

Heinrich Kostyra

Pilzkristalle in der Gattung *Inocybe*

1. Einleitung

Pilze suchen und vor allem Pilze bestimmen sind für den Mykologen zwei aufregende Tätigkeiten. Für das genaue Bestimmen ist das Mikroskop in der Mykologie ein unentbehrliches Hilfsmittel, zeigt es doch die verschiedenen Formen der Hyphen im Plektenchym, insbesondere im Trama und Hymenium. Nicht zuletzt findet der Mykologe in Größe und Ornamentation der Sporen verlässliche Hinweise zur Taxonomie. Daneben zeigen sich immer wieder glitzernde Gebilde in Sporengröße, die bei einigen Pilzgruppen als hymeniale Inkrustationen auftreten. Ihr Vorkommen und ihre Morphologie finden in der Literatur nur sehr pauschale Erwähnung. Der Grund dafür liegt auf der Hand: Eine aufwendige kristallografische Formsprache ist nicht Sache des Mykologen, und die Untersuchungsmethoden im Polarisationsmikroskop sind weitgehend unbekannt. Hier Zusammenhänge und einen Ausgleich zu finden, soll in der folgenden Arbeit versucht werden.

2. Material und Methoden

2.1 Material

Zur Untersuchung kamen kristallhaltige Arten der Gattung *Inocybe*, insbesondere *Inocybe godeyi*, *nitidiuscula* und *assimilata*. Für eine Kristallbestimmung ist die Verwendung von Frischmaterial nicht notwendig. Exsikkate genügen weitgehend. Dazu stand gut bestimmtes Herbarmaterial aus dem Botanischen Institut der Universität Regensburg zur Verfügung. Zur Untersuchung anderer *Inocybe*-Arten darf auf einschlägige Literatur verwiesen werden.

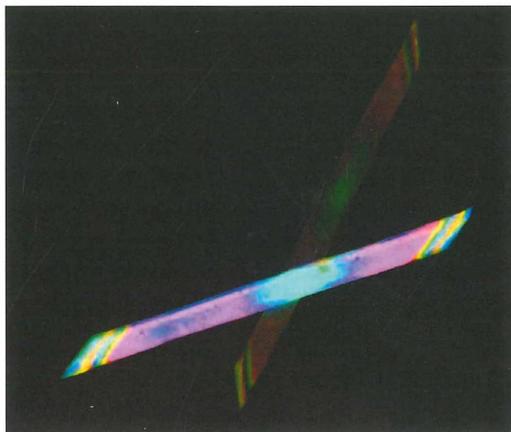


Abb. 1: Aufnahme eines Oxalatkristalles in diagonaler und orthogonaler Stellung (Auslöschung).

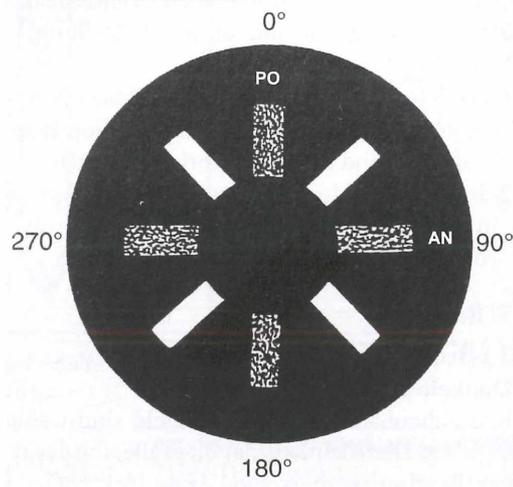


Abb. 2: Orientierung des Gesichtsfeldes im Polarisationsmikroskop und Nachweis der Doppelbrechung eines anisotropen Körpers im 2p-Dunkelfeld. Orthogonalstellung: Auslöschung (0°, 90°); Diagonalstellung: maximale Helligkeit (45°, 135°). PO bzw. AN = Schwingungsrichtung des Polarisators bzw. des Analysators (aus CZAJA (1))

2.2 Methoden

2.2.1 Optische Mikroskopie

Die Untersuchung der Pilzkristalle wurde mit einem Polarisationsmikroskop der Firma Zeiss durchgeführt, Vergrößerung etwa 400- bis 800-fach. Der kristalloptisch wirksame Teil besteht aus zwei Polarisationsfolien, die nur jeweils eine Schwingungsrichtung des Lichtes durchlassen. Die im Kondensator eingelegte Folie heißt Polarisator (PO), die im Tubus eingelegte Folie Analysator (AN). Bei paralleler Stellung der Schwingungsrichtungen erscheint das vertraute Hellfeld (1p), in gekreuzter Stellung entsteht das polarisierte Dunkelfeld (2p). Der nachträgliche Einbau solcher Filter ist problemlos möglich, so dass auch der Mykologe Kristallbeobachtungen anstellen könnte.

