

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern
Band: 81 (2024)

Artikel: Pilze : gefährlich, aber vor allem nützlich. Eine Pilzexkursion bietet Einblick in die bernische und heutige Mykologie
Autor: Adamek, Gaston
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1062022>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Pilze – gefährlich, aber vor allem nützlich

Eine Pilzexkursion bietet Einblick in die bernische und heutige Mykologie

Autor
Gaston Adamek

Im Rahmen des Jahresthemas «Naturgefahren» führte die Naturforschende Gesellschaft Bern eine herbstliche Pilzexkursion ins Grauholz bei Bern durch, welche unter der Leitung von BARBARA ZOLLER und ERICH HERZIG, zwei renommierten Pilzkundigen des Vereins für Pilzkunde Bern, stand. Im Folgenden wird das Exkursionsgeschehen mit den vielfältigen Erläuterungen zu den Gefahren, die von Pilzen ausgehen können, und dem Vorgehen beim Kennenlernen der Pilze dargestellt. Selbst wenn meist kulinarische Gründe zum Pilzsammeln führen, so wird auch aufgezeigt, welche umfassendere Bedeutung heute und in der Vergangenheit in bernischen Landen mykologische Vereine und hervorragende Mykologen haben und hatten. Insbesondere wird aber auch auf die ausserordentliche Wichtigkeit der Pilze, selbst der sogenannten Giftpilze, in ökologischen, ökonomischen und gesundheitlichen Belangen hingewiesen.

Bei schönstem Herbstwetter führte uns am Donnerstagnachmittag, 7. September 2023, eine Pilzexkursion ins Sädelbachgebiet des östlichen Grauholzwaldes. Ein Dutzend Teilnehmende der Naturforschenden Gesellschaft Bern (plus drei Hunde – leider keine Trüffelhunde) trafen sich beim Sädelbachhüttli, von wo aus vorerst in zwei Gruppen eine Stunde lang nach Pilzen gesucht wurde. Die Exkursion stand unter der hochkarätigen Leitung von zwei Vorstandsmitgliedern des Vereins für Pilzkunde Bern, BARBARA ZOLLER, Apothekerin und Toxikologin des Verbandes der Schweizerischen Vereine für Pilzkunde (VSVP), und ERICH HERZIG, Präsident des Berner Vereins sowie der Wissenschaftlichen Kommission des VSVP; zudem sind beide aktiv in der Ausbildung bei der Vereinigung amtlicher Pilzkontrollorgane der Schweiz (VAPKO).

Aufgrund der längeren vorausgehenden Trockenperiode war die Artenzahl der gesammelten Pilze gering. Sie dienten jedoch ausreichend für die anschliessenden

mykologischen Erläuterungen beim Sädelbachhüttli. Dort erfolgte nebst den Erklärungen zum Pilzsammeln und zu den einzelnen Pilzen, einer eigentlichen Einführung in die Mykologie, auch ein ausführlicher Vortrag zur Toxikologie der Pilze, passend zum Jahresthema «Naturgefahren» der NGB. In der Folge werden die während der Exkursion angesprochenen Themenkreise nach spezifischen Inhalten angeordnet dargestellt.

Pilze sammeln

Leidenschaftliche Pilzsammler streifen jahrein jahraus durch Wald und Feld, sei es um essbare Pilze zu finden oder auch nur aus Freude am Suchen und Entdecken. Für essbare Pilze sammelt man meist im Herbst, was nicht ausschliesst, dass man bereits im Frühjahr hervorragende Pilze wie Morcheln, den Märzellerling oder den Mairitterling finden kann, wie Abb. 1 zu entnehmen ist.

Essbare Pilze

Steinpilz
Maronenröhrling
Rotfussröhrling
Goldröhrling
Butterröhrling
Körnchenröhrling
Elfenbeinröhrling
Sandröhrling
Birkenröhrling, Kapuziner
Rothautröhrling, Espenrotkappe
Ziegenlippe
Grosser Schmierling, Kuhmaul
Reizker, Edelreizker
Brätling
Violettgrüner Täubling, Frauentäubling
Wiesenellerling, Orangeellerling
Märzellerling, März-Schneckling
Violetter Rötleritterling
Maskenritterling, Lilastieliger Rötleritterling
Veichenritterling, Veichenrötleritterling
Mönchskopf
Gebuckelter Trichterling, Ockerbrauner T.
Kaffeebrauner Gabel- od. Scheintrichterling
Hallimasch, Honiggelber H.
Nekenschwindling, Feldschwindling
Rötlicher Ritterling, Purpurfäuliger Holzritterling
Russiggestreifter Ritterling, Schwarzfaseriger R.
Taubenritterling, Seidiger Ritterling
Mairitterling
Geselliger Ritterling, Büschelrasling
Mehlpilz, Mehrlärling
Perlpilz
Riesenschirmling, Parasol
Feldchampignon, Wiesenchampignon
Schafchampignon
Waldchampignon, Kleiner W.
Schoptintling
Stockschwämmchen
Rauchblättriger Schwefelpilz
Zigeuner, Reifpilz
Blaugestiefler Schleimkopf, Schleiereule
Eierschwamm, Pfifferling
Totentrompete, Herbsttrompete
Trompetenpfifferling
Gelbe Kraterelle, Starkriech. Pfifferling
Schweinsohr
Krause Glucke
Habichtspilz, Rehpilz
Sammelstoppelpilz
Eichhase
Schafporling
Sammelporling
Schwefelporling
Riesenbovist
Flaschenbovist, Flaschenstäubling
Morcheln

Giftige Pilze

Grüner Knollenblätterpilz *
Kegelhütiger Knollenblätterpilz *
Frühlingsknollenblätterpilz *
Giftige Schirmlinge *
Orangefuchsiges Raukopf *
Spitzgebuckelter Raukopf *
Gifthaubling *
Satansröhrling
Wurzelnder Bitterröhrling
Empfindlicher Krempling, Kahler K.
Bitterlicher Trichterling
Langstieliger Dufttrichterling
Streuliebender Trichterling
Rinnigbereifter Giftrichterling
Tigerritterling
Gelbfleischiger Grünling, Echter Ritterling
Rettichhelminge
Riesenrötling
Niedergedrückter Rötling
Fliegenpilz
Pantherpilz
Karbolschampignon
Faltentintling, Knotentintling
Diverse weitere Schleierlinge und Schleimköpfe
Risspilze (alle)
Riesenlorchel

