesen sich nach dreijähriger Versuchsdauer deutlich vitaler als nicht mykorrhizierter, gedüngte oder ungedüngte Vergleichspflanzen (HERRMANN et al. 1992). Inokulierungen von Buchen- und Eichen-Sämlingen im Gewächshaus mit *P. involutus* wurden von HÖNIG (1996) durchgeführt. Nach Auspflanzen der Setzlinge auf Wald- und Ackerflächen wurde der Mykorrhizierungsstatus und sein Einfluss auf das Wachstum der Bäumchen untersucht. Mit molekularbiologischen Methoden wurden zehn *P. involutus*-Isolierungen charakterisiert. Bewertungen vormykorrhizierter Bäumchen haben KOTTKE & HÖNIG (1998) vorgenommen. Unterschiedliche *P. involutus*-Stämme wurden von HÖNIG et al. (2000) molekular charakterisiert. – Die Mykorrhizierung der Fichte durch den Erbsenstreuling, *Pisolithus arhizus* (als *P. tinctorius*), in Abhängigkeit von verschiedenen Stickstoffkonzentrationen hat HAUG (1989b) untersucht. – Nach Be-

handlung mit Cadmiumstaub wurde das Mycel von *P. arhizus*, von TURNAU et al. (1994b) auf die Elementverteilung analysiert. Den Elementgehalt in vakuolären Granula von Ektomykorrhizen von *Pisolithus arhizus* (*P. tinctorius*), *Suillus bovinus* (Kuh-Röhrling) und *Xerocomus badius* haben BÜCKING et al. (1998) mit Emissions- und Energieverlustspektroskopie (EELS) und Energie-dispersiver Röntgenspektroskopie (EDXS) bestimmt. – Eine Hypothese zur möglichen Rolle von Hydrophobingenen für die Ektomykorrhizierung durch *Pisolithus arhizus* haben TAGU et al. (1998) entwickelt.

Amylocorticiales (Abb. 35)

Erst jüngst wurden aphylllophorale (Nicht-Blätterpilze) und überwiegend amyloidsporige Taxa von den Agaricales als eigene Ordnung, Amylocorticiales, abgetrennt. In dieser Gruppe findet sich auch *Amyloxenasma allantosporum*, eine pleurobasidiale Art, die von OBERWINKLER (1965) als *Xenasmatella allantosporum*, in der Untergattung *Amyloxenasma*, beschrieben wurde. Als OBERWINKLER (1977b) *Xenasmatella* mit *Phlebiella* synonymisierte (vgl. Trechisporales) hat er letztere Gattung auf warzigsporige Arten begrenzt.

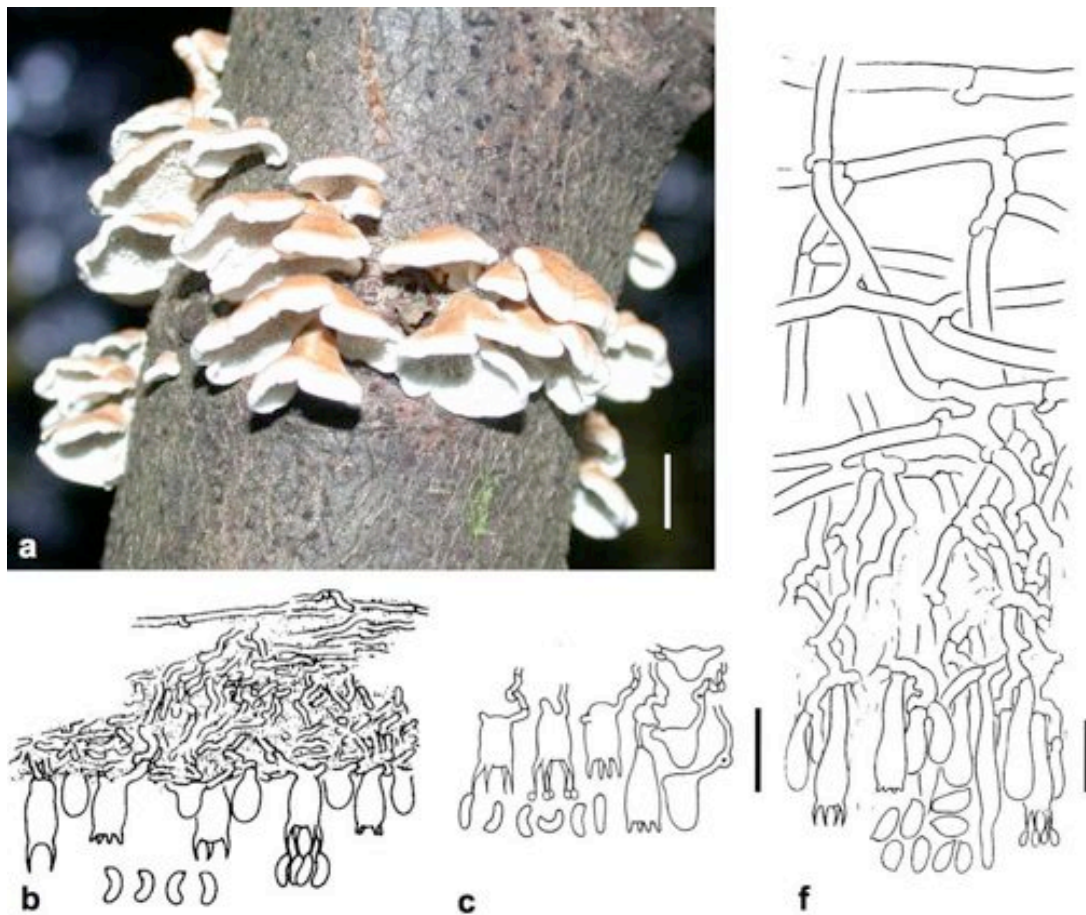


Abb. 35: Die meisten Arten der Amylocorticiales haben krustige, corticioide Fruchtkörper und besitzen amyloide Basidiosporen. Diese artenarme Ordnung wurde erst 2010 als Monophylum und als Schwestergruppe der Agaricales molekularphylogenetisch begründet. **a:** Der Aderzählring, *Plicaturopsis crispa*, ist ein häufiger Winterpilz in unseren Laubwäldern. Die Fruchtkörper wachsen gesellig, mit nach unten gerichteten, geotropisch positiven, unregelmäßig faltigen (merulioiden) Hymenien. Tübingen, 14.10.2004. Messbalken 1 cm. **b, c:** *Amyloxenasma allantosporum*, Messbalken 10 µm. **b:** Der fruktifizierende Pilz besteht nur aus einer einfachen Basidienschicht in einer gelatinösen Hyphenmatrix (punktiert) und einem dünnen Subhymenium, insgesamt 20-30 µm dick. Schnitt durch den gesamten Fruchtkörper mit Subhymenium, unterschiedlich reifen Basidien und Basidiosporen. **c:** Abfolge der Basidionontogenie und Basidiosporen, aus OBERWINKLER (1965). Die Art hat typische Pleurobasidien und amyloide Sporen. **d:** *Ceraceomyces tessulatus*, Schnitt durch den gesamten Fruchtkörper. Messbalken 20 µm. **b, d** nach OBERWINKLER (1977b).

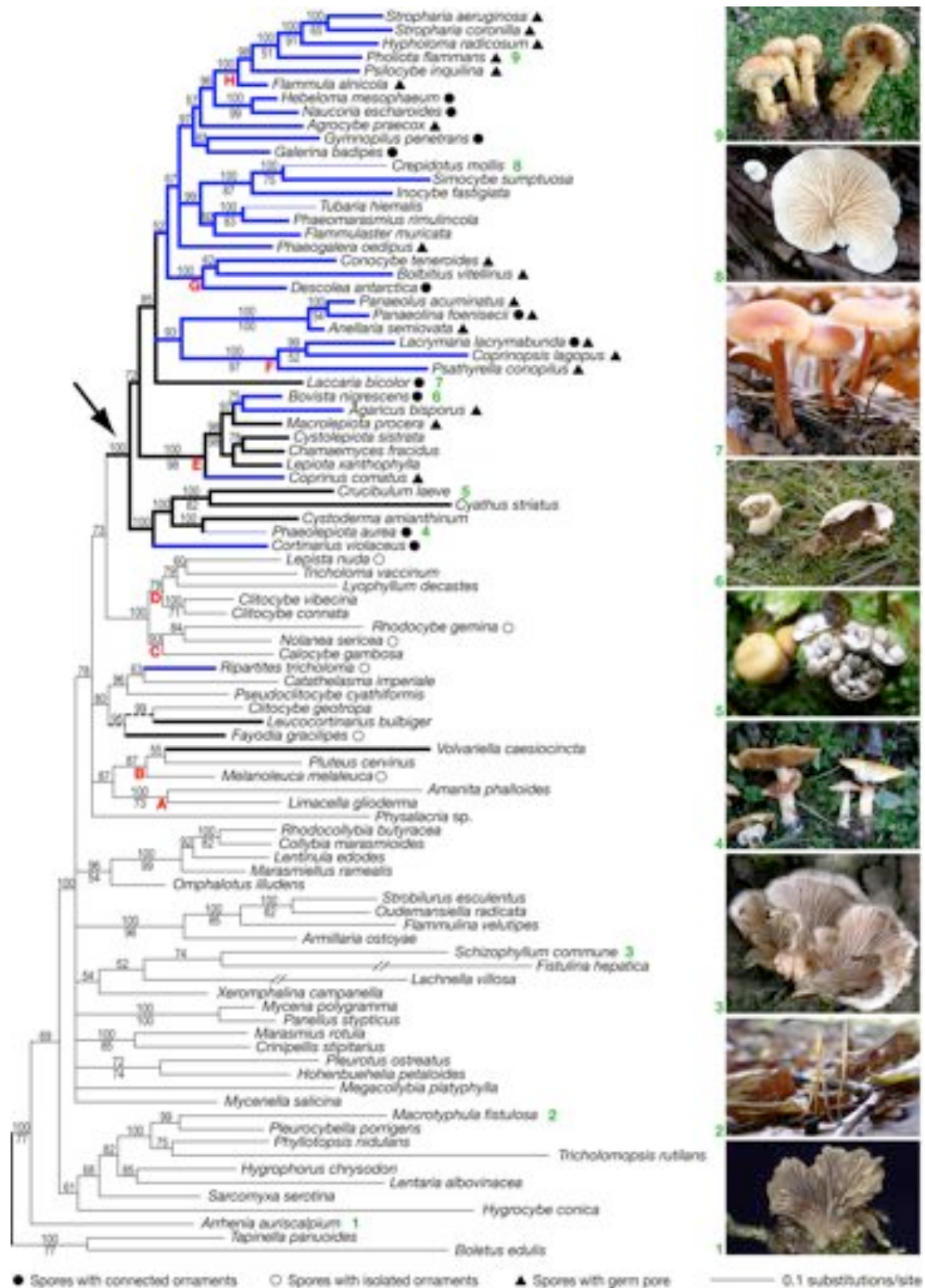


Abb. 36: Phylogenetische Hypothese für Taxa der Agaricales. Aus GARNICA et al. (2007). Die Abfolge des Stammbaumes benutzen wir für die Besprechung von Gattungen. Im begleitenden Text werden derzeit anerkannte Familien zur weiteren Untergliederung der Ordnung verwendet. Die Auswahl der Gattungen im Dendrogramm und im Text ist unterschiedlich. Der Pfeil verweist auf das Auftreten von Pilzen mit komplex gebauten Basidiosporenwänden. Blaue Linien markieren Arten mit dunkel pigmentierten Sporen, fette Linien kennzeichnen Species mit Basidiosporen, deren Wände dicker als 200 nm sind. Für das Phylogramm wurden Arten von 88 Gattungen verwendet. Neben den Domänen D1-D3 und D7-D8 der nucLSU und den Domänen A-C der RPB1 Gene wurden auch morphologische und chemische Merkmale berücksichtigt.

Agaricales, Blätterpilze im engen Sinne (Abb. 36)

Eine erste molekular begründete Übersicht über die phylogenetischen Positionen von Blätterpilzen und Gasteromyceten (Bauchpilze) haben HIBBETT et al. (1997) erstellt. Es konnte gezeigt werden, dass sowohl agaricoide wie gastroide Taxa mehrfach konvergent entstanden sind. – Durch Auswertung von Kernsequenzen und Merkmalen der Ultrastruktur und Pigmentation von Basidiosporen konnten GARNICA et al. (2007) glaubhaft machen, dass Sippen mit dickwandigen und gefärbten Basidiosporen innerhalb der Agaricales eine abgeleitete Gruppe bilden (Abb. 36). Dies wurde als Anpassung an besondere ökologische Bedingungen gedeutet. – An haploiden und dikaryotischen Hyphen von 90 Blätterpilzarten haben WALTHER et al. (2005) Konidiogenesen studiert. Sie konnten Charakteristika der Anamorphe als brauchbare Merkmale zur Umschreibung monophyletischer Gruppen bestätigen.

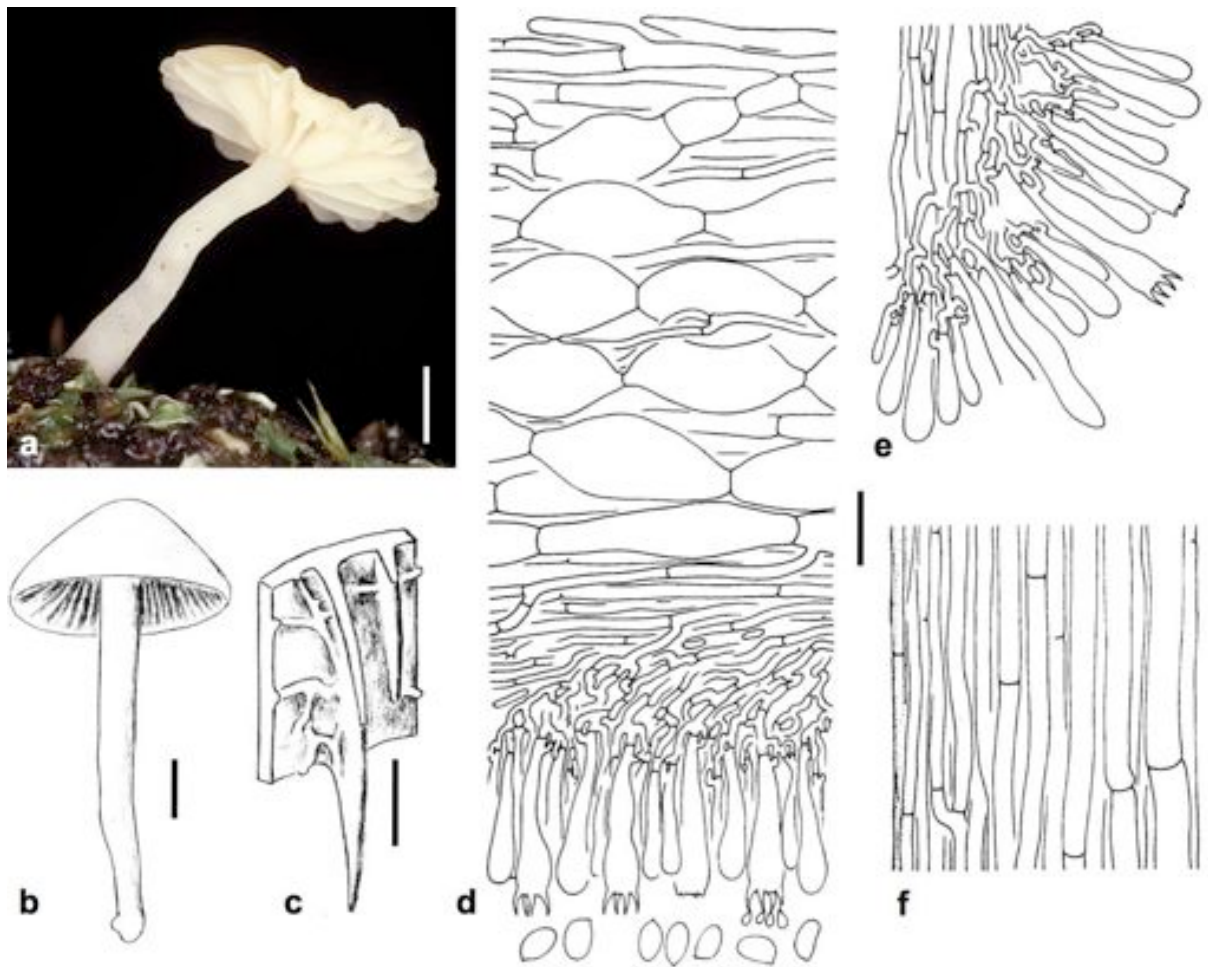


Abb. 37: Wachsblättler, Schnecklinge und ihre Verwandten, Hygrophoraceae. **a:** *Lichenomphalia hudsoniana*, Oberjoch, 22.9.1995. Dieser Blätterpilz lebt obligat mit Algen zusammen, ist also eine Basidiomycetenflechte. Die schuppenförmigen Blättchen am Fuß des Stieles sind die Flechtenthalli in denen Pilz und Alge eine zellulär hochdifferenzierte Lebensgemeinschaft eingegangen sind. Messbalken 0,5 cm. **b-f:** *Humidicutis marginata* nach OBERWINKLER (1979). **b:** Fruchtkörper, Messbalken 1 cm. **c:** Hutausschnitt mit Lamellen-Anschnitten, Messbalken 0,5 mm. **d:** Schnitt durch den Hut mit Hymenium und Hutdeckschicht. **e:** Hälfte einer Lamellenschneide, **f:** Stielhyphen. **d-f** Messbalken 20 µm. – Foto und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Hygrophoraceae, Schnecklinge und Verwandte (Abb. 37)

Diese Lamellenpilze zeichnen sich makroskopisch durch dickliche, entfernte Lamellen aus. Daher werden sie auch als „Dickblättler“ oder „Wachsblättler“ bezeichnet. Studien zur Mikromorphologie veranlassten OBERWINKLER (1979), nahe systematische Beziehungen zwischen einigen aphylophoralen und agaricalen Basidiomyceten (Nichtblätter- und Blätterpilzen) zu postulieren. Als Beispiele benutzte er detaillierte zelluläre Baupläne von *Dictyopanus*

und *Panellus* sowie *Holocoryne* und *Humidicutis*. In molekularphylogenetischen Dendrogrammen findet sich das erste Gattungspaar als Monophylum in den Mycenaceae. Für das zweite Beispiel ist uns bisher keine artspezifische molekulare Studie bekannt. Sehr bemerkenswert ist aber, dass *Lentaria albovinacea* und *Hygrophorus chrysodon* (Goldzahn-Schneckling) nächstverwandte Taxa in einem molekularphylogenetischen Dendrogramm der Agaricales darstellen (GARNICA et al. 2007). – Flechtenbildende Blätterpilze der Gattung *Omphalina* (Nabelinge) haben POELT & OBERWINKLER (1964) erstmals mikromorphologisch untersucht. Sie konnten glaubhaft machen, dass die kugeligen Thalli von *Botrydina* und die schuppenförmigen von *Coriscium* die Flechtenlager von *Omphalina*-Arten sind. Die von OBERWINKLER (1970, 1980, 1984) bearbeiteten sowie von ihm 2001 und 2012 in Übersichtsartikeln behandelten Basidiolichenen *Dictyonema*, *Cora*, *Cyphellostereum* und die lichenisierten *Omphalina*- (*Lichenomphalia*-) Arten, sind nach molekular begründeten Hypothesen Hygrophoraceen. Ihre Flechtenthalli sind bei *Dictyonema*-Arten undifferenziert bis konsolenförmig, bei *Cora* blattartig und bei *Lichenomphalia* kugelig (*Botrydina*) bis schuppig (*Coriscium*). Einmalig und höchst ungewöhnlich ist die zelluläre Interaktion von *Dictyonema*-, *Cora*-, *Cyphellostereum*- und *Acantholichen*-Pilzen mit den Trichomen der *Rhizonema*- (*Scytonema*-) Cyanobakterien. Von Zellen des Hyphenmantels um die Trichome zweigen haustoriale Hyphen ab, die in die *Rhizonema*-Zellen eindringen und im Centroplasma mit abwechselnd eingeschnürten und ausgebuchteten Hyphen zentral weiterwachsen (OBERWINKLER 1980, 2012).



Abb. 38: *Lindtneria trachyspora*. Nicht das merulioide Hymenium (c) ist das Kennzeichen der Gattung, es ist vielmehr die höchst ungewöhnliche Mikromorphologie der Basidiosporen (a, b). Dieser Sporentyp findet sich, ganz überraschend, auch bei dem hypogäischen Gasteromyceten *Stephanospora caroticolor*, der Karottentrüffel. Die in ihren Fruchtkörperbauplänen sehr unterschiedlichen Pilze stimmen aber auch in ihren Hyphenbauplänen und ihren Pigmentchemismen überein. a, b Die Pfeilspitzen verweisen auf die Sporenapiculi, Messbalken 2 µm, nach OBERWINKLER & HORAK (1979). c Hinterstein, auf Grauerlen-Moderholz, *Alnus incana*, 26.9.2005, Messbalken 5 mm. – Fotos F. OBERWINKLER.

Stephanosporaceae (Abb. 38)

Die verblüffende Übereinstimmung der Mikromorphologie der Basidiosporen von *Lindtneria trachyspora* und *Stephanospora caroticolor* (Möhrentrüffel) sowie ihre orange bis karottenfarbene Pigmentation in gewissen Entwicklungsstadien haben OBERWINKLER & HORAK (1979) bewogen, für diese Arten eine eigene Familie, Stephanosporaceae, vorzuschlagen. Es wurden dadurch Pilze mit krustig-merulioiden und gasteroid-hypogäischen Fruktifikationen zusammengefasst, ein höchst ungewöhnlicher Vorschlag für die vormolekulare Ära. In molekularphylogenetischen Hypothesen wird die Familie bestätigt und es wird *Athelidium aurantiacum* hinzugefügt. Die Gattung *Athelidium* hat OBERWINKLER (1965) für *Xenasma aurantiacum* eingeführt, weil diese Art mit *Xenasma* keine mikromorphologischen Charakteristika teilt. Sowohl in der Fruchtkörperpigmentation wie im Hyphenbauplan bestehen aber Übereinstimmungen mit den beiden Stephanosporaceen. Dagegen sind die Sporen von *Athelidium aurantiacum* dünn- und glattwandig und nicht pigmentiert. Dieser Sachverhalt von Übereinstimmungen und Diskrepanzen kann derzeit nicht erklärt werden.

Lachnellaceae (Abb. 39)

Pilze mit verkehrt becher- bis röhrenförmigen Fruchtkörpern werden cyphelloid genannt. Manche sind den scheibenförmig fruktifizierenden Ascomyceten (Discomyceten) täuschend ähnlich, unterscheiden sich aber meistens von diesen durch ihre geotropisch positiv ausgerichteten Hymenien, die in „verkehrt-becherförmigen Fruchtkörpern“ am Standort erkannt werden können.

Die Verwandtschaftsreihen von *Lachnella-Crinipellis*, *Stigmatolemma-Fistulina* hat AGERER (1978a) behandelt. – Im Verlaufe einer von uns für Studierende der Universität Tübingen auf Teneriffa durchgeführten Exkursion wurden auch Pilze berücksichtigt und gesammelt. AGERER (1978b) hat die cyphelloiden Arten untersucht. – Die Sektion *Lachnelloscypha* der Gattung *Flagelloscypha* interpretierte AGERER (1979a) als ein Bindeglied zu *Lachnella*. – Typusstudien erwiesen sich als unumgänglich zur Klärung kritischer und unzureichend beschriebener Taxa, wie von *Cyphella peckii* (AGERER 1979b), *Lachnella alboflavida* (AGERER 1979c), *Rectipilus erubescens* (AGERER 1979d) sowie von *Flagelloscypha orthospora*, *F. pseudopanax* und *F. tongariro* (AGERER 1979e). – Die von OBERWINKLER auf der Expedition des New York Botanical Garden 1978 in Kolumbien gesammelten cyphelloiden Basidiomyceten haben AGERER veranlasst, sich intensiv mit neotropischen Arten zu beschäftigen. Er konnte drei neue Arten der Gattung *Flagelloscypha* (AGERER 1980a) und die neuen Gattungen *Deigloria* (AGERER 1980b) und *Cyphellocalathus* (AGERER 1981) beschreiben. Für Paraguay hat AGERER (1982) *Deigloria paraguayensis* nachgewiesen. Studien zur Sippenstruktur der Gattung *Cyphellopsis* haben AGERER et al. (1980) durchgeführt. – Die Gattung *Flagelloscypha* wurde von AGERER (1975) monographiert und eine neue Gattung cyphelloider Pilze, *Cephaloscypha*, vorgeschlagen. – Zu cyphelloiden Pilzen aus den Gattungen *Cyphellopsis*, *Lachnella* und *Halocyphina* sollen nach molekular begründeten Phylogenien auch die marinen Arten *Nia vibrissa* (ein Bauchpilz) und *Digitatispora marina* gehören. Letztere Art wurde wegen der ungewöhnlichen Basidien- und Sporenmorphologie von OBERWINKLER (1982) in einer Arbeit über Meiosporangien der Basidiomyceten berücksichtigt und zellulär illustriert.

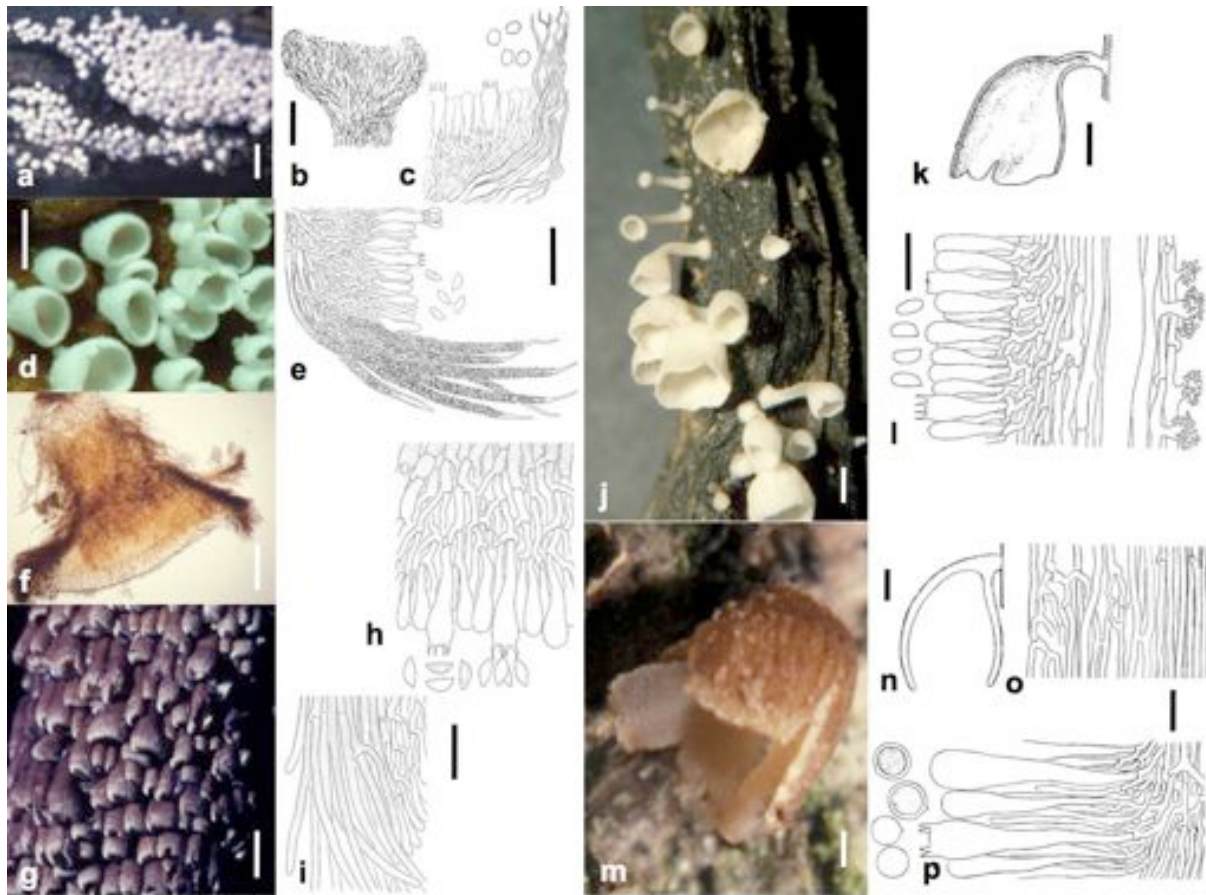


Abb. 39: Schüsselförmige, cyphelloide Basidiomyceten, die als abgeleitete Blätterpilze gedeutet werden. **a-c:** Der im Meerwasser auf Treibholz vorkommende, cyphelloide Basidiomycet *Halocyphina villosa*, Kolumbien, Turbo an der Rio Atrato Mündung, 27.6.1978. **a:** Fruchtkörper-Kolonie, Messbalken 5 mm. **b:** Einzelfruchtkörper, Messbalken 0,5 mm. **c:** Fruchtkörper-Ausschnitt mit Hymenium, Subhymenium, Randhyphen und Basidiosporen, Messbalken 20 μ m. **d, e** *Flagelloscypha* sp., Oberjoch, 10.9.1985. **d:** Fruchtkörper-Kolonie, Messbalken 1 mm. **e:** Fruchtkörper-Ausschnitt mit Hymenium, Subhymenium, Randhyphen und Basidiosporen, Messbalken 20 μ m. **f** *Lachnella alboviolascens*, Medianschnitt durch den Fruchtkörper, Messbalken 200 μ m. **g-i** *Woldmaria crocea* auf dem Straußfarn *Matteucia struthiopteris*, Botan. Garten München, 7.9.1967, **g:** Fruchtkörper-Kolonie, Messbalken 1 mm. **h:** Fruchtkörper-Ausschnitt mit Hymenium, Subhymenium und Basidiosporen, Messbalken 20 μ m. **i:** Randhyphen, Messbalken 20 μ m. **j-l** *Calyprella capula*, Oberjoch, 2.9.1984. **j:** Fruchtkörper-Kolonie, Messbalken 1 mm. **k:** Fruchtkörper-Längsschnitt, Messbalken 1 mm. **l:** Fruchtkörper-Ausschnitt mit Hymenium, Subhymenium, Hyphen des Hutes und der Hutaußenseite sowie Basidiosporen, Messbalken 20 μ m. **m-p** *Cyphella digitalis*, Oberjoch, auf Weißtanne, *Abies alba*, 21.9.1991. **m:** Alter Fruchtkörper, Messbalken 1 mm. **n:** Fruchtkörper-Längsschnitt, Messbalken 1 mm. **o:** Hyphen des Hutes und der Hutaußenseite. **p:** Hymenium, Subhymenium und Basidiosporen. **o, p** Messbalken 20 μ m. Fotos und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Physalacriaceae (Armillariaceae) Familie der Hallimaschpilze und Verwandte (Abb. 40)
Aus *Strobilurus tenacellus* (Kiefernzapfen-Nagelschwamm) haben SCHRAMM et al. (1978) die antifungisch wirkenden Strobilurine A und B isoliert und charakterisiert. Strobilurine haben in der praktischen Anwendung als Fungizide eine beachtliche wirtschaftliche Bedeutung erlangt.

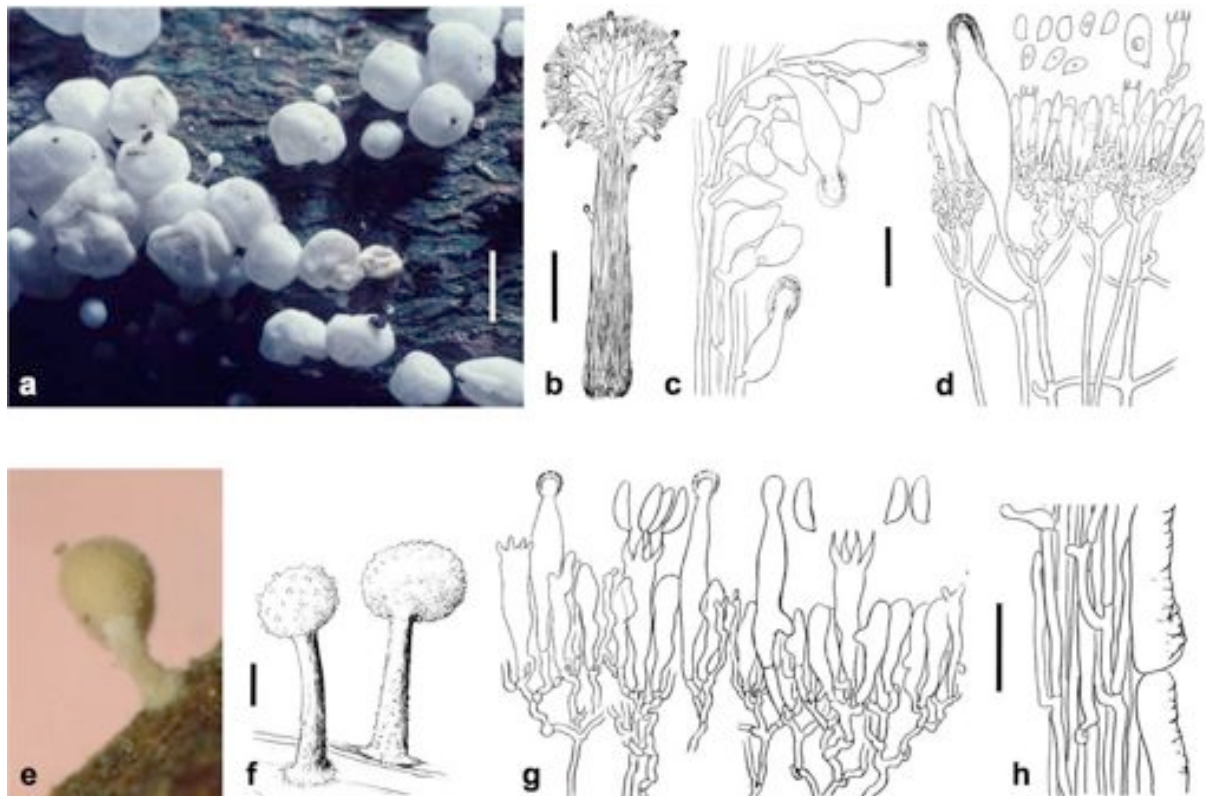


Abb. 40: Die Hallimasch-Familie, Armillariaceae, wird jetzt Physalacriaceae genannt. Daher sollen hier drei Arten der namengebenden Gattung illustriert werden. **a**: *Physalacria inflata*, Mérida, Venezuela, 12.1969. Die Köpfe dieser kleinen, gestielten Pilze vergrößern sich zunehmend, werden hohl und reißen gelegentlich löcherig auf. Die Hymenien befinden sich auf den Außenseiten der terminalen Ballone. Messbalken 1 cm. **b-d**: *Physalacria bambusae*, Taiwan, Hui Sun, auf *Phyllostachys* sp. 20.7.1988. **b**: Schnitt durch einen Fruchtkörper. Das Hymenium überzieht den gesamten Kopf und wird von Cystiden durchsetzt. Diese finden sich auch am Stiel. Messbalken 100 µm. **c**: Übergang vom Stiel zum Hymenium. **d**: Ausschnitt aus dem Hymenium mit Basidien, einer Cystide und Basidiosporen, eine doppelt vergrößert. Das Subhymenium erwächst aus einem sehr lockeren Hyphenverband im Inneren des Kopfes. **c-d** Messbalken 20 µm. **e-h**: *Physalacria cryptomeriae*, Graz, auf Nadeln der Sichelanne, *Cryptomeria japonica*, mis. J. POELT, 10.1984. **e**, **f**: Fruchtkörper auf den Wirtsnadeln, Messbalken 100 µm. **g**: Ausschnitt aus dem Hymenium mit Basidien, Cystiden und Basidiosporen. **h**: Ausschnitt aus dem Stiel. **g**, **h** Messbalken 20 µm. – Fotos und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Marasmiaceae, Schwindlinge und Verwandte (Abb. 41)

Den auf Tannen spezialisierten cyphelloiden Pilz *Cyphella digitalis* hat AGERER (1976) dargestellt. Es ist die Typusart der Gattung. *Friesula platensis* wurde von OBERWINKLER (1985) lichtmikroskopisch untersucht. Die gastroiden Basidien können als Anpassung an zeitweise Überflutungen im Mündungsgebiet des Rio de la Plata, wo diese Art vorkommt, verstanden werden. Die kugelhellige Hutoberfläche erinnert an sehr ähnliche Strukturen von *Marasmius*-Arten. Molekular ist die Art bisher nicht untersucht. – Die Gattung *Amyloflagellula* in Westafrika haben AGERER & BOLDIN (1981) behandelt. – Antibiotika aus Arten der Gattungen *Crinipellis* (Zitzen-Haarschwindling), *Flagelloscypha*, *Halocyphina*, *Lachnella*, *Marasmius* (Schwindlinge) und *Pleurotellus* (Zwergseitlinge) hat KUPKA (1979) in ihrer Dissertation bearbeitet. *Halocyphina villosa* wurde von OBERWINKLER 1978 an der Mündung des Rio Atrato in Kolumbien gesammelt. Ein neuartiges Antibiotikum, Crinipellin, wurde von KUPKA et al. (1979) aus *Crinipellis stipitaria* isoliert und charakterisiert.

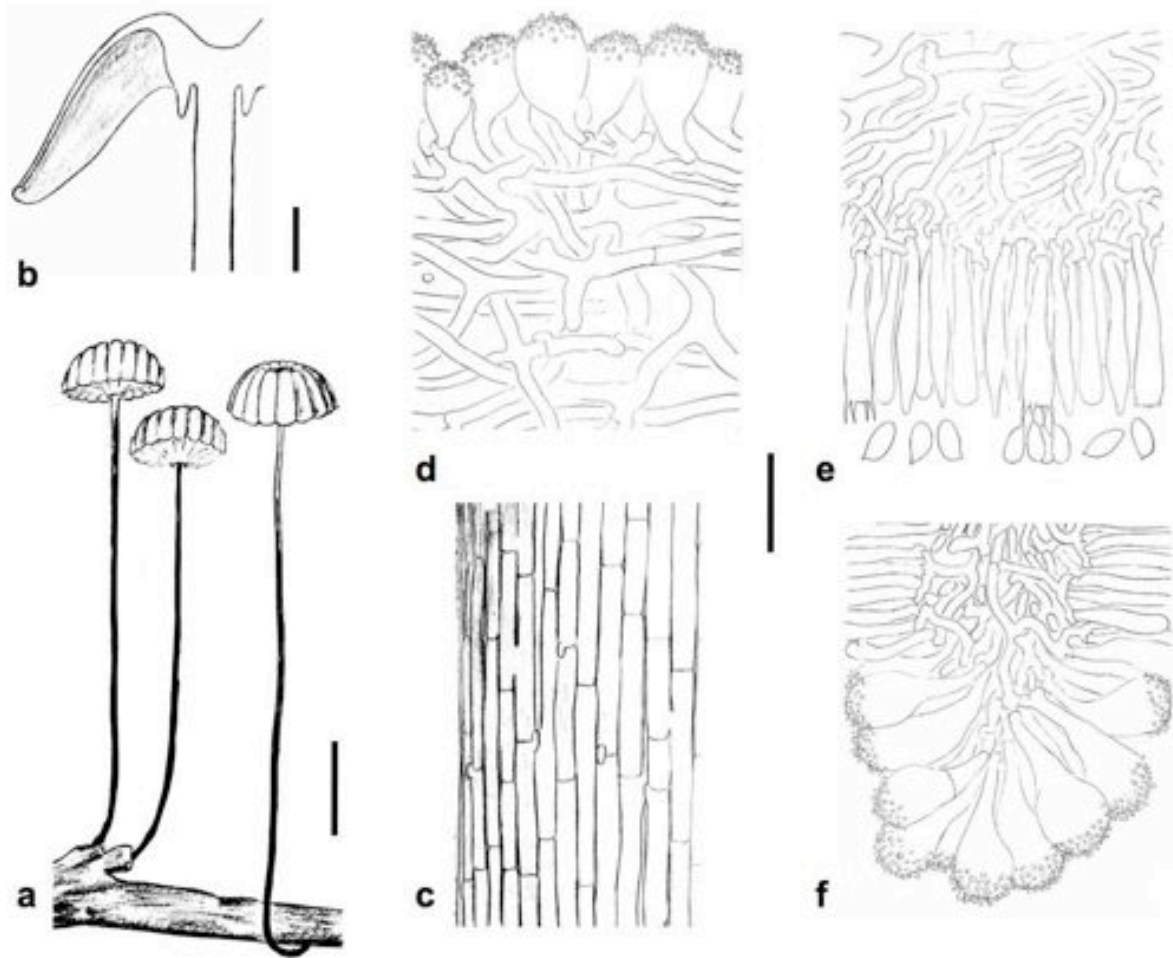


Abb. 41: Der Halsband-Schwindling, *Marasmius rotula*, die Typusart der Gattung, Burgwalden 22.8.1970. **a**: Fruchtkörper, Messbalken 1 cm. **b**: Schnitt durch eine Huthälfte mit Lamellen- und Stielansatz zur Verdeutlichung der Kragenbildung. Messbalken 1 mm. **c**: Stielhyphen, Außenseite links. **d**: Hutausschnitt mit blasigen und bewarzten Endzellen. **f**: Lamellenschneiden mit Cheilocystiden, die den Huthaut-Endzellen entsprechen. **e**: Subhymenium und Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien und Basidiosporen. **c-f** Messbalken 20 µm, Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Amanitaceae, Knollenblätterpilze, Wulstlinge und Verwandte (Abb. 42)

Markantes Merkmal vieler Arten dieser Blätterpilzfamilie ist das Universalvelum, das häufig in Form weißer Flecken auf der Hutoberfläche reifer Fruchtkörper zurückbleibt, so beim wohl bekanntesten Vertreter, dem Fliegenpilz (*Amanita muscaria*).