Über diese Grundausstattung hinaus besitzt das Polarisationsmikroskop eine drehbare Bühne, den sog. Drehtisch. Damit können Winkel an Kristallen bestimmt, sowie Richtung und Art der sog. Auslöschung ermittelt werden.

In Abb. 1 ist dieses für die Kristallbestimmung grundlegende Verfahren an einem Oxalatkristall erläutert. Abb. 2 zeigt die Helligkeit eines Kristalls bei verschiedenen Drehtischstellungen (orthogonale und diagonale Stellung).

Hinweise:

1. Die Literatur ist nummeriert. Auf diese Nummern wird im Text verwiesen. Kristalloptische Praktiken sind in (1) ausführlich erläutert.
2. In den Abbildungen wird die Vergrößerung in erster Annäherung als Apparate-Vergrößerung ($V_{\text{Objektiv}} \times V_{\text{Okular}}$) angegeben.

3. Resultate

3.1 Beobachtungen im polarisierten Dunkelfeld

Kristallbeobachtungen im Hellfeld sind wenig ergiebig. Die Kleinheit der Kristalle, ihr geringer Brechungsunterschied zum Plektenchym machen es schwierig, Form und Lokalisation der Kristalle zu erfassen. Ganz anders gestaltet sich die Beobachtung im polarisierten Dunkelfeld. Es genügt, ein einfaches Lamellenpräparat zu beobachten. Bei mäßiger Vergrößerung

(Objektiv 10-fach) kann man einen Sternenhimmel leuchtender Kristalle beobachten (Abb. 3). Durch leichtes Aufheben der Kreuzpolarisation, etwa $1,5p$, treten in der Aufhellung und bei stärkerer Vergrößerung die zugehörigen Trägerstrukturen der Leuchtflecke hervor: es sind Cystiden mit apikaler Kristallinkrustation. Die Leuchtflecke sind immer Aggregate, sog. Cluster, aus vielen Einzelkristallen. Am Lamellenrand mit seinen Cheilocystiden ist die apikale Insertion der Kristalle direkt sichtbar (Abb. 4).

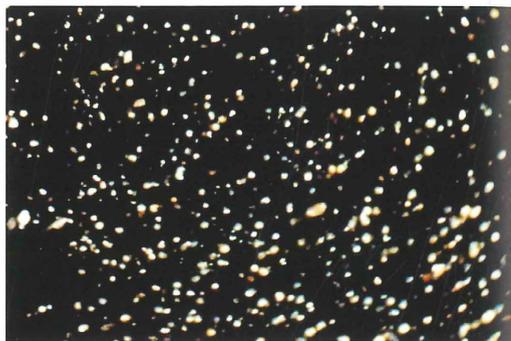


Abb. 3: 2p-Dunkelfeldaufnahme einer Pilzlamelle von *Inocybe godeyi* ($V=50x$); das starke Leuchten der Kristalle weist auf eine starke Doppelbrechung der Kristalle (Whewellit?)

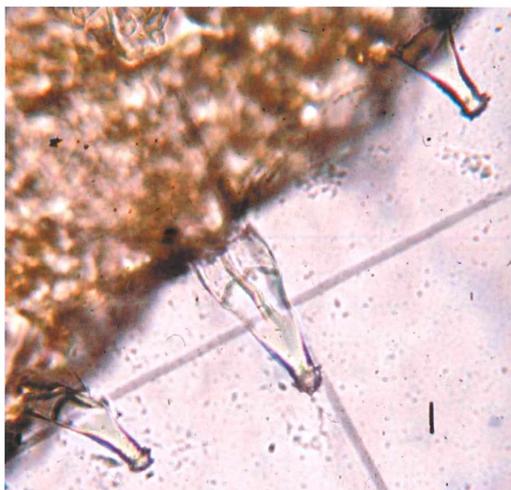


Abb. 4: Hellfeldaufnahme des Lamellenrandes mit Cheilocystiden ($V=400x$).