Boletus edulis
Imleria badia
Xerocomellus chrysenteron
Suillus grevillei
Suillus luteus
Suillus granulatus
Suillus placidus
Suillus variegatus
Leccinum scabrum
Leccinum aurantiacum
Xerocomus subtomentosus
Gomphidius glutinosus
Lactarius deliciosus
Lactifluus volemus
Russula cyanoxantha
Cuphophyllus pratensis
Hygrophorus marzuolus
Lepista nuda
Lepista personata
Lepista irina
Infundibulicybe geotropa
Infundibulicybe gibba
Pseudoclitocybe cyathiformis
Armillaria mellea
Marasmius oreades
Tricholomopsis rutilans
Tricholoma portentosum
Tricholoma columbetta
Calocybe gambosa
Lyophyllum decastes
Clitopilus prunulus
Amanita rubescens
Macrolepiota procera
Agaricus campestris
Agaricus arvensis
Agaricus sylvaticus
Coprinus comatus
Kuehneromyces mutabilis
Hypholoma capnoides
Cortinarius caperatus
Cortinarius praestans
Cantharellus cibarius
Craterellus cornucopioides
Craterellus tubaeformis
Craterellus lutescens (Cant. xanthopus)
Gomphus clavatus
Sparassis crispa
Sarcodon imbricatus
Hydnum repandum, H. rufescens
Polyporus umbellatus
Albatrellus ovinus (Scutiger o.)
Albatrellus confluens (Scutiger c.)
Laetiporus sulphureus
Calvatia gigantea (Langermannia g.)
Lycoperdon perlatum
Morchella sps.

Amanita phalloides
Amanita virosa
Amanita verna
Lepiota sps.
Cortinarius orellanus
Cortinarius rubellus
Galerina marginata
Rubroboletus satanas
Caloboletus radicans
Paxillus involutus
Singerocybe phaeophthalma
Clitocybe fragrans
Clitocybe phyllophila
Clitocybe rivulosa
Tricholoma pardinum
Tricholoma equestre
Mycena pura, M. rosea, M. pelianthina
Entoloma sinuatum
Entoloma rhodopolium
Amanita muscaria
Amanita pantherina
Agaricus xanthodermus
Coprinopsis atramentaria
Cortinarius, Phlegmacium u. a.
Inocybe u. a.
Gyromitra gigas

Jan Feb März Apr Mai Jun Jul Aug Sept Okt Nov Dez

Jan Feb März Apr Mai Jun Jul Aug Sept Okt Nov Dez

Abb. 1: «Pilzkalender». Hauptsächlich Fruchtkörperbildung einer Auswahl essbarer und giftiger Pilze im Jahresverlauf. Essbare Pilze nach WASEM (1957) [korrigiert nach VAPKO 2024], teilweise ergänzt (helleres Grün). Giftpilze nach SWISSFUNGI (2024). * Tödlich giftige Pilzarten (GERBER & SCHWAB 2022, VAPKO 2024).

Pilzexkursion

Dass das dem Sammeln vorangehende Wetter jeweils eine wesentliche Rolle für das Pilzwachstum spielt, zeigte sich auch für unsere Exkursion. Unsere Pilzausbeute war nicht ideal. Einen Monat zuvor meldete sich mit anhaltend heissen und trockenen Verhältnissen der Hochsommer zurück; auch die vorangehende Woche war überaus warm. Die vorausgehenden vier Regentage reichten langfristig nicht, das Wasserdefizit im Wurzel-

raum des Bodens für ein gutes Pilzwachstum zu kompensieren (BFH 2023, METEOBLUE 2023).

Ausgerüstet mit Korb, Pilzmesser und Lupe (zumindest die Exkursionsleitenden) wurden im Grauholzwald in zwei Gruppen in der Nähe der Sädelbachhütte und entlang des Krauchtalbaches Pilze gesammelt. Die Ausbeute war mit knapp 20 Pilzarten wie erwähnt gering, doch boten diese viele Anhaltspunkte, die bei den an-



Abb. 2: Pilze suchen, finden, sortieren, bestimmen im Sädelbachgebiet des Grauholzwaldes und beim Sädelbachhüttli.

Links unten die Exkursionsleitenden BARBARA ZOLLER und ERICH HERZIG.

Fotos: P. Martignoli, G. Adamek

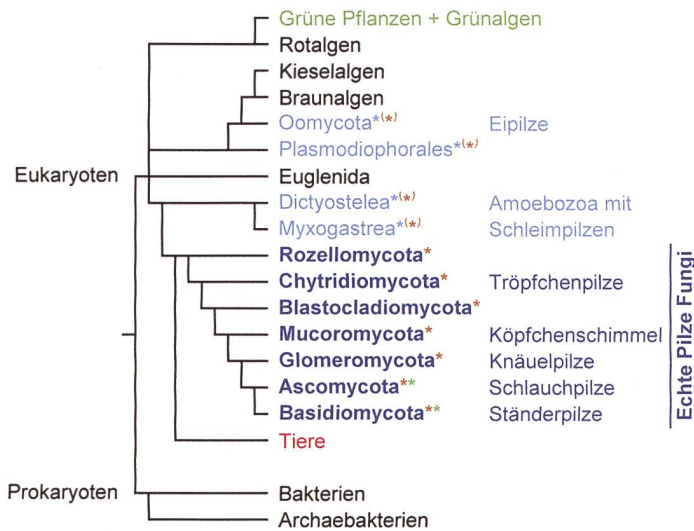


Abb. 3: Stammbaum systematischer Gruppen (sehr stark vereinfachter Auszug nach PIEPENBRING 2022, KEELING & EGLIT 2023, WIKIPEDIA.ORG 2024a). * Pilzähnliche Organismen. * Mikropilze. * Makropilze.

schliessenden Erläuterungen bei der Sädelbachhütte dienlich waren (Abb. 2). Immerhin waren fünf Speisepilze dabei. Bei idealen Bedingungen kann dieser Wald für Pilze sehr vielfältig sein. So wurden z.B. mit WERNER WASEM, dem früheren Präsidenten des Berner Pilzvereins von 1974 bis 1979, auf fünf September-Nachmittagsexkursionen 116 Arten gesammelt (Liste beim Autor).

