

Was die Göttin der Morgenröte mit Pilzen zu tun hat

HANS HALBWACHS

HALBWACHS H (2021) Fungi and the Goddess of Dawn. *Zeitschrift für Mykologie* **87/1**: 111-117.

Abstract: Ukrainian amber was formed during the Eocene, ca. 45 million years ago. It often contains inclusions, mostly of insects. Fungi, to my knowledge, have only once been recorded, an epiphyllous ascomycete. Using a new method by treating amber samples with organic solvents, ca 240 fungal spores could be isolated, most of them basidiospores. Surprisingly, the majority of these spores belonged to species of the *Psathyrellaceae* complex. The findings indicate a rich fungal flora in a warm and humid climate. The spore isolation method using solvents proved to be valuable in palaeontological research.

Keywords: Ukraine, amber, inclusions, fungal spores, *Psathyrellaceae*, Eocene, palaeoclimate

Zusammenfassung: Ukrainischer Bernstein stammt aus dem Eozän und ist damit ca. 45 Millionen Jahre alt. Es enthält oft Einschlüsse von Insekten. Nachdem was bekannt ist, wurde bislang lediglich ein blattbewohnender Schlauchpilz nachgewiesen. Durch die Anwendung einer neuen Methode, die auf einer Behandlung mit organischen Lösemitteln basiert, konnten nun ca. 240 Pilzsporen isoliert werden, die meisten Basidiosporen. Überraschenderweise gehörten davon wiederum die meisten zum Formenkreis der *Psathyrellaceae*. Diese Befunde weisen auf eine reiche Pilzflora im damaligen feucht-warmen Klima hin. Die Lösungsmittelmethode zeigte damit ihren Wert für die paläontologische und mykologische Forschung.

Stichwörter: Ukraine, Bernstein, Einschlüsse, Pilzsporen, *Psathyrellaceae*, Eozän, Paläoklima

Einführung

Eos, die griechische Göttin der Morgenröte ist Namensgeberin für ein Erdzeitalter vor 34-56 Mio. Jahren, dem Eozän, vormalig dem Tertiär zugeordnet, gegenwärtig dem Paläogen. In Europa herrschten u.a. warme und feuchte Klimata mit ausgedehnten Mischwäldern (MAI 1995). Es waren ideale Bedingungen zur Ausformung von Bernsteinwäldern (HALBWACHS 2020). Ungeheure Mengen von Harz wurden produziert, Organismen eingeschlossen und über Jahrmillionen zu Fossilien in Bernstein umgewandelt (KRUMBIEGEL & KRUMBIEGEL 1994).

Auch in der Ukraine, im heutigen Rovno und Zhitomir, gibt es ausgedehnte Lagerstätten von Bernstein (Abb. 1), eingeschlossen in Sedimenten (PERKOVSKY et al. 2010).

Anschrift des Autors: Hans Halbwachs, Danziger Str. 20, 63916 Amorbach,
E-Mail: hans.waxcap@online.de



Abb. 1: Bernsteinmine im Rovno,

Foto PrinWest Handelsagentur J. Kossowski (CC BY-SA 3.0)* (*siehe Anhang)

Neben den vorherrschenden Insekteneinschlüssen, die mit dem bloßen Auge sichtbar sind (Abb. 2), treten auch Mikrofossilien auf, die nur durch besondere Techniken isoliert werden können.

Eine solche Technik ist das Lösen von Bernstein in organischen Lösemitteln, mit folgender Filtration der Grobbestandteile und anschließender Zentrifugation (HALBWACHS 2019a). Das Sediment kann dann mikroskopisch untersucht werden.



Auf diese Weise konnte ich in ukrainischem Bernstein ca. 240 Pilzsporen isolieren (HALBWACHS 2021). Die auffälligsten Gruppen waren *Cladosporium*, *Alternaria*, *Ganoderma* und insbesondere der Artenkomplex *Psathyrellaceae* bzw. vielleicht *Bolbitiaceae* und *Strophariaceae*.

