

***Inocybe sphagnophila* sp. nov., eine neue Art der höckersporigen Untersektion *Napipedinae* der Gattung *Inocybe* (Agaricales)**

DITTE BANDINI¹, JOSEF CHRISTAN², URSULA EBERHARDT³,
SEBASTIAN PLOCH⁴, ALI TAHIR⁵, BERND OERTEL⁶,
MARCO THINES⁵

BANDINI D, CHRISTAN J, EBERHARDT U, PLOCH S, TAHIR A, OERTEL B, THINES M (2017) – *Inocybe sphagnophila* sp. nov., a new species of the nodulose-spored subsection *Napipedinae* of genus *Inocybe* (Agaricales). Mycol. Bav. 18: 11-34.

Key words: Agaricales, Inocybaceae, *Inocybe*, Taxonomy, Type studies, Europe, *I. sphagnophila*, *I. pseudoumbrina*, Molecular systematics, ITS, LSU

Summary: A new species of the genus *Inocybe* (subgenus *Inocybe*) is described. *Inocybe sphagnophila* belongs to the nodulose-spored subsection *Napipedinae*, and is obviously not a rare species – at least in Germany and Austria. It has small spores (on av. < 8 µm long), rather short hymenial cystidia (on av. < 55 µm long), and a conspicuous whitish cortina. Its preferred habitat are moist boggy locations in woods with *Picea abies* and *Sphagnum*. DNA-analyses (ITS and partial nrLSU) done on 16 collections are discussed and a phylogenetic tree is given, which revealed that the species is genetically clearly separated from other species of the *Napipedinae*. For the sake of comparison, the type of *I. pseudoumbrina* Stangl has been examined morphologically and genetically and found to be conspecific with *I. assimilata* (Britzelm.) Sacc. A microplate of the type of *I. pseudoumbrina* is given.

Zusammenfassung: Eine neue Art der Gattung *Inocybe* (Untergattung *Inocybe*) wird beschrieben. *Inocybe sphagnophila* gehört zu den höckersporigen Vertretern der Untersektion *Napipedinae* und ist offensichtlich – zumindest in Deutschland und Österreich – nicht selten. Sie hat kleine Sporen (im Durchschnitt < 8 µm lang) und verhältnismäßig kurze Hymenialzystiden (im Durchschnitt < 55 µm lang) und eine auffällige weißliche Cortina. Ihr bevorzugtes Habitat ist feuchtes, mooriges Gelände in Wäldern mit *Picea abies* und *Sphagnum*. Von 16 Kollektionen wurden DNA-Analysen durchgeführt (ITS und z.T. nrLSU). Sie werden diskutiert, und ein phylogenetischer Baum wird abgebildet. Aus ihm geht hervor, dass die Art genetisch von anderen Arten der Untersektion *Napipedinae*, zu der *I. sphagnophila* gehört, klar getrennt ist. Aus Vergleichsgründen wurde der Holotypus von *I. pseudoumbrina* Stangl morphologisch und genetisch untersucht und für conspezifisch mit *I. assimilata* (Britzelm.) Sacc. befunden. Eine Mikrotafel des Holotyps wird abgebildet.

Anschrift der Autoren: ¹Panoramastr. 47, 69257 Wiesenbach, E-Mail: Ditte.Bandini@gmx.de (korrespondierende Autorin); ²Wiesbachhornstr. 8, 81825 München; ³Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart, Rosenstein 1, 70191 Stuttgart; ⁴Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum, Senckenberganlage 25, 60325 Frankfurt am Main; ⁵Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum, Senckenberganlage 25, 60325 Frankfurt am Main und Goethe Universität, Fachbereich Biowissenschaften, Institut für Ökologie, Evolution und Diversität, Max-von-Laue-Str. 13, 60438 Frankfurt am Main; ⁶Höhenweg 15, 53347 Alfter.

Einleitung

Inocybe (Fr.) Fr. ist eine der artenreichsten Gattungen der Agaricomycetes. Sie gehört zur Ordnung der Agaricales (Basidiomycota) und hier zusammen mit *Auritella* Matheny & Bougher ex Matheny & Bougher und *Tubariomyces* Esteve-Rav. & Matheny zur Familie der Inocybaceae (JÜLICH 1982). Alle drei Gattungen sind Ektomykorrhiza-Bildner (MATHENY & BOUGHER 2017) und zeichnen sich durch hellbraune, braune oder graubraune Sporen und das Vorhandensein von Zystiden aus. In den vergangenen Jahren hat sich das Bild, was die geschätzte Anzahl an Arten angeht, deutlich verändert. Noch vor weniger als zehn Jahren lag die Schätzung bei weltweit 500 (KIRK et al. 2008, RYBERG et al. 2010) oder bei 700 (MATHENY et al. 2009) Arten. Um nur von auch molekulargenetisch untersuchten Arten zu sprechen, wurden allerdings erst kürzlich fast 100 neue Arten in Australien (MATHENY & BOUGHER 2017) beschrieben, 13 neue Arten wurden aus Thailand und Malaysia (HORAK et al. 2015) und 17 neue Arten aus Kerala (Indien) bekannt (LATHA & MANIMOHAN 2017), und auch in Nord- und Südeuropa werden derzeit regelmäßig Arten neu beschrieben (beispielhaft zu nennen sind etwa KOKKONEN & VAURAS 2012, ESTEVE-RAVENTÓS et al. 2014, ESTEVE-RAVENTÓS et al. 2015, VAURAS & LARSSON 2015, BIZIO et al. 2016, FRANCHI et al. 2016, VAURAS & LARSSON 2016, ESTEVE-RAVENTÓS et al. 2017). Im Rahmen eines eigenen langfristigen *Inocybe*-Projektes konnten wir selbst bis jetzt morphologisch und phylogenetisch mehr als 450 Arten in Europa unterscheiden – die meisten davon sind eigene Funde aus Deutschland und angrenzenden Ländern, vor allem Österreich und den Niederlanden (vgl. auch die große Artenzahl in BON 1997, 1997a, 1998). Damit dürfte sich die weltweite Artenzahl bei weit über 1000 Arten bewegen, zumal manche große Staaten und Erdteile, wie etwa China, Russland, Süd- und Mittelamerika diesbezüglich noch wenig erforscht sind.

Bis heute ist die Gattung *Inocybe* in drei Untergattungen aufgegliedert: subgen. *Mallocybe* Kuyper, subgen. *Inosperma* Kühner und subgen. *Inocybe*. Während erstere dünnwandige Zystiden, aber keine Pleurozystiden aufweisen, zeichnet sich die Untergattung *Inocybe* überwiegend durch dickwandige Zystiden sowie zumeist durch die Existenz von Pleurozystiden aus. Sie wird, hauptsächlich zur leichteren Gruppierung der Arten in Schlüssel, in Glattsporer und Höckersporer untergliedert und dort in solche Arten, die nur oben am Stiel mit metuloiden Caulozystiden besetzt sind (sect. *Cortinatae* Kühner & Boursier), und solche, deren Stiel im wesentlichen auf ganzer Länge metuloide Zystiden aufweist (sect. *Marginatae* Kühner). Zumeist zeigen junge Fruchtkörper der ersten Kategorie Cortinareste am Hutrand, und der Stiel ist in der Regel nicht auffällig knollig, während die *Marginatae* weit seltener Cortinareste aufweisen und der Stiel bei vielen Arten mehr oder weniger knollig ist.

Im folgenden möchten wir eine neue Art der Untergattung *Inocybe* beschreiben, die zu den höckersporigen *Cortinatae* und hier zur Untersektion *Napipedinae* (J.E. Lange) Bon gehört. Aufgrund einiger charakteristischer taxonomischer Merkmale, wie vor allem im Durchschnitt kurze Sporen und Hymenialzystiden, weißliche Cortina

und ungewöhnlich geformte Caulozystiden sowie aufgrund klarer genetischer Abtrennung ist sie von anderen Arten der *Napipedinae* gut abzugrenzen. Wir haben *I. sphagnophila* sp. nov. unter anderem auch anlässlich zweier Tagungen der Bayerischen Mykologischen Gesellschaft – 2014 in Simbach und 2016 in St. Oswald – gefunden, und zwar jeweils in mehreren Kollektionen. Es handelt sich also um eine an geeigneten, feuchten bis nassen, gern moorigen, möglichst naturbelassenen bergigen Waldstandorten, beispielsweise Quellhängen, sicher auch in Bayern nicht seltene Art. Sie ist von uns bislang stets in Verbindung mit Fichten und oft mit Torfmoos und oberhalb von 300 m bis in subalpine Höhen gefunden worden. Vermutlich wurde sie bislang wohl oft mit *I. assimilata* (Britzelm.) Sacc. verwechselt. Gefährdet sind manche geeignete und bekannte Fundorte durch die vermehrte Anzahl und die damit verbundene Aktivität von Wildschweinen. So wurde und wird der ursprünglich intakte Boden der Typuslokalität in den letzten Jahren von Wildschweinen regelmäßig so aufgewühlt, dass *I. sphagnophila* seit 2013 dort nicht mehr gefunden werden konnte.



Abb 1 – Typischer Standort von *I. sphagnophila*, Nähe Fundort des Holotyps. Foto: D. BANDINI

Material und Methoden

Die Makrofotos von *I. sphagnophila* wurden mit einer Panasonic Lumix GH2 mit einem Leica DG Macro-Elmarit 1:2,8/45 Objektiv am jeweiligen Standort fotografiert.

Vor Ort wurden von den eigenen Aufsammlungen Frischpilzbeschreibungen angefertigt. Die meisten eigenen Kollektionen der *I. sphagnophila*, darunter die Typus-Kollektion, wurden in frischem Zustand mit einem Leica DM 750-Mikroskop untersucht. Die mikroskopischen Strukturen wurden von D. Bandini mit einer Zeiss AxioCam ERc5s fotografiert und die Bilder auf einen PC übertragen. Die Maße der Sporen und Zystiden wurden mit Hilfe des Programmes Zeiss Axiovision Version 4.8 ermittelt. An Reagenzien für die Mikroskopie wurde lediglich KOH 3 % aq. verwendet.

