

Heinrich Dörfelt · Erika Ruske · Arndt Kästner

# Die Welt der Pilze



SACHBUCH

 Springer

---

# Die Welt der Pilze

---

Heinrich Dörfelt • Erika Ruske • Arndt Kästner

# Die Welt der Pilze

3. Auflage

 Springer

Heinrich Dörfelt  
Seegebiet Mansfelder Land, Deutschland

Erika Ruske  
Jena, Deutschland

Arndt Kästner  
Halle, Deutschland

ISBN 978-3-662-65436-1      ISBN 978-3-662-65437-8 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-65437-8>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022, korrigierte Publikation 2023  
Ursprünglich erschienen bei: 1. Auflage: © Urania-Verlag, Berlin, 1989, 2. Auflage: © Weissdorn-Verlag Jena, 2008  
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Einbandabbildung: Olivgelber Holzritterling (*Tricholomopsis decora*), ein Fruchtkörperbüschel des Weißfäule erregenden Nadelholzbewohners auf morschem Fichtenholz. Der dekorative Pilz kommt von der mediterran-montanen bis in die boreale Klimazone der Holarktis in bodensauren Wäldern vor; er ist nicht giftig, aber ungenießbar bitter (© E. Ruske)

Planung/Lektorat: Sarah Koch

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany



---

## Aus dem Vorwort zur 1. Auflage

Pilze – das sind nicht nur Champignons, Steinpilze oder giftige Wulstlinge; das sind auch Krankheitserreger und nutzbringende Hefen, holzzerstörende Hausschwämme und Produzenten hochwertiger Stoffe. Das sind ebenso zerstörende Schimmelrasen wie begehrte Symbionten von Kulturpflanzen. Wir wollen dem Leser in einer möglichst verständlichen Einführung die komplizierte Materie der Mykologie (Pilzkunde) vor Augen führen, ihn mit der Vielfalt pilzlicher Strukturen und pilzlichen Lebens bekannt machen und dabei zeigen, in welchem Zusammenhang Nutzen und Schaden der Pilze stehen. Eine solche Einführung kann die „Welt der Pilze“ natürlich nicht umfassend darstellen, denn Pilze sind keine so bedeutungslose Gruppe von Organismen, dass man sie auf einigen Hundert Druckseiten erschöpfend abhandeln könnte. Es ist uns daran gelegen, sie in ihrer Einnischung, in ihrer Bedeutung und Wirksamkeit sachlich zu erörtern und dem Leser auch nahezubringen, was von diesen Organismen nicht allgemein bekannt ist und was man auf den ersten Blick auch nicht erkennen kann. Die Welt der Pilze ist keine Welt für sich. Die Pilze sind ein Teil unserer Umwelt, wir kommen mit ihnen täglich irgendwie in Berührung. Viele Menschen wissen z. B. gar nicht, dass allergische Erkrankungen, wie etwa das Asthma bronchiale, ihre Ursache in einer krankhaften Überempfindlichkeit gegen Pilzsporen haben können, die wir täglich einatmen. In unserer Zeit des technischen Fortschritts, des wachsenden Wohlstands mit immer mehr Freizeit verstärkt sich bei vielen Menschen der Wunsch nach mehr Kenntnissen über die Organismenwelt unserer Erde, nach einem Hobby, das sie – zumindest in einem kleinen Bereich – mit der Natur verbindet. Auch für diese Menschen ist unser Buch gedacht; denn trotz des allgemeinen Interesses an den Pilzen ist das Wissen um diese Organismen doch bei den meisten recht lückenhaft. Und wer sich lediglich mit Waldpilzen befasst, vielleicht nur Maronen, Steinpilze, Champignons und Pfifferlinge sammelt, aber doch das Bedürfnis hat, mehr über diese Lebewesen zu erfahren, dem wird es nicht unwillkommen sein, ein wenig tiefer in diese Materie eindringen zu können und auf diese Weise zu erkennen, dass Steinpilzen auf einer idyllischen Waldwiese und lästigen Fußpilzen auf den Nägeln und zwischen den Zehen nicht grundlos die gemeinsame Bezeichnung „Pilz“ zukommt.

Halle (S.)/Leipzig  
Januar 1989

Heinrich Dörfelt  
Herbert Görner

---

## Aus dem Vorwort zur 2. Auflage

Der Co-Autor der ersten Auflage, HERBERT GÖRNER, der den größten Teil der Bildvorlagen für die Farbdrucke der ersten Auflage angefertigt hatte, verstarb im Jahr 2001. Konzeption und Texte, sowie alle Entwürfe für die Zeichnungen der ersten Auflage wurden von H. DÖRFELT angefertigt. Die Endfassung des Textes wurde schließlich von H. DÖRFELT gemeinsam mit dem Sprachwissenschaftler HERBERT GÖRNER bearbeitet. Wir widmen ihm in Gedenken und in Anerkennung seiner Verdienste um die Mykologie die neue Auflage der „Welt der Pilze“.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage im Jahr 1989 hat sich die Pilzkunde rasant weiterentwickelt, sodass die meisten Darstellungen geändert oder ergänzt werden mussten. Alle Tabellen wurden erneuert, die Zeichnungen neu gestaltet und ergänzt, die Fotos durch neue, teilweise digitale Aufnahmen ersetzt. Die Texte wurden nach den ursprünglichen Entwürfen von H. DÖRFELT für die erste Auflage neu bearbeitet, mitunter ergänzt oder vollkommen ersetzt. Vom Verlag der ersten Auflage, dem Urania-Verlag, wurden mit dessen Liquidierung alle Rechte der ersten Auflage an die Autoren zurückgegeben, sodass es notwendig wurde, für die Neuauflage einen Verleger zu finden. Mit dem Verlagsleiter des Weissdorn-Verlages, GERALD HIRSCH, fanden wir einen kooperativen Partner, der selbst über fundierte mykologische Kenntnisse verfügt und unserem Anliegen, die Pilzkunde in verständlicher Form darzustellen, großes Verständnis entgegenbrachte.

Das Anliegen unseres Buches ist es, die Mykologie in all ihren Bereichen, die unser tägliches Leben berühren, einem breiten Leserkreis nahezubringen. Die komplizierten Zusammenhänge der Systematik, der Ökologie, der Genetik oder der Physiologie der Pilze, die komplexen Beziehungen zwischen wissenschaftlichen Erkenntnissen und deren Anwendung in der Praxis können selbstverständlich nicht umfassend behandelt werden. Unser Buch kann nicht die reichlich vorhandene Spezialliteratur, die riesige Spezialbibliotheken füllen könnte, ersetzen. Es soll jedoch ein Überblick für Interessenten gegeben werden, die etwas mehr über die Pilze erfahren möchten als die Tatsache, dass Champignongerichte eine Köstlichkeit sind. Wir orientieren uns an den Fragen, die beim Unterricht, bei Pilzexkursionen, bei Vorträgen gestellt werden und verstehen das Buch als eine allgemeinverständliche Lektüre, die auch zum Nachschlagen und als Lehrbuch benutzt werden kann. Die Tabellen sind als Übersichtsmaterial für einige spezielle Zusammenhänge zu verstehen, die dem vergleichenden Nachschlagen dienen sollen.

Jena  
April 2008

Heinrich Dörfelt  
Erika Ruske

---

## Vorwort zur 3. Auflage

Obwohl von der ersten Auflage der „Welt der Pilze“ beim Urania-Verlag eine hohe Anzahl von Exemplaren in Umlauf gebracht wurde und auch gegenwärtig mitunter das Buch noch antiquarisch erworben werden kann, ist die zweite Auflage völlig vergriffen. Wir sind daher sehr dankbar, dass der Springer-Verlag bereit war, eine neue, stark erweiterte, veränderte und inhaltlich aktualisierte Auflage zu editieren, die auch bezüglich der Drucktechnik den Fortschritten unserer Zeit Rechnung trägt. Die hohe Mannigfaltigkeit pilzlicher Fruchtkörpertypen oder mikroskopischer Details wird in dieser Auflage zielgerichtet in farbigen Fotos und in Zeichnungen direkt dem zugehörigen Text beigelegt, wodurch das Erscheinen von Farbtafel-Blöcken wie in den ersten beiden Auflagen aufgegeben werden konnte. Dadurch wird es für den Benutzer einfacher, die fachlichen Zusammenhänge ganzheitlich mit Bildern und Beschreibungen in einem Schritt zu erschließen.

Die Textentwürfe der dritten Auflage stammen im Wesentlichen von HEINRICH DÖRFELT, sie wurden in Abstimmung mit ERIKA RUSKE redigiert. Die Texte der Abschnitte „Leuchtende Pilze“, „Holz als Lebensspender“, „Vom Nährwert der Pilze“ und „Einblicke ins Gefüge der Erbträger“ wurden von E. RUSKE entworfen, Letzterer unter Zuarbeit von NICOLE SCHINDLER und KATRIN KRAUSE. Die Fotos stammen von E. RUSKE oder H. DÖRFELT, deren digitale Bearbeitung übernahm E. RUSKE. Fotoautoren sind nur bei den Aufnahmen, die nicht von den Autoren dieses Buches angefertigt wurden, direkt im Bildtext genannt. Einige aus den vorangegangenen Auflagen übernommene Zeichnungen wurden unverändert, andere nach Absprache mit H. DÖRFELT von A. KÄSTNER neu angefertigt, alle neu hinzugefügten Zeichnungen wurden von H. DÖRFELT entworfen und von A. KÄSTNER ausgeführt. Die computergestützte Aufbereitung und Beschriftung aller Zeichnungen wurde von E. RUSKE übernommen. Es geht hierbei besonders um informative Übersichten, die auch im Hochschulunterricht und bei der Pilzaufklärung eingesetzt werden können und die oft komplexen Beschreibungen sinnvoll unterstützen sollen. In manchen mehrgliedrigen Zeichnungen ist mitunter durch die verbindenden Pfeile zwischen den Figuren angedeutet, ob es sich um eine Vergrößerung (Erweiterung des Pfeilschaftes) oder um eine Verkleinerung (Verengung des Pfeilschaftes) handelt.



erweiterte Pfeilbasis: Vergrößerung



verengte Pfeilbasis: Verkleinerung

Seit dem Erscheinen der zweiten Auflage der „Welt der Pilze“ hat sich die wissenschaftliche und auch die populäre Mykologie in weiten Bereichen erneut weiterentwickelt. In der Forschung gewinnen mykologische Aspekte besonders in der Mikrobiologie, der Ökologie und der Medizin an Bedeutung. Die grundlegende Rolle der Pilze in vielen Bereichen unseres Lebens rückt immer stärker ins Bewusstsein vieler Menschen. Die „Feldmykologie“ wird mit zunehmender Qualität, Sachkenntnis und qualitativ verbesserten Geräten nicht selten von hoch

motivierten Amateuren betrieben. Hochwertige Digitalfotografie ersetzt Analogkameras mit deren Risiko schlecht belichteten Filmmaterials bei der Geländearbeit.

Für die erste Auflage war es noch notwendig, ausschließlich großformatige Fotos von wenigstens 6 × 6 cm Diapositiven für den Druck anzufertigen. Bei Studienreisen füllten die Filme mit der Kapazität von je zwölf Bildern einen wesentlichen Teil des Raumes vom Reisegepäck aus, während gegenwärtig die größeren Sorgen darin bestehen, dass eine Speicherkarte von wenigen Zentimetern Größe, aber mit mehreren Tausend Bildern, verloren gehen könnte, und man eine Stromquelle zum Aufladen des Akkus finden muss. Qualitativ hochwertige Farbdrucke, gestapelte Mikrofotos, faszinierende Makroaufnahmen sind keine Besonderheit mehr und gehören ganz allgemein zum Standard der Illustration mykologischer Publikationen. Sie entstehen nicht zwangsläufig nur in wissenschaftlichen Einrichtungen, sondern werden – was die Feldmykologie betrifft – auch von Hobbymykologen angefertigt, von Lehrern, Ärzten, Verwaltungsbeamten oder Schlossern, die von Pilzen fasziniert sind. Nicht selten haben sich Autodidakten auch als Buchautoren oder durch Beiträge in rein wissenschaftlichen Journalen große Verdienste erworben.

Das Anliegen unserer Darstellung der „Welt der Pilze“ hat sich jedoch trotz der wissenschaftlichen, gerätetechnischen und methodischen Weiterentwicklungen des Umfelds, in dem wir leben, kaum geändert. Es soll ein Überblick vermittelt werden über die Pilze im Allgemeinen, ihre Anatomie, Morphologie, Physiologie, über ihre Lebensstrategien und ihre Bedeutung für die Menschen in der Land- und Forstwirtschaft, der Nahrungsmittelindustrie und dergleichen.

Vieles, aber nicht alles Neue ist dem grundsätzlichen Zweck unseres Buches dienlich, einer verständlichen Vermittlung der realen Fakten über die Pilze. Bei der Zusammenstellung der ersten Auflage hat es Mühe gekostet, im Urania-Verlag den Titel „Welt der Pilze“ gegenüber den Vorstellungen des Lektorats „Wunderwelt der Pilze“ durchzusetzen. Wir möchten weder Wunder noch Sensationen vorstellen, nicht eine Art zum „König der Heilpilze“ oder die Pilze mit ihren Leistungen als „Retter der Welt“ küren, sondern auf die wirklichen Zusammenhänge einer Organismengruppe in ihrer strukturellen und funktionellen Vielfalt, ihrer Vernetzung im Organismengefüge unserer Erde aufmerksam machen, deren Bedeutung noch immer nicht allgemein korrekt eingeschätzt werden kann.

Es ist ohne gründliche Studien der seriösen Fachliteratur gegenwärtig mitunter gar nicht einfach zu unterscheiden, was auch in der Pilzliteratur an „fake news“, an mittelalterlichem Aberglauben, unbewiesenen Hypothesen bis hin zu lebensgefährlichen Therapien durch Pilze glaubhaft dargestellt wird. Polemische Ausbrüche in manchen Pilzforen im Internet, aber auch in Druckerzeugnissen sind keine Seltenheit. Weit verbreitet sind hierbei Vorstellungen über Pilze als Heil- oder Potenzmittel, die ohne seriöse Studien der Wirkung in Umlauf gebracht werden. Die Naturstoffforschung hat zwar viele wertvolle Stoffe in Pilzen ermittelt und nutzbar gemacht, man denke nur an die Antibiotika oder die Fungistatika für Pilzkrankungen im Fußbereich, aber das darf kein Freibrief sein für Rosshaarschwindlinge gegen Knochenbrüche oder Kernkeulen als Potenzmittel. Die Speisepilzberater haben jahrzehntelang gegen den Mythos der blau anlaufenden Zwiebeln als Zeichen für Giftpilze gekämpft – aber was da gegenwärtig klarzustellen ist, übertrifft so manches aus früheren Zeiten.