3.2 Die chemische Charakterisierung der Kristalle

Einzelkristalle in Aggregationen sind schwer zu erkennen. Die optischen Merkmale sind durch Überlagerung im Cluster bis zur Unkenntlichkeit gestört. Daher ist eine chemische Analyse der bessere Zugang zur Kristallformel. Ausführlich wurde der Analysengang in (3) beschrieben. Ein sehr einfaches Verfahren, das der interessierte Mykologe selbst anwenden könnte, besteht kurz gesagt in Folgendem: Unter Mikroskopkontrolle werden durch jeweils verschiedene Lamellenpräparate Testflüssigkeiten gesaugt, und zwar:

1. organische Lösungsmittel,
2. verdünnte (1-n) Schwefelsäure,
3. verdünnte essigsäure (1-n) KMnO_4 -Lösung.

Die Beobachtung ergibt:

- ad 1: keine Reaktion, d.h. keine organischen Kristalle,
- ad 2: Gipsnadeln, Nachweis für Ca,
- ad 3: Gasblasen, d.h. Nachweis für Oxalat.

Man erhält folgendes Ergebnis: Die Mikrokristalle bestehen aus Calciumoxalat. Dies zeigt sich auch in dem besonderen Lösungsverhalten gegenüber Wasser, Essig- und Mineralsäuren. Die große Helligkeit der Kristalle im Dunkel- („Doppelbrechung“) indiziert einen Kristallwassergehalt von $2\text{H}_2\text{O}$. (Einzelheiten dazu vgl. (2), (3), (4)). Somit ist die Formel der Lamellenkristalle $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Dieses Dihydrat ist in der Mineralogie als Whewellit registriert.

3.3 Tracht und Habitus von Whewellit-Kristallen in der Gattung *Iris*

Die Ermittlung der Kristallgeometrie von Pilz-Whewelliten ist ein weiterer wichtiger Schritt, um eine taxonomische Zuordnung von Kristall und seinem Pilzsubstrat zu erkennen. Pilzkristalle in der Größenordnung von wenigen

Mikrometern sind auch mikroskopisch nur schwer zu erfassen. Deshalb erscheint es zweckmäßig, das Formenbild an größeren Kristallen zu studieren. Im Blattgewebe von *Iris* wird das Calciumoxalat wie bei *Inocybe* als Whewellit eingelagert. Hier sind die Einzelkristalle so groß, dass sie mikroskopisch leicht beobachtet werden können. *Iris*-Kristalle sind nadelförmig und werden deshalb auch als Styloide bezeichnet¹. Abb. 5 zeigt das räumliche Modell eines *Iris*-Styloiden. Die kristallografisch genormten Flächenbezeichnungen nach Tracht² und Habitus³ sind aus dem folgenden Bild 6 zu ersehen.

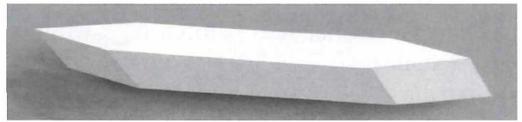


Abb. 5: Das räumliche Modell eines *Iris*-Styloiden

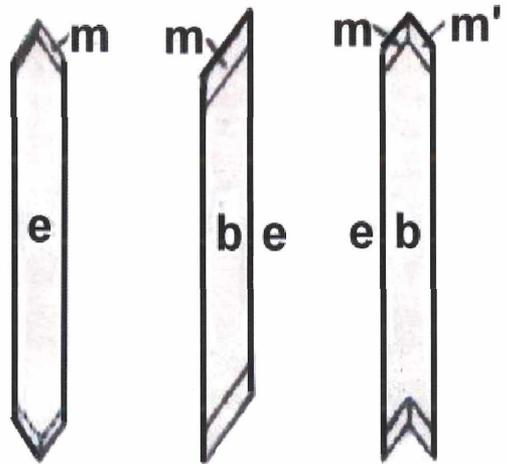


Abb. 6: Flächenbeschriftung nach A. Frey (2). Links: Einzelstyloide, rechts: Ein Zwillingkristall von *Iris pseudacorus*.