Die Farbangaben gehen auf Munsells Farbatlas zurück (MUNSELL 2009), die Terminologie folgt VELLINGA (1988) und KUYPER (1986). Sporenmaße wurden nach HEINEMANN & RAMMELOO (1985) zitiert. Die Sporen wurden einschließlich der Höcker, Zystiden ohne Kristalle, und Basidien ohne Sterigmen gemessen. Die Sporengröße wird als Länge mal Breite angegeben. Der Q-Wert bezeichnet das Verhältnis von Sporenlänge zu Sporenbreite (ausgerechnet für jede einzelne Spore). Die Anzahl der gemessenen Sporen wird jeweils in Klammern angegeben. Akronyme von Herbarien werden nach HOLMGREN et al. (1990) angegeben, das private Herbar von D. Bandini wird mit DB gekennzeichnet, gefolgt von der jeweiligen Herbarnummer.

Genetische Untersuchungen

Am Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum BiK-F, Frankfurt am Main, an der Abteilung Botanik des Staatlichen Museums für Naturkunde Stuttgart und bei Fa. ALVALAB (<http://alvalab.es/>) wurden verschiedene Kollektionen von einer Reihe von *Inocybe*-Arten analysiert. Für alle Proben wurden ITS-Sequenzen erstellt, die in einigen Fällen durch LSU ergänzt wurden.

Die Amplifikation der ITS- und LSU-Genregionen am Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum BiK-F wurde mit MangoTaq-DNA-Polymerase (Bioline, Luckenwalde, Deutschland) durchgeführt. Eine PCR-Reaktion enthielt dabei 1x MangoTaq-Puffer, 200µM dNTPs, 2mM MgCl₂, 0,8 µg µl⁻¹ BSA (engl. bovine serum albumin, Carl Roth GmbH, Karlsruhe, Deutschland), 0,4 mM von jedem Primer (Sigma Aldrich, München, Deutschland) und 0,5 U MangoTaq-Polymerase. Für ITS wurden die von GARDES & BRUNS (1993) veröffentlichten Primer ITS1-F und ITS4-B verwendet und die PCR mit den von ihnen beschriebenen Temperaturschritten auf einem Thermocycler ProS (Eppendorf, Hamburg, Deutschland) durchgeführt. Zur Generierung der LSU-Fragmente wurden die Primer LR0R (MONCALVO et al. 1995) und LR6 (VILGALYS & HESTER 1990) verwendet. Die Amplifikation wurde mit einer initialen Denaturierung von 96°C für 10 min, für 36 Zyklen bei 96°C für 20 sec, 53°C für 40 sec und 72°C für 2 min, sowie einer abschließenden Elongation bei 72°C für 8 min mit dem oben genannten Thermocycler durchgeführt. Die Sanger-Sequenzierung wurde am Laborzentrum des Biodiversität und Klima Forschungszentrums BiK-F durchgeführt, wobei für LSU die Primer LR0R und LR5

(VILGALYS & HESTER 1990) sowie für die ITS-Region ITS1 und ITS4 (WHITE et al. 1990) verwendet wurden.

Die Chromatogramme im abi-Format wurden mit Hilfe der Software Geneious 6.1.2 editiert und Consensus-Sequenzen aus den beiden ITS- bzw. LSU-Sequenzierungs-Richtungen generiert (s. <http://www.geneious.com/>). Zur Erfassung der genetisch nahestehenden Arten wurden in GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) und in UNITE (<https://unite.ut.ee/>) BLASTn-Analysen der DNA-Regionen ITS1 bis ITS2 und LSU-D1 bis LSU-D2 ausgeführt (s.a. SCHMIDT-STOHN & OERTEL 2010). Auf diese Weise wurde der Datensatz durch die ITS- und LSU-Sequenzen verwandter Arten vervollständigt. Als Orientierung für die Eingrenzung der DNA-Abschnitte wurden bei *Inocybe* folgende Motiv-Sequenzen verwendet: Für das Ende der SSU und damit den Anfang der ITS1 GGATCATTAA, für den Anfang der LSU und damit das Ende der ITS2 TTGACCTCA, für das Ende von LSU-D2 CCCGTCTTG und für das Ende von LSU-D3 GGACCCGAA. Die ITS- und LSU-Sequenzen wurden manuell verkettet und als FASTA-Datei gespeichert.

Die Analysen der ITS- und LSU-Sequenzen wurden u. a. mit verschiedenen Werkzeugen des Freeware-Programms MEGA 5.2 für Windows durchgeführt (<http://www.megasoftware.net/>, TAMURA et al. 2011). Für das Abzählen von Basenpaar-Unterschieden wurde darin der „Sequence Data Explorer“ verwendet.

Als Grundlage für die Berechnung phylogenetischer Rekonstruktionen wurde mit Hilfe des Multiple-Alignment-Programms MAFFT Version 7 auf der Online-Präsenz <http://mafft.cbrc.jp/alignment/server/> aliniert (KATO et al. 2005). Dabei wurde die Strategie E-INS-i ausgewählt.

Die phylogenetische Rekonstruktion (s. Abb. 2) wurde auf der online-Plattform des CIPRES Science Gateway (<https://www.phylo.org/>) mit dem Online-Tool RAXML-Blackbox unter Anwendung des Standard-Algorithmus, mit 1000 Bootstrap-Wiederholungen und mit dem Modell GTRGAMMA berechnet (STAMATAKIS et al. 2008).

Eine Mischung von reinen ITS-Sequenzen mit concatenierten ITS- und LSU-Sequenzen in den phylogenetischen Rekonstruktionen ist auf Grund der Nichtbeachtung der Gaps bzw. der Sequenz-Längenunterschiede in RAXML ohne weiteres möglich, wenn alle Clades auch vollständige Sequenzen aus ITS und LSU enthalten.

Zu den verwendeten Methoden s.a. die früheren Mitteilungen zur Gattung *Inocybe*: BANDINI & OERTEL 2012, BANDINI et al. 2013 und OERTEL et al. 2014.

Als Außengruppe wurde *I. spuria* Jacobsson & E. Larss. aus dem *Pseudosperma*-Clade des Subgenus *Inosperma* ausgewählt. Die Art *Inocybe distincta* K.P.D. Latha & Manim. aus dem *Nothocybe*-Clade steht in phylogenetischen Rekonstruktionen stets zwischen den im Verhältnis basalen Arten des *Pseudosperma*-Clades des Subgenus *Inosperma* und den mehr abgeleiteten Arten des Subgenus *Inocybe* der Gattung *Inocybe* (s. LATHA et al. 2016, MATHENY et al. 2009, MATHENY & BOUGHER 2017).

Tabelle 1: Aufzählung der in der phylogenetischen Rekonstruktion oder im Text erwähnten Sequenzen.

Inocybe-Art (Epitheton)	Einlieferungs- name (falls abweichend)	Beleg-Nummer	Sequenz- Nummer ITS	Sequenz- Nummer LSU	Herkunfts- land
<i>acuta</i> Boud.		DB24-8-15-7	MG136902/ BAN1150	MG136997	Finnland
<i>acuta</i>	<i>acutella</i>	EL5505	AM882923.2	AM882923.2	Norwegen
<i>assimilata</i> (Britzelm.) Sacc.		Epitypus M 0020105 (M)	KM873366		Deutschland
<i>assimilata</i>	<i>pseudo- umbrina</i>	<i>pseudoumbrina- Holotypus</i> M 0151614 (M)	MF782552/ ue52130		Deutschland
<i>assimilata</i>		DB3-10-10-1/ KR-M-0043288 (KR)	MG136883/ BAN174	MG136996	Deutschland
<i>assimilata</i>		DB5-9-14-11	MG136880/ BAN1414	MG137006/ BAN806	Deutschland
<i>assimilata</i>		EL14805	AM882929.2	AM882929.2	Schweden
<i>distincta</i> K.P.D. Latha & Manim.		Holotypus CAL 1310 (CAL)	KX171343	KX171344	Indien
<i>ericetorum</i> Vauras & Kokkonen		Holotypus JV10522F (TUR-A)	JN580877		Finnland
<i>ericetorum</i>		DB2-10-12-6/ TUR-A 199181 (TUR-A)	MF567490/ BAN303	MF567489	Deutschland
<i>ericetorum</i>	<i>cf. assimilata</i>	EL2304	AM882930.2	AM882930.2	Schweden
<i>napipes</i> J.E. Lange		DB16-9-11-1	MG136884/ BAN190	MG137005	Niederlande
<i>napipes</i>		EL7005	AM882927.2	AM882927.2	Norwegen
<i>sphagnophila</i> Bandini & B. Oertel sp. nov.		Holotypus DB25-9-11-2 (STU/ TUR-A)	MG136881/ BAN156	MG136998	Deutschland
<i>sphagnophila</i>		DB12-11-11-1	MG136900/ BAN195	MG137009	Deutschland
<i>sphagnophila</i>		DB1-10-12-13 (TUR-A)	BAN282 (nur ITS2)		Deutschland
<i>sphagnophila</i>		DB1-10-12-8	MG136922/ BAN340		Deutschland
<i>sphagnophila</i>		DB2-10-12-15	MG136887/ BAN350		Deutschland
<i>sphagnophila</i>		DB6-10-12-2	BAN353		Deutschland
<i>sphagnophila</i>		DB14-7-12-h1- Sch	MG136890/ BAN366		Deutschland