Abb. 2: Ein Buntkäfer in Bernstein;

Foto Anders Leth Damgaard (CC BY-SA 3.0)*

Die Sporenfunde

Es kamen überwiegend Basidiosporen zutage (83 %), 10 % Ascosporen oder Konidien und der Rest konnte nicht zugeordnet werden. Dies ist überraschend, weil in Bernstein ähnlicher räumlicher und zeitlicher Herkunft (Baltikum, Bitterfeld) Funde von *Basidiomycota* an einer Hand abzählbar sind (HALBWACHS 2019b). Sporen sind ohnehin fast nur im Zusammenhang mit Ascomyceten gefunden worden. Dies liegt mit einiger Sicherheit nicht daran, dass ich eine neue Methode verwendet habe, die v.a. auf Sporen abzielt. Bei nahezu identischer Probenzahl fanden sich in klar zuordenbare Sporen von Basidiomyceten nur fünf in baltischem und lediglich zwei in Bitterfelder Bernstein. Dies mag darauf zurückzuführen sein, dass das ukrainische Klima ausgeglichener war und Harzproduktion und Pilzwachstum nicht in einem saisonalen Widerspruch standen: die Harzproduktion ist zu Beginn einer Vegetationsperiode am höchsten, das Pilzwachstum aber vergleichsweise niedrig (HALBWACHS 2019a). Es kann aber auch rein zufällig eine Probe angereichert mit Pilzsporen gewesen sein, aus welchem Grund auch immer.

Cladosporium, *Alternaria* und *Ganoderma* (Abb. 3)

Cladosporium und *Alternaria* erscheinen als Schimmel auf feuchten Pflanzenresten (www.schimmel-schimmelpilze.de) und sind zwei der verbreitetsten Arten in der heutigen Atmosphäre (EDMONDS 1979). Die sechs *Ganoderma*-Sporen waren recht klein (6-10x5-7 µm) und passen deshalb gut zu *G. lucidum* (an Nadelholz). Aber auch *G. applanatum* (an Harthölzern) oder tropische Arten wie *G. philippi* (an *Hevea*) (QUANTEN 1997; RYVARDEN et al. 2017) kämen infrage.

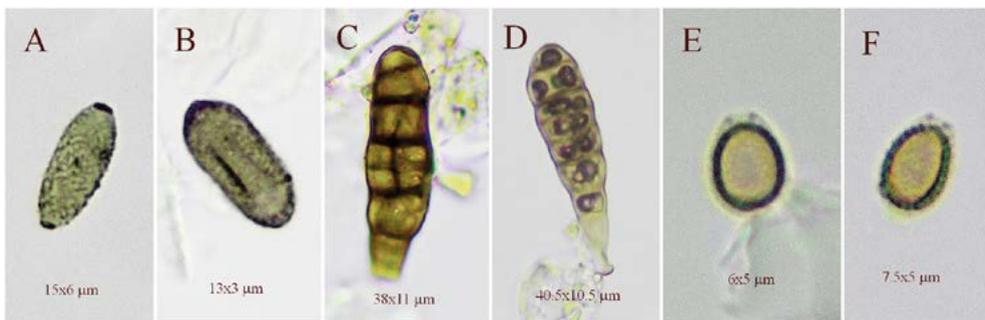


Abb. 3: A+B *Cladosporium*; C *Alternaria*; D *Alternaria* mit Pyriteinschlüssen; E+F *Ganoderma*

Die Überraschung: *Coprinus* s.l.

Angeht die taxonomische Breite der *Basidiomycota* (KIRK et al. 2011) ist es höchst erstaunlich, dass fast 20 % (48 Funde) der ukrainischen Pilzsporen wahrscheinlich zum Formenkreis *Coprinellus-Coprinopsis-Parasola* der *Psathyrellaceae* gehören (Abb. 4). Allerdings besteht auch die Möglichkeit, dass die eine oder andere Spore zu den *Bolbitiaceae* oder *Strophariaceae* gehören.

