

Ansätze zur Erfassung der taxonomischen Struktur der Ascomycetengattung *Cosmospora* und ihrer Nebenfruchtformen

TOM GRÄFENHAN

Widmung: Dieser Artikel erscheint aus Anlass des 75. Geburtstages meines Freundes und Mentors Dr. Walter Gams, dessen vielfache Unterstützung und lehrsame Geduld ich vieles zu verdanken habe. Sein kontinuierliches Engagement für die mykologische Lehre und Wissenschaft hat Studenten wie Kollegen die Welt der Pilze auf begeisternde Weise nahegebracht. Als echter Polyglott ist er in ganz Europa zuhause und nimmt in vielen Ländern noch immer regelmäßig an mykologischen Exkursionen teil. Die gemeinnützige Studienstiftung Mykologie wurde von ihm 1995 in Köln aus privaten Mitteln gegründet und unterstützt seitdem wissenschaftliche Arbeiten vor allem junger Biologen.

GRÄFENHAN, T. (2009): Contributions to the taxonomy of the ascomycete genus *Cosmospora* and its anamorphs. *Z. Mykol.* 75/2: 175-188

Keywords: taxonomy, morphology, phylogeny, DNA barcode, host fungus, host plant, *Fusarium*, *Nectria*, anamorph-teleomorph relationships.

Summary: The hypocrealean genus *Cosmospora* was resurrected in 1999, mainly comprising members of the former *Nectria episphearia*-group. For almost a century, anamorphs of various hyphomycete genera were linked to different species of *Cosmospora*. These anamorphs include members of *Acremonium*, *Chaetopsina*, *Fusarium*, *Stilbella*, *Verticillium*, and *Volutella*. Thus, *Cosmospora* has long been assumed to be polyphyletic, but no formal taxonomic conclusions have been drawn. With this, it becomes apparent that known and accepted *Cosmospora*-anamorph connections need to be reviewed critically. For example, the anamorph-teleomorph relationship of *Fusarium ciliatum* with different nectriaceous fungi, viz. *Nectria decora* and *Cosmospora diminuta*, is discussed in detail. Ecologically little is known about *Cosmospora* spp. and their role in nature. Old-growth forests with a diversity of deciduous tree species are fertile grounds for hobby and professional mycologists collecting specimens of nectriaceous fungi. Several *Cosmospora* spp. occur only on a small range of fungi and/or plants implying some host specificity. The understanding of the ecological context will help in finding recent material of long-known species that first and foremost need to be characterized by DNA sequences. This will provide the crucial link between today's molecular phylogenies and traditional taxonomy of the past centuries. By having this foundation, phylogenetic studies of *Cosmospora* will reveal numerous new species, especially in conjunction with state-of-the-art de-

Anschrift des Autors: Biodiversity (Mycology and Botany), ECORC, Agriculture and Agri-Food Canada, 960 Carling Avenue, Ottawa, Ontario, K1A 0C6, Kanada; E-mail: tom.graefenhan@agr.gc.ca

tection and isolation techniques. Four important and urgently needed examples of epitypification (viz. *C. episphaeria*, *C. purtonii*, *C. flavoviridis*, and *C. wegeliniana*) are outlined – a challenging endeavor for hobby mycologists and taxonomists alike.

Zusammenfassung: Die Ascomycetengattung *Cosmospora* (*Nectriaceae*, *Hypocreales*) wurde 1999, vorwiegend für Mitglieder der ehemaligen *Nectria episphaeria*-Gruppe, wieder eingeführt. Über ein Jahrhundert lang wurden gleich mehrere Hyphomyceten-Gattungen als Nebenfruchtformen mit *Cosmospora* in Verbindung gebracht, nämlich *Acremonium*, *Chaetopsina*, *Fusarium*, *Stilbella*, *Verticillium* und *Volutella*. Daher wurde schon seit längerem vermutet, dass *Cosmospora* polyphyletischen Ursprungs ist, jedoch ohne taxonomische Fakten zu schaffen. Entsprechend müssen bekannte und akzeptierte Anamorph-Teleomorph-Verbindungen von *Cosmospora* nochmals hinterfragt und kritisch überprüft werden. Als Beispiel wird die Verbindung von *Fusarium ciliatum* mit verschiedenen „*Nectria*“-Vertretern, nämlich *Nectria decora* und *Cosmospora diminuta*, eingehender beschrieben. Bisher ist nur wenig über die Ökologie und Bedeutung von *Cosmospora*-Arten in der Natur bekannt. Naturnahe Laub- und Mischwälder mit unterschiedlichen Baumarten sind für Hobby- und Berufsmykologen ergiebige „Jagdgründe“, nicht nur um *Nectria*-verwandte Pilze zu sammeln. Die Tatsache, dass einige *Cosmospora*-Arten nur auf bestimmten Pilz- und Pflanzenarten vorkommen, deutet klar auf eine Wirtsspezifität hin. Das Verständnis des ökologischen Kontexts wird u.a. auch bei der Suche nach frischen Belegen altbekannter Arten helfen, um diese für eine auf DNA-Sequenzen basierende Analyse verfügbar zu machen. Damit wird die entscheidende Verbindung zwischen modernen molekularen Phylogenien und traditioneller taxonomischer Arbeit der vergangenen Jahrhunderte hergestellt. Mittels des geschaffenen Fundaments, phylogenetischer Studien sowie modernsten Nachweis- und Isolierungsmethoden warten zahlreiche neue *Cosmospora*-Arten darauf entdeckt zu werden. Vier wichtige Beispiele für und dringend benötigte Epitypifizierungen (nämlich *C. episphaeria*, *C. purtonii*, *C. flavoviridis*, und *C. wegeliniana*) werden näher beschrieben – eine anspruchsvolle Gemeinschaftsaufgabe für Hobbymykologen und Taxonomen.

Einleitung

Wohl kaum eine andere Gruppe der Ascomyceten hat über die Jahrhunderte mykologischer Geschichte so viele Sammler und Taxonomen in ihren Bann gezogen wie die Gruppe der *Nectria*-verwandten Pilze. Sie vereinen unterschiedlichste Lebensweisen (saprotroph, myko- und pflanzenparasitisch) und verblüffen mit einem großen Spektrum an morphologischer und physiologischer Vielfalt (WOLLENWEBER 1928; BOOTH 1959; SAMUELS et al. 2002; GAMS et al. 2004). Dieser Artikel widmet sich im besonderen der Biologie und Diversität der Gattung *Cosmospora* Rabenh. (*Nectriaceae*, *Hypocreales*), die durch ROSSMAN et al. (1999) wieder ins Rampenlicht gesetzt wurde, und fasst aktuelle Forschungsarbeiten zusammen.