<i>sphagnophila</i>		DB15-8-13-18	BAN506		Österreich
<i>sphagnophila</i>		DB4-10-11- e22-Ei	MG136885/ BAN529		Deutschland
<i>sphagnophila</i>		DB17-8-14-16	MG136882/ BAN634		Österreich
<i>sphagnophila</i>		DB18-8-14-11	BAN729 (nur ITS2)		Österreich
<i>sphagnophila</i>		DB18-8-14-26	MG136895/ BAN733		Österreich
<i>sphagnophila</i>		DB30-9-14-4	MG136888/ BAN903	MG137008	Deutschland
<i>sphagnophila</i>		DB17-8-16-4	MG136889/ BAN1426		Deutschland
<i>sphagnophila</i>		DB20-8-16-29	MG136901/ BAN1442		Deutschland
<i>sphagnophila</i>		DB24-6-16-1	MG136886/ BAN1563	MG137007	Deutschland
<i>sphagnophila</i>	<i>Inocybe</i> sp. TO-2011	voucher 21491 (MCVE)	JF908196		Italien
<i>sphagnophila</i>	<i>Inocybe</i> sp. RB-2013	FF-192	KF007940		USA
<i>spuria</i> Jacobsson & E. Larss.		Holotypus SJ92-017 (GB)	AM882784.2	AM882784.2	Schweden
<i>tetragonospora</i> Kühner		Holotypus R. Kühner K73- 378 (G)	JN580882 (nur ITS1)		Frankreich
<i>tetragonospora</i>		DB16-8-16-9	MG136899/ BAN1423	MG137010	Deutschland
<i>Inocybe</i> sp. AY751555	<i>Inocybe</i> sp. EC189 B138	EC189 B138	AY751555		USA
<i>Inocybe</i> sp.		EcM-clone 154C	KM403054	KM403054	Kanada

Ergebnisse

Der Holotypus von *Inocybe pseudoumbrina* Stangl 1975 aus der Botanischen Staatssammlung München (M) konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgreich sequenziert werden. Die ITS-Sequenz (MF782552/ ue52130) ist mit der Sequenz KM873366 des Epitypus von *Inocybe assimilata* (Britzelm. 1882) Sacc. 1887 nahezu identisch: Sie wies lediglich gegenüber der Sequenz des *I. assimilata*-Epitypus zwei heterozygote Positionen als Differenz auf (s.a. Abb. 2 und Tab. 1).

Sowohl in GenBank als auch in der UNITE-Datenbank wurden mit den Sequenzen der *Inocybe sphagnophila*-Funde BLASTn-Analysen durchgeführt. BLASTn-Analysen des ITS-Bereichs ergaben in der GenBank die Treffer der Fruchtkörper-Sequenzen JF908196 (*Inocybe* sp. TO-2011, Italien) und KF007940 (*Inocybe* sp. RB-2013, USA) (s. Abb. 2 und Tab. 1). Darüber hinaus wurden folgende aus

Deutschland und Frankreich herrührende, nicht näher bestimmte Ektomykorrhiza-Sequenzen gefunden: FN393089, FN393103, FN393117, FN545312, FN545313 und KM576449.

Ein BLASTn des LSU-D1+D2-Bereichs ergab den Treffer der Sequenz AY751565 (Aufsammlung von Fruchtkörpern, USA).

In den bisherigen phylogenetischen RAXML-Rekonstruktionen wurden die Sequenzen von *Inocybe sphagnophila* in den Clade der *Napipedinae* eingereiht (s. Abb. 2). Der Clade der *Napipedinae* wurde analog zur Subsektion *Napipedinae* (J.E. Lange) Bon benannt (Bon 1998) und ist einer von äußerst zahlreichen Sektions- und Subsektions-Clades des Subgenus *Inocybe* der Gattung *Inocybe*. Zwischen *I. sphagnophila* und dem Rest der europäischen *Napipedinae* besteht in der ITS eine Differenz von über 60 Basenpaaren.

Die Namenszuordnung der Sequenz AM882923.2 lautet in der GenBank *I. acutella* (s. Abb. 2 und Tab. 1), jedoch ist nach KOKKONEN & VAURAS (2012) *I. acutella* Bon nur ein Synonym von *I. acuta* Boud. Und die Sequenz AM882930.2 ist in der GenBank unter der Bezeichnung *I. cf. assimilata* zu finden. Sie kann im Einklang mit der Holotypus-Sequenz JN580877 *I. ericetorum* genannt werden (s. Abb. 2 und Tab. 1).

Mit *I. sphagnophila* ist eine noch unbenannte nordamerikanische *Inocybe*-Linie verwandt, *Inocybe* sp. AY751555 (s. Abb. 2 und Tab. 1). Die einzige veröffentlichte Fruchtkörper-ITS-Sequenz rührt von einer Aufsammlung aus den USA her. Die ITS von *I. sphagnophila* und *Inocybe* sp. AY751555 unterscheiden sich in 22 Basenpaaren (Gaps nicht mitgezählt).

Mit Hilfe einer BLASTn-Analyse der ITS-Sequenz AY751555 finden sich neben der in Abb. 2 und Tab. 1 genannten Sequenz KM403054 noch zwei weitere kanadische Ektomykorrhiza-Sequenzen JN652947 und KT272125.

In Abb. 2 werden im *Napipedinae*-Clade nur die Vertreter der europäischen Pilzflora und die beiden Sequenzen der nordamerikanischen Art *Inocybe* sp. AY751555 gezeigt. Die außereuropäischen *Napipedinae*-Arten *Inocybe alloumbrina* Matheny & Bougher, *I. cacaocolor* Matheny & Bougher, *I. diminuta* Peck, *I. kapila* K.P.D. Latha & Manim., *I. neoumbrina* Kobayasi, *I. solitaria* Matheny, Bougher & G.M. Gates, *I. subclavata* (E. Horak) Garrido und *I. subferruginea* Matheny & Bougher wurden nicht mit in die phylogenetische Rekonstruktion aufgenommen (s. MATHENY & BOUGHER 2017).

Die neu gewonnenen Sequenzen der Holotypen von *I. pseudoumbrina* und *I. sphagnophila* sowie von einigen weiteren Funden von *I. sphagnophila* werden in der GenBank veröffentlicht (s. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>).

Diskussion der DNA-Analysen

Die dargestellte phylogenetische Rekonstruktion zeigt, dass der DNA-Barcoding-Locus ITS zusammen mit seiner natürlichen Ergänzung durch die LSU in *Inocybe*,

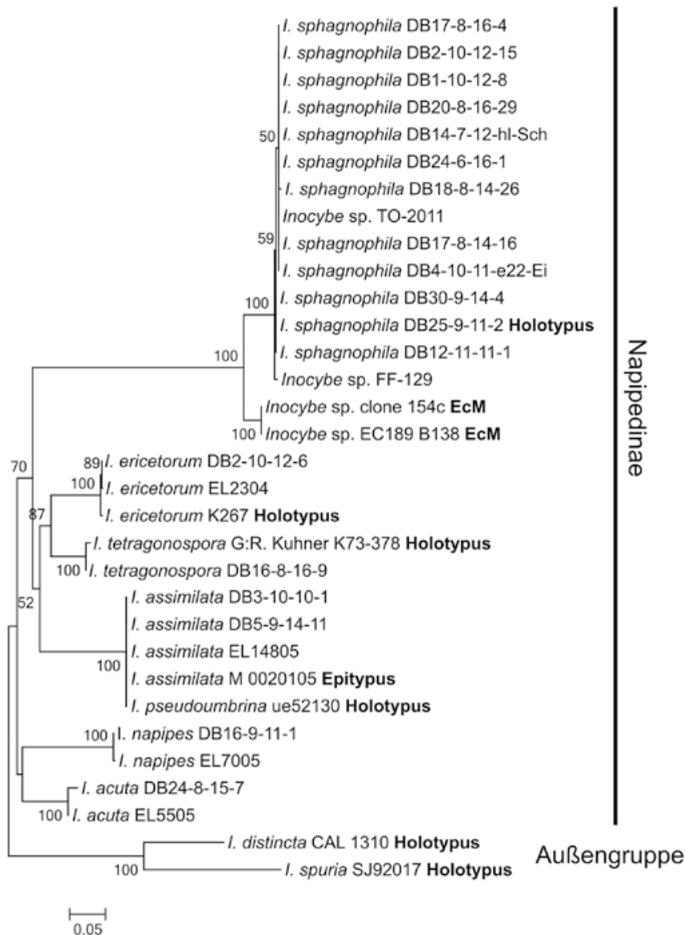


Abb. 2 – Phylogenetischer Maximum-Likelihood Baum basierend auf verketteten ITS und LSU Sequenzen. Die Nummern an den Ästen repräsentieren die statistische Unterstützung der Cluster nach 1000 Bootstrapwiederholungen. EcM steht für ausschließlich als Ectomykorrhiza unter *Pseudotsuga menziesii* (Gewöhnliche Douglasie) gefundene Exemplare aus Nordamerika. *I. distincta* aus dem Nothocybe- und *I. spuria* aus dem Pseudosperma-Clade bilden die Außengruppe.

subgenus *Inocybe* gut geeignet ist, die vielen existierenden Arten voneinander zu trennen (s. dazu beispielsweise MATHENY & BOUGHER 2017, OERTEL et al. 2014, RYBERG et al. 2008, RYBERG et al. 2010).

Im Subgenus *Inocybe* sind noch nicht sehr viele Fälle bekannt, in denen Arten sequenz-identisch in den ITS- und LSU-Loci sind. Ein solches Beispiel ist der Komplex aus den drei häufigen australischen Arten *Inocybe serrata* Cleland, *I. fulvoolivacea* Cleland und *I. granulipes* Cleland (MATHENY & BOUGHER 2017). Das heißt, ein einziger Clade auf Basis von ITS- und LSU-Sequenzen enthält in diesem Fall drei Arten. Auch durch die Hinzunahme des rpb2-DNA-Locus wurde diese Situation nicht geändert (MATHENY & BOUGHER 2017).

Auf Grund der Konsistenz bezüglich der Morphologie und der ITS- und LSU-Sequenzen ist davon auszugehen, dass *I. sphagnophila* eine gute, bisher lediglich nicht von den anderen Arten der *Napipedinae* abgetrennte Art des Subgenus *Inocybe* ist.

Taxonomischer Teil

Inocybe sphagnophila Bandini & B. Oertel sp. nov.

Mycobank: 823158

Etymologie Die Art wurde "*I. sphagnophila*" genannt, da sie mit Vorliebe in moorigem Grund bei *Sphagnum* wächst.