Um zu erfahren, wie man Pilzarten bestimmt, wird hier vorerst ein Kapitel über deren Einteilung, d. h. deren auf evolutionären Kriterien beruhende Systematik, und deren Morphologie und Anatomie eingeschoben, da BARBARA ZOLLER bei ihren Erläuterungen stets auf Begriffe aus diesen Bereichen zurückgreifen musste.

Zur Systematik und Morphologie/Anatomie der Pilze

Auf unserer Exkursion haben wir nur sogenannte Makropilze gesammelt, also «Pilze, wie sie jedes Kind als Pilze kennt», meist einige Zentimeter gross, «meist mit Stiel und Hut», Pilze, wie sie in den meisten Pilzbestimmungsbüchern für den Haus- bzw. Feld/Waldgebrauch beschrieben und abgebildet sind.

In der Folge werden etliche Fachbegriffe erläutert und gebraucht, welche meistens in Abb. 4 dargestellt werden. Bei den als Makropilze bezeichneten Pilzen handelt es sich um Pilze, deren Sporen bildende Fruchtkörper («meist mit Stiel und Hut») aus dem Boden oder auf Totholz wachsen und grösser als \pm einen halben Zentimeter werden. Mikropilze bilden entsprechend kleinere Fruchtkörper, allenfalls gar keine Fruchtkörper oder vermehren sich nur asexuell – hier sind zum Erkennen fast ausschliesslich mikroskopische Untersuchungen notwendig.

Bei der Vielzahl von Pilzen ist es verständlich, dass zu deren Charakterisierung und Zuordnungsversuchen die Mykologinnen und Mykologen das Wörtchen «meist» oft gebrauchen, da Pilze vielfach variationsreich sind und Merkmalsüberschneidungen vorliegen können. Heute sind dank DNA-Untersuchungen viele Artcharakterisierungen und Gruppenzuordnungen ermöglicht worden, wo zuvor rein morphologische/anatomische Merkmale nicht ausreichten. Schon nur die Zuordnung der Pilze insgesamt wurde früher falsch vorgenommen, was zur Folge hatte, dass die Mykologie als Teilgebiet der Botanik behandelt wurde. Heute weiss man dank DNA-Sequenzdaten, dass die Echten Pilze (Fungi) näher den Tieren verwandt sind und ein eigenes Reich bilden. Zudem werden früher den Mikropilzen zugeordnete Organismen, so auch die Schleimpilze, heute unter «pilzähnliche Organismen» recht entfernt von den Fungi eingereiht (Abb. 3). Ein charakteristisches Merkmal der «meisten» Fungi ist das Chitin der Zellwände, ein stickstoffhaltiges Polysaccharid, welches bei Pflanzen fehlt, aber bei Wirbellosen vorkommt, insbesondere im Exoskelett der Gliederfüssler. Auch beim Reservestoffwechsel bezüglich Polysaccharide stehen die Echten Pilze den Tieren näher, da sie nicht pflanzliche Stärke (Amylose und Amylopektin) bilden, sondern tierische Stärke (Glykogen).

Die zeitliche Einordnung der ersten Pilze ist noch recht unsicher. Unbestrittene Fossilnachweise von Pilzen weisen ein Alter von etwas über 400 Mio. Jahren auf, wo sich auch die Ascomycota und die Basidiomycota trennten. Ein fossiler Pilz, der möglicherweise bereits vor rund 1 Mrd. Jahren an Land gewachsen ist, wurde in Kanada gefunden (LORON ET AL. 2019). Fossile hyphenähnliche Strukturen wurden gar mit 2,4 Mrd. Jahren datiert (BENGTSON ET AL. 2017).