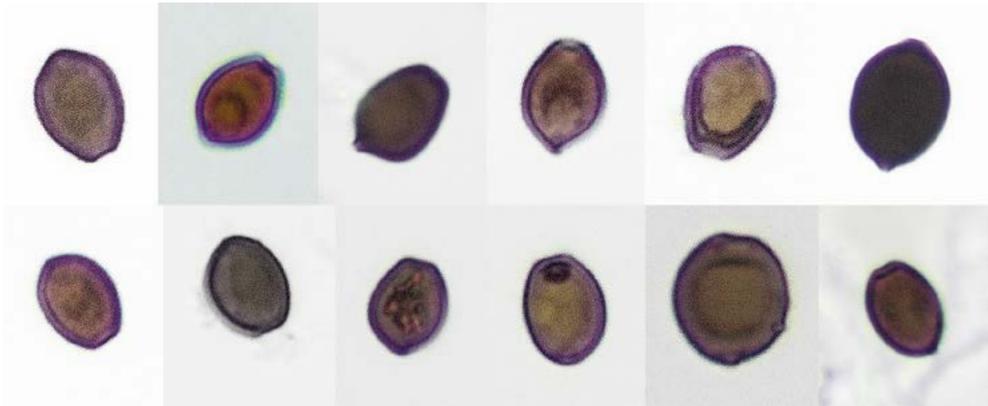


Abb. 4: Eine Auswahl von Sporen von *Psathyrellaceae* und vielleicht *Psilocybe* s.l. aus ukrainischem Bernstein (nicht maßstabgerecht). Abgesehen von einer Spore (letzte 1. Reihe), die $16 \times 11 \mu\text{m}$ maß, bewegte sich der Rest zwischen $7\text{-}11 \times 4,5 \times 7,5 \mu\text{m}$.

Die vergleichsweise kleinen Sporen im Ukrainischen Bernstein weisen auf eine Präferenz für verrottende Pflanzenreste als Substrat hin. Koprophile Taxa, die überwiegend auf Dung herbivorer Säugetiere wachsen, zeigen im Mittel deutlich größere Sporen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Mittlere Sporenmaße von koprophilen und nicht-koprophilen *Coprinus*, *Bolbitiaceae*, *Psathyrellaceae* und *Strophariaceae* (HALBWACHS & BÄSSLER 2020)

Gilde	Anzahl Arten	Länge	Breite
Koprophile	133	12.5	7.7
Nicht-Koprophile	500	10	6.1

Möglicherweise hat sich die koprophile Lebensweise bei Basidiomyceten erst nach dem Eozän ausgebreitet. Zwar gab es herbivore Saurier bereits 90 Millionen Jahre vorher (BOENIGK & WODNIOK 2015), so dass es reichlich Dung gegeben haben muss. Allerdings diversifizierten z.B. die *Psathyrellaceae* erst im Laufe des Paläogens vor 15-45 Mio. Jahren (VARGA et al. 2019), wie auch die herbivoren Säugetiere (PROTHERO 2013). Im Gegensatz zu den herbivoren Sauriern (QUICK & HILLENUS 2013) sind Säugetiere Warmblüter, eine Eigenschaft, die offenbar die Keimfähigkeit der Sporen koprophiler Basidiomyceten fördert (WEBSTER 1970). Dieser Zusammenhang könnte die Erklärung für die Herkunft der im ukrainischen Bernstein gefundenen, überwiegend kleinen Sporen sein. Sie weisen auf eine nicht-koprophile Lebensweise hin. Hinzu kommt, dass die Koprophilie über mehrere Gattungen verteilt ist, denen auch streubzw. holzbewohnende Arten angehören. Es deutet auf eine neuere, konvergente Evolution hin, die wahrscheinlich durch die in diesen Gattungen vorherrschenden Sporenmerkmale (dickwandig, dunkel pigmentiert) den Übergang zur koprophilen Lebensweise ermöglicht hat („Präadaptation“, GOULD & VRBA 1982). Angesichts dieser Gemengelage gibt es offensichtlich noch einiges zu forschen.

Übrige Sporen

Es waren eine Reihe von Sporen zu verzeichnen, die sich nicht zuordnen ließen. Der Hauptgrund waren die meist ähnlichen Formen und Größen von Sporen, die keine Differenzierung zuließen. Davon abgesehen, gab es einige Sporen, bei denen eine Zuordnung sehr wohl möglich war, oder zumindest der Versuch einer Zuordnung (Abb. 5).