Diagnosis

Holotype Germany, Baden-Wuerttemberg, Rhein-Neckar-Kreis, Schönbrunn, TK 25 6519/4/4, alt. 355 m, boggy terrain near brook with *Picea abies*, *Alnus glutinosa*, *Sphagnum*, 25 Sep 2011, leg. D. Bandini (Holotype STU, Isotypes TUR-A and priv. herb. DB25-9-11-2, BAN156).

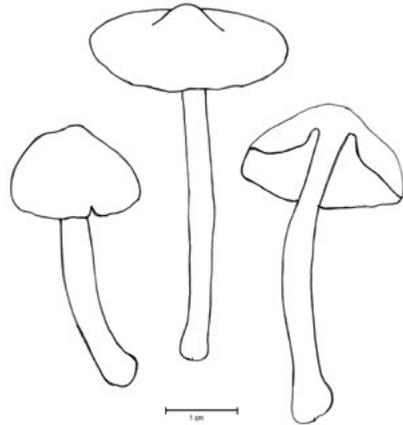


Abb. 3 – *I. sphagnophila* (DB1-10-12-13, BAN282). Zeichnung: D. BANDINI

Pileus 10-40 mm wide, (sub)conical or (sub)campanulate when young, later convex or expanded, older carpophores mostly with rather prominent large umbo, margin at first involute, later more or less deflexed, then straight, but also uplifted when old and then depressed around the centre; very young fruiting bodies with greyish remnants of velipellis especially at the centre; colour brown, chestnut-brown, dark brown to almost blackish brown, sometimes with a reddish hue, in the centre mostly grey-brown, greyish-blackish or blackish brown, very often somewhat striate with darker fibres on lighter ground and the rim of young carpophores conspicuously whitish, therefore often with intense colour-contrast, but also uniformly grey-brown or pale nut-brown (Mu 5YR 4/4-4/6, 3/3-3/4, 7.5YR 4/4-4/6, 3/2-3/4, 10YR 5/2-5/8, 3/4-3/6), occasionally (sub)hygrophanous and then much paler towards margin; surface rimose to appressed innately fibrillose, in centre warty-verrucous or scabby, young carpophores rimmed with cortina, often appearing as hemmed with a white, later darker border. **Lamellae** subdistant to moderately crowded (ca. 40-50 (60), l = 1-3), narrowly adnate to emarginate with decurrent tooth, mostly irregular, even to (sub)ventricose, whitish when young, then light greyish-brownish up to (mottled) reddish brown or reddish dark brown or dark brown with only slight reddish tinge; edge fimbriate, whitish to concolorous with age. **Stipe** 20-60 × 3-5 mm, cylindrical or curved,

often widening towards the base, base usually at least slightly thickened, but not seldom also subbulbous to bulbous, when young entirely covered with whitish tissue, later striate or glabrous, beige to pale brownish, light brown up to concolorous with pileus, sometimes lightly darkening when touched, with whitish pruina only near the apex of the stipe, base at first whitish because of tissue, later also dark to blackish brown. **Context** in the pileus whitish, brownish in the stipe, especially in the cortex of the stipe and in lower half of the stipe. **Smell** either none or subspermatival, at least when cut. **Colour of exsiccata** pileus dark brown to almost blackish brown (Mu 10YR 3/2–3/6, 7.5YR 3/2–3/4) often scabby at centre, lamellae and stipe concolorous or a little lighter in colour, no darkening or blackening with drying.

Spores (6.0-) 6.3-9.1 (-9.5) × (4.5-) 4.7-7.0 (-7.4) µm, range of mean values 7.1-7.8 × 5.3-6.1 µm, Q = (1.0-) 1.1-1.6 (-1.7), range of mean Q values 1.2-1.3 (n = 200 of 5 coll.), nodulose, sometimes (sub)isodiametric, with 8-11 differently and often irregular prominent mostly rounded nodules. **Basidia** 9-31 × 8-12 µm, generally 4-spored, seldom also 2-spored. **Lamella edge** sterile, composed of cheilocystidia and numerous hyaline, (sub)clavate or subglobose or subcylindrical, thin-walled paracystidia. **Pleurocystidia** (30-) 35-60 (-62) × (11-) 12-18 (-19) µm, range of mean values 46-51 × 12-15 µm, Q = (2.4-) 2.7-4.6 (-5.2), range of mean Q values 3.3-3.8 (n = 75 of 5 coll.), (sub)fusiform, (sub)clavate, (sub)utriform or (sub)cylindrical, in some collections often deformed, mostly without or only with short neck, often with rather broad apex, but also with mammiform apex or subcapitate, with or without crystals, with short or rather long pedicel, generally with only slightly thickened walls, (0.5-) 1.0 (bulge)-1.5 (-2.0) µm (neck), but quite different in each collection, so in a few collections extremely thickened towards apex (up to 4 µm); weak greenish-yellowish reaction with 3 % KOH. **Cheilocystidia** usually similar in appearance and size, but also more variable in form or deformed and a little longer than the pleurocystidia, up to 65 (-68) µm. **Pileipellis** constituted by an epicutis made up of parallel hyphae 3.5-12 µm wide, with encrusting to strongly encrusting and parietal brownish to brown pigment, subcutis with wider and paler to hyaline elements, up to 20 µm, epicutis in young fruiting bodies sometimes covered with thin hyaline hyphae, with scattered free ends (belonging to velipellis remnants). **Caulocystidia** mostly somehow deformed, in some collections near extreme apex rarely subcylindrical, sublageniform or subfusiform with walls up to max. 1.0 µm, but in all collections with rather long and slim elements with thin or slightly thick walls (up to 0.5 µm), mostly more or less undate and sometimes subcapitate and forked, occasionally with small crystals; weak greenish-yellowish reaction with KOH 3%. **Cauloparacystidia** rare, (sub)clavate or subcylindrical, hyaline. **Clamp-connections** abundant in all tissues. **Habitat** usually found near moist banks of streamlets or in boggy parts of woods with *Picea abies* and often with *Sphagnum*.

I. sphagnophila can mainly be distinguished from other species of the subsection *Napipedinae* such as *I. acuta* Boud., *I. assimilata* (Britzelm.) Sacc., *I. ericetorum* Vauras & Kokkonen, *I. glabrodisca* P.D. Orton, *I. napipes* J.E. Lange, and

I. tetragonospora Kühner by the combination of conspicuous whitish cortina, shape and/or size of spores and hymenial cystidia, long, slim, often forked and undate caulocystidia and the habitat.

Holotypus Deutschland, Baden-Württemberg, Rhein-Neckar-Kreis, Schönbrunn, TK25 6519/4/4, alt. 355 m, mooriger Grund in Bachnähe mit *Picea abies*, *Alnus glutinosa*, *Sphagnum*, 25 Sep 2011, leg. D. Bandini (Holotyp STU, Isotypen TUR-A und Privatherbar DB25-9-11-2, BAN156).

Beschreibung

Hut 10–40 mm breit, jung (sub)konisch, fast glockig oder glockig, später konvex oder ausgebreitet, ältere Fruchtkörper meist mit recht deutlich akzentuiertem breiten Buckel, Rand anfangs eingebogen, später nach unten gebogen und dann eben oder auch nach oben gebogen, oft mit eingesenkter Mitte; sehr junge Fruchtkörper mit graulichen Resten von Velipellis, vor allem in der Hutmitte; Farbe braun, kastanienbraun, dunkelbraun, bis beinahe schwärzlich braun, nicht selten mit rötlicher Nuance, in der Hutmitte meist graubraun, grauschwärzlich oder schwärzlich braun, sehr oft streifig durch dunklere Fäserchen auf hellerem Grund und bei jungen Fruchtkörpern auffällig weißlich am Rand, daher oft mit deutlichen Farbkontrasten; aufgrund von Regen oder Trockenheit aber auch einheitlich graubraun oder blass nussbraun (Mu 5YR 4/4-4/6, 3/3-3/4, 7.5YR 4/4-4/6, 3/2-3/4, 10YR 5/2-5/8, 3/4-3/6), zuweilen (sub)hygrophan und dann zum Rand hin stark ausblassend; Oberfläche rimos bis angedrückt eingewachsen fibrillos, im Zentrum noppig-warzig oder schürfelig, junge Fruchtkörper am Hutrand mit oft wie ein gesteppter Saum wirkender weißlicher Cortina, die später nachdunkelt. **Lamellen** eher weit bis normal stehend (ca. 40-50 (60), l = 1-3), schmal bis ausgebuchtet mit herablaufendem Zahn angewachsen, unregelmäßig in der Form, wenig bauchig oder bauchig, erst weißlich, dann graulich-bräunlich bis fleckig rötlich braun oder rötlich dunkelbraun oder auch dunkelbraun mit nur leichtem Rotton; Schneide gezähntelt, weißlich bis concolor. **Stiel** 20-60 × 3-5 mm, zylindrisch oder gebogen, meist sich nach unten zu leicht verdickend, Basis in der Regel zumindest leicht verdickt, nicht selten aber fast knollig oder knollig, zuerst gänzlich weißlich befasert, später streifig, genattert oder glatt, beige bis bräunlich, hellbraun bis concolor mit Hutfarbe, zuweilen bei Berührung leicht bräunend, lediglich am Apex weißlich bereift, Basis junger Fruchtkörper weißlich, später dunkel- bis schwarzbraun. **Fleisch** im Hut weißlich, im Stiel, besonders aber in der Stielrinde und in der unteren Stielhälfte bräunlich. **Geruch** unauffällig bis schwach spermatisch im Schnitt. **Farbe des Exsikkats** Hut dunkelbraun bis fast schwärzlich braun (Mu 10YR 3/2-3/6, 7.5YR 3/2-3/4), oft deutlich schürfelig in der Hutmitte, Lamellen und Stiel concolor oder etwas heller, kein Schwärzen oder Bräunen beim Trocknen.