Die Mehrzahl der *Cosmospora*-Vertreter sind durch charakteristische Ascocarpe, kleine dunkelrote bis orangefarbene Perithezien, gekennzeichnet, die häufig auf andere Pyrenomyceten zu finden sind. Als Nebenfruchtformen sind bedeutende Hyphomyceten-Gattungen mit *Cosmospora* in Verbindung gebracht worden, nämlich *Acremonium* Link, *Chaetopsina* Rambelli, *Cylindrocladiella* Boesewinkel, *Fusarium* Link, *Stilbella* Lindau, *Verticillium* Nees und *Volutella* Tode : Fr. (ROSSMAN et al. 1999). *Cylindrocladiella* wurde durch SCHOCH et al. (2000) als Anamorphe von *Nectriadiella* Crous & C. L. Schoch aus dieser Reihe ausgeschlossen. Es wird daher schon seit längerem vermutet, dass das etwas vage Gattungskonzept von *Cosmospora* keine monophyletische Einheit darstellt (z.B. LUO & ZHUANG 2008; SAMUELS

et al. 2009). Im Gegensatz zu Vertretern der Gattungen *Gibberella* Sacc., *Haematonectria* Samuels & Nirenberg und *Neonectria* Wollenw., sind *Cosmospora*-Arten bisher nicht als wirtschaftlich bedeutend hervorgetreten und daher noch nicht eingehend bearbeitet.

Morphologie / Nebenfruchtformen

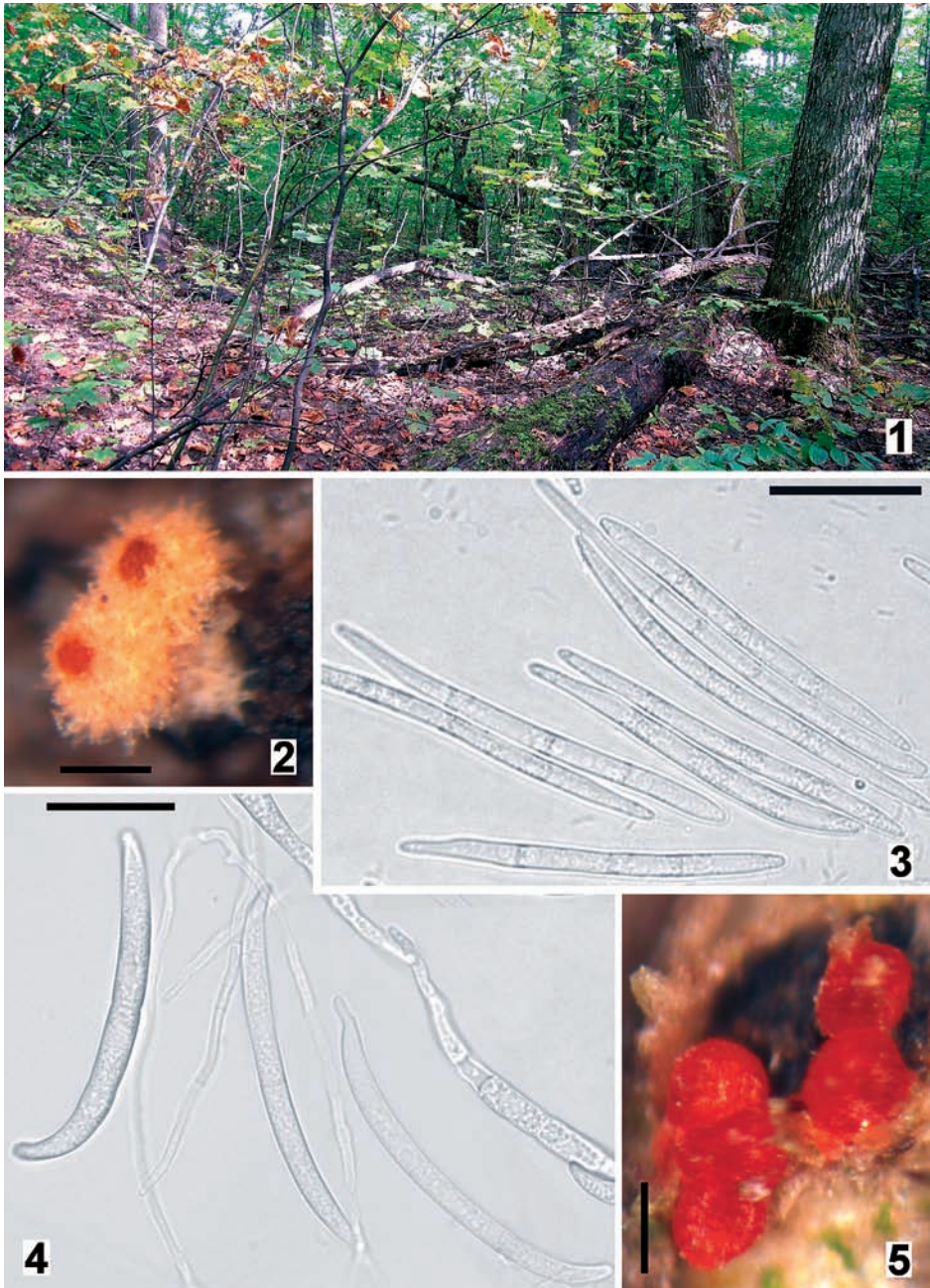
Im Gegensatz zu den „echten“ *Nectria*-Arten sitzen die Perithezien von *Cosmospora* einzeln oder lose gruppiert direkt auf dem Substrat; bei einigen fungicolen Arten können sie aber auch dichtere Gruppen bilden. Abhängig von der Art sind die Perithezien 150–450 µm groß und besitzen in der Regel kein Stroma. Die kleinsten Ascocarpe kommen bei *Cosmospora*-Arten mit sterilen Fortsätzen auf dem Peridium vor, z.B. *C. papilionacearum* (Seaver) Rossman & Samuels (Taf. II Abb. 4) und *C. leptosphaeriae* (Niessl) Rossman & Samuels (Taf. II Abb. 5). Die Perithezien können unterschiedlicher Form sein, größere Ascocarpe (um die 400 µm Durchmesser) sind in der Regel nur bei tropischen, insektenassoziierten *Cosmospora* zu finden (u.a. *C. flammae* (Tul. & C. Tul.) Rossman & Samuels). Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal der Familien der Hypocreales ist die Farbreaktion in KOH und Milchsäure. Fast alle Vertreter der *Nectriaceae* verfärben sich in KOH tief dunkel-rot bis violett (KOH+) und nehmen in Milchsäure eine gelbe Färbung an. In der Gattung *Cosmospora* ist nur ein tropischer Vertreter KOH-negativ (nämlich *C. obscura* Lowen). Das Peridium ist glatt bis leicht schuppig oder bei wenigen Arten mit zahlreichen sterilen Fortsätzen (haarähnlich) versehen. Die Zellen des Peridiums können unterschiedliche Grundformen haben, generell ist das Peridium aber relativ dünn (<20 µm dick). Die Asci sind meist zylindrisch bis schlank keulenförmig, haben einen einfachen Apex (mit oder ohne Ring) und sind 8-sporig. Die Ascosporen sitzen im Ascus in einer Reihe, sind 1 (3)-septiert, farblos bis gelb-braun, meist stachlig bis höckerig, selten glatt oder gestreift. Die Ascosporenform variiert von ellipsoid bis ellipsoid-sindelförmig, seltener eiförmig oder zylindrisch.