Tracht: e,b-Flächen sind kristallografische Prismen, m-Flächen bilden den schrägen Abschluss der Prismen.

¹ Styloidabmessung 16×144 Mikrometer für *Iris pseudacorus* aus (1).

² Als Tracht bezeichnet man die Gesamtheit aller an einem Kristall vorhandenen Flächen, unabhängig von ihrer Ausbildung und Größe.

³ Unter Habitus versteht man die Größenverhältnisse der einzelnen Flächen untereinander.

Habitus: Durch Überlänge der Prismenflächen entsteht ein nadelförmiges Gebilde, das Styloid. Styloidnadeln sind häufig im Blattgewebe von *Iris* enthalten. Daneben aber finden sich Whewellite mit einem schwalbenschwanzähnlichen Ende; es sind sog. Zwillinge, bei denen zwei Styloide symmetrisch eine neue Einheit bilden. Wie aus Abb. 9 ersichtlich, zeigen die beiden Hälften im 2p-Dunkelfeld etwas verschiedene Auslöschung.

3.4 Kristallformen in der Gattung *Inocybe*

Die Aufgabe, das Flächenmuster der *Iris*-Styloide auch bei *Inocybe*-Kristallen nachzuweisen, ist mikroskopisch schwer zu lösen. Die Kleinheit der Kristalle und ihre Überlagerung im Cluster stören die genaue Erfassung der Form. Viel erfolgreicher als die Clusterinspektion, wenn auch sehr zeitraubend, ist die Beobachtung an isolierten Einzelkristallen, wie sie manchmal bei der Herstellung von Präparaten auftreten können. Deren Form ist im Dunkelfeld gut zu erkennen. Abb. 7 zeigt ein solches Kristallisolat. Offensichtlich besteht es aus zwei styloiden Kristallen, die symmetrisch miteinander verwachsen sind und so einen Zwillingkristall bilden. Das belegen auch die einspringenden Winkel an jedem Ende (vgl. *Iris*-Zwillinge

Abb. 6). Dreht man nun den Objektisch bis zur Auslöschung, so entsteht – anders als bei *Iris* – eine eigentümliche Figur: ein schwarzer Balken teilt diagonal die Zwillingshälften in zwei versetzte Leuchtflecke. In Abb. 8 ist diese Situation festgehalten. Offensichtlich verläuft hier die Zwillingbildung nach einem anderen Gesetz als bei *Iris* (vgl. Abb. 9). Zum Verständnis soll eine Aufnahme dienen, die bei sehr starker Vergrößerung hergestellt wurde (Abb. 10). Zur Erklärung muss man annehmen, dass hier ein sog. Durchkreuzungszwilling vorliegt, eine in der Mineralogie bekannte Zwillingbildung. Bei *Inocybe* durchkreuzen sich – formal gesehen – zwei Whewellit-Styloide in einem bestimmten Winkel. Mit zunehmendem Kristall-

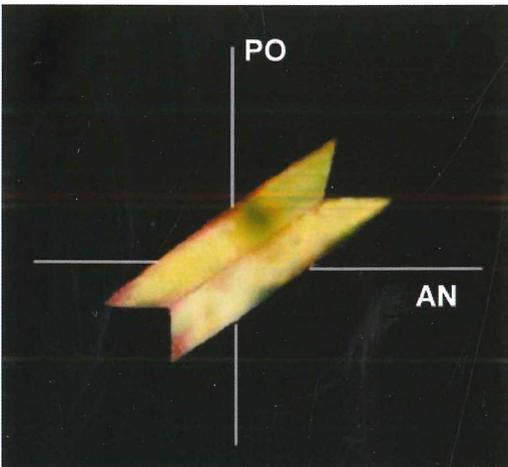


Abb. 7: Isolierter Zwillingkristall von *Inocybe godeyi* in diagonaler Drehtischstellung aufgenommen (V=400x)



Abb. 8: Der Kristall von Bild 7 in Auslöschungsstellung (V=400x)