Sporen (6,0-) 6,3-9,1 (-9,5) × (4,5-) 4,7-7,0 (-7,4) µm, Bandbreite der Mittelwerte 7,1-7,8 × 5,3-6,1 µm, Q = (1,0-) 1,1-1,6 (-1,7), Bandbreite der Q-Mittelwerte 1,2-1,3 (n = 200 von 5 Koll.), höckerig, manchmal (sub)isodiametrisch, mit 8-11 unterschiedlich und ungleichmäßig vorragenden zumeist abgerundeten Höckern.



Abb. 4 – *I. sphagnophila*, Holotyp (DB25-9-11-2); Maßstab 1 cm.

Foto: D. BANDINI



Abb. 5 – *I. sphagnophila* (DB3-8-12-3); Maßstab 1 cm.

Foto: D. BANDINI



Abb. 6 – *I. sphagnophila* (DB17-8-16-4); Maßstab 1 cm.

Foto: D. BANDINI



Abb. 7 – *I. sphagnophila* (DB24-6-16-1); Maßstab 1 cm.

Foto: D. BANDINI

Basidien 9-31 × 8-12 µm, in der Regel 4-sporig, selten aber auch 2-sporig. **Lamellenschneide** steril, bestehend aus Cheilocystiden und zahlreichen hyalinen, (sub)clavaten, subzylindrischen oder subglobosen dünnwandigen Parazystiden. **Pleurozystiden** (30-) 35-60 (-62) × (11-) 12-18 (-19) µm, Bandbreite der Mittelwerte 46-51 × 12-15 µm, Q = (2.4-) 2,7-4,6 (-5,2), Bandbreite der Q-Mittelwerte 3,3-3,8 (n = 75 von 5 Koll.), (sub)fusiform, (sub)clavat, (sub)utriform or (sub)zylindrisch, in manchen Kollektionen oft deformiert, meist ohne oder mit nur kurzem Hals, meist mit eher breitem, aber auch mit mammiformem oder mehr oder weniger kopfigem Apex, mit oder ohne Kristalle, mit kurzem oder mit verhältnismäßig langem Fuß, mit in der Regel recht dünnen Wänden, (0,5-) 1,0 (Bauch)-1,5 (-2,0) µm (Hals), aber sehr unterschiedlich von Kollektion zu Kollektion, so in manchen Kollektionen (z.B. DB20-8-16-29) am Apex bis zu 4 µm verdickt; schwache grünlich-gelbliche Reaktion mit 3 % KOH. **Cheilozystiden** in der Regel ähnlich, aber vermutlich aufgrund von extremen Wetterbedingungen oder Alter zuweilen variabler in der Form und etwas länger, bis 65 (-68) µm, und in manchen Kollektionen auch teilweise deformiert. **Pileipellis** sich zusammensetzend aus der Epicutis, bestehend aus 3,5-12 µm breiten, zumeist eher schwach mit ockerbräunlichem, bräunlichem oder braunem parietalem Pigment inkrustierten Hyphen und der Subcutis mit breiteren und helleren bis hyalinen Hyphen, bis ca. 20 µm; die Epicutis ist bei jungen Fruchtkörpern zuweilen mit dünnen hyalinen Hyphen, Resten der Velipellis, bedeckt. **Caulozystiden** nur am oberen Stielende vorhanden, meist mehr oder weniger deformiert, in einigen Kollektionen am obersten Ende des Apex selten auch fast zylindrisch, sublageniform oder subfusiform, mit dünnen Wänden bis max. 1 µm, aber in allen Kollektionen mit schmalen, oft langen Elementen mit dünnen oder nur schwach verdickten Wänden (bis 0,5 µm), meist mehr oder weniger wellig und zuweilen kopfig und sich am Ende gabelnd, nicht selten auch mit Kristallen versehen; schwache grünlich-gelbliche Reaktion mit 3 % KOH. **Cauloparazystiden** selten und meist subclavat oder subzylindrisch, hyalin. **Schnallen** überall vorhanden.

Habitat und Verbreitung *Inocybe sphagnophila* wächst von Juni bis November mit Vorliebe an feuchten, sauren, nicht selten moorigen Standorten, oft in der Nähe eines Baches oder in der Nähe von Quellen. Alle hier gelisteten 29 Funde standen in Zusammenhang mit Fichten (*Picea abies* (L.) H. Karst.). Als weitere Begleitbäume kamen bei einigen Kollektionen lediglich Buche (*Fagus sylvatica* L.), Lärche (*Larix decidua* Mill.) und Erle (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. bzw. *A. incana* (L.) Moench) hinzu. Bei allen Standorten handelt es sich um Wälder oberhalb von ca. 300 m ü NN, der höchste Standort war 1450 m. Bis jetzt ist *I. sphagnophila* mit Fruchtkörpern lediglich aus Deutschland und Österreich sowie durch eine Sequenz auch aus Italien (Museum Venedig JF908196, als *I. spec.*) und durch zwei Sequenzen aus den USA (AY751565 bei *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco und KF007940, beide als *I. spec.*) bezeugt. Als Ektomykorrhiza ist sie mit mehreren Sequenzen auch aus Frankreich nachgewiesen (s. Genbank). Bei diesen Sequenzen ist *Picea abies* vermerkt.

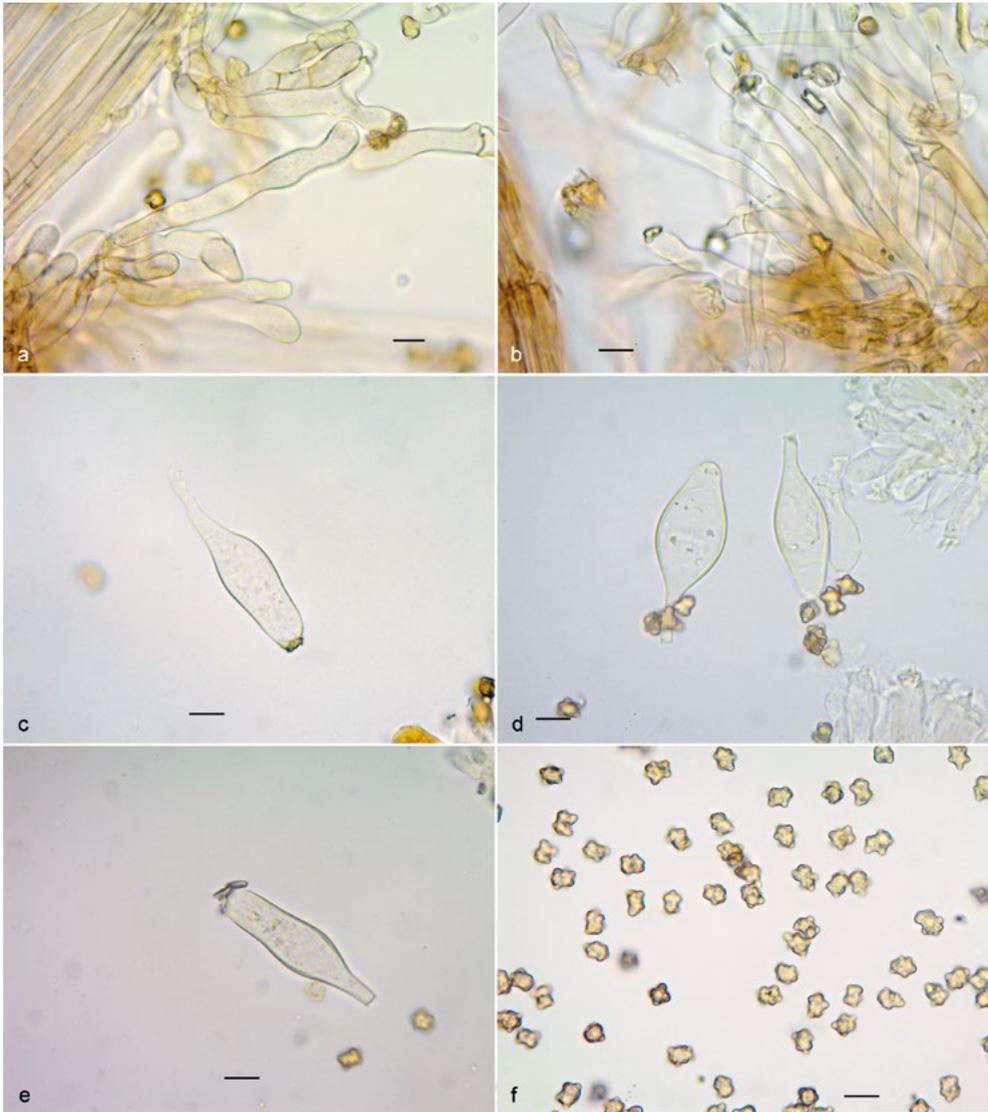


Abb. 8 – Mikrodetails von *I. sphagnophila*: a & b Caulozystiden (DB24-8-14-4 & DB15-8-13-18), c & d Cheilozystiden (DB24-6-16-1 & DB25-8-11-2), e Pleurozystide (DB24-6-16-1), f Sporen (DB25-8-11-2) (400-fach). Maßstab: 10 µm. Fotos: D. BANDINI

Weitere untersuchte Funde: DEUTSCHLAND, Baden-Württemberg, Rhein-Neckar-Kreis, Schönbrunn, TK25 6519/4, alt. 355 m (Typuslokalität), mooriges Gelände mit *Picea abies*, *Alnus glutinosa*, *Sphagnum* L., 19 Jun 2011, leg. D. Bandini (DB19-6-11-1). - Ibidem, 2 Sep 2011, leg. D. Bandini (DB2-9-11-1). - Ibidem, 7 Okt 2011, leg. D. Bandini (DB7-10-11-1). - Ibidem, 29 Jun 2012, leg. D. Bandini (DB29-6-12-3). - Ibidem, 3 Aug 2012, leg. D. Bandini (DB3-8-12-3). - Ibidem, in einiger Entfernung, alt. 380 m, *Picea abies*, *Sphagnum*, 21 Aug 2011, leg. D. Bandini (DB21-8-11-6). - Ibidem,