Die Problematik der Schreibweise der Fachwörter hat sich seit Erscheinen der ersten Auflage unseres Buches kaum geändert. Im Wesentlichen richten wir uns nach den Vorgaben von H. GÖRNER in der ersten Auflage der „Welt der Pilze“, bevorzugen aber in noch stärkerem Maße die C-Schreibweise, gegenüber der K/Z-Schreibweise. In der Fachsprache setzen sich – wie in der Allgemeinsprache – immer mehr Schreibweisen aus dem englischen Sprachraum durch. Wir verwenden aber dennoch bei Wörtern, die in der deutschen Allgemeinsprache so weit verankert sind, dass die C-Schreibweise befremden würde, die K/Z-Variante, vor allem, wenn sie auch in den aktuellen Duden-Ausgaben festgeschrieben ist, z. B. die Schreibweise Myzel (statt Mycel), Mykologie (statt Mycologie); aber andererseits Ascomyceten (nicht Askomyzeten) und Apothecien (nicht Apothezien). Dieser Kompromiss ist notwendig, da eine



konsequente „Eindeutschung“ aller Fachwörter ebenso irritierend wirkte wie eine consequente „Ausdeutschung“ der allgemeinsprachlich verankerten Fachbegriffe.

Die durch neue Erkenntnisse systematische Kategorisierung führt zu beträchtlichen Änderungen in der Zuordnung vieler Pilze und zu deren Einordnung in systematische Kategorien. Wir verwenden Begriffe wie Ascomyceten, Basidiomyceten, Zygomyceten daher im Text nicht zwangsläufig im Sinne der derzeitig akzeptierten systematischen Rangstufe von Abteilungen, Unterabteilungen, Klassen, Ordnungen usw., sondern im Verständnis der allgemeinen Fachsprache. Wenn die Sippen im systematischen Sinne verwendet werden, sind die Namen mit den latinisierten Endungen versehen und kursiv gesetzt, z. B. *Agaricomycetes* als Klasse, *Ascomycota* als Abteilung.

Wir möchten noch für „Küchenmykologen“ den Hinweis anschließen, dass unser Buch nicht nur für Speisepilzsammler geschrieben wurde. Dennoch sind im Text – je nach Inhalt – oder in manchen Bildtexten Angaben zum Speisewert von Fruchtkörpern eingefügt. Wir haben diese Angaben nach bestem Wissen und den neuesten Erkenntnissen gegeben, uns aber auf die Bewertungen „Speisepilz“, das sind die wertvollsten Arten, „essbar“ und „minderwertig“ beschränkt, wobei auch minderwertige Arten durchaus oft zu Speisezwecken genutzt werden. Andererseits haben wir Pilze als giftig bzw. als gefährliche Giftpilze eingestuft, wenn in diesen Fruchtkörpern entsprechende Giftstoffe nachgewiesen worden sind. Die nicht bezeichneten Arten sind entweder ungenießbar oder es gibt zum Speisewert keine seriösen Informationen bzw. ist im gegebenen Zusammenhang der Speisewert nicht von Bedeutung. Das kategorische Begriffspaar „Speisepilz“ und „kein Speisepilz“, das sich in manchen Zeitschriften oder Pilzbüchern eingebürgert hat, verwenden wir nicht, weil ein wohlschmeckender Speisepilz nicht weniger wertvoll ist, wenn er wegen Schutzwürdigkeit zum kategorischen „Nichtspeisepilz“ degradiert werden musste. Einige Pilze – auch unter den Speisepilzen – sind roh giftig, andere dürfen nur nach besonderer Zubereitung, d. h. nach bestimmter, abnormaler Behandlung, zu Speisezwecken genutzt werden. Solche Hinweise haben wir nicht gegeben, sie sind in der speziellen Rezeptliteratur zur Genüge vertreten. Wir möchten in diesem Zusammenhang ausdrücklich darauf hinweisen, dass es nicht möglich ist, Pilze allein nach Bildern und Beschreibungen „sicher“ zu bestimmen, wie das mitunter in populären Pilzbüchern postuliert wird. Die Variabilität der Fruchtkörpermerkmale ist in den meisten Fällen sehr groß, exakte Bestimmungen erfordern nicht selten Spezialliteratur und mikroskopische Arbeit. Für den gefahrlosen Genuss von Speisepilzen sind sichere Artenkenntnisse unerlässlich. Pilzberatungsstellen, Pilzausstellungen, Pilzbestimmungskurse oder Pilzwanderungen unter sachkundiger Leitung sind neben der Arbeit mit einschlägiger Pilzliteratur geeignet, solche Kenntnisse zu erwerben.

Wir hoffen, dass die Neuauflage der „Welt der Pilze“ auf ebensolches Interesse stößt, wie es den ersten beiden Auflagen entgegengebracht wurde. Es ist uns klar, dass die Darstellung manchen Lesern zu kompliziert, anderen zu populär erscheinen wird. Es war unser Bemühen, verständlich zu bleiben, ohne das Prinzip der wissenschaftlichen Seriosität aufzugeben.

Jena  
Februar 2022

Heinrich Dörfelt  
Erika Ruske  
Arndt Kästner

---

## Dem Co-Autor der ersten Auflage zum Gedenken



### Herbert GÖRNER

Der Philologe HERBERT GÖRNER wurde am 15.1.1930 in Warnsdorf (Böhmen) geboren. Er lebte nach 1945 zunächst in Stadtlengsfeld (Rhön). Ab 1950 studierte er in Leipzig und schloss 1954 sein Studium als Diplom-Philologe ab. Von 1955 bis 1990 war er am Bibliographischen Institut in Leipzig angestellt, davon sieben Jahre lang als Leiter der Dudenredaktion und zehn Jahre als leitender Redakteur der Zeitschrift „Sprachpflege“. Er ist Autor bzw. Koautor oder Mitarbeiter mehrerer philologischer Bücher („Redensarten“, „Synonymwörterbuch“ „Wörter und Wendungen“). Von 1990 bis zu seinem Tod lebte er im Ruhestand in Leipzig.

H. GÖRNER widmete sich intensiv seinem Hobby, der Fotografie, und spezialisierte sich viele Jahre lang auf die Pilzfotografie. Es entstanden zahlreiche großformatige Diapositive mitteleuropäischer Großpilze. Diese Tätigkeit führte zur Zusammenarbeit mit Mykologen. Fotos von H. GÖRNER erschienen z. B. auf den Titelseiten der Zeitschrift „Boletus“, im „Lexikon der Mykologie“ des Bibliographischen Instituts und vor allem in der Erstauflage der „Welt der Pilze“.

HERBERT GÖRNER starb am 18.12.2001 nach schwerem Leiden in Leipzig.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Pilze heute und früher</b> .....	1
1.1 Was sind Pilze? – Versuch einer Definition .....	1
1.2 Ursprung und Entwicklung der Pilzkunde .....	4
1.3 Zeugen der Urzeit – fossile Pilze .....	10
<b>2 Pilzstrukturen und ihre Funktion</b> .....	15
2.1 Der Pilz am Pilz – Myzel und Fruchtkörper .....	15
2.2 Sporenschlauch und Sporenständer – Fundamente der Großpilz-Systematik .....	17
2.3 Sexualität – ein Prinzip der Entwicklung .....	23
2.4 Schnallen und Haken – untrügliche Zeichen der Dikaryophase .....	29
2.5 Rasche Vermehrung – Sporen und Schimmel .....	31
2.6 Neue Perspektiven und neue Blickwinkel der Forschung .....	38
2.6.1 Faszinierende Details – die Ultrastrukturen .....	38
2.6.2 Einblicke ins Gefüge der Erbträger – molekularbiologische Forschungen .....	43
<b>3 Faszination der Mannigfaltigkeit – Fruchtkörperformen</b> .....	49
3.1 Sporen innen und außen – die Entwicklung der Fruchtkörper .....	49
3.2 Stunden oder Jahre – das Alter der Fruchtkörper .....	51
3.3 Schüsseln, Terrakotten und Kugeln – die Ascomata .....	53
3.3.1 Vielfalt eines einzigen Typs – die Apothecien .....	53
3.3.2 Gefäße mit Hals – die Peritheccien .....	56
3.3.3 Kugeln, die zerspringen – die Cleistothecien .....	60
3.3.4 Nackte Fruchtbarkeit – die Protothecien .....	61
3.3.5 Verkannte Ähnlichkeit – die Pseudothecien .....	62
3.4 Krusten, gestielte Hüte, Gallertmassen und stäubende Bälle – die Basidiomata .....	62
3.4.1 Das Augenscheinliche – ein Blick für das Grobe .....	62
3.4.2 Von Krusten zu gestielten Hutpilzen – die Hymenothecien .....	63
3.4.3 Im Schutze der Hüllen – die Gasterothecien .....	81
<b>4 Vom Leben der Pilze</b> .....	95
4.1 Nischen des Lebens – das Resultat kleinster Schritte .....	95
4.2 Unauflösbare Bündnisse – die Mykotrophie .....	97
4.2.1 Verschiedene Wege, ein Prinzip – die Mykorrhizatyphen im Überblick .....	97
4.2.2 Das Myzel als Verlängerung der Feinwurzeln – die Ektomykorrhiza .....	99
4.2.3 Pilzsubstanz im Inneren von Pflanzen – die Endomykorrhiza .....	109

4.2.4	Pilze als Ammen und Sklaven der Pflanzen – Wege zur Mykoheterotrophie. . . . .	111
4.2.5	Mykotrophie ohne Wurzeln . . . . .	112
4.2.6	Botschaft aus der Urzeit – die VA-Mykorrhiza . . . . .	113
4.3	Wie Pilze zu „grünen Pflanzen“ wurden – die Flechten . . . . .	116
4.4	Ohne Tod kein Leben – saprotrophe Pilze . . . . .	124
4.4.1	Saprotrophie – das Recycling der Natur . . . . .	124
4.4.2	Saprotrophe Bodenpilze. . . . .	125
4.4.3	Von mancherlei Spezialisten . . . . .	126
4.4.4	Holz als Lebensspender. . . . .	131
4.5	Leben auf Kosten von Leben – die Parasiten. . . . .	137
4.5.1	Vielfältige Strategien des Überfalls . . . . .	137
4.5.2	Rost und Brand – falsche Vergleiche . . . . .	138
4.5.3	Vom Himmel gefallen – der Mehltau. . . . .	151
4.5.4	Vielerlei Schmarotzertum . . . . .	155
4.5.5	Verborgene Gefechte – Pilze kämpfen gegen Pilze . . . . .	161
4.5.6	Parasiten der Parasiten – Hyperparasitismus . . . . .	164
4.5.7	Schonungsloser Kampf – auch gegen Mensch und Tier . . . . .	165
4.6	Pilze, überall Pilze . . . . .	171
4.6.1	Ökologische Nischen der Pilze . . . . .	171
4.6.2	Gespentische Erscheinungen – leuchtende Pilze . . . . .	173
<b>5</b>	<b>Vom Nutzen und Schaden der Pilze . . . . .</b>	<b>175</b>
5.1	Strategie des Siegers . . . . .	175
5.2	Schlimme Überraschungen . . . . .	176
5.3	Zähes Leben. . . . .	177
5.4	Leistung entscheidet. . . . .	179
5.5	Delikat, aber nicht ungefährlich – von Gift- und Speisepilzen . . . . .	180
5.5.1	Waidgerechte Pilzjagd . . . . .	180
5.5.2	Gefahren im Hinterhalt – die Giftpilze . . . . .	187
5.5.3	Unsere Speisepilze. . . . .	195
5.5.4	Speisepilze unserer Wahl – die Kulturpilze . . . . .	202
5.5.5	Vom Nährwert der Speisepilze. . . . .	206
5.5.6	Pilze in der Volksmedizin. . . . .	207
5.5.7	Pilze als Gebrauchsobjekte . . . . .	208
<b>6</b>	<b>Das Pilzsystem . . . . .</b>	<b>211</b>
6.1	Methoden der Pilzsystematik. . . . .	211
6.1.1	Ordnung und Disziplin – ein Prinzip unseres Denkens . . . . .	211
6.1.2	Im Spannungsfeld alter Zöpfe und neuer Einblicke . . . . .	212
6.2	Charakterbilder der großen Gruppen. . . . .	213
6.2.1	Schleimpilze. . . . .	213
6.2.2	Algenpilze und Flagellatenpilze . . . . .	218
6.2.3	Echte Pilze . . . . .	221
<b>7</b>	<b>Schutz und Verbreitung der Pilze . . . . .</b>	<b>229</b>
7.1	Geschütztes Leben, auch für Pilze . . . . .	229
7.2	Ein weiter Blick – Pilze in den Lebensräumen der Erde . . . . .	234
7.2.1	Zonale terrestrische Lebensräume . . . . .	234
7.2.2	Immergrüne Wälder . . . . .	235

---

7.2.3	Trockene und wechselfeuchte Regionen der Erde . . . . .	239
7.2.4	Hartlaubregionen . . . . .	243
7.2.5	Sommergrüne Breitlaubwäldern . . . . .	245
7.2.6	Taigagebiete . . . . .	249
7.2.7	Tundragebiete . . . . .	252
7.3	Pilze in azonalen Lebensräumen . . . . .	254
7.4	Pilze in Siedlungsgebieten . . . . .	257
	<b>Erratum zu: Die Welt der Pilze . . . . .</b>	<b>E1</b>
	<b>Fotos, Danksagung und Bildquellen . . . . .</b>	<b>259</b>
	<b>Weiterführende Literatur . . . . .</b>	<b>261</b>
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>265</b>