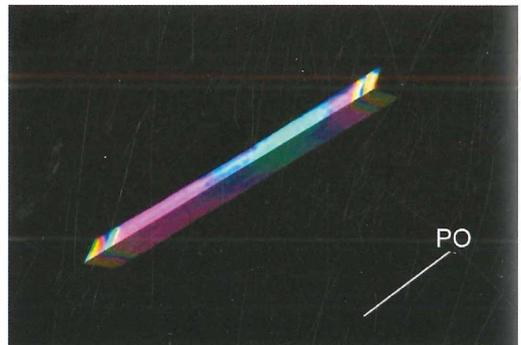


Abb. 9: Zum Vergleich: Die Auslöschung bei einem Kristallzwilling von *Iris pseudacorus* (V etwa 400 x)

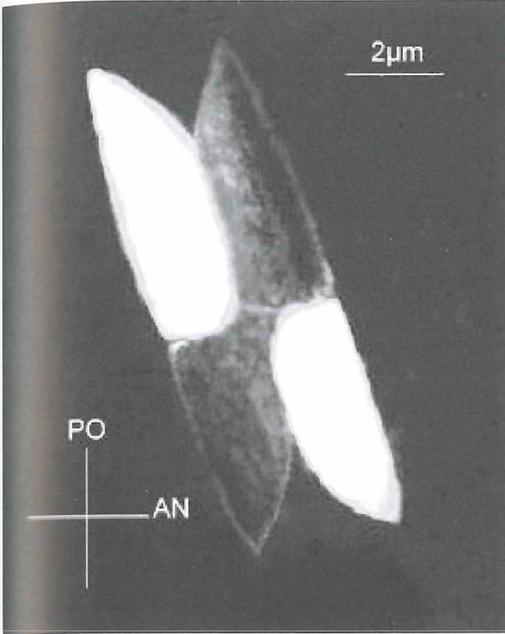


Abb. 10: Bei sehr starker Vergrößerung lässt die Aufnahme eine symmetrische Durchkreuzung zweier Whewellitssysteme erkennen. (Ölimmersion, V=1500x)

wachstum entsteht daraus die in Abb. 7 gezeigte Kristallform. WATERKEYN et al. (6) hat versucht, die einzelnen Stadien der Zwillingbildung vom Styloidenkreuz bis zum kristallinen Endprodukt zu skizzieren (Abb. 11). In Abb. 12 wird dieses Endprodukt durch eine Rasteraufnahme dokumentiert.

4. Diskussion

Die bisher durchgeführten Untersuchungen beruhen auf kristallographischen Methoden, mit denen die Zwillingnatur der Whewellit-Kristalle in der Gattung *Inocybe* einwandfrei nachgewiesen werden kann. Weitere Untersuchungen wären nötig, um Herkunft, Entstehung und Transport der kristallbildenden Ionen in der Cystidenzelle nachzuweisen. Die Kristallisation erfolgt extrazellulär in der Apexregion, d.h. in einem für die Kristallbildung besonders günstigen Milieu (Abb. 13). In Frischpräparaten junger Pilze erscheint der Cystidenapex von einer schleimartigen Hülle umgeben. In diesem zähen Milieu erfolgt die

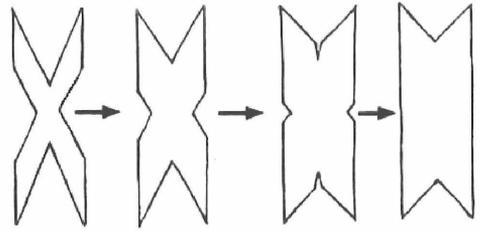


Abb. 11: Veranschaulichung der Zwillingbildung als Durchkreuzung zweier Whewellitstyloide. Aus: WATERKEYN et al. (6)



Abb. 12: Kristallbilder, die mit einer Mikrosonde hergestellt wurden, zeigen deutlich eine Zwillingstruktur der Kristalle, die den apikalen Cluster einer Cystide bilden. Cystidenapex von *Inocybe asterospora*. Aus: WATERKEYN et al. (6)

Kristallbildung aus Calcium- und Oxalat-Ionen so langsam (s. PHILIPSBORN (5)), dass sehr regelmäßig ausgebildete Kristalle entstehen. Nach WATERKEYN et al. (6) ist das kolloidale Apexumfeld auch für die besondere Zwillingbildung der Whewellitkristalle („Durchkreuzung“) verantwortlich.