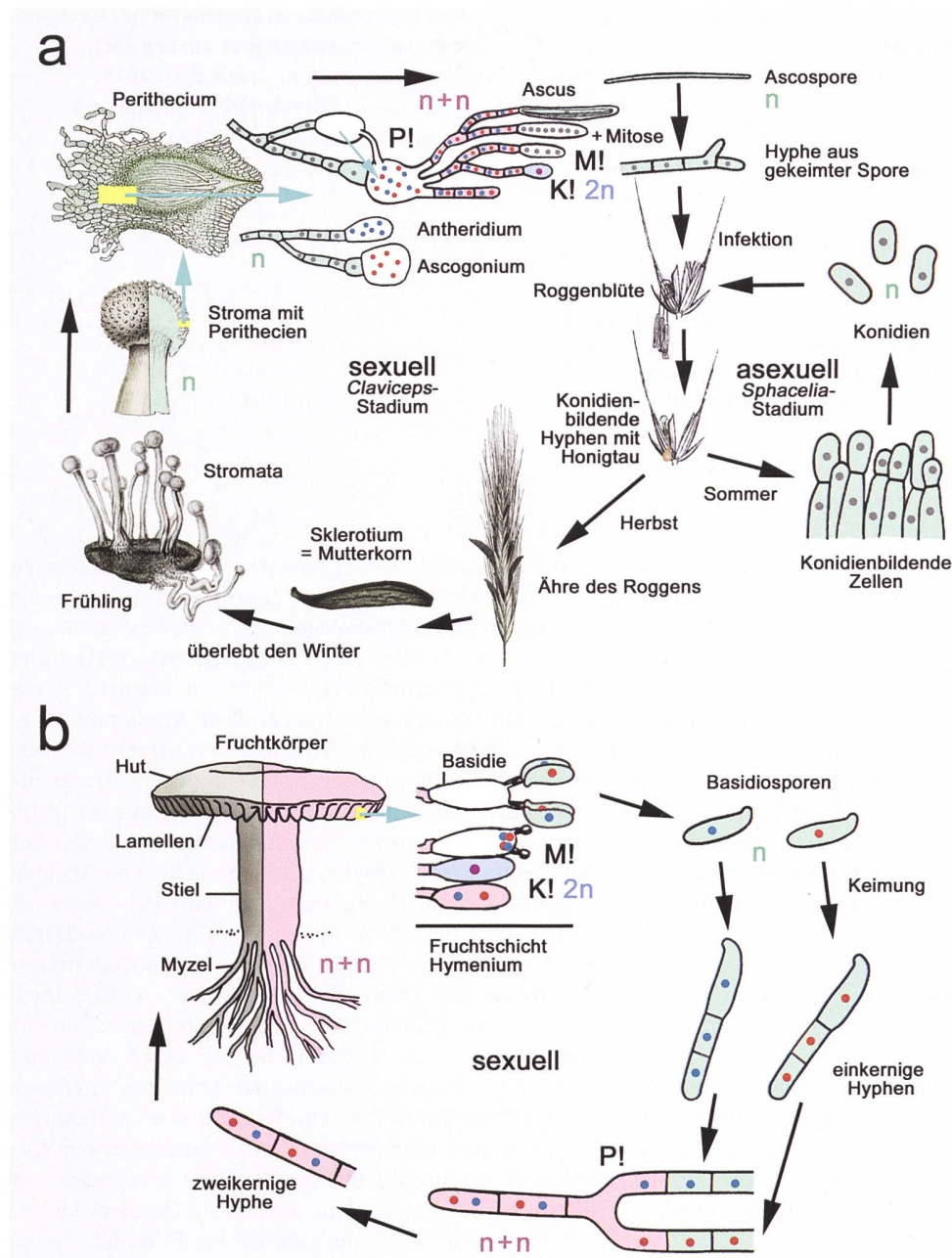


Abb. 4: Lebenszyklus eines Schlauchpilzes (Ascomycota) und eines Ständerpilzes (Basidiomycota). Gemäss TULASNE (1853), ENGLER (1897), KILLIAN (1919) und PIEPENBRING (2022) ergänzt.

P! = Plasmogamie
K! = Karyogamie
M! = Meiose

a) Sexueller und asexueller Entwicklungsgang eines Ascomyceten am Beispiel des Mutterkornpilzes *Claviceps purpurea*. (P! ist hier eine Gametangio-gamie, homothal-lisch.)

b) Entwicklungsgang eines Basidiomyceten am Beispiel eines Lamellenpilzes. (P! ist hier eine Somatogamie.)

Vergleichende morphologische und anatomische Untersuchungen verschiedener Pilzarten und -gruppen erlauben auch Aussagen über ontogenetische und evolutionäre (phylogenetische) Entwicklungsgänge der Pilze. In *Abb. 4* werden vereinfacht zwei ontogenetische Entwicklungsgänge der auf üblichen Pilzexkursionen am häufigsten gefundenen Schlauchpilze (Ascomycota) und Ständerpilze (Basidiomycota) dargestellt. Als Schlauchpilz wird hier statt der allbekannten Morcheln *Morchella* der Purpurrote Mutterkornpilz bzw. Rote Keulenpilz

Claviceps purpurea vorgestellt, da dieser später zum NGB-Thema «Naturgefahren» noch eingehender besprochen wird. Auf unserer Grauholz-Exkursion haben wir nur Ständerpilze gesammelt, zu denen der sonst dort zu findende Grüne Knollenblätterpilz *Amanita phalloides* gehört, der als berüchtigter Giftpilz ebenfalls genauer vorgestellt wird.

Beiden in *Abb. 4* dargestellten Entwicklungsgängen ist gemeinsam, dass sich aus keimenden Sporen Zellfäden (Hyphen) bilden, vorerst solche mit einkernigen

und danach solche mit zweikernigen Zellen. Hyphen sind wenige μm dick, können sich verzweigen, sich zu Strängen zusammenlagern und so Pilzgeflechte (Myzele) bilden, die sehr klein wie beim Mutterkornpilz, aber auch riesig werden können. Das grösste auf DNA-Basis nachgewiesene Myzel des Fleischfarbenen Hallimaschs *Armillaria gallica* befindet sich in Michigan USA: ca. 1 km Durchmesser ($0,75 \text{ km}^2$), grösstes bekanntes Lebewesen von geschätzt 400 t und einem Alter von mindestens 2500 Jahren (ANDERSEN ET AL. 2018); das grösste Myzel der Schweiz von $0,37 \text{ km}^2$ eines Dunklen Hallimaschs *Armillaria ostoyae* befindet sich im Nationalpark (BENDEL ET AL. 2006). Abschätzen lassen sich Myzelgrössen auch bei den bekannten Hexenringen, deren Myzel aber meist nur noch ringbandförmig vorhanden ist; der grösste bekannte, rund 700-jährige Hexenring eines Mönchskopfs *Infundibulicybe geotropa* bei Belfort (F) weist einen Durchmesser von 600 m auf (BECKER 1952). Gemäss Abb. 4 sind ebenso bei beiden gezeigten Entwicklungsgängen oberirdische Fruchtkörper vorhanden, welche in Millionen von Zellen nach einer Zellkernverschmelzung (Karyogamie, diese entspricht dem 2. Schritt einer Befruchtung) und anschliessender zweifacher Reifeteilung (Meiose) schliesslich Sporen bilden.

Diese Ascomycota und Basidiomycota weisen bei aller Ähnlichkeit doch wesentliche Unterschiede auf. Während sich die Zellverschmelzung (Plasmogamie, diese entspricht dem 1. Schritt einer Befruchtung) der vorerst einkernigen Hyphen bei den Ascomyceten kurz vor der Karyogamie in der Fruchtschicht des Fruchtkörpers ereignet, findet die Plasmogamie bei den Basidiomycota schon früh im Boden statt. Somit bestehen die Myzelien und der grösste (meist) oberirdische Teil der Ascomycota aus Zellen mit einem haploiden Kern (n). Definitionsgemäss spricht man erst ab der Plasmogamie (also dem $n + n$ -Gewebe) von Fruchtkörper. Beim Mutterkornpilz sind somit die in Abb. 4 dargestellten Perithezien die eigentlichen Fruchtkörper; der aufragende haploide Pilzstiel und das meiste des haploiden Pilzköpfchens werden als Stroma bezeichnet. Die allermeisten Hyphen der Basidiomycota-Pilz enthalten Zellen mit zwei haploiden Kernen ($n + n$); hier wird der (meist) oberirdische Pilz als Fruchtkörper bezeichnet. [Dessen brauchen Sie sich beim Verzehren von Morcheln (grossteils n) und Steinpilzen (meist $n + n$) nicht bewusst zu sein; beide schmecken so oder so einfach ausgezeichnet!]