## 1.1 Was sind Pilze? – Versuch einer Definition

Die Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen erregt bei einfühlsamen Naturfreunden immer wieder Bewunderung und Interesse. Wenn auch in unserer Zeit bloße Ehrfurcht und Verehrung einem besseren Wissen um Zusammenhänge gewichen sind, so braucht dies kein Grund zu sein, Naturerlebnisse weniger tief zu empfinden. Analytische Naturbetrachtung, so hört man mitunter, sei dem gefühlsbetonten Erleben abträglich. Aber müssen wir den faszinierenden Anblick eines Hochgebirges, die Erquickung an der Quelle eines klaren Gebirgsbaches nur deshalb nüchterner empfinden, weil wir heute um Gebirgsbildungen und Wasserhaushalt mehr wissen als die Menschen früherer Zeiten? Warum sollte der Anblick eines klaren Sternenhimmels unser Gefühl weniger ansprechen, weil uns grundlegende astronomische Vorgänge bewusst sind? Die Vielfalt der Natur, die Vollkommenheit der Anpassung mancher Organismen an ihren Lebensraum, z. B. die Feinheiten von Blütenstrukturen und den bestäubenden Insekten oder Vögeln – Jahrhunderte hindurch nur als göttliche Schöpfung erklärbar –, bleiben dem Naturfreund bewunderungswürdig, vielleicht sogar in stärkerem Maße, seit wir die grundlegenden Gesetze der biologischen Evolution kennen. In der Naturanschauung und der Beschäftigung mit den Zusammenhängen finden nicht wenige Menschen einen beträchtlichen Teil ihres Lebensinhalts. Einen kleinen Ausschnitt der Mannigfaltigkeit der belebten Natur wollen wir den Lesern nahebringen: die Pilze. Bedenkt man, dass unsere Erde mehrere Millionen Tierarten und über 300.000 Arten von Blütenpflanzen beherbergt, so sind die Pilze mit mehr als 100.000 beschriebener Arten keine so bedeutungslose Gruppe, wie man häufig annimmt. Zudem dürfte die Zahl der unbekannteren Arten weitaus höher liegen, als wir das von Blütenpflanzen und terrestrischen Tie-

ren annehmen können. Freilich, viele von ihnen treten nicht so dominant in Erscheinung wie Blütenpflanzen, Insekten oder Wirbeltiere. Dennoch sind die Pilze den meisten Menschen bekannt, die farben- und formenreichen Hut-, Keulen-, Korallen- oder Bauchpilze sind einprägsame Bewohner von Wäldern und Wiesen; Landwirte beklagen ertragsmindernde Krankheitserreger von Kulturpflanzen oder Nutzvieh; Mediziner kämpfen gegen Hautpilze oder Erreger gefährlicher Endomykosen. Manchen kommen Schimmelpilze in den Sinn, die Nahrungsmittel und Futtermittel verderben. Wieder andere rühmen spezifische Hefen, die für die Herstellung auserlesener Weine genutzt werden. Auch im Haushalt, in der Bäckerei, in der Brauerei oder in der Käseindustrie nutzt man die Leistung der Hefen und anderer Pilze zur Herstellung von Nahrungs- und Genussmitteln. Darüber hinaus sind einige Pilze Produzenten von therapeutisch noch immer unentbehrlichen Antibiotika. Ja, sie begegnen uns sogar in alten Gebäuden, wenn diese vom gefürchteten Hausschwamm befallen wurden, oder sie wachsen in feuchten Wohnungen an Wänden und Tapeten und können Gesundheitsschäden der Bewohner verursachen. Überall im täglichen Leben stoßen wir auf Pilze, und es drängt sich die Frage auf, was diesen so verschieden erscheinenden Organismen gemeinsam ist, dass man sie mit einem einzigen Begriff „Pilz“ zusammenfassen kann. Sind sie eine Gruppe von Pflanzen? Können sie als eigenes Organismenreich neben Pflanzen und Tiere gestellt werden? Oder sind sie doch aus überflüssiger Feuchtigkeit von Fäulnisprozessen entstanden, wie wir das in alten Kräuterbüchern nachlesen können?

Die Frage, was wir unter Pilzen verstehen, ist nicht mit wenigen Worten zu klären. Zunächst wollen wir den Begriff „Pilz“ etwas einengen. Einige Gruppen von Organismen, die in der Vergangenheit mit den Pilzen in Verbindung gebracht wurden, rechnet man gegenwärtig nicht mehr zu ihnen. Noch bis ins 20. Jahrhundert hinein hat man Bakterien als Spaltpilze oder *Schizomycetes* bezeichnet und in ihnen einfach organisierte Pilze gesehen, von denen die höher organisierten Formen abgeleitet sind. Diese Anschauung fußte auf den Gemeinsamkeiten der Lebens-

Die Originalversion des Kapitels wurde revidiert. Ein Erratum ist verfügbar unter [https://doi.org/10.1007/978-3-662-65437-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-65437-8_8)

weise vieler Bakterien und Pilze. Zahlreiche Bakterien und Pilze leben mitunter gemeinsam in Substraten wie in Fruchtsäften, an Humusteilen im Boden oder sie konkurrieren gegeneinander als Parasiten an anderen Organismen, leben von organischen Substanzen. Um die wesentlichen Unterschiede zwischen Bakterien und Pilzen festzustellen, sind nicht nur lichtmikroskopische, sondern auch ultramikroskopische Betrachtungen notwendig. Der Bau der Zellen dieser Organismengruppen ist so grundlegend verschieden, dass wir sagen können: Pilze, Tiere und Pflanzen sind miteinander näher verwandt als die Bakterien mit irgendeiner dieser Gruppen. Die Bakterien – einschließlich der algenähnlichen Cyanobakterien (Blualgen) – besitzen im Gegensatz zu Tieren, Pflanzen und Pilzen keine Zellkerne, also keine membranumschlossenen, mikroskopisch kleinen Körper, die in jeder vollkommenen Zelle einzeln, manchmal auch zu mehreren vorkommen und die wesentlichen erbtragenden Substanzen, die Kernsäuren (Nucleinsäuren), enthalten. Bei Pilzen, Tieren und Pflanzen liegen diese Kernsäuren als fädige, unter Umständen lichtmikroskopisch nachweisbare Strukturen vor: die Chromosomen, die von einer perforierten Membran umschlossen sind. Alle Lebewesen, die solche Zellkerne besitzen, werden als Eukaryota, d. h. als Lebewesen mit echten Zellkernen, zusammengefasst und von den Prokaryota, den Lebewesen mit Kernäquivalenten, unterschieden, deren Erbmasse als ringförmiges, nicht membranumschlossenes Kernsäuremolekül vorliegt. Pilze, Tiere und Pflanzen sind eukaryotische Lebewesen. Echte Bakterien (Bacteria), einschließlich der „Blualgen“ (Cyanobacteria) und der noch ursprünglicheren methanbildenden Urbakterien (Archaeobacteria oder Archaea) sind dagegen prokaryotisch organisiert.

Hinsichtlich der Ernährungsweise haben die Pilze nicht nur mit den meisten Bakterien, sondern auch mit allen Tieren eine wesentliche Gemeinsamkeit – sie leben heterotroph. Die Lebensgrundlage heterotropher Organismen, d. h. ihre Energiequelle, sind organische Stoffe. Die meisten Bakterien, alle Pilze und Tiere können im Gegensatz zu den grünen Pflanzen nicht mithilfe von Lichtenergie und anorganischen Stoffen ihre körpereigenen organischen Substanzen synthetisieren. Bekanntlich ist der entscheidende Vorgang des primären Aufbaus organischer Stoffe, die Fotosynthese der Pflanzen, an die grünen Farbstoffe, die Chlorophylle oder Blattgrün-Farbstoffe, gebunden. Alle Organismen, die zur Fotosynthese befähigt sind, also keine organischen Stoffe anderer Lebewesen benötigen, werden wegen dieser ernährungsphysiologischen Eigenständigkeit als fotoautotroph bezeichnet. Ökologisch sind demnach die grünen Pflanzen und die ebenfalls fotoautotrophen prokaryotischen Blualgen Cyanobakterien die Primärproduzenten organischer Stoffe auf unserer Erde. Sie bilden die Lebensgrundlage der heterotrophen Organismen, die

entweder direkt, z. B. als Pflanzenparasiten und Pflanzenfresser, oder indirekt, z. B. als Bewohner von Pflanzenresten oder als Glieder von Nahrungsketten von den Leistungen der fotoautotrophen Primärproduzenten leben.

Aber keine Regel ohne Ausnahme. Neben der Fotoautotrophie gibt es auf unserer Erde noch einen weiteren Modus der Autotrophie von Lebewesen, wobei organische Stoffe mithilfe von chemischer Energie synthetisiert werden können. Chemoautotrophe Bakterien können als Symbionten in Tieren leben, sodass auf diese Weise auch höher entwickelte chemoautotrophe Organismen entstanden sind, die völlig ohne Lichtenergie leben. Besonders im marinen Bereich kommt es noch immer alljährlich zu faszinierenden Entdeckungen über chemoautotrophes Leben, das z. B. in der Tiefsee auf „Methaninseln“ oder auf thermoenergetischer Basis völlig andere Lebensformen und Lebensgemeinschaften hervorgebracht hat als im lichtenergetisch geprägten Bereich der Biosphäre.

Die heterotrophe Lebensweise der eukaryotischen Pilze und Tiere lässt sich auch strukturell nachweisen. Es fehlen diesen Organismen im Gegensatz zu den Pflanzen gewisse membranumschlossene innere Zellorganellen, die sogenannten Plastiden, die über eigene Erbträger verfügen und zu denen auch die Träger des Chlorophylls, des Blattgrüns, gehören. Man bezeichnet sie als Chloroplasten. Für die primäre Produktion organischer Stoffe durch Fotosynthese sind diese Chloroplasten essenziell erforderlich. Es handelt sich um ellipsoide, kugelige oder polymorphe membranumschlossene Strukturen des lebenden Protoplasmas, in denen die fotosynthetisch aktiven Chlorophylle lokalisiert sind. Bei den wenigen nicht ergrünenden heterotrophen Pflanzen, die keine Chloroplasten enthalten, können dennoch stets Plastiden nachgewiesen werden. Die heterotrophe Lebensweise solcher Pflanzen, zu denen z. B. Fichtenspargel, Sommerwurz, Vogelnestwurz und Schuppenwurz gehören, erweist sich daher als sekundär. Sie sind durch Chloroplastenverlust heterotroph geworden. Tiere und echte Pilze sind jedoch stets vollkommen plastidenfrei. Sie haben sich stammesgeschichtlich ohne diese Organellen entwickelt, sind also primär heterotroph.

Dennoch weisen die Pilze äußerlich Gemeinsamkeiten mit den Pflanzen auf. Dies ist der Grund dafür, dass sie bis in die Gegenwart mitunter als Pflanzen betrachtet und in den Lehrbüchern der Botanik (Pflanzenkunde) behandelt werden. Sowohl Pilze als auch Pflanzen nehmen die Nährstoffe osmotroph oder resorptiv auf: Sie werden in gelöster Form direkt aus der Umwelt durch Osmose, d. h. durch Diffusion über Biomembranen, aufgenommen, während die Tiere die Nährstoffe im Allgemeinen zunächst durch Umschließen oder Einverleiben von Nahrungspartikeln aufnehmen. Dieser Modus der Nahrungsaufnahme machte bei den Pilzen und den Pflanzen keine Nahrungssuche durch

freie Ortsbewegung notwendig, vielmehr werden die nährstoffhaltigen Substanzen durchwachsen. Das großflächige Durchdringen des nährstoffführenden Substrats durch Hyphen, Rhizoide oder Wurzeln führte zur Sesshaftigkeit. Die Pilze treten uns daher in der Regel als pflanzlich erscheinende, mit ihrem Substrat fest verbundene Organismen entgegen.

Echte Zellkerne, das Fehlen von Plastiden, die heterotrophe Ernährung und das pflanzenähnliche Erscheinungsbild infolge osmotropher Nahrungsaufnahme aus dem ernährenden Substrat, die zur Einschränkung oder dem völligen Fehlen der für die meisten Tiere charakteristischen freien Ortsbewegung führte, sind die wesentlichen Eigenschaften der Pilze. Wir können sie kurz und bündig mit einem Satz definieren:

**Pilze sind eukaryotische, primär plastidenfreie, heterotrophe Organismen, die ihre Nahrung osmotroph direkt aus ihrem nährstoffhaltigen Substrat aufnehmen.**

Diese Definition bezieht sich auf alle Organismen, die landläufig als Pilze bezeichnet werden. Sie fußt auf äußerlichen cytologischen und ernährungsphysiologischen Merkmalen und nicht primär auf der stammesgeschichtlichen Verwandtschaft. Probleme bei dieser Charakterisierung der Pilze bilden einige Organismengruppen, die als Schleimpilze bezeichnet werden. Die meisten von ihnen nehmen wie die Amöben ihre Nahrung durch Einschließen von Partikeln oder Organismen, z. B. von Bakterien, auf. Nur während einer Phase der Sporenbildung und -freisetzung sind die Schleimpilze manchen Echten Pilzen ähnlich strukturiert. Verwandtschaftlich gehören sie zu den Urtierchen (*Protozoa*), speziell zu den Amöben. Sie werden lediglich aus Tradition wegen der sporenführenden pilzähnlichen Fruktifikationen in den Lehrbüchern der Botanik und der Mykologie behandelt. Wenn man die Schleimpilze in eine umfassende Pilzdefinition einbeziehen will, dann kann man Pilze nicht als generell osmotroph bezeichnen, und die pflanzliche Erscheinungsweise muss auf bestimmte Abschnitte der Entwicklung beschränkt werden.