Die *Amanita*-Arten von Südwestchina hat YANG (1997) monographisch bearbeitet. Unter den 47 beschriebenen, nach makro- und mikroskopischen Merkmalen illustrierten sowie ökologisch charakterisierten Species wurden auch neun neue Taxa behandelt:

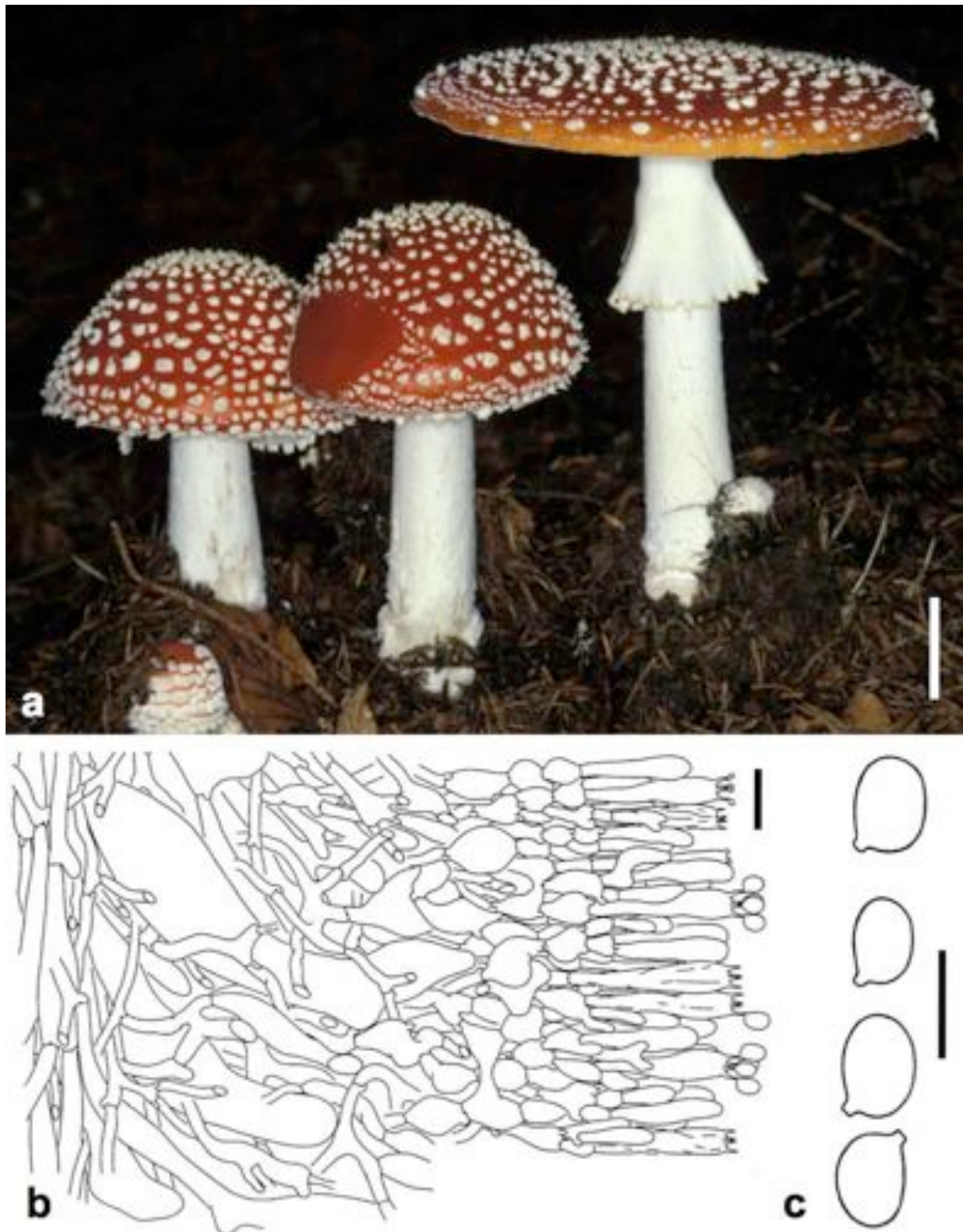


Abb. 42: Der Fliegenpilz, *Amanita muscaria*, Tübingen, 15.7.1997. **a**: Fruchtkörper in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Die Scheide ist brüchig und vergänglich, dagegen sind die Manschette und die weißen Velumreste auf dem Hut ausdauernd. Messbalken 2 cm. **b**: Teil eines Längsschnittes einer Lamelle von ihrer Mitte bis zum Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien. Messbalken 20 μm . **c**: Basidiosporen, Messbalken 10 μm . **a, b** nach YANG & OBERWINKLER (1999). – Foto F. OBERWINKLER, Zeichnungen Z.-L. YANG.

Amanita atrofusca, *A. brunneofuliginea*, *A. hemibapha* var. *ochracea*, *A. sinensis*, *A. subfrostiana*, *A. subglobosa*, *A. subjunquillea* var. *alba*, *A. tomentosivolva* und *A. verrucosivolva*. Eine erste morphologisch und molekularphylogenetisch begründete Gliederung der Gattung

Amanita, basierend auf 49 Arten, haben WEIß et al. (1998) vorgelegt. Als monophyletische Sektionen haben sie *Amanita*, *Caesarea*, *Vaginatae*, *Phalloideae* und *Amidella* unterschieden. – Die Fruchtkörperentwicklung von *Amanita muscaria* haben YANG & OBERWINKLER (1999) lichtmikroskopisch untersucht. Sie fanden, dass in jüngsten Stadien das primordiale Velum universale und der Primordialbulbus bereits ausdifferenziert sind. Mit der Entwicklung des Hutprimordiums werden auch die ersten Stadien des Hymenophors angelegt, aus dem sich schließlich die Lamellen ausdifferenzieren. Radial angeordnete, senkrecht stehende, dünne Platten aus degenerierenden Hyphen trennen die benachbarten Lamellen voneinander. Hyphen der Lamellenschneide und der Stielvolva sind miteinander verflochten. Das primordiale Velum universale zerreißt frühzeitig und hinterlässt die Velumreste auf der Hutoberseite, die Manschette entsteht aus der Stielvolva. – *Amanita* wurde von YANG et al. (1999) als eine der Schlüsselgattungen ektomykorrhizierender Pilze dargestellt. Dieser Review enthielt Beiträge zur Morphologie, Phylogenie, Physiologie und Ökologie der Gattung. – Vier neue *Amanita*-Arten, *A. altipes*, *A. parvipantherina*, *A. orientifulva* und *A. liquii*, aus dem östlichen Himalaja und angrenzenden Gebieten, haben YANG et al. (2004) beschrieben und illustriert. – Die frühen Stadien der Ektomykorrhizierung von *Picea abies* durch *Amanita muscaria* haben KOTTKE & OBERWINKLER (1986b) in Reinkulturen untersucht. Sie studierten den Abbau der Wurzelhaubenzellen, die Kontakte der Hyphen zu lebenden Rindenzellen und ihr Einwachsen zwischen ihnen. In den fächerförmig aufgegliederten, nicht septierten, coenocytischen terminalen Hyphen des Hartigschen Netzes konnten zahlreiche Mitochondrien und ein in Richtung des Spitzenwachstums gestrecktes raues endoplasmatisches Reticulum (rER) nachgewiesen werden (KOTTKE & OBERWINKLER 1987). Dieser Bauplan erscheint für den Nährstofftransport optimiert. Er wurde mit Transferzellen verglichen. Die Bedeutung der Oberflächenvergrößerung des Interaktionsraumes zwischen Pilz- und Wurzelzellen durch das Hartigsche Netz wurde von KOTTKE & OBERWINKLER (1990a) diskutiert, die Entwicklung und die Differenzierungen bis zur Endodermis haben sie (1990b) vergleichend an *Picea abies* und *Larix decidua* studiert. – Auf Mykorrhizen von *Amanita muscaria* – *Picea abies* haben die CO₂-Konzentration und der Stickstoffeintrag einen nachweisbaren Effekt hinsichtlich der C- und N-Speicherung der Hyphen (TURNAU et al. 2001). – In-vitro-Synthesen von *Amanita muscaria*-Ektomykorrhizen waren sowohl mit Wildtypen als auch mit transgenen Pflanzen von *Populus tremula* x *P. tremuloides*, die Gene der Indolessigsäurebiosynthese aus *Agrobacterium tumefaciens* exprimieren, möglich (HAMPP et al. 1996). – Dasselbe experimentelle Modell wurde benutzt, um die Rolle von Aquaporinen bei der Mykorrhizierung zu studieren (MARJANOVIĆ et al. 2005). Vier von sieben im Pappelgenom nachweisbare Aquaporingene wurden hauptsächlich in Wurzeln exprimiert, für drei dieser Gene konnte eine im mykorrhizierten Zustand erhöhte Transkriprate nachgewiesen werden. Dies wurde als eine Verbesserung der Wasserleitungskapazität durch die Mykorrhizierung verstanden. Die Gene der relevanten Proteine der Plasmamembran (PIP2) wurden phylogenetisch interpretiert. Die Funktionsfähigkeit der häufigsten Aquaporine wurde durch Expression in Oocyten von Krallenfröschen (*Xenopus*) demonstriert. Der Ammonium Importer PttAMT1.2 und seine Rolle bei der Ektomykorrhizierung wurde von SELLE et al. (2005) am gleichen Versuchssystem studiert. Mykorrhizierte Pappelwurzeln zeigten eine erhöhte Ammoniumaufnahme, die durch den Symbiosepartner *A. muscaria* ermöglicht wird. Schließlich wurde durch WILLMANN et al. (2007) nachgewiesen, dass das Ammoniumimportergen AmAMT2 von *A. muscaria* vom endogenen Stickstoffgehalt der Hyphen reguliert wird. Ammonium wird als potentielle Stickstoffquelle angesehen, das in der Symbiose durch die Pilzhypen angeliefert wird.



Abb. 43: *Mycena stipata*, Tübingen, 8.10.2002. Der Alkalische Helmling bekam diesen Namen wegen seines auffälligen Geruchs. Der Pilz wächst büschelig und saprob auf Holz. Messbalken 1 cm. – Foto F. OBERWINKLER.

Mycenaceae, Helmlinge und Verwandte (Abb. 43)

Auf die übereinstimmenden zellulären Baupläne, die OBERWINKLER (1979) für *Dictyopanus* und *Panellus* nachgewiesen hatte, wurde bereits hingewiesen (vgl. Hygrophoraceae). Dieses Gattungspaar stellt ein Monophylum der Mycenaceae dar. – In seiner Dissertation hat REXER (1994) 21 Arten der Gattungen *Calypotella*, *Hemimycena*, *Hydropus* und *Mycena* s.l. lichtmikroskopisch untersucht. Die Gattung *Roridomyces* wurde von ihm mit den neuen Arten *R. roridus* und *R. appendiculatus* eingeführt.

Tricholomataceae, Ritterlinge und Verwandte (Abb. 44)

Die Morphologie von *Collybia tuberosa* (Braunknolliger Sklerotienrübling) hat OBERWINKLER (1979) mit derjenigen von *Typhula phacorrhiza* (Linsen-Fadenkeulchen) verglichen. Die Übereinstimmungen der Mikrostrukturen sind erstaunlich, aber nach molekularen Hypothesen sind die Sippen deutlich getrennt. – Den Entwicklungszyklus des Erregers der *Typhula*-Fäule der Wintergerste, *Typhula incarnata*, hat METZLER (1984) für seine Dissertation licht- und transmissionselektronenmikroskopisch sowie mit Kreuzungs- und Infektionsversuchen studiert. Weiterhin hat METZLER (1986) die Ultrastruktur der Sklerotienentwicklung sowie diejenige der Konidiogenese (METZLER 1988a) und die Funktion der Konidien von *T. incarnata* als Spermatien (METZLER 1988b) analysiert. – Aus der Sektion *Genuina* der Gattung *Tricholoma* hat KOST (1981) 18 Arten vergleichend morphologisch, anatomisch und feinstrukturell untersucht. – Mit einem umfassenden morphologischen Datensatz und ITS Sequenzvergleichen konnten COMMADINI et al. (2004) nachweisen, dass *Tricholoma sulphureum* und *T. bufonium* konspezifisch sind.



Abb. 44: *Tricholoma cingulatum*, Botanischer Garten Tübingen, 29.10.2004. Der Beringte Ritterling wächst gerne gesellig als Ektomykorrhizapilz bei Weiden. Messbalken 1 cm. – Foto F. OBERWINKLER.

Nidulariaceae, Nestpilze (Abb. 45)

Aus *Cyathus striatus* (Gestreifter Teuerling) haben ANKE et al. (1977) neue Antibiotika, die sie Striatine A, B und C nannten, isoliert und charakterisiert. Sie konnten als sehr wirksam gegen imperfekte Pilze, aber auch gegen Gram-positive und einige Gram-negative Bakterien getestet werden. – Mit Röntgenstrukturanalyse konnten HECHT et al. (1978) zeigen, dass Striatin A ein Cyathin-Skelett besitzt, das dreifach mit Pentose verknüpft ist.



Abb. 45: *Cyathus* sp., Kunming, 21.8.1995. Die Teuerlinge entwickeln in ihren Schüsselchen abgeflachte Körper, Peridiolen, die auf ihren Innenseiten von Hymenien ausgekleidet sind. Peridiolen sind Verbreitungseinheiten, die erst sekundär die Basidiosporen freigeben. Messbalken 1 cm. – Foto F. OBERWINKLER.

Agaricaceae, Champignon-Verwandtschaft (Abb. 46)

Auf *Verrucospora flavofusca* sind wir unter den Thelephorales eingegangen. Die Art clustert in molekularphylogenetischen Analysen mit *Lepiota cristata* (Stink-Schirmling) und *Coprinus comatus* (Schopf-Tintling), die zu den Agaricaceae gestellt werden.

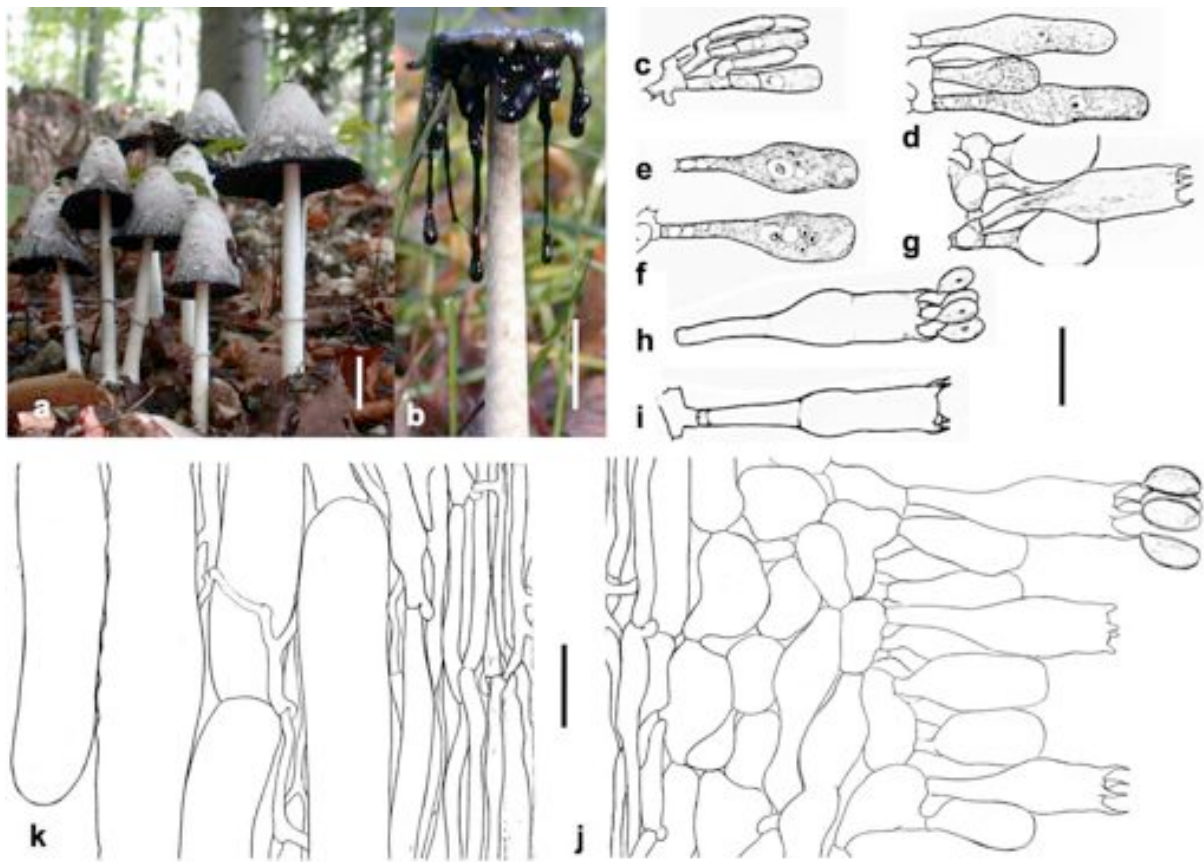


Abb. 46: Der Schopftintling, *Coprinus comatus*, Bad Reichenhall 14.10.2004. **a**: Gruppe alter Fruchtkörper, Messbalken 2 cm. **b**: Sehr alter Fruchtkörper mit sich selbst auflösendem, autolysierendem Hut und abtropfender Sporenmasse. Messbalken 2 cm. **c-h**: Kernverhalten während der Basidienentwicklung. Mikroskopie lebender Zellen in Wasserpräparaten, Messbalken 20 µm. **c**: Basidienanlagen in einem sehr jungen Hymenium. **d, e**: Junge Basidien mit diploiden Kernen. **f**: Meiotische Kernteilung vor der Sterigmenbildung. **g**: Basidie mit Sterigmen, Zellkerne nicht erkennbar. **h**: Basidie mit nahezu reifen Basidiosporen, jede Spore mit einem haploiden Kern. Das Cytoplasma der Basidie wurde weitgehend in die Sporen gepumpt. **i**: Alte, absporulierte Basidie. Cytoplasmareste sind in den Sterigmenspitzen hängen geblieben. **j**: Hymeniumsausschnitt zu Beginn der Sporulation mit unterschiedlich reifen Basidien. An den Basidiosporen sind terminale Keimporen erkennbar. Die Hyphenzellen des Subhymeniums sind stark aufgeblasen. **k**: Ausschnitt aus der Hutoberseite mit darunter liegenden Hyphen. – Fotos und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Hydnangiaceae, Heidetrüffel, Lacktrichterlinge und Verwandte (Abb. 47)

Experimentell konnten MÜNZENBERGER et al. (1990) zeigen, dass mehrere Phenolverbindungen und Ferulasäure in *Picea abies*-Ektomykorrhizen mit den Mykobionten *Laccaria amethystea* und *Lactarius deterrimus* gebildet werden, nicht aber von den Pilzen selbst. Die regulatorischen Effekte bei der Pilz-Pflanzen-Interaktion konnten in diesem Zusammenhang nicht näher untersucht werden. – Anatomie und Ultrastruktur der arbutoiden Mykorrhiza von *Arbutus unedo* und *Laccaria amethystea* in axenischer Kultur wurden von MÜNZENBERGER et al. (1992) studiert. Sie fanden, dass Rhizodermiszellen und ihre Zellorganelle in mykorrhizierten Wurzeln vergrößert sind. – Die strukturellen Besonderheiten von Ektomykorrhizen haben KOTTKE et al. (1997) hinsichtlich ihrer funktionellen Bedeutungen diskutiert. Dabei wurden auch die *Laccaria amethystea*-Mykorrhizierungen mit *Picea abies* und *Arbutus unedo* berücksichtigt.

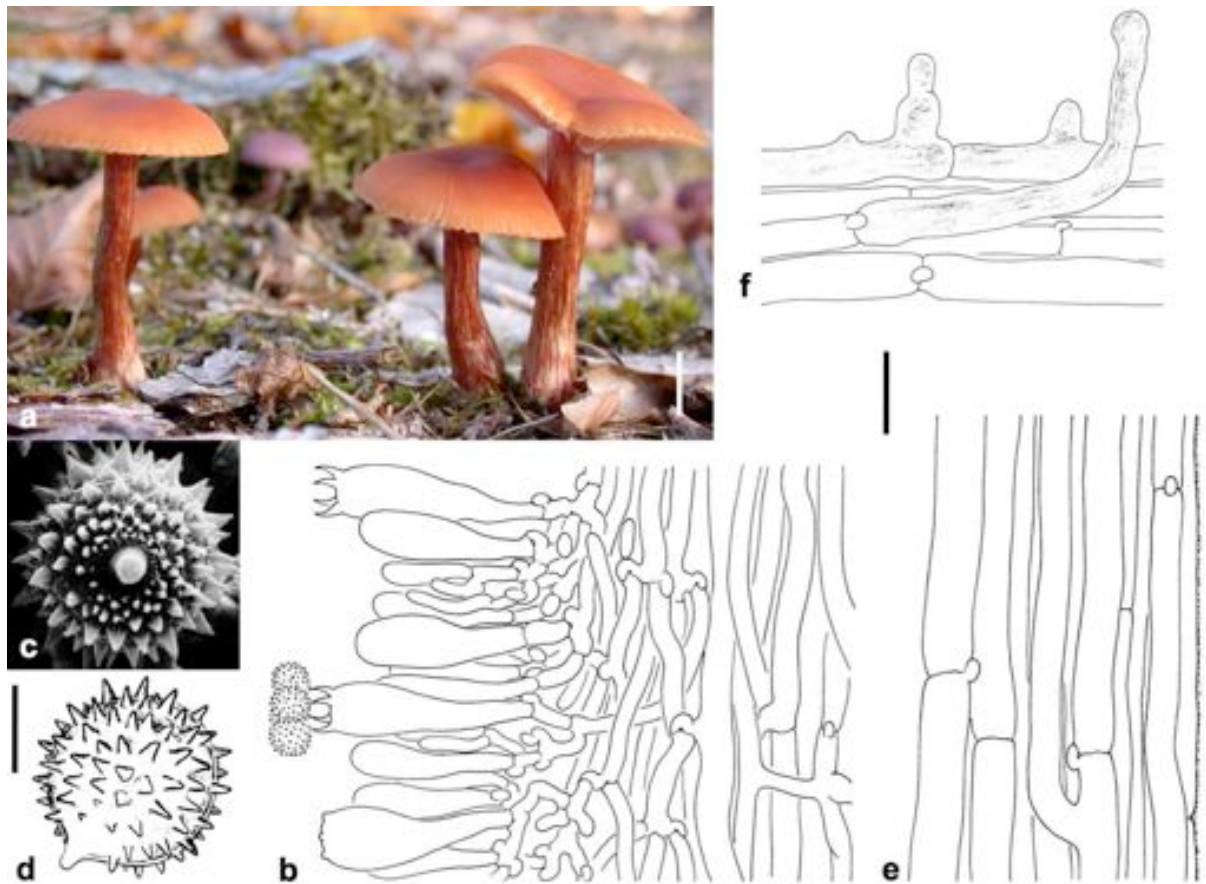


Abb. 47 Lacktrichterlinge sind wichtige und weit verbreitete Ektomykorrhizapilze. **a:** Rötlicher Lacktrichterling, *Laccaria laccata*, im Hintergrund der Violette Lacktrichterling, *L. amethystea*, Oberjoch, 8.10.2002, Messbalken 1 cm. Die Lacktrichterlinge haben dicke und weit voneinander entfernte Lamellen, die an Schnecklinge erinnern. **b:** Teil eines Längsschnittes einer Lamelle von ihrer Mitte bis zum Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien. Messbalken 20 µm. **c-d:** Basidiosporen sind nicht pigmentiert aber charakteristisch stachelig ornamentiert. Messbalken 5 µm. **e:** Teil eines Stiellängsschnittes, Außenseite rechts. **f:** Radiär verlaufende Hyphen der Hutoberfläche mit plasmatisch pigmentierten Zellen. **b, e, f** Messbalken 20 µm. – Fotos und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Die in nicht mykorrhizierten Feinwurzelsellwänden von *Larix decidua* von MÜNZENBERGER et al. (1995) durch HPLC identifizierte, löslichen Phenole, p-Hydroxybenzoylglucose, p-Hydroxybenzoesäure, Picein, Catechin und Epicatechin konnten in Ektomykorrhizen von *L. amethystea* (Amethystfarbener Lacktrichterling) – *Larix decidua* nur in geringen Quantitäten und in Reinkulturen des Mycels von *L. amethystea* überhaupt nicht nachgewiesen werden. Es wurde geschlossen, dass der Pilzpartner die Phenolbildung in den Wurzelzellen hemmt und dadurch eine zügige Mykorrhizierung erreicht. – Aluminium in Polyphosphaten von *L. amethystea* haben KOTTKE & MARTIN (1994) und in *L. bicolor* (Zweifarbiger Lacktrichterling) MARTIN et al. (1994) mit Elektronenenergieverlust-Spektroskopie nachgewiesen. – An in vitro mit *L. amethystea* mykorrhizierten Fichtensämlingen hat LEONTOVYCOVA (1996) im Rahmen ihrer Dissertation die Lokalisation der Kationenaufnahme durch Elektronenenergieverlust-Analyse in Abhängigkeit von der Wasser- und Sauerstoffverfügbarkeit unterschiedlich aggregierter Böden analysiert (KOTTKE & LEONTOVYCOVA 1996). Die Anheftung von *L. amethystea* Hyphen an *Picea abies* Wurzeln und die Durchdringung der Cuticula wurde von KOTTKE (1997) dargestellt. – Die Funktion der Genfamilie der Zuckertransporter in *L. bicolor*-Ektomykorrhizen wurde von FAJARDO LÓPEZ et al. (2008) untersucht.



Abb. 48: Strohgelber Klumpfuß, *Cortinarius elegantior*, Oberjoch, 29.9.2003, Messbalken 1 cm. Typisch für Schleierlinge sind die fädigen Velumhyphen, die junge Fruchtkörper einhüllen. Oft bleiben die bräunlich gefärbten Basidiosporen an den Velumresten hängen, die den Fruchtkörperstiel ringartig umgeben. Der Strohgelbe Klumpfuß ist besonders in Bergnadelwäldern verbreitet, die über Kalk- und Dolomitgesteinen stocken. – Foto F. OBERWINKLER.

Cortinariaceae, Schleierlinge und Verwandte (Abb. 48)

Die Hauptgattung der Cortinariaceae ist der Schleierling, *Cortinarius*. Alle untersuchten Arten der mehr als 2000 Species umfassenden Gattung sind Ektomykorrhiza-bildende Lamellenpilze und nächst verwandte secotioide Taxa, also Bauchpilze. Schleierlinge verdanken ihren Namen dem schleierartigem Velum (Cortina), das sich mit dem Wachstum des Fruchtkörpers in haarförmige Fasern auflöst.

Aus *Nothofagus*-Wäldern Südchiles haben GARNICA et al. (2002) vier neue *Cortinarius*-Arten beschrieben. *Cortinarius aurantiorufus* und *C. punctatisporus* gehören zur Untergattung *Phlegmacium*, *C. parahumilis* und *C. rubrivelatus* zu Subgenus *Telamonina*. – In einer Kombination von makro- und mikromorphologischen sowie pigmentchemischen Merkmalen und Sequenzen der nukleären rDNA sowie ökologischer Parameter haben GARNICA et al. (2003b) 54 europäische Cortinarien der Untergattung *Phlegmacium* untersucht. Die Sektionen *Fulvi* und *Calochroi* stellen Schwestergruppen dar und sind von den übrigen Taxa deutlich getrennt. Ihre Arten bevorzugen basische Substrate, während diejenigen der anderen untersuchten Taxa acidophil sind. Auch die Sektionen *Glaucopodes* und *Caerulescentes* stehen sich phylogenetisch nahe. – In einem ebenfalls methodisch integrativen Ansatz haben GARNICA et al. (2003a) 30 südamerikanische *Cortinarius*-Arten der Untergattungen *Telamonina*, *Dermocybe*, *Myxacium*, *Phlegmacium* und *Cystogenes* bearbeitet. *Telamonina*, zwei *Dermocybe*- und zwei *Phlegmacium*-Gruppen konnten als jeweils enger verwandte Taxa identifiziert werden. – Eine auf 262 Arten erweiterte Analyse (GARNICA et al. 2005), in der die meisten Untergattungen

repräsentiert waren, ermöglichte es, eine phylogenetisch begründete Systematik der Riesengattung *Cortinarius* vorzuschlagen, die erheblich von der bisherigen Klassifikation abwich. Es wurden acht Verwandtschaftsgruppen unterschieden, die als Grundlage für weitergehende phylogenetische Analysen zu verstehen sind. So wurden nahezu alle europäischen, nord- und mittelamerikanischen Arten der Sektion *Calochroi* von GARNICA et al. (2009) unter Verwendung von ITS-, 5.8S-, D1/D2- und RPB1-Sequenzen analysiert. Die Autoren konnten zeigen, dass die *Calochroi*-Arten nur in der Nordhemisphäre vorkommen und dass sie erstaunliche Bindungen an ihre Wirtsbäume haben, die sogar zu Arealen über Kontinentgrenzen hinweg führten. – Neue *Cortinarius*-Arten aus Costa Rica, die mit *Quercus* und *Comarostaphylis* vergesellschaftet sind, wurden von AMMIRATI et al. (2007) beschrieben. – Schließlich haben GARNICA et al. (2011) vier *Calochroi*-Species mit transozeanisch disjunkten Arealen untersucht. Es zeigte sich, dass *Cortinarius arcuatorum* in der neuen Welt in sympatrische Populationen evolvierte. Dagegen haben zwei sich auseinander entwickelnde *C. elegantior*-Verwandtschaften alt- und neuweltliche Haplotypen hervorgebracht. Die niedrigen Raten genetischer Divergenzen bei *C. aureofulvus* und *C. napus* werden durch jüngere demographische Populationsausweitungen erklärt. Obwohl anzunehmen ist, dass die Ausbreitungsgeschichte der Baumarten von entscheidender Bedeutung für die Arealbildung der Pilze war, können die komplexen Komigrationsvorgänge derzeit nicht verstanden werden.

Crepidotaceae, Stummelfüßchen und Verwandte

Ein winziger, gestielt-kopfiger Basidiomycet wurde von OBERWINKLER & PETERSEN (in OBERWINKLER et al. 1990e) aus der Umgebung der Highlands Station in North Carolina als *Nanstelocephala physalacrioides* beschrieben. Die mikromorphologischen Merkmale und die feinstrukturellen Differenzierungen der Sporenwand wurden als sehr ähnlich derjenigen von Crepidotaceen angesehen. Es gibt bis jetzt keine molekulare Analyse der Art.

Bolbitiaceae, Mistpilze und Verwandte

Arten der Gattungen *Bolbitius* (Mistpilze) und *Conocybe* (Samthäubchen) haben gewundene konidiogene Hyphen (WALTHER & WEIB 2006). Sie bilden auch molekularphylogenetisch ein Monophylum. *Agrocybe* (Ackerlings)-Arten unterscheiden sich davon morphologisch und molekular. Entsprechend wurden die Bolbitiaceae emendiert.

Strophariaceae, Träuschlinge und Verwandte (Abb. 49)

Die Konidiogenesen von 21 Arten der Gattungen *Hypholoma* (Schwefelköpfe), *Kuehneromyces* (Stockschwämmchen), *Pholiota* (Schüpplinge), *Psilocybe* (Kahlköpfe) und *Stropharia* (Träuschlinge) wurden von WALTHER & WEIB (2008) lichtmikroskopisch vergleichend untersucht. Nach mikromorphologischen Merkmalen konidiogener Hyphen und den Kernzahlen der Konidien ließen sich zwei Gruppen unterscheiden.

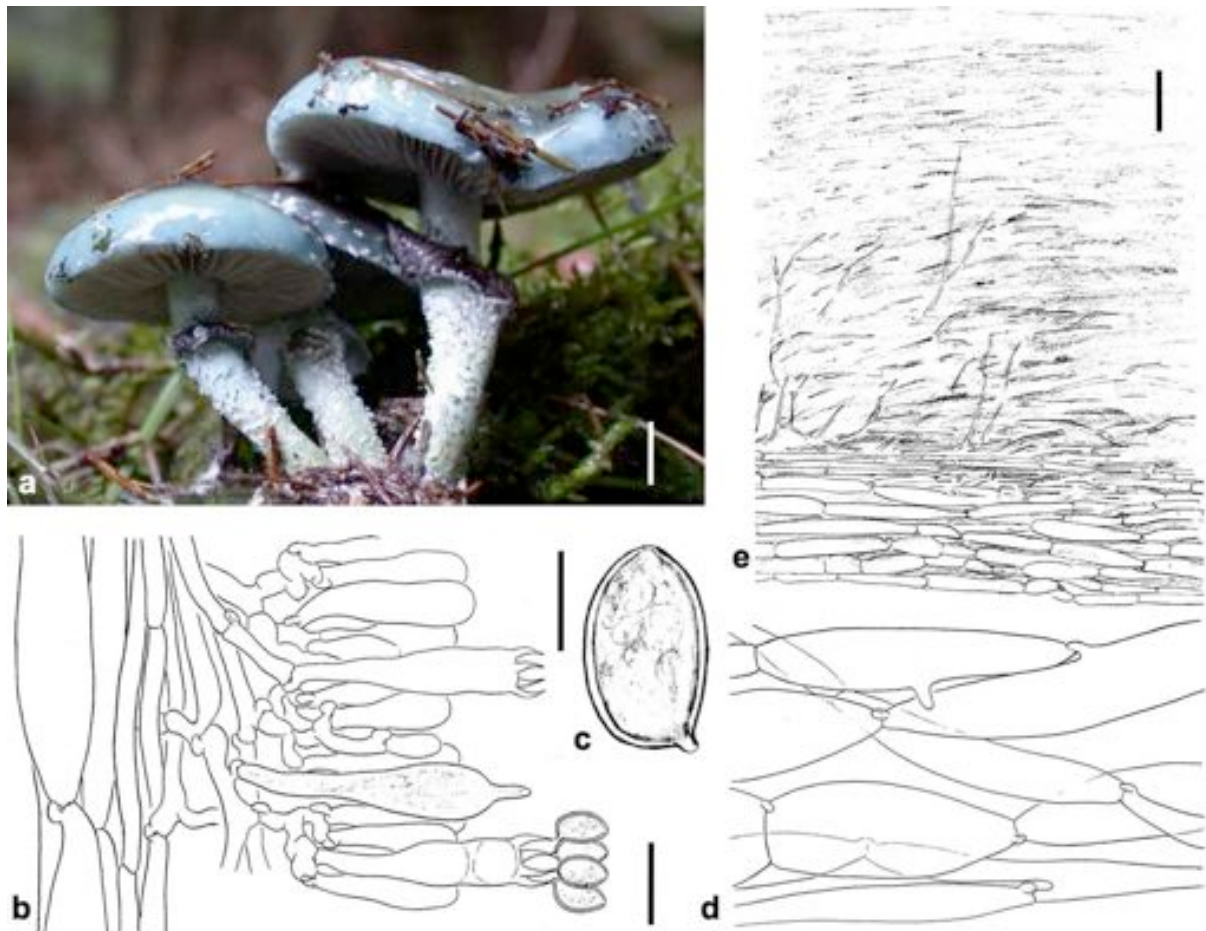


Abb. 49 **a:** Der saprob lebende Grünspan-Träuschling, *Stropharia aeruginosa*, ist an seiner unverwechselbar blaugrünen, im Alter vergilbenden Farbe sowie dem schuppigen Stiel und Ring leicht zu erkennen. Er liebt saure Böden, bevorzugt daher Nadelwälder und ältere Holzreste. Wertach, 30.9.2003, Messbalken 1 cm. **b:** Teil eines Längsschnittes einer Lamelle mit zentralen Hyphen, Subhymenium und Hymenium mit unterschiedlich reifen Basidien und einer Cystide. Messbalken 20 μm . **c:** Dickwandige Basidiospore mit terminalem Keimporus, Messbalken 5 μm . **d:** Hyphen aus dem Hutfleisch. Messbalken 20 μm . **e:** Hyphen der Hutoberseite, die nach außen allmählich verschleimen. Messbalken 50 μm . – Foto und Zeichnungen F. OBERWINKLER.

Basidiomyceten-Gattungen incertae sedis

Wir haben mehrere Gattungen bearbeitet, die nach heutiger Kenntnis nicht eindeutig höheren Taxa zugeordnet werden können. Darunter befinden sich die pleurobasidialen *Xenasma* und *Xenosperma* sowie *Paullicorticium* (OBERWINKLER 1965). Auch die systematische Stellung von *Amauromyces farinaceus* ist ungeklärt (CHEN & OBERWINKLER 2004).

Einen neuen, schnallenträgenden Hyphomyceten, *Cruciger lignatilis*, auf morschem, am Boden liegenden Holz, fanden KIRSCHNER & OBERWINKLER (1999a) im Schönbuch bei Tübingen. Nach den kreuzförmigen Konidien wurde die Gattung *Cruciger* benannt.

Ektomykorrhizen mit Basidiomyceten (Abb. 50)

Zu Beginn unserer Untersuchungen an Ektomykorrhizen war die Identifikation der Pilzpartner äußerst schwierig, in vielen Fällen sogar unmöglich. Trotzdem ließen sich die Mykorrhizen morphologisch gut charakterisieren. AGERER, der Erstbeteiligte an den Tübinger Mykorrhizaforschungen, führte später eine binäre Nomenklatur für die Ektomykorrhizen ein, die auch die Baumarten erfassen. – Sozio-ökologische Studien an Pilzen von Fichten- und Eichen-Buchen-Hainbuchen-Wäldern im Naturpark Schönbuch haben AGERER & KOTTKE (1981) durchgeführt. Sie haben versucht, die Fruchtkörper-Biomassen als relative Produktivitäten unterschiedlicher Standorte zu erfassen. – Die Bedeutung der Ektomykorrhiza in älteren Laub- und

Nadelwaldbeständen des südwestdeutschen Keuperberglandes haben KOTTKE & AGERER (1981, 1983) diskutiert. Die Wurzelentwicklung und das Wachstum der Fichte auf unterschiedlichen Böden und künstlichen Substraten hat KOTTKE (1986b) dargestellt. Eine Quantifizierung des Pilzmyzels im Waldboden haben KUNZWEILER & KOTTKE (1986) vorgenommen.