Vertreter gleich mehrerer Anamorphgattungen werden mit *Cosmospora* in Verbindung gebracht. Die meisten Nebenfruchtformen wachsen als *Fusarium* und/oder *Acremonium* in Reinkultur, wobei Kolonien der letzteren eher an die Mikrokonidienstadien bekannter Fusarien als an „echte“ *Acremonien* erinnern (*Acremonium* sect. *Nectrioidea* in GAMS 1971). Morphologisch wurden die assoziierten *Fusarium*-Arten in mehrere Sektionen unterteilt, wovon keine eine einheitlich geschlossene phylogenetische Gruppe darstellt. Fusarien der Sektionen *Eupionnotes* und *Macroconia* machen den Großteil der beschriebenen Anamorph-Teleomorph-Verbindungen von *Cosmospora* aus (WOLLENWEBER 1931; WOLLENWEBER & REINKING 1935). Auf den zur *Fusarium*-Kultivierung üblichen Magermedien wachsen viele dieser Vertreter nur sehr langsam, manche gar sporulieren erst auf nährstoffreicheren Kulturmedien. Mit zunehmendem Wissen über die Diversität der *Cosmospora* müssen wir jedoch feststellen, dass sich einige der beschriebenen Anamorph-Teleomorph-Verbindungen durch kritische Nachprüfung des Materials und Ascosporenisolate nicht bestätigen lassen. Ein irreführendes Beispiel stellt die Verbindung von *Fusarium ciliatum* Link mit verschiedenen „*Nectria*“-Vertretern dar. WOLLENWEBER & REINKING (1935) geben *Nectria decora* (Wallr.) Fuckel u.a. mit dem Synonym *Nectria diploa* var. *diminuta* Berk. (\equiv *Nectria diminuta* (Berk.) Sacc. \equiv *Cosmospora diminuta* (Berk.) Rossman & Samuels) als Hauptfruchtform an. ROSSMAN (1983) stellte klar, dass *Nectria decora* nur auf Pseudothecien von *Massaria*-Arten vorkommt und eher eine *Protocreopsis*-ähnliche Morphologie aufweist (Taf. I Abb. 2), die nichts mit der von *C. di-*

minuta gemein hat (Taf. I Abb. 5). Dies wird durch molekular-phylogenetische Untersuchungen (unveröff.) bestätigt, die *N. decora* zu den *Bionectriaceae* stellen. Ascosporen von *N. decora* keimen nur zögerlich auf künstlichen Nährmedien, und in Kultur wachsen die gewonnenen Isolate sehr langsam. Dies deutet auf eine parasitische Lebensweise, die von BEENKEN (1997) als sporophager Parasitismus beschrieben wurde. Auf Maismehl-Agar können Isolate nach mehreren Wochen Inkubation auch sporulieren. Dann bilden sich längliche, fast zylindrische, meist gerade bis leicht gekrümmte Konidien, die beidseitig verschmälert und zunächst unseptiert sind, später auch 3–5fach-septiert sein können (Taf. I Abb. 3). Die Konidien von *N. decora* besitzen keine Fußzelle und werden an schlanken zylindrischen Phialiden gebildet. Die auch von BEENKEN (1997) beschriebene Anamorphverbindung zu *Fusarium ciliatum* beruht wahrscheinlich auf SACCARDOS (1886) Feststellung, dass es sich bei *Microcera massariae* Sacc. und *F. ciliatum* um ein und denselben Pilz handelt. SACCARDOS Pilz (Mycotheca veneta No. 1059) wuchs auf *Massaria inquinans* (Tode) De Not. an *Acer campestre*. Weder LINKS Beschreibung von *Fusarium ciliatum* 1825, noch die des ursprünglichen Synonyms *Atractium ciliatum* (Alb. & Schw.) Link 1816, enthalten genauere Angaben zu einem Wirtspilz oder einer Wirtspflanze. Aus den Diagnosen ist lediglich ersichtlich, dass die winzigen, rötlichen Sporodochien kaum eingesenkt an abgefallenen Zweigen von Bäumen in Deutschland gefunden wurden. Der Pilz von ALBERTINI & SCHWEINITZ (1805) ist heute als *Volutella ciliata* (Alb. & Schwein.) Fr. bekannt; dessen impliziter Ausschluss aus der Synonymie durch LINK (1825) bedeutet die Einführung einer neuen Art, *Fusarium ciliatum* Link 1825. WOLLENWEBER & REINKING (1935) ziehen eine Wirts- bzw. Substratspezifität nicht weiter in Betracht, so dass deren Artkonzept von *Fusarium ciliatum* eine Reihe morphologisch-ähnlicher, aber biologisch-diverser Isolate umfasst (WOLLENWEBER 1916–1930, Taf. 54, 437, 438, 872, 1128). Letztlich lassen sich anhand morphologischer Merkmale und Wirtsangaben nur zwei Artnamen mit der *Nectria decora*-Anamorphe zweifelsfrei in Verbindung bringen: SACCARDOS *Microcera massariae* und *Fusarium parasiticum* Westend. 1854. Es bleibt festzustellen, dass Ascosporenisolate von *Cosmospora diminuta* zwar eine *Fusarium*-ähnliche Nebenfruchtform besitzen (Taf. I Abb. 4), diese aber wesentlich kürzere und kompaktere Makrokonidien bildet (SAMUELS et al. 2006). Somit erweist sich keine der bisher beschriebenen Anamorph-Teleomorph-Verbindungen für *Fusarium ciliatum* als haltbar.

Ökologie / Biologie

Auf meinen Exkursionen durch die Laub- und Mischwälder der temperierten Klimazonen bin ich auf verschiedenen Kontinenten durch eine Vielzahl von Waldformen und -stadien gewandert. Die hinsichtlich *Cosmospora* ergiebigsten „Jagdgründe“ waren häufig naturnahe Waldformen, in denen Totholz noch ein wichtiger Bestandteil des Ökosystems ist (Taf. I Abb. 1). Diese Beobachtung ist sicher zu einem großen Teil direkt auf die Sammelmethodik zurückzuführen. Die meisten Belege wurden vor allem auf mehr oder weniger kürzlich abgestorbenen Bäumen oder Ästen gefunden, die z.B. ihrem Alter oder heftigen Herbststürmen zum Opfer gefallen waren. Circa ein halbes Jahr nach dem Umstürzen/Absterben kann man bereits Wirtspilze mit ihren schwarz-braunen Ascokarpen aus der Borke von Zweigen, Ästen und Stämmen hervorbrechen sehen. Kurze Zeit darauf entwickeln sich zunächst Sporodochien der *Fusarium*- oder *Acremonium*-Formen, gefolgt von ersten roten Perithezien der Hauptfruchtform. Vermehrt sind diese dann vor allem in feuchteren Jahreszeiten zu finden. Methodisch