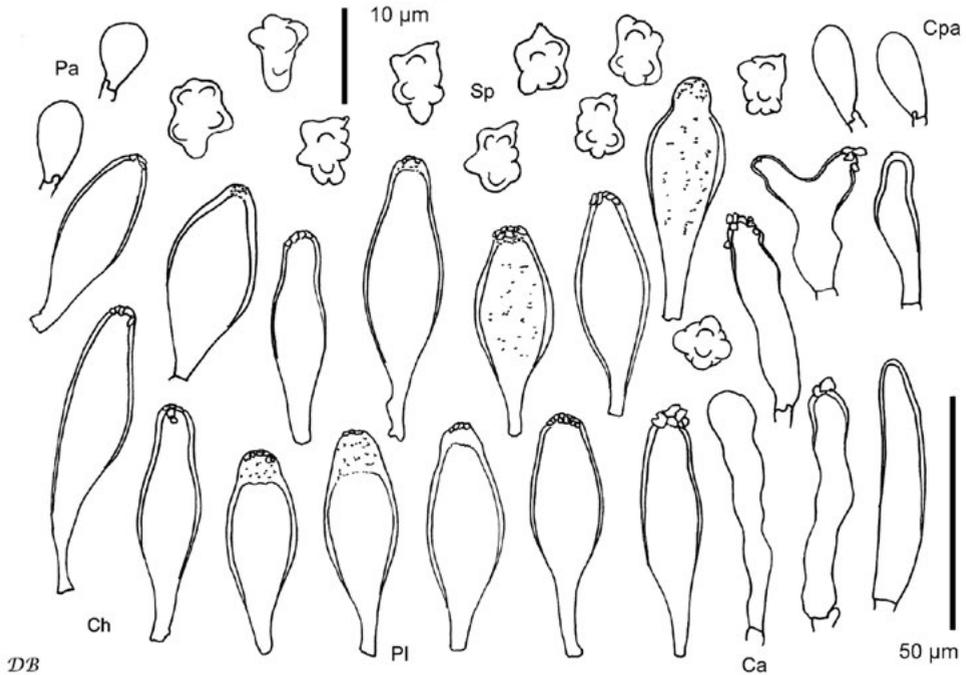


Abb. 9 – Mikrotafel von *I. sphagnophila*: Ca = Caulozystiden, Ch = Cheilozystiden, Cpa = Cauloparazystiden, Pa = Parazystiden, PI = Pleurozystiden, Sp = Sporen.
Zeichnung: D. BANDINI

in einiger Entfernung, alt. 380 m, *Picea abies*, 22 Aug 2011, leg. D. Bandini (DB22-8-11-2). - Ibidem, in einiger Entfernung, alt. 370 m, in Bachnähe mit *Picea abies*, *Alnus glutinosa*, *Sphagnum*, 11 Sep 2011, leg. D. Bandini (DB11-9-11-1). - Ibidem, in einiger Entfernung, alt. 390 m, *Picea abies*, 22 Sep 2012, leg. D. Bandini (DB22-9-12-2). - Ibidem, in einiger Entfernung, alt. 360 m, mooriges Gelände mit *Picea abies*, *Sphagnum*, 22 Jun 2014, leg. D. Bandini (DB22-6-14-1, KR-M-0043284). - Ibidem, in einiger Entfernung, alt. 370 m, in Bachnähe mit *Picea abies*, *Alnus glutinosa*, 24 Aug 2014, leg. D. Bandini (DB24-8-14-4). - Ibidem, in einiger Entfernung, alt. 340 m, in Bachnähe mit *Picea abies*, *Alnus glutinosa*, *Sphagnum*, 30 Aug 2014, leg. D. Bandini, X. Hielscher & R. Bandini (DB30-8-14-2). – Baden-Württemberg, Rhein-Neckar-Kreis, Haag, Richtung Schwanheim, TK25 6519/4, alt. 400 m, *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, 24 Jun 2016, leg. D. Bandini (DB24-6-16-1, BAN1563). – Bayern, Kelheim, Dürnbucher Forst, TK 7236/3, alt. ca. 400 m, *Picea abies*, 4 Okt 2011, leg. P. & W. Eimann (DB4-10-11-e22-Ei, BAN529). – Bayern, Freyung-Grafenau, St. Oswald-Riedlhütte, Stadtschneiderseige, TK25 7046/4, alt. 720 m, *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, 17 Aug 2016, leg. D. Bandini, J. Christan & B. Oertel (DB17-8-16-4, BAN1426). – Bayern, Regen, Lindberg, Zwieslerwaldhaus, Bärenloch, TK25 6845/4, alt. 900 m, feuchtes Gelände mit Hangquellen bei *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, 19 Aug 2016, leg. D. Bandini, Ch. Hahn, B. Oertel & J. Christan (DB19-8-16-33).

– Bayern, Regen, Lindberg, Zwieslerwaldhaus, Ruckowitzhänge, TK25 6845/4, alt. 900 m, feuchtes Gelände mit Hangquellen bei *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, 20 Aug 2016, leg. D. Bandini, J. Christan, C. Bässler, Ch. Hahn & B. Oertel (DB20-8-16-29, BAN1442). – Niedersachsen, Osterode, Walkenried, TK25 4229/4, alt. ca. 230 m, mooriges Gelände mit *Picea abies*, *Sphagnum*, 2 Okt 2012, leg. D. Bandini & B. Oertel (DB2-10-12-15, BAN350). – Rheinland-Pfalz, Rhein-Hunsrück-Kreis, Simmern, Tiefenbach, Märkerwald, TK25 6011/4, alt. 550 m, mooriges Gelände mit *Picea abies*, *Sphagnum*, 12 Nov 2011, leg. D. Bandini & B. Oertel (DB12-11-11-1, BAN195). – Saarland, Merzig-Wadern, Britten, Gärtenmühl, am Losheimer Bach, TK25 6406/3, alt. 415 m, in Bachnähe mit *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, leg. D. Bandini & J. Christan (DB30-9-14-4, BAN903). – Sachsen-Anhalt, Harz, Oberharz am Brocken, Kramershai, TK25 4229/4, alt. ca. 650 m, mooriges Gelände mit *Picea abies*, *Sphagnum*, 14 Jul 2012, leg. H. Schubert (DB14-7-12-h1-Sch, BAN366). – Ibidem, in einiger Entfernung, alt. ca. 600 m, mooriges Gelände mit *Picea abies*, *Sphagnum*, 1 Okt 2012, leg. D. Bandini, B. Oertel, M. Schult & H. Schubert (DB1-10-12-8, BAN340). – Ibidem, in einiger Entfernung, alt. ca. 650 m, mooriges Gelände mit *Picea abies*, 1 Okt 2012, leg. D. Bandini, B. Oertel, M. Schult & H. Schubert (DB1-10-12-13, BAN282; TUR-A). – Sachsen-Anhalt, Harz, Ilsenburg, Drübeck, TK25 4129/3, alt. ca. 600 m, feuchtes Gelände mit *Picea abies*, 6 Okt 2012, leg. D. Bandini & B. Oertel (DB6-10-12-2, BAN353). – ÖSTERREICH, Salzburg, Tamsweg, Prebersee, ÖK25V 3230-Ost, alt. 1450 m, feuchtes Gelände mit *Picea abies*, *Alnus incana*, *Sphagnum*, 15 Aug 2013, leg. D. Bandini & B. Oertel (DB15-8-13-18, BAN506). – Oberösterreich, Schalchen, Kobernausser Wald, ÖK25V 3328-Ost, alt. 525 m, *Picea abies*, *Abies alba*, *Larix decidua*, 17 Aug 2014, leg. D. Bandini, L. Quecke & J. Christan (DB17-8-14-16, BAN634). – Ibidem, in einiger Entfernung, alt. 550 m, feuchtes Gelände mit *Picea abies*, *Abies alba*, *Larix decidua*, *Sphagnum*, 18 Aug 2014, leg. D. Bandini, L. Quecke & J. Christan (DB18-8-14-11, BAN729). – Ibidem, in einiger Entfernung, alt. 550 m, *Picea abies*, *Abies alba*, *Larix decidua*, 18 Aug 2014, leg. D. Bandini, L. Quecke & J. Christan (DB18-8-14-26, BAN733).

Diskussion

Inocybe sphagnophila ist in idealem Zustand gekennzeichnet durch die dunkelbraune, nur bei ganz jungen Fruchtkörpern glatte, dann aber bald rimos werdende Hutoberfläche, zwischen deren Fasern das hellere Hutfleisch zu sehen ist. Die Hutmitte ist aufgrund von Velumresten graubraun, graulich oder schwärzlich-dunkelgrau, und fast stets deutlich noppig-warzig. Der sich so ergebende Farbkontrast wird bei jungen Fruchtkörpern durch die oft wie in einem Saum gesteppt oder angenäht wirkenden weißlichen Cortinareste am Hutrand verstärkt (Abb. 4). Je nach Wetterbedingungen und/oder Alter finden sich jedoch auch einheitlich nussbraune Fruchtkörper bzw. – häufiger – Kollektionen mit graubrauner Hutfarbe, wobei das Grau überwiegt (Abb. 7). Die warzige Hutmitte und die streifige Hutoberfläche sind allerdings auch in diesen Fällen zu beobachten.