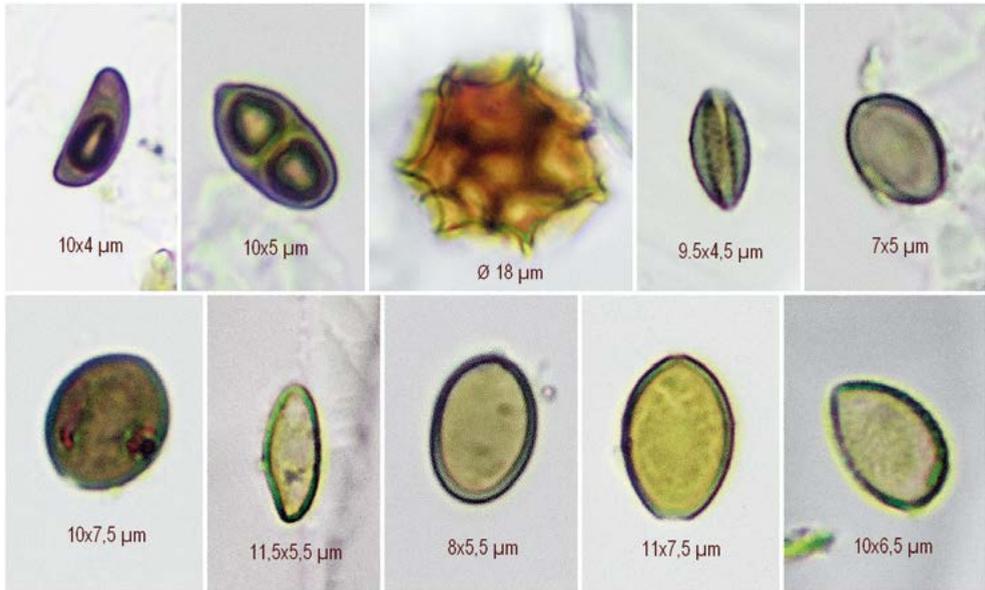


Abb. 5: A Ascospore aff. Xylariales; B Ascospore aff. Diaporthales; C Ascospore aff. *Hydnobolites*?; D Unbestimmte Ascospore; E Unbestimmte Basidiospore; F Unbestimmte Basidiospore; G Basidiospore aff. Boletales; H Unbestimmte Basidiospore; I Basidiospore aff. *Conocybe*; J Basidiospore aff. *Hypochnicium* oder *Naucoria*?

Die Zuordnung von C zu *Hydnobolites* folgt der Sporenmorphologie, wirft aber Fragen auf. Diese Gattung ist in unseren Zeiten ein hypogäischer, trüffelähnlicher Pilz. Wie sollen also Sporen in das Harz gelangen? Es gibt zwei denkbare Möglichkeiten. (1) Pilzmücken, die in ukrainischem Bernstein zuhauf zu finden sind, fungierten als Vektoren, oder (2) *Hydnobolites* oder vergleichbare Gattungen wie *Delastria* (ALVARADO et al. 2011) waren im Eozän noch nicht (vollständig) hypogäisch. Molekulare Methoden wären erforderlich, um das Rätsel zu lösen.

Unsicherheiten bei der Bestimmung bestehen darin, dass organisches Material in Bernstein durch Wasserentzug schrumpfen kann (POINAR JR & HESS 1985). Außerdem führt der gelbliche Grundton der Präparate zu Farbverfälschungen, was durch eine Zurücknahme der Farbsättigung abgemildert wird. Dadurch ist die originale Pigmentierung bei helleren Sporen nur in Ansätzen einschätzbar.