Tafel I: **Abb. 1.** Ergiebige mykologische „Jagdgründe“ – naturnahe Waldformen mit Totholz als Bestandteil des Ökosystems (Forêt la Blanche, Quebec, Kanada); **Abb. 2.** Perithezien von *Nectria decora* (Maßstab = 100 µm); **Abb. 3.** Konidien der Nebenfruchtform von *N. decora* (Maßstab = 20 µm); **Abb. 4.** Makrokonidien der *Fusarium*-Anamorphe von *Cosmospora diminuta* (Maßstab = 20 µm); **Abb. 5.** Perithezien von *C. diminuta* (Maßstab = 100 µm).

bedingt sind etwaige ökologische Aussagen zu Häufigkeit und Vorkommen von *Cosmospora*-Arten nur unter Vorbehalt repräsentativ und sollten mit Vorsicht genutzt werden, z.B. für eine Bewertung von Ökosystemen.

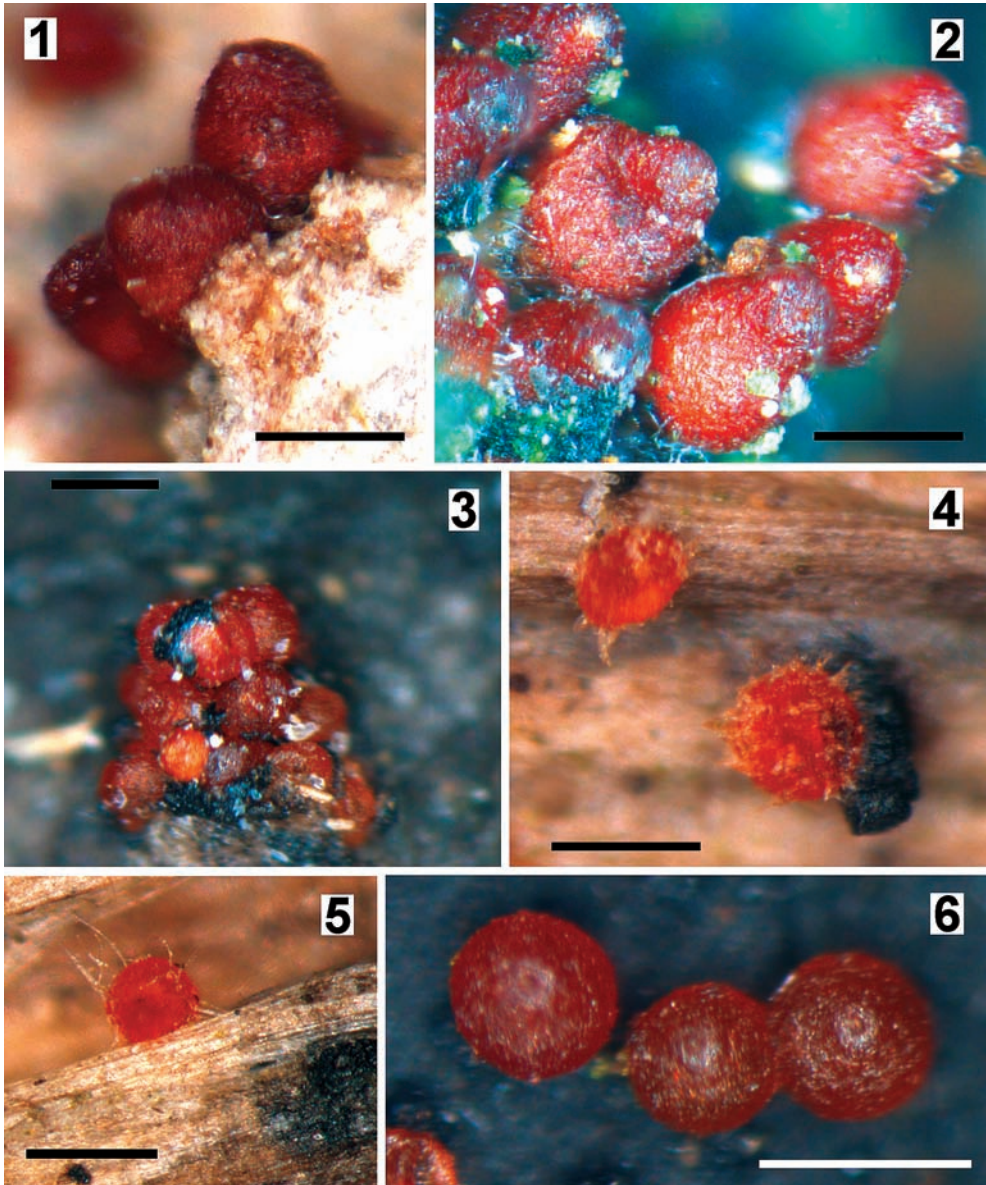
Die Diversität an Baum- und Straucharten scheint für die Häufigkeit und Vielfalt der *Cosmospora*-Sporen ebenfalls eine wichtige Rolle zu spielen. Einige Vertreter der Gattung zeigen eine ausgesprochene Wirtsspezifität. Es bleibt zu klären, ob sich diese vornehmlich auf die Wirtspilze oder eher auf die Wirtspflanze bezieht. In der Literatur werden die meisten *Cosmospora*-Arten mit einer fungicolen Lebensweise in Verbindung gebracht (SAMUELS et al. 1991; GAMS et al. 2004). Allerdings gibt es bisher keine Untersuchungen über eine tatsächliche Verbindung zwischen Wirtspilz und *Cosmospora*-Sporen. Es ist lediglich bekannt, dass Fruchtkörper von schwarz-braunen Pyrenomyceten ein beliebtes Substrat für das Auffinden der *Cosmospora*-Perithezien sind. Es kann auch angenommen werden, dass der Pilzwirt lediglich zur Ausbildung der Perithezien benötigt wird. Den größten Teil des Lebenszyklus können Vertreter von *Cosmospora* sehr wohl ohne Wirtspilz überleben. Allerdings ist nur wenig über die Lebensweise der Pilze im Kronenraum lebender Bäume bekannt. In bisherigen Untersuchungen (UNTERSEHER et al. 2008) sind holzbewohnende Pilze nach Inkubation in Feuchtkammern meist anhand von morphologischen Merkmalen der Fruchtkörper bestimmt worden. Im Falle von *Cosmospora*-Arten kann jedoch vermutet werden, dass diese neben einer Vielzahl anderer „seltener“ Pilze u.a. auf oder unter der Borke bzw. Rinde von Ästen und Zweigen als Epiphyten oder saprotroph leben. Das Aufspüren, Isolieren und Identifizieren dieser Nischenorganismen ist derzeit ein Schwerpunkt mykologischer Forschung weltweit. Neue Methoden der Pilzisolierung, wie z.B. die Hochverdünnungs-Technik (COLLADO et al. 2007; UNTERSEHER & SCHNITTLER 2009), werden detaillierte Untersuchungen zu einer Vielzahl neuer, bisher vernachlässigter Pilzgruppen ermöglichen. Der Großteil dieser „neuen“ Pilzgruppen ist in Kultur langsam- bis extrem langsamwüchsig und wird unter Anwendung klassischer Isolierungsmethoden von schnellerwüchsigen Pilzen überwuchert. Zu diesen langsamwüchsigen Pilzen gehört eine Vielzahl der *Cosmospora*-Arten. In Kultur beträgt ihr radiales Wachstum lediglich 1–5 cm in 21 Tagen auf Vollmedien, wie z.B. Malzextrakt- und Kartoffel-Dextrose-Agar. In Reinkultur wachsen sie jedoch ohne pflanzliche oder pilzliche Zusatzstoffe im Nährmedium. Allerdings sporulieren *Cosmospora*-Arten in Dualkultur mit dem Wirtspilz auch nicht besser und bilden keine Perithezien aus.