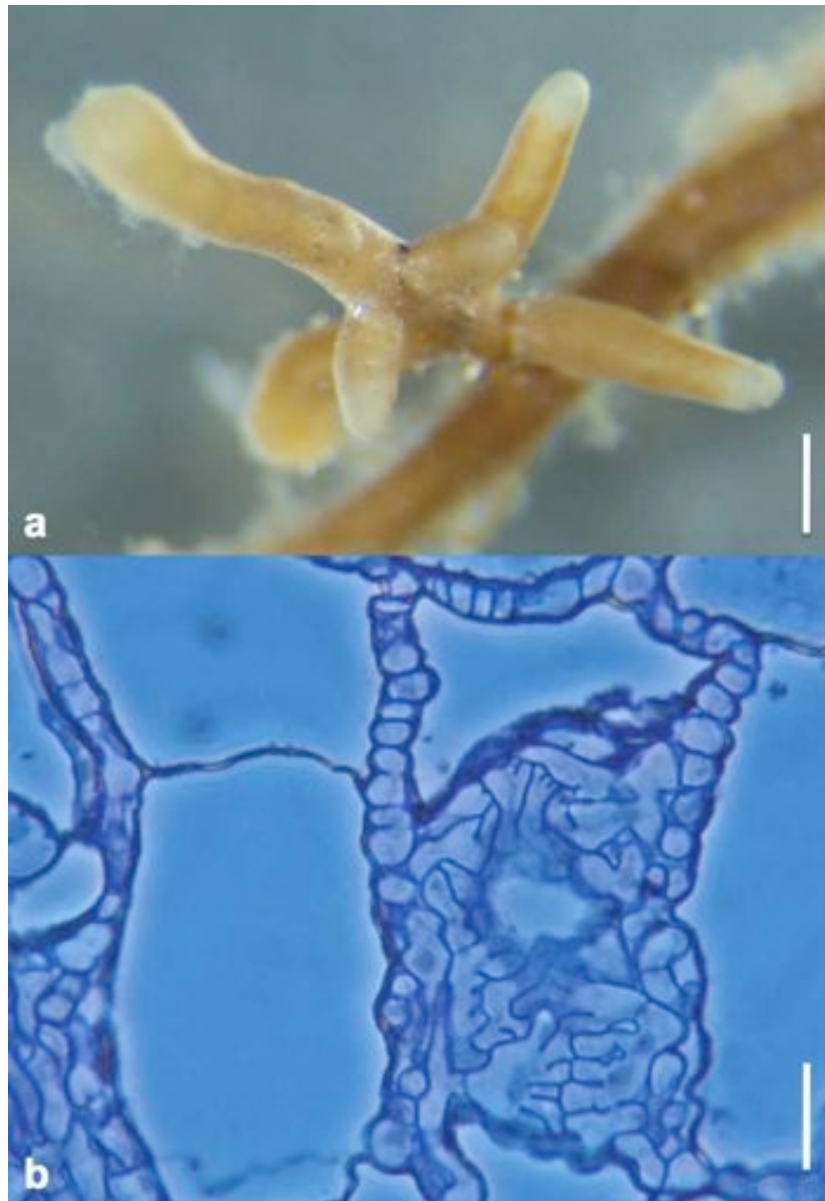


Abb. 50: Ektomykorrhiza des Fichtenreizkers, *Lactarius deterrimus* an Fichtenwurzeln, *Picea abies*. **a:** Fichtenfeinstwurzeln vom Fichten-Reizker ummantelt. Messbalken 1 mm. **b:** Schnitt durch den Wurzelrindenbereich mit Hyphen, die das Hartigsche Netz bilden. An der tangentialen Schnittstelle sind die fingerförmig aufgeästelten Hyphen deutlich zu erkennen. Messbalken 5 µm. – Fotos B. MÜNZENBERGER.

Morphologie und Funktion der Ektomykorrhizen von Waldbäumen haben KOTTKE & OBERWINKLER (1986a) in einem Reviewartikel dargestellt. – Differenzierungen in Wurzelspitzen, Meristemen und Mykorrhizen von Feinstwurzeln gesunder und kranker Fichten wurden von KOTTKE et al. (1986) vergleichend untersucht. – HAUG et al. (1986) und HAUG (1987) haben 25 Mykorrhizaformen der Fichte aus dem Schwarzwald makroskopisch, lichtmikroskopisch und ultrastrukturell charakterisiert. Die Dominanz der Basidiomyceten konnte belegt werden. In 0-30 cm Bodentiefe fand sich die größte Mykorrhizaformenvielfalt. Die Strukturen des Hartigschen Netzes wurden in dieser Arbeit intensiv untersucht. Zehn nach morphologischen

und feinstrukturellen Merkmalen gut unterscheidbare *Picea abies*-Ektomykorrhizen haben HAUG & OBERWINKLER (1987) dargestellt und geschlüsselt. Unter ihnen konnten erstmals zwei gefunden werden, deren Doliporen kontinuierliche Parenthesome besaßen, sodass sie nach damaliger Systematik den Heterobasidiomyceten zuzuordnen waren. – Künstlich gezo-gene Mykorrhizen hat KOTTKE (1986a) mit Formen vom Naturstandort verglichen und dabei auch die „safrangelbe Mykorrhiza“ behandelt. Für *Larix decidua*, *Picea abies* und *Pinus syl-vestris* haben KOTTKE et al. (1987) eine Methode zur in-vitro-Mykorrhizierung unter sterilen Bedingungen in Petrischalenkulturen mit *Amanita muscaria* (Fliegenpilz), *Piloderma cro-ceum*, *Pisolithus ahrius* (*P. tinctorius*, Erbsenstreuling) und *Suillus grevillei* (Goldröhrling) beschrieben. – An *Pinus sylvestris* wurde die in-vitro-Mykorrhizierung in Abhängigkeit von pH-Werten experimentell durch METZLER & OBERWINKLER (1987) ermittelt und deren Bioin-dikation dargestellt (METZLER & OBERWINKLER 1989). – Über intrazelluläre pilzliche Infek-tionen an Ektomykorrhizen geschädigter Fichten haben HAUG et al. (1988) berichtet. Die in-terzelluläre Besiedelung der meristematischen Region von Fichtenwurzeln durch den Mykor-rhizapilz der ‚Piceirhiza gelatinosa‘ hat HAUG (1989a) untersucht. – Die Anatomie von Feinstwurzelsystemen und ihrer Mykorrhizen nach Trockenstreß und Düngemaßnahmen ha-ben KOTTKE & OBERWINKLER (1988b) analysiert. – Für seine Dissertation hat BLASIUS (1989) die zellulären Strukturen und die Dynamik von Ektomykorrhizen der Fichte studiert. Aus die-sen Untersuchungen resultierten mehrere einschlägige Publikationen (BLASIUS et al. 1986, 1989, BLASIUS & OBERWINKLER 1989). – Bei diesen Studien wurden auch Bewertungen der Güte von Fichtenwurzeln in geschädigten Beständen durchgeführt (BLASIUS et al. 1985). – Von FEIL et al. (1988) und FEIL (1989) wurden die Reaktionen der Mykorrhizen von *Picea abies* auf natürlichen und experimentellen Trockenstress untersucht. Die Freilandstudien wur-den im Ulmer Universitätswald durchgeführt, für die Gewächshausexperimente wurden Ori-ginalböden verwendet. Durch Trockenperioden kann die Seitenwurzelbildung erhöht werden und selbst nach extremer Trockenheit sind Mykorrhizen zu erneutem Wachstum befähigt. Allerdings führt die Schädigung von Meristemen zum Absterben der Mykorrhizen. – Um die Vitalität der Mykorrhizen unterschiedlich geschädigter Koniferenbestände mit Fichte und Tanne im Schwarzwald zu bestimmen, haben RITTER et al. (1986, 1989a,b) und RITTER (1990) fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen mit FDA-Vitalfluorochromierung durch-geführt. Die Mykorrhizaentwicklung in solchen Wäldern haben RITTER et al. (1989c) in ei-nem Übersichtsartikel besprochen. – Tuberkeln von Ektomykorrhizen der taiwanesischen Fa-gaceen *Castanopsis borneensis* und der Juglandacee *Engelhardtia roxburghiana* wurden von HAUG et al. (1991) untersucht. In diesen Anschwellungen wurden Hyphen in abgestorbenen Pflanzengeweben gefunden, die bis zu den Gefäßbündeln vorgedrungen waren. – Die Mög-lichkeiten der subzellulären Elementlokalisation in Mykorrhizen mit Hilfe der Elektronen-energieverlust-Spektroskopie hat KOTTKE (1991) dargestellt. – Den Einfluss der Düngung mit Kalksalpeter und Silvital auf ektomykorrhizierende Arten der Cantharellales, Russulales, Bo-letales und Agaricales in den Versuchsflächen Pfalzgrafenweiler und Hirschkopf der Forstli-chen Versuchsanstalt Baden-Württemberg im Schwarzwald hat C. MÜLLER (1991) in seiner Dissertation untersucht. Umgekehrt wurde auch die gesteigerte Stickstoffversorgung der Waldböden bei Zersetzung der Pilzfruchtkörper kalkuliert. – Morphologie, mikroskopische und ultrastrukturelle Merkmale der Fichten-Ektomykorrhizen im Schwarzwald haben HAUG & PRITSCH (1992) in einem Atlas zusammengestellt. – Über die Auswirkungen von Düngung auf Feinwurzeln und Mykorrhizen im Kulturversuch und im Freiland haben HAUG et al. (1992) in einer umfangreichen Dokumentation berichtet. Aufnahme und Filterung von Katio-nen durch Ektomykorrhizen hat KOTTKE (1992) dargestellt. KOTTKE & OBERWINKLER (1992) haben die Vitalität vom Baummykorrhizen auf sauren Böden untersucht. – Anwendungsmög-lichkeiten und Grenzen der Elektronenenergieverlust-Spektroskopie (EELS) zur Lokalisation und Identifikation von Elementen in Mykorrhizen hat KOTTKE (1994) dargestellt. – Der Hyphenmantel von Ektomykorrhizen als Ort des Transportes und der Speicherung gelöster

Stoffe wurde von KOTTKE et al. (1995b) beschrieben. – Die Ektomykorrhizen von *Rhizopogon roseolus* an *Pinus sylvestris* von Galmei-Abraumhalden wurden von TURNAU et al. (1996) mittels EELS auf potentiell toxische Elemente untersucht. Ergänzend wurden cytochemische Tests durchgeführt. Eine Anreicherung von Cd und Al wurde im Hyphenmantel gefunden. Entlang des Hartigschen Netzes nahmen die Elementkonzentrationen zum Wurzelinneren hin ab. Dies wurde als Filtereffekt gedeutet. – Den Einfluss von Elicitoren, Hormonen, Lectinen und Nährstoffgradienten auf die benötigten Signale zur Bildung und zum Erhalt der Ektomykorrhiza haben SALZER et al. (1997) untersucht. – Die Stickstoffdeposition in den Mykorrhizen der Fichte im Schwarzwald wurde von BECKMANN et al. (1998) analysiert. Dies war ein Beitrag in einem Verbundprojekt, das die Auswirkungen von atmosphärischen Einträgen auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Fichtenwäldern untersuchte. – Strukturen und Wirkungsgefüge von Ektomykorrhizen wurden von KOTTKE (1999, 2004) dargestellt. – Den Nachweis der Einwirkungen von Schwermetallen auf Mykorrhizen haben TURNAU & KOTTKE (2005) beschrieben. – Die Ektomykorrhizagesellschaften von *Salix*-Arten auf früheren Erzabbaustandorten haben HRYNKIEWICZ et al. (2008) untersucht.

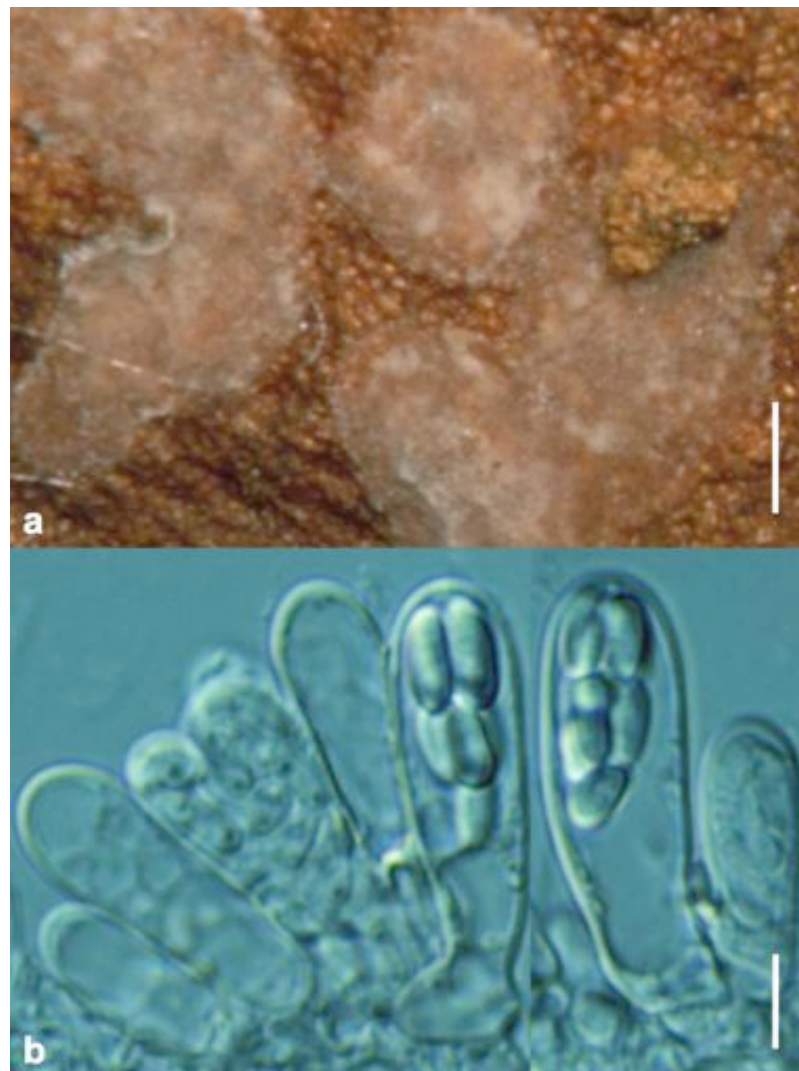


Abb. 51 **a:** Der Schlauchpilz *Ascocorticium anomalum* als dünne, transparente Fruchtschicht auf der Innenseite einer Waldkiefernborke, *Pinus sylvestris*. Tübingen, 29.10.1984, Messbalken 0,5 cm. **b:** Schnitt durch den gesamten Fruchtkörper. Der Pilz besteht nur aus der Ascusschicht und einem sehr dünnen Subhymenium, das der Kiefernborke aufsitzt. Da die beiden Schnitte in Wasserpräparaten lagen, sind die zytoplasmatischen Strukturen in den Asci wie im Lebendzustand erhalten. Die Asci sind unterschiedlich alt. Messbalken 5 µm. – Fotos F. OBERWINKLER.

Ascomycota, Schlauchpilze und ihre asexuellen Stadien (Abb. 51)

Saprobe Arten

Beim Sammeln unscheinbar corticioider Pilze ist OBERWINKLER auf der Innenseite alter Borke von *Pinus sylvestris* schon 1962 auf *Ascocorticium anomalum* gestoßen. Da die Art damals als selten galt und sogar vermutet wurde, dass sie ein Bindeglied zwischen Asco- und Basidiomyceten darstellen könnte, erschien uns (OBERWINKLER et al. 1967) eine genaue mikromorphologische Analyse angezeigt. Diese wurde durch erfolgreiche Kultivierungsversuche ergänzt. Wir haben *Ascocorticium* zu den Helotiales gestellt. Eine Verbindung zu Basidiomyceten konnte ausgeschlossen werden. – Aufsammlungen saprober Hyphomyceten zwischen 1998-2000 aus der Umgebung von Taipei und den Hochgebirgslagen erbrachten zehn Neunachweise von Deuteromyceten für Taiwan (KIRSCHNER et al. 2001c): *Actinocladium rhodospurum*, *Chromelosporium ochraceum*, *Conoplea novae-zelandiae*, *Dictyochaeta subfuscispora*, *Exochalara longissima*, *Gyrothrix pediculata*, *Hyalosynnema multiseptatum*, *Kumanasamuha sundara*, *Spadicoides obovata* und *Stachycoremium parvulum*.

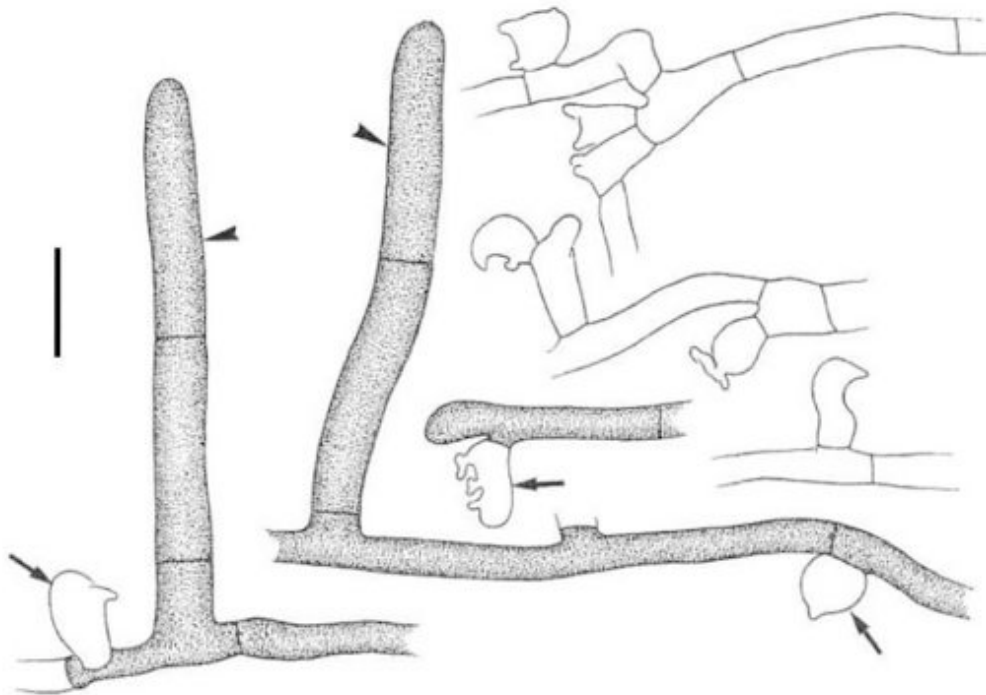


Abb. 52: Der Mykoparasit *Diplococcium clavariarum*, aus KIRSCHNER & OBERWINKLER (2001). Pfeile verweisen auf Appressorien, Pfeilköpfe auf Konidienträger. Messbalken 10 µm, Zeichnung R. KIRSCHNER.

Mykoparasiten (Abb. 52)

Den Mykoparasitismus von drei *Diplococcium*-Arten haben KIRSCHNER & OBERWINKLER (2001) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch studiert. *Diplococcium clarkii* und *D. clavariarum*, die Basidiomyceten parasitieren, haben Appressorien, die Fortsätze in die Wirtszellwände ausbilden. Darauf reagiert der Wirt mit sekundären Zellwandauflagerungen. Hyphen von *Diplococcium parvum* wurden vermutlich von *Tulasnella*-Hyphen umwunden und von *Diplococcium* parasitiert. Diese Interaktion konnte jedoch nicht in Reinkultur studiert werden.

Pflanzenparasiten

In einer vergleichenden Sequenzanalyse von Teilbereichen der 18S und 28S ribosomalen RNAs bei niederen Eukaryonten hat UNSELD (1988) in seiner Dissertation auch *Taphrina deformans* und *T. vestergrenii* berücksichtigt. Er konnte zeigen, dass sich die verwendeten Teilsequenzen für eine Interpretation der Phylogenie der untersuchten Taphrinen und folgender Taxa eignen: *Schizosaccharomyces pombe*, *Septobasidium carestianum*, *Gymnosporangi-*

um *clavariiforme*, *Rhodosporidium toruloides*, *Ustilago hordei*, *Exobasidium vaccinii* und *Lycoperdon pyriforme*. Bemerkenswert war, dass sich anhand dieser Sequenzen die Rotalge *Porphyridium cruentum* nicht von der Grünalge *Chlorella vulgaris* und dem Reis, *Oryza sativa*, abgrenzen ließ. – Licht- und transmissionselektronenmikroskopisch konnten NAGLER et al. (1989) nachweisen, dass in den Sporen und Keimhyphen von *Schroeteria delastrina* und *S. poeltii* keine Karyogamie und keine Meiose erfolgen. Ferner konnten sie zeigen, dass an den Septenporen Woroninkörper vorhanden sind und dass die Spindelpolkörper vom Ascomycetenbauplan sind. Damit musste *Schroeteria* von den Basidiomyceten zu den Ascomyceten transferiert werden. – Die in Taiwan auf einer Süßgrasart der Gattung *Microstegium* vorkommende, phytopathogene *Ovularia pollinae* haben KIRSCHNER et al. (2002) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. Merkmale der Wirtsinteraktion, der Ontogenie und der Konidien wurden mit denjenigen von *Beniowskia sphaeroidea*, *Ramularia* und *Ramulariopsis* verglichen. Für den Grasparasiten haben die Autoren die neue Gattung *Pleurovularia* vorgeschlagen. – Die höchst komplizierte, zelluläre Interaktion zwischen dem Blattparasiten *Cymadothea trifolii* und *Trifolium repens* wurde von SIMON et al. (2004) transmissionselektronenmikroskopisch analysiert. Zur Fixierung wurden die Proben hochdruckgefroren und gefriersubstituiert. Dies ergab eine optimale Erhaltung subzellulärer Strukturen. Der in den Pilzzellen aufgebaute Interaktionsapparat besteht aus langgestreckten, miteinander vernetzten Zisternen, die insgesamt von einer Membran eingehüllt werden, die mit der Zytoplasmamembran verbunden ist. Dieser Struktur gegenüber liegt eine Kleezelle, deren Plasmalemma invaginiert, sodass eine Blase entsteht. Diese Blase ist mit dem pilzlichen Interaktionsapparat tubulär verbunden, wodurch eine Verbindung zwischen Pilz- und Pflanzenzelle entsteht, die haustoriale Eigenschaften besitzt und einen Nährstofftransport ermöglicht. Immunocytochemisch konnte in der Tubuswand Cellulose und Xyloglucan nachgewiesen werden, dagegen nicht Rhamnogalacturonan I und Homogalacturonane (SIMON et al. 2005a). Im Interaktionsapparat waren Chitin, β -1,3-Glucane und eine pilzliche Polygalacturonase nachweisbar. Es wurde angenommen, dass der Kleeparasit in der Wirtszellwand lokal Pektine abbaut, jedoch nicht Cellulose und Xyloglucan. Anhand elektronenmikroskopischer Befunde konnte der vegetative Entwicklungsgang inklusive der Konidiogenese von *Cymadothea trifolii* rekonstruiert werden (SIMON et al. 2005b). – In Yunnan fanden HOU et al. (2004) einen rhytismatalen Pilz auf *Rhododendron lutescens*, den sie als neue Art und neue Gattung, *Nematococcomyces rhododendri*, vorschlugen. Die Fruchtkörper erinnern an *Coccomyces*, dagegen haben die elliptischen Sporen fädige, hyaline Anhängsel. Die Gattung wurde auch gegenüber *Hypoderma*, *Hypodermella*, *Myriophacidium*, *Ploioderma*, *Neococcomyces* und *Therrya* abgegrenzt. – Die intragenomische Variation pilzlicher ribosomaler Gene wurde von SIMON & WEIB (2008) an den vier Ascomyceten *Davidiella tassiana*, *Mycosphaerella punctiformis*, *Phoma exigua* und *Teratosphaeria microspora* untersucht. Sie fanden einen unerwartet hohen Nucleotidpolymorphismus, der daraufhin deutet, dass auch an diesen Loci nicht nur konzentrierte Evolution abläuft. – Die zelluläre Interaktion der necrotrophen *Mycosphaerella podagrariae* auf ihrem Wirt *Aegopodium podagraria* wurde von SIMON et al. (2009) ultrastrukturell untersucht. Am Interaktionsort fanden sich elektronendichte Auflagerungen auf die Zellwände des Wirtes und des Parasiten. Herkunft, Bestandteile und Funktion der Verdickungssubstanz blieben unklar. Molekularphylogenetisch konnte bestätigt werden, dass der Parasit zur Gattung *Mycosphaerella* gehört.

Humanpathogene Arten

Sequenzdaten der kleinen Untereinheit der ribosomalen DNA zeigten, dass *Paracoccidioides brasiliensis* nahe mit *Blastomyces dermatitidis* verwandt ist (BIALEK et al. 2000). Die Fortschritte bei molekularen Diagnosen von *B. dermatitidis* und *Coccidioides* spp., den Erregern der Blastomycose und Coccidiomycose wurden von BIALEK et al. (2005) referiert.

Borkenkäferpilze

Da die Borkenkäfer Holz nicht verwerten können, sind sie auf Pilze angewiesen, die in den Bohrgängen mit ihnen zusammenleben. Zu diesen Pilzen gehört die bisher übersehene Art *Ophiostoma neglectum* die von KIRSCHNER & OBERWINKLER (1999b) isoliert, beschrieben und illustriert wurde. Die Art besitzt unseptierte, pigmentierte und konvergent ausgerichtete Ostiolarhyphen, eingehüllte, hutförmige Sporen und eine *Hyalorhinocladiella*-Nebenfruchtform. – Aus der Pfalz haben GEBHARDT et al. (2002) von dem Ambrosiakäfer *Xyleborus dryographus* die bis dahin unbekannte Art *Ophiostoma verrucosum* nachgewiesen. Sie zeichnet sich durch dick beschichtete Ascosporen und basal ornamentierte Perithezien aus. Die scolytiden Ambrosiakäfer *Xyleborus monographus* und *X. dryographus* besitzen orale Mycetangien, in denen Ambrosiapilze leben. Diese wurden von GEBHARDT et al. (2004) untersucht. Als dominant konnten sie *Raffaelea montetyi* nachweisen, eine Art, die bis dahin als nur mit *Platypus cylindrus* vergesellschaftet bekannt war. Der Pilz konnte molekularphylogenetisch den Ophiostomatales zugeordnet werden. Dies wird durch eine gleich verlaufende Konidiogenese der jeweiligen Taxa bekräftigt (GEBHARDT & OBERWINKLER 2005). – Aus Taiwan konnten GEBHARDT et al. (2005) die neue Pilzart und Gattung *Dryadomyces amasae* beschreiben, die an den Ambrosiakäfer *Amasa concitatus* gebunden ist. Auch dieser Pilz wird in oralen Mycetangien gehalten. Molekularphylogenetisch ließ sich zeigen, dass *Dryadomyces* zusammen mit *Ambrosiella*-Arten zu den Ophiostomatales gehört. – Von 23 Borkenkäfern auf Koniferen im Odenwald und einem ihrer Bohrgänge haben KIRSCHNER & OBERWINKLER (1998) eine unbekannte *Phialocephala*-Art mit dreieckigen Sporen isoliert und als *P. trigonospora* beschrieben. – In Bohrgängen von Borkenkäfern an Fichten und Waldkiefern fanden KIRSCHNER & OBERWINKLER (1999c) einen Hyphomyceten, den sie auch von Borkenkäfern isolieren konnten. Aus taxonomischen Gründen musste für das schon von BRESADOLA beschriebene *Diplocladium gregarium* eine neue Gattung eingeführt werden, die wir *Cylindrocarpostylus* nannten. Die Gattung kann von *Cylindrocarpon* durch den langgestielten Konidienträger und die kopfig zusammengelagerten Konidien unterschieden werden.

Hefen in Termiten

Aus 39 Hefeisolaten von Termiten konnten PRILLINGER et al. (1996) neben einem *Sporothrix*-Anamorph elf Arten der Endomycetales identifizieren. Es wurde auch eine Basidiomyceten-Hefe mit *Trichosporon*-Eigenschaften gefunden. Diese Hefen wurden als Symbionten im Enddarm der Termiten gedeutet.

Ektomykorrhizabildner

An den Feinwurzeln von *Picea abies* konnten BUSCOT & KOTTKE (1990) Ektomykorrhizen von *Morchella rotunda* ultrastrukturell nachweisen. – Mykorrhizen von *Cenococcum graniforme* und drei weiteren, nicht identifizierbaren Ascomyceten, die an Tannensetzlingen in Topfkulturen dominierten, wurden von BERNDT et al. (1990) analysiert und diskutiert. Feinstrukturuntersuchungen an Septenporen (BERNDT & OBERWINKLER 1992) gaben Hinweise darauf, dass die Pilzpartner dieser Ascomyceten zu den Pezizales oder Tuberales gehören. – Unterschiedliche Entwicklungsstadien der Woroninkörper von *Disciotis venosa* (Aderiger Morchelbecherling) und *Sarcosphaera crassa* (Kronenbecherling) wurden von TURNAU et al. (1993b) transmissionselektronenmikroskopisch mit Hilfe der Energieverlust-Spektroskopie untersucht um Elementgehalte, besonders von N, S, P und Ca, zu bestimmen. Die Interpretation der Ergebnisse war durch die chemische Fixierung des Untersuchungsmaterials erheblich erschwert. Die Stickstoffspeicherung in vakuolären Granula von *Cenococcum geophilum* haben KOTTKE et al. (1995a) beschrieben. – In Baumschulen gewachsene Ektomykorrhizen von *Tuber uncinatum* (Burgunder-Trüffel) und *T. melanosporum* (Perigord-Trüffel) an *Corylus avellana* und *Quercus robur* wurden von PARGNEY & KOTTKE (1994) mit analytischer Transmissionselektronenmikroskopie auf die Ca-Verteilung hin analysiert. Mit Alterung der

Hyphen ging eine Ca Reduktion einher. – Die Wurzeln von elf epiphytischen Farnarten der Gattungen *Elaphoglossum*, *Hymenophyllum*, *Grammitis* und *Lellingeria* aus Costa Rica wurden von SCHMID et al. (1995) licht- und transmissionselektronenmikroskopisch untersucht. Sie fanden an allen Beispielen einen Ascomyceten, der über Wurzelhaare eindringt und Hyphenknäuel in zytoplasmatischen Epidermiszellen und äußeren Rindenzellen bildet. Lebende Pilze konnten auch in degenerierten Wirtszellen gefunden werden. Diese Interaktionen zeigen Ähnlichkeiten mit ericoiden Mykorrhizen. – Die Mäander-Wüstentrüffel *Terfezia terfezioides* wurde von KOVÁCS et al. (2002) hinsichtlich ihrer genetischen Variabilität und ihres Mykorrhizierungspotentials untersucht. An 19 Fruchtkörpern konnten keine Abänderungen der ITS-Sequenzen festgestellt werden. Von den am Standort gefundenen Samenpflanzen erwies sich nur *Helianthemum ovatum* als Ektomykorrhizapartner. Unter experimentellen Bedingungen konnte die Pilzbesiedelung abgestorbener Wurzelzellen von *Robinia pseudacacia* nachgewiesen werden (KOVÁCS et al. 2003b). Bei *Helianthemum ovatum* waren Ansätze eines Hartigschen Netzes erkennbar. – Durch morphologische Untersuchungen an Kulturen und durch Sequenzvergleiche der 28S rDNA konnten E. WEBER et al. (2002) Arten der Anamorphgattung *Lecythophora* der Teleomorphgattung *Coniochaeta* zuordnen.

Hefen

Aus Böden der Rhizosphäre von Mangobäumen, *Mangifera indica*, die OBERWINKLER in Florida sammelte, konnten SPAAIJ et al. (1990) eine bislang unbekannte Ascomycetenhefe der Candidaceae isolieren, die sie *Myxozyma udenii* nannten. Aus Costa Rica konnten SPAAIJ et al. (1992a) *Myxozyma neotropica*, vom Holzmehl der Holzwespe *Sirex juvencus* (SPAAIJ et al. 1992b) *M. sirexii*, von *Ips typographus* f. *japonicus*, dem Japanischen Buchdrucker, *M. nipponensis* (SPAAIJ et al. 1993b) und aus den Blüten von *Protea repens*, der ersten Protea, die in Kultur zu Blüte gebracht werden konnte, *M. vanderwaltii* (SPAAIJ et al. 1993a) isolieren und beschreiben. – Aus der Rhizosphäre der Fichte haben WEBER et al. (1992) die neue Hefeart *Kluyveromyces piceae* gewonnen.

Pilze des Bodens und des Wurzelraumes

Von brasilianischen Böden haben PFENNING & OBERWINKLER (1993) *Ophiostoma bragantium* beschrieben. Als Nebenfruchtform konnte *Sporothrix inflata* wahrscheinlich gemacht werden, eine Art, die in Böden der gemäßigten Breiten weit verbreitet ist. – Von Fichtenwurzeln im Schwarzwald bei Freudenberg haben WEBER et al. (1989) einen Pilz isoliert und kultiviert, den sie als neue phialidische Hyphomycetenart und -gattung, *Myxocephala albida*, beschrieben und illustrierten. Charakteristisch sind die bräunlichen, dickwandigen, mehrfach septierten und drei- bis vierfach quirlig verzweigten Konidienträger auf denen sich die Konidien in einem Schleimtropfen ansammeln. Aus Costa Rica haben WEBER et al. (1994) die neue Hyphomycetengattung *Ticogloea*, mit der Art *T. guttulata* von *Ticodendron incognitum*-Wurzeln und von *Talauma sambuensis*-Wurzeln *Leptographium costaricense* (WEBER et al. 1996) beschrieben.

Glomeromycota (Abb. 53)

Bei licht- und transmissionselektronenmikroskopischen Untersuchungen der chlorophyllosen Gametophyten von *Lycopodium clavatum* fanden SCHMID & OBERWINKLER (1993) Pilzengametophyten mit Hyphen ohne Querwände und zahlreiche kleine Vesikel unterschiedlicher Entwicklungsstadien. Durch elliptische Interphase-Spindelpolkörper konnten Vertreter der Oophyta als Endophyten ausgeschlossen werden. Da keine Arbuskel gefunden werden konnten, blieb damals die Entscheidung offen, ob Glomeromyceten die Interaktionspartner sind. Wir schlugen für diesen Interaktionstyp den Terminus „Lycopodioider Mycothallus“ vor.

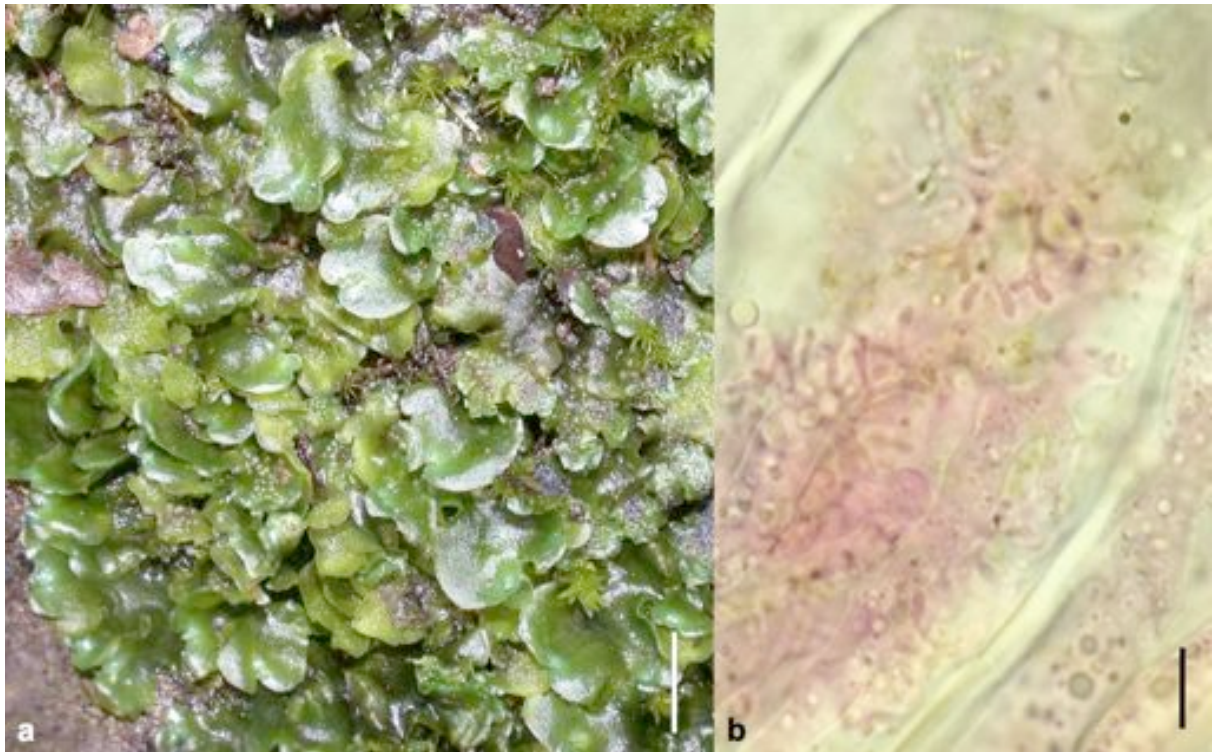


Abb. 53 **a:** Das thallose Lebermoos *Pellia endiviifolia* ist Wirt für arbuskuläre Mykobionten, Oberstdorf, 21.9.1991, Messbalken 1 cm. **b:** Hyphen und Arbuskeln eines Glomeromyceten in einer lebenden Zelle. Das Wasserpräparat wurde mit Safranin angefärbt. Dadurch werden die Hyphen und Arbuskel deutlicher sichtbar. Messbalken 5 μ m. – Fotos F. OBERWINKLER.

Auch in den chlorophylllosen Gametophyten von *Botrychium lunaria* fanden SCHMID & OBERWINKLER (1994) Endophyten mit nicht septierten Hyphen und intrazelluläre Hyphenknäuel, die von einer fibrillären Matrix und dem Wirtsplasmalemma umgeben waren. Arbuskeln konnten nicht nachgewiesen werden. Wie bei *Lycopodium*-Gametophyten erfolgt auch hier ein organischer Nährstofftransfer vom Pilz zur Pflanze und nicht, wie bei arbuskulären Mykorrhizen, in umgekehrter Richtung. – Von KOVÁCS et al. (2003a) wurden in Sporophyten von *Botrychium virginianum* aus Ungarn arbuskuläre Mykorrhizen in zwei bis drei Zellschichten der Wurzelrinde gefunden. Die lappenartige Arbuskelstruktur wurde mit ähnlichen Bildungen triassischer Fossilien verglichen. – In reifen Sporophyten von *Ophioglossum reticulatum* aus dem Wilson Botanical Garden, San Vito, Costa Rica, konnten SCHMID & OBERWINKLER (1996) arbuskuläre Mykorrhizen mit multinukleären, unseptierten Hyphen, terminalen Vesikeln, intrazellulären Hyphenknäueln und Arbuskeln nachweisen. – Auch in Gametophyten und jungen Sporophyten von *Gleichenia bifida* aus dem Nationalpark Tapanti, Costa Rica, konnten SCHMID & OBERWINKLER (1995) arbuskuläre Mykorrhizen mit unseptierten Hyphen, intrazellulären Hyphenknäueln, Arbuskeln und Vesikeln feststellen. In den Rhizoiden bildete der Pilz kugelige Sporen. Während der Arbuskelbildung erschienen Cytoplasma und Zellorganelle der Wirtszellen vermehrt, dagegen wurde die Stärke in den Chloroplasten abgebaut. – An Wurzeln des Adlerfarns, *Pteridium aquilinum*, der auf Cadmiumkontaminierten Böden wuchs, wurden mit Elektronenenergieverlust-Spektroskopie Elementbestimmungen von TURNAU et al. (1993c) durchgeführt. Die Endomykorrhizazellen enthielten mehr Cd, Ti und Ba als die Wurzelzellen. – Mykorrhizierungen von heimischen Bäumen der trockenen afro-montanen Wälder Äthiopiens wurden von WUBET et al. (2003a) untersucht. In Wurzeln von *Albizia gummifera*, *Albizia schimperiana*, *Aningeria adolfi-friedericii*, *Ekebergia capensis*, *Hagenia abyssinica*, *Prunus africana* und *Syzygium guineense* konnten erstmals arbuskuläre Mykorrhizen nachgewiesen werden, für *Croton macrostachyus*, *Olea europaea* ssp. *cuspidata* und die Koniferen *Juniperus procera* und *Podocarpus falcatus* wur-

den sie bestätigt. – Die ITS- und 5.8S rDNA-Sequenzdiversitäten arbuskulärer Mykorrhizen von *Prunus africana* haben WUBET et al. (2004) analysiert. Den Glomeraceae konnten 20 Sequenztypen, den Archaeosporaceae und Diversisporaceae je ein Typ zugeordnet werden. Zwei Sporentypen wurden als *Glomus etunicatum* und *G. mosseae* identifiziert. – An zwei Standorten trockener, afromontaner Wälder haben WUBET et al. (2006a) *Juniperus procera* beprobt, um die molekulare Diversität der nucSSU-rDNA zu bestimmen. Es wurden sieben verschiedene *Glomus*-Sequenztypen gefunden, die bisher unbekannt waren. Die AM-Pilzgesellschaften verschiedener Baumindividuen und diejenigen der beiden Standorte unterschieden sich signifikant. Diese Ergebnisse wurden durch eine weitere Studie (WUBET et al. 2006b) untermauert, in die *Podocarpus falcatus* einbezogen wurde. Es konnten 16 *Glomus* und drei *Diversispora*-Sequenztypen sowie ein *Archaeospora*-Typ nachgewiesen werden, die nicht mit bekannten Sequenzen identisch waren. Auch die Sequenzen, die von den beiden Probeflächen stammten, waren signifikant verschieden. – Der Vergleich von Mykorrhizierungstypen dreier gemeinsam vorkommender, afromontaner Baumarten in äthiopischen Trockenwäldern, *Olea europaea* subsp. *cuspidata*, *Prunus africana* und *Podocarpus falcatus* (WUBET et al. 2009) wurde an Sequenztypen, die eine >97% Ähnlichkeit der SSU-rDNA (NSR1-AM1) besitzen, durchgeführt. Die gefundenen 409 Sequenzen konnten in 32 Sequenztypen gruppiert werden, die zu den Glomeraceae, Diversisporaceae und Gigasporaceae gehören. Mit Baumsämlingen konnten diverse Pilzarten geködert werden, die sich weitgehend von denjenigen alter Bäume unterschieden. Dies eröffnet Möglichkeiten zur Optimierung der Mykorrhizierungen bei Wiederaufforstungen. – In den Wurzeln von *Taxus baccata*, die aus Tübingen und Balingen stammten, fanden WUBET et al. (2003b) bei 5.8S rDNA und ITS2 vier Sequenztypen von *Glomus* und einen Typ von *Archaeospora*. Diese Sequenztypen waren bisher bekannten nicht zuzuordnen. – Die Diversität arbuskulärer Mykorrhizapilze Namibias und des westlichen Südafrikas haben UHLMANN (2004) in ihrer Dissertation und UHLMANN et al. (2004a) in ausgewählten Biodiversitätsobservatorien aufgenommen. In semiariden Grasvegetationen Namibias waren die in Wurzeln gefundenen Mykorrhizen weniger divers als Glomeromyceten-Sporen in den Böden (UHLMANN et al. 2004b). Dies könnte durch unterschiedliche Vergesellschaftungen während der Vegetationsperioden oder auch durch Bindungen an Gehölze und andere Pflanzen bedingt sein. Im westlichen Südafrika fallen Winterregen, in Namibia dagegen Sommerregen. Es konnte von UHLMANN et al. (2004c) gezeigt werden, dass die arbuskulären Mykorrhizen dieser Gebiete in ihrer Verbreitung nicht nur von abiotischen Faktoren, sondern auch von der Vergesellschaftung mit geeigneten Wirtspflanzen abhängig sind. An drei Standorten des ariden Südnamibia wurden von UHLMANN et al. (2006) die arbuskulären Mykorrhizen analysiert. Unter den 12 registrierten Arten war *Glomus aggregatum* der dominante Sporentyp. Es zeigte sich, dass die Mykorrhizierungen durch die Landnutzung beeinflusst werden, nicht jedoch die Artenzusammensetzungen. Diese sind von abiotischen Konditionen abhängig. – In den organischen Böden der montanen Nebelwälder Südecuadors dominieren arbuskuläre Endomykorrhizen (KOTTKE et al. 2004), die nach morphologischen Merkmalen den Gattungen *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* und *Gigaspora* zugeordnet wurden. An 57 Baumarten der Versuchsflächen der Forschungsstation San Francisco bei Loja konnten arbuskuläre Mykorrhizen nachgewiesen werden. HAUG et al. (2004) fanden, dass *Graffenrieda emarginata* (Melastomataceae) zusätzlich mit einem Ascomyceten aus dem *Hymenoscyphus ericae*-Aggregat Mykorrhizen bildet. – Zwei Morphotypen der Glomeromycota in den Wurzeln von *Alzatea verticillata*, einer in den Bergregenwäldern Südecuadors häufigen Baumart, wurden von BECK et al. (2005) lichtmikroskopisch studiert und illustriert. Bemerkenswert ist ihr ektendomykorrhizierendes Wachstum sowie das Fehlen von Vesikeln und intraradikalen Sporen. In einer weiterführenden Arbeit haben BECK et al. (2007) strukturelle Merkmale durch molekulare ergänzt. Die Checkliste der Mykorrhizapilze für die Reserva Biológica San Francisco (HAUG et al. 2007) zeigt die Dominanz der Glomeromycota ebenso deutlich wie die Übersichten von Gradienten (KOTTKE et al. 2008b) und Gruppierungen

der Mykorrhizierungstypen von Bäumen, Ericaceen, Orchideen, Farnen und Lebermoosen (KOTTKE et al. 2008a). – In ursprünglichen Bergregenwäldern und benachbarten Aufforstungsflächen Südecuadors konnten HAUG et al. (2010) jeweils hoch diverse, aber verschiedenen zusammengesetzte, arbuskuläre Mykorrhizagesellschaften beobachten. Angepflanzte Baumarten waren *Cedrela montana*, *Heliocarpus americanus*, *Juglans neotropica* und *Tabebuia chrysantha*. – Phylogenetische Überlegungen zu obligaten Pilz-Lebermoos-Vergesellschaftungen haben NEBEL et al. (2004) und KOTTKE & NEBEL (2005) angestellt. Sie postulieren primäre Glomeromycota-Bindungen an Moose der Marchantiales und Monocleales und die „einfach-thallosen“ Pelliaceae, Fossombroniaceae und Pallaviciniaceae. Nach Verlust dieser glomerale Pilzassoziationen seien erneut Symbiosen evolviert, von *Tulasnella*-Arten mit Aneuraceae sowie von *Sebacina* und/oder *Hymenoscyphus* mit Jungermanniales und Lepicoleales p.p. Es muss angenommen werden, dass obligate Pilz-Pflanzen-Assoziationen lange vor den Wurzeln und den Mykorrhizen der Gefäßpflanzen entstanden sind.