Fazit

Die hier vorgestellten Basidiosporen sind offenbar der Erstnachweis von Makro-Basidiomyceten in ukrainischem Bernstein. Auch die Ascosporen sind Neufunde. Bislang gab es lediglich einen Nachweis eines Ascomyceten, nämlich einer blattbewohnenden Art, die möglicherweise lichenisiert war (HAYOVA et al. 2019). Insgesamt weisen die zahlreichen Sporenfunde auf eine reiche Pilzflora hin, was zum damalig feucht-warmen Klima gut passt (PERKOVSKY et al. 2010). Möglicherweise weisen die meist kleinen dunklen Basidiosporen auf eine Pilzgesellschaft hin, in der sich koprofile Arten noch am Anfang ihrer Entwicklung befanden. Die angewandte Methode, Mikrofossilien mit Hilfe von Lösungsmitteln zu isolieren, zeigte ihren Stellenwert in der Paläontologie und Mykologie.

Danksagung

Ich bedanke mich bei Hans Bender (Arbeitsgemeinschaft Pilzkunde Niederrhein), Andreas Gminder (Jena), Peter Karasch (Kirchl), Michael Krings (Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie, München), Marcin Piątek (Polish Academy of Sciences, Kraków), Leif Ryvarden (University of Oslo), Markus Scholler (Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe), and Nicolas Schwab (Ascofrance) für Unterstützung bei taxonomischen Zuordnungen.

Stellungnahme

Der Autor versichert, dass keine speziellen Genehmigungen für die Durchführung der Arbeit nötig waren. Die Arbeit wurde aus Mitteln des Autors finanziert.

Anhang

* creativecommons.org/licenses/by/4.0/



Literatur

- ALVARADO P, MORENO G, MANJÓN J, GELPI C, KAOUNAS V, KONSTANTINIDIS G, BARSEGHYAN G, VENTURELLA G (2011) First molecular data on *Delastria rosea*, *Fischerula macrospora* and *Hydnocystis piligera*. Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid **35**:31-37.
- BOENIGK J, WODNIOK S (2015) Biodiversität und Erdgeschichte. Springer Berlin Heidelberg.
- EDMONDS RL (1979) Aerobiology. The ecological systems approach. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc.
- GOULD SJ, VRBA ES (1982) Exaptation—a missing term in the science of form. Paleobiology **8**(1):4-15.
- HALBWACHS H (2019a) Detecting fungal spores and other palynomorphs in amber and copal by solvent treatment. Palynology **44**(3):521-528.
- HALBWACHS H (2019b) Fungi trapped in amber – a fossil legacy frozen in time. Mycological Progress **18**(7):879-893.
- HALBWACHS H (2020) Pilze in Bernsteinwäldern Nordeuropas. Zeitschrift für Mykologie **86**(1):121-130.