Ein spezielles Ereignis geschieht bei den Ascomycota unmittelbar vor der Plasmogamie: Im Gegensatz zu den Basidiomycota, wo bei zwei einkernigen Hyphen je eine Zelle zu einer zweikernigen Zelle direkt verschmelzen (Somatogamie), teilen sich bei den Ascomycota in zwei

Zellen nur die Zellkerne vorerst vielfach und bilden damit ein weibliches Sexual-«Organ» (Ascogonium) und ein männliches Sexual-«Organ» (Antheridium). Nach der anschliessenden Verschmelzung der beiden «Organ»-Zellen (hier Gametangiogamie genannt) finden sich je ein weiblicher und ein männlicher Kern und initiieren die Bildung mehrerer zweikerniger Hyphen. Im Gegensatz zu den Basidiomycota, wo nach der Meiose von der Ständerzelle (Basidie) direkt vier Sporen gebildet werden, teilen sich bei den Ascomycota die nachmeiotischen Kerne nochmals mitotisch, sodass schliesslich durch die Schlauchzelle (Ascus) acht Sporen entstehen. Sollte Ihnen auch diese Beschreibung mikroskopischer Strukturen etwas zu detailliert vorkommen, so können Sie sich von TROG trösten lassen: «Dazu ist es einem Liebhaber von Schwammgerichten ziemlich gleichgültig, ob die Sporen der Schwämme auf Basidien oder in Schläuchen enthalten; ob sie rund oder länglich, zu vier oder zu acht bei einander gruppiert seien.» (TROG & BERGNER 1845).

Beim aufgeführten Beispiel des Mutterkornpilzes gibt es nebst dem sexuellen Entwicklungsgang auch noch einen asexuellen. Nach dem Sporenbefall und dem Einwachsen der Hyphen in die Fruchtknoten der Roggenblüte (wie auch anderer Grasarten) werden in einem frühen Stadium an Hyphenenden Konidien, eine Art von vegetativen Sporen, abgeschnürt, welche mit zuckerhaltigem Wasser («Honigtau») abgesondert werden. Vom Honigtau angelockte und davon trinkende Insekten übertragen an ihnen haftende Konidien auf andere Wirtspflanzen (meist Roggen), deren Blüten dadurch infiziert werden. Im fortgeschrittenen Stadium des Hyphenwachstums wird der befallene Fruchtknoten zu einem harten dunklen Sklerotium, dem sogenannten Mutterkorn [ergot (fr. obsolét) = Sporn]. Dieses fällt schliesslich auf den Boden, wo es überwintert. Bei geeigneten Feuchtigkeitsbedingungen wachsen im folgenden Frühjahr aus dem Sklerotium dicht verwobene Hyphen und bilden mehrere $\pm 1 \text{ cm}$ grosse rosa bis dunkelviolette, trommelstockartige Stromata (Abb. 4a und Abb. 9b).

Pilze kennen lernen und bestimmen

Will man Pilze aus kulinarischen Gründen kennen lernen, so empfiehlt es sich, vorerst mit guten Pilzkennenden (möglichst mehrfach) auf Exkursion zu gehen, seien dies Privatpersonen oder allenfalls Leitende einer öffentlich organisierten Exkursion eines Pilzvereins oder einer Ausbildungsstätte wie der Volkshochschule. Bei Letzteren geschieht dies meist nur im Rahmen eines Kurses oder ist mit der Mitgliedschaft bei einem Verein verbunden.