Alle Versuche einer Definition zeigen, dass der Pilzbegriff sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis nicht einen einheitlichen Verwandtschaftskreis umfasst. Denn in vielen Merkmalen, die nach neuen Erkenntnissen die Verwandtschaftsbeziehungen widerspiegeln, erweisen sich die Pilze im Allgemeinen als heterogen. Das betrifft z. B. die Merkmale des Vorkommens, die Struktur der Geißeln und den Typ der Begeißelung von Schwärmstadien, die Art des Auftretens von Polkörpern bei der Kernteilung, die biochemische Zusammensetzung der Reservestoffe sowie der Bestandteile der Zellwand und vieles andere mehr. Pilze in der gebräuchlichen Umgrenzung entstanden auf verschiedenen

stammesgeschichtlichen Wegen, sind also polyphyletisch. Die wirklichen Abstammungsgemeinschaften werden in den aktuellen Pilzsystemen als verschiedene monophyletische Abteilungen behandelt, die größte von ihnen sind die Echten Pilze, die je nach dem benutzten Lehrbuch als *Mycota*, *Eumycota* oder Fungi bezeichnet werden. Zu ihnen gehören die meisten Pilzarten, unter anderem alle Pilze, die Fruchtkörper ausbilden. Mit anderen Pilzgruppen, z. B. mit den Schleimpilzen (*Myxomycota*), den Flimmergeißel-Flagellatenpilzen (*Hyphochytridiomycota*), den Netzschleimpilzen (*Labyrinthulomycota*) den Algen- oder Eipilzen (*Oomycota*), sind die Echten Pilze nicht näher verwandt als mit manchen anderen Gruppen eukaryotischer Organismen. Eine höhere systematische Rangstufe, die alle Pilze umfasst, hat daher aus stammesgeschichtlicher Sicht keine Berechtigung. Ebenso fraglich ist aber auch das Bemühen, den Pilzbegriff auf die Echten Pilze zu beschränken. Wie sollte man z. B. einem Praktiker erklären, dass die Echten Mehлтаupilze zu den Pilzen gehören und die Falschen Mehлтаupilze farblose Algen und keine Pilze sind? Pilze im Sinne unserer Definition werden dann als „Pilze und pilzähnliche Organismen“ zusammengefasst.

Wenn man die phylogenetische Herkunft der Pilze unter dem Gesichtspunkt der Begeißelung an frei beweglichen Entwicklungsstadien betrachtet, so ergibt sich eine grundsätzliche Zweiteilung. Nahezu alle Echten Pilze sind unbegeißelt und dürften von hefeartigen Einzellern abstammen, und die anderen Gruppen, die Tiere und Pflanzen (mit Ausnahme der Rotalgen), besitzen wenigstens in einigen Entwicklungsstadien Geißeln. Als Basis der Echten Pilze stehen aber auch die Flagellatenpilze (*Chytridiomycota*) mit eingeißeligen Schwärmstadien zur Diskussion (vgl. Abschn. 6.2.2).

Die Hypothese, dass die Geißeln ursprünglich selbstständige Organismen waren, ist wenig begründet. Sicher ist jedoch, dass die membranumschlossenen Organellen, vor allem die Mitochondrien, die „Atemzentren“ der eukaryotischen Organismen, und die Plastiden der Pflanzen ursprünglich selbstständige prokaryotische Organismen waren, die durch endosymbiotische Lebensweise und Gentransfer zwischen dem Zellkern der eukaryotischen Zelle und dem Kernäquivalent des endosymbiotischen Prokaryoten zu Zellorganellen der Eukaryota wurden. Ein wichtiges Argument für diese Erkenntnis sind die noch gegenwärtig vorkommenden ringförmigen Kernsäuremoleküle in diesen Organellen.

Die hypothetischen, cytologischen Entwicklungslinien, die zu den heute existierenden Organismengruppen führten, zeigen auch in sehr vereinfachter Übersicht die grundlegenden Unterschiede zwischen den Echten Pilzen und übrigen Gruppen pilzlicher Organismen (Abb. 1.1).

Eukaryotische Zellen

Echte Pilze

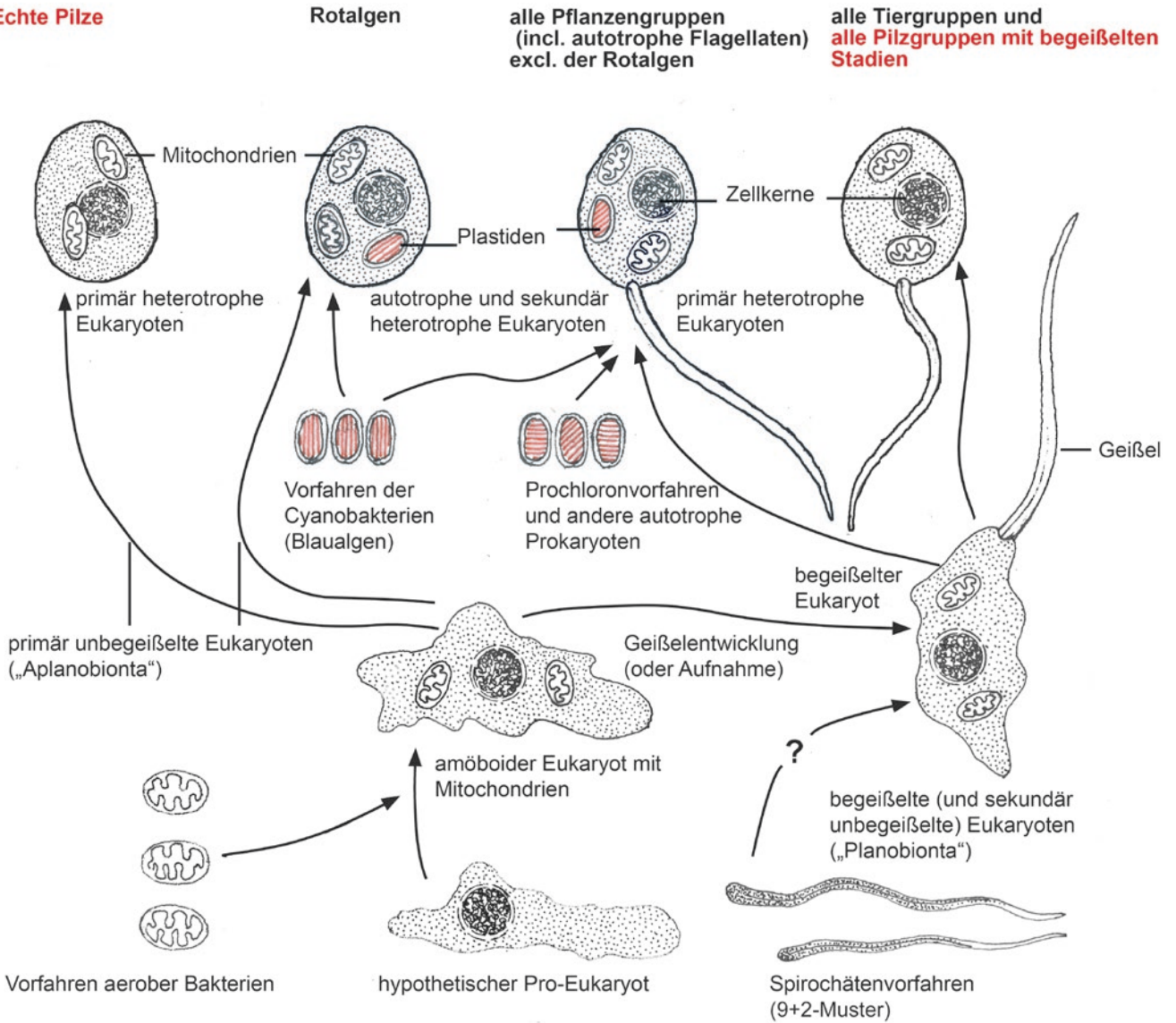


Abb. 1.1 Schematische, stark vereinfachte Darstellung der Entwicklung eukaryotischer Zellen unter Berücksichtigung der Endosymbiontentheorie

1.2 Ursprung und Entwicklung der Pilzkunde

Bevor wir uns den Strukturen, dem Leben und der praktischen Bedeutung der Pilze zuwenden, wollen wir das Anwachsen des Wissens über Pilze in groben Zügen nachzeichnen. Wie betrachtete man diese eigentümlichen Gewächse in früheren Zeiten, was wusste man von ihrer Rolle im Haushalt der Natur und wie setzte man sie zu anderen Organismen in Beziehung? Als ein Wissenschaftszweig der Biologie, der Lehre vom Leben, wurzelt die Mykologie, die Lehre von den Pilzen, in der Medizin, der Naturkunde

und Philosophie früher Kulturen. Spuren pilzkundlichen Wissens können bis in Zeiten zurückverfolgt werden, in denen es noch keinerlei Wissenschaft gab. Empirische, vorwissenschaftliche Kenntnisse über Pilze sind aus verschiedenen Kulturkreisen bekannt. Frühe Zeugnisse von Pilzwissen beziehen sich verständlicherweise auf ansehnliche Großpilze und fußen auf Erfahrungen der Menschen bei der Verwendung von Pilzen als Nahrungsmittel, als Heilmittel, Rauschmittel oder auf Vergiftungsfällen. Die halluzinogene Wirkung mancher Pilze, vor allem psilocybinhaltiger Träuschlinge (*Stropharia* spp.) oder Kahlköpfe (*Psilocybe* spp.) war bereits den Azteken in Mexiko be-





**Abb. 1.2** Steinikone in Pilzform – ca. 30 cm hoch – aus dem Hochland von Guatemala; gefertigt von den Mayas um 1000 u. Z.

kannt. Religiöse Zeremonien hatten hier eine uralte Tradition und sind in Relikten bis heute erhalten geblieben. Durch ihre berauschende Wirkung glaubte man, den Göttern oder Ahnen nahezukommen, mit ihnen in Zwiesprache treten zu können. Die bekannten Pilzsteine der Mayas (Abb. 1.2) aus Guatemala wurden im ersten Jahrtausend unserer Zeitrechnung gefertigt und ähnlich den Marienbildern im Christentum verehrt.

Dass Pilze als Nahrungsmittel verwendet wurden, können wir aus frühen Berichten über Pilzvergiftungen aus der Antike schließen. Die Kultur von Speisepilzen, vor allem des holzbewohnenden Shiitake (*Lentinula edodes*), dürfte in China und Japan seit Jahrtausenden betrieben worden sein und ist auf Erfahrungen mit Pilzen aus frühen Zeiten zurückzuführen. Auch in der Gegenwart sind empirische

Kenntnisse und Vorstellungen über Pilze neben der wissenschaftlichen Mykologie im Volkswissen verankert.

Die Einbeziehung der Pilze in das wissenschaftliche Denken der Menschen ist so alt wie die Wissenschaft selbst. Die Biologie hat sich, obwohl der Begriff erst Ende des 18. Jahrhunderts geprägt wurde, als ein Teil der antiken Naturwissenschaft in der hellenistischen Zeit des griechisch-römischen Altertums entwickelt. Nachweislich konnten die Denker der peripatetischen Schule in Athen bereits auf frühere Kenntnisse über Pilze zurückgreifen. Wir wissen dies z. B. aus den Schriften griechischer Dichter. Einen der ersten schriftlichen Nachweise über Pilzkenntnisse finden wir bei dem griechischen Gelehrten und Dichter EURIPIDES (um 483 bis um 406 v. u. Z.). Er berichtet von einer Pilzvergiftung, der eine Frau mit ihren zwei Söhnen und einer Tochter zum Opfer fielen. Auch aus den Schriften anderer Dichter des Altertums, so der römischen Schriftsteller HORAZ (65–8 v. u. Z.), OVID (43 v. u. Z. bis 18 u. Z.), JUVENAL (um 60 bis um 127 u. Z.) und MARTIAL (um 40 bis um 102 u. Z.), geht hervor, dass man bereits in sehr frühen Zeiten Erfahrungen mit Pilzen als Nahrungsmittel hatte.

In der Medizin der Antike spielten Pilze ebenfalls eine Rolle. Schon HIPPOKRATES (um 450–377 v. u. Z.) erwähnte sie als Heilmittel und empfahl Brechmittel bei Pilzvergiftungen. Das Einteilungsprinzip nach Speisewert und Giftigkeit wird in dieser Zeit in die frühe naturkundlich-philosophische Wissenschaft eingeführt. Rettich, Essig und Hühnermist empfehlen z. B. NIKANDER (um 200–135 v. u. Z.) und später CELSUS (um 30 u. Z.) als Mittel gegen Pilzvergiftungen. DIOSKURIDES (um 70 u. Z.) fasste die Kenntnisse über Pilze aus medizinischer Sicht zusammen. Da seine Lehre im gesamten Mittelalter als unumstößliches medizinisches Grundwissen galt, wurden seine Ansichten bis in die Neuzeit beibehalten. Wir begegnen dem grundlegenden Einteilungsprinzip der Pilze in essbare und giftige Sippen z. B. noch im 17. Jahrhundert bei CAROLUS CLUSIUS (1526–1609) und FRANS VAN STERBEECK (1630–1693); in der populären Pilzkunde blieb es bis in die Gegenwart erhalten.

Während die Pilze in der Dichtung und in der Medizin der Antike nur eine untergeordnete Rolle spielen, behandelte sie der griechische Gelehrte THEOPHRAST (372–288 v. u. Z.) als Teil seiner botanischen Lehren aus rein wissenschaftlicher Sicht. Er fußt dabei auf den biologischen Vorstellungen von ARISTOTELES (384–322 v. u. Z.). Beide waren Schüler des Philosophen PLATON (427–347 v. u. Z.) und erreichten mit ihren Schriften einen Höhepunkt der antiken Naturwissenschaft. THEOPHRAST behandelt die Pilze als Pflanzen, denen wichtige Teile anderer Pflanzen – Blätter, Stängel, Wurzeln, Blüten, Früchte – fehlen. In den Trüffeln sieht er unterirdische ganze Pflanzen; Pilze wachsen aus Wurzeln von Bäumen oder neben ihnen; sie nehmen nicht den Geruch des Substrats an, auf dem sie wachsen; so können z. B. solche, die auf Mist wachsen, geruchlos sein. Diese und einige



weitere Einsichten von THEOPHRAST sind die wichtigsten erhalten gebliebenen Kenntnisse über Pilze in der Antike. Wesentlich dabei ist, dass er in den Pilzen lebende Organismen erkennt, während spätere Autoren bis weit in die Neuzeit hinein die Pilze als Ausscheidungen von faulendem Holz, Schaumgebilde oder andere Fäulnisprodukte und dergleichen definierten.