Die Mehrzahl der *Cosmospora*-Arten ist auf den Ascokarpen der Wirtspilze relativ leicht mit einer 8–10× Handlupe zu finden. Vor allem Vertreter der Familien *Diatrypaceae* und *Xylariaceae* werden gern besiedelt. Eine kleine Gruppe von *Cosmospora*-Arten (insbesondere Vertreter mit sterilen Fortsätzen auf dem Peridium) ist hauptsächlich oder ausschließlich auf Loculoascomyceten an wenigen Wirtspflanzen (z.B. *C. leptosphaeriae* an Brennesseln, *C. papilionacearum* an Fabaceen) zu finden. Auch Vertreter der Diaporthales werden von einigen wenigen *Cosmospora*-Arten besiedelt (*C. stilbosporae* (Tul. & C. Tul.) Rossman & Samuels, *C. wegeliniana* (Rehm) Rossman & Samuels). Von Rhytismataceae ist bisher nur *C. ganymede* (Lowen & Minter) Rossman & Samuels aus Griechenland bekannt (MINTER et al. 1987). Einige Arten mit grünen Anamorphkulturen kommen vorwiegend auf Fruchtkörpern von Porlingen vor, seltener sind sie auf *Melanochaeta aotearoae* (S. Hughes) E. Müll., Harr & Sulmont (Anamorph *Sporoschisma mirabile* Berk. & Broome) zu finden. Zu den „grünen“ Vertretern zählt auch die Typusart der Gattung, *C. coccinea* Rabenh., die eine ausgeprägte

Wirtsspezifität besitzt und bislang ausschließlich auf wenigen *Inonotus*-Arten in Europa gefunden wurde (Taf. II Abb. 2). *Cosmospora coccinea* ist nachgewiesenermaßen heterothallisch und bildet Fruchtkörper auch in Reinkultur auf Hafermehl-Agar (GAMS 1971). In der Natur bilden aber nur einige wenige Cosmosporen Perithezien auch ohne Wirtspilz aus. Die Teleomorphe von *Fusarium cavispermum* Corda scheint nicht fungicol zu sein und kann z.B. auf Ästen und Zweigen, die in Bächen liegen, gefunden werden (Taf. II Abb. 1). Eine weitere hochspezialisierte Gruppe von Cosmosporen ist fast ausschließlich auf Schildläusen zu finden (*Cosmospora aurantiicola* (Berk. & Broome) Rossman & Samuels, *C. diploa* (Berk. & M.A. Curtis) Rossman & Samuels, *C. flammea* (Tul. & C. Tul.) Rossman & Samuels). Diese Arten kommen allerdings eher in tropischen Regionen vor, lediglich die Anamorphe von *C. aurantiicola* (*Fusarium larvarum* Fuckel) ist hin und wieder in gemäßigten Klimazonen anzutreffen.

Systematik / Phylogenie

Die Gattung *Cosmospora* wurde in den vergangenen 20 Jahren zweimal morphologisch-taxonomisch revidiert (SAMUELS et al. 1991; ROSSMAN et al. 1999). Allerdings enthielt keine der genannten Bearbeitungen detaillierte Untersuchungen zu den molekular-genetischen Verwandtschaftsbeziehungen. Eingehende Studien zur Phylogenie der Gattung werden nun in internationaler Zusammenarbeit mit mykologischen Arbeitsgruppen durchgeführt. Erste Ergebnisse lassen vermuten, dass sich die Gattung in mehrere Hauptgruppen unterteilt. Eine fundierte Aussage über den gemeinsamen Ursprung aller *Cosmospora*-Vertreter lässt sich bisher nicht tätigen und wird noch einer Vielzahl von Molekulardaten bedürfen. Fast spannender ist aber die Frage, ob die Anamorphgattung *Fusarium*, mit anderen Vertretern aus den Gattungen *Gibberella*, *Haematonectria*, *Albonectria* Rossman & Samuels und *Cyanonectria* Samuels & Chaverri als monophyletisch anzuerkennen ist (siehe SAMUELS et al. 2009). Rein morphologisch betrachtet, gäbe es kaum gute Gründe, die Anamorphen vieler *Cosmospora*-Arten nicht als echte *Fusarium*-Vertreter zu klassifizieren. Für den Fall des Nachweises, dass andere Gattungen (z.B. *Neonectria* Wollenw. mit Anamorphen des Genus *Cylindrocarpon* Wollenw. oder *Calonectria* De Not. mit Anamorphen des Genus *Cylindrocladium* Morgan) näher verwandt sind mit *Gibberella* (*Fusarium* s. str.) und *Haematonectria*, werden bei einer derart wichtigen Hyphomyceten-Gattung wie *Fusarium* neue Diskussionen über die Zeitmäßigkeit der im Artikel 59 des ICBN festgeschriebenen multiplen taxonomischen Namen losbrechen. Neben anderen hat GAMS (2005; 2009) dazu einige interessante Anmerkungen gemacht. Es bleibt jedoch festzustellen, dass die mykologische Gemeinschaft, getrieben von einer nicht enden wollenden Flut an molekular-biologischen Daten, derzeit stark in eine Richtung tendiert, nämlich die der singulären Benennung. Allerdings bleibt abzuwarten, ob sich die Linneische binäre Nomenklatur hinsichtlich molekular-phylogenetischer Arbeiten auch in Zukunft wie bisher anwenden lässt. Die von ROSSMAN & SAMUELS (2005) angeführten Punkte einer „ein-Name-für-ein-und-denselben-Pilz“ Nomenklatur machen eine wichtige Annahme zur Vorbedingung: Wir kennen die phylogenetischen Verwandtschaftsverhältnisse der betreffenden Organismen. In der Praxis ist dies aber erst für eine verschwindende Minderheit verwirklicht und die Gattungsgrenzen von Haupt- und Nebenfruchtformen divergieren allzu oft. Hinsichtlich *Cosmospora* und einer möglichen Plesiomorphie der klassischen *Fusarium*-Merkmale ist das Szenario einer vereinheitlichten Nomenklatur mehr als fraglich (GAMS 2005).