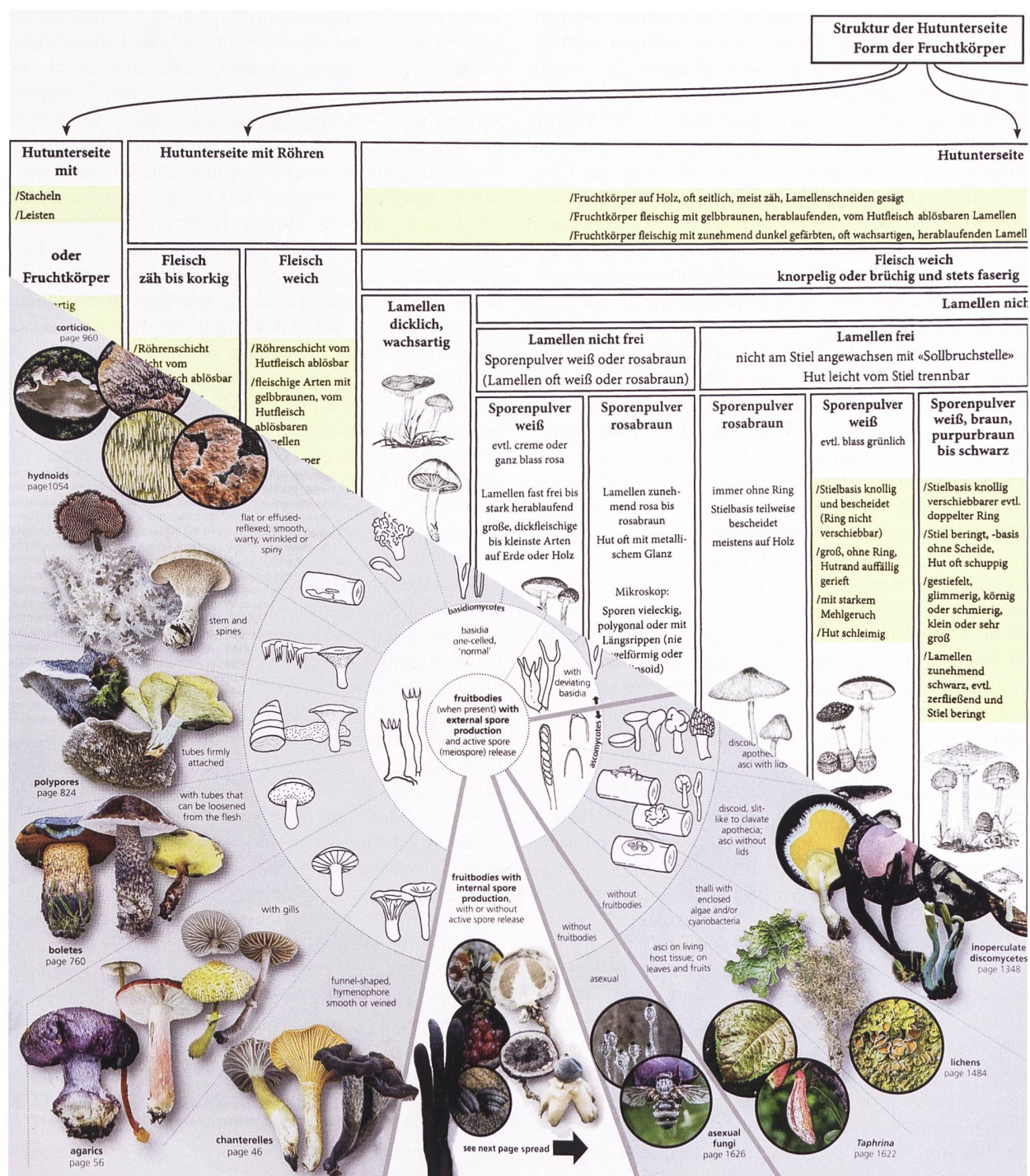


Abb. 5: Grafisch dienliche Bestimmungshilfen aktueller Pilzbücher. Oben: Ausschnitt eines Bestimmungsschlüssels für Pilzordnungen und -familien gemäss WINKLER & KELLER (2023). Unten: Ausschnitt des Bestimmungsschlüssels «Overview of form groups – with external spore production» aus LÆSSØE & PETERSEN (2019).

So lernt man vorerst einige aufgrund ihres Aussehens «todsicher» essbare Pilze kennen, dies in Abgrenzung zu allenfalls giftigen oder ungeniessbaren Doppelgängern. Beim Vergleichen von Pilzen begegnet man ersten Grundformen, morphologisch/anatomischen und farblichen Merkmalen, allenfalls Duft- und haptischen Kriterien. Erste Fundorte weisen so auch auf ökologische Ansprüche der Pilze hin, z. B. Fichten- oder Buchenwald.

In diesem Sinn erfolgten auch auf unserer Exkursion im Grauholzwald erste Erläuterungen, um anschliessend bei der Sädelbachhütte systematischer das Vorgehen beim Pilzbestimmen zu erklären. Die dort aufgelegte Pilzbestimmungsliteratur nimmt man üblicherweise nicht mit auf die Exkursion, allenfalls kleinere Handbücher (z. B. BON 2005, GERBER & SCHWAB 2021, GMINDER ET AL. 2023) zur schnellen Verifizierung eines meist bereits bekannten Pilzes. Bestimmungswerke wie das neuste Schweizer Pilzbuch (WINKLER & KELLER 2023), welches 5 kg wiegt, oder die mehrbändig sind und Tausende von Abbildungen und Beschreibungen enthalten (z. B. BREITENBACH & KRÄNZLIN 1981–2005, LÆSSØE & PETERSEN 2019, KIBBY 2017–2023), sind für anschliessende Bestimmungen zu Hause oder im Pilzverein nützlich. KI-generierte Pilzbestimmungen mittels Apps reichen auch heute (und wohl lange noch) für absolut sichere Pilzbestimmungen, insbesondere aller Giftpilze, nicht aus (KASSENSTURZ 2020). Zur schnellen Suche, falls danach eine sorgfältige Bestimmung erfolgt, mögen sie oft nützlich sein.

BARBARA ZOLLER erläuterte das Vorgehen einer Pilzbestimmung an den gesammelten Pilzen, so wie es in den meisten Bestimmungsbüchern vorgegeben wird:

- Zuordnung zur *Gesamtstruktur* der Fruchtkörper wie Röhrenpilze, Lamellenpilze, Leistenpilze, Bauchpilz usw. (Abb. 5).
- *Farbe* insbesondere des Hutes, allenfalls der Röhren, Lamellen, Stiele etc. Man wird sich schnell einmal bewusst, dass die Farbe bei vielen Pilzarten auch sehr variieren kann. Farbtafeln zur Pilzfarbenbestimmung existieren; für den Eichen-Heringstäubling *Russula graveolens* reicht wohl eine Beschreibung gemäss GMINDER ET AL. (2023): «polychrom, purpurn, rot, weinrot, rotbraun, kupferfarben, olivgrün, ocker, altrosa, hell orangebraun oder creme» ...
- *Lamellenhaltung*: herablaufend, angewachsen oder frei. Freie (am Stiel gar nicht angewachsene) Lamellen kann man z. B. bei Dachpilzen (Gattung *Pluteus*) sehr gut erkennen.
- *Spezifische Strukturen*, welche in der Literatur beschrieben werden, lassen sich oft mit einer Handlupe erkennen (z. B. beim Schwarzschneidigen Dachpilz *Pluteus atromarginatus*).

- *Sporenfarbe*, welche durch Absporenlassen des Pilzhutes über Nacht (wie es bereits TROG 1848 beschrieben hat) bestimmen lässt (Abb. 6a).
- Viele Pilze setzen *charakteristische Gerüche* frei, die je nach Alter, Witterung oder Boden nicht immer konstant sind. BRUNO HENNIG hat sich im Buch MICHAEL & HENNIG (1958) die Mühe gegeben, sämtlichen in Abb. 6b aufgeführten Gerüchen mindestens ein Beispiel eines Pilzes zuzuordnen. Das Erkennen all dieser Gerüche scheint schon eine halbe Parfümeur-Ausbildung zu erfordern und erinnert uns daran, dass wir nicht gewohnt sind, Düfte in Worte zu fassen ... Wozu genau die verschiedenen Gerüche dienen, ist vielfach nicht bekannt. Viele Insekten werden durch Pilzgerüche angelockt und dienen wohl dem Austragen von Sporen; es können aber auch Insekten abgewehrt werden (SUETSUGU 2019, OSCHATZ & KRISAI-GREILHUBER 2022). Bei der auf unserer Exkursion gefundenen Stinkmorchel *Phallus impudicus* (Abb. 6c), welche Fliegen in Scharen anlockt, sind nicht weniger als 59 volatile Komponenten nachgewiesen worden, die je nach Reifestadium stark variieren; Dimethyloligosulfide, Träger des üblen Geruchs, fehlen sowohl im jungen, essbaren eiförmigen «Hexenei» als auch in überreifen Formen des Pilzes (PUDIL ET AL. 2014). Da BARBARA ZOLLER während den Erläuterungen plötzlich eindringlich bat, die Stinkmorchel zu entfernen, muss es sich wohl um ein reifes Exemplar gehandelt haben. HEINZ CLÉMENTON, welcher in seiner neusten Publikation (CLÉMENTON 2020–2022) der Stinkmorchel ein ganzes Kapitel widmet, zeigte durch einfache Experimente auf, dass bei diesem Ständerpilz-Bauchpilz der Duft im Stiel und nicht wie überall kolportiert im schliesslich für Fliegen attraktiven zucker-klebrigen und sporenhaltigen «Hut» gebildet wird. CLÉMENTON erläutert dort übrigens auch, wie vielfältig je nach Funktion die Gewebe der Stinkmorchel sind.
- Bei gewissen Pilzen lassen sich auch *natürliche Verfärbungen* erkennen, so etwa eine altersbedingte Schwarzfärbung des Schopftintlings *Coprinus comatus* sowie eine durch Berührung erzeugte Blaufärbung der blassgelben Röhren des Maronenröhrlings *Imleria badia* (Abb. 6d und e). Beim Schopftintling beruht die Schwarzfärbung auf der Verflüssigung der Lamellen durch altersbedingte Autolyse und damit der Freigabe der dunkelbraun-schwarzen Sporen. Beim Maronenröhrling wird bei der Verletzung die gelbe Xerocomsäure mit Sauerstoff enzymatisch zum blau gefärbten Chinonmethid-Anion oxidiert (LÜBKEN 2006, TEUSCHER 2011). Die giftige Xerocomsäure kann beim Verzehr roher Pilze Übelkeit verursachen, die biologische Bedeutung der Verfärbung ist jedoch unbekannt.