Einen relativ breiten Raum nehmen die Pilze auch im Werk des römischen Feldherren, Gelehrten und Enzyklopädisten PLINIUS SECUNDUS (23–79 u. Z.) ein. Er sammelte das vorhandene zeitgenössische naturkundliche Wissen und stellte es zu einem geschlossenen universellen Weltbild zusammen. Dieses Werk enthält neben wissenschaftlichen Erkenntnissen auch volkstümliche Vorstellungen, Mystik und Paradoxografie in bunter Mischung; es vermittelt daher ein gutes Bild von den verschiedenartigen Anschauungen zur Zeit der römischen Antike. Vergleicht man die Pilzkenntnisse im Werk von PLINIUS mit denen von THEOPHRAST, gewinnt man einen Eindruck vom allgemeinen Zustand der Naturwissenschaft der Antike. Die abstrakten Erkenntnisse sind bei den Römern praktischen Belangen untergeordnet. Wissenschaftliche Klarheit ist nicht mehr Maßstab für den Inhalt der Schriften. Nach PLINIUS entstehen Pilze aus Schlamm, aus säuernder, feuchter Erde oder aus Wurzeln. Holzpilze bilden sich aus dem Schleim der Bäume; die Trüffel sind Geschwülste der Erde, ihre Entstehung wird mit Regen und vor allem mit dem Donner bei Gewittern in Zusammenhang gebracht. Viele seiner Angaben beziehen sich auf Vergiftungen mit Pilzen oder auf deren Speisewert. PLINIUS berichtet, wie auch die Historiker TACITUS (um 55 bis um 120 u. Z.) und SUETON (um 70 bis um 140 u. Z.), von der berühmten Vergiftungsgeschichte um den Kaiser CLAUDIUS, der von seiner vierten Frau, der herrschsüchtigen AGRIPPINA, mit einem Pilzgericht

vergiftet wurde, um den Thron für NERO, AGRIPPINAS Sohn, frei zu machen. Es handelte sich um eine Vergiftung, bei der einem Pilzgericht aus Kaiserlingen (*Amanita caesarea*) Gift zugesetzt worden war. Interessant sind bei PLINIUS die Angaben zu den „Erkennungszeichen“ von Giftpilzen. Sie spiegeln damalige Vorstellungen wider, die sich teilweise bis in die Gegenwart als „Volkswissen“ erhalten haben. Beispielsweise werden verwaschene rote Farben, Streifenzeichnung, blasser Saum und bleigraue Farbe im Innern als Zeichen der Giftigkeit bewertet. Pilze, die in der Nähe von Schlangenhöhlen wachsen, seien giftig, da sie vom Gift der Schlangen angehaucht wurden. Auch Rost, faulende Lappen und Ähnliches am Standort der Pilze bewirken, dass diese giftig werden. Da man die speziellen Verhältnisse des Standortes nicht erkennt, wenn Pilze zum Verkauf angeboten werden, ist bei feilgebotenen Speisepilzen besondere Vorsicht erforderlich. Viele Mitteilungen von PLINIUS über Pilze galten in ihrer Mischung aus Wissen und unbegründeten Vorstellungen im Mittelalter vielfach als unumstößliche Tatsachen. Einige Ansichten aus der Enzyklopädie des PLINIUS wurden sogar bis ins 18. Jahrhundert hinein vertreten (Tab. 1.1).

Noch zu Beginn des 18. Jahrhunderts erschienen PLINIUS-Ausgaben, die nicht nur als historische Werke, sondern noch immer auch als Lehrbücher gedacht waren. Man muss sich vor Augen führen, dass noch 1500 Jahre nach dem Erscheinen des Werkes von PLINIUS in den Kräuterbüchern der Renaissance – beispielsweise bei HIERONYMUS BOCK (1498–1554) und bei TABERNAEMONTANUS (um 1525–1590), ja sogar in den wichtigen systematischen Werken dieser Zeit, etwa bei CASPAR BAUHIN (1580–1624), grundlegende Thesen von PLINIUS als allgemeingültiges Wissen wiedergegeben werden, z. B., dass die Pilze aus dem überflüssigen Schleim faulender Substanzen entstünden. Daraus wird ersichtlich,

**Tab. 1.1** Pilznamen aus der Antike und ihre Bedeutung

Name (Sprache)	Bedeutung in der antiken Literatur	abgeleitete Begriffe
<i>fungus</i> (lateinisch)	Hutpilz, Schwamm	fungology, Gattung: <i>Reich: Fungi</i>
<i>boletus</i> (lateinisch)	delikater Speisepilz	(boletis, boliz, biliz, Bilz) Pilz; Gattung: <i>Boletus</i> ; <i>Boletales</i> etc.
<i>mycena</i> (griechisch) von altgr. Mykene?	Hutpilz, Helmpilz	mycology, Mykologie, Mycetologie; Gattung: <i>Mycena</i> ; Endung: -mycetes ( <i>bitte nicht kursiv</i> ) etc.
<i>agaricum</i> (agaricon) (lateinisch)	holzbewohnender Pilz	Gattung: <i>Agaricus</i> ; <i>Agaricales</i> etc.
<i>tuber, tubera</i> (lateinisch)	Trüffel, Geschwulst, Beule, Tumor	Gattung: <i>Tuber</i> ; <i>Tuberothecium</i> etc.
<i>hydnon</i> (griechisch)	Trüffel	Gattungen: <i>Hydnum</i> , <i>Hydnangium</i> u.a.
<i>pezis</i> (griechisch)	stiellose Pilze	ungestielte Gasteromyceten und Becherlinge; Gattungen: <i>Lycopoerdon</i> , <i>Bovista</i> , <i>Peziza</i> etc.

dass in der Zeit des scholastischen Mittelalters keine wesentlichen neuen Erkenntnisse gewonnen werden konnten und dass sogar das wissenschaftliche Niveau der hellenistischen Zeit nicht wieder erreicht wurde und die Renaissance, die Wiedergeburt der Antike, in der Biologie eigentlich keine Renaissance war. Biologisches und damit auch mykologisches Wissen musste in der Neuzeit aus der Medizin und Naturkunde heraus erneut entwickelt werden und sich gegen religiöse und fantastische Vorstellungen des Mittelalters behaupten.

Sehr bald wurden in der Neuzeit viele neue Pilzarten beobachtet und unabhängig von den Beschreibungen der Antike in die Literatur eingeführt, z. B. durch CAROLUS CLUSIUS und FRANS VAN STERBEECK. Bei CAESALPINUS (1524–1603), CASPAR BAUHIN und JOHN RAY (1628–1705) lassen sich deutliche Ansätze einer Systematik nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten erkennen. JOSEPH PITTON TOURNEFORT (1656–1708) stellte in seinen systematischen Werken erstmals klar definierte Pilzgattungen im aktuellen Sinne vor. Zu jeder Gattung (Genus) gehören bei ihm mehrere Arten (Species).

TOURNEFORT unterschied die Gattungen *Fungus*, *Fungoides*, *Boletus*, *Agaricus*, *Lycoperdon*, *Coralloides* und *Tubera*.

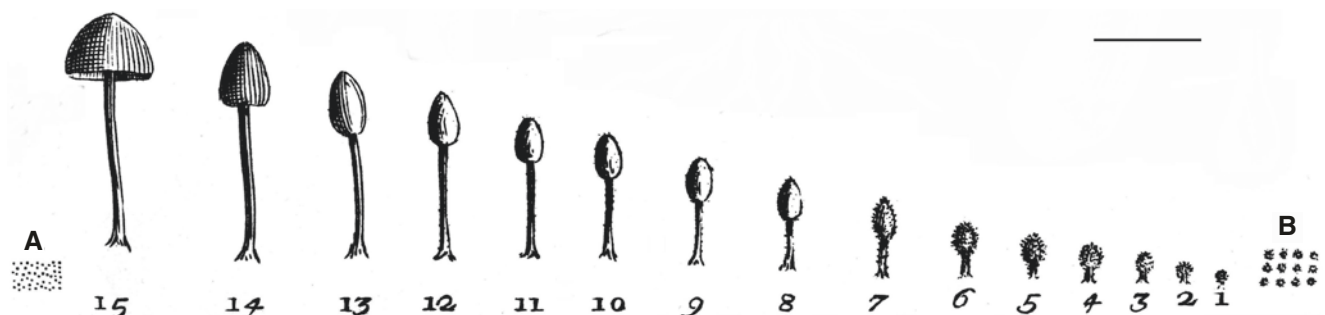
TOURNEFORTS Pflanzen-System, in dem die Pilze integriert sind, ist eine wichtige Grundlage der systematischen Werke des 18. Jahrhunderts, z. B. für die Arbeiten von PIETRO ANTONIO MICHELI (1679–1739), JOHANN JAKOB DILLENIUS (1684–1747) und CAROLUS LINNAEUS (CARL VON LINNÉ) (1707–1778). Diese Entwicklung der Pilzsystematik führte zu einer genaueren Betrachtung vieler Strukturen der pilzlichen Organismen, und es setzte eine Flut neuer Erkenntnisse auf allen Gebieten der Pilzkunde ein, jedoch blieb das Primat der wissenschaftlichen Arbeit mit Pilzen vorrangig bei der Systematik. Morphologische oder physiologische Erkenntnisse wurden erst dann gebührend beachtet, wenn sie in irgendeiner Beziehung für die Systematik von Bedeutung waren.

In diesem Zusammenhang kommt den Auffassungen über die Fortpflanzung der Pilze besondere Bedeutung zu.

Als Erster hatte GIAMBATTISTA DELLA PORTA (1539–1615), zu dessen Lebzeiten das Mikroskop erfunden wurde, Pilzsporen gesehen, beschrieben und korrekt als Fortpflanzungseinheiten (Samen) gedeutet. DELLA PORTA gehörte der „Accademia dei Lincei“ (Akademie der Luchsäugigen) an, beschrieb Linsenkombinationen und konstruierte optische Geräte. Er vertrat die in der Medizin und damit auch in der damaligen Biologie verbreitete Signaturenlehre. Diese Lehre beruht auf der Ansicht, dass von bestimmten äußerlichen Merkmalen der Organismen Hinweise auf deren medizinische Wirkung ableitbar sind. Die spätere generelle Ablehnung dieser fantastischen Lehre, die DELLA PORTA in extremer Weise vertreten hat, brachte es mit sich, dass sein gesamtes Werk abgelehnt wurde und auch seine wertvollen Erkenntnisse unbeachtet blieben. Erst nach der Entdeckung der Sexualität der Pflanzen Ende des 17. Jahrhunderts durch RUDOLPH JAKOB CAMERARIUS (1665–1721) setzte eine verstärkte Suche nach Blütenstaub („männlichem Samenstaub“) und anderen Hinweisen auf die Sexualität der Pilze ein.

PIETRO ANTONIO MICHELI (1718–1790) kommt das Verdienst zu, die Sporen der Pilze erneut erkannt und auch als Vermehrungseinheiten („Samen“) beschrieben zu haben; er wird als der Entdecker der Pilzsporen angesehen (Abb. 1.3 und 1.4). Das Werk MICHELIS enthält auch Angaben zu den „Blüten“ der Pilze. Seitdem die Rolle der Blüten an Pflanzen bekannt war, gibt es bis ins späte 18. Jahrhundert hinein Bemühungen, den Blüten der Pflanzen homologe männliche und weibliche Strukturen an Pilzen zu finden. MICHELI hielt endständige keulige Hyphen, z. B. die Cheilocystiden mancher Blätterpilze oder Röhrlinge, für die Staubgefäße reduzierter Blüten. Der weitverbreiteten Präformationslehre verpflichtet, glaubte MICHELI zudem, dass jede Spore wieder einen Pilz, d. h. einen einzigen Fruchtkörper, hervorbringt.

Vorstellungen vom Zusammenhang zwischen Myzel und Fruchtkörpern lassen sich bei ihm nur insoweit nachweisen, als er die Hyphen oder Hyphenstränge mitunter als Wurzeln eines einzigen Fruchtkörpers darstellt. MICHELI beschrieb, seiner Zeit in der Mykologie weit voraus, zahlreiche neue Gattungen von Pilzen und gliederte sie nach



**Abb. 1.3** Darstellung der Entwicklung eines Fruchtkörpers aus einer Spore bei MICHELI (1729); **A** – Sporen, **B** – Sporen vergrößert; 1–15: Entwicklungsreihe eines Fruchtkörpers; Balken in Abb. 1.3 bis 1.5 entspricht 1 cm der Originalzeichnung bei MICHELI

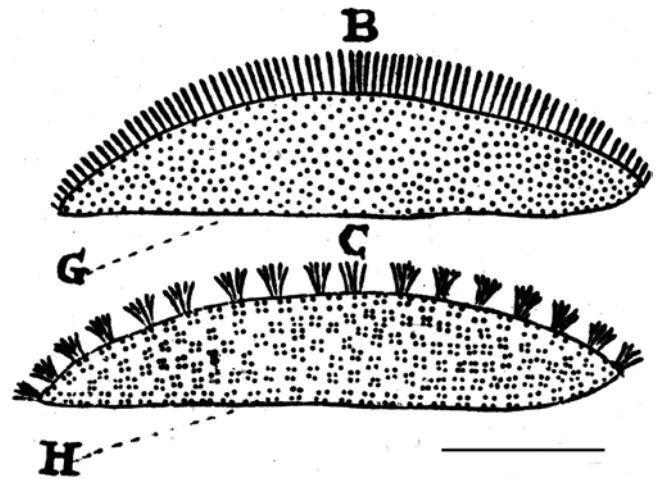


**Abb. 1.4** Ausgereifter, sporulierender Fruchtkörper und junge Fruchtkörper auf Streu bei MICHELI (1729), die sich nach seinen Vorstellungen aus herabgefallenen Sporen gebildet haben

überzeugenden Gesichtspunkten, vor allem nach der Lage der sporenbildenden Strukturen. Seine Ansichten wurden von den Zeitgenossen jedoch wenig beachtet. Erst später, in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts wurden wesentliche Inhalte seines Werkes z. B. von ALBRECHT VON HALLER (1708–1777), JACOB CHRISTIAN SCHÄFFER (1718–1790), JOHANN GOTTLIEB GLEDITSCH (1714–1786) und am Ende des 18. Jahrhunderts auch von CHRISTIAN HENDRIK PERSOON (1761–1836) berücksichtigt.

Bei seiner Suche nach den „Blüten“ und „Samen“ der Pilze fand er die Sporen u. a. bei der Aufsicht auf die Lamellenfläche von Blätterpilzen und entdeckte dabei auf manchen die oft gut erkennbare Anordnung in Tetraden (Abb. 1.5), die auf der Stellung der Sporen auf vier Sterigmata einer Basidie beruht. MICHELI gibt damit als erster Autor Hinweise auf Basidien, die erst ca. 100 Jahre später entdeckt wurden. Er geht damit dicht an einer fundamentalen Erkenntnis der Mykologie vorbei.