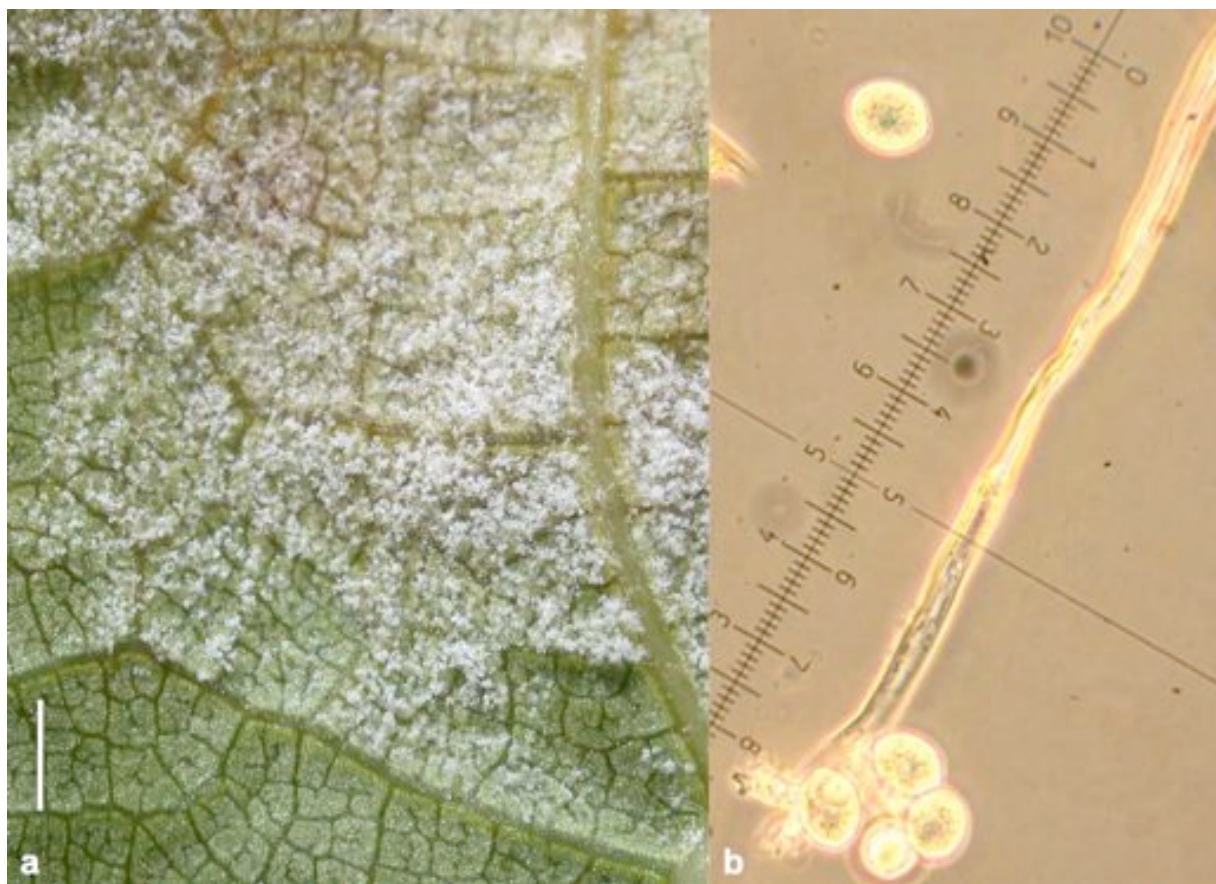


Abb. 54 **a:** Der Erreger des Falschen Mehltaus des Weins, *Plasmopara viticola*, auf der Blattunterseite von *Vitis vinifera*, Tübingen, 9.8.2002. Der mehlig-weiße Belag entsteht durch viele Sporangienträger, die durch die Spaltöffnungen der Weinblätter auswachsen. Messbalken 1 mm. **b:** Ein Sporangienträger mit terminalen Sporangien. Aus den Sporangien können bei feuchter Witterung Flagellaten mit je einer Peitschen- und einer Flimmergeißel, einem Merkmal der Heterokonta, freigesetzt werden. Ein Teilstrich der Meßskala = 1 µm. – Fotos F. OBERWINKLER.

Oophyta, Falsche Mehлтаupilze und ihre Verwandten (Abb. 54)

Durch Plastidenverlust sind die Oophyten aus Algen hervorgegangen, die zu den Verschiedengeißlern (Heterokonta, Stramenopiles) gehören. Die noch im Wasser lebenden oder davon abhängig gebliebenen Pilze dieser Gruppe besitzen Flagellaten und/oder Gameten mit je einer Peitschen- und Flimmergeißel (heterokont). Damit unterscheiden sie sich grundsätzlich von

den echten Pilzen, die in ihrer basalen Gruppe (Chytridiomycota) Flagellaten mit je einer Schubgeißel (opisthokont) besitzen und damit ihre nahe Verwandtschaft mit den Tieren erkennen lassen.

In 26 Proben natürlicher Oberflächengewässer Baden-Württembergs konnten EL-HISSY & OBERWINKLER (1999a) an Sesamködern 38 Arten von 10 Gattungen aquatischer Pilze (*Allomyces*, *Aqualinderella*, *Thraustotheca*, *Woronina*, *Achlya*, *Dictyuchus*, *Pythiopsis*, *Pythium*, *Phytophthora* und *Saprolegnia*) aquatischer Pilze finden. Aus unterschiedlichen Böden der Umgebung von Tübingen haben sie (EL-HISSY & OBERWINKLER 1999b) 13 Gattungen aquatischer Oomyceten und Chytridiomyceten nachgewiesen. Die größte Diversität fanden sie in Böden mit hohen organischen Substratanteilen und geringen Mengen löslicher Salze. – Für ihre Dissertation hat RIETHMÜLLER (2000) die Diversität aquatischer Oomyceten aus Baden-Württemberg untersucht. Die Biotope wurden selbst beprobt. Es wurden 29 Arten aus 8 Gattungen isoliert, ökologisch und morphologisch charakterisiert, systematisch zugeordnet und phylogenetisch interpretiert. Sequenzen der großen Untereinheit der ribosomalen DNA haben RIETHMÜLLER et al. (1999) benutzt, um phylogenetische Untersuchungen an Saprolegniomycetidae durchzuführen. Sie konnten die Untergliederung der Peronosporomycetes in Saprolegniomycetidae, Rhipidiomycetidae und Peronosporomycetidae sowie die Positionen der Saprolegniales und Leptomitales in den Saprolegniomycetidae bestätigen. Die Peronosporales und Pythiales konnten nicht getrennt werden, dagegen bildeten *Phytophthora* und die Peronosporales ein Monophylum. Die Gattung *Achlya* erwies sich als heterogen. Um die Verwandtschaftsverhältnisse der Peronosporomycetes zu klären, haben RIETHMÜLLER et al. (2002) 92 Arten der Peronosporales, Pythiales, Leptomitales, Rhipidiales, Saprolegniales und Sclerosporales molekularphylogenetisch untersucht. Pythiales und Peronosporales sowie Saprolegniales, Leptomitales und Rhipidiales repräsentierten die beiden Hauptgruppen. Die Sclerosporales erwiesen sich als polyphyletisch. *Albugo* bildet eine basale Gruppe, *Peronophytophthora* und *Phytophthora* lassen sich nicht trennen und gehören in die Peronosporaceae. *Peronospora* erscheint paraphyletisch und *Peronospora*-Arten auf Brassicaceae bilden ein Monophylum. – Mit Bayesscher Analyse von Sequenzen der nukleären 28S rDNA haben GÖKER et al. (2003) phylogenetische Zusammenhänge der Peronosporaceae geklärt. Sie konnten bestätigen, dass *Peronospora* und *Phytophthora* paraphyletisch sind. Einige Arten wurden in *Hyaloperonospora* transferiert und für *Peronospora oplismeni* wurde die neue Gattung *Viennotia* eingeführt. Es konnte glaubhaft gemacht werden, dass obligat biotropher Parasitismus innerhalb der Peronosporales mindestens zweimal entstanden ist. – Die Auswertung von ITS-Sequenzen lieferte überzeugende Hypothesen zur Phylogenie von *Hyaloperonospora* (GÖKER et al. 2004), wonach für viele Arten taxonomische Umgruppierungen vorgenommen wurden. Es stellte sich auch heraus, dass unter *Hyaloperonospora brassicae* bisher mehrere Arten zusammengefasst wurden. Mit ribosomalen ITS- und LSU-Sequenzen haben GÖKER et al. (2009) *Hyaloperonospora* erneut phylogenetisch untersucht und unter Einbeziehen der Wirtsbindungen die Artabgrenzungen präzisiert. – Die nucLSU rDNA mit den D1- und D2-Regionen haben VOGLMAYR et al. (2004) benutzt, um phylogenetische Analysen an den Gattungen *Basidiophora*, *Bremia*, *Paraperonospora*, *Phytophthora* und *Plasmopara* durchzuführen. Es konnte eine Verwandtschaft von *Plasmopara pygmaea* s. lat., *Pl. sphaerosperma*, *Basidiophora*, *Bremia* und *Paraperonospora* umgrenzt und *Plasmopara* als polyphyletisch erkannt werden. Die neue Gattung *Protobremia* wurde für *Pl. sphaerosperma* vorgeschlagen. Der Formenkreis von *Bremia lactucae* s.l. ließ drei größere Verwandtschaften auf Asteraceen-Wirten erkennen. Für alle untersuchten Arten konnten ellipsoide bis birnenförmige Haustorien nachgewiesen werden. Diese subzellulären Strukturen können als gemeinsames Merkmal für die gesamte Verwandtschaft gewertet werden. – Eine von *Helianthus x laetiflorus* isolierte *Plasmopara halstedii* s.l. wurde molekular, biochemisch und infektionsbiologisch von SPRING et al. (2003) untersucht. Es zeigte sich, dass die Isolate von *H. x laetiflorus* und *H. annuus* konspezifisch sind. Die intraspezifische Variabilität von *P. halstedii* haben SPRING et al.

(2006) an Teilen der ITS-1, 5.8S und ITS-2 Regionen der nukleären rDNA untersucht. Sie fanden, dass physiologisch hoch aggressive Rassen eine sehr junge Entstehungsgeschichte haben. – Die Mikromorphologien der Haustorien und Sporangienträger sowie molekulare Daten der nuc-rDNA der *Arthraxon* spp. (Poaceae) parasitierenden *Bremia graminicola* ließen uns schwer erkennen (THINES et al. 2006), dass diese Art nicht zu *Bremia* gehört. Dementsprechend wurde eine neue Gattung, *Graminivora*, eingeführt. – Morphologische, ultrastrukturelle und molekulare Untersuchungen an Arten der Gattungen *Basidiophora*, *Benua*, *Bremia*, *Paraperonospora*, *Plasmopara*, *Plasmoverna* und *Protobremia* zeigten, dass diese Taxa nur auf dicotylen Wirten vorkommen (THINES et al. 2007). Da *Plasmopara penniseti* mit dieser Gruppe nicht näher verwandt ist, wurde für den Grasparasiten die neue Gattung *Poakatesthia* vorgeschlagen. – In einer Multigenanalyse haben GÖKER et al. (2007) versucht, die Phylogenie der Falschen Mehltäue als obligate Parasiten zu rekonstruieren. *Phytophthora* erwies sich als partiell paraphyletisch. Vier Verwandtschaften konnten molekularphylogenetisch umgrenzt und zusätzlich durch morphologische bzw. ökologische Merkmale gestützt werden: *Peronospora* und *Pseudoperonospora*; eine Gruppe mit vesikulären bis birnenförmigen Haustorien; *Hyaloperonospora* und *Perofascia*, die überwiegend Kreuzblütler parasitieren; schließlich die Grasparasiten *Viennotia* und *Graminivora*. – Die ITS-Sequenzen der auf Fabaceen parasitierenden *Peronospora*-Arten haben GARCÍA-BLÁZQUEZ et al. (2008) benutzt um phylogenetische Aussagen auch hinsichtlich der Wirtsbindungen treffen zu können. Hierzu wurde ein enges Artkonzept verwendet. In dieser Studie wurden auch bisher unbekannte Wirte der iberischen Halbinsel berücksichtigt. – Die Verwandtschaften der grasbewohnenden Falschen Mehltäupilze haben THINES et al. (2008) erstmals einer umfassenden molekularen Analyse unterzogen, in der gezeigt werden konnte, dass sie über die gesamten Peronosporaceae s.l. verteilt sind.

Waldökosysteme

Wälder, heimische Forste bis zu tropischen Urwäldern und weltweit gestreut, waren Orte unserer Freilandforschung und der Probennahmen. Diese reichten von den Böden und Wurzelräumen bis zu den Baumkronen, von den Symbionten zu den Parasiten und den saproben Holzzersettern. Damit war eine Vielzahl von ökologischen, systematischen und phylogenetischen Fragestellungen verbunden, nicht zuletzt auch die nach der Bedeutung von Biodiversität und ihrer Erhaltung in ihren Lebensräumen (OBERWINKLER 2002). – Die über 18 Jahre bei botanisch-mykologischen Lehrveranstaltungen für Studierende der Universität Tübingen in Oberjoch zusammengetragenen Daten hat OBERWINKLER (1994) als Korrekturversion einer Flora des Gebietes, „Höhere Pflanzen und ihre Pilze“, für Teilnehmer der Kurse und Exkursionen (Abb. 55), insbesondere aber für die Mitglieder unseres damaligen Graduiertenkollegs „Organismische Interaktionen in Waldökosystemen“, zur Verfügung gestellt.

Mykologische Untersuchungen zu „Neuartigen Waldschäden“

Neuartige Waldschäden erschienen Ende der 1970er Jahre so gravierend, dass sogar von professoraler Seite prophezeit wurde, es würde 1990 keinen Wald mehr in Mitteleuropa geben. Immerhin wurde dadurch mitbewirkt, dass ein kritisches Umweltbewusstsein wachgerufen wurde. In der seriösen Wissenschaft ging es allerdings um sorgfältig erhobene, reproduzierbare Daten, die begründete Interpretationen zuließen. – Meristemschäden, die in Fichtenwurzeln durch niedrigen pH-Wert und Aluminium-Ionen ausgelöst wurden, konnten METZLER & OBERWINKLER (1986) nachweisen. – Bei der Beprobung verschieden stark geschädigter Alt- und Jungfichten auf sechs Standorten im Nordschwarzwald konnte G. WEBER (1990) für ihre Dissertation 145 Mikropilz- und Hefearten aus 67 Gattungen isolieren. Unterschiede in der Pilzbesiedelung ließen sich hauptsächlich in der Mykorrhizoplane feststellen. Stark geschädigte Altfichtenbestände zeigten eine deutlich reduzierte Besiedelung durch Mikropilze, die

mehr auf biotische als auf abiotische Störungen hinwies. Eine Korrelation mit der Vitalität der Mykorrhizen schien naheliegend.



Abb. 55: Pilzkurs im Berghaus Iseler der Universität Tübingen in Oberjoch, 1.10.1997. Unter den damaligen Studierenden sind heute fünf Professoren: Links am Fenster ROLAND KIRSCHNER, jetzt Professor am Department of Life Sciences der National Central University in Jhongli, Taiwan; Mitte mit Blick zum Betrachter DIRK HOFFMEISTER, jetzt Professor an der Universität Jena; rechts vorne CHEE-JEN CHEN, jetzt Professor am Department of Biotechnology an der Southern Taiwan University in Tainan; darüber mit Blick ins Mikroskop ZHU-LIANG YANG, jetzt Professor an der Academia Sinica, Kunming; darüber, teilweise verdeckt, MEIKE PIEPENBRING, jetzt Professorin an der Universität Frankfurt am Main; ihr gegenüber LJUBA KISIMOVA-HOROVITZ, die langjährige Mitarbeiterin am Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie in Tübingen. – Foto F. OBERWINKLER.

Den Düngungseffekt mit $MgSO_4$ und $(NH_4)_2SO_4$ auf Mykorrhizen und Feinwurzeln von Fichten haben HAUG & FEGER (1990) untersucht. – Interaktionen von Mykorrhizen mit der Rhizosphäre hat KOTTKE (1990) dargestellt. – Ob O_3 , SO_2 und saure Beregnung die Mykorrhizen junger Fichten, Tannen und Buchen, die in „Open Top Chambers“ (OTC) kultiviert waren, verändern, wurde von WÖLLMER & KOTTKE (1990) rhizoskopisch in situ und im Labor analysiert. Die Vitalität der Mykorrhizen wurde mit Fluoresceindiazetat-Färbung überprüft. Langzeiteinwirkung der Schadstoffe bewirkte Wachstumssteigerungen bei Tannenmykorrhizen, SO_2 beeinträchtigte dagegen die Fichtenmykorrhizen. – Mykorrhizen und die sie begleitenden Mikropilze in stark und weniger stark geschädigten Fichtenbeständen Nordrhein-Westfalens haben KOTTKE et al. (1992) untersucht. – EL-ASHKAR (1993) hat die Mikropilzflora des Bodens und der Rhizoplane von Mykorrhizen eines Buchenwaldes und zweier Fichtenbestände des südöstlich von Augsburg gelegenen Höglwaldes untersucht. Er fand bei 123 Mikropilzarten nur geringe qualitative Unterschiede, dafür aber deutliche Veränderungen der Dominanzverhältnisse. Dies wurde nicht nur durch unterschiedliche Bodenchemismen erklärt, sondern auch durch spezifische Merkmale der organismischen Interaktionen. – Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen zur Vitalität von Mykorrhizen an Fichten verschiedener Schadklassen am Standort „Postturm“ bei Ratzeburg hat R. WEBER (1993) als Dissertationsthema durchgeführt. Sie fand, dass die äußerlich erkennbaren Kronenschäden der Fichten unterschiedlicher

Schadklassen auffälliger sind als die Unterschiede in den Feinstwurzelsystemen. Diese erschienen vielmehr stark von Bodenchemismen und Klimaeinflüssen abhängig zu sein. – Den Gesundheitszustand von Waldbäumen und die Vitalität ihrer Mykorrhizen in verschiedenen Waldbeständen Westdeutschlands haben KOTTKE et al. (1993) vergleichend untersucht. – KOTTKE & WÖLLMER (1995) haben Beobachtungen zur Mykorrhiza- und Feinstwurzelndynamik sowie zur Aktivität von Bodentieren im Schwarzwald unter Einsatz der Rhizoskopie durchgeführt. Wurzelproduktion und -differenzierungen sowie Mykorrhizaentwicklung in Abhängigkeit von Stickstoffverfügbarkeit hat KOTTKE (1995) vorgestellt. – Den Einfluss des Stickstoffeintrags auf Ektomykorrhizen von Waldbäumen haben BECKMANN et al. (1996) und WALLEND & KOTTKE (1998) studiert. Sie waren der Meinung, dass die Fruktifikationsraten von „Generalisten“ kaum, die von „Spezialisten“ auf Koniferen anscheinend mehr beeinflusst waren. Auch unter Kultivierungsbedingungen waren Verallgemeinerungen über negative Auswirkungen erhöhter Stickstoffkonzentrationen nicht möglich. – Die Vitalitäten von Ektomykorrhizen der Fichten im Höglwald wurden von QIAN et al. (1998a) fluoreszenzmikroskopisch bestimmt. Untersucht wurden Mykorrhizen von *Cenococcum geophilum*, *Russula ochroleuca* (Ocker-Täubling), *Tylospora* sp. und *Xerocomus badius* (Maronen-Röhrling), die damals nicht identifizierbaren „*Piceirhiza gelatinosa*“ und „*P. nigra*“ sowie zwei weitere, nicht benennbare Ektomykorrhizen. – Den Einfluß von Kalkung und Ansäuerung auf die Mykorrhizen in Fichtenbeständen des Höglwaldes haben QIAN et al. (1998b) studiert. Auf versauerten Flächen schienen *R. ochroleuca* und *X. badius* als mykorrhizierende Arten gefördert, während in gekalkten Parzellen *Tuber puberulum* (Flaumhaarige Trüffel) und „*Piceirhiza nigra*“ vermehrt auftraten. Statistische Absicherungen waren jedoch nicht möglich. – Die pathogenen und antagonistischen Effekte von Mikropilzpopulationen untereinander und auf Ektomykorrhizen in versauerten oder gekalkten Fichten- und Buchenwäldern wurden von QIAN et al. (1998c) untersucht. Das Beziehungsgeflecht dieser Bodenpilze erscheint in höchstem Maße komplex. Es ist offensichtlich für die Funktionalität der Rhizosphäre ebenso bedeutend wie abiotische Faktoren. – Der Einfluß von Trockenheit auf Mykorrhizen der Buche wurde von SHI et al. (2002) experimentell überprüft. Die ektomykorrhizierenden *Byssocorticium atrovirens* und *Lactarius subdulcis* (Süßlicher Buchen-Milchling) wurden nicht beeinflusst, *Xerocomus chrysenteron* hingegen gefördert. Die Speicherung von Zuckeralkoholen, die den Trockenheitseffekten entgegen wirken, hängt offensichtlich von der jeweiligen Pilzart ab. – Mykorrhizen als dominante Elemente der Rhizosphäre und Pilz-Wurzel-Symbiosen als Überlebensstrategien in artenreichen Pflanzengesellschaften und auf Pionierstandorten hat KOTTKE (2002, 2003) dargestellt. „Das unterirdische Geheimnis von Steinpilz und Trüffel“ im Wald lüfteten NÖRR et al. (2003).

Sturmwurfflächen, verursacht durch die Orkane „Vivian“ und „Wiebke“ 1990 und „Lothar“ 1999

Ab Herbst 1990 haben wir auf den Sturmwurfflächen von Oberjoch, am Iseler und am Ornach (Abb. 56), die Pilzsukzessionen verfolgt und während der Kurse im Berghaus Iseler mit Studierenden die Pilze bearbeitet. – Auf drei von der Forstdirektion Tübingen als zukünftige Bannwälder ausgewiesenen Sturmwurfflächen und angrenzenden stehenden Nachbarbeständen wurden mykologische Sukzessionsstudien durchgeführt, die Aussagen über die Ökologie von Schad- und Nutzpilzen und ihre Beeinflussung von forstlich wichtigen Waldbäumen ermöglichten (OBERWINKLER et al. 1993). Die natürliche Sukzession auf den ungeräumten Sturmwurfflächen führte zu artenreichen Wiederbewaldungsstadien. Für die forstliche Praxis ließen sich aus diesen Untersuchungen wichtige Erkenntnisse für die Beurteilung und Verbesserung der Pflege und Erhaltung von Wäldern ableiten. Die Möglichkeiten und Chancen für die Waldökosystemforschung auf Sturmwurfflächen wurden von GÖRKE et al. (1996) erläutert. Pilz-Baum-Interaktionen in Sturmwurfflächen und stehenden Nachbarbeständen haben HONOLD et al. (1994, 1996) und REXER et al. (1995) untersucht. Pilze im Totholz von Wald-

biozönosen nach Sturmwurf wurden von HONOLD & OBERWINKLER (1998) erfasst, die Möglichkeiten für den Biodiversitätserhalt und die Gefahren für den Wirtschaftswald von HONOLD et al. (1997) thematisiert.



Abb. 56: Blick vom Berghaus Iseler zum nördlich gelegenen Ornach oberhalb von Oberjoch, 21.9.1990. Die Ausmaße der Sturmschäden des Orkans „Wiebke“ vom 28.2.1990 werden deutlich. – Foto F. OBERWINKLER.

Die Auswirkungen des Extremsturmes der "Wilden WIEBKE" 1990 und die nachfolgenden Untersuchungen im Sturmwurfflächen-Projekt haben HONOLD et al. (1998) dargestellt. Sukzessionen saprophytischer und parasitischer Pilze im Fichtentotholz von Sturmwurfflächen wurden von HONOLD & OBERWINKLER (1999) studiert. Die ökologischen Schlüsselrollen der Pilze bei der Wiederbewaldung nach Sturmwurf, der Mykorrhizen sowie des Holz- und Streuabbaus haben REXER et al. (1999) behandelt. – Vergleichende Untersuchungen an Mykozönosen junger Waldbäume in vier unterschiedlichen Beständen des Schönbuchs nördlich von Tübingen sind von GÖRKE (1998, 1999) durchgeführt worden. Die Beprobungsflächen waren zwei Sturmwurfflächen, die durch die Extremstürme „Vivian“ und „Wiebke“ verursacht wurden sowie eine Anpflanzung und ein lichter Wald. Eine Sturmwurffläche blieb ungeräumt, die Vergleichsfläche war geräumt worden. Die Vielfalt der Befunde lassen sich verkürzt dahingehend zusammenfassen, dass eine Wiederbewaldung durch Naturverjüngung vorteilhaft erscheint. Über phytopathogene Pilze aus Wurzeln und Stämmen juveniler Waldbäume von Naturverjüngungen und Baumschulen haben GÖRKE et al. (1998), über diejenigen junger Waldbäume der Sturmwurfflächen im Schönbuch GÖRKE & OBERWINKLER (1999a) berichtet. Die Frage, ob pathogene Pilze Stressfaktoren für aufwachsende Bäume darstellen können, sind GÖRKE & OBERWINKLER (1999b) nachgegangen. Für Aufforstungen empfehlen sie vormykorrhizierte Pflanzen zu verwenden. – Sukzessionsprozesse auf Sturmwurfflächen im Schönbuch bei Bebenhausen (Abb. 57), bei Langenau und bei Bad Waldsee hat BIEGERT (1999) in ihrer Dissertation untersucht. Sie hat die Wechselwirkungen zwischen der streuzersetzenden Mikropilzflora und dem Substrat der Humusauflage in Abhängigkeit verschiedener Bodenparameter analysiert. Dabei wurden 4.000 Pilzstämme isoliert, die 155 Arten repräsentierten.



Abb. 57: Baumbrüche, verursacht durch den Orkan „Lothar“, in einem Nadelwaldbestand des Schönbuchs am Heuberger Tor bei Tübingen, 26.12.1999. – Foto F. OBERWINKLER.

Nadelpilz-Sukzessionen

Die Besiedelung der Nadeln von *Abies alba* durch Pilze wurde in ihrer Sukzession von AOKI et al. (1992) verfolgt. Die Pilze wurden von lebenden und abgefallenen Nadeln aus zwei Nadelstreulagen isoliert. Das Pilzartenspektrum wurde mit demjenigen verglichen, das unter Verwendung der gleichen Methodik aus *Abies alba* von Frankreich und von der japanischen Tanne, *Abies firma*, erhalten wurde. Zum Vergleich haben TOKUMASU et al. (1994) die Abfolge der Pilzbesiedlung von *Pinus sylvestris* in der Tübinger Umgebung untersucht. Es konnten biogeographische Aspekte der Verbreitungsmuster diskutiert werden.

Pilz-Borkenkäfer-Assoziationen

In ca. 170 Probestämmen von Buche, Eiche, Esche, Fichte, Kiefer, Lärche und Tanne hat KIRSCHNER (1998) 17 überwiegend rindenbrütende Borkenkäferarten mit ihren assoziierten Pilzen untersucht. Unter etwa 200 Pilzarten dominierten die Deuteromyceten mit 111 Species, gefolgt von den Ascomyceten mit 50 Arten. Inklusive der in der Diplomarbeit von KIRSCHNER enthaltenen Taxa wurden für Europa erstmals nachgewiesen: *Ambrodiscus pseudotsugae*, *Ceratocystiopsis alba*, *Ceratocystis leucocarpa*, *Dactylella tenuis*, *Exophiala angulospora*, *Graphium pseudormiticum*, *Nematoctonus campylosporus*, *Ophiostoma araucariae*, *O. arborea*, *O. obscura* und *O. simplex*. Als bisher unbeschriebene Deuteromyceten wurden *Phialocephala trigonospora* und eine *Graphium*-Art erkannt. Neu für die Wissenschaft waren die Ascomyceten *Ophiostoma neglectum* und zwei *Pyxidiophora*-Species. Besonders überraschend war die hohe Diversität und Häufigkeit von Basidiomyceten, die mit Borkenkäfern vergesellschaftet sind. Darunter fanden sich bisher nicht beschriebene Arten der Gattungen *Atractiella*, *Chionosphaera*, *Colacogloea*, *Mycospira* und *Occultifur*, allesamt Vertreter der Pucciniomycotina. Auch ein bisher unbekannter cryptomycocolacaler und ein filobasidialer Pilz wurden entdeckt, dazu noch vier Basidiomyceten mit gasteroid-auricularioiden und zwei mit tremelloiden Basidien. Die Diversität filamentöser Pilze in Borkenkäfergängen hat

KIRSCHNER (2001) in einer Übersicht zusammengefasst. Mit holzbrütenden Borken- und Ambrosiakäfern assoziierte Pilze wurden von GEBHARDT untersucht (s. unter Ascomyceten).



Abb. 58: Estación Científica San Francisco bei Loja, Südecuador, 17.7.2004. – Foto F. OBERWINKLER.

Pilze tropischer Böden und Wälder

Mikroskopische Bodenpilze des ostamazonischen Regenwaldes wurden von PFENNING (1993) im Rahmen seiner Dissertation an vier verschiedenen Standorten, einem Primärwald, einer Kakaoanpflanzung, einem Weideland und einer Fläche mit annuellen Kulturen bzw. einer Brache, untersucht. Von 830 Isolaten konnten 134 Pilzarten identifiziert werden, unter denen die Deuteromyceten mit 98 Spezies dominierten. In den Böden mit kultivierten Pflanzen war ein erhöhter Anteil potentieller Wurzelparasiten nachzuweisen.

Auf die Bedeutung der Mykorrhizadiversität von Bäumen tropischer Bergwälder des südlichen Ecuador haben KOTTKE & HAUG (2004) aufmerksam gemacht. Die hohe Diversität an Pflanzen und Pilzen haben BECK & KOTTKE (2008), diejenige der Mykorrhizen und ihrer Wirte KOTTKE et al. (2008b,c) für die neotropischen Bergregenwälder der Station San Francisco bei Loja (Abb. 58), Südecuador, dargestellt. – Die Mykorrhiza-Assoziationen von 85 Farnarten des südlichen Ecuador wurden von LEHNERT et al. (2009) untersucht. Arbuskuläre Mykorrhizen wurden in 19 Arten, septierte, dunkle Endophyten, die als Ascomyceten identifiziert werden konnten, fanden sich in 36 Farnspecies. - Mykorrhizierte Wurzeln von *Inga acreana*, *Tabebuia chrysantha*, *Cedrela montana* und *Heliocarpus americanus* haben URGILES et al. (2009) in Baumschulen verwendet, um *C. montana* und *H. americanus* mit bodenständigen arbuskulären Mykorrhizapilzen zu infizieren. Die vorinokulierten, sechs Monate alten Bäumchen waren, im Vergleich zu gering gedüngten, deutlich wüchsiger.

Ausbildung

Der Universitätsunterricht ist nicht Gegenstand dieser Darstellung. Da aber ohne ein angemessenes mykologisches Lehrangebot der benötigte akademische Nachwuchs ausgeblieben wäre, soll kurz auf unsere Ausbildung hingewiesen werden.

Bereits im damaligen Grundstudium wurden Pilze in Vorlesungen, Kursen, Seminaren und auf Exkursionen behandelt. Zu Schemata komprimierter Lehrstoff war anspruchsvoll und herausfordernd zugleich, wurde aber erfolgreich eingesetzt. Nicht überraschend war, dass diese Lehrmaterialien allmählich weit verstreut, mittlerweile sogar über nationale Grenzen hinweg, zu finden sind.

Im Hauptstudium waren unsere Forschungsrichtungen in Systematik und Phylogenie diverser Pilztaxa, in Ökologie von Mikropilzen inklusive Hefen, Mykorrhizen und unterschiedlichen Parasitengruppen, durch Spezialvorlesungen, Seminare und Praktika hinreichend abgedeckt. Flankiert wurde dieses Angebot durch Methodenkurse in Kultur- und Mikroskopietechniken, Transmissionselektronenmikroskopie und molekularphylogenetische Rekonstruktionen. Zu diesen hat WEIß (2004-2011) ein anwendungsorientiertes Handbuch herausgegeben. Die aktuellen Methoden und Anwendungen molekularphylogenetischer Rekonstruktionen haben WEIß & GÖKER (2011) ausführlich dargestellt.

Auf die bereits erwähnten Lehrveranstaltungen in Oberjoch muss hier nochmals verwiesen werden. Anfänger, Fortgeschrittene, Doktoranden und sogar wissenschaftliche Mitarbeiter, inklusive Postdocs, haben daran teilgenommen. Ebenfalls über viele Jahre gab es bei uns morphologisch-systematische Übungen, die schnell und dauerhaft als „Zeichenkurs“ betitelt und geschätzt wurden. Hier war größtmögliche Freiheit der Objektwahl mit scharfer Kontrolle der Ausarbeitung kombiniert. Das Hauptaugenmerk lag auf der naturgetreuen Wiedergabe zellulärer Baupläne der Pilze. Erfreulicherweise haben ehemalige Teilnehmer dieser Lehrveranstaltung an anderen Orten und in anderen Ländern diese Tradition fortgeführt. In Oberjoch, wie beim Zeichenkurs, lag der Anreiz zu mehrfacher bis dauernder Teilnahme, in der eigenständigen Arbeitsweise – von der Materialbeschaffung im Gelände bis zum Endprodukt von (Neu)beschreibungen mit Illustrationen, von Reinkulturen für Laborexperimente und von Proben für Elektronenmikroskopie und für molekulare Analysen.

Nationale und internationale mykologische Aktivitäten

Diese Auflistung stellt nur eine Auswahl dar.

Wir begannen mit dem Aufbau einer Stammsammlung für Pilze 1974 und haben sie bis heute weiter geführt. Viele der bei uns isolierten, identifizierten, charakterisierten und weiter in Kultur gehaltenen Arten sind weltweit benutzt worden. Mehrfach wurden unsere Pilzstämme auch für industrielle Screenings auf unterschiedliche Sekundärmetabolite verwendet. Die Stammsammlung wurde auch intensiv für unsere Lehrveranstaltungen eingesetzt. – Am Sonderforschungsbereich 76, „Chemische Biologie der Mikroorganismen“, der Tübinger Mikrobiologie waren wir mit eigenen Basidiomycetenstämmen und Screenings auf antibiotisch wirksame Verbindungen seit 1974 beteiligt.

Als 1976 das Berghaus Iseler der Universität Tübingen für Lehrveranstaltungen genutzt werden konnte, begannen dort unsere floristischen und vegetationskundlichen Lehrveranstaltungen und Forschungsaktivitäten, die bis 2011 fortgesetzt werden konnten. – In Lausanne war OBERWINKLER 1976 Teilnehmer am internationalen HERBETTE-Symposium über das „Species concept of Hymenomycetes“ und 1991 an demjenigen zum „Genus concept in mycology“.

Am interdisziplinären Schönbuch-Forschungsschwerpunkt haben wir uns 1978 mit einem mykofloristisch-ökologischen Pilz-Baumwurzel-Projekt beteiligt. Damit begann die Mykorrhizaforschung an unserem Lehrstuhl, die sich ab 1981 intensiv mit Themen der Waldschadensforschung beschäftigte.

Mit der Teilnahme von OBERWINKLER an der mykologischen Expedition des New York Botanical Garden 1978 nach Kolumbien bekam die Tübinger Tropen-Mykologie neuen Auf-

schwung. In diesem Jahr wurde auch die Kooperation mit BANDONI, University of British Columbia, Vancouver, zu Themen der Heterobasidiomyceten-Systematik angefangen. – Wie oben erwähnt begannen wir die Publikationsreihe „Studies in Heterobasidiomycetes“ 1980. Von 1978-83 war OBERWINKLER 1. Vorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Mykologie. In der weiteren Nachfolge von OBERWINKLER waren die Amtsträger, dann Präsidenten genannt, seine Schüler AGERER (2000-2006, 2011-), PIEPENBRING (2007-2008) und LANGER (2008-2011). Jahrestagungen der Gesellschaft wurden 1977 und 2006 in Tübingen abgehalten. – 1991 haben die meisten Tübinger Mykologen an der Tagung der Sektion Mykologie der Deutschen Botanischen Gesellschaft in Bayreuth und 1997 in Regensburg teilgenommen.



Abb. 59: Teilnehmer des internationalen Hefekurses in Oeiras, Portugal, 1.4.1986. – Foto ANONYMUS.