Tafel II: Perithezien verschiedener *Cosmospora*-Arten (Maßstäbe = 200 µm). **Abb. 1.** *Cosmospora* sp. (Hauptfruchtform von *Fusarium cavispermum*); **Abb. 2.** *Cosmospora coccinea*; **Abb. 3.** *Cosmospora* cf. *purtonii*; **Abb. 4.** *Cosmospora papilionacearum*; **Abb. 5.** *Cosmospora leptosphaeriae*; **Abb. 6.** *Cosmospora* cf. *episphaeria*.

Lediglich das Alter eines Namens als prioritätsbestimmend zu betrachten, steht im Widerspruch mit der geltenden Bestimmung, dass der Name der Hauptfruchtform den Vorzug genießt. Namen von Arten wie *Fusarium expansum* Schldl. 1824 und *F. merismoides* Corda 1838 sind als anerkannte Nebenfruchtformen der Gruppe bedeutend älter als der der Typusart *Cosmospora coccinea* 1862. Für alle anderen Cosmosporen mit *Chaetopsina*, *Stilbella* und *Volu-tella*-Nebenfruchtformen wäre dies nicht weiter von Bedeutung, da diese Vertreter, basierend auf phylogenetischen Verwandtschaftsbeziehungen und unterstützt vom Holomorphkonzept, früher oder später in neue Gattungen umkombiniert werden müssen. *Acremonium*- und *Verticillium*-artige Anamorphen von *Cosmospora* können als für *Fusarium* charakteristische Mikrokonidienformen betrachtet werden, wie sie auch in anderen Teleomorphgattungen auftreten (z.B. *Gibberella* und *Haematonectria/Neocosmospora*).

In der Mykologie sind phylogenetische Artkonzepte derzeit weitestgehend akzeptiert und für die moderne Systematik unerlässlich. Damit die taxonomische Forschung aber nicht wie das Kaninchen vor der Schlange erstarrt, müssen altbekannte Arten ohne „molekular-verwertbaren“ Typus erst einmal für die DNA-Sequenzierung „zugänglich“ gemacht werden. Älteres Holo- oder Isotypusmaterial kann mit den heute gängigen Methoden der DNA-Extraktion meist nicht für molekular-phylogenetische Analysen aufgearbeitet werden. Erst mit der Einsetzung eines rezent gesammelten „Epitypus“ wird eine DNA-Analyse möglich gemacht. Die Epitypifizierung stellt somit für die moderne Biodiversitätsforschung ein mächtiges Instrument dar, welches die Verbindung zwischen Molekularphylogenien und der Pilzsystematik vergangener Jahrhunderte herstellt. Frisches Material, möglichst vom Originalwirt und von der Typuslokalität gesammelt, muss zunächst mit dem Protolog eingehend verglichen und genügend Material der Aufsammlung in einem Herbarium oder einer Kultursammlung hinterlegt werden. Für Hobbymykologen und taxonomische Bearbeiter von Ascomycetengattungen, wie z.B. *Nectria* s. l., ist dies eine große Herausforderung, da viele morphologische Teleomorphmerkmale nur bedingt für eine Artabgrenzung und damit zur eindeutigen Identifizierung herangezogen werden können. Im folgenden werden vier wichtige Beispiele dringend benötigter Epitypifizierungen beschrieben.

1. *Cosmospora episphaeria* (Tode : Fr.) Rossman & Samuels

Diese Art ist die am häufigsten anzutreffende der Gattung und wird vor allem auf stromatischen Ascomyceten (*Diatrype* spp. auf Laubhölzern) gefunden. Bereits BOOTH (1959) nahm sich des Typusproblems an und erklärte TODES Beleg im Herbarium Persoon Nr. 910, 267-659 zum Lectotypus. Zudem riet er davon ab, den Namen „*Nectria*“ *sanguinea* (Sibth.) Fr. in Verbindung mit *episphaeria*-ähnlichen Perithezien zu benutzen. Das Fehlen von Typusmaterial und die unzureichende Beschreibung von „*N. sanguinea*“ haben in der Vergangenheit dazu geführt, dass der Name zu einer Sammelart für solitäre Perithezien auf morschem Holz (einschließlich anderer *Cosmospora*- und *Neonectria*-Arten) wurde. Obwohl *C. episphaeria* eine gut charakterisierte Art darstellt (Taf. II Abb. 6), weisen erste molekular-phylogenetische Ergebnisse auf einen Artkomplex hin, dessen Vertreter auch durch die morphologischen Merkmale der Anamorphe (*Fusarium aquaeductuum* var. *medium* Wollenw.) nicht sicher unterschieden werden können. Eine Epitypifizierung mit frischen Belegen von der Typuslokalität (Mecklenburg) und bei einer Kultursammlung hinterlegte Ascosporenisolaten würde dazu beitragen, zukünftige Aufsammlungen anhand von DNA Sequenzen eindeutig zuzuordnen zu können.

2. *Cosmospora purtonii* (Grev.) Rossman & Samuels

BOOTH (1959) beschrieb die etwas verworrene nomenklatorische Situation von *C. purtonii* im Detail. Daraus ist ersichtlich, dass am Herbarium des Royal Botanical Gardens Edinburgh Typusmaterial von *C. purtonii* unter *Cucurbitaria pinastris* Grev. = *Sphaeria purtoni* Grev. ≡ *Nectria purtoni* (Grev.) Curr. hinterlegt ist. Für die notwendige Epitypifizierung dieser Art ist die Herkunft des Materials entscheidend. Das Original wurde 1820 in den Wäldern von Rosslyn Woods bei Edinburgh/Schottland gesammelt. Der Pflanzenwirt wird von SAMUELS (1976) mit „*Pinus*“ (*Picea abies* (nicht untersucht!)) angegeben, wobei *C. purtonii* an Zweigen mit *Valsa abietis* (*Valsaceae*, Diaporthales) gefunden wurde. Der Wirtspilz ist eng verwandt mit verschiedenen *Cytospora*-Anamorphen und bildet mit diesen einen Artkomplex (ADAMS et al. 2006), dessen europäische Vertreter sowohl auf Nadel- als auch Laubhölzern (z.B. *Abies*, *Platanus*, *Rosa*, *Ulmus*) vorkommen. Epitypusmaterial sollte von einer dieser Wirtspflanzen und möglichst aus Großbritannien stammen. Die morphologische und molekular-phylogenetische Zuordnung neuer Belege könnte zudem bestätigen, dass „*Nectria*“ *applanata* Fuckel eine eigenständige *Cosmospora*-Art ist, die in Europa vorwiegend an *Carpinus*, *Betula* und *Corylus*-Arten vorkommt. Im Zuge der Epitypifizierung muss auch die bestehende Anamorph-Teleomorph-Verbindung zu *Fusarium aquaeductuum* (Rabenh. & Radlk.) Lagerh. & Rabenh. var. *aquaeductuum* kritisch überprüft werden. Eigene Aufsammlungen und Ascosporenisolate von *C. purtonii*-ähnlichen Belegen haben bisher keinen Hinweis auf eine solche Verbindung gegeben (Taf. II Abb. 3).