Die Suche nach männlichen und weiblichen Strukturen ist ein deduktiver Forschungsansatz, der besonders von J. C. SCHAEFFER kritisiert wird, der sich ganz allgemein gegen den Trend seiner Zeit wendet, die „Entstehung der Pflanzen aus Fäulnis abzuschaffen“. Er schließt damit die aristoteli-



**Abb. 1.5** Darstellung von Blätterpilz-Lamellen bei MICHELI mit Sporen („Samen“) auf der Lamellenfläche und „reduzierten männlichen Staubgefäßen“ an deren Schneide (B, C Zystiden der Lamellenschneide G, H Sporen der Lamellenfläche, vom Autor als Samen bezeichnet; in H Sporen zu je vier dargestellt, ein erster Hinweis auf die Anordnung der Sporen auf den Basidien)

schen Gedanken der Urzeugung nicht aus, die erst im 19. Jahrhundert endgültig – besonders durch die Arbeiten von LOUIS PASTEUR (1822–1895) – widerlegt werden konnten.

Mitte des 18. Jahrhunderts schuf CAROLUS LINNAEUS (ab 1761 CARL VON LINNÉ) durch die konsequente Anwendung der binären Nomenklatur, d. h. der wissenschaftlichen Benennung der Organismen durch zweigliedrige Namen, in der Systematik wichtige methodische Voraussetzungen für neue Fortschritte. Die Möglichkeit, die Namen der Organismen nicht als umfassende Erkennungszeichen, sondern allein als allgemeingültige sprachliche Verständigungsmittel zu benutzen, also Namen und Beschreibungen bzw. Diagnosen zu trennen, hat sich fortan als sehr wirkungsvolle Möglichkeit erwiesen, die Systematik weiterzuentwickeln und dabei Missverständnisse zu mindern. Die großen Verdienste von LINNÉ in der Systematik der Pflanzen und Tiere sind allgemein bekannt; was jedoch die niederen Pflanzen, speziell die Pilze, betrifft, so erzielte er keine wesentlichen Fortschritte. Im Gegenteil – er blieb weit hinter dem zurück, was MICHELI eingeführt hatte.

Die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts brachte u. a. eine Fülle wertvoller Tafelwerke hervor, in denen zahlreiche Pilze auf kolorierten Abbildungen vorgestellt wurden. In erster Linie sind neben JACOB CHRISTIAN SCHÄFFER auch GEORGE CHRISTIAN OEDER (1728–1791), CASIMIR CHRISTOPH SCHMIDEL (1718–1792) und JEAN BAPTISTE FRANÇOIS BULLIARD (1752–1793) als Autoren zu nennen. Durch ihre Werke wurde die enorme Mannigfaltigkeit der Pilze offenkundig, und die Notwendigkeit neuer Wege der Systematik drängte sich auf.

Am Ende des 18. Jahrhunderts leiteten die Arbeiten von CHRISTIAN HENDRIK PERSOON (1761–1836) eine neue Epo-



che der Mykologie ein. PERSOON prägte den Begriff Mykologie, da er die relative Eigenständigkeit der Pilzkunde erkannte. Im Jahr 1801 erschien seine „Synopsis methodica fungorum“ mit der er den Gipfel seines Schaffens und eine völlig neue Qualität der Pilzsystematik erreichte. Dieses Werk, in dem bereits nahezu 100 Pilzgattungen beschrieben sind, zeichnet sich durch klare, die wesentlichen Merkmale erfassende Beschreibungen und durch neue Gliederungsprinzipien aus. PERSOON benutzte morphologische Merkmale, z. B. die Lage der sporenbildenden Zellen an den Pilzfruchtkörpern, zur Gliederung der Pilze und schuf bereits einige natürliche Gruppierungen, die bis in die Gegenwart beibehalten werden konnten. Er wird als der Begründer der modernen Pilzsystematik angesehen.

Das 19. Jahrhundert brachte, aufbauend auf PERSOON, mit dem „Systema mycologicum“ von ELIAS MAGNUS FRIES (1794–1878), das zwischen 1821 und 1829 erschien, eine umfassende Übersicht der damals bekannten Pilze. Obgleich dem Werk auch schon zur Zeit seiner Entstehung beträchtliche Schwächen durch das Fehlen mikroskopischer Befunde anhafteten, war es aufgrund seiner Vollständigkeit und Übersichtlichkeit eine Voraussetzung für weitere Fortschritte in der Mykologie. Bis in unsere Zeit hinein kommen der „Synopsis methodica fungorum“ von PERSOON und dem „Systema mycologicum“ von FRIES große Bedeutung für die Nomenklatur der Pilze zu. Im internationalen Regelwerk, dem „International Code of the Botanical Nomenclature“, wurden die Werke von PERSOON und FRIES bis 1981 als Startpunktwerke der Nomenklatur für die meisten Pilzgruppen behandelt; gegenwärtig gelten für die gleichen Gruppen die von PERSOON und FRIES geprägten oder anerkannten Namen gegenüber anderen Synonymen noch immer als „geschützte Namen“.

Im 19. Jahrhundert erhielt die Mykologie wesentlichen Auftrieb durch mikroskopische Studien. Die Systematik entwickelte sich dadurch rasch weiter. AUGUST KARL JOSEPH CORDA (1809–1849) und JOSEPH HENRI LÉVEILLÉ (1796–1870) erwarben sich Verdienste durch die Entdeckung der Basidien. Der grundlegende Unterschied zwischen Ascomyceten und Basidiomyceten wurde in dieser Zeit entdeckt. Andere morphologische Merkmale, z. B. die Sporenbildung im Inneren geschlossener Fruchtkörper, die bei Asco- und Basidiomyceten vorkommt, konnten in Beziehung zu diesem grundsätzlichen Merkmal als konvergente Bildungen erkannt werden.

Nach den fundamentalen Erkenntnissen von CHARLES DARWIN (1809–1882) zur stammesgeschichtlichen (phylogenetischen) Entwicklung der Organismen Mitte des 19. Jahrhunderts rückten auch in der Mykologie zunehmend entwicklungsgeschichtliche Fragen in den Vordergrund des Interesses der Wissenschaftler. Die Ergebnisse der Forschungen von LOUIS RENÉ TULASNE (1815–1865), NATHANAE PRINGSHEIM (1824–1894), ANTON DE BARY (1831–1888),

OSCAR BREFELD (1839–1925), MICHAEL WORONIN (1838–1903) und vielen anderen wurden zu Meilensteinen der Mykologie im Hinblick auf die Cytologie, Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Pilze. Viele dieser neuen Erkenntnisse waren auch für die Praxis, z. B. für die Landwirtschaft und Medizin, von fundamentaler Bedeutung. THEODOR SCHWANN (1810–1882) und LOUIS PASTEUR (1822–1895) schufen durch grundlegende Experimente die Voraussetzungen für die moderne Mikrobiologie, in der von Anfang an die Pilze, besonders die Hefen, als Untersuchungsobjekte eine wichtige Rolle spielten. Viele Pilze werden seit jener Zeit erfolgreich für biotechnologische Prozesse genutzt.

Im 20. Jahrhundert lässt sich in der Mykologie einerseits die Aufspaltung in Spezialdisziplinen und andererseits die Verschmelzung peripherer Bereiche mit anderen Fachgebieten verfolgen. Die Entdeckung und Nutzung der Antibiotika aus Pilzen und Bakterien eröffneten in der Medizin neue therapeutische Möglichkeiten und im Gefolge dieser grundlegenden Erkenntnisse entstanden neue Zweige der pharmazeutischen Industrie. Aber nicht nur bei der Gewinnung von Antibiotika, auch bei der Alkoholproduktion und der Herstellung zahlreicher anderer mikrobieller Produkte sind Pilze für die Industrie von Bedeutung. Mitunter wird allgemein von der technischen Mykologie gesprochen.

Die Cytologie (Zellenlehre) der Pilze erfuhr durch die stärkere Einbeziehung elektronenmikroskopischer Studien einen enormen Aufschwung. Erst in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts wurden so wichtige Strukturen wie die Feinstruktur der Septenpori (vgl. Abschn. 2.6.1) der Pilze erkannt und führten zu völlig neuen Einblicken in phylogenetische Zusammenhänge. In immer stärkerem Maße erwiesen sich auch Inhaltsstoffe von Pilzen als bedeutsam. Es wurden nicht nur die Antibiotika und die Giftstoffe der Großpilze analysiert, sondern verstärkt auch die zahlreichen von imperfekten Pilzen gebildeten Mykotoxine, die zum Teil von wirtschaftlicher Bedeutung sind, z. B. bei der Lagerung von Nahrungs- oder Futtermitteln.

Ein weites Feld in der mykologischen Forschung des 20. Jahrhunderts nahmen darüber hinaus die pilzlichen Krankheitserreger ein. Die Phytopathologie (Lehre von den Pflanzenkrankheiten) beschäftigt sich unter anderem mit der Verhinderung von Ernteschäden durch pilzliche Schaderreger; z. B. erreichte ERNST GÄUMANN (1893–1963) durch experimentelle Arbeiten bahnbrechende Einblicke in die Beziehungen zwischen Phytoparasiten und Wirtspflanzen.

Die Bekämpfung der Mykosen (Pilzkrankheiten) des Menschen und des Nutztviehs bereitet den Medizinern oft große Schwierigkeiten. Weitverbreitet sind z. B. Hautpilze oder Hefen, die Krankheiten wie den Soor der Säuglinge oder teils unheilbare Mykosen des Menschen erregen.

Obgleich die praxisrelevanten Arbeitsrichtungen der Mykologie im 20. Jahrhundert die Front der Forschungs-

arbeiten bestimmten, waren systematische Fragestellungen noch immer von Bedeutung. Führende Forscher wie ROLF SINGER (1906–1994), MARINUS ANTON DONK (1908–1972), JOSEF ADOLF VON ARX (1922–1988) und einige andere schufen grundlegende Übersichten nach neuen Gesichtspunkten. Am Ende des 20. und zu Beginn des 21. Jahrhunderts wurde in zunehmendem Maße versucht, systematische Zusammenhänge mit molekularbiologischen Methoden zu klären. Durch diese Arbeitsrichtung konnten bisher in Verbindung mit strukturanalytischen Untersuchungen z. B. bei niederen Basidiomyceten fundamentale Einblicke gewonnen werden. In zunehmendem Maße wurden die Pilze im 20. Jahrhundert auch aus ökologischer Sicht untersucht. Die Kenntnisse über ihre Bedeutung in den Ökosystemen sind noch immer Gegenstand physiologischer und zunehmend molekularbiologischer Untersuchungen.

Die Aufzählung aktueller Arbeitsgebiete, die mit Pilzen im Zusammenhang stehen, ließe sich fortsetzen. Aber schon unsere wenigen Beispiele zeigen, dass die Mykologie der Gegenwart große Aufgaben zu bewältigen hat und dass jede neue Erkenntnis neue Probleme mit sich bringt, wenngleich sich die Schwerpunkte der Forschungen beträchtlich verschoben haben. Während von der Antike bis weit in die Neuzeit hinein das Bemühen, die Vielfalt der Erscheinungsformen zu systematisieren, im Vordergrund des Interesses stand, sind gegenwärtig biochemische, molekularbiologische, genetische und ultrastrukturelle Grundlagen und die Bekämpfung von Schaderregern oder die wirtschaftliche Nutzung der Pilze die wichtigsten Inhalte mykologischer Forschung.

In den folgenden Kapiteln können wir natürlich nicht die gesamte Breite und Vielfalt der Mykologie berücksichtigen. Spezialgebiete wie die technische und die medizinische Mykologie, die Biochemie und die Genetik der Pilze müssen vernachlässigt werden. Im Vordergrund stehen die Pilze in ihrer Lebensfunktion, ihrer Rolle im Haushalt der Natur, wobei auf die strukturelle Basis nicht verzichtet werden kann. Besondere Beachtung erfahren die viel bewunderten Großpilze, die den Naturfreunden während ihrer Wanderungen und Exkursionen begegnen. Die Rolle der Pilze als Schädlinge oder nutzbringende Produzenten für den Menschen, die größer ist, als gewöhnlich angenommen, soll jedoch nicht unerwähnt bleiben (Tab. 1.1).

### 1.3 Zeugen der Urzeit – fossile Pilze

In der Biologie wird gegenwärtig viel über die Evolution der Organismen gearbeitet. Enormen Auftrieb erhalten die Kenntnisse über die stammesgeschichtliche Entwicklung durch die Molekularbiologie. Es werden Abschnitte des Genoms, so bezeichnet man die Gesamtheit der Erbträger eines Organismus, bis auf die molekulare Zusammensetzung der

Kernsäuren, den eigentlichen Trägern der Erbanlagen, analysiert und miteinander verglichen. Man erhält durch diese Methoden Hinweise auf die Anzahl der Mutationsschritte, die verwandte Organismen voneinander unterscheiden. Solche Analysen sind vor allem bei Lebewesen mit relativ wenigen morphologischen Merkmalen, wie bei zahlreichen Mikroorganismen, auch bei vielen Pilzgruppen, z. B. bei den Hefen, das wichtigste Handwerkszeug zur Erforschung stammesgeschichtlicher Zusammenhänge.

Auch bevor derartige komplizierte Untersuchungen möglich waren, konnte man bereits durch den Vergleich der biochemischen, anatomischen und morphologischen Merkmale verschiedener Organismen auf die phylogenetische Entwicklung schließen. Zudem hatte man von zahlreichen höher entwickelten Pflanzen und Tieren Fossilien als versteinerte oder in Harz gegossene Zeugen der Vergangenheit, mit deren Hilfe sich nicht nur einige Vorfahren rezenter Lebewesen rekonstruieren lassen, sondern es wurden auch ausgestorbene Gruppen wie die Saurier oder die Urfarne gefunden, die Einblicke in frühere Lebensformen und deren Entwicklung auf der Erde offenbaren.

Die Paläontologie, so nennt man das Wissenschaftsgebiet, das sich mit den Fossilien beschäftigt, ist durch die Molekularbiologie bei Weitem nicht überflüssig geworden. Fossilien sind nach wie vor die wichtigsten Zeugen der stammesgeschichtlichen Entwicklung in den verschiedenen Epochen der Erdgeschichte. Während die fossilen Reste von Tieren und Pflanzen zu fundamentalen Erkenntnissen über die Evolution geführt haben, sind die paläontologischen Forschungsergebnisse bei Pilzen weniger spektakulär. Da viele wesentliche Strukturmerkmale bei Pilzen im mikroskopischen und sogar im ultramikroskopischen Bereich liegen, war dies nicht anders zu erwarten. Pilze mit großen ansehnlichen Strukturen sind zudem meist weiche Gebilde, die weniger für die Fossilisierung geeignet sind als z. B. Knochen oder Holz. Dennoch ist die Arbeit mit Pilzfossilien, die man auch als Paläomykologie bezeichnet, ein wichtiger Zweig der Paläontologie, der in jüngster Zeit durch neue Untersuchungsmethoden einen enormen Auftrieb erfahren hat.