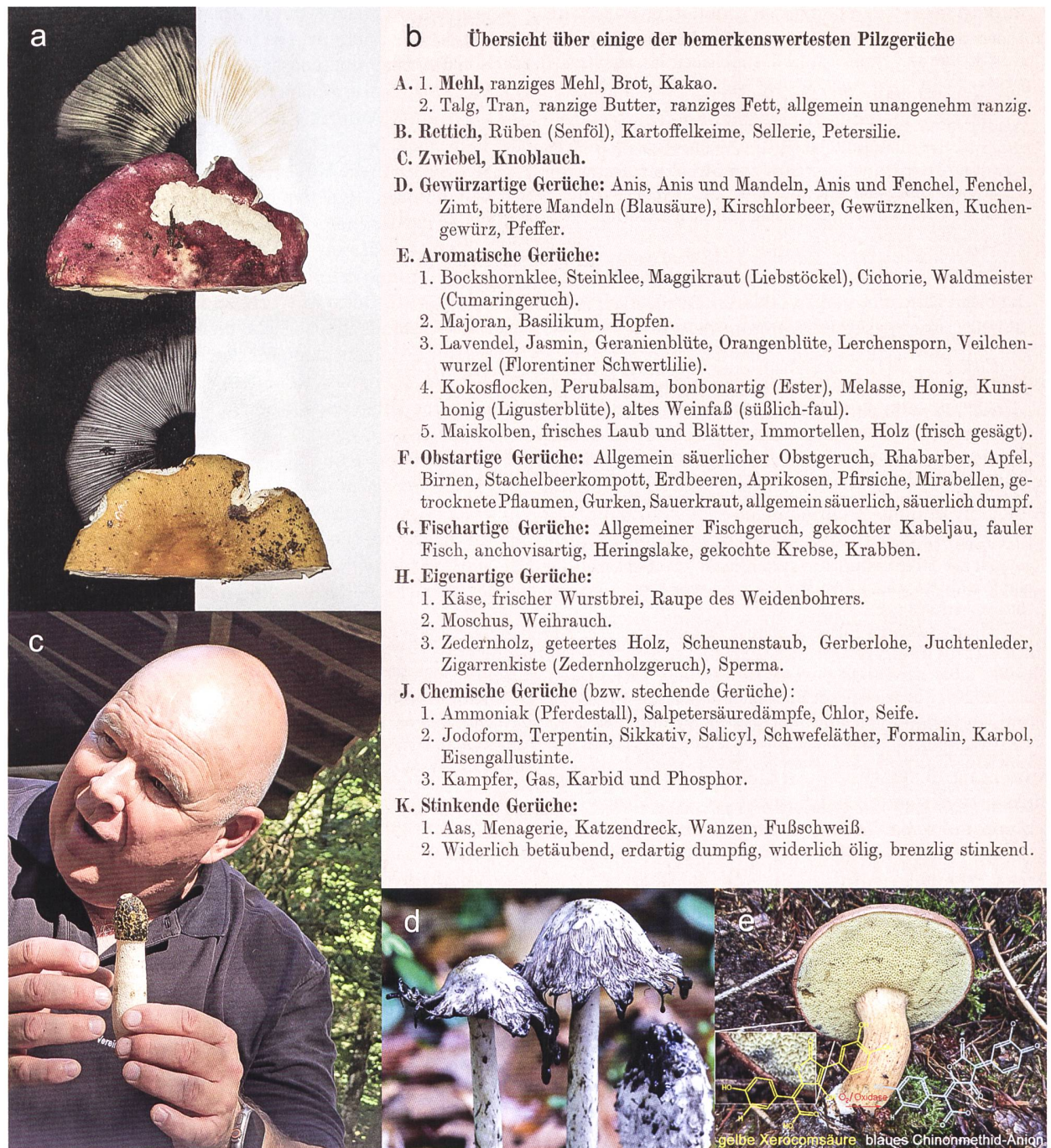


Abb. 6: Bestimmungskriterien bei Pilzen.

a) Sporenbilder von über Nacht abgesporteten Täublingen, einem Braun- und einem Weissporer.

b) Typische Pilzgerüche aus MICHAEL & HENNIG (1958).

c) ERICH HERZIG erläutert die Eigenschaften der Stinkmorchel *Phallus impudicus*.

d) Zwei alte Schopftintlinge *Coprinus comatus* mit tropfender «Tinte»; rechts: betropftes junges Exemplar.

e) Maronenröhrling mit blauen Druckspuren, verursacht durch die Oxidation der gelben Xerocomsäure zum blauen Chinonmethid-Anion.