Taxonomischer Bezug: In der Mineralogie gilt der Satz, dass Tracht und Habitus eines Kristalls

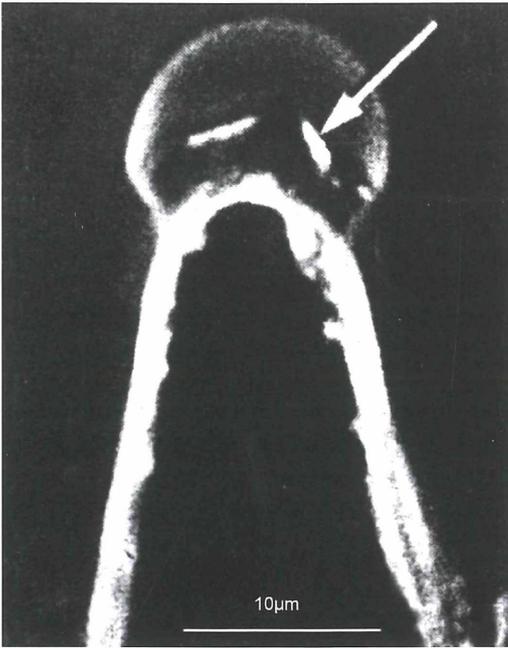


Abb. 13: Beginnende Kristallbildung (Pfeil) im Inneren eines von der Cystide ausgeschiedenen Schleimpfropfens. Frischpräparat von *Inocybe vaccina*. Aufnahme: Interferenzkontrastmikroskopie (Aus: WATERKEYN et al. (6)).

auch von den Lösungsgenossen mitbestimmt werden. Für Whewellit, einen Biokristall, darf zusätzlich noch eine genetische Steuerung bei der Kristallbildung angenommen werden. Die Resultate der vorliegenden Untersuchung sowie die Ergebnisse anderer Autoren bestätigen diese Annahme. M.a.W.: Alle kristallbildenden Arten dieser Gattung zeigen in ihrer Zystidenkristallisation durchgehend die oben

beschriebenen Durchkreuzungszwillinge⁴. Damit unterscheiden sie sich von *Iris*-Kristallen und auch von Pilzkristallen anderer Taxone, wie bei der Gattung *Strobilurus* nachgewiesen wurde (4).

Zum Schluss sei für Mykologen angemerkt, dass der Hintergrund an Wissen die Freude am Mikroskopieren nicht beeinträchtigen muss. Der Blick durch die Optik wird immer Reiz und Antrieb für viele Beobachtungen liefern.

Literatur

1. CZAJA, A. (1974) – Einführung in die praktische Polarisations-Mikroskopie. Gustaf Fischer Verlag, Stuttgart.
2. FREY, A. (1929) – Calcium-Monohydrat und Trihydrat. In: Handbuch der Pflanzenanatomie III/1a.
3. KOSTYRA, H. (1993) – Chemische und kristallographische Untersuchungen an Cystiden-Kristallen der Gattung *Inocybe*. Zeitschrift für Mykologie 59 (1): 77-98.
4. KOSTYRA, H. (1997) – Polarisationsoptische Untersuchungen an Kristallen von *Strobilurus esculentus*. Mykologia Helvetica 9 (1): 91-119, 1997.
5. PHILIPSBORN, H.V. (1952) – Über Calciumoxalat in Pflanzenzellen. Protoplasma Band XLI: 416 - 424
6. WATERKEYN, L., A. BIENFAIT et T. MONNIEZ (1992) – Les cystides à cristaux des *Inocybes* (Agaricales): études histochimique et cristallographique. Canadian Journal of Botany 700: 910-920.

Anschrift des Verfassers
Dr. Heinrich Kostyra
Jägerstraße 43
90451 Nürnberg

⁴ Ganz gelegentlich finden sich im Lamellentrama großflächige Kristallbildungen unbestimmter Form, die aber m.W. noch nicht näher untersucht wurden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Natur und Mensch - Jahresmitteilungen der naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V.](#)

Jahr/Year: 2008

Band/Volume: [2008](#)

Autor(en)/Author(s): Kostyra Heinrich

Artikel/Article: [Pilzkristalle in der Gattung Inocybe 109-114](#)