Durch Pilzfossilien aus Baltischem Bernstein (Ostseebernstein), der vor 50–35 Millionen Jahren unter temperaten bis subtropischen Klimabedingungen entstanden ist, wissen wir z. B., dass die großen systematischen Pilzgruppen zu jener Zeit bereits vorhanden waren und in den meisten Fällen nur auf der Ebene von Variationen oder Arten Veränderungen vorstättengingen. Wenn man die raschen Schritte der Evolution im Tierreich bedenkt – das Aussterben der Dinosaurier, die rasante Entwicklung der Säugetiere einschließlich der Entstehung der Menschen in weniger als vier Millionen Jahren –, so wird uns gewahr, dass die meisten Pilze im Prinzip relativ stabile Organismen sind. Der Baltische Bernstein gibt uns Gelegenheit, faszinierende „Spaziergänge“ und „Ex-



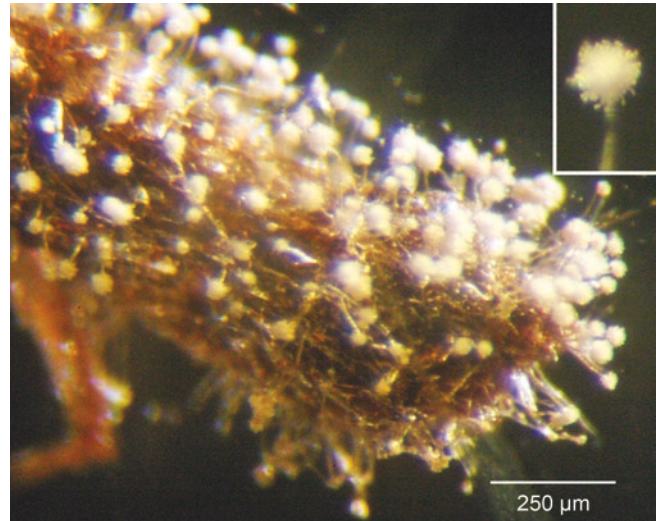
kursionen“ in Wäldern zu unternehmen, die Jahrtausende vor der Menschheitsgeschichte Mitteleuropa besiedelten.

Beispielgebend seien einige Pilzfossilien aus Baltischem Bernstein vorgestellt. In den baltischen Bernsteinwäldern wuchsen mehrere harzspendende Nadelgehölze, denen wir den Ostseebernstein samt seiner reichen fossilen Einschlüsse verdanken.

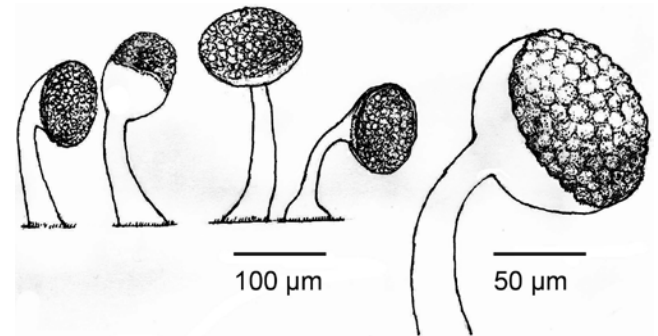
An Inklusionen von Insekten wurden mehrere sporulierende Pilze gefunden. *Mucor entomocolus* (ad int. Abb. 1.6), ein Köpfchenschimmel, besiedelte ein abgestorbenes Insekt der Dipteren (Zweiflügler). *Aspergillus colemboforum* (Abb. 1.7), ein Gießkannenschimmel lebte auf einem Springschwanz der Subordnung *Entomobryomorpha*. Die gut erhaltenen Conidienköpfchen mit den Sporenketten entwickelten sich wahrscheinlich im noch flüssigen Harz, wodurch der gute Erhaltungszustand der empfindlichen Strukturen zu erklären ist.



**Abb. 1.6** *Mucor entomocolus* (ad. int.), ein noch unbearbeiteter Köpfchenschimmel; Myzel mit vielen sporenbildenden Zellen (Sporocyten) auf einem Insekt der *Diptera* (Zweiflügler); Durchmesser der Sporenköpfchen ca. 75  $\mu\text{m}$ . (Geschichtete Aufnahme der Arbeitsgruppe A. R. Schmidt, Univ. Göttingen)



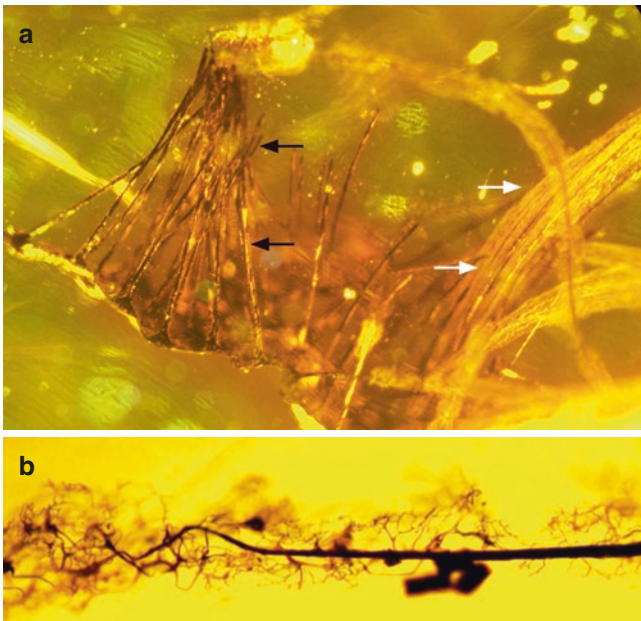
**Abb. 1.7** *Aspergillus colemboforum*, ein Gießkannenschimmel; zahlreiche Conidiophoren auf der Oberfläche des Thorax (Brustkorb) und des Abdomens (Hinterleib) eines Springschwanzes



**Abb. 1.8** *Protophysarum balticum*; mehrere charakteristisch gestielte Sporocarpien von einer Zapfenschuppe eines Nadelgehölzes; rechts eine aufgerissene Sporotheca mit Sporen von ca. 20  $\mu\text{m}$  Durchmesser

In beiden Fällen sind die Sporenträger des Pilzes, bei *Aspergillus colemboforum* sogar die leicht zerfallenden Sporenketten, nahezu unbeschädigt erhalten. In solchen Fällen, in denen zarte pilzliche Strukturen erhalten blieben, ist anzunehmen, dass die conidiogenen Zellen bzw. die Sporocyten noch während der Fossilisierung in das noch flüssige Harz eingewachsen sind.

Weitere Beispiele gut erhaltener Fossilien in Baltischem Bernstein finden wir unter den Schleimpilzen. Von nahezu allen großen Gruppen der Myxogasteromyceten (vgl. Abschn. 6.2.1) sind Fossilien aus den baltischen Bernsteinwäldern bekannt. Als Beispiele seien aus der Ordnung *Physarales* das sehr kleine *Protophysarum balticum* (Abb. 1.8), aus der Ordnung *Stemonitales* das Fadenstäubchen *Stemonitis succini* (Abb. 1.9) und aus der Ordnung *Trichiales* ein sehr gut erhaltenes Sporocarpium von *Arcyria striata* genannt. All diese Sippen unterscheiden sich nur geringfügig von den verwandten rezenten Arten.



**Abb. 1.9** *Stemonitis succini* (ad int.); **a**) Sporocarpien mit Stielen und Columellae mit zerstörten Capillitien (schwarze Pfeile) neben Sporocarpien mit Stielen, Columellae und Capillitien (weiße Pfeile); **b**) mikroskopische Details aus dem oberen Teil eines Sporocarpiums mit der unten dicken, nach oben verzögten und ins Capillitium übergehenden Columella; Durchmesser der Stielchen im mittleren Bereich um 30  $\mu\text{m}$

Makromyceten (Großpilze) mit ansehnlichen Fruchtkörpern, z. B. holzbewohnende Porlinge wie der Zunderschwamm, sind aus der Braunkohlezeit reichlich bekannt. Das Fehlen solcher Formen, die man als Fossilien aufgrund ihrer Konsistenz und ihrer Habitate an Holz erwarten könnte, lässt ebenfalls Rückschlüsse zu. Trotz zahlreicher fossiler Holzreste aus der Steinkohlezeit, dem Karbon, wurden – im Gegensatz zur viel jüngeren Braunkohlezeit – keine Fruchtkörperreste von Porlingen gefunden, deren Fossilisierung aufgrund ihrer derben Strukturen zu erwarten wäre.

Verständlicherweise sind weichfleischige Fruchtkörper von Pilzen sehr selten fossil erhalten, aber auch von ihnen gibt es Zeugnisse bereits seit der Kreidezeit. Einer der ältesten fossilen Nachweise eines weichfleischigen Blätterpilzes ist der als *Archaeomarasmius legettii* (Abb. 1.10) beschriebene Pilz in Bernstein der Kreidezeit aus East Brunswick (New Jersey, USA), der vor ca. 90 Millionen Jahren lebte. Von diesem Fossil konnten auch die Basidiosporen mit Hilarappendix und einer hymenodermalen Oberflächenstruktur nachgewiesen werden.

Erst in jüngster Zeit erreichte die Paläomykologie riesige Fortschritte durch Möglichkeiten der dreidimensionalen



**Abb. 1.10** *Archaeomarasmius legettii* in Bernstein der Kreidezeit; Durchmesser des Hutes um 6 mm; geschichtete Aufnahme der Arbeitsgruppe A. R. Schmidt (Univ. Göttingen)

Fotografie und der molekularbiologischen Uhren, die aufgrund von Stammbäumen genauere Rückschlüsse auf das Alter großer Gruppen ermöglichen. Seit der frühesten Besiedlung der Erde mit Landpflanzen spielen symbiotische Pilze eine ausschlaggebende Rolle für die Entwicklung der terrestrischen Biosphäre (vgl. Abschn. 4.2.6).

Fossilien von Pilzen zeigen ganz allgemein weit weniger spektakuläre Veränderungen unserer Biosphäre an, als wir das z. B. in der Zoologie von den Sauriern kennen, mit deren Aussterben sich völlig andere Gruppen entfalten konnten und deren archaische Vertreter schon manches Vorschulkind aus der Spielzeugkiste kennt. Aber wir finden, wenngleich viel bescheidener, auch unter den fossilen Pilzen archaische Gruppen oder wenigstens Merkmale, die von Veränderungen zeugen. Das sollte betont werden, weil gerade bei den unscheinbaren Dingen leicht geglaubt wird, dass Fossilien fehlinterpretiert wurden, weil es bestimmte fossile Strukturen rezent nicht mehr gibt. An drei Beispielen (Tab. 1.2) sei gezeigt, auf welcher Ebene der Pilzwelt solche Kontroversen ausgetragen werden. Dabei soll nicht verschwiegen werden, dass es natürlich in der Literatur nicht an fehlinterpretierten Pilzfossilien mangelt.

**Tab. 1.2** Beispiele archaischer Strukturen an fossilen Pilzen

Pilz	Formation	Archaische Struktur, die rezent nicht vorkommt
<i>Palaeodicaryomyces baueri</i>	Kreidezeit	coenocytische Hyphen mit irregulären Schleifen, vermitteln zum Schnallenmyzel
<i>Palaeoanellus dimorphus</i>	Kreidezeit	Dimorphismus (Myzel + Hefestadium), kombiniert mit Fangschlingen zum Nematodenfang
<i>Eomelanomyces cenococcoides</i>	Eozän	schwarze, ektotrophe Ascomyceten-Mykorrhiza; Bildung von Mikrosclerotien



### 2.1 Der Pilz am Pilz – Myzel und Fruchtkörper

Pilze – darunter verstehen die meisten Menschen jene rätselhaft anmutenden Gebilde der Wälder, Wiesen, Felder und Gärten, die plötzlich erscheinen und rasch vergehen. Sie scheinen schnell zu wachsen, ganz anders als Pflanzen. Man entdeckt sie oft an Orten, wo tags zuvor noch nichts zu sehen war. Von ihrer Formen- und Farbenvielfalt wissen viele Menschen Beispiele zu nennen, und manche Erinnerung an Märchengestalten taucht auf, wenn ein großer „Hexenring“ entdeckt oder im Garten ein „Wunderpilz“ gefunden wird. Zwar ist vielen bekannt, dass es auch unscheinbare mikroskopische Pilze gibt – Schimmelpilze, Schleimpilze, Krankheitserreger an Pflanzen und Tieren –, doch zunächst verbindet sich mit dem Wort Pilz die Gestalt aus Stiel und Hut – wie man sie in den herbstlichen Wäldern zuhauf antreffen kann, die giftig sein oder uns als willkommene Speise dienen kann. Ein solcher Pilz ist gewissermaßen der Typus des Pilzbegriffs.

Tatsächlich lassen sich auch die meisten allgemeinen Bezeichnungen für Pilze oder Begriffe wie Pilzkunde und Mykologie auf Namen für Hutpilze zurückführen. Unser deutsches Wort „Pilz“ geht auf das lateinische *boletus* zurück, womit im Verlaufe verschiedener Epochen verschiedene Hutpilze, z. B. in der Antike die Kaiserlinge, bei TOURNEFORT die Morcheln, bezeichnet wurden (vgl. Abschn. 1.2). In der Gegenwart verwenden wir diesen Namen für eine Gattung von Röhrenpilzen. Das Wort Mykologie (Pilzkunde) ist vom griechischen *mykes* (Helm) abgeleitet und geht ebenfalls auf Hutpilze zurück. Das lateinische Wort *fungi* wurde zunächst für festgewachsene Tiere (Schwämme) und gleichzeitig für Pilze, mitunter auch für einige Algengruppen benutzt, die man als ähnliche Organismen zusammenfasste. Erst in der Neuzeit hat man es auf

Pilze beschränkt und im Allgemeinen für augenscheinliche Pilzfruchtkörper verwendet; später ist es auch als Gattungsname für die Blätterpilze gebraucht worden.