3. *Cosmospora flavoviridis* (Fuckel) Rossman & Samuels

WOLLENWEBER (1926) stellte FUECKELS *Sphaerostilbe flavoviridis* (1871) zu *Nectria* und vermerkte später, dass deren Anamorphe *Fusarium melanochlorum* (Casp.) Sacc. ähnelt (als *Fusarium cavispermum* var. *minus* Wollenw. in WOLLENWEBER 1931). Sowohl WOLLENWEBER (1916–1935, Taf. 674 von 1930) als auch BOOTH (1959) untersuchten authentisches Material von FUECKELS Aufsammlung (Fungi Rhenani No. 2353) und beschrieben kleine gelbe *Stilbum*-ähnliche Synnemata assoziiert mit blutroten Perithezien. Am oberen Ende der Synnemata sitzen Phialiden, die hyaline, 1-septierte, fusiforme Konidien gebären. Größere, 3–4-fach septierte Konidien wurden von Wollenweber im gelbgrünen Stroma des Pilzes beobachtet. In Reinkultur auf Vollmedien bilden Anamorphisolate von *Fusarium melanochlorum* und *F. cavispermum* häufig flockig-zottige Hyphenbüschel, die bis zu 1 cm in die Höhe ragen. Allerdings kann man diese Strukturen nicht mit echten Synnemata vergleichen, auch bleiben die Hyphenbüschel steril und bilden keine Konidien. FUECKELS Beleg wurde im Herbst 1871 bei Meppen (NRW) in Deutschland auf dem Hirnschnitt noch stehender Stümpfe von *Betula alba* gefunden. Die Perithezien saßen nicht auf anderen Pyrenomyceten und wurden bisher nicht wiedergefunden. WOLLENWEBER & REINKING (1935) vermerkten jedoch, dass ähnliche Pilze auf *Aesculus* und *Fraxinus* festgestellt wurden. Eine Epitypifizierung würde helfen, das unklare taxonomische Konzept von *C. flavoviridis*, auch hinsichtlich der Anamorph-Teleomorph-Verbindung zu konkretisieren.

4. *Cosmospora wegeliniana* (Rehm) Rossman & Samuels

Diese Art gehört zu den eher großsporigen in der Gattung. Die relativ großen Perithezien haben einen vortretenden abgeflachten Mündungskegel und 16–17 × 7–9 µm große Ascosporen,

womit sich die Art deutlich von anderen Vertretern der Gattung abhebt. Lediglich *C. stegonsporii* Rossman, Farr & Akulov weist ähnlich große Sporen auf. Letztere besitzt allerdings keinen abgeflachten Mündungskegel und ist ausschließlich auf *Stegonsporium* spp. (Teleomorphgattung *Prostheccium* Fres.) an *Acer* und *Carpinus* zu finden. Im Gegensatz dazu stammt REHMS Beleg der *Cosmospora wegeliniana* (Ascomyceten 1045) von *Hapalocystis bicaudata* Fuckel (Syn. *Pseudovalsa berkeleyi* (Cooke) Sacc.) an *Ulmus*. Die von SAMUELS et al. (1991) untersuchten Neuaufsammlungen von *C. wegeliniana* aus Frankreich und Neuseeland stammen von *Ustulina* und *Diatrypella* (beide *Xylariaceae*, *Xylariales*) an *Nothofagus*, *Olearia* und *Quercus*. Sowohl die Pilz- als auch Pflanzenwirte haben mit denen des Typusmaterials wenig gemein, so dass die Identität und damit auch die von SAMUELS et al. (1991) angegebene Anamorph-Teleomorph-Verbindung zu *Acremonium* sp. bezweifelt werden darf. Zudem bemerken die Autoren, dass die Askusschläuche der neueren Belege einen lichtbrechenden Apikalring aufweisen, welcher im Typusmaterial fehlt. Hinsichtlich der Wirtsspezifität auf Vertretern der Diaporthales kann nur vermutet werden, dass diese der von *Cosmospora stilbosporae* (Tul. & C. Tul.) Rossman & Samuels und *C. stegonsporii* ähnelt. Epitypusmaterial von *C. wegeliniana* sollte daher auf *Hapalocystis bicaudata* an *Ulmus* gesucht werden, was das Aufsammeln von Frischmaterial aufgrund der Seltenheit des Wirtspilzes erschwert.

Ausblick

Weltweit forscht derzeit eine Handvoll mykologischer Arbeitsgruppen an einer taxonomischen Revision der Gattung *Cosmospora*. Diese wird nicht nur Studien zur Hauptfruchtform beinhalten, sondern auch Untersuchungen der Anamorphen einschließen müssen. Die umfassendsten Ergebnisse sind in naher Zukunft wohl aus den USA vom PEET Projekt „Monographic studies of the *Nectriaceae* (Hypocreales, Ascomycota): *Nectria*, *Neonectria*, and *Cosmospora*“, durchgeführt am ARS, USDA (Beltsville, MD) und am College of Agriculture and Natural Resources der Universität von Maryland (College Park, MD), zu erwarten. Doch wird es nicht möglich sein, die Gattung ohne mykologische Basisarbeit in Europa grundlegend zu bearbeiten und taxonomisch zu revidieren. Die lange Geschichte der europäischen Mykologie bringt es mit sich, dass gerade hier die Wurzeln vieler Pilzgattungen liegen. Um im Zeitalter des DNA Barcoding und phylogenetischer Verwandtschaftsanalysen die Masse an taxonomischen Neubeschreibungen überhaupt bewältigen zu können, muss zunächst einmal das Fundament mittels eindeutiger Charakterisierung bereits beschriebener Arten gelegt werden. Für die Taxonomie und Hobbymykologie ist dies die große wissenschaftliche Herausforderung unserer Zeit.

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank geht an Walter Gams, der mich stets und kontinuierlich in meinem wissenschaftlichen Streben und Arbeiten unterstützt hat. Ihm verdanke ich die Tatsache, dass ich bis heute der mykologischen Forschung nachgehen und dienlich sein konnte. Zudem hatte ich die ausgesprochene Ehre und Freude, auf meinen beruflichen Wegen weiteren großen mykologischen Lehrern zu begegnen. Zu vorderst seien hier Helgard I. Nirenberg und Keith A. Seifert genannt.