Ein stabiles Merkmal von *I. sphagnophila* sind weiterhin die kleinen Sporen (im Durchschnitt < 8 µm lang) und die verhältnismäßig kurzen Zystiden (im Durchschnitt < 55 µm lang). Ein weiteres, sehr verlässliches und zur Abgrenzung wichtiges Unterscheidungsmerkmal sind die ungewöhnlichen Caulozystiden: wellige schmale Elemente, die sich oben offen gabeln. Auffällig konstant ist auch das Habitat von *I. sphagnophila*: feucht, nicht selten moorig mit *Sphagnum*, saurer Boden, nicht selten in der Nähe von Bächen, in Quellhängen, feuchten Niederungen etc. Bei allen Funden waren Fichten in der unmittelbaren Nähe. Nicht selten war sie der einzige Begleitbaum. Angesichts der vergleichweisen Häufigkeit von *I. sphagnophila* zumindest in Deutschland ist davon auszugehen, dass sie zumeist mit *I. assimilata*, wie *I. sphagnophila* einer Vertreterin der *Napipedinae*, verwechselt wurde und wird. Sie kann in einem vergleichbaren Habitat gefunden werden, hat oft ebenfalls eine grauliche Hutmitte und eine verdickte bis knollige Stielbasis. Die Hutmitte ist allerdings nicht noppig-warzig, die Hutfarbe ist im allgemeinen heller, die Oberfläche feinfaseriger (s. auch die Originalbeschreibung von BRITZELMAYR 1881 und vgl. MARCHETTI et al. 2014, die einen Epitypus von *I. assimilata* bestimmten), die Cortina ist nicht auffallend weißlich, Zystiden sind im Durchschnitt schlanker, größer und am Apex häufig enger. Vor allem aber hat *I. assimilata* sehr charakteristische Caulozystiden (s. Abb. 10a): hyphoide septierte Elemente, deren Endglied oft konisch ausläuft (vgl. auch Zeichnung bei STANGL 1989). Mit *I. assimilata* bereits synonymisiert wurde *I. umbrina* (MARCHETTI et al. 2014, zuvor auch BIZIO & MARCHETTI 1998). Um eine Identität mit *I. sphagnophila* auszuschließen, haben wir den Holotypus von *I. pseudoumbrina* Stangl taxonomisch und genetisch untersucht. Die DNA-Analyse des Typus ergab eine Übereinstimmung mit der Sequenz des *I. assimilata*-Epitypus, und die Mikromerkmale sind identisch mit denjenigen von *I. assimilata*, einschließlich der Form der Caulozystiden (siehe Abb. 10b, ebenso auch bei STANGL 1975, 1989). Hinzu kommt, dass wir einige Kollektionen gefunden haben, die exakt auf die Beschreibung der *I. pseudoumbrina* von Stangl passen und also makroskopisch deutlich von dem Bild der typischen *I. assimilata* abweichen: mit sehr hellen, nach außen fast beige-, bzw. strohfarbenen Hüten und rosa-rötlichen Stielen (vgl. Abb. 12 und STANGL 1975, 1989). Die mikroskopischen Details allerdings sowie die DNA-Analyse einer besonders typischen entsprechenden Kollektion ergab eine völlige Übereinstimmung mit der des Epityps von *I. assimilata*. Interessanterweise ist bei dem Holotyp von *I. pseudoumbrina* handschriftlich von Stangl vermerkt: "Die Mikromerkmale passen sehr gut zu *I. umbrina*. Es wird sich wohl um eine sehr ausgefallen gefärbte *I. umbrina* handeln". Wir erklären *I. pseudoumbrina* mithin zu einem Synonym von *I. assimilata*. Verwechselt werden könnte *I. sphagnophila* noch mit *I. acuta*, die jedoch bei *Salix* L. wächst, weit größere und länglichere Sporen, im Durchschnitt größere Hymenialzystiden und anders geformte Caulozystiden aufweist (vgl. KOKKONEN & VAURAS 2012). Manche Kollektionen von *I. sphagnophila* erinnern makroskopisch an *I. napipes*, die durchaus auch in demselben Habitat vorkommen kann. Sie hat allerdings eine rübenförmige Knolle, die Cortina ist nicht weißlich, die Sporen sind

größer und stärker höckerig, die Hymenialzystiden im Durchschnitt länger und die Caulozystiden haben nicht die für *I. sphagnophila* typische Form. *I. glabrodisca*, die zudem noch einen anderen Standort aufweist und oft auch nur bei Laubbäumen vorkommt, hat ebenfalls größere Sporen und längere Zystiden (ORTON 1960), außerdem eine mehr ins Rötliche gehende Hutfarbe, eine glattere Hutoberfläche, und die Cortina ist nicht weißlich (vgl. auch STANGL 1989). *I. tetragonospora*, die wir in der Nähe eines Fundortes der *I. sphagnophila* im Bayerischen Wald ebenfalls an einem feuchten Standort neben einem Bach gefunden haben, ist insgesamt kleiner, sie hat weniger höckerige, nicht selten entolomoid oder viereckig geformte Sporen, längere Hymenialzystiden und Caulozystiden, die in der Form den Hymenialzystiden gleichen (vgl. KÜHNER 1988, KOKKONEN & VAURAS 2012). *I. ericetorum* schließlich zeigt teilweise ähnliche Caulozystiden wie *I. sphagnophila*, die Hutmitte ist graulich und die Fasern divergieren wie bei *I. sphagnophila*, allerdings ist die Huttexur gröber, die Hutfarbe oft mehr rötlich, die Cortina ist nicht weißlich, die Sporen sind größer, die Zystiden sind im Durchschnitt größer und schlanker und das Habitat ist ein anderes (vgl. KOKKONEN & VAURAS 2012, OERTEL et al. 2014). – Bis jetzt ist *I. sphagnophila* bereits aus fünf Bundesländern bezeugt, Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen, Saarland und Sachsen-Anhalt. Es handelt sich also um eine zumindest in Deutschland an geeigneten Standorten vergleichsweise häufige Art, die unter idealen Wuchsbedingungen schon makroskopisch zu erkennen ist. In der Nachbarschaft wuchsen zuweilen andere höckersporige Arten, die sauren Boden und Nadelwald lieben, wie vor allem *I. napipes*, *I. stellatospora* (Peck) Masee, *I. lanuginosa* (Bull. : Fr.) P. Kumm. oder *I. stellifera* E.J.M. Arnolds (= *I. pseudoasterospora* var. *microsperma* Kuyper & P.-J. Keizer). Alle genannten Arten sind von *I. sphagnophila* genetisch durch mehr – oft weit mehr – als 60 Basenpaare unterschieden. Es handelt sich also um eine deutlich abgegrenzte Art.

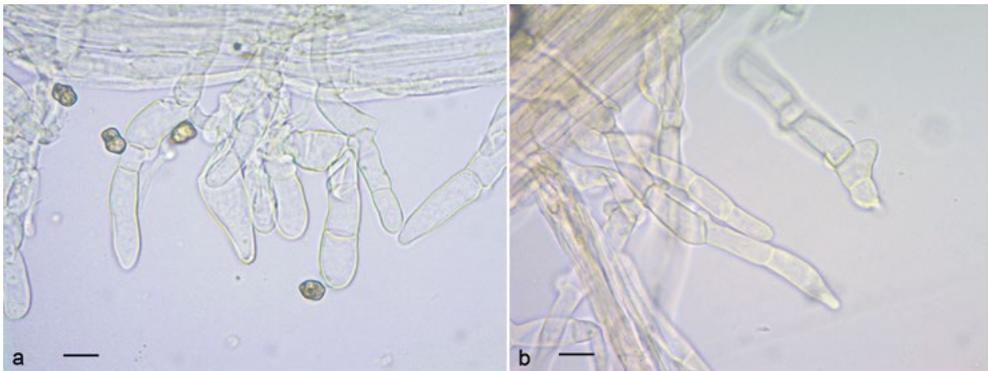


Abb. 10 – a Caulozystiden von *I. assimolata* (DB3-10-10-1), b Caulozystiden von *I. pseudoumbrina* (Holotypus, M-0151614); Maßstab 10 µm. Fotos: D. BANDINI

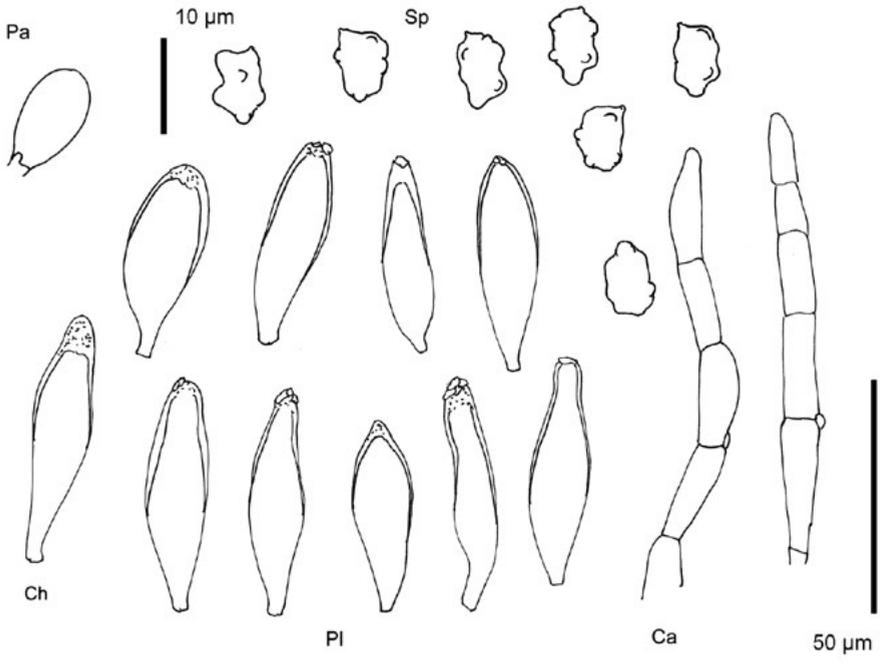


Abb. 11 – Mikrotafel des Holotyps von *I. pseudoumbrina* (M-0151614, vom 4.8.1970): Ca = Caulozystiden, Ch = Cheilozystiden, Pa = Parazygote, Pl = Pleurozystiden, Sp = Sporen.
Zeichnung: D. BANDINI



Abb. 12 – *I. assimilata* (DB5-9-14-11).