- HALBWACHS H, BÄSSLER C (2020) No bull: Dung-dwelling mushrooms show reproductive trait syndromes different from their non-coprophilous allies. *Mycological Progress* **19**:817-824.
- HALBWACHS H, BÄSSLER C, WOROBIEC E (2021) Microfossils in Baltic, Bitterfeld and Ukrainian amber – a comparison. *Palynology* DOI 10.1080/01916122.2020.1863274.
- HAYOVA V, TYKHONENKO YY, SUKHOMLYN M, MARTYNOVA K, VASILENKO D (2019) First Record of Fungal Fruit Bodies on a Leaf from Late Eocene Rovno Amber (Ukraine). *Paleontological Journal* **53**(10):1104-1110.
- KIRK PM, CANNON PF, MINTER DW, STALPERS JA (2011) *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*, 10th edition. Cabi Publishing.
- KRUMBIEGEL G, KRUMBIEGEL B (1994) *Bernstein - Fossile Harze aus aller Welt*. Goldschneck Verlag, Weinstadt.
- MAI DH (1995) *Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas*. Gustav Fischer Verlag.
- PERKOVSKY EE, ZOSIMOVICH VY, VLASKIN A (2010) Rovno amber. In PENNEY D: *Biodiversity of fossils in amber from the major world deposits*. Siri Scientific Press, Manchester:116-136.
- POINAR JR GO, HESS R (1985) Preservative qualities of recent and fossil resins: Electron micrograph studies on tissue preserved in Baltic amber. *Journal of Baltic Studies* **16**(3):222-230.
- PROTHERO DR (2013) *Bringing Fossils to Life: An Introduction to Paleobiology*. Columbia University Press.
- QUANTEN E (1997) The Polypores (*Polyporaceae* s.l.) of Papua New Guinea. National Botanic Garden of Belgium, Meise.
- QUICK DE, HILLENUS WJ (2013) Dinosaur Physiology: Were Dinosaurs Warm-Blooded? eLS DOI 10.1002/9780470015902.a0003323.pub2.
- RYVARDEN L, MELO I, NIEMELÄ T (2017) *Poroid Fungi of Europe*. Fungiflora.
- VARGA T, KRIZSÁN K, FÖLDI C, DIMA B, SÁNCHEZ-GARCÍA M, SÁNCHEZ-RAMÍREZ S, SZÖLLÖSI GJ, SZARKÁNDI JG, PAPP V, ALBERT L, ANDREOPOULOS W, ANGELINI C, ANTONÍN V, BARRY KW, BOUGHER NL, BUCHANAN P, BUYCK B, BENSE V, CATCHESIDE P, CHOVATIA M, COOPER J, DÄMON W, DESJARDIN D, FINY P, GEML J, HARIDAS S, HUGHES K, JUSTO A, KARASIŃSKI D, KAUTMANOVA I, KISS B, KOCSUBÉ S, KOTIRANTA H, LABUTTI KM, LECHNER BE, LIIMATAINEN K, LIPZEN A, LUKÁCS Z, MIHALTICHEVA S, MORGADO LN, NISKANEN T, NOORDELOOS ME, OHM RA, ORTIZ-SANTANA B, OVREBO C, RÁCZ N, RILEY R, SAVCHENKO A, SHIRYAEV A, SOOP K, SPIRIN V, SZEKENYI C, TOMŠOVSKÝ M, TULLOSS RE, UEHLING J, GRIGORIEV IV, VÁGVÖLGYI C, PAPP T, MARTIN FM, MIETTINEN O, HIBBETT DS, NAGY LG (2019) Megaphylogeny resolves global patterns of mushroom evolution. *Nature Ecology & Evolution* **3**:668–678
- WEBSTER J (1970) Presidential address: Coprophilous fungi. *Transactions of the British Mycological Society* **54**(2):161-180.



Hans Halbwachs

Besondere Interessen: Technische Methoden in der Pilzforschung (Pilzphysiologie, Umweltmesstechnik, Labortechniken); Ökologie der Pilze, v. a. Saftlinge und Mykorrhizapilze



Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.
German Mycological Society

Dieses Werk stammt aus einer Publikation der DGfM.

www.dgfm-ev.de

Über [Zobodat](#) werden Artikel aus den Heften der pilzkundlichen Fachgesellschaft kostenfrei als PDF-Dateien zugänglich gemacht:

- **Zeitschrift für Mykologie**
Mykologische Fachartikel (2× jährlich)
- **Zeitschrift für Pilzkunde**
(Name der Hefreihe bis 1977)
- **DGfM-Mitteilungen**
Neues aus dem Vereinsleben (2× jährlich)
- **Beihefte der Zeitschrift für Mykologie**
Artikel zu Themenschwerpunkten (unregelmäßig)

Dieses Werk steht unter der [Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz](#) (CC BY-ND 4.0).



- **Teilen:** Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen, sogar kommerziell.
- **Namensnennung:** Sie müssen die Namen der Autor/innen bzw. Rechteinhaber/innen in der von ihnen festgelegten Weise nennen.
- **Keine Bearbeitungen:** Das Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Es gelten die [vollständigen Lizenzbedingungen](#), wovon eine [offizielle deutsche Übersetzung](#) existiert. Freigebiger lizenzierte Teile eines Werks (z.B. CC BY-SA) bleiben hiervon unberührt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Mykologie - Journal of the German Mycological Society](#)

Jahr/Year: 2021

Band/Volume: [87_2021](#)

Autor(en)/Author(s): Halbwachs Hans

Artikel/Article: [Was die Göttin der Morgenröte mit Pilzen zu tun hat 111-117](#)