Lange Zeit glaubte man, Hutpilze und vergleichbare Gebilde, wie die Trüffel, Korallenpilze, Keulen- und Konsolenpilze, seien den Pflanzen vergleichbare Organismen. Noch MICHELI stellte in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts die Entwicklung eines Hutpilzes aus einer einzigen Spore so dar, wie sich eine Pflanze aus einem Samen entwickelt (s. Abb. 1.3). MICHELI glaubte, dass der Hutpilz in der Spore bereits vorgebildet sei. Wir finden in seinen Bildern und Texten keinen Hinweis auf Wissen über die Funktion des Pilzgeflechts. Die feinen Pilzfäden an der Basis des Hutpilzes wurden allenfalls als ernährende „Wurzeln“ betrachtet.

In Wirklichkeit aber ist solch ein Gebilde, das wir zu Speisezwecken sammeln oder dessen Schönheit wir im Walde bewundern, nur ein Teil eines Organismus, analog der Blüte einer Pflanze. Zum gesamten Organismus gehört mehr, er besteht aus einem im Boden lebenden ausgedehnten Pilzgeflecht, dem Myzel, das aus feinen, meist reich verzweigten und miteinander vernetzten Pilzfäden oder Hyphen aufgebaut ist (Abb. 2.1).

Zu bestimmten Zeiten, wenn günstige äußere Bedingungen und der physiologische Zustand des Myzels es erlauben, werden jene Strukturen aufgebaut, die wir auf dem Waldboden finden und gemeinhin als Pilze bezeichnen. Es sind dies jene Teile des gesamten Organismus, an denen sich die Sporen bilden, die als Quelle neuer Myzelien „im Dienste“ der Ausbreitung und der Fortpflanzung stehen, oftmals auch der Überdauerung ungünstiger Lebensbedingungen. In Beziehung zum gesamten Organismus bezeichnen wir sie als die Fruchtkörper des Pilzes. Dieser Begriff nimmt auf die Früchte der Pflanzen Bezug, die ebenfalls der Fortpflanzung, speziell der Samenverbreitung, dienen. Dass samenbildende Pflanzen und sporenbildende Fruchtkörper der Pilze keine homologen, d. h. aus den gleichen Urformen hervorgegangene Strukturen, sind, sondern einander nur hinsichtlich der Verbreitung von Fortpflanzungseinheiten (Diasporen) entsprechen, wird

Die Originalversion des Kapitels wurde revidiert. Ein Erratum ist verfügbar unter [https://doi.org/10.1007/978-3-662-65437-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-65437-8_8)





**Abb. 2.1** Hyphen, Myzel und Fruchtkörper des Gewimperten Erdsterns (*Geastrum fimbriatum*); (a) aus Hyphen bestehendes Myzel, das die Nadelstreu eines Fichtenforstes saprotroph durchwächst; (b) Fruchtkörper, der vom Myzel gebildet und ernährt wird, aus ver-

flochtenen (plectenchymatischen) bis miteinander verwachsenen (pseudoparenchymatischen) Hyphen besteht und der Bildung und Ausbreitung der Sporen dient

nicht nur aus den unterschiedlichen Diasporen – Samen, Sporen –, sondern auch aus dem verschiedenartigen Bau der pflanzlichen Früchte und der pilzlichen Fruchtkörper klar. Früchte bestehen aus Pflanzengewebe mit primär miteinander verwachsenen Zellen, die Fruchtkörper der Pilze hingegen aus miteinander verflochtenen und allenfalls sekundär verwachsenen Pilzfäden (Hyphen).

Die Beziehung zwischen den Fruchtkörpern und dem Gesamtorganismus kann die Ursache für sprachliche Missverständnisse sein. Während man allgemeinsprachlich die Fruchtkörper „Pilze“ nennt, wird vom Fachmann der Gesamtorganismus als Pilz bezeichnet. Ein Fruchtkörper ist also ein Pilz wie die Rose (Rosenblüte) an der Rose oder der Apfel am Apfel (Apfelbaum). Um die sprachliche Zweideutigkeit zu vermeiden, wollen wir fortan – wie in der Fachsprache üblich – das Wort Pilz, wie die Wörter Pflanze oder Tier, nur für den gesamten Organismus verwenden, die sporenführenden Teile dagegen als Fruchtkörper (Carposomata) bezeichnen.

Die Beziehung zwischen Fruchtkörper und Myzel wird uns besonders klar, wenn wir Pilze in Reinkultur züchten. Zunächst überzieht nur das Myzel den Nährboden des Kulturgefäßes. Später entsteht eine knäuelartige Fruchtkörperanlage, aus der sich dann der Fruchtkörper entwickelt, der nur mittelbar mit dem Nährboden in Verbindung steht und stets direkt mit dem Myzel verbunden ist, aus dem er sich entwickelt hat und von dem er ernährt wird.

Abgesehen von einigen ursprünglich oder sekundär einzelligen bis wenigzelligen Formen, wie den Hefen, den Schleimpilzen oder den endophytischen Pilzen, besteht ein Pilz in der Regel aus einem Myzel, das bei den hoch entwickelten Pilzen einen oder mehrere Fruchtkörper hervorbringen kann. In den gemäßigten und arktischen Zonen der Erde mit Frostperioden oder in Trockengebieten mit Regenzeiten werden meist im Jahresrhythmus neue Fruchtkörper gebildet, die wir z. B. als Milchlinge oder Pfifferlinge sammeln.

In anderen Regionen, z. B. in tropischen Regenwäldern, kann die Fruchtkörperbildung auch kontinuierlich vonstattengehen oder allenfalls einer endogenen Rhythmik folgen.

Dass die Fruchtkörper der Pilze wie auch das Myzel aus hauchdünnen Pilzfäden (Hyphen) von oft nur wenigen Mikrometern Durchmesser bestehen, ist bei äußerlicher Betrachtung mitunter schwer nachvollziehbar. Während diese Fäden im Myzel meist ein lockeres, den Waldboden durchziehendes Geflecht bilden, sind sie im Fruchtkörper dicht miteinander verflochten, vernetzt, durch Querverbindungen (Anastomosen) verwachsen und bisweilen auch miteinander verklebt. Ihre Fadenstruktur ist deshalb nur mikroskopisch sicher nachweisbar und kann an manchen Teilen reifer Fruchtkörper gar nicht mehr deutlich gemacht werden. Wir sprechen von Flechtgeweben (Plectenchymen), wenn man die Hyphen noch als solche erkennt, und von Scheingeweben (Pseudoparenchymen), wenn eine zelluläre Struktur ähnlich einem Pflanzengewebe vorgetäuscht wird. Es gibt bei Pilzen keine den Pflanzengeweben entsprechenden echten Gewebe, keine Bildungsgewebe (Meristeme), die aneinander haften bleibende Zellen bilden. Die Plectenchyme und Pseudoparenchyme lassen sich entwicklungsgeschichtlich stets auf das Wachstum fädiger Hyphen zurückführen.

An vielen Strukturen der Pilzfruchtkörper ist zu erkennen, dass die Hyphen besonders reich differenziert sind. Die Merkmale der Fruchtkörper, beispielsweise Milchsaft, Pigmentierung, Haare, Konsistenz, Verfärbung bei Luftzutritt, aber auch die Gestalt der Fruchtkörper selbst, beruhen auf morphologischen, physiologischen Eigenheiten der von Hyphen gebildeten Plectenchyme oder Pseudoparenchyme, die im Genom (der „Erbmasse“) verankert sind.

Wenn wir den Fruchtkörper als sporenführenden, aus Flecht- und Scheingeweben bestehenden Teil des Pilzes bezeichnet haben, so ist hierbei noch etwas zu ergänzen. Sporen werden von vielen Pilzen in unterschiedlicher Weise an

mannigfaltigen Strukturen gebildet. Wenn uns im Sommer binnen weniger Tage oder sogar Stunden auf geeigneten Substraten raschwüchsige Schimmelrasen Probleme bereiten oder wenn Pilzsporen Allergien wie das Asthma bronchiale erregen, so wird klar, dass Sporen von Pilzen in unserer Umgebung allgegenwärtig sind. Solche Sporen, z. B. die der Pinselschimmel- oder der Gießkannenschimmel-Arten, entstehen sehr rasch und nicht zwangsläufig auf plectenchymatischen Körpern. Aber auch bei solchen Sporenbildungen gibt es mitunter komplexe, aus Hyphen bestehende Gebilde, wenngleich diese meist mikroskopisch klein sind. Um zweifelsfrei von Fruchtkörpern sprechen zu können, müssen wir die Art der Sporenbildung mit in Betracht ziehen. In jeder sporenbildenden Zelle der Fruchtkörper werden die Sporen nach einer Reduktionsteilung (Meiose) eines kurzzeitig diploiden Kernes gebildet. Es handelt sich bei diesen Sporen, die z. B. bei unseren Waldpilzen oft unter dem Hut des Fruchtkörpers als feiner Staub wahrnehmbar sind, um meiotische Sporen oder Meiosporen. Die Kerne dieser Meiosporen sind stets haploid, besitzen also nur einen einzigen Chromosomensatz und keimen mit haploiden Hyphen, manchmal auch mit Sekundärsporen aus. Pilzsporen, deren Zellkerne aus einer normalen Kernteilung ohne Reduktion des Chromosomensatzes entstanden sind, also aus einer normalen Mitose, einer normalen Teilung vegetativer Zellen, wie dies bei den meisten Sporen der Schimmelpilze der Fall ist, nennt man mitotische Sporen oder Mitosporen.

Die Bezeichnung „Fruchtkörper“ wollen wir auf solche Strukturen von Pilzen beschränken, an denen Meiosporen entstehen. Die Fruchtkörperdefinition in diesem Sinne wird in der Fachliteratur leider nicht ganz einheitlich benutzt. Manche Autoren beziehen plectenchymatische Gebilde, an denen Mitosporen entstehen, in die Definition ein. In einigen Ausnahmefällen werden in frühen Entwicklungsstadien von Fruchtkörpern manchmal zusätzlich auch Mitosporen gebildet, z. B. an der Stielbasis von Fruchtkörpern des Austernseitlings.

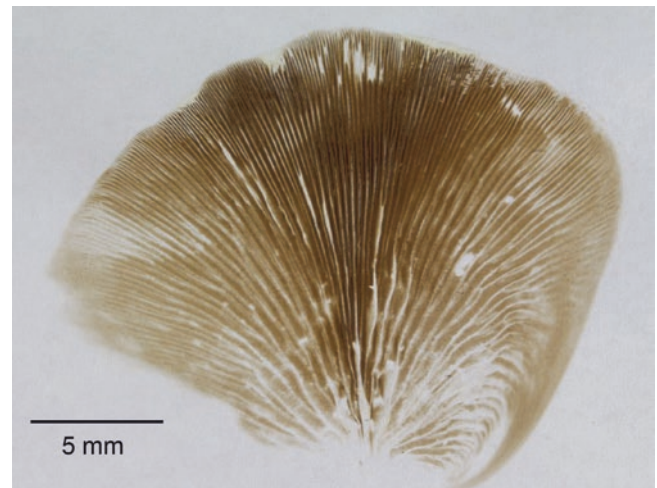
Die außerordentliche Vielfalt der Fruchtkörper unserer Pilze ist schwer zu überschauen. Viele Naturfreunde kennen die unglaubliche Mannigfaltigkeit wenigstens teilweise aus eigener Erfahrung und finden dennoch fast alljährlich Formen, die sie vorher noch nie gesehen haben. Wenn wir den großen Reichtum an Pilzen in der Natur und in unserer Kulturlandschaft systematisieren wollen, finden wir in den Fruchtkörpern wichtige, wenngleich nicht die einzigen Anhaltspunkte, die uns verwandtschaftliche Beziehungen offenbaren. Die Zellen, die Meiosporen hervorbringen, liefern grundsätzliche Hinweise zur Gliederung der fruchtkörperbildenden Pilze. Schon in der Mitte des 19. Jahrhunderts stellte sich heraus, dass äußerlich ähnliche Pilze zu sehr verschiedenen Verwandtschaftskreisen gehören können, was durch ihre sporenbildenden Zellen mit einem Blick bewiesen werden kann.

## 2.2 Sporenschlauch und Sporenständer – Fundamente der Großpilz-Systematik

Hält man im Frühjahr eine frisch geerntete Morchel in der Hand, kann man manchmal sehen, dass dieser Fruchtkörper plötzlich eine zarte Wolke feinen Staubes abstößt. Auch bei Becherlingen werden solche Wolken oft beobachtet. Legt man einen ausgereiften, vom Stiel getrennten Pilzhut eines Blätterpilzes, z. B. eines Champignons, auf eine Glasscheibe oder auf Papier, so findet man mitunter schon nach weniger als einer Stunde, dass die Unterlage unter dem Hut fein überstäubt ist und einem Abdruck der Lamellen gleicht, wofür die Bezeichnung „Sporenprint“ – durch Sporen verursachter Abdruck der Lamellen – geprägt wurde (Abb. 2.2).

Staubwolken von Morcheln und Becherlingen sowie „Sporenprints“ unter Pilzhüten sind riesige Ansammlungen der mikroskopisch kleinen Meiosporen, die von den Fruchtkörpern gebildet wurden. Noch einfacher ist der Sporenstaub bei Bovisten oder Stäublingen (Abb. 2.3) zu beobachten. Diese Fruchtkörper geben das Sporenpulver bei mechanischem Druck in Form deutlich sichtbarer Wolken ab. Die Namen Bovist (Furz einer Füchsin, später fehlgedeutet als Bubenfurz) oder *Lycoperdon* (Wolfsfurz) nehmen symbolisch auf die wolkenartige Verbreitung der ausgestoßenen Substanz Bezug, nicht auf deren Masse.

Bei manchen Pflanzen, beispielsweise den Farnen und Moosen, die ebenfalls Sporen ausbilden, findet man schon mit bloßem Auge, auf jeden Fall aber mit der Lupe Behälter, in denen sich Sporen entwickelt haben, die Sporenkapseln oder Sporangien. Bei den Pilzen ist jedoch bei Lupenvergrößerung nichts Vergleichbares festzustellen. Allenfalls entdeckt man mehlig-staubige Oberflächen. Lupen reichen nicht aus, um zu ergründen, welche Strukturen der Pilze die Sporen hervorbringen.



**Abb. 2.2** Sporenprint von einem Fruchtkörper des braunsporigen, seitlich inserierten Gallertfleischigen Stummelfußchens (*Crepidotus mollis*)