Foto: D. BANDINI

Danksagung

Wir danken von Herzen Dr. Claus Bässler vom Nationalpark Bayerischer Wald für seine großzügige Unterstützung im Feld und bei der Sequenzierung. Die Sequenzierung des Typs von *Inocybe pseudoumbrina* am Staatlichen Museum für Naturkunde Stuttgart im Rahmen von GBOL Fungi ist vom Bundesministerium für Forschung und Bildung (BMBF) gefördert worden als Forschung für nachhaltige Entwicklung (FONA); www.fona.de. Frau Dr. Dagmar Triebel (München) danken wir für die Ausleihe des Holotyps von *I. pseudoumbrina*. Für die Überlassung von Kollektionen der *I. sphagnophila* bedanken wir uns bei Petra und Werner Eimann (Kaarst) sowie bei Hartmut Schubert (Harzgerode) und Manfred Schult (Drübeck), die uns zudem anlässlich einer Tagung durch den Kramershai begleiteten. Wir danken Jukka Vauras (Turku, Finnland) für viele Exsikkate und die stets bereichernde Kommunikation und Martin Bemann (Heidelberg) für seine stete Hilfe bei der Literaturbeschaffung und bei Recherchen.

Literatur

- BANDINI D, OERTEL B (2012) – *Inocybe treneri* Bresadola; auf der Suche nach einer verschollenen *Inocybe*. Zeitschrift für Mykologie **78(2)**: 107-124.
- BANDINI D, HAMPE F, OERTEL B (2013) – Eine kleine, seltene *Inocybe*: *Inocybe ionochlora* Romagnesi. Zeitschrift für Mykologie **79(1)**: 79-98.
- BIZIO E, FERISIN G, DOVANA F (2016) – *Inocybe costinitii*, a new species from the Istrian coast. Micologia e Vegetazione Mediterranea **31(2)**: 95-102.
- BIZIO, E, MARCHETTI M (1998) – Le *Inocybe* dell'Abate Bresadola (attraverso gli autori successivi e revisione di materiale d'erbario), seconda parte. Bollettino del Gruppo Micologico G. Bresadola **41(2)**: 67-90 u. 135-144.
- BON M (1997) – Clé monographique du genre *Inocybe* (Fr.) Fr. (2ème partie). Documents Mycologiques **27(108)**: 1-77.
- BON M (1997a) – Clé monographique des *Inocybes* alpins. Bulletin de la Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie **37(144)**: 71-109.
- BON M (1998) – Clé monographique du genre *Inocybe* (Fr.) Fr. (3ème partie). Documents Mycologiques **28(111)**: 1-45.
- BRITZELMAYR M (1881) – *Hyporhodium* und *Leucosporium* aus Südbayern. (Hymenomyceten aus Südbayern 2). Bericht des Naturhistorischen Vereins in Augsburg **26**: 133-148.
- ESTEVE-RAVENTÓS F, MORENO G, ALVARADO P (2014) – *Inocybe lanatopurpurea* Esteve-Rav. & G. Moreno sp. nov.. *Persoonia* **32**: 288-289, Fungal Planet sheet No. 273.
- ESTEVE-RAVENTÓS F, MORENO G, BIZIO E, ALVARADO P (2015) – *Inocybe flavobrunnescens*, a new species in section *Marginatae*. *Mycological Progress* **14**: 14, doi 10.1007/s11557-015-1036-0.
- ESTEVE-RAVENTÓS F, RODRIGUEZ-CAMPO FJ, ALVARADO P (2017) – *Inocybe parvicystis* F.J. Rodr.-Campo & Esteve-Rav., sp. nov.. *Persoonia* **38**: 338-339, Fungal Planet sheet No. 603.

- FRANCHI P, MARCHETTI M, PAPETTI C (2016) – *Inocybe tiliae*, una nuova specie della Sezione *Marginatae*. *Rivista di Micologia* **59(2)**: 99-121.
- GARDES M, BRUNS TD (1993) – ITS primers with enhanced specificity for Basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology* **2**: 113-118.
- HEINEMANN P, RAMELOO J (1985) – De la mesure des spores et de son expression. *Agarica* **6(12)**: 366-380.
- HOLMGREN PK, HOLMGREN NH, BARNETT LC (1990) – Index Herbariorum 8th ed. Botanical Garden, New York.
- HORAK E, MATHENY PB, DESJARDIN DE, SOYTONG K (2015) – The genus *Inocybe* (Inocybaceae, Agaricales, Basidiomycota) in Thailand and Malaysia. *Phytotaxa* **230(3)**: 201-238.
- JÜLICH W (1982) [1981] – Higher Taxa of Basidiomycetes. *Bibliotheca Mycologica* **85**, Vaduz.
- KATO H, KUMA KI, TOH H, MIYATA T (2005) – MAFFT version 5: improvement in accuracy of multiple sequence alignment. *Nucleic Acids Research* **33**: 511-518.
- KIRK PM, CANNON PF, MINTER DW, STALPERS JA (2008) – Dictionary of the Fungi, 10th ed. CABI, Wallingford, UK.
- KOKKONEN K, VAURAS J (2012; online seit 2011) – Eleven new boreal species of *Inocybe* with nodulose spores. *Mycological Progress* **11(1)**: 299-341.
- KÜHNER R (1988) – Diagnoses de quelques nouveaux *Inocybes* récoltés en zone alpine de la Vanoise (Alpes françaises). *Documents Mycologiques* **19(74)**: 1-27.
- KUYPER TW (1986) – A revision of the genus *Inocybe* in Europe. I. Subgenus *Inosperma* and the smooth-spored species of subgenus *Inocybe*. *Persoonia Suppl.* **3**.
- LATHA KPD, MANIMOHAN P (2017) – *Inocybes* of Kerala, Calicut.
- LATHA KPD, MANIMOHAN P, MATHENY PB (2016) – A new species of *Inocybe* representing the *Nothocybe* lineage. *Phytotaxa* **267(1)**: 40-50.
- MARCHETTI M, FRANCHI P (2008) – Studi sul genere *Inocybe*, V, Specie interessanti e nuove del litorale toscano, Parte prima. *Rivista di Micologia* **51(4)**: 301-355.
- MARCHETTI M, FRANCHI P, CONSIGLIO G (2014) – Tipificazione di alcune *Inocybe* di Britzelmayr. *Rivista di Micologia* **57(2)**: 127-178.
- MATHENY PB, AIME MC, BOUGHER NL, BUYCK B, DESJARDIN DE, HORAK E, KROPP BR, LODGE DJ, SOYTONG K, TRAPPE JM, HIBBETT DS (2009) – Out of the palaeotropics? Historical biogeography and diversification of the cosmopolitan ectomycorrhizal mushroom family Inocybaceae. *Journal of Biogeography* **36**: 577-592.
- MATHENY PB, BOUGHER, NL (2017) – Fungi of Australia, Inocybaceae, Canberra & Melbourne.
- MONCALVO JM, WANG HH, HSEU RS (1995) – Phylogenetic relationships in *Ganoderma* inferred from the internal transcribed spacers and 25S ribosomal DNA sequences. *Mycologia* **87**: 223-238.
- MUNSELL® (2009) – Soil Color Charts, X-Rite, Grand Rapids MI, USA.
- OERTEL B, BANDINI D, VAURAS J (2014) – Zwei aus Finnland beschriebene Risspilze in Deutschland nachgewiesen: *Inocybe urceolicystis* Stangl & Vauras und *Inocybe ericetorum* Vauras & Kokkonen. *Zeitschrift für Mykologie* **80(1)**: 43-79.

- ORTON PD (1960) – New check list of British Agarics and Boleti, Part III, Notes on genera and species in the list. Transactions of the British Mycological Society **43**: 159-439.
- RYBERG M, NILSSON RH, KRISTIANSSON E, TÖPEL M, JACOBSSON S, LARSSON E (2008) – Mining metadata from unidentified ITS sequences in GenBank: A case study in *Inocybe* (Basidiomycota). BMC Evolutionary Biology **8**: 50.
- RYBERG M, LARSSON E, JACOBSSON S (2010) – An evolutionary perspective on morphological and ecological characters in the mushroom family Inocybaceae (Agaricomycotina, Fungi). Molecular Phylogenetics and Evolution **55**: 431-442.
- SCHMIDT-STOHN G, OERTEL B (2010) – Methodik und Anwendung von DNA-Analysen in der Pilz-Taxonomie. Zeitschrift für Mykologie **76(1)**: 101-120.
- STAMATAKIS A, HOOVER P, ROUGEMONT J (2008) – A Rapid Bootstrap Algorithm for the RAxML Web-Servers. Systematic Biology **75(5)**: 758-771.
- STANGL J (1971) – Über einige Rißpilze Südbayerns I. Zeitschrift für Pilzkunde **37(1-4)**: 19-40.
- STANGL J (1975) – Die eckigsporigen Rißpilze (1). Zeitschrift für Pilzkunde **41(1/2)**: 65-80.
- STANGL J (1989) – Die Gattung *Inocybe* in Bayern. Hoppea **46**: 5-388.
- STUNTZ DE (1954) [1953] – Studies on the genus *Inocybe*, II, new and note worthy species from Michigan. Papers of the Michigan Academy of Sciences, Arts and Letters **39**: 53-84.
- TAMURA K, PETERSON D, PETERSON N, STECHER G, NEI M, KUMAR S (2011) – MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. Molecular Biology and Evolution **28**: 2731-2739.
- VAURAS J, LARSSON E (2015) 2016 – *Inocybe caprimulgi* and *I. lacunarum*, two new nodulose-spored species from Fennoscandia. Karstenia **55**: 1-18.
- VAURAS J, LARSSON E (2016) – *Inocybe baltica* and *I. suecica*, two new smooth-spored species from the Baltic Sea-region. Karstenia **56**: 13-26.
- VELLINGAEC (1988) – Glossary, in: BAS C, KUYPER ThW, NOORDELOOS, ME, VELLINGAEC (hrsg.), Flora Agaricina Neerlandica vol **1**, Rotterdam, 54-64.
- VILGALYS R, HESTER M (1990) – Rapid genetic identification and mapping enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. Journal of Bacteriology **172(8)**: 4238–4246.
- WHITE TJ, BRUNS T, LEE S, TAYLOR J (1990) – Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In PCR protocols. A guide to methods and applications. Edited by INNIS MA, GELFAND DH, SNINSKY JJ, WHITE TJ. Academic Press, San Diego. S. 315–322.