Bereits 1981 wurde unser erstes molekularbiologisches Labor von BLANZ und BRENNICKE eingerichtet, die damit ihre in Urbana und Stanford begonnenen Arbeiten bei uns fortsetzen und eine junge, hiesige Generation von Molekularbiologen ausbilden konnten. BRENNICKE wird wegen seines enormen methodischen Inputs an unserem Lehrstuhl erwähnt. Da er mit Höheren Pflanzen arbeitete, sind seine Arbeiten nicht Gegenstand dieser Übersicht.

Den Botanik-Lehrstühlen der Universität Tübingen wurde 1985 das Kooperationsprojekt "Pilz-Baumwurzelsymbiosen" im Landesforschungs-Förderungsprogramm bewilligt. 1991 konnten sie ein koordiniertes Forschungs- und Lehrkonzept im Rahmen des von der DFG finanzierten Graduiertenkollegs "Organismische Interaktionen in Waldökosystemen", dessen

Sprecher OBERWINKLER war, umsetzen. Dieser Verbund konnte schließlich noch Lehrstühle der Universität Freiburg einbeziehen.

Auf Einladung von VAN UDEN haben BLANZ, DEML und OBERWINKLER 1986 einen international besuchten Hefe-Kurs am Gulbenkian Institute of Science in Oeiras, Portugal, abgehalten (Abb. 59).

1987 begannen wir in Zusammenarbeit mit JOHANNES CHEN von der Chung-Hsing-Universität Taichung, mit Untersuchungen zur Pilzflora von Taiwan. Diese Arbeiten in Taiwan konnten mit weiteren Kollegen und ehemaligen Schülern von uns bis heute fortgesetzt werden. – Ein projektbezogener Wissenschaftlertausch mit Taiwan 2000-2001 wurde vom DAAD gefördert. Daran waren KIRSCHNER und Z.-C. CHEN beteiligt. – Mit einer Lehr- und Forschungsexkursion für Studierende der Universität Tübingen nach Costa Rica, 1989, haben wir unsere mykologische Forschung in den Neotropen erneut stimuliert.

OBERWINKLER war von 1994-1998 Präsident der International Mycological Association (IMA). Er hat die deutsche Mykologie auf allen bisherigen 9 internationalen mykologischen Kongressen, IMCs (International Mycological Congress) der IMA, vertreten: IMC 1 in Exeter 1971, IMC 2 in Tampa 1977, IMC 3 in Tokyo 1983, IMC 4 in Regensburg 1990, IMC 5 in Vancouver 1994, IMC 6 in Jerusalem 1998, IMC 7 in Oslo 2002, IMC 8 in Cairns 2006, IMC 9 in Edinburgh 2010. Die Kongresse von Regensburg, Jerusalem und Oslo wurden von OBERWINKLER mit vorbereitet, zum Kongress in Cairns wurde er für den Eröffnungsvortrag, „The fungal tree of life“, eingeladen. – Auch auf internationalen Botanik Kongressen (IBCs) hat OBERWINKLER die Mykologie vertreten, so in Sydney 1981 (IBC XIII), in Berlin 1987 (IBC XIV), in Yokohama 1993 (IBC XV), in St. Louis 1999 (IBC XVI) und 2005 in Wien (IBC XVII). Bei letzterem waren die Tübinger Mykologen auch durch BAUER, BEGEROW, GÖKER und WEIß präsent.

Zu nationalen Evaluierungen universitärer biologischer Disziplinen wurde OBERWINKLER als Gutachter für Mykologie 1988 nach Norwegen und 1990 nach Schweden eingeladen.

Die Ausgabe der „Ustilaginales Exsiccata“ hatte VÁNKY in Gagnef begonnen und als Mitarbeiter am Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie in Tübingen von 1986-1999 fortgesetzt. – 1995 wurde von E. LANGER, G. LANGER und OBERWINKLER ein „Digital Exsiccate of Fungi“ ins Internet gestellt. – An der internationalen Initiative der Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Daten zur Artenvielfalt in digitaler Form frei verfügbar zu machen, hatten sich BAUER, BEGEROW und OBERWINKLER seit 2002 mit licht- und elektronenmikroskopischen Bildern der Mikrostrukturen von Basidiomyceten beteiligt. – BAUER et al. (2008a) sind am „Tree of Life Web Project“ mit den Ustilaginomycotina beteiligt.

Das Konzept eines ökologischen Verbundprojektes zur Biodiversität und ihrer Funktionen in einem tropischen Bergregenwald an der Estacion Cientifica de Francisco bei Loja, Südecuador, wurde 1998 durch die DFG begutachtet. Damals konnte von OBERWINKLER vermittelt werden, dass auf Kenntnisse funktionaler Aspekte der Bodenorganismen nicht verzichtet werden kann. Dies führte zur Beteiligung der Tübinger Mykologen an diesem beachtlichen Vorhaben bis heute.

Anlässlich des Jubiläums „25 Jahre Mykologie in Tübingen“ wurde 1999 ein Symposium ausgerichtet (Abb. 60).

Für die Deutsche Gesellschaft für Mykologie geben HONOLD als Managing Editorin und OBERWINKLER als Editor-in-Chief seit 2002 die internationale Zeitschrift „Mycological Progress“ heraus.

Zum 65. Geburtstag von OBERWINKLER 2004 haben Schüler und Mitarbeiter die Festschrift „Frontiers in Basidiomycete Mycology“ (AGERER et al., eds. 2004) erstellt und anlässlich der Festveranstaltung überreicht. – GARNICA und OBERWINKLER haben 2004 an der Universidad Técnica Popular de Loja, UTPL, einen Pilzkurs, in nachfolgenden Jahren HAUG, KOTTKE und SETARO Mykorrhizakurse, durchgeführt. Ein Mykorrhiza-Workshop wurde dort 2008 von SUÁREZ und KOTTKE abgehalten.



Abb. 60: Teilnehmer des Symposiums „25 Jahre Mykologie in Tübingen“, 6.6.1999. – Foto ALBRECHT.

Zur Jahrestagung der American Mycological Society zusammen mit der American Phytopathological Society, 2006 in Québec, wurde OBERWINKLER eingeladen. – An der Southern Taiwan University of Technology hat OBERWINKLER 2008 und 2011 mykologische Vorlesungen gehalten. In Taichung wurde 2009 der Asiatische Mykologische Kongress abgehalten, zu dem OBERWINKLER eingeladen wurde, ebenso wie zu einem mykologischen Workshop der Academia Sinica in Kunming 2010. – Zum Kongress der Asociación Latinoamericana de Micología in San José, Costa Rica, wurde 2011 WEIß eingeladen. – Bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft konnten OBERWINKLER & RENNER 2011 eine Nachwuchsakademie für „Systematik der Pflanzen und Pilze“ einrichten.

Nationale und internationale Kooperationen der Mitarbeiter des ehemaligen Lehrstuhls Spezielle Botanik und Mykologie der Universität Tübingen, der im ersterbauten Gebäude (Abb. 61) auf der Morgenstelle 1 untergebracht war, können aus den Publikationsziten dieses Artikels abgeleitet werden.



Abb. 61: Ehemaliges Botanisches Institut der Universität Tübingen, 22.10.2000. Im ersten Stock dieses Gebäudes war der Lehrstuhl Spezielle Botanik und Mykologie seit 1974 untergebracht. – Foto F. OBERWINKLER.

Längere Forschungsaufenthalte von Mykologinnen und Mykologen in Tübingen

Die Personen werden, mit Angabe ihrer damaligen und heutigen Herkunftsinstitutionen, alphabetisch gelistet. Forschungsgebiete fast aller Genannten können über unsere Publikationszitate erschlossen werden.

DILZARA AGHAYEVA, Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Science, Baku.

TAKAYUKI AOKI, University of Tsukuba / National Institute of Agrobiological Science, Japan.

ROBERT BANDONI, University of British Columbia, Vancouver.

MARY BERBEE, University of California Davis / University of British Columbia, Vancouver.

FARIDA EL-HISSY, Faculty of Science, Assiut University, Ägypten.

GEMA GARCÍA-BLÁZQUEZ, Departamento de Micología, Real Jardín Botánico de Madrid.

SYLVIE HERRMANN, Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, Halle.

JAN HOLEC, Národní Muzeum, Prag.

GÁBOR KOVÁCS, Eötvös Lóránd Universität / Institut für Phytopathologie der ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest.

DAVID J. McLAUGHLIN, University of Minnesota, Saint Paul.

XIAO MING QIAN, Department of Biology, Xiamen University, China.

HANSJÖRG PRILLINGER, Institut für Angewandte Mikrobiologie, Universität für Bodenkultur, Wien.

DÉLFIDA RODRÍGUEZ JUSTAVINO, Panama.

JOSÉ PAULO SAMPAIO, Gulbenkian Institute of Science, Oeiras / Departamento de Ciências da Vida da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

KATARZYNA TURNAU, Jagiellonian Universität, Krakau.

HERMANN VOGLMAYR, Institut für Botanik und Botanischer Garten, Wien.

GRIT WALTHER, Universität Jena / CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht.

KENNETH WELLS, University of California, Davis.

Ehemalige Doktoranden und Mitarbeiter der Mykologie des Lehrstuhls Spezielle Botanik und Mykologie der Universität Tübingen, die heute Hochschullehrer an anderen Orten sind

Der Export mykologischer Experten von Tübingen an andere Orte soll durch folgende Liste dokumentiert werden, die auf die Gruppe der Hochschullehrer begrenzt bleiben muss.

Bochum: Prof. Dr. DOMINIK BEGEROW war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1998 promoviert, 2003 habilitiert und 2007 an die Universität Bochum berufen.

Braunschweig: Direktor und Prof. Dr. GÜNTHER DEML war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1977 promoviert, 1985 habilitiert und 1991 an die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft als Leiter des Instituts für Mikrobiologie in Berlin berufen sowie an die Freie Universität und 1994 an die Humboldt-Universität umhabilitiert. 1995 übernahm er zusätzlich die Leitung des Instituts für Pflanzenvirologie in Braunschweig. 2008 wurde dort das JULIUS KÜHN-Institut gegründet.

Frankfurt am Main: Prof. Dr. MEIKE PIEPENBRING war Schülerin von OBERWINKLER. Sie wurde 1994 promoviert, 1999 habilitiert und 2001 an die Universität Frankfurt am Main berufen.

Freiburg im Breisgau: Privatdozent Dr. BERTHOLD METZLER war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1984 promoviert, war 1986-91 an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin und ist seit 1991 an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in Freiburg tätig. Er wurde 2008 an der Universität Freiburg habilitiert.

Halle: Prof. Dr. FRANÇOIS BUSCOT war 1988-1989 Stipendiat der Humboldtstiftung in Tübingen und bis 1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter des Lehrstuhls, danach in Braunschweig und München-Neuherberg tätig. 1997 wurde er an die Universität Jena und 2003 an die

Universität Leipzig berufen. Seit 2005 ist er Direktor des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung, UFZ, in Halle.

Kaiserslautern: Prof. Dr. TIMM ANKE war Assistent am Lehrstuhl Spezielle Botanik ab 1975. Er wurde 1979 habilitiert und 1981 an die Universität Kaiserslautern berufen.

Kassel: Prof. Dr. EWALD LANGER war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1994 promoviert, 2001 habilitiert und 2002 an die Universität Kassel berufen.

Marburg: Prof. Dr. GERHARD KOST war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1981 promoviert, 1989 habilitiert, war ab 1992 Wissenschaftlicher Oberassistent an der FU Berlin und wurde 1993 an die Universität Marburg berufen.

München: Prof. Dr. REINHARD AGERER war der erste Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1975 promoviert, 1981 habilitiert und 1982 an die Universität München berufen.

Graz: Prof. Dr. PAUL BLANZ war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1977 promoviert, 1985 habilitiert und 1986 an die Universität Bayreuth berufen. Einem Ruf an die Universität Graz folgte er 1993.

Zürich: Privatdozent Dr. REINHARD BERNDT war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1993 promoviert und 2000 habilitiert. Er ging 2005 als Kurator an das Mykologische Herbarium der ETH Zürich.

Yaoundé: Prof. Dr. DOMINIQUE MOSSEBO war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1995 promoviert und kehrte nach Kamerun an die Université de Yaoundé zurück.

Peking: Prof. Dr. CHENGLIN HOU war 2000 Stipendiat in Tübingen, ging mit M. PIEPENBRING nach Frankfurt, wurde 2004 promoviert und kehrte nach China zurück. Seit 2006 ist er Professor an der Capital Normal University in Peking.

Kunming: Prof. Dr. ZHU-LIANG YANG war Stipendiat in Tübingen, Schüler von OBERWINKLER und wurde 1997 promoviert. Er ist Professor und Executive Director of the Key Laboratory of Biodiversity and Biogeography, Kunming Institute of Botany der Academia Sinica.

Jhongli: Prof. Dr. ROLAND KIRSCHNER war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1998 promoviert, ging mit M. PIEPENBRING nach Frankfurt, wurde 2004 habilitiert und ist seit 2010 Professor am Department of Life Sciences der National Central University in Taiwan.

Tainan: Prof. Dr. CHEE-JEN CHEN war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1998 promoviert, kehrte nach Taiwan zurück und ist Professor am Department of Biotechnology an der Southern Taiwan University in Tainan.

Lavras: Prof. Dr. LUDWIG H. PFENNING war Schüler von OBERWINKLER. Er wurde 1993 promoviert und ist seit und ist seit 1997 Associate Professor an der Universidade Federal de Lavras, Departamento de Fitopatologia.

Auszeichnungen für Dissertationen

CHEE-CHEN CHEN erhielt 1998 den Martin-Baker Research Award der Mycological Society of America.

CLAUDIA GÖRKE wurde 1998 mit dem Walter-Schall-Preis der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg ausgezeichnet.

GITTA LANGER wurde 1994 der Anton-de-Bary-Preis der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft verliehen.

MATTHIAS LUTZ erhielt 2004 den Promotionspreis der Universität Tübingen sowie den Oskar-Brefeld-Preis der Deutschen Gesellschaft für Mykologie.

UWE SIMON wurde 2006 von der Deutschen Botanischen Gesellschaft für die beste Publikation 2006 geehrt.

ZHU-LIANG YANG erhielt 1997 den Promotionspreis der Universität Tübingen.

Schlußbemerkungen

Stichpunktartig sollen abschließend einige wichtige Zusammenhänge angesprochen werden, die zumeist in diesem Rückblick erkennbar sind.

- Für den Zeitraum von 1974 bis 2011 wurde mit unseren Forschungsergebnissen ein eigener Beitrag zur Geschichte der Mykologie geliefert. Themenwandel und Methodeneinsatz sind bei mehreren unserer Forschungsrichtungen und den Autoren chronologisch sehr gut zu verfolgen.
- Die Chronologie der Publikationen einzelner Mitarbeiter und der gesamten Gruppe zeigt, wie integrative Forschungsansätze entstanden sind und sich durchgesetzt haben. Sie lässt auch das Entstehen und Verschwinden von Kooperationen sowie die Entwicklung neuer Schwerpunkte an neuen Orten erkennen.
- In den allermeisten Lehrveranstaltungen haben wir den Substraten der Pilze die größtmögliche Aufmerksamkeit gezollt, besonders den Pflanzen. Für die Koevolution der Parasiten dienten die Rostpilze als Modell. Verständlich war der Widerstand, dieses Konzept auch auf die Brandpilze anzuwenden. Mit der schrittweisen Klärung der Phylogenie in dieser Gruppe ging auch die Akzeptanz ihrer koevolutiven Prozesse einher.
- Es gab mehrere Lehrveranstaltungen unter dem Motto „vom Gelände zum Labor“. Der über Jahrzehnte andauernde Oberjoch-Pilzkurs wird von vielen ehemaligen Teilnehmern unter dieser erfolgreichen Zielvorstellung gesehen, desgleichen der Pilzzeichenkurs und weitere einschlägige Praktika.
- Lichtmikroskopie haben wir mit Studierenden ab dem zweiten Semester und besonders in Kursen des Hauptstudiums ausgiebig geübt. Für manche so ausgebildete Mykologen blieb das Prinzip, „zuerst Lebendbeobachtung im Wasserpräparat“, für ihre weitergehende Forschung verbindlich und sehr erfolgreich.
- Unsere Lehr- und Forschungsangebote haben wesentlich dazu beigetragen, dass wir Studierende begeistern und qualifizierte Mykologen ausbilden konnten.
- In Lehre und Forschung konnte immer nachhaltig vermittelt werden: Kein Ökologieverständnis ohne Organismenkenntnis.
- Eine besondere Herausforderung war die Verfügbarkeit der geeignetsten Organismen für unsere Untersuchungen. Oft war dies die Suche nach bisher unbekannten Arten, etwa bei Mykoparasiten, Rost- und Brandpilzen, Käfersymbionten, unbekannten Mykorrhizapartnern und Endophyten, und vielen „Höheren Pilzen“.
- Mit *Sebacina* und *Tulasnella* waren früher nur einige wenige Mykologen vertraut. Mykorrhiza- und Endophytenforschung hat ein beachtliches Interesse an diesen Gattungen wachgerufen, deren Systematik noch der Klärung harret.
- Es gehört zu unserem besonderen Erfolg, dass „exportiert“ werden konnte, gut ausgebildete Mitarbeiter zu allererst, dann aber auch Forschungsthemen zu bestimmten Organismengruppen und sogar Untersuchungsmethoden.
- Die Qualifikation und der intensive Einsatz vieler Mitarbeiter hat den hier dokumentierten Erfolg möglich gemacht. Dafür sind mehrere Mitarbeiter mit Ehrungen und Preisen ausgezeichnet worden. Weil das auch auf den Autor zutrifft, wurden nur diejenigen für ehemalige Doktorandinnen und Doktoranden angeführt.

Dank

Der vorliegende Rückblick belegt ein Netzwerk von Kooperationen, persönlich, institutionell, landesweit und international. Durch Publikationen sind viele Mitarbeiter nominell erfasst, Mitarbeiter mit Schwerpunkten außerhalb der Mykologie und Nichtautoren bleiben leider unerwähnt. Unter diesen wären viele zu nennen, in ganz unterschiedlichen Bereichen. Ihnen allen soll hier für ihre Tätigkeiten in gemeinsamer Sache gedankt werden. Besonderer Dank gilt drei Mitarbeiterinnen mit außergewöhnlichem Einsatz: BRIGITTE HINDERER im Sekretariat, CORNELIA DILGER-ENDRULAT im Herbarium und LJUBOV KISIMOVA-HOROVITZ im Labor.

Ohne sie hätten unsere Arbeiten nicht entstehen können. Gedankt sei auch MARKUS SCHOLLER, denn ohne seine Initiative zur Dokumentation der Mykologie in Baden-Württemberg wäre dieser Beitrag nicht entstanden. GÜNTHER DEML danke ich für die tatkräftige Unterstützung bei der Literaturbeschaffung. PAUL BLANZ, ROLAND KIRSCHNER, GABRIELE und MARTIN SCHABERT, MICHAEL WEIß und ZHU-LIANG YANG haben Korrekturen und/oder kritische Anmerkungen zu verschiedenen Versionen des Manuskripts geliefert. Für diese mühsame und zeitraubende Arbeit danke ich ihnen sehr. Meine Frau, BARBARA OBERWINKLER, hat diese Arbeit mit Hinweisen und Ratschlägen vielfältig begleitet.

Unsere Forschungsvorhaben konnten nicht einzeln dargestellt werden. Die meisten Projekte, aus denen unsere Publikationen hervorgingen, wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziert. Auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) war ein wesentlicher Geldgeber. Ihnen und den ungenannt bleibenden Geldgebern sei hier für ihre Unterstützung nachdrücklich gedankt.

Literatur

- AGERER, R. (1975): *Flagelloscypha*. Studien an cyphelloiden Basidiomyceten. – Sydowia, **27**: 1-265. Dissertation Universität München.
- AGERER, R. (1976): *Cyphella digitalis* A. & S. ex FR. – Ein schüsselförmiger Basidiomycet. – Z. Pilzk., **42**: 39-44.
- AGERER, R. (1978a): *Lachnella-Crinipellis, Stigmatolemma-Fistulina*: zwei Verwandtschaftsreihen? – Z. Mykol., **44**: 51-70.
- AGERER, R. (1978b): Cyphelloide Pilze aus Teneriffa. – Nova Hedwigia, **30**: 295-341.
- AGERER, R. (1979a): *Flagelloscypha* sect. *Lachnelloscypha*, a link between the genera *Lachnella* and *Flagelloscypha*. – Persoonia, **10**: 337-346.
- AGERER, R. (1979b): A new combination in the genus *Flagelloscypha* and a contribution to the identity of *Cyphella peckii*. – Mycotaxon, **9**: 464-468.
- AGERER, R. (1979c): Typusstudien an cyphelloiden Pilzen I. Zur Identität von *Lachnella alboflavida* BRES. ex W. B. COOKE. – Z. Mykol., **45**: 191-194.
- AGERER, R. (1979d): Typusstudien an cyphelloiden Pilzen II. *Rectipilus erubescens*. – Sydowia, **32**: 1-4.
- AGERER, R. (1979e): Typusstudien an cyphelloiden Pilzen III. *Flagelloscypha orthospora*, *F. pseudopanax*, *F. tongariro*. – Sydowia, **32**: 5-12.
- AGERER, R. (1980a): Contribution to neotropical cyphellaceous fungi I. Three new species of *Flagelloscypha*. – Mycologia, **72**: 908-915.
- AGERER, R. (1980b): Contribution to neotropical cyphellaceous fungi II. *Deigloria* gen. nov. (Physalacriaceae). – Mycotaxon, **12**: 185-200.
- AGERER, R. (1981): Contribution to neotropical cyphellaceous fungi III. The new genus *Cyphellocalathus*. – Mycologia, **73**: 486-492.
- AGERER, R. (1982): Beitrag zur Flora cyphelloider Pilze aus der Neotropis IV. *Deigloria paraguayensis*. – Z. Mykol. **48**: 253-255.
- AGERER, R. & BOIDIN, J. (1981): The genus *Amyloflagellula* in West Africa (Basidiomycetes, 'Cyphellaceae'). – Sydowia, **34**: 1-12.
- AGERER, R. & KOTTKE, I. (1981): Sozio-ökologische Studien an Pilzen von Fichten- und Eichen-Buchen-Hainbuchen-Wäldern im Naturpark Schönbuch. – Z. Mykol. **47**: 103-122.
- AGERER, R. & OBERWINKLER, F. (1979): Cyphelloide Tremellaceen. Beihefte – Sydowia, Annales Mycologici Ser. II, **8**: 26-32.
- AGERER, R., PRILLINGER, H.J. & NOLL, H.P. (1980): Studien zur Sippenstruktur der Gattung *Cyphellopsis* I. Darstellung zweier Ausgangssippen. – Z. Mykol., **46**: 177-207.
- AGERER, R., PIEPENBRING, M. & BLANZ, P. eds. (2004): Frontiers in Basidiomycote Mycology. IHW-Verlag, pp. 428.

- AIME, M.C., MATHENY, P.B., HENK, D.A., FRIEDERS, E.M., NILSSON, R.H., PIEPENBRING, M., MCLAUGHLIN, D.J., SZABO, L.J., BEGEROW, D., SAMPAIO, J.P., BAUER, R., WEIB, M., OBERWINKLER, F. & HIBBETT, D. (2006): An overview of the higher level classification of Pucciniomycotina based on combined analyses of nuclear large and small subunit rDNA sequences. – *Mycologia*, **98**: 896-905.
- AMMIRATI, J., GARNICA, S., HALLING, R.E., MATA, M., MUELLER, G.M. & CARRANZA, J. (2007): New *Cortinarius* species associated with *Quercus* and *Comarostaphylis* in Costa Rica. – *Canad. J. Bot.*, **85**: 794-812.
- ANKE, T., OBERWINKLER, F., STEGLICH, W. & HÖFLE, G., (1977): The Striatins – new antibiotics from *Cyathus striatus* (HUDS. ex PERS.) – WILLD. *J. Antibiot.*, **30**: 221-225.
- AOKI, T., TOKUMASU, S. & OBERWINKLER, F. (1992): Fungal succession on fir needles in Germany. – *Trans. Myc. Soc. Jap.*, **33**: 359-374.
- BANDONI, R. & OBERWINKLER, F. (1981): *Hyalopycnis blepharistoma*: a pycnidial basidiomycete. – *Canad. J. Bot.*, **59**: 1613-1620.
- BANDONI, R.J. & OBERWINKLER, F. (1982): *Stilbotulasnella*: a new genus in the Tulasnellaceae. – *Canad. J. Bot.*, **60**: 1875-1879.
- BANDONI, R. & OBERWINKLER, F. (1983): On some species of *Tremella* described by ALFRED MÖLLER. – *Mycologia*, **75**: 854-863.
- BANDONI, R. & OBERWINKLER, F., WELLS, K. (1982): On the poroid genera of the Tremellaceae. – *Canad. J. Bot.*, **60**: 998-1003.
- BANDONI, R., OBERWINKLER, F. & BANDONI, A. (1991): On species of *Filobasidium* associated with *Yuccas*. – *System. Appl. Microbiol.*, **14**: 98-101.
- BASIEWICZ, M., WEIB, M., KOGEL, K.-H., LANGEN, G., ZORN, H. & ZUCCARO, A. (2011): Molecular and phenotypic characterization of *Sebacina vermifera* strains associated with orchids, and the description of *Piriformospora williamsii* sp. nov. – *Fungal Biology*, doi:10.1016/j.funbio.2011.11.003.
- BAUER, R. (1983): Experimentell-ontogenetische und karyologische Untersuchungen an Uredinales. Dissertation Universität Tübingen.
- BAUER, R. (1986): Basidiosporenentwicklung und -keimung bei Heterobasidiomyceten. Teil A: Experimentell-ontogenetische und karyologische Untersuchungen an keimenden Rostpilzbasidiosporen. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **99**: 67-81.
- BAUER, R. (1987): Uredinales – Germination of basidiospores and pycnosporos. *Stud. Mycol.* **30**: 111-125.
- BAUER, R., (2004): Basidiomycetous interfungal cellular interactions – a synopsis. – In: AGERER, R., PIEPENBRING, M., BLANZ, P. (eds) *Frontiers in basidiomycete mycology*. IHW-Verlag, Eching, pp. 325–337.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1986a): Experimentell-ontogenetische Untersuchungen an Phragmobasidien. – *Z. Mykol.*, **52**: 259-264.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1986b): Experimentell-ontogenetische und karyologische Untersuchungen an *Ochropsora ariae* (Fuck.) Ramsb. – *Z. Mykol.*, **52**: 271-275.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1988): Nuclear degeneration during ballistospore formation of *Cronartium asclepiadeum* (Uredinales). – *Bot. Acta*, **101**: 272-282.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1990a): Direct cytoplasm-cytoplasm connection: an unusual host-parasite interaction of the tremelloid mycoparasite *Tetragoniomyces uliginosus*. – *Protoplasma*, **154**: 157-160.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1990b): Haustoria of the mycoparasitic heterobasidiomycete *Christiansenia pallida*. – *Cytologia*, **55**: 419-424.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1990c): Meiosis, spindle pole body cycle and taxonomy of the heterobasidiomycete *Pachnocybe ferruginea*. – *Plant Syst. Evol.*, **172**: 241–261.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1991): The colacosomes: new structures at the host-parasite interface of a mycoparasitic basidiomycete. – *Bot. Acta*, **104**: 53-57.

- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1994): Meiosis, septal pore architecture, and systematic position of the heterobasidiomycetous fern parasite *Herpobasidium filicinum*. – *Canad. J. Bot.*, **72**: 1229-1242.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1997): The Ustomycota: an inventory. – *Mycotaxon*, **64**: 303-319.
- BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2004): Cellular ustilaginomycete-host interactions. – In: VARMA, A., ABBOTT, L., WERNER, D., HAMPP, R. (eds). *Plant Surface Microbiology*. Springer, Heidelberg, pp 227-236.
- BAUER, R., OBERWINKLER, F. & DEML, G. (1989): Ultrastruktur der Basidiensepten phragmobasidialer Brandpilze. – *Z. Mykol.*, **55**: 163-168.
- BAUER, R., BERBEE, M.L. & OBERWINKLER, F. (1991): An electron-microscopic study of meiosis and the spindle pole body cycle in the smut fungus *Sphacelotheca polygoni-serrulati*. – *Canad. J. Bot.*, **69**: 245-255.
- BAUER, R., OBERWINKLER, F. & McLAUGHLIN, D.J. (1992): Meiosis, spindle pole body cycle and basidium ontogeny in the heterobasidiomycete *Agaricostilbum pulcherrimum*. – *System. Appl. Microbiol.*, **15**: 259-274.
- BAUER, R., MENDGEN, K. & OBERWINKLER, F. (1995a): Cellular interaction of the smut fungus *Ustacystis waldsteiniae*. – *Canad. J. Bot.*, **73**: 867-883.
- BAUER, R., MENDGEN, K. & OBERWINKLER, F. (1995b): Septal pore apparatus of the smut *Ustacystis waldsteiniae*. – *Mycologia*, **87**: 18-24.
- BAUER, R., OBERWINKLER, F. & VÁNKY K. (1997): Ultrastructural markers and systematics in smut fungi and allied taxa. – *Canad. J. Bot.*, **75**: 1273-1314.
- BAUER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (1998): Progress in the systematics of smut fungi. – *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten*, **105**: 224-238.
- BAUER, R., OBERWINKLER, F. & VÁNKY K. (1999a): Ustilaginomycetes on *Osmunda*. – *Mycologia*, **91**: 669-675.
- BAUER, R., VÁNKY, K., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (1999b): Ustilaginomycetes on *Selaginella*. – *Mycologia*, **91**: 475-484.
- BAUER, R., BEGEROW, D., OBERWINKLER, F., PIEPENBRING, M. & BERBEE, M. L. (2001a): Ustilaginomycetes. – In: *Mycota VII Part B. Systematics and evolution*. Edited by D. J. McLAUGHLIN, E. G. McLAUGHLIN, P. A. LEMKE, Springer Verlag, Heidelberg, New York, pp. 57-83.
- BAUER, R., BEGEROW, D., NAGLER, A. & OBERWINKLER, F. (2001b): The Georgefischeriales: a phylogenetic hypothesis. – *Micol. Res.*, **105**: 416-424.
- BAUER, R., BEGEROW, D., OBERWINKLER, F. & MARVANOVÁ, L. (2003): *Classicula*: the teleomorph of *Naiadella fluitans*. – *Mycologia*, **95**: 756-764.
- BAUER, R., LUTZ, M. & OBERWINKLER, F. (2004): *Tuberculina*-rusts: a unique basidiomycetous interfungal cellular interaction with horizontal nuclear transfer. – *Mycologia*, **96**: 960-967.
- BAUER, R., LUTZ, M. & OBERWINKLER, F. (2005): *Gjaerumia*, a new genus in the Georgefischeriales (Ustilaginomycetes). – *Micol. Res.*, **109**: 1250-1258.
- BAUER, R., BEGEROW, D., SAMPAIO, J.P., WEIß, M. & OBERWINKLER, F. (2006): The simple-septate basidiomycetes: a synopsis. – *Micol. Progr.*, **5**: 41-66.
- BAUER, R., LUTZ, M., PIATEK, M., VÁNKY, K. & OBERWINKLER, F. (2007): *Flamingomyces* and *Parvulago*, new genera of marine smut fungi (Ustilaginomycotina). – *Micol. Res.*, **111**: 1199-1206.
- BAUER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2008a): Ustilaginomycotina R. BAUER, The true smut fungi. <http://tolweb.org/Ustilaginomycotina/20530/2008.01.23> in The Tree of Life Web Project, <http://tolweb.org/>
- BAUER, R., LUTZ, M., BEGEROW, D., PIATEK, M., VÁNKY, K., BÁCIGALOVÁ, K. & OBERWINKLER, F. (2008b): Anther smut fungi on monocots. – *Micol. Res.*, **112**: 1297-1306.

- BAUER, R., METZLER, B., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2009): *Cystobasidiopsis nirenbergiae*, a new agaricostilbomycete (Pucciniomycotina). – Mycol. Res., **113**: 960-966.
- BECK, E. & KOTTKE, I. (2008): Facing a hotspot of biodiversity. – Basic Appl. Ecol., **9**: 1-3.
- BECK, A., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2005): Two members of the Glomeromycota form distinct ectendomycorrhizas with *Alzatea verticillata*, a prominent tree in the mountain rain forest of southern Ecuador. – Mycol. Progr., **4**: 11-22.
- BECK, A., HAUG, I., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2007): Structural characterization and molecular identification of arbuscular mycorrhiza morphotypes of *Alzatea verticillata* (Alzateaceae), a prominent tree in the tropical mountain rain forest of South Ecuador. – Mycorrhiza, **17**: 607-625.
- BECKMANN, S., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1996): Pilz-Baumwurzelsymbiosen als ökologischer Faktor in mitteleuropäischen Wäldern. – Bedeutung und Nutzung der Ektomycorrhiza insbesondere bei steigender Stickstoffbelastung. – Tübinger Geographische Studien, **116**: 185-200.
- BECKMANN, S., HAUG, I., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1998): Stickstoffdeposition in den Mykorrhizen der Fichte. – In: RASPE, S., FEGER, K.H., ZÖTTL, H.W. (Hrsg.) Ökosystemforschung im Schwarzwald. Auswirkungen von atmosphärischen Einträgen und Restabilisierungsmaßnahmen auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Fichtenwäldern. Verbundprojekt ARINUS. Ecomed Verlagsges., Landsberg, S. 325-335.
- BEGEROW, D., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1997): Phylogenetic studies on nuclear large subunit ribosomal DNA sequences of smut fungi and related taxa. – Canad. J. Bot., **75**: 2045-2056.
- BEGEROW, D., BAUER, R. & BOEKHOUT, T. (2000): Phylogenetic placements of ustilaginomycetous anamorphs as deduced from nuclear LSU rDNA sequences. – Mycol. Res., **104**: 53-60.
- BEGEROW, D., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2001): *Muribasidiospora*: Microstromatales or Exobasidiales? – Mycol. Res., **105**: 798-810.
- BEGEROW, D., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2002a): The Exobasidiales: an evolutionary hypothesis. – Mycol. Progr., **1**: 187-199.
- BEGEROW, D., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2002b): The sterigmata of *Volvocisporium*: a clarification. – Mycol. Res., **106**: 131.
- BEGEROW, D., LUTZ, M. & OBERWINKLER, F. (2002c): Implications of molecular characters for the phylogeny of the genus *Entyloma*. – Mycol. Res., **106**: 1392-1399.
- BEGEROW, D., JOHN, B. & OBERWINKLER, F. (2004a): Evolutionary relationships among β -tubulin gene sequences of basidiomycetous fungi. – Mycol. Res., **108**: 1257-1263.
- BEGEROW, D., GÖKER, M., LUTZ, M. & STOLL, M. (2004b): On the evolution of smut fungi on their hosts. – In: AGERER, BLANZ, PIEPENBRING (eds.) Frontiers in Basidiomycete Mycology. IHW-Verlag : 81-98.
- BEGEROW, D., STOLL, M. & BAUER, R. (2006): A phylogenetic hypothesis of Ustilaginomycotina based on multiple gene analyses and morphological data. – Mycologia, **98**: 906-916.
- BERBEE, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1990): The spindle pole body cycle, meiosis, and basidial cytology of the smut fungus *Microbotryum violaceum*. – Canad. J. Bot., **69**: 1795-1803.
- BERNDT, R. (1993): Untersuchungen zur Ultrastruktur und Anatomie der Melampsoraceen s.l. (Uredinales, Basidiomycetes). Dissertation Universität Tübingen.
- BERNDT, R. (1995): *Diabolidium*, a new genus of rust fungi (Uredinales). – Mycotaxon, **54**: 263-271.
- BERNDT, R. (1996a): *Diorchidium taiwanensis* sp. nov. (Uredinales), a new *Diorchidium* from Taiwan. – Mycotaxon, **59**: 253-257.
- BERNDT, R. (1996b): New species and a new variety of rust fungi (Uredinales) on legumes from tropical America. – Mycotaxon, **59**: 259-267.

- BERNDT, R. (1996c): Ultrastructure of D-haustoria of *Coleosporium* spp. (rust fungi, Uredinales). – *Sydowia*, **48**: 263-272.
- BERNDT, R. (1997a): Morphology of haustoria of *Ravenelia* and *Kernkampella* spp. – *Mycol. Res.*, **101**: 23-34.
- BERNDT, R. (1997b): *Cerotelium dioscoreae*, a new rust fungus on *Dioscorea*. – *Mycol. Res.*, **101**: 3011-314.
- BERNDT, R. (1998a): New *Puccinia* species on *Baccharis* from Ecuador and Costa Rica. – *Mycol. Res.*, **102**: 1108-1122.
- BERNDT, R. (1998b): New species of neotropical rust fungi. – *Mycologia*, **90**: 518-526.
- BERNDT, R. (1999): Neotropical rust fungi: new species and observations. – *Mycologia*, **91**: 1045-1059.
- BERNDT, R. (2002): Additions to rust fungi of Argentina. – *Mycologia*, **94**: 523-534.
- BERNDT, R. (2004): A checklist of Costa Rican rust fungi. – In: AGERER, BLANZ, PIEPENBRING (eds.) *Frontiers in Basidiomycote Mycology*. IHW-Verlag : 185-236.
- BERNDT, R. & OBERWINKLER, F. (1992): Ultrastructure of septal pores of mycorrhiza-forming Ascomycetes. – *Mycologia*, **84**: 360-366.
- BERNDT, R. & OBERWINKLER, F. (1995): Ultrastructure of the parasitic interface of *Pucciniastrum*, *Thekopsora*, *Naohidemycetes*, and *Calyptospora* (Uredinales, Pucciniastraceae). – *Mycoscience*, **36**: 51-59.
- BERNDT, R. & OBERWINKLER, F. (1997): Haustorial ultrastructure and morphology of *Melampsorella* and *Thekopsora areolata*. – *Mycologia*, **89**: 698-705.
- BERNDT, R. & SHARMA, N.D. (1998): *Dicellomyces calami* sp. nov., from India. – *Mycol. Res.*, **102**: 1484-1486.
- BERNDT, R. & UHLMANN, E. (2006): New species, reports, observations and taxonomical changes of southern African rust fungi (Uredinales). – *Mycol. Progr.*, **5**: 154-177.
- BERNDT, R., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1990): Ascomycete mycorrhizas from pot-grown silver-fir seedlings (*Abies alba* Mill.). – *New Phyt.*, **115**: 471-482.
- BERNDT, R., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1994): Ultrastructure of the host-parasite interface in the fern rusts *Milesia*, *Uredinopsis*, and *Hyalopsora* (Uredinales, Pucciniastraceae). – *Canad. J. Bot.*, **72**: 1084-1094.
- BERNDT, R. Freire, F. & Bastos, C. N. (2002): *Crossopsora piperis*, a new rust species from Brazil. – *Mycotaxon*, **83**: 265-268.
- BIALEK, R., IBRICEVIC, A., FOTHERGILL, A. & BEGEROW, D. (2000): Small subunit ribosomal DNA sequence shows *Paracoccidioides brasiliensis* closely related to *Blastomyces dermatitidis*. *J. Clin. Microbio.*, **38**: 3190-3193.
- BIALEK, R., WEIß, M., BEKURE-NEMARIAM, K., NAJVA, L.K., ALBERDI, M.B., GRAYBILL, J.R. & REISCHL, U. (2002): Detection of *Cryptococcus neoformans* DNA in tissue samples by nested and real-time PCR assays. – *Clin. Diagn. Lab. Immunol.*, **9**: 461-469.
- BIALEK, R., GONZÁLEZ, G.M., BEGEROW, D. & ZELCK, U.E. (2005): Coccidioid mycosis and blastomycosis: advances in molecular diagnosis. – *FEMS Immun. Med. Microbio.*, **45**: 355-360.
- BIDARTONDO, M.I., BRUNS, T.D., WEIß, M., SÉRGIO, C. & READ, D.J. (2003): Specialized cheating of the ectomycorrhizal symbiosis by an epiparasitic liverwort. – *Proc. R. Soc. Lond. B*, **270**: 835-842.
- BIEGERT, G. (1999): Sukzessionsprozesse auf Sturmwurfflächen – Wechselwirkungen zwischen der streuzersetzenden Mikropilzflora und dem Substrat Humusauflage. Dissertation Universität Tübingen.
- BLANZ, P. (1977): Vergleichende Merkmalsanalysen an *Exobasidium*-Arten und verwandten Basidiomyceten. Dissertation Universität Tübingen.
- BLANZ, P. (1978): On the taxonomic position of the Exobasidiales. – *Z. Mykol.*, **44**: 91-108.