Für wertvolle Hinweise sowie Aufsammlungen und Belege zu meinen Studien über *Cosmospora* möchte ich mich insbesondere bei Hans-Josef Schroers, Walter Jaklitsch, Hermann Voglmayr, Walter Gams, Ludwig Beenken, Gary J. Samuels und Amy Y. Rossman bedanken.



Foto aufgenommen am National Mycological Herbarium, Ottawa, Kanada (DAOM) im September 2006 (v.l.n.r.): Dr. John A. Parmelee, Dr. Stanley J. Hughes, Dr. Michael Corlett, Dr. Walter Gams, Dr. Robert A. Shoemaker

Literatur

- ADAM, G. C., J. ROUX & M. J. WINGFIELD (2006): *Cytospora* species (Ascomycota, Diaporthales, *Valsaceae*): introduced and native pathogens of trees in South Africa. *Australasian Plant Path.* **35**: 521-548.
- ALBERTINI, J. B. VON & L. D. VON SCHWEINITZ (1805): 68. in: *Conspectus Fungorum in Lusitaniae Superioris Agro Niskiensi Crescentium e Methodo Persooniana*. Kummerian, Leipzig.
- BEENKEN L. (1997): *Nectria decora* (Wallr.) Fuckel und ihre Anamorphe *Fusarium ciliatum* Link, sporophage Parasiten auf *Massaria inquinans* (Tode : Fr.) De Not. *Mycologia Bavarica* **2**: 48-59.
- BOOTH, C. (1959): Studies of pyrenomycetes: IV. *Nectria* (Part I). *Mycol. Papers* **73**: 1-115.
- COLLADO, J., G. PLATAS, B. PAULUS & G. F. BILLS (2007): High-throughput culturing of fungi from plant litter by a dilution-to-extinction technique. *FEMS Microbiol. Ecol.* **60**: 521-533.

- FUCKEL, L. (1871): *Symbolae Mycologicae*. Erster Nachtrag. Jahrb. Nassau. Ver. Naturk. **25-26**: 287-346.
- GAMS, W. (1971): *Cephalosporium*-artige Schimmelpilze (Hyphomycetes), 1-262. G. Fischer, Stuttgart.
- GAMS, W. (2005): Towards a single scientific name for species of fungi: A rebuttal. *Inoculum* **56**(6): 1-3.
- GAMS, W. (2009): Die mykologische Systematik am Scheideweg. *Z. Mykol.* **75**: 3-11.
- GAMS, W., P. DIEDERICH & K. PÖLDMÄA (2004): Fungicolous fungi, 343-392. in: Müller, G., G. F. Bills & M. S. Foster (Hrsg.): Biodiversity of fungi: Inventory and monitoring methods. Elsevier, Academic Press, New York.
- LINK, H. F. (1825): 105. in: *Caroli a Linné Species plantarum: exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas* 6 (2). Impensis G. C. Nauk, Berolini.
- LUO, J. & W. Y. ZHUANG (2008): Two new species of *Cosmospora* (*Nectriaceae*, *Hypocreales*) from China. *Fungal Diversity* **31**: 83-93.
- MINTER, D. W., R. LOWEN & S. DIAMANDIS (1987): *Zeus olympius* gen. et sp. nov. and *Nectria ganymed* sp. nov. from Mount Olympus, Greece. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* **88**: 55-61.
- ROSSMAN, A. Y. (1983): The phragmosporous species of *Nectria* and related genera. *Mycol. Papers* **150**: 1-164.
- ROSSMAN, A. Y., G. J. SAMUELS, C. T. ROGERSON & R. LOWEN (1999): Genera of *Bionectriaceae*, *Hypocreaceae* and *Nectriaceae* (*Hypocreales*, *Ascomycetes*). *Stud. Mycol.* **42**: 115-131.
- ROSSMAN, A. Y. & G. J. SAMUELS (2005): Towards a single scientific name for species of fungi. *Inoculum* **56**(3): 3-6.
- SACCARDO, P. A. (1886): 727-728. in: *Sylloge Fungorum omnium hucusque cognitorum* 4. Padova.
- SAMUELS, G. J. (1976): A revision of the fungi formerly classified as *Nectria* subgenus *Hyphonectria*. *Mem. New York Bot. Garden* **26**(3): 100-102.
- SAMUELS, G. J., B.-S. LU, P. CHAVERRI, F. CANDOUSSAU, J. FOURNIER & A. Y. ROSSMAN (2009): *Cyanonectria*, a new genus for *Nectria cyanostoma* and its *Fusarium* anamorph. *Mycol. Progress* **8**: 49-58.
- SAMUELS, G. J., A. Y. ROSSMAN, P. CHAVERRI, B. E. OVERTON & K. PÖLDMÄA (2006): *Hypocreales* of the Southeastern United States: An identification guide. *CBS Biodiversity Series* **4**: 1-145.
- SAMUELS, G. J., A. Y. ROSSMAN, R. LOWEN & C. T. ROGERSON (1991): A synopsis of *Nectria* subgen. *Dialonectria*. *Mycol. Papers* **164**: 1-48.
- SAMUELS G. J., A. Y. ROSSMAN & H.-J. SCHROERS (2002): Key to tropical species of nectria-like fungi, 13-31. in: Watling, R., J. C. Frankland, A. M. Ainsworth, S. Isaac & C. H. Robinson (Hrsg.): *Tropical Mycology*, Vol. 2, *Micromycetes*. CABI, Wallingford.
- SCHOCH, C., P. W. CROUS, M. J. WINGFIELD & B. D. WINGFIELD (2000): Phylogeny of *Calonectria* and selected hypocrealean genera with cylindrical macroconidia. *Stud. Mycol.* **45**: 45-62.
- UNTERSEHER, M., A. REIHER, P. OTTO & M. SCHNITTLER (2008): Pilze im Kronenraum lebender Bäume – 5 Jahre mykologische Biodiversitätsforschung am Leipziger Auwald Kran. *Z. Mykol.* **74**: 203-220.
- UNTERSEHER, M. & M. SCHNITTLER (2009): Dilution-to-extinction cultivation of leaf-inhabiting endophytic fungi in beech (*Fagus sylvatica* L.) – Different cultivation techniques influence fungal biodiversity assessment. *Mycol. Research* **113**: 645-654.
- WOLLENWEBER, H. W. (1916–1935): *Fusaria autographice delineata*. Selbstverlag, Berlin, 1200 Tafeln.
- WOLLENWEBER, H. W. (1926): *Pyrenomyceten-Studien*. II. *Angew. Bot.* **8**: 168-212.
- WOLLENWEBER, H. W. (1928): Über Fruchtformen der krebserregenden *Nectriaceen*. *Z. Parasitenk.* **1**: 138-173.

WOLLENWEBER, H. W. (1931): *Fusarium*-Monographie. Fungi parasitici et saprophytici. Z. Parasitenk. **3**: 269-516.

WOLLENWEBER, H. W. & O. A. REINKING (1935): Die Fusarien, ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung, 1-355. Paul Parey, Berlin.