- BLANZ, P. & GOTTSCHALK, M. (1985): Systematic position of *Septobasidium*, *Graphiola* and other Basidiomycetes as deduced from their 5S ribosomal RNA nucleotide sequences. – System. Appl. Microbiol., **8**: 121-127.
- BLANZ, P. & OBERWINKLER, F. (1983): A contribution to the species definition in the genus *Exobasidium* (Basidiomycetes). – System. Appl. Microbiol., **4**: 199-206.
- BLASIUS, D. (1989): Studien zur Struktur und Dynamik von Ektomykorrhizen der Fichte. Dissertation Universität Tübingen.
- BLASIUS, D. & OBERWINKLER, F. (1989): Succession of mycorrhizae – a matter of tree age or stand age. – Ann. Sci. Forest., **46**: S758-S761.
- BLASIUS, D., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1985): Zur Bewertung der Güte von Fichtenwurzeln geschädigter Bestände. – Forstw. Cbl., **104**: 318-325.
- BLASIUS, D., FEIL, W., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986): Hartig net structure and formation in fully ensheathed ectomycorrhizas. – Nord. J. Bot., **6**: 837-842.
- BLASIUS, D., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1989): Spatial and seasonal dynamics of ectomycorrhizae of *Picea abies* (L.) KARST. in the Black Forest. – Agric. Ecosyst. Environ., **28**: 27-30.
- BOEKHOUT, T., GILDEMACHER, P., THEELEN, B., MÜLLER, W. H., HEIJNE, B. & LUTZ, M. (2006): Extensive colonization of apples by smut anamorphs causes a new postharvest disorder. – FEMS Yeast Research, **6**: 63-76.
- BÜCKING, H., BECKMANN, S., HEYSER, W. & KOTTKE, I. (1998): Elemental contents in vacuolar granules of ectomycorrhizal fungi measured by EELS and EDXS. A comparison of different methods and preparation techniques. – Micron, **29**: 53-61.
- BUSCOT, F. & KOTTKE, I. (1990): The association of *Morchella rotunda* (PERS.) BOUDIER with roots of *Picea abies* (L.) – KARST. New Phyt., **116**: 425-430.
- CELIO, G.J., PADAMSEE, M., DENTINGER, B.T.M., BAUER, R. & McLAUGHLIN, D.J. (2006): Assembling the Fungal Tree of Life: constructing the structural and biochemical database. – Mycologia, **98**: 850-859.
- CHEN, C.-J. (1998): Morphological and molecular studies in the genus *Tremella*. – Bibliotheca Mycologica, **174**: 1-225. Dissertation Universität Tübingen.
- CHEN, C.-J. & OBERWINKLER, F. (2000a): *Heteromycophaga tremellicola* found in the neo-type specimen of *Tremella brasiliensis*. – Mycotaxon, **76**: 163-169.
- CHEN, C.-J. & OBERWINKLER, F. (2000b): *Helicogloea* species collected in Taiwan. – Mycologia, **96**: 418-423.
- CHEN, C.-J. & OBERWINKLER, F. (2004): *Amauromyces farinaceous*, a rare known species and new record from Taiwan. – Mycologia, **96**: 418-423.
- CHEN, C.-J. & OBERWINKLER, F., CHEN, Z.-C. (1997): *Syzygospora nivalis* sp. nov. from Taiwan. – Mycotaxon, **67**: 217-226.
- CHEN, C.-J., OBERWINKLER, F. & CHEN, Z.-C. (2001): Restudy of some type specimens of *Tremella*. – Mycotaxon, **77**: 215-224.
- CHEN, C.-J., OBERWINKLER, F. & CHEN, Z.-C. (2002): *Heterorepetobasidium*, a new genus in the Auriculariales. – Mycologia, **94**: 515-522.
- COMMADINI, O., HAUG, I., RINALDI, A.C. & KUYPER, T.W.. (2004): Uniting *Tricholoma sulphureum* and *T. bufonium*. – Myc. Res., **108**: 1162-1171.
- CRUZ, D., SUÁREZ, J.P., KOTTKE, I., PIEPENBRING, M. & OBERWINKLER, F. (2010): Defining species in *Tulasnella* by correlating morphology and nrDNA ITS-5.8S sequence data of Basidiomycota from a tropical Andean forest. – Mycol. Progr., doi 10.1007/s11557-010-0692-3.
- DE BEER, W., BEGEROW, D., BAUER, R., PEGG, G. S., CROUS, P. W. & WINGFIELD, M. J. (2006): Phylogeny of the Quambalariaceae fam. nov., including important *Eucalyptus* pathogens in South Africa and Australia. – Stud. Mycol., **55**: 293-302.

- DEML, G. (1977a): Vergleichende feinstrukturelle und chemische Merkmalsanalysen an Ustilaginales-Arten. Dissertation Universität Tübingen.
- DEML, G. (1977b): Feinstrukturelle Merkmalsanalysen an Ustilaginales-Arten. – Z. Pilzk. **43**: 291-303.
- DEML, G. (1983): Über die Brandpilze von *Hyparrhenia hirta* (L.) STAPF. I. *Sporisorium transfixum* (TUL.) G. DEML comb. nov. – Z. Mykol., **49**: 171-178.
- DEML, G. (1985): A survey on siderophore formation in low-iron cultured smuts from the floral parts of Polygonaceae. – System. Appl. Microbiol., **6**: 23-24.
- DEML, G. (1986): Keimung phragmobasidialer Brandpilze. – Ber. Deutsch. Bot. Ges., **99**: 83-88.
- DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1980): Siderochromes from heterobasidiomycetes with ontogenetic yeast phases and related species. – In: STEWART, G.G., RUSSEL, I. (eds.): Current developments in yeast research. Pergamon Press, Toronto, pp. 509-514.
- DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1981): Investigations on *Entorrhiza casparyana* by light- and electronmicroscopy. – Mycologia, **73**: 392-398.
- DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1982a): On *Ustilago violacea* (PERS.) ROUSS. from *Saponaria officinalis* L. – Phytopath. Z., **104**: 345-356.
- DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1982b): A survey on siderophore formation in low-iron cultured anther smuts of Caryophyllaceae. – Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. C, **3**: 475-477.
- DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1983): On the anther smuts of *Silene vulgaris* (MOENCH) GARCKE. – Phytopath. Z., **108**: 61-70.
- DEML, G., ANKE, T., OBERWINKLER, F., GIANNETTI, B.M. & STEGLICH, W. (1980): Schizonellin A and B, new glycolipids from *Schizonella melanogramma*. – Phytochem., **19**: 83-87.
- DEML, G., NEBEL, M. & OBERWINKLER, F. (1981a): Light and scanning electron microscopic studies of spore formation in *Ustilago pustulata* and *U. scabiosae*. – Canad. J. Bot., **59**: 122-128.
- DEML, G., POHL, A. & OBERWINKLER, F. (1981b): Brandpilze auf Polygonaceen. – Z. Mykol., **47**: 257-270.
- DEML, G., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1982a): Axenische Kultur von *Coleosporium tussilaginis* (PERS.) LÉV. (Uredinales). II. Kreuzungsversuche mit monokaryotischen Stämmen. – Phytopath. Z., **103**: 149-155.
- DEML, G., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1982b): Axenic cultures of *Coleosporium tussilaginis* (Uredinales). I. Isolation, identification and characterization of the cultures. – Phytopath. Z., **104**: 39-45.
- DEML, G., VOGES, K., JUNG, G. & WINKELMANN, G. (1984): Tetraglycyferrichrome – the first heptapeptide ferrichrome. – FEBS Letters, **173**: 53-57.
- DEML, G., OBERWINKLER, F. & BAUER, R. (1985): *Sphacelotheca polygoni-persicariae* G. DEML & OBERW. spec. nov. – Phytopath. Z., **113**: 231-242.
- DESHMUKH, S., HÜCKELHOVEN, R., SCHÄFER, P., IMANI, J., SHARMA, M., WEIß, M., WALLER, F. & KOGEL, K.-H. (2006): The root endophytic fungus *Piriformospora indica* requires host cell death for proliferation during mutualistic symbiosis with barley. – PNAS, **103**: 18450–18457.
- EBERHARDT, U. (2000): Molekulare Analysen zur Verwandtschaft der agaricoiden Russulaceen im Vergleich mit Mykorrhiza- und Fruchtkörpermerkmalen. Dissertation Universität Tübingen.
- EBERHARDT, U., WALTER L. & KOTTKE, I. (1999): Molecular and morphological discrimination between *Tylospora fibrillosa* and *Tylospora asterophora* mycorrhizae. – Canad. J. Bot., **77**: 11-21.
- EBERHARDT, U., OBERWINKLER, F., VERBEKEN, A., RINALDI, A., PACIONI, G. & COMANDINI, O. (2000): *Lactarius ectomycorrhizae* on *Abies alba*: morphological description, molecular characterization, and taxonomic remarks. – Mycologia, **92**: 860-873.

- EL-ASHKAR, A. (1993): Mikropilzflora des Bodens und der Rhizoplane von Mykorrhizen eines Buchenwaldes und zweier Fichtenbestände. Dissertation Universität Tübingen.
- EL-HISSY, F.T. & OBERWINKLER, F. (1999a): Aquatic Phycomycetes isolated from natural surface waters in Baden-Württemberg (Germany). – *Acta Microbiol. Polon.*, **48**: 363-372.
- EL-HISSY, F.T. & OBERWINKLER, F. (1999b): Oomycetes and Chytridiomycetes (Mastigomycotina) from different soil habitats in Tübingen region (Germany). – *Acta Hydrobiol.*, **41**: 139-153.
- FAJARDO LÓPEZ, M., DIETZ, S., GRUNZE, N., BLOSCHIES, J., WEIB, M. & NEHLS, U. (2008): The sugar porter gene family of *Laccaria bicolor*: function in ectomycorrhizal symbiosis and avoidance of carbohydrate leakage. – *New Phyt.*, **180**: 365-378.
- FEIL, W. (1989): Morphologische und anatomische Untersuchungen zur Reaktion der Mykorrhizen von *Picea abies* (L.) KARST. auf natürlichen und experimentellen Trockenstreß. Dissertation Universität Tübingen.
- FEIL, W., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1988): The effect of drought on mycorrhizal growth and very fine root systems of *Picea abies* (L.) KARST. under natural and experimental conditions. – *Plant and Soil*, **108**: 221-231.
- FROBÖSE, C. (1998): Genetische Variabilität bei *Phlebiopsis gigantea*, einem Antagonisten zu *Heterobasidion annosum*. Dissertation Universität Tübingen.
- GARCÍA-BLÁZQUEZ, G., GÖKER, M., VOGLMAYR, H., MARTIN, M.P., TELLERIA, M.T. & OBERWINKLER, F. (2008): Phylogeny of *Peronospora*, parasitic on Fabaceae, based on ITS sequences. – *Mycol. Res.*, **112**: 502-512.
- GARNICA, S., WEIB, M. & OBERWINKLER, F. (2002): New *Cortinarius* species from *Nothofagus* forests in south Chile. – *Mycologia*, **94**: 136-145.
- GARNICA, S., WEIB, M. & OBERWINKLER, F. (2003a): Morphological and molecular phylogenetic studies in South American *Cortinarius* species. – *Mycol. Res.*, **107**: 1143-1156.
- GARNICA, S., WEIB, M., OERTEL, B. & OBERWINKLER, F. (2003b): Phylogenetic relationships of European *Phlegmacium* species (*Cortinarius*, Agaricales). – *Mycologia*, **95**: 1155-1170.
- GARNICA, S., WEIB, M., OERTEL, B. & OBERWINKLER, F. (2005): A framework for a phylogenetic classification in the genus *Cortinarius* (Basidiomycota, Agaricales) derived from morphological and molecular data. – *Canad. J. Bot.*, **83**: 1457-1477.
- GARNICA, S., WEIB, M., WALTHER, G. & OBERWINKLER, F. (2007): Reconstructing the evolution of agarics from nuclear gene sequences and basidiospore ultrastructure. – *Mycol. Res.*, **111**: 1019-1029.
- GARNICA, S., WEIB, M., OERTEL, B., AMMIRATI, J. & OBERWINKLER, F. (2009): Phylogenetic relationships in *Cortinarius*, section *Calochroi*, inferred from nuclear DNA sequences. – *BMC Evolutionary Biology*, **9**: 1, doi:10.1186/1471-2148-8-1.
- GARNICA, S., SPAHN, P., OERTEL, B., AMMIRATI, J. & OBERWINKLER, F. (2011): Tracking the evolutionary history of *Cortinarius* species in section *Calochroi*, with transoceanic disjunct distributions. – *BMC Evolutionary Biology*, **11**: 213.
- GEBHARDT, H. & OBERWINKLER, F. (2005): Conidial development in selected ambrosial species of the genus *Raffaelea*. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **88**: 61-66.
- GEBHARDT, H., KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (2002): A new *Ophiostoma* species isolated from the ambrosia beetle *Xyleborus dryographus* (Coleoptera: Scolytidae). – *Mycol. Progr.*, **1**: 377-382.
- GEBHARDT, H., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2004): Identification of the ambrosia fungus of *Xyleborus monographus* and *X. dryographus* (Coleoptera: Scolytinae). – *Mycol. Progr.*, **3**: 95-102.
- GEBHARDT, H., WEIB, M. & OBERWINKLER, F. (2005): *Dryadomyces amasae*: a nutritional fungus associated with ambrosia beetles of the genus *Amasa* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). – *Mycol. Res.*, **109**: 687-696.

- GIANNETTI, B., STEGLICH, W., QUACK, W., ANKE, T. & OBERWINKLER, F. (1978): Antibiotics from basidiomycetes. 6. Merulinic acids A, B, and C, new antibiotics from *Merulius tremellosus* and *Phlebia radiata*. – Z. Naturf., **33**: 807-816.
- GÖKER, M., VOGLMAYR, H., RIETHMÜLLER, A., WEIß, M. & OBERWINKLER, F. (2003): Taxonomic aspects of Peronosporaceae inferred from bayesian molecular phylogenetics. – Canad. J. Bot., **81**: 672-683.
- GÖKER, M., RIETHMÜLLER, A., VOGLMAYR, H., WEIß, M. & OBERWINKLER, F. (2004): Phylogeny of *Hyaloperonospora* based on nuclear ribosomal internal transcribed spacer sequences. – Mycol. Progr., **3**: 83-94.
- GÖKER, M., VOGLMAYR, H., RIETHMÜLLER, A. & OBERWINKLER, F. (2007): How do obligate parasites evolve? A multi-gene phylogenetic analysis of downy mildews. – Fungal Genetics and Biology, **44**: 105-122.
- GÖKER, M., VOGLMAYR, H., GARCÍA-BLÁZQUEZ, G. & OBERWINKLER, F. (2009): Species delimitation in downy mildews: the case of *Hyaloperonospora* in the light of nuclear ribosomal ITS and LSU sequences. – Mycol. Res., **113**: 308-325.
- GÖRKE, C. (1998): Mykozönosen von Wurzel und Stamm von Jungbäumen unterschiedlicher Bestandsbegründungen. – Bibliotheca Mycologica, **173**: 1-462. Dissertation Universität Tübingen.
- GÖRKE, C., (1999): Mykozönosen von Wurzel und Stamm von Jungbäumen unterschiedlicher Bestandsbegründungen. – Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, **155**: 81-96.
- GÖRKE, C. (2004): Are saplings of Norway spruce (*Picea abies*) endangered by the pathogenic basidiomycete *Stereum sanguinolentum*? In AGERER, BLANZ, PIEPENBRING (eds.) Frontiers in Basidiomycote Mycology. IHW-Verlag : 403-410.
- GÖRKE, C. & OBERWINKLER, F. (1999a): Phytopathogene Pilze aus juvenilen Waldbäumen von Sturmwurfflächen des Schönbuchs. In: BÖCKER, R., KOHLER, A. (eds). Umweltforschung im Dialog – aktuelle Beiträge aus dem mittleren Neckarraum. 31. Hohenheimer Umwelttagung, pp. 25-32.
- GÖRKE, C. & OBERWINKLER, F. (1999b): Pilze – ein biotischer Streßfaktor für juvenile Bäume? – Forstliche Forschungsberichte, **176**: 53-60.
- GÖRKE, C., HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1996): Sturmwurf: eine Chance für die Waldökosystemforschung. – Tübinger Geographische Studien, **116**: 221-235.
- GÖRKE, C., HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1998): Phytopathogene Pilze aus Wurzel und Stamm juveniler Waldbäume der Naturverjüngung und der Baumschule. – Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, **357**: 55.
- GÖTTEL, G. (1983): Untersuchungen zur Systematik der Gattung *Dacrymyces* NEES per FR. (Basidiomycetes). Dissertation Universität Tübingen.
- GÓMEZ, P.L.D. & KISIMOVA-HOROVITZ, L. (1998): Basidiomicetes de Costa Rica. Nuevas especies de *Exobasidium* (Exobasidiaceae) y registros de Cryptobasidiales. – Rev. Biol. Trop., **46**: 1081-1093.
- GÓMEZ, L.D. & KISIMOVA-HOROVITZ, L. (2001): A new species of *Septobasidium* from Costa Rica. – Mycotaxon, **80**: 255-259.
- GONZÁLEZ, V., VÁNKY, K., PLATAS, G. & LUTZ, M. (2007): *Portalia* gen. nov. (Ustilaginomycotina). – Fungal Diversity, **27**: 45-55.
- GOTTSCHALK, M. (1985): Untersuchungen zur Phylogenie der Basidiomyceten anhand des Vergleichs der Nukleotidsequenzen ihrer 5S ribosomalen Ribonukleinsäuren. Dissertation Universität Tübingen.
- GOTTSCHALK, M. & BLANZ, P. (1984): Highly conserved 5S ribosomal RNA sequences in four rust fungi and atypical 5S rRNA secondary structure in *Microstroma juglandis*. – Nucl. Acids Res., **12**: 3951-3958.

- GOTTSCHALK, M. & BLANZ, P. (1985): Untersuchungen an 5S ribosomalen Ribonukleinsäuren als Beitrag zur Klärung von Systematik und Phylogenie der Basidiomyceten. – Z. Mykol., **51**: 205-243.
- HAMPP, R., ECKE, M., SCHAEFFER, C., WALLEND, T., WINGLER, A., KOTTKE, I. & SUNDBERG, B. (1996): Axenic mycorrhization of wild type and transgenic hybrid aspen expressing T-DNA indolacetic acid-biosynthetic genes. – Trees, **11**: 59-64.
- HAUG, I. (1987): Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an Mykorrhizen von Fichtenbeständen im Schwarzwald. Dissertation Universität Tübingen.
- HAUG, I. (1989a): Intercellular infection in the meristematic region of 'Piceirhiza gelatinosa' mycorrhizas. – New Phyt., **111**: 203-207.
- HAUG, I. (1989b): Mycorrhization of *Picea abies* with *Pisolithus tinctorius* at different nitrogen levels. Agriculture, – Ecosystems and Environment, **28**: 167-170.
- HAUG, I. & FEGER, K.H. (1990): Effects of fertilization with $MgSO_4$ and $(NH_4)_2SO_4$ on soil solution chemistry, mycorrhiza and nutrient content of fine roots in a norway spruce stand. – Water, air and soil pollution, **54**: 453-467.
- HAUG, I. & OBERWINKLER, F. (1987): Some distinct types of spruce mycorrhizae. – Trees, **1**: 172-188.
- HAUG, I. & PRITSCH, K. (1992): Ectomycorrhizal types of spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) in the Black Forest. A microscopical atlas. Kernforschungszentrum Karlsruhe, 89 pp.
- HAUG, I., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986): Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchung von Mykorrhizen der Fichte (*Picea abies* L. (KARST.) in Vertikalprofilen. – Z. Mykol., **52**: 373-392.
- HAUG, I., WEBER, G. & OBERWINKLER, F. (1988): Intracellular infection by fungi in mycorrhizae of damaged spruce trees. – Eur. J. For. Path., **18**: 112-120.
- HAUG, I., WEBER, R., OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1991): Tuberculate mycorrhizas of *Castanopsis borneensis* KING and *Engelhardtia roxburghiana* WALL. – New Phyt., **117**: 25-23.
- HAUG, I., PRITSCH, K. & OBERWINKLER, F. (1992): Der Einfluss von Düngung auf Feinwurzeln und Mykorrhizen im Kulturversuch und im Freiland. – Forschungsbericht KfK-PEF, **97**: 1-159.
- HAUG, I., WEBER, R., OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1994): The mycorrhizal status of Taiwanese trees and the description of some ectomycorrhizal types. – Trees – Structure and Funktion, **8**: 237-253.
- HAUG, I., LEMPE, J., HOMEIER, J., WEIß, M., SETARO, S., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2004): *Graffenrieda emarginata* (Melastomataceae) forms mycorrhizas with Glomeromycota and with a member of the *Hymenoscyphus ericae* aggregate in the organic soil of a neotropical mountain rainforest. – Canad. J. Botany, **82**: 340-356.
- HAUG, I., WEIß, M., HOMEIER, J., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2005): Russulaceae and Thelephoraceae form ectomycorrhizas with members of the Nyctaginaceae (Caryophyllales) in the tropical mountain rain forest of southern Ecuador. – New Phyt., **165**: 923-936.
- HAUG, I., PREUSSING, M., SETARO, S., SUÁREZ, J.P., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2007): 06 Mycorrhizal Fungi. Checklist Reserva Biológica San Francisco (Prov. Zamora-Chinchipe, S. Ecuador). – Ecotropical Monographs, **4**: 119-123.
- HAUG, I., WUBET, T., WEIß, M., AGUIRRE, N., WEBER, M., GÜNTER, S. & KOTTKE, I. (2010): Species-rich but distinct arbuscular mycorrhizal communities in reforestation plots on degraded pastures and in neighboring pristine tropical mountain rain forest. – Trop. Ecol., **51**: 125-148.
- HECHT, H.-J., HÖFLE, G., STEGLICH, W., ANKE, T. & OBERWINKLER, F. (1978): Striatin A, B, and C: novel diterpenoid antibiotics from *Cyathus striatus*; X-ray crystal structure of striatin – A. JCS. Chem. Comm., **1978**: 665-666.

- HENDRICH, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2003): The Cryptobasidiaceae of tropical Central and South America. – *Sydowia*, **55**: 33-64.
- HENDRICH, M., OBERWINKLER, F., M., BEGEROW, D. & BAUER, R. (2004a): *Carex*, subgenus *Carex* (Cyperaceae) – A phylogenetic approach using ITS sequences. – *Plant Syst. Evol.*, **246**: 89-107.
- HENDRICH, M., MICHALSKI, S., BEGEROW, D., OBERWINKLER, F. & HELLWIG, F.H. (2004b): Phylogenetic relationships in *Carex*, subgenus *Vignea* (Cyperaceae) based on ITS sequences. – *Plant Syst. Evol.*, **246**: 109-125.
- HENDRICH, M., BEGEROW, D., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2005): The genus *Anthracoidea* (Basidiomycota, Ustilaginales): a molecular phylogenetic approach using LSU rDNA sequences. – *Mycol. Res.*, **109**: 31-40.
- HERRMANN, S., RITTER, T., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1992): Steigerung der Leistungsfähigkeit von Forstpflanzen (*Fagus sylvatica* L. und *Quercus robur* L.) durch kontrollierte Mykorrhizierung. – *Allgem. Forst- u. Jagd-Zeitung*, **163**: 72-79.
- HIBBETT, D.S., PINE, E. M., LANGER, E., LANGER, G. & DONOGHUE, M. J. (1997): Evolution of gilled mushrooms and puffballs inferred from ribosomal DNA sequences. – *PNAS*, **94**: 12001-12006.
- HIBBETT, D.S., BINDER, M., BISCHOFF, J.F., BLACKWELL, M., CANNON, P.F., ERIKSSON, O.E., HUHNDOFF, S., JAMES, T., KIRK, P.M., LÜCKING, R., LUMBSCH, H.L., LUTZONI, F., MATHENY, P.B., MCLAUGHLIN, D.J., POWELL, M.J., REDEAD, S., SCHOCH, C.L., SPATAFORA, J.W., STALPERS, J.A., VILGALYS, R., AIME, M.C., APTROOT, A., BAUER, R., BEGEROW, D., BENNY, G.L., CASTLEBURY, L.A., CROUS, P.W., DAI, Y.-C., GAMS, W., GEISER, D.M., GRIFFITH, G.W., GUEIDAN, C., HAWKSWORTH, D.L., HESTMARK, G., HOSAKA, K., HUMBER, R.A., HYDE, K.D., IRONSIDE, J.E., KÖLJALG, U., KURTZMAN, C.P., LARSSON, K.-H., LICHTWARDT, R., LONGCORE, J., MIADLIKOWSKA, J., MILLER, A., MONCALVO, J.-M., MOZLEY-STANDRIDGE, S., OBERWINKLER, F., PARMASIO, E., REEB, V., ROGERS, J.D., ROUX, C., RYVARDEN, L., SAMPAIO, J.P., SCHÜBLER, A., SUGIJAMA, J., THORN, R.G., TIBELL, L., UNTEREINER, W.A., WALKER, C., WANG, Z., WEIR, A., WEIB, M., WHITE, M.M., WINKA, K., YAO, Y.-J. & ZHANG, N. (2007): A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. – *Mycol. Res.*, **111**: 509-547.
- HÖNIG, K. (1996): Inokulierung von Eichen- (*Quercus robur* L.) und Buchen- (*Fagus sylvatica* L.) Sämlingen im Gewächshaus und Charakterisierung von zehn Stämmen von *Paxillus involutus* (BATSCH) FR. mit den molekularbiologischen Methoden PCR (polymerase chain reaction) und RFLP (restriction fragment length polymorphism). Dissertation Universität Tübingen.
- HÖNIG, K., RIEFLER, M. & KOTTKE, I. (2000): Survey of *Paxillus involutus* (BATSCH) FR. inoculum and fruitbodies in a nursery by IGS-RFLPs and IGS sequences. – *Mycorrhiza*, **9**: 315-322.
- HONOLD, A. (1982): *Heterobasidion annosum* (FR.) BREF., Ontogenie und Systematik. Dissertation Universität Tübingen.
- HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1998): Pilze im Totholz. – In: FISCHER, A. (ed). Die Entwicklung von Waldbiozönosen nach Sturmwurf. Ecomed Verlag, Landsberg, pp 214-226.
- HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1999): Sukzession saprophytischer und parasitischer Pilze im Fichtentotholz von Sturmwurfflächen. FZKA-BWPLUS: 28.
- HONOLD, A., REXER, K.-H. & OBERWINKLER, F. (1994): Pilz-Baum-Interaktionen in Sturmwurfflächen und stehenden Nachbarbeständen. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (ed). 2. Statuskolloquium des Projektes "Angewandte Ökologie" (PAÖ), **8**: 373-382.
- HONOLD, A., REXER, K.-H. & OBERWINKLER, F. (1996): Pilz-Baum-Interaktionen in Sturmwurfflächen und stehenden Nachbarbeständen. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Ba-

- den-Württemberg (ed). 4. Statuskolloquium des Projektes "Angewandte Ökologie" PAÖ, **16**: 341-355.
- HONOLD, A., REXER, K.-H. & OBERWINKLER, F. (1997): Pilze in und auf Totholz: Eine Chance für den Naturschutz oder eine Gefahr für den Wirtschaftswald? – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (ed). 5. Statuskolloquium des Projektes "Angewandte Ökologie" PAÖ, **22**: 153-162.
- HONOLD, A., REXER, K.-H. & OBERWINKLER, F. (1998): Die Auswirkungen der "Wilden Wiebke". Das Sturmwurfflächen-Projekt. – In: GAMER-WALLERT I., LORENZ S. (eds). Der Schönbuch. Attempto-Verlag, Tübingen, pp 129-141.
- HOU, C.-L., PIEPENBRING, M. & OBERWINKLER, F. (2004): *Nematococcomyces rhododendri*, a new species in a new genus of the Rhytismatales from China. – *Mycologia* **96**: 1380-1385.
- HRYNKIEWICZ, K., HAUG, I., BAUM, C. (2008): Ectomycorrhizal community structure under willows at former ore mining sites. – *Europ. J. Soil Biol.*, **44**: 37-44.
- KEMLER, M., GÖKER, M., OBERWINKLER, F. & BEGEROW, D. (2006): Implications of molecular characters for the phylogeny of the Microbotryaceae (Basidiomycota: Urediniomycetes). – *BMC Evol. Biol.*, **6**: 35.
- KEMLER, M., LUTZ, M., GÖKER, M., OBERWINKLER, F. & BEGEROW, D. (2009): Hidden diversity in the non-caryophyllaceous plant-parasitic members of *Microbotryum* (Pucciniomycotina: Microbotryales). – *System. Biodiv.*, **7**: 297-306.
- KIRSCHNER, R. (1998): Diversität mit Borkenkäfern assoziierter filamentöser Mikropilze. Dissertation Universität Tübingen.
- KIRSCHNER, R. (2001): Diversity of filamentous fungi in bark beetle galleries in Central Europe. – In: Trichomycetes and Other Fungal Groups: Professor ROBERT W. LICHTWARDT Commemoration Volume, Editors Misra, J. K., Horn, B.W., Science Publishers, Inc., Enfield (NH), USA, pp. 175-196.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (1998): *Phialocephala trigonospora*, a new hyphomycete species associated with conifericolous bark beetles. – *Sydowia*, **50**: 205-212.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (1999a): A new basidiomycetous anamorph genus with cruciform conidia. – *Mycoscience*, **40**: 345-348.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (1999b): A new *Ophiostoma* species associated with bark beetles infesting Norway spruce. – *Canad. J. Bot.*, **77**: 247-252.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (1999c): *Cylindrocarpotylus*, a new genus based on a hyphomycete rediscovered from bark beetle galleries. – *Mycol. Res.*, **103**: 1152-1156.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F., (2000): A new species of *Colacogloea* with zygonidia. – *Sydowia*, **52**: 195-203.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (2001): Mycoparasitism by three species of *Diplococcium* (hyphomycetes). – *Plant Biology*, **3**: 449-454.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (2002): *Sebacina allantoidea* sp. nov. – *Cryptogamie, Mycologie*, **23**: 129-133.
- KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (2009): Supplementary notes on *Basidiopycnis hyalina* (Basidiomycota, Atractiellales) and its anamorph. – *Mycotaxon*, **109**: 29-38.
- KIRSCHNER, R., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1999): *Atractocolax*, a new heterobasidiomycetous genus based on a species vectored by conifericolous bark beetles. – *Mycologia*, **91**: 538-543.
- KIRSCHNER, R., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2001a): *Colacosiphon*: a new genus described for a mycoparasitic fungus. – *Mycologia*, **93**: 634-644.
- KIRSCHNER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2001b): A new *Chionosphaera* species associated with conifer inhabiting bark beetles. – *Mycol. Res.*, **105**: 1403-1408.
- KIRSCHNER, R., CHEN, Z.-C. & OBERWINKLER, F. (2001c): New records of ten species of hyphomycetes from Taiwan. – *Fungal Science*, **16**: 47-62.

- KIRSCHNER, R., SAMPAIO, J., GADANHO, M., WEIß, M. & OBERWINKLER, F. (2001d): *Cuniculitrema polymorpha* (Tremellales, gen. nov. and sp. nov.), a heterobasidiomycete vectored by bark beetles, which is the teleomorph of *Sterigmatosporidium polymorphum*. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **80**: 149-161.
- KIRSCHNER, R., BRAUN, U., CHEN, Z.-C. & OBERWINKLER, F. (2002): *Pleurovularia*, a new genus of hyphomycetes proposed for a parasite on leaves of *Microstegium* sp. (Poaceae). – *Mycoscience*, **43**: 15-20.
- KIRSCHNER, R., SAMPAIO, J., BEGEROW, D., CHEN, Z.-C. & OBERWINKLER, F. (2003): *Mycogloea nipponica* – the first known teleomorph in the heterobasidiomycetous yeast genus *Kurtzmanomyces*. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **84**: 109-114.
- KISIMOVA-HOROVITZ, L., OBERWINKLER, F. & GÓMEZ, P.L.D. (1997a): Resupinate Basidiomycetes from Costa Rica. *Litschauerella*, *Subulicystidium* and *Tubulicium* (Corticiaceae a.l.). – *Rev. Biol. Trop.*, **45**: 1311–1324.
- KISIMOVA-HOROVITZ, L., OBERWINKLER, F. & GÓMEZ, P.L.D. (1997b): Basidiomicetos resupinados de Costa Rica. Exidiaceae (Tremellales). – *Rev. Biol. Trop.*, **45**: 1325–1347.
- KISIMOVA-HOROVITZ, L., OBERWINKLER, F. & GÓMEZ, P. L. D. (2000a): Basidiomicetos resupinados de Costa Rica. Myxariaceae s. JÜLICH, Sebacinaceae WELLS & OBERW., y Tremellodendropsidaceae JÜLICH. – *Rev. Biol. Trop.*, **48**: 519–538.
- KISIMOVA-HOROVITZ, L., OBERWINKLER, F. & GÓMEZ, L.D. (2000b): Basidiomicetos resupinados de Costa Rica. Especies nuevas o raras de Atractiellales (Auriculariales s.l.), Exidiaceae, Sirobasidiaceae y Tremellaceae. – *Rev. Biol. Trop.*, **48**: 539–554.
- KOHEN, A., BRANDL, R., FRICKE, R., GALLENMÜLLER, F., KLINGE, K., KÖHNEN, I., MAIER, W., OBERWINKLER, F., RITZ, C., SPECK, T., THEISSEN, G., TSCHARNTKE, T., VAUPEL, A. & WISSEMAN, V. (2010): Radiation, biological diversity and host-parasite interactions in wild roses, rust fungi and insects. – In: GLAUBRECHT, M. (ed.): *Evolution in Action*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- KOST, G. (1981): Vergleichende morphologische, anatomische und feinstrukturelle Merkmalsstudien an Arten der Gattung *Tricholoma* (FR.) STAUDE, Sektion *Genuina* (FR.) SACC. Dissertation Universität Tübingen.
- KOTTKE, I. (1986a): Charakterisierung und Identifizierung von Mykorrhizen. I. Vergleich künstlich gezogener Mykorrhizen mit Formen vom Naturstandort. II. Zur Identität der "safrangelben" Mykorrhiza. – In: Das landschaftsökologische Forschungsprojekt Naturpark Schönbuch, G. Einsele, ed., DFG, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim pp. 463-485.
- KOTTKE, I. (1986b): Wurzelentwicklung und Wachstum der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) auf unterschiedlichen Böden und künstlichen Substraten. In: Das landschaftsökologische Forschungsprojekt Naturpark Schönbuch, G. EINSELE ed., VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, pp. 443-462.
- KOTTKE, I. (1990): Reaction and interaction of mycorrhizae and rhizosphere. – *Lectures Vol.*, **1**: 405-414. Intern. Congr. Forest Decline, Friedrichshafen 1989, Kernforschungszentrum Karlsruhe.
- KOTTKE, I. (1991): Electron energy loss spectroscopy and imaging techniques for subcellular localization of elements in mycorrhiza. – In: NORRIS, J.R., READ, D.J., VARMA, A.K. (eds.) *Methods in Microbiology*, Vol. 23, Techniques for the study of mycorrhiza, pp. 369-382, Academic Press, London, New York.
- KOTTKE, I. (1992) Ectomycorrhizas - organs for uptake and filtering of cations. – In: READ, D.J., LEWIS, D.H., FITTER, A.H., ALEXANDER, I.J. (eds.) *Mycorrhizas in Ecosystems*. CAB International, pp. 316-322.
- KOTTKE, I. (1994): Localization and identification of elements in mycorrhizas. Advantages and limits of electron energy-loss spectroscopy. – *Acta Bot. Gallica* **141**: 507-510.

- KOTTKE, I. (1995): Wirkungskomplex Stickstoff und Wald: Wurzelproduktion, Wurzelsysteme und Mykorrhizaentwicklung. IMA-Querschnittseminar. Umweltbundesamt, – Texte, **28**: 97-106.
- KOTTKE, I. (1997): Fungal adhesion pad formation and penetration of root cuticle in early stage *Picea abies*-*Laccaria amethystea* mycorrhizas. – Protoplasma, **196**: 55-64.
- KOTTKE, I. (1999): Das Einmaleins des Miteinander – Pilz-Wurzel-Symbiosen. – In: Der Schönbuch. Mensch und Wald in Geschichte und Gegenwart. Hrsg. GAMER-WALLERT, I., LORENZ, S. Attempto Verlag, pp. 142-152.
- KOTTKE, I. (2002): Mycorrhizae - Rhizosphere determinants of plant communities. – In: WASEL, Y., ESHEL, A., KAFKAFI, U. (eds.) Plant Roots: The Hidden Half. 3rd ed. MARCEL DEKKER, Inc., p. 919-932.
- KOTTKE, I. (2003): Mykorrhiza: Pilz-Wurzel-Symbiosen – Überlebensstrategien in artenreichen Pflanzengesellschaften und auf Pionierstandorten. – Praxis Naturwissenschaften, Biologie in der Schule **52**: 17-20 48.
- KOTTKE, I. (2004): The surface of ectomycorrhizal roots and the interaction with ectomycorrhizal fungi. – In: VARMA, A., ABBOTT, L., WERNER, D., HAMPP, R. (eds.) Plant Surface Microbiology. Springer Berlin, pp. 211-226.
- KOTTKE, I. & AGERER, R. (1981): Pilzbestand und Mykorrhizaentwicklung älterer Laub- und Nadelwaldbestände des Südwestdeutschen Keuperberglandes. – Z. Mykol., **47**: 301-302.
- KOTTKE, I. & AGERER, R. (1983): Untersuchungen zur Bedeutung der Mykorrhiza in älteren Laub- und Nadelwaldbeständen des Südwestdeutschen Keuperberglandes. – Mitt. Ver. Forstl. Standortsk. Forstpflanzenz., **30**: 30-39.
- KOTTKE, I. & HAUG, I. (2004): The significance of mycorrhizal diversity of trees in the tropical mountain forest of southern Ecuador. – Lyonia, **7**: 50-56.
- KOTTKE, I. & HÖNIG, K. (1998): Improvement of maintenance and autochthones mycorrhization of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) plantlets by premycorrhization with *Paxillus involutus* (BATSCH) FR. – In: MISRA, A. (ed.). Problems of Wasteland Development and Role of Microbes. AMIFM Publications, Bhubaneswar, pp. 187-218.
- KOTTKE, I. & LEONTOVYCOVA, J. (1996): Entwicklung von Mykorrhizen in Abhängigkeit von der Nährelement- und Wasser- und Sauerstoffverfügbarkeit in unterschiedlich aggregierten Böden sowie Lokalisation der Kationenaufnahme. – Forschungszentrum Karlsruhe-PEF, **146**: 99-153.
- KOTTKE, I. & MARTIN, F. (1994): Demonstration of aluminium in polyphosphate of *Laccaria amethystea* (BOLT. ex HOOKER) MURR. by means of electron energy loss spectroscopy. – J. Microsc., **174**: 225-232.
- KOTTKE, I. & NEBEL, M. (2005): The evolution of mycorrhizal-like associations in liverworts: an update. – New Phyt., **167**: 330-334.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986a): Mycorrhiza of forest trees – structure and function. – Trees, **1**: 1-24.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986b): Root fungus interactions observed on initial stages of mantle formation and hartig net establishment in mycorrhizas of *Amanita muscaria* on *Picea abies* in pure culture. – Canad. J. Bot., **64**: 2348-2354.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1987): Cellular structure and function of the Hartig net: coenocytic and transfer cell-like organization. – Nord. J. Bot., **7**: 85-95.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1988a): Comparative studies on the mycorrhization of *Larix decidua* and *Picea abies* by *Suillus grevillei*. – Trees **2**: 115-128.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1988b): Vergleichende Untersuchungen der Feinstwurzelsysteme und der Anatomie von Mykorrhizen nach Trockenstreß und Düngemaßnahmen. – Kfk-PEF, **39**, 19 pp.

- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1990a): Amplification of root-fungus-interface by Hartig net architecture. – In: DREYER, E. et al. (eds.) Forest Tree Physiology, Int. Symp. Nancy 1988, Ann. Sci. For. 46 suppl.: 737s-740s.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1990b): Comparative investigations on the differentiation of the endodermis and the development of the Hartig net in mycorrhizae of *Picea abies* and *Larix decidua*. – Trees, 4: 41-48.
- KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1992): Vitality of tree mycorrhizas in acidic soils. – In: TESCHE, M., FEILER, S. (eds.) Air pollution and interactions between organisms in forest ecosystems. IUFRO-Centennial, Proceedings, Tharandt 1992, 242-244.
- KOTTKE, I. & SUÁREZ, J.P. (2009): Mutualistic, root-inhabiting fungi of orchids. Identification and functional types. – In: PRIDGEON, A.M., SUÁREZ, P.J. (eds.) Proceedings of the Second Conference on Andean Orchids, Universidad Técnica Particular de Loja, pp. 84-99.
- KOTTKE, I. & WÖLLMER, H. (1995): Beobachtungen zur Mykorrhiza- und Feinstwurzeldynamik sowie zur Aktivität von Bodentieren am Standort Schöllkopf unter Einsatz der Rhizoskopie. – In: BITTLINGMAIER, L., REINHARDT, W., SIEFERMANN-HARMS, D. (eds.) Waldschäden im Schwarzwald. Ecomed Verlagsges., pp. 141-148.
- KOTTKE, I., RAPP, C. & OBERWINKLER, F. (1986): Zur Anatomie gesunder und "kranker" Feinstwurzeln von Fichten: Meristem und Differenzierungen in Wurzelspitzen und Mykorrhizen. – Europ. J. Forest Path., 16: 159-171.
- KOTTKE, I., GUTTENBERGER, R., HAMPP, R. & OBERWINKLER, F. (1987): An in vitro method for establishing mycorrhizae on coniferous tree seedlings. – Trees, 1: 191-194.
- KOTTKE, I., OBERWINKLER, F. & MAIFELD, D. (1992): Untersuchungen der Mykorrhizen und der sie begleitenden Mikropilze in stark und weniger stark geschädigten Fichtenbeständen Nordrhein-Westfalens. Forschungsberichte zum Forschungsprogramm des Landes Nordrhein-Westfalen. – "Luftverunreinigungen und Waldschäden", 25, 45 pp.
- KOTTKE, I., WEBER, R., RITTER, T. & OBERWINKLER, F. (1993): Vitality of mycorrhizas and health status of trees on diverse forest stands in West Germany. – In: HÜTTL, R.F., MUELLER-DOMBOIS, D. (eds.) Forest Decline in the Atlantic and Pacific Region. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 189-201.
- KOTTKE, I., HOLOPAINEN, T., ALANEN, E. & TURNAU, K. (1995a): Deposition of nitrogen in vacuolar bodies of *Cenococcum geophilum* Fr. mycorrhizas as detected by electron energy loss spectroscopy. – New Phyt., 129: 411-416.
- KOTTKE, I., PARGNEY, J.C., QIAN, X.M. & LE DISQUET, I. (1995b): Passage and deposition of solutes in the hyphal sheath of ectomycorrhizas - the soil-root interface. – In: SANDER-MANN, H., BONNET-MASIMBERT, M. (eds.) EUROSILVA - Contribution to tree physiology, INRA, Paris, pp 255-271.
- KOTTKE, I., MÜNZENBERGER, B. & OBERWINKLER, F. (1997): Structural approach to function in ectomycorrhizas. – SPB Academic Publ., The Hague: 357-376.
- KOTTKE, I., QIAN, X.-M., PRITSCH, K., HAUG, I. & OBERWINKLER, F. (1998): *Xerocomus badius* – *Picea abies*: an ectomycorrhiza of high activity and element storage capacity in acidic soil. – Mycorrhiza, 7: 267-275.
- KOTTKE, I., BEITER, A., WEIß, M., HAUG, I., OBERWINKLER, F. & NEBEL, M. (2003): Heterobasidiomycetes form symbiotic associations with hepatics: Jungermanniales have sebacinoid mycobionts while *Aneura pinguis* (Metzgeriales) is associated with a *Tulasnella* species. – Mycol. Res., 107: 957-968.
- KOTTKE, I., BECK, A., OBERWINKLER, F., HOMEIER, J. & NEILL, D. (2004): Arbuscular endomycorrhizas are dominant in the organic soil of a neotropical montane cloud forest. – J. Trop. Ecol., 20: 125-129.
- KOTTKE, I., BECK, A., HAUG, I., SETARO, S., JESKE, V., SUÁREZ, J.P., PAZMIÑO, L., PREUBING, M., NEBEL, M. & OBERWINKLER, F. (2008a): Mycorrhizal state and new and special features of mycorrhizae of trees, ericads, orchids, ferns and liverworts. In: BECK, E., BENDIX,

- J., KOTTKE, I., MAKESCHIN, F., MOSANDL, R. (eds). Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador. – Ecol. Stud., **198**: 137-148.
- KOTTKE, I., BECK, A., HAUG, I., SETARO, S. & SUÁREZ, J.P. (2008b): Mycorrhizal fungi and plant diversity in tropical mountain rain forest of southern Ecuador. – In: GRADSTEIN, S.R., HOMEIER, J., GANSERT, D. (eds) The Tropical Mountain Forest: Patterns and Processes in a Biodiversity Hotspot. Biodiversity and Ecology Series vol. 2, Universitätsverlag Göttingen, pp. 67-78.
- KOTTKE, I., HAUG, I., SETARO, S., SUÁREZ, J.P., WEIß, M., PREUSSING, M., NEBEL, M. & OBERWINKLER, F. (2008c): Guilds of mycorrhizal fungi and their relation to trees, ericads, orchids and liverworts in a neotropical mountain rain forest. – Basic Appl. Ecol., **9**: 13-23.
- KOTTKE, I., SUÁREZ, J.P., HERRERA, P., CRUZ, D., BAUER, R., HAUG, I. & GARNICA, S. (2010): Atractiellomycetes belonging to the 'rust' lineage (Pucciniomycota) form mycorrhizae with terrestrial and epiphytic neotropical orchids. Proc. – Royal Soc. B, **277**: 1289-1298.
- KOVÁCS, G.M., BAGI, I., VÁGVÖLGYI, C., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2002): Studies on the root associations of the truffle *Terfezia terfezioides*. – Acta Microbiol. Immun. Hungarica, **49**: 207-213.
- KOVÁCS, G.M., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2003a): Light and electron microscopic study on the mycorrhizae of sporophytes of *Botrychium virginianum* – arbuscular structure resembling fossil forms. – Plant Biology, **5**: 574-580.
- KOVÁCS, G.M., VÁGVÖLGYI, C. & OBERWINKLER, F. (2003b): In vitro interaction of the truffle *Terfezia terfezioides* with *Robinia pseudoacacia* and *Helianthemum ovatum*. – Folia Microbiol., **48**: 369-378.
- KRAUSE, C., GARNICA, S., BAUER, R. & NEBEL, M. (2011): Aneuraceae (Metzgeriales) and tulasnelloid fungi (Basidiomycota) - a model for early steps in fungal symbiosis. – Fungal Biology, **115**: 839-851.
- KUNZWEILER, K. & KOTTKE, I. (1986): Quantifizierung von Myzel im Waldboden. – In: Das landschaftsökologische Forschungsprojekt Naturpark Schönbuch, G. EINSELE, ed., DFG, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim.
- KUPKA, J. (1979): Antibiotika aus Basidiomyceten der Gattungen *Crinipellis*, *Flagelloscypha*, *Halocyphina*, *Lachnella*, *Marasmius* und *Pleurotellus*. Dissertation Universität Tübingen.
- KUPKA, J., ANKE, T., OBERWINKLER, F., SCHRAMM, G. & STEGLICH, W. (1979): Antibiotics from basidiomycetes. 7. Crinipellin, a new antibiotic from the basidiomycetous fungus *Crinipellis stipitaria* (FR.) – PAT. J. Antibiot., **32**: 130-135.
- KURAMAE, E., ROBERT, V., SNEL, B., WEIß, M. & BOEKHOUT, T. (2006): Phylogenomics reveal a robust fungal tree of life. – FEMS Yeast Research, **6**: 1213-1220.
- KWON-CHUNG, K. J., CHANG, Y. C., BAUER, R., SWANN, E. C., TAYLOR, J. W. & GOEL, R. (1995): The characters that differentiate *Filobasidiella depauperata* from *Filobasidiella neoformans*. – Stud. Mycol. **38**: 67-79.
- LAASER, G., JAHNKE, K.D., PRILLINGER, H.J., BAUER, R., HOFFMANN, P., DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1988): A new-tremelloid yeast isolated from *Asterophora lycoperdoides*. – Antonie van Leeuwenhoek, **54**: 57-74.
- LANGER, E. (1994): Die Gattung *Hyphodontia* JOHN ERIKSSON. – Bibliotheca Mycologica, **154**: 1-298. Dissertation Universität Tübingen.
- LANGER, E. (1998): Evolution of *Hyphodontia* (Corticaceae, Basidiomycetes) and related Aphyllophorales inferred from ribosomal DNA sequences. – Folia Crypt. Estonica, **33**: 57-63.
- LANGER, E. (2000): Bemerkenswerte Pilze aus dem Nationalpark Bayerischer Wald: *Schizopora bresinskyi* sp. nov. – Hoppea, **61**: 229-235.
- LANGER, E. & DAI, Y.-C. (1998): Changbai wood-rotting fungi 8. *Hyphodontia syringae* sp. nov. – Mycotaxon, **66**: 181-190.

- LANGER, E. & OBERWINKLER, F. (1993): Corticioid Basidiomycetes I. Morphology and Ultrastructure. – *Windahlia*, **20**: 1-28.
- LANGER, E. & OBERWINKLER, F. (1998): *Spiculogloea occulta* (Heterobasidiomycetes) – morphology and culture characters. – *Mycotaxon*, **69**: 249-254.
- LANGER, E., LANGER, G., OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1992): A new *Hyphodontia* species from Taiwan. – *Trans. Mycol. Soc. Japan*, **33**: 401-408.
- LANGER, E., HALLENBERG, N., KNUDSEN, H., KÖLJALG, U., LANGER, G., LARSSON, K.-H., OBERWINKLER, F., PARMASIO, E., RYVARDEN, L. & VESTERHOLT, J. (1996): (1255) Proposal to reject the names *Xylodon* and *Schizopora* in favour of *Hyphodontia*, nom. cons. (Fungi, Corticiaceae). – *Taxon*, **45**: 685-686.
- LANGER, G. (1994): Die Gattung *Botryobasidium* DONK (Corticiaceae, Basidiomycetes). – *Bibliotheca Mycologica*, **158**: 1-459. Dissertation Universität Tübingen.
- LANGER, G. & LANGER, E. (1998): *Haplotrichum parmastii* sp. nov. collected in Costa Rica. – *Folia Crypt. Estonica*, **33**: 63-69.
- LANGER, G. & LANGER, E. (2000): Die *Botryobasidium*-Arten (Basidiomycetes) des Bayerischen Waldes. – *Hoppea*, **61**: 237-266.
- LANGER, G., LANGER, E., OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (2000): Speciation of *Botryobasidium subcoronatum* (Basidiomycota) collected in Taiwan: morphology, mating tests, and molecular data. – *Mycoscience*, **41**: 201-210.
- LEHNERT, M., KOTTKE, I., SETARO, S., PAZMIÑO, L.F., SUÁREZ, J.P. & KESSLER, M. (2009): Mycorrhizal associations in ferns from southern Ecuador. – *Am. Fern J.*, **99**: 292-306.
- LEHR, N.A., SCHREY, S.D., BAUER, R., HAMPP, R. & TARKKA, M.T. (2007): Suppression of plant defence response by a mycorrhiza helper bacterium. – *New Phyt.*, **174**: 892-903.
- LEONTOVYCOVA, J. (1996): Lokalisation der Kationenaufnahme mit Hilfe der Elektronen-Energieverlust-Analyse (EELS/ESI) in Mykorrhizen in Abhängigkeit von der Wasser- und Sauerstoffverfügbarkeit in unterschiedlich aggregierten Böden. Dissertation Universität Tübingen.
- LUTZ, M. & VÁNKY, K. (2009): An annotated checklist of smut fungi (Basidiomycota: Ustilaginomycotina and Microbotryales) in Slovenia. – *Lidia* **7**: 33-72.
- LUTZ, M., BAUER, R., BEGEROW, D., OBERWINKLER, F., TRIEBEL D. (2004a): *Tuberculina*: rust relatives attack rusts. – *Mycologia*, **96**: 614–626.
- LUTZ, M., BAUER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2004b): *Tuberculina–Thanatophytum / Rhizoctonia crocorum – Helicobasidium*: a unique mycoparasitic–phytoparasitic life strategy. – *Mycol. Res.*, **108**: 227–238.
- LUTZ, M., BAUER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2004c): *Tuberculina–Helicobasidium*: host specificity of the *Tuberculina*-stage reveals unexpected diversity within the group. – *Mycologia*, **96**: 1316–1329.
- LUTZ, M., GÖKER, M., PIATEK, M., KEMLER, M., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2005): Anther smuts of Caryophyllaceae: molecular characters indicate host-dependent species delimitation. – *Myc. Progr.*, **4**: 225-238.
- LUTZ, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2006): Das Doppelleben des Birnengitterrostes. – *Forschung* 4/2006: 13-15.
- LUTZ, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2007): The Double Life of a Fungus. – *German Research* 1/2007: 21-23.
- LUTZ, M., PIATEK, M., KEMLER, M., CHLEBICKI, A. & OBERWINKLER, F. (2008): Anther smuts of Caryophyllaceae: molecular analyses reveal further new species. – *Myc. Res.*, **112**: 1280-1296.
- LUTZ, M., VÁNKY, K. & BAUER, R. (2011): *Melanoxa*, a new genus in the Urocystidales. – *Mycol. Progr.*, DOI 10.1007/s11557-010-0737-7.

- MAIER, W., BEGEROW, D., WEIß, M. & OBERWINKLER, F. (2003): Phylogeny of the rust fungi: an approach using nuclear large subunit ribosomal DNA sequences. – *Canad. J. Bot.*, **81**: 12-23.
- MAIFELD, D. (1998): Endophytische Pilze der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) – Neue Aspekte zur biologischen Kontrolle von *Heterobasidion annosum* (FR.) BREF. Dissertation Universität Tübingen.
- MARJANOVIĆ, Ž., UEHLEIN, N., KALDENHOFF, R., ZWIAZEK, J.J., WEIß, M., HAMPP, R. & NEHLS, U. (2005): Aquaporins in poplar: What a difference a symbiont makes! – *Planta*, **222**: 258–268.
- MARTIN, F., RUBINI, P., CÔTE, R. & KOTTKE, I. (1994): Aluminium polyphosphate complexes in the mycorrhizal basidiomycete *Laccaria bicolor*: a ²⁷Al NMR study. – *Planta*, **194**: 241-246.
- MENNICKEN, M. & OBERWINKLER, F. (2004): A contribution to the rust flora (Uredinales) of southern Africa, with an emphasis on South Africa. – *Mycotaxon*, **90**: 1-28.
- MENNICKEN, M., BERNDT, R. & OBERWINKLER, F. (2003): A new rust fungus (Uredinales) on Penaeaceae: *Uredo sarcocollae* on *Saltera sarcocolla*. – *Mycotaxon*, **80**: 147-151.
- MENNICKEN, M., MAIER, W. & OBERWINKLER, F. (2005a): A contribution to the rust flora (Uredinales) of southern Africa, with an emphasis on Namibia. – *Myc. Progr.*, **4**: 55-75.
- MENNICKEN, M., MAIER, W. & OBERWINKLER, F. (2005b): A contribution to the rust flora (Uredinales) on Zygomorphales (Zygophyllaceae) in Africa. – *Mycotaxon*, **91**: 39-48.
- MENNICKEN, M., MAIER, W., CROUS, P.W. & OBERWINKLER, F. (2005c): A contribution to the rust flora (Uredinales) on Aizoaceae in southern Africa. – *Myc. Progr.*, **4**: 215-224.
- METZLER, B. (1981): Pyknidialstruktur und Pyknosporogenese bei *Gymnosporangium fuscum* DC. – *Z. Mykol.*, **47**: 271-280.
- METZLER, B. (1982): Basidiosporenkeimung und Infektionsvorgang beim Birnengitterrost. – *Phytopath. Z.*, **103**: 126-138.
- METZLER, B. (1984): Der Entwicklungszyklus von *Typhula incarnata* LASCH ex FR. – Feinstrukturelle und funktionelle Aspekte. Dissertation Universität Tübingen.
- METZLER, B. (1986): Die Ultrastruktur der Sklerotienentwicklung von *Typhula incarnata*. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **99**: 59-65.
- METZLER, B. (1988a): The conidia of *Typhula incarnata*. 1. The ultrastructure of conidiogenesis. – *Canad. J. Bot.*, **66**: 1316-1320.
- METZLER, B. (1988b): The conidia of *Typhula incarnata*. 2. Their function as spermatia. – *Canad. J. Bot.*, **66**: 1321-1324.
- METZLER, B. & OBERWINKLER, F. (1986): Charakteristische Meristemschäden in Fichtenwurzeln durch niedrigen pH-Wert und Aluminium-Ionen. – *Allgem. Forstz.*, **42**: 649-651.
- METZLER, B. & OBERWINKLER, F. (1987): The invitro-mycorrhization of *Pinus sylvestris* L. and its dependence on the pH-value. – *Europ. J. Forest Path.*, **17**: 385-397.
- METZLER, B. & OBERWINKLER, F. (1989): *Pinus sylvestris* mycorrhizae and their reaction to acidity in vitro – aspects of bioindication. – *Agric. Ecosyst. Environ.*, **28**: 339-342.
- METZLER, B., OBERWINKLER, F. & PETZOLD, H. (1989): *Rhynchogastrema* gen. nov. and Rhynchogastremaceae fam. Nov. (Tremellales). – *Syst. Appl. Microbiol.*, **12**: 280-287.
- MONCALVO, J.M., NILSSON, R.H., KOSTER, B., DUNHAM, S.M., BERNAUER, T., MATHENY, P.B., MCLENON, T., MARGARITescu, S., WEIß, M., GARNICA, S., DANELL, E., LANGER, G., LANGER, E., LARSSON, E., LARSSON, K.-H. & VILGALYS, R. (2006): The cantharelloid clade: dealing with incongruent gene trees and phylogenetic reconstruction methods. – *Mycologia*, **98**: 937–948.
- MONTOYA, L., HAUG, I. & BANDALA, V.M. (2010): Two *Lactarius* species associated with a relict *Fagus grandifolia* var. *mexicana* population in a Mexican montane cloud forest. – *Mycologia*, **102**: 153-162.

- MOSSEBO, D.C. (1995): Karyologische Untersuchungen zur sexuellen Fortpflanzung von *Dacrymyces stillatus* NEES ex FRIES (Basidiomycetes) und Ultrastruktur der Konidiogenese. Dissertation Universität Tübingen.
- MÜLLER, B. (1989): Chemotaxonomische Untersuchungen an Basidiomycetenhefen. Dissertation Universität Tübingen.
- MÜLLER, C. (1991): Untersuchungen zum Einfluß von Düngung im Wald auf die Fruktifikation von Mykorrhizapilzen. Dissertation Universität Tübingen.
- MÜNZENBERGER, B. (1991): Lösliche und zellwandgebundene Phenole in Mykorrhizen und nicht mykorrhizierten Wurzeln der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) und des Erdbeerbaumes (*Arbutus unedo* L.) und ihre Bedeutung in der Pilz-Wurzel-Interaktion. Dissertation Universität Tübingen.
- MÜNZENBERGER, B., METZLER, B., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986): Morphologische und anatomische Charakterisierung der Mykorrhiza *Lactarius deterrimus* – *Picea abies* in vitro. – Z. Mykol., **52**: 407-422.
- MÜNZENBERGER, B., HEILEMANN, J., STRACK, D., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1990): Phenolics of mycorrhizae and non-mycorrhizal roots of Norway spruce. – Planta, **182**: 142-148.
- MÜNZENBERGER, B., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1992): Ultrastructural investigations of *Arbutus unedo*-*Laccaria amethystea* synthesized in vitro. – Trees, **7**: 40-47.
- MÜNZENBERGER, B., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1995): Reduction of phenolics in mycorrhizas of *Larix decidua* MILL. – Tree Physiology, **15**: 191-196.
- NAGLER, A. M., (1986): Untersuchungen zur Gattungsabgrenzung von *Ginanniella* CIFERRI und *Urocystis* RABENHORST sowie zur Ontogenie von *Thecaphora seminis-convolvuli* (DESM.) ITO. Dissertation Universität Tübingen.
- NAGLER, A. M., (1987): *Urocystis* RABENHORST und *Ginanniella* CIFERRI – zwei eigenständige Gattungen? *Urocystis galanthi* PAPE und *Ginanniella primulicola* (ROSTR.) CIFERRI. – Z. Mykol., **53**: 331-354.
- NAGLER, A. & OBERWINKLER, F. (1984): Über die Nebenfruchtform des Primelbrandes, *Ginanniella primulicola* (MAGNUS) CIFERRI. – Z. Mykol., **50**: 253-265.
- NAGLER, A. & OBERWINKLER, F. (1989): Haustoria in *Urocystis* (Tilletiales). – Pl. Syst. Evol., **165**: 17-28.
- NAGLER, A., BAUER, R., BERBEE, M.L., VÁNKY, K. & OBERWINKLER, F. (1989): Light and electron microscopic studies of *Schroeteria delastrina* and *S. poeltii*. – Mycologia, **81**: 884-895.
- NAGLER, A., BAUER, R., OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1990): Basidial development, spindle pole body, septal pore, and host-parasite interaction in *Ustilago esculenta*. – Nord. J. Bot., **10**: 457-464.
- NEBEL, M., KREIER, H.-P., PREUSSING, M., WEIß, M. & KOTTKE, I. (2004): Symbiotic fungal associations of liverworts are the possible ancestors of mycorrhizae. – In AGERER, R., PIEPENBRING, M., BLANZ, P. (eds) Frontiers in Basidiomycote Mycology, pp. 339-360. IHW-Verlag, Eching.
- NÖRR, R., KOTTKE, I. & BLASCHKE, M. (2003): Das unterirdische Geheimnis von Steinpilz und Trüffel Mykorrhiza im Waldbau. – LWF aktuell, Magazin für Wald, Wissenschaft und Praxis **41**: 26-28.
- OBERWINKLER, F. (1963): Niedere Basidiomyceten aus Südbayern III. Die Gattung *Sebacina* Tul. s. l. – Ber. Bayer. Bot. Ges., **36**: 41-55.
- OBERWINKLER, F. (1964a): Basidentypen niederer Basidiomyceten. – Ber. Deutsch. Bot. Ges., **77**: 114-117.
- OBERWINKLER, F. (1964b): Intrahymeniale Heterobasidiomyceten. Fruchtkörperlose *Sebacina*-Sippen und ihre systematische Stellung. – Nova Hedwigia, **7**: 483-499.

- OBERWINKLER, F. (1965): Primitive Basidiomyceten. Revision einiger Formenkreise von Basidienpilzen mit plastischer Basidie. – *Sydowia*, Ann. Myc. Ser. II, **19**: 1-72.
- OBERWINKLER, F. (1966): Die Gattung *Tubulicrinis* Donk s. l. (Corticiaceae). – *Z. Pilzk.*, **31**: 12-48.
- OBERWINKLER, F. (1970): Die Gattungen der Basidiolichenen. Vorträge aus dem Gesamtgebiet der Botanik, – N. F. [Deutsch. Bot. Ges.], **4**: 139-169.
- OBERWINKLER, F. (1972): The relationships between the Tremellales and the Aphyllophorales. – *Persoonia*, **7**: 1-16.
- OBERWINKLER, F. (1974): Eine agaricoide Gattung der Thelephorales. – *Sydowia*, **8**: 359-361.
- OBERWINKLER, F. (1977a): Das neue System der Basidiomyceten. – In: FREY, W., HURKA, H., OBERWINKLER, F.: Beiträge zur Biologie der niederen Pflanzen. G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York, pp. 59-105.
- OBERWINKLER, F. (1977b): Species and generic concepts in the Corticiaceae. – In: CLEMENÇON, H. The species concept in Hymenomycetes. Proc. Herbette Symp. pp. 331-348.
- OBERWINKLER, F. (1978): Was ist ein Basidiomycet? – *Z. Mykol.*, **44**: 13-29.
- OBERWINKLER, F. (1979): Beziehungen aphyllophoraler zur agaricalen Basidiomyceten. – *Sydowia*, **8**: 276-289.
- OBERWINKLER, F. (1980): Symbiotic relationships between fungus and alga in basidiolichens. In: SCHWEMMLER, H. & SCHENK, H.E.A. (eds.): Endocytobiology, Endosymbiosis and Cell Biology, **1**: 305-315.
- OBERWINKLER, F. (1982): The significance of the morphology of the basidium in the phylogeny of Basidiomycetes. – In: WELLS, K. & WELLS, E.K.: Basidium and basidiocarp. Evolution, cytology, function, and development. Springer Verl. New York, Heidelberg, Berlin pp. 9-35.
- OBERWINKLER, F. (1984): Fungus-alga interactions in basidiolichens. – In: HERTEL, H., OBERWINKLER, F. (eds.): Beiträge zur Lichenologie. Festschrift J. POELT. – Beiheft Nova Hedwigia, **79**: 739-774.
- OBERWINKLER, F. (1985): Anmerkungen zur Evolution und Systematik der Basidiomyceten. – *Bot. Jahrb. Syst.*, **107**: 541-580.
- OBERWINKLER, F. (1987): Heterobasidiomycetes with ontogenetic yeast-stages – systematic and phylogenetic aspects. – *Studies in Mycology*, **43**: 61-74.
- OBERWINKLER, F. (1989a): *Coccidioidictyon* gen. nov. and *Ordonia*, two genera in the Septobasidiales. – *Opera Bot.*, **100**: 185-191.
- OBERWINKLER, F. (1989b): *Ditiola haasii* sp. nov., eine neue Art der Dacrymycetales. – *Z. Mykol.*, **55**: 197-206.
- OBERWINKLER, F. (1990): New genera of auricularioid heterobasidiomycetes. – *Reports of the Tottori Mycological Institute*, **28**: 113-127.
- OBERWINKLER, F. (1992a): Diversity and phylogenetic importance of tropical heterobasidiomycetes. – In: ISAAC, S., FRANKLAND, J.C., WATLING, R., WHALLEY, A.J.S. (eds). Aspects of Tropical Mycology. Cambridge Univ Press, pp. 121-147.
- OBERWINKLER, F. (1992b): Biodiversity amongst filamentous fungi. – *Biodiv. Conserv.*, **1**: 293-311.
- OBERWINKLER, F. (1993a): Evolution in functional groups in Basidiomycetes (Fungi). – In: SCHULZE, E.-D. & MOONEY, H.A. Biodiversity and Ecosystem Function, Springer Verlag, pp. 143-163.
- OBERWINKLER, F. (1993b): Genera in a monophyletic group: The Dacrymycetales. – *Mycologia Helvetica*, **6**: 35-72.
- OBERWINKLER, F. (1994): Höhere Pflanzen und ihre Pilze. Korrekturversion einer Flora von Oberjoch. Farne, Samenpflanzen und mit ihnen vergesellschaftete Pilze, 325 pp.

- OBERWINKLER, F. (1995): Die phylogenetische Bedeutung tropischer Pilze, erläutert am Beispiel der Heterobasidiomyceten. – Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. **10** "Tropenforschung", pp. 137-156, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- OBERWINKLER, F. (2001): Basidiolichens. – In: B. HOCK (ed.) The Mycota. Springer Verl. Berlin, Heidelberg, pp. 211-225.
- OBERWINKLER, F. (2002): Ohne Biotoperhalt kein Artenschutz. – Attempto, **13**: 10-11.
- OBERWINKLER, F. (2009): Die Evolution parasitischer, symbiontischer und saprober Basidiomyceten. – Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd., **37** "Ökologische Rolle von Pilzen", pp. 19-34, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- OBERWINKLER, F. (2012): Basidiolichens. – In: B. HOCK (ed.) The Mycota IX. Springer Verl. Berlin, Heidelberg (im Druck).
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R.J. (1981): *Tetragoniomyces* gen. nov. and Tetragoniomycetaceae fam. nov. (Tremellales). – Canad. J. Bot., **59**: 1034-1040.
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. (1982a): A taxonomic survey of the gasteroid, auricularioid heterobasidiomycetes. – Canad. J. Bot., **60**: 1726-1750.
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. (1982b): Carcinomycetaceae: a new family in the Heterobasidiomycetes. – Nord. J. Bot., **2**: 501-516.
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. (1982c): *Atractogloea*: a new genus in the Hoehnelomycetaceae (Heterobasidiomycetes). – Mycologia, **74**: 634-639.
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. (1983): *Trimorphomyces* – a new genus in the Tremellaceae. – System. Appl. Microbiol., **4**: 105-113.
- OBERWINKLER, F. & BANDONI, R.J. (1984): *Herpobasidium* and allied genera. – Trans. Br. Mycol. Soc., **83**: 639-658.
- OBERWINKLER, F. & BAUER, R. (1989): The systematics of gastroid, auricularioid heterobasidiomycetes. – Sydowia, **41**: 224-256.
- OBERWINKLER, F. & BAUER, R. (1990): *Cryptomycocolax*: a new mycoparasitic heterobasidiomycete. – Mycologia, **82**: 671-692.
- OBERWINKLER, F. & HORAK, E. (1979): Stephanosporaceae – eine neue Familie der Basidiomycetes mit aphylllophoralen und gastroiden Fruchtkörpern. Plant Syst. Evol., **131**: 157-164.
- OBERWINKLER, F. & LOWY, B. (1981): *Syzygospora alba*, a mycoparasitic heterobasidiomycete. – Mycologia, **73**: 1108-1115.
- OBERWINKLER, F. & RYVARDEN, L. (1990a): *Monosporonella*, a new genus in the Tulasnellaceae, Basidiomycetes. – Mycol. Res., **95**: 377-379.
- OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1990b): A new *Dacrymyces* from Taiwan. – Trans. Myc. Soc. Japan, **30**: 349-356.
- OBERWINKLER, F. & TSCHEN, J. (1990c): A new *Repetobasidium* from Taiwan. – Trans. Myc. Soc. Japan, **30**: 343-347.
- OBERWINKLER, F. & WELLS, K. (1985): A new species of *Herpobasidium* from Idaho. – Mycologia, **77**: 265-271.
- OBERWINKLER, F., CASAGRANDE, F. & MÜLLER, E. (1967): Über *Ascocorticium anomalum* (ELL. et HARKN.) EARLE. – Nova Hedwigia, **14**: 283-289.
- OBERWINKLER, F., BANDONI, R., BLANZ, P., DEML, G. & KISIMOVA-HOROVITZ, L. (1982): Graphiolales, basidiomycetes parasitic on palms. – Plant Syst. Evol., **140**: 251-277.
- OBERWINKLER, F., BANDONI, R., BLANZ, P. & KISIMOVA-HOROVITZ, L. (1983): *Cystofilobasidium* – a new genus in the Filobasidiaceae. – System. Appl. Microbiol., **4**: 114-122.
- OBERWINKLER, F., BANDONI, R.J., BAUER, R., DEML, G. & KISIMOVA-HOROVITZ, L. (1984): The life history of *Christiansenia pallida*, a dimorphic, mycoparasitic heterobasidiomycete. – Mycologia, **76**: 9-22.
- OBERWINKLER, F., BAUER, R. & BANDONI, R.J. (1990a): *Colacogloea*: a new genus in the auricularioid heterobasidiomycetes. – Canad. J. Bot., **68**: 2531-2536.

- OBERWINKLER, F., BAUER, R. & BANDONI, R.J. (1990b): Heterogastridiales: a new order of Basidiomycetes. – *Mycologia*, **82**: 48-58.
- OBERWINKLER, F., BAUER, R. & SCHNELLER, J. (1990c): *Phragmoxenidium mycophilum* sp. nov., an unusual mycoparasitic heterobasidiomycete. – *System. Appl. Microbiol.*, **13**: 186-191.
- OBERWINKLER, F., LANGER, E., BURDSALL, H.H. Jr. & TSCHEN, J. (1990d): *Heteroacanthella*: a new genus in the Tulasnellales. – *Trans. Mycol. Soc. Japan*, **31**: 207-213.
- OBERWINKLER, F., PETERSEN, R. & BANDONI, R. (1990e): *Nanstelocephala*, a new genus of stalked-capitate basidiomycetes. – *Mycologia*, **82**: 782-786.
- OBERWINKLER, F., HONOLD, A., HÖNIG, K., KOTTKE, I., LANGER, E., LANGER, G., PFEFFER, C., REXER, K.-H. & WEBER, E. (1993): Pilz-Baum-Interaktionen in Sturmwurfllächen und stehenden Nachbarbeständen – Erhebung der Ausgangssituation. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (ed). – 1. Statuskolloquium des Projektes "Angewandte Ökologie" PAÖ, **7**: 373-382.
- OBERWINKLER, F., BAUER, R. & TSCHEN, J. (1999): The mycoparasitism of *Platyglœa bispora*. – *Kew Bull.*, **51**: 763-769.
- OBERWINKLER, F., KIRSCHNER, R., ARENAL, F., VILLAREAL, M., RUBIO, V., BEGEROW, D. & BAUER, R. (2006): Two new pycnidial members of the Atractiellales: *Basidiopycnis hyalina* and *Proceropycnis pinicola*. – *Mycologia*, **98**: 637-649.
- PARGNEY, J.C. & KOTTKE, I. (1994): Microlocalization of Calcium in the walls of truffle mycorrhizae by analytical transmission electron-microscopy. – *J. Trace Microprobe Techn.*, **12**: 305-321.
- PFENNING, L. (1993): Mikroskopische Bodenpilze des ostamazonischen Regenwaldes (Brasilien). Dissertation Universität Tübingen.
- PFENNING, L. & OBERWINKLER, F. (1993): *Ophiostoma bragantinum* sp. nov., a possible teleomorph of *Sporothrix inflata*, found in Brazil. – *Mycotaxon*, **46**: 381-385.
- PIEPENBRING, M. (1994): Brandpilze (Ustilaginales und Tilletiales) von Costa Rica. Ökologie, Morphologie, Ultrastruktur und Systematik. Dissertation Universität Tübingen.
- PIEPENBRING, M. (1995a): Taxonomic studies on Ustilaginales from Costa Rica. – *Mycol. Res.*, **99**: 783-788.
- PIEPENBRING, M. (1995b): *Trichocintractia*, a new genus for *Cintractia utriculicola* (Ustilaginales). – *Canad. J. Bot.*, **73**: 1089-1096.
- PIEPENBRING, M. (1995c): The morphology of witches' brooms of *Mycosyrinx cissi* (Ustilaginales) on *Cissus* spp. (Vitaceae). – *Beitr. Biol. Pflanzen*, **69**: 177-190.
- PIEPENBRING, M. (1996a): Ecology, seasonal variation, and altitudinal distribution of Costa Rican smut fungi (Ustilaginales and Tilletiales, Basidiomycetes). – *Rev. Biol. Trop.*, **44**: 115-123.
- PIEPENBRING, M. (1996b): Smut fungi (Ustilaginales and Tilletiales) in Costa Rica. – *Nova Hedwigia Beih.*, **113**: 1-155.
- PIEPENBRING, M. (1996c): Two new *Entyloma* species (Ustilaginales) in Central America. – *Sydowia*, **48**: 241-249.
- PIEPENBRING, M. (1999): New and poorly known smut fungi in Cuba. – *Mycol. Res.*, **103**: 459-467.
- PIEPENBRING, M. (2000a): New species of smut fungi from the neotropics. – *Mycol. Res.*, **105**: 757-767.
- PIEPENBRING, M. (2000b): The species of *Cintractia* s. l. (Ustilaginales, Basidiomycota). – *Nova Hedwigia*, **70**: 289-372.
- PIEPENBRING, M. (2001): Smut fungi (Ustilaginomycetes and Microbotryales, Basidiomycota) in Panama. – *Rev. Biol. Trop.*, **49**: 411-428.
- PIEPENBRING, M. & BAUER, R. (1995): Noteworthy germinations of some Costa Rican Ustilaginales. – *Mycol. Res.*, **99**: 853-858.

- PIEPENBRING, M. & BAUER, R. (1997): *Erratomyces*, a new genus with species on Leguminosae. – *Mycologia*, **89**: 924-936.
- PIEPENBRING, M. & OBERWINKLER, F. (2003): Integrating morphological and molecular characteristics for a phylogenetic system of smut fungi. – *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, **124**: 241-253.
- PIEPENBRING, M. & RODRIGUEZ H.M. (1998a): Carbones (Fungi: Ustilaginomycetes) de Cuba. I parte. – *Revista del Jardín Botánico Nacional (de Cuba)*, **19**: 121-131.
- PIEPENBRING, M. & RODRIGUEZ H.M. (1998b): Carbones (Fungi: Ustilaginomycetes) de Cuba. II parte. – *Revista del Jardín Botánico Nacional (de Cuba)*, **19**: 132-146.
- PIEPENBRING, M., VÁNKY, K. & OBERWINKLER, F. (1996): *Aurantiosporium*, a new genus for *Ustilago subnitens* (Ustilaginales). – *Plant Syst. Evol.*, **199**: 53-64.
- PIEPENBRING, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1998a): Teliospores of smut fungi – general aspects of teliospore walls and sporogenesis. – *Protoplasma*, **204**: 155-169.
- PIEPENBRING, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1998b): Teliospores of smut fungi – teliospore walls and the development of ornamentation studied by electron microscopy. – *Protoplasma*, **204**: 170-201.
- PIEPENBRING, M., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1998c): Teliospores of smut fungi – teliospore connections, appendages, and germ pores studied by electron microscopy; phylogenetic discussion of characteristics of teliospores. – *Protoplasma*, **204**: 202-218.
- PIEPENBRING, M., HAGEDORN, G. & OBERWINKLER, F. (1998d): Spore liberation and dispersal in smut fungi. – *Botanica Acta*, **111**: 444-460.
- PIEPENBRING, M., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (1999): Molecular sequence data assess the value of morphological characteristics for a phylogenetic classification of species of *Cintractia*. – *Mycologia*, **91**: 485-498.
- PIEPENBRING, M., STOLL, M. & OBERWINKLER, F. (2002): The generic position of *Ustilago maydis*, *Ustilago scitaminea* and *Ustilago esculenta* (Ustilaginales). – *Mycol. Progr.*, **1**: 71-80.
- POELT, J. & OBERWINKLER, F. (1962): Niedere Basidiomyceten aus Südbayern II. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.*, **35**: 89-95.
- POELT, J. & OBERWINKLER, F. (1964): Zur Kenntnis der flechtenbildenden Blätterpilze der Gattung *Omphalina*. – *Österr. Botan. Z.*, **111**: 393-401.
- PREUSSING, M., NEBEL, M., OBERWINKLER, F. & WEIß, M. (2010): Diverging diversity patterns in the *Tulasnella* (Basidiomycota, Tulasnellales) mycobionts of *Aneura pinguis* (Marchantiophyta, Metzgeriales) from Europe and Ecuador. – *Mycorrhiza*, **20**: 147-159.
- PRILLINGER, H., DEML, G., DÖRFLER, CH., LAASER, G. & LOCKAU, W. (1991): Ein Beitrag zur Systematik und Entwicklungsbiologie höherer Pilze: Hefe-Typen der Basidiomyceten. Teil II: *Microbotryum*-Typ. – *Bot. Acta*, **104**: 5-17.
- PRILLINGER, H., DEML, G., DÖRFLER, CH., LAASER, G. & LOCKAU, W. (1991): Ein Beitrag zur Systematik und Entwicklungsbiologie höherer Pilze: Hefe-Typen der Basidiomyceten. Teil II: *Microbotryum*-Typ. – *Bot. Acta*, **104**: 5-17.
- PRILLINGER, H., OBERWINKLER, F., UMILE, C., TLACHAC, K., BAUER, R., DÖRFLER, C. & TAUFRAZHOFFER, E. (1993): Analysis of cell wall carbohydrates (neutral sugars) from ascomycetous and basidiomycetous yeasts with and without derivatization. – *J. Gen. Appl. Microbiol.*, **39**: 1-34.
- PRILLINGER, H., MESSNER, R., KÖNIG, H., BAUER, R., LOPANDIC, K., MOLNAR, O., DANGEL, P., WEIGANG, F., KIRISITS, T., NAKASE, T. & SIGLER, L. (1996): Yeasts associated with termites: a phenotypic and genotypic characterization and use of coevolution for dating evolutionary radiations in asco- and basidiomycetes. *System. Appl. Microbiol.* **19**: 265-283.
- PRILLINGER, H., LOPANDIC, K., SCHWEIGKOFER, W., DEAK, R., AARTS, H. J. M., BAUER, R., STERFLINGER, K., KRAUS, G. F. & MARAZ, A. (2002): Phylogeny and systematics of the

- fungi with special reference to the Ascomycota and Basidiomycota. – In: BREITENBACH, M., CRAMERI R. & LEHRER, S.B. (eds.). Fungal Allergy and Pathogenicity. Chem. Immunol. **81**: 207-295.
- PRILLINGER, H., WUCZKOWSKI, M., LOPANDIC, K., BAUER, R., MOLMÁR, O. & STERFLINGER, K. (2009): *Schizonella caricis-atratae* (Ustilaginomycetes): a new cryptic species on *Carex atrata* from Austria. – Mycol. Progr., **8**: 157-164.
- QIAN, X.M., EL-ASHKER, A., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1998a): Studies of pathogenic and antagonistic microfungal populations and their potential interactions in the mycorrhizosphere of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) on acidified and limed plots. – Plant and Soil, **199**: 111-116.
- QIAN, X.M., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1998b): Activity of different ectomycorrhizal types studied by vital fluorescence. – Plant and Soil, **199**: 91-98.
- QIAN, X.M., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1998c): Influence of liming and acidification on the activity of the mycorrhizal communities on a *Picea abies* (L.) KARST.) stand. – Plant and Soil, **199**: 99-109.
- QIANG, X., WEIB, M., KOGEL, K.-H. & SCHÄFER, P. (2011): *Piriformospora indica* – a mutualistic basidiomycete with an exceptionally large plant host range. – Molecular Plant Pathology, doi: 10.1111/J.1364-3703.2011.00764.X.
- QUACK, W. (1978): Merulinsäure A, B und C und Merulidial, neue Antibiotika aus Basidiomyceten. Dissertation Universität Tübingen.
- QUACK, W., ANKE, T., OBERWINKLER, F., GIANNETTI, B. & STEGLICH, W. (1978): Antibiotics from basidiomycetes. 5. Merulidial, a new antibiotic from the basidiomycete *Merulius tremellosus* – FR. J. Antibiot., **31**: 737-741.
- REXER, K.-H. (1994): Die Gattung *Mycena* s.l. Studien zu ihrer Anatomie, Morphologie und Systematik. Dissertation Universität Tübingen.
- REXER, K.-H., HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1995): Pilz-Baum-Interaktionen in Sturmwurfflächen und stehenden Nachbarbeständen. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (ed). 3. – Statuskolloquium des Projektes "Angewandte Ökologie" PAÖ, **12**: 117-129.
- REXER, K.-H., HONOLD, A. & OBERWINKLER, F. (1999): Mykorrhiza, Holz- und Streuabbau: Pilze in ökologischen Schlüsselrollen bei der Wiederbewaldung nach Sturmwurf. – Forstliche Forschungsberichte, **176**: 42-52.
- RIETHMÜLLER, A. (2000): Morphologie, Ökologie und Phylogenie aquatischer Oomyceten. Dissertation Universität Tübingen.
- RIETHMÜLLER, A., WEIB, M. & OBERWINKLER, F. (1999): Phylogenetic studies of Saprolegniomycetidae and related groups based on nuclear large subunit ribosomal DNA sequences. – Canad. J. Bot., **77**: 1790-1800.
- RIETHMÜLLER, A., VOGLMAYR, H., GÖKER, M., WEIB, M. & OBERWINKLER, F. (2002): Phylogenetic relationships of the downy mildews (Peronosporales) and related groups based on nuclear large subunit ribosomal DNA sequences. – Mycologia, **94**: 834-849.
- RITSCHEL, A. (2005): Monograph of the genus *Hemileia* (Uredinales). – Bibliotheca Mycologica, **200**: 1-132. Dissertation Universität Tübingen.
- RITSCHEL, A., OBERWINKLER, F. & BERNDT, R. (2005): *Desmosorus*, a new rust genus (Uredinales). – Myc. Progr., **4**: 333-338.
- RITSCHEL, A., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2008): A new species of *Volvocisporium* from Namibia, *V. grewiae* sp. nov. (Microstromatales, Ustilaginomycota). – Mycol. Progr., **7**: 1-5.
- RITTER, T. (1990): Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen zur Vitalität der Mykorrhizen von Fichten (*Picea abies* (L.) KARST.) und Tannen (*Abies alba* MILL.) unterschiedlich geschädigter Bestände im Schwarzwald. Dissertation Universität Tübingen.

- RITTER, T., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986): Nachweis der Vitalität von Mykorrhizen durch FDA-Vitalfluorochromierung. – *Biologie in unserer Zeit*, **16**: 179-185.
- RITTER, T., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1989a): Vitality and ageing of the ectomycorrhizae of damaged and undamaged trees. – *Agriculture, Ecosyst. Environ.*, **28**: 415-419.
- RITTER, T., WEBER, G., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1989b): Interrelationship between vitality of ectomycorrhizae and occurrence of microfungi. – *Ann. Sci. For.*, **46**: 745-749.
- RITTER, T., WEBER, G., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1989c): Zur Mykorrhizaentwicklung von Fichten und Tannen in geschädigten Beständen. – *Biologie in unserer Zeit*, **19**: 9-15.
- RITZ, C.M., MAIER, W.F.A., OBERWINKLER, F. & WISSEMAN, V. (2005): Different evolutionary histories of two *Phragmidium* species infecting the same dog rose hosts. – *Mycol. Res.*, **109**: 603-609.
- SALZER, P., MÜNZENBERGER, B., SCHWACKE, R., KOTTKE, I. & HAGER, A. (1997): Signalling in ectomycorrhizal fungus-root interactions. – In: *Trees - Contribution to modern tree physiology*, ed. by RENNENBERG, H., ESCHRICH, W. & ZIEGLER, H.. SPB Academic Publ., The Hague, pp. 339-356.
- SAMPAIO, J.P. & OBERWINKLER, F. (2011a): *Cystobasidium* (LAGERHEIM) NEUHOFF (1924). – In: *The Yeasts*, KURTZMANN, C.P., FELL, J.W. & BOEKHOUT, T. (eds.), Elsevier, pp. 1419-1422.
- SAMPAIO, J.P. & OBERWINKLER, F. (2011b): *Kriegeria* BRESADOLA (1891). – In: *The Yeasts*, KURTZMANN, C.P., FELL, J.W. & BOEKHOUT, T. (eds.), Elsevier, pp. 1477-1480.
- SAMPAIO, J.P. & OBERWINKLER, F. (2011c): *Occultifur* OBERWINKLER (1990). – In: *The Yeasts*, KURTZMANN, C.P., FELL, J.W. & BOEKHOUT, T. (eds.), Elsevier, pp. 1515-1518.
- SAMPAIO, J.P., BAUER, R., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (1999a): *Occultifur externus* sp. nov., a new species of simple-septate auricularioid heterobasidiomycete from plant litter in Portugal. – *Mycologia*, **91**: 1094-1101.
- SAMPAIO, J. P., FELL, J.W., GADANHO, M. & BAUER, R. (1999b): *Kurtzmanomyces insolitus* sp. nov., a new anamorphic heterobasidiomycetous yeast species. – *System. Appl. Microbiol.*, **22**: 619-625.
- SAMPAIO, J. P., GADANHO, M. & BAUER, R. (2001): Taxonomic studies on the genus *Cystofilobasidium*: description of *Cystofilobasidium ferigula* sp. nov. and clarification of the status of *Cystofilobasidium lari-marini*. *Int. Journ. – System. Evol. Microbio.*, **51**: 221-229.
- SAMPAIO, J. P., WEIß, M., GADANHO, M. & BAUER, R. (2002): New Taxa in the Tremellales: *Bulleribasidium oberjochense* gen. et sp. nov., *Papiliotrema bandonii* gen. et sp. nov. and *Fibulobasidium murrhardtense* sp. nov. – *Mycologia*, **94**: 873-887.
- SAMPAIO, J. P., GADANHO, M., BAUER, R. & WEIß, M. (2003): Taxonomic studies in the Microbotryomycetidae: *Leucosporidium golubevii* sp. nov., *Leucosporidiella* gen. nov. and the new orders Leucosporidiales and Sporidiobolales. – *Mycol. Progr.*, **2**: 53-68.
- SAMPAIO, J.P., KIRSCHNER, R. & OBERWINKLER, F. (2011): *Colacogloea* OBERWINKLER & BANDONI (1990). – In: *The Yeasts*, KURTZMANN, C.P., FELL, J.W. & BOEKHOUT, T. (eds.), Elsevier, pp. 1403-1409.
- SAUTER, C. (1978): Vergleichend morphologische und anatomische Untersuchungen an Polyporaceen. Dissertation Universität Tübingen.
- SCHÄFER, A.M., KEMLER, M., BAUER, R. & BEGEROW, D. (2010): The illustrated life cycle of *Microbotryum* on the host plant *Silene latifolia*. – *Canad. J. Bot.*, **88**: 875-885.
- SCHEUER, C., BAUER, R., LUTZ, M., STABENTHEINER, E., MEL'NIK, V.A. & GRUBE, M. (2008): *Bartheletia paradoxa* is a living fossil on *Ginkgo* leaf litter with a unique septal structure in the Basidiomycota. – *Mycol. Res.*, **112**: 1265-1279.
- SCHMID, E. & OBERWINKLER, F. (1993): Mycorrhiza-like interaction between the achlorophyllous gametophyte of *Lycopodium clavatum* L. and its fungal endophyte studied by light and electron-microscopy. – *New Phyt.*, **124**: 69-81.

- SCHMID, E. & OBERWINKLER, F. (1994): Light and electron-microscopy of the host-fungus interaction in the achlorophyllous gametophyte of *Botrychium lunaria*. – *Canad. J. Bot.*, **72**: 182-188.
- SCHMID, E. & OBERWINKLER, F. (1995): A light-microscopic and electron-microscopic study on a vesicular-arbuscular host-fungus interaction in gametophytes and young sporophytes of the Gleicheniaceae (Filicales). – *New Phyt.*, **129**: 317-324.
- SCHMID, E. & OBERWINKLER, F. (1996): Light and electron microscopy of a distinctive VA mycorrhiza in mature sporophytes of *Ophioglossum reticulatum*. – *Mycol. Res.*, **100**: 843-849.
- SCHMID, E., OBERWINKLER, F. & GOMEZ, L.D. (1995): Light and electron-microscopy of a host-fungus interaction in the roots of some epiphytic ferns from Costa Rica. – *Canad. J. Bot.* **73**: 991-996.
- SCHMITTER, A. (1982): Studien an Heterobasidiomyceten – Feinstrukturelle Untersuchungen zu einzelnen Ontogeniestadien von *Ustilago scabiosae* (SOWERBY) WINTER, Z. Mykol., **48**: 261-274.
- SCHMITTER, A. (1984): Vergleichende Untersuchungen zur Aufklärung von Verwandtschaftsverhältnissen innerhalb der Gattung *Ustilago* (PERS.) ROUSSEL. Dissertation Universität Tübingen.
- SCHOLLER, M., LUTZ, M., WOOD, A. R., HAGEDORN, G. & MENNICKEN, M. (2011): Taxonomy and phylogeny of *Puccinia lagenophorae*: a study using rDNA sequence data, morphological and host range features. – *Mycol. Progr.*, **10**: 175-187.
- SCHRAMM, F., STEGLICH, W., ANKE, T. & OBERWINKLER, F. (1978): Strobilurin A und B, antifungische Stoffwechselprodukte aus *Strobilurus tenacellus*. – *Chem. Ber.*, **111**: 2779-2784.
- SEBALD, F. (1977): Feinstrukturstudien zur Ontogenie der Uredinales und verwandter Basidiomyceten. Dissertation Universität Tübingen.
- SEIFERT, K.A., OBERWINKLER, F. & BANDONI, R. (1992): Notes on *Stilbum vulgare* and *Fibulostilbum phylacicola* gen. et sp. nov. (Atractiellales). – *Bol. Soc. Argent. Bot.*, **28**: 213-217.
- SELLE, A., WILLMANN, M., GRUNZE, N., GEBLER, A., WEIß, M. & NEHLS, U. (2005): The high-affinity poplar ammonium importer PttAMT1.2 and its role in ectomycorrhizal symbiosis. – *New Phyt.*, **168**: 697-706.
- SELOSSE, M. A., BAUER, R. & MOYERSON, B. (2002a): Basal hymenomycetes belonging to the Sebacinaceae are ectomycorrhizal on temperate deciduous trees. – *New Phyt.*, **155**: 183-195.
- SELOSSE, M.-A., WEIß, M., JANY, J.-L. & TILLIER, A. (2002b): Communities and populations of sebacinoid basidiomycetes associated with the achlorophyllous orchid *Neottia nidus-avis* (L.) L.C.M. Rich. and neighbouring tree ectomycorrhizae. – *Molec. Ecol.*, **11**: 1831-1844.
- SELOSSE, M.-A., SETARO, S., GLATARD, F., RICHARD, F., URCELAY, C. & WEIß, M. (2007): Sebacinaleae are common mycorrhizal associates of Ericaceae. – *New Phyt.*, **174**: 864-878.
- SETARO, S., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2006a): Anatomy and ultrastructure of mycorrhizal associations of neotropical Ericaceae. – *Mycol. Progr.*, **5**: 243-254.
- SETARO, S., WEIß, M., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2006b): Sebacinaleae form ectendomycorrhizas with *Cavendishia nobilis*, a member of the andean clade of Ericaceae, in the mountain rain forest of southern Ecuador. – *New Phyt.*, **169**: 355-365.
- SETARO, S.D., GARNICA, S., HERRERA, P.I., SUÁREZ J.P. & GÖKER, M. (2011): A clustering optimization strategy to estimate species richness of Sebacinaleae in the tropical Andes based on molecular sequences from distinct DNA regions. – *Biodivers. Conserv.* DOI 10.1007/s10531-011-0205-y.

- SHEFFERSON, R.P., Weiß, M., Kull, T. & Taylor, D.L. (2005): High specificity generally characterizes mycorrhizal association in rare lady's slipper orchids, genus *Cypripedium*. – *Molec. Ecol.*, **14**: 613–626.
- SHEFFERSON, R., TAYLOR, D., WEIß, M., GARNICA, S., MCCORMICK, M., ADAMS, S., GRAY, H., MCFARLAND, J., KULL, T., TALI, K., YUKAWA, T., KAWAHARA, T., MIYOSHI, K. & LEE, Y.-I. (2007): The evolutionary history of mycorrhizal specificity among lady's slipper orchids. – *Evolution*, **61**: 1380–1390.
- SHI, L., GUTTENBERGER, M., KOTTKE, I. & HAMPP, R. (2002): The effect of drought on mycorrhizas of beech (*Fagus sylvatica* L.): changes in community structure, and the content of carbohydrates and nitrogen storage bodies of the fungi. – *Mycorrhiza*, **12**: 303–311.
- SIMON, U.K. & WEIß, M. (2008): Intragenomic variation of fungal ribosomal genes is higher than previously thought. – *Molec. Biol. Evol.*, **25**: 2251–2254.
- SIMON, U.K., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (2004): The unique cellular interaction between the leaf pathogen *Cymadothea trifolii* and *Trifolium repens*. – *Mycologia*, **96**: 1209–1217.
- SIMON, U.K., BAUER, R., RIOUX, D., SIMARD, M. & OBERWINKLER, F. (2005a): The intercellular biotrophic leaf pathogen *Cymadothea trifolii* locally degrades pectins, but not cellulose or xyloglucan in cell walls of *Trifolium repens*. – *New Phyt.*, **165**: 243–260.
- SIMON, U.K., BAUER, R., RIOUX, D., SIMARD, M. & OBERWINKLER, F. (2005b): The vegetative life-cycle of the clover pathogen *Cymadothea trifolii* as revealed by transmission electron microscopy. – *Mycol. Res.*, **109**: 764–778.
- SIMON, U.K., GROENEWALD, J.Z., STIERHOF, Y.-D., CROUS, P.W. & BAUER, R. (2009): *Myco-sphaerella podagrariae* – a necrotrophic phytopathogen forming a special cellular interaction with its host *Aegopodium podagraria*. – *Mycol. Progr.*, **9**: 49–56.
- SPAAIJ, F., WEBER, G., VAN DER WALT, J.P. & OBERWINKLER, F. (1990): *Myxozyma udenii* sp. nov. (Candidaceae), a new yeast isolated from the rhizosphere of *Mangifera indica*. – *System. Appl. Microbiol.*, **13**: 182–185.
- SPAAIJ, F., WEBER, G., ROEIJMANS, H.J., VAN EIJK, G.W. & OBERWINKLER, F. (1991): *Fellomyces horovitziae* sp. nov., a new basidiomycetous yeast species isolated from a *Xenamatella* basidiocarp. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **59**: 293–298.
- SPAAIJ, F., WEBER, G., VAN DER WALT, J.P. & OBERWINKLER, F. (1992a): *Myxozyma neotropica* sp. nov., a new yeast species from Costa Rica. – *Antonie van Leeuwenhoek*, **62**: 261–265.
- SPAAIJ, F., WEBER, G. & VAN DER WALT, J.P. (1992b): *Myxozyma sirexii* sp. nov. (Candidaceae), a new yeast isolated from the frass of the wood wasp *Sirex juvencus*. – *System. Appl. Microbiol.*, **15**: 427–431.
- SPAAIJ, F., WEBER, G., AOKI, T. & VAN DER WALT, (1993a): *Myxozyma nipponensis* sp. nov. (Candidaceae), a new species recovered from frass of *Ips typographus* f. *japonicus*. – *J. Gen. Appl. Microbiol.*, **39**: 521–528.
- SPAAIJ, F., WEBER, G. & SMITH, M.TH. (1993b): *Myxozyma vanderwaltii* sp. nov. (Candidaceae), a new yeast isolated from a flower of *Protea repens* (L.) – L. *Antonie van Leeuwenhoek*, **63**: 17–21.
- SPRING, O., VOGLMAYR, H., RIETHMÜLLER, A. & OBERWINKLER, F. (2003): Characterization of a *Plasmopara* isolate from *Helianthus x laetiflorus* based on cross infection, morphological, fatty acids and molecular phylogenetic data. – *Mycol. Progr.*, **2**: 163–170.
- SPRING, O., BACHOFER, M., THINES, M., RIETHMÜLLER, A., GÖKER, M. & OBERWINKLER, F. (2006): Intraspecific relationship of *Plasmopara halstedii* isolates differing in pathogenicity and geographic origin based on its sequence data. – *Europ. J. Plant Path.*, **114**: 309–315.
- STOLL, M. (2001): *Ustilago/Sporisorium* (Ustilaginales) – Molekulare Phylogenie und Koevolution mit Gräsern (Poaceae). Dissertation Universität Tübingen.

- STOLL, M., PIEPENBRING, M., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2003): Molecular phylogeny of *Ustilago* and *Sporisorium* species (Basidiomycota, Ustilaginales) based on internal transcribed spacer (ITS) sequences. – *Canad. J. Bot.*, **81**: 976-984.
- STOLL, M., BEGEROW, D. & OBERWINKLER, F. (2005): Molecular phylogeny of *Ustilago*, *Sporisorium*, and related taxa based on combined analyses of rDNA sequences. – *Mycol. Res.*, **109**: 342-356.
- SUÁREZ, J.P., WEIB, M., ABELE, A., GARNICA, S., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2006): Diverse tulasnelloid fungi form mycorrhizas with epiphytic orchids in an andean cloud forest. – *Mycol. Res.*, **110**: 1257-1270.
- SUÁREZ, J.P., WEIB, M., ABELE, A., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2008): Members of Sebaciniales subgroup B form mycorrhizae with epiphytic orchids in a neotropical mountain rain forest. – *Mycol. Progr.*, **7**: 75-85.
- SUÁREZ, J.P., WEIB, M., ABELE, A., OBERWINKLER, F. & KOTTKE, I. (2009): Epiphytic orchids in a mountain rain forest in southern Ecuador harbor groups of mycorrhiza-forming Tulasnellales and Sebaciniales subgroup B (Basidiomycota). – In: PRIDGEON, A.M. & SUÁREZ, P.J. (eds.) *Proceedings of the Second Conference on Andean Orchids*, Universidad Técnica Particular de Loja, pp. 184-196.
- TAGU, D., KOTTKE, I. & MARTIN, F. (1998): Hydrophobins in ectomycorrhizal symbiosis: hypothesis. – *Symbiosis*, **25**: 5-8.
- THINES, M., GÖKER, M., SPRING, O. & OBERWINKLER, F. (2006): A revision of *Bremia graminicola*. – *Mycol. Res.*, **110**: 646-656.
- THINES, M., GÖKER, M., OBERWINKLER, F. & SPRING, O. (2007): A revision of *Plasmopara penniseti*, with implications for the host range of the downy mildews with pyriform haustoria. – *Mycol. Res.*, **111**: 1377-1385.
- THINES, M., GÖKER, M., TELLE, S., RYLEY, M., MATHUR, K., NARAYANA, Y.D., SPRING, O. & THAKUR, R.P. (2008): Phylogenetic relationships of graminicolous downy mildews based on *cox2* sequence data. – *Mycol. Res.*, **112**: 345-351.
- TOKUMASU, S., AOKI, T. & OBERWINKLER, F. (1994): Fungal succession on pine needles in Germany. – *Mycoscience*, **35**: 29-37.
- TURNAU, K. & KOTTKE, I. (2005): Fungal activity as determined by micro-scale methods with special emphasis on interactions with heavy metals. – In: DIGHTON, J. ed. *The Fungal Community*. New York, USA; Decker, M. pp. 287-305.
- TURNAU, K., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1993a): *Paxillus involutus* – *Pinus sylvestris* mycorrhizae from heavily polluted forest. I. Element localization using electron-energy-loss spectroscopy and imaging. – *Botanica Acta*, **106**: 213-219.
- TURNAU, K., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1993b): Comparative study of elongated and globose Woronin bodies using electron-energy-loss spectroscopy (EELS) and imaging (ESI). – *Mycol. Res.*, **97**: 1499-1504.
- TURNAU, K., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1993c): Element localization in mycorrhizal roots of *Pteridium aquilinum* (L.) KUHN collected from experimental plots treated with cadmium dust. – *New Phyt.*, **123**: 313-324.
- TURNAU, K., KOTTKE, I. & DEXHEIMER, J. (1994a) *Paxillus involutus*/*Pinus sylvestris* mycorrhizae from heavily polluted forest. II. Ultrastructure and cytochemical observations. – *Acta Botanica*, **107**: 73-80.
- TURNAU, K., KOTTKE, I., DEXHEIMER, J. & BOTTON, B. (1994b): Element distribution in mycelium of *Pisolithus arrhizus* treated with cadmium dust. – *Annals Botany*, **74**: 137-142.
- TURNAU, K., KOTTKE, I. & DEXHEIMER, J. (1996): Toxic element filtering in *Rhizopogon roseolus*/*Pinus sylvestris* mycorrhizas collected from calamine dumps. – *Mycol. Res.*, **100**: 6-22.

- TURNAU, K., BERGER, A., LOEWE, A., EINIG, W., HAMPP, R., CHALOT, M., DIZENGREMEL, P. & KOTTKE, I. (2001): CO₂ concentration and nitrogen input affect the C and N storage pools in *Amanita muscaria-Picea abies* mycorrhizae. – *Tree Physiol.*, **21**: 93-99.
- UHLMANN, E. (2004): Diversitäten arbuskulärer Mykorrhizapilze Namibias und des westlichen Südafrikas an Hand ausgewählter Biodiversitätsobservatorien. Dissertation Universität Tübingen.
- UHLMANN, E., GÖRKE, C. & OBERWINKLER, F. (2004a): Arbuscular mycorrhizae from arid sites in the summer- and winter rainfall area of southern Africa. – In: OTTE, A., SIMMERING, D., ECKSTEIN, L., HÖLZEL, N. & WALDHARDT, R. (eds.). *Verh. Ges. Ökol. Berlin* **34**: 292.
- UHLMANN, E., GÖRKE, C., PETERSEN, A. & OBERWINKLER, F. (2004b): Arbuscular mycorrhizae from semiarid regions of Namibia. – *Canad. J. Bot.*, **82**: 645-653.
- UHLMANN, E., GÖRKE, C., PETERSEN, A. & OBERWINKLER, F. (2004c): Comparison of AMF species diversity in winter-rainfall areas of South Africa and summer-rainfall areas of Namibia. – *Mycol. Progr.*, **3**: 267-274.
- UHLMANN, E., GÖRKE, C., PETERSEN, A. & OBERWINKLER, F. (2006): Arbuscular mycorrhizae from arid parts of Namibia. – *J. Arid Environ.*, **64**: 221-237.
- UNSELD, M. G. (1988): Vergleichende Sequenzanalyse von Teilbereichen der 18S und 28S ribosomalen RNAs bei niederen Eukaryonten. Dissertation Universität Tübingen.
- URBAN, A., WEIß, M., BAUER, R. (2003): Ectomycorrhizae in the Sebacinaceae. – *Mycol. Res.*, **107**: 3-14.
- URGILES, N., LOJÁN, P., AGUIRRE, N., BLASCHKE, H., GÜNTER, S., STIMM, B. & KOTTKE, I. (2009): Application of mycorrhizal roots improves growth of tropical tree seedlings in the nursery: a step towards reforestation with native species in the Andes of Ecuador. – *New Forests*, **38**: 229-239.
- VÁNKY, K. (1987): The genus *Dermatosorus* (Ustilaginales). – *Trans. Br. Mycol. Soc.*, **89**: 61-65.
- VÁNKY, K. (1990a): The genus *Mundkurella* (Ustilaginales). – *Mycol. Res.*, **94**: 269-273.
- VÁNKY, K. (1990b): Taxonomical studies on Ustilaginales. V. – *Mycotaxon*, **36**: 473-482.
- VÁNKY, K. (1990c): Taxonomical studies on Ustilaginales. VI. – *Mycotaxon*, **38**: 267-278.
- VÁNKY, K. (1991a): Taxonomical studies on Ustilaginales. VII. – *Mycotaxon*, **40**: 157-168.
- VÁNKY, K. (1991b): Taxonomical studies on Ustilaginales. VIII. – *Mycotaxon*, **41**: 483-495.
- VÁNKY, K. (1991c): *Thecaphora* (Ustilaginales) on Leguminosae. – *Trans. Mycol. Soc. Japan*, **32**: 145-159.
- VÁNKY, K. (1991d): Spore morphology in the taxonomy of Ustilaginales. – *Trans. Mycol. Soc. Japan*, **32**: 381-400.
- VÁNKY, K. (1992): Taxonomical studies on Ustilaginales. IX. – *Mycotaxon*, **43**: 417-425.
- VÁNKY, K. (1993): Taxonomical studies on Ustilaginales. X. – *Mycotaxon*, **48**: 27-44.
- VÁNKY, K. (1994a): European smut fungi. Gustav Fischer Verlag, pp. 570.
- VÁNKY, K. (1994b): Ustilaginales of Commelinaceae. – *Mycoscience*, **35**: 353-360.
- VÁNKY, K. (1994c): Taxonomical studies on Ustilaginales. XI. – *Mycotaxon*, **51**: 153-174.
- VÁNKY, K. (1995a): Taxonomical studies on Ustilaginales. XII. – *Mycotaxon*, **54**: 215-238.
- VÁNKY, K. (1995b): Taxonomical studies on Ustilaginales. XIII. – *Mycotaxon*, **56**: 197-216.
- VÁNKY, K. (1996a): *Mycosyrinx* and other pair-spored Ustilaginales. – *Mycoscience*, **37**: 137-185.
- VÁNKY, K. (1996b): Taxonomical studies on Ustilaginales. XIV. – *Mycotaxon*, **59**: 89-113.
- VÁNKY, K. (1996c): The genus *Macalpinomyces* (Ustilaginales). – *Mycotaxon*, **59**: 115-126.
- VÁNKY, K. (1997a): Taxonomical studies on Ustilaginales. XV. – *Mycotaxon*, **62**: 127-150.
- VÁNKY, K. (1997b): New Ustilaginales from Australia. – *Mycotaxon*, **62**: 151-174.
- VÁNKY, K. (1997c): *Heterotolypo sporium*, a new genus of Ustilaginales. – *Mycotaxon*, **63**: 143-154.

- VÁNKY, K. (1997d): Taxonomical studies on Ustilaginales. XVI. – Mycotaxon, **65**: 133-158.
- VÁNKY, K. (1997e): Taxonomical studies on Ustilaginales. XVII. – Mycotaxon, **65**: 159-182.
- VÁNKY, K. (1997f): *Websdanea*, a new genus of smut fungi. – Mycotaxon, **65**: 183-190.
- VÁNKY, K. (1998a): A survey of the spore-ball-forming smut fungi. – Mycol. Res., **102**: 513-526.
- VÁNKY, K. (1998b): The genus *Microbotryum* (smut fungi). – Mycotaxon, **67**: 33-60.
- VÁNKY, K. (1998c): New Australian Ustilaginales. – Mycotaxon, **68**: 327-344.
- VÁNKY, K. (1998d): Taxonomical studies on Ustilaginales. XVIII. – Mycotaxon, **69**: 93-115.
- VÁNKY, K. (1998e): (1327) Proposal to conserve the generic name *Thecaphora* against *Sorosporium* (Fungi, Ustilaginales). – Taxon, **47**: 153-154.
- VÁNKY, K. (1999a): New smut fungi from South Africa. – Mycotaxon, **70**: 17-34.
- VÁNKY, K. (1999b): The new classificatory system for smut fungi, and two new genera. – Mycotaxon, **70**: 35-49.
- VÁNKY, K. (2001): The emended Ustilaginaceae of the modern classificatory system for smut fungi. – Fungal Diversity, **6**: 131-147.
- VÁNKY, K. & BAUER, R. (1992): *Conidiosporomyces*, a new genus of Ustilaginales. – Mycotaxon, **43**: 426-435.
- VÁNKY, K. & BAUER, R. (1995): *Oberwinkleria*, a new genus of Ustilaginales. – Mycotaxon, **53**: 361-368.
- VÁNKY, K. & BAUER, R. (1996): *Ingoldiomyces*, a new genus of Ustilaginales. – Mycotaxon, **59**: 277-287.
- VÁNKY, K. & BERBEE, M. (1988): Are there *Thecaphora* species (Ustilaginales) on Gramineae? – Mycotaxon, **33**: 281-282.
- VÁNKY, K. & LUTZ, M. (2007): Revision of some *Thecaphora* species (Ustilaginomycotina) on Caryophyllaceae. – Mycol. Res., **111**: 1207-1219.
- VÁNKY, K. & LUTZ, M. (2008a): The generic position of *Schizonella isolepidis*. In Vánky, K. Taxonomic studies on Ustilaginomycetes - 28. – Mycotaxon, **106**: 155-157.
- VÁNKY, K. & LUTZ, M. (2008b): *Ustilago duriusculae* is *U. striiformis*. In Vánky, K. Taxonomic studies on Ustilaginomycetes - 28. – Mycotaxon, **106**: 157.
- VÁNKY, K. & LUTZ, M. (2010): *Entyloma majewskii* sp. nov. (Entylomataceae) on *Ranunculus ficaria* from Iran. – Polish Botan. J., **55**: 271-279.
- VÁNKY, K. & LUTZ, M. (2011): *Tubisorus*, new genus of smut fungi (Ustilaginomycetes) for *Sorosporium pachycarpum*. – Mycol. Balcan., **8**: 129-135.
- VÁNKY, K. & MCKENZIE, E.H.C. (1990): *Cintractia oreoboli* and *Schizonella isolepidis*, two new species of Ustilaginales on Cyperaceae in New Zealand. – New Zealand J. Bot., **28**: 249-253.
- VÁNKY, K. & OBERWINKLER, F. (1994): Ustilaginales on Polygonaceae – a taxonomic revision. – Nova Hedwigia, **107**: 1-96.
- VÁNKY, K. & WEBSDANE, K. (1995): Ustilaginales of *Schoenus* (Cyperaceae). – Mycotaxon, **56**: 217-229.
- VÁNKY, K. & WEBSDANE, K. (1996): New Ustilaginales on Cyperaceae from Australia. – Mycotaxon, **58**: 167-183.
- VÁNKY, K., DEML, G. & OBERWINKLER, F. (1988): The smut fungi of *Hyparrhenia hirta* (Gramineae). – J. Phytopath., **121**: 181-191.
- VÁNKY, K., BAUER, R. & BEGEROW, D. (1997): *Fulvisporium*, a new genus of Ustilaginales. – Mycotaxon, **64**: 57-66.
- VÁNKY, K., BAUER, R. & BEGEROW, D. (1998): *Doassinga*, a new genus of Doassansiales. – Mycologia, **90**: 964-970.
- VÁNKY, K., LUTZ, M. & SHIVAS, R. G. (2006): *Anomalomyces panici*, new genus and species of Ustilaginomycetes from Australia. – Mycol. Balcan., **3**: 119-126.

- VÁNKY, K., BAUER, R. & BEGEROW, D. (2007): *Talbotiomyces*, a new genus for *Entorrhiza calospora* (Basidiomycota). – Mycol. Balcan., **4**: 11-14.
- VÁNKY, K., LUTZ, M. & BAUER, R. (2008a): About the genus *Thecaphora* (Glomosporiaceae) and its new synonyms. – Mycol. Progr., **7**: 31-39.
- VÁNKY, K., LUTZ, M. & BAUER, R. (2008b): *Floromyces*, a new genus of Ustilaginomycotina. – Mycotaxon, **104**: 171–184.
- VOGLMAYR, H., RIETHMÜLLER, A., GÖKER, M., WEIß, M. & OBERWINKLER, F. (2004): Phylogenetic relationships of *Plasmopara*, *Bremia* and other genera of downy mildew pathogens with pyriform haustoria based on bayesian analysis of partial LSU rDNA sequence data. – Mycol. Res., **108**: 1011-1024.
- WALLEND, T. & KOTTKE, I. (1998): Nitrogen deposition and ectomycorrhizas. – New Phyt., **139**: 169-187.
- WALTHER, G., GARNICA, S. & WEIß, M. (2005): The systematic relevance of conidiogenesis modes in the gilled Agaricales. – Mycol. Res., **109**: 525–544.
- WALTHER, G. & WEIß, M. (2006): Anamorphs of the Bolbitiaceae (Basidiomycota, Agaricales). – Mycologia, **98**: 792–800.
- WALTHER, G. & WEIß, M. (2008): Anamorphs in the Strophariaceae (Basidiomycota, Agaricales). – Botany, **86**: 551–566.
- WEBER, E., GÖRKE, C. & BEGEROW, D. (2002): The *Lecythophora-Coniochaeta* complex II. Molecular studies based on sequences of the large subunit of ribosomal DNA. – Nova Hedwigia, **74**: 187-200.
- WEBER, G. (1990): Untersuchungen der Mikropilzflora im Wurzelbereich von Fichten verschiedener Schadstufen. Dissertation Universität Tübingen.
- WEBER, G., SPAAIJ, F. & OBERWINKLER, F. (1989): *Myxocephala*, a new genus of hyphomycetes from roots and soil. – Sydowia, **41**: 360-366.
- WEBER, G., SPAAIJ, F. & VAN DER WALT, J.P. (1992): *Kluyveromyces piceae* sp. nov., a new yeast species isolated from the rhizosphere of *Picea abies* (L.) – KARST. Antonie van Leeuwenhoek, **62**: 239-244.
- WEBER, G., SPAAIJ, F. & GAMS, W. (1994): *Ticogloea*, a new genus of hyphomycetes from roots of *Ticodendron incognitum* from Costa Rica. – Mycol. Res., **98**: 660-664.
- WEBER, G., SPAAIJ, F. & WINGFIELD, M. (1996): *Leptographium costaricense* sp. nov., a new species from roots of *Talauma sambuensis* from Costa Rica. – Mycol. Res., **100**: 732-736.
- WEBER, R. (1993): Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen zur Vitalität von Mykorrhizen an Fichten (*Picea abies* (L.) KARST.) verschiedener Schadklassen am Standort „Postturm“ bei Ratzburg. Dissertation Universität Tübingen.
- WEIß, M. (2004-2011): Molecular Phylogenetic Reconstruction. Manual for a course at the Universität of Tübingen, pp. 115.
- WEIß, M. (2007): Die verborgene Welt der Sebacinales. – Biologen heute, **3**: 18–23.
- WEIß, M. (2010): Sebacinales: Basidiomyceten mit enormem Potential für die Mykorrhizafor-schung und für Anwendungen im Pflanzenbau. – Journal für Kulturpflanzen, **63**: 113-114.
- WEIß, M. & GÖKER, M. (2011): Molecular phylogenetic reconstruction. – In KURTZMAN, C.P., FELL, J.W. & BOEKHOUT, T. (eds.) – The Yeasts – A Taxonomic Study, **1**: 159-174. 5th edn. Elsevier, Amsterdam.
- WEIß, M. & OBERWINKLER, F. (2001): Phylogenetic relationships in Auriculariales and related groups – hypotheses derived from nuclear ribosomal DNA sequences. – Mycol. Res., **105**: 403-415.
- WEIß, M., YANG, Z.-L. & OBERWINKLER, F. (1998): Molecular phylogenetic studies in the genus *Amanita*. – Canad. J. Bot., **76**: 1170-1179.
- WEIß, M., BAUER, R. & BEGEROW, D. (2004a): Spotlights on heterobasidiomycetes. – In AGERER, R., PIEPENBRING, M. & BLANZ, P. (eds) Frontiers in Basidiomycote Mycology, pp. 7–48. IHW-Verlag, Eching.

- WEIß, M., SELOSSE, M., REXER, K., URBAN, A. & OBERWINKLER, F. (2004b): Sebacinales: a hitherto overlooked cosm of heterobasidiomycetes with a broad mycorrhizal potential. – *Mycol. Res.*, **108**: 1003-1010.
- WEIß, M., SYKOROVÁ, Z., GARNICA, S., RIESS, K., MARTOS, F., KRAUSE, C., OBERWINKLER, F., BAUER, R. & REDECKER, D. (2011): Sebacinales everywhere: previously overlooked ubiquitous fungal endophytes. – *PloS ONE*, **6**(2): e16793.
- WELLS, K. & OBERWINKLER, F. (1982): *Tremelloscypha gelatinosa*, a species of a new family Sebacinaceae. – *Mycologia*, **74**: 325-331.
- WHITNEY, H., BANDONI, R. & OBERWINKLER, F. (1987): *Entomocorticium dendroctoni* gen. et sp. nov. (Basidiomycotina), a possible nutritional symbiote of the mountain pine-beetle in lodgepole pine in British Columbia. – *Canad. J. Bot.*, **65**: 95-102.
- WILLMANN, A., WEIß, M. & NEHLS, U. (2007): Ectomycorrhiza-mediated repression of the high-affinity ammonium importer gene AmAMT2 in *Amanita muscaria*. – *Current Genetics*, **51**: 71-78.
- WÖLLMER, H. & KOTTKE, I. (1990): Fine root studies in situ and in the laboratory. – *Environ. Pollution*, **68**: 383-407.
- WRIGHT, J.E., BANDONI, R. & OBERWINKLER, F. (1981): *Agaricostilbum*: an auricularioid basidiomycete. – *Mycologia*, **73**: 880-886.
- WUBET, T., KOTTKE, I., TEKETAY, D. & OBERWINKLER, F. (2003a): Mycorrhizal status of indigenous trees in dry afro-montane forests of Ethiopia. – *Forest Ecology and Management*, **179**: 387-399.
- WUBET, T., WEIß, M., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2003b): Morphology and molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in wild and cultivated yew (*Taxus baccata*). – *Canad. J. Bot.*, **81**: 255-266.
- WUBET, T., WEIß, M., KOTTKE, I., TEKETAY, D. & OBERWINKLER, F. (2004): Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in *Prunus africana*, an endangered medicinal tree species in dry afro-montane forests of Ethiopia. – *New Phyt.*, **161**: 517-528.
- WUBET, T., WEIß, M., KOTTKE, I., TEKETAY, D. & OBERWINKLER, F. (2006a): Phylogenetic analysis of nuclear small subunit rDNA sequences suggests that the endangered African Pencil Cedar, *Juniperus procera*, is associated with distinct members of Glomeraceae. – *Mycol. Res.*, **110**: 1059-1069.
- WUBET, T., WEIß, M., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (2006b): Two threatened coexisting indigenous conifer species in the dry afro-montane forests of Ethiopia are associated with distinct arbuscular mycorrhizal fungal communities. – *Canad. J. Bot.*, **84**: 1617-1627.
- WUBET, T., KOTTKE, I., TEKETAY, D. & OBERWINKLER, F. (2009): Arbuscular mycorrhizal fungal community structures differ between co-occurring tree species of dry afro-montane tropical forest, and their seedlings exhibit potential to trap isolates suited for reforestation. – *Mycol. Progr.*, **8**: 317-328.
- YANG, Z.-L. (1997): Die *Amanita*-Arten von Südwestchina. – *Bibliotheca Mycologica*, **170**: 1-240. Dissertation Universität Tübingen.
- YANG, Z.-L. & OBERWINKLER, F. (1999): Fruit body development in *Amanita muscaria* (Basidiomycetes). – *Nova Hedwigia*, **68**: 441-468.
- YANG, Z.-L., WEIß, M., NEHLS, U., KOTTKE, I., GUTTENBERGER, M., HAMPP, R. & OBERWINKLER, F. (1999): *Amanita*. – In: CAIRNEY J.W.G., CHAMBERS S.M. (eds). Ectomycorrhizal fungi: key genera in profile. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, pp. 201-230.
- YANG, Z.-L., WEIß, M. & OBERWINKLER, F. (2004): New species of *Amanita* from the eastern Himalaya and adjacent regions. – *Mycologia*, **96**: 636-646.
- ZUGMAIER, W. (1991): Parasitismus von *Tremella*-Arten. Dissertation Universität Tübingen.
- ZUGMAIER, W., BAUER, R. & OBERWINKLER, F. (1994): Mycoparasitism of some *Tremella* species. – *Mycologia*, **86**: 49-56.

ZUGMAIER, W. & OBERWINKLER, F. (1995): Tremelloid haustorial cells with haustorial filaments and potential host-range of *Tremella mesenterica*. – Nord. J. Bot., **15**: 207-213.