Fotos: G. Adamek, P. Martignoli (c), T. Major (d)



Abb. 7: Makroskopische und mikroskopische Pilzbestimmungen und Pilzuntersuchungen.

a) und b) Bestimmungs- und Mikroskopierabend beim Verein für Pilzkunde Bern VPB.

c) Farbreaktionen mittels Chemikalien. Links: Beim Zedernholztäubling *Russula badia* erfolgt auf das Bestreichen mit brauner Guajak-Lösung keine Reaktion. Rechts: Der Rotstielige Ledertäubling *Russula olivacea* reagiert auf Guajak mit einer Blaufärbung.

d) Mittels Schnitt/Quetsch-Präparat in Leitungswasser und ohne Färbung: Ausschnitt aus dem Hymenium mit Asci à 8 Sporen und mit Paraphysen des Gemeinen Kelchbecherlings *Sarcoscypha austriaca*.

e) Mikrotomschnitt mit Aluminium-Zirkonium-Hämatoxilin-Färbung durch die «Wand» einer Herbsttrompete *Craterellus cornucopioides*. Rechts im Bild ist das Hymenium mit herausragenden Basidien. Der Wanddurchmesser beträgt ca. 1 mm.

Fotos: G. Adamek, M. Bachmeier (c), P. Schäfer (d), H. Cléménçon (e)

In vielen Fällen kommt man aber nicht darum herum, *mikroskopische Untersuchungen* vorzunehmen, um zu sicheren Bestimmungen zu kommen. Je nach Fragestellung genügen dazu Handschnitt/Quetschpräparate, allenfalls mit zusätzlichen Färbungen. Beim VSP lassen sich rund 30 Chemikalien beziehen, welche für makro- und mikroskopische Untersuchungen dienlich sind. Für wissenschaftliche Zwecke, meist im universitären Bereich, ist es oft unumgänglich, Mikrotomschnitt-Dauerpräparate mit entsprechenden Färbungen herzustellen. Bei den mikroskopischen Bestimmungsmerkmalen geht es oft um Formen und Grössen von Sporen, Basi-

dien, Konidien, Asci, Paraphysen und Hyphen (Letztere z. B. mit oder ohne Schnallen) (Abb. 7a–e).

Giftpilze

Pilze können für uns direkt oder indirekt gefährlich sein, direkt indem sie für den Verzehr giftig sind oder indem gewisse Mikropilze uns befallen können, was zu Allergien und Krankheiten führen kann. Dadurch, dass Pilze Kultur- und Forstpflanzen befallen, können sie uns auch indirekt wesentlichen Schaden zufügen. Es lassen sich somit viele Pilze dem NGB-Jahresthema «Naturgefahren» zuordnen.

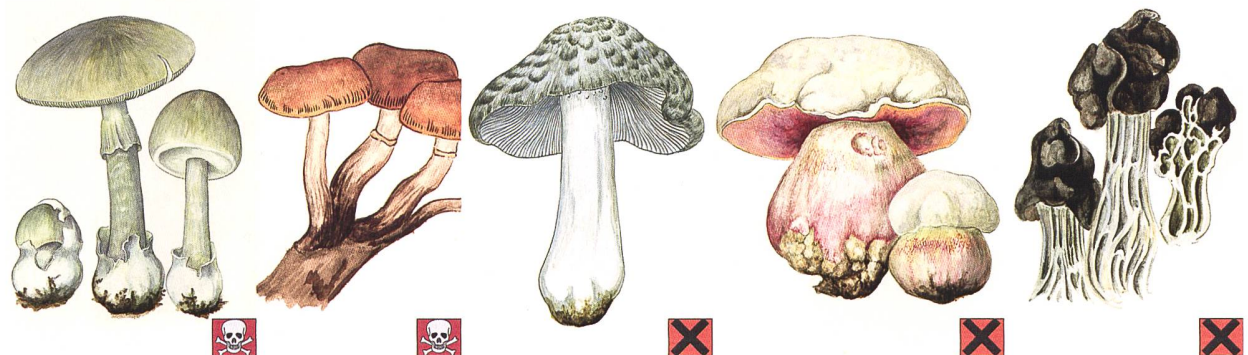


Abb. 8: Giftpilze.

Oben: BARBARA ZOLLER referiert über Giftpilze mittels einer mit Pilzkorb gestützten «Handmade-Wald-Powerpoint»-Bilderserie.

Unten: Zwei gemäss VAPKO tödlich giftige Pilze – Grüner Knollenblätterpilz *Amanita phalloides*, Gift-Häubling *Galerina marginata* – und drei giftige: Tigerritterling *Tricholoma pardium*, Satansröhrling *Ruboboletus satanas*, Grubenlorchel *Helvella lacunosa*.

Fotos: G. Adamek. Aquarelle von Ernst Habersaat: Aus ZOLLER ET AL. (2016) und Archiv VPB.

Als Apothekerin und Toxikologin des Verbandes der Vereine für Pilzkunde der Schweiz war BARBARA ZOLLER die Spezialistin, die uns anhand einiger Beispiele toxikologische Grundlagen zu den Makropilzen vorstellen konnte (Abb. 8). Von unseren Pilzarten, je nach Buch sind 1000 (GERBER & SCHWAB 2021) bis 3800 (WINKLER & KELLER 2023) beschrieben, sind die allermeisten aus verschiedensten Gründen keine Speisepilze. Bei GERBER & SCHWAB sind 13% als Speisepilze und 9% als Giftpilze, diesen inklusive knapp 1% als tödlich giftig, aufgeführt (s. auch Abb. 1).

Hier sei darauf hingewiesen, dass es (traditionsge-mäss?) üblich ist, den Begriff Giftpilz (poisonous mushroom) nur für Makropilze zu gebrauchen, ansonsten wird von giftigen (toxischen) Mikropilzen gesprochen. Auch der Begriff Pilzgift (mushroom poison) gilt

nur für Makropilze und Mykotoxin (mycotoxin) nur für Mikropilze (PIEPENBRING 2022 u. a.).

BARBARA ZOLLER erklärte vorerst, dass Pilze generell nicht roh gegessen werden sollten, da selbst essbare Pilze zu Unverträglichkeiten führen können; auch Zuchtchampignons sollten höchstens in geringen Mengen roh verspeist werden. Bei gesammelten Speisepilzen ist gut darauf zu achten, dass keine Verwechslungen mit giftigen Doppelgängern stattfinden. So fanden wir auf unserer Exkursion den ungeniessbaren Grünblättrigen Schwefelkopf *Hypholoma fasciculare*, der gelegentlich mit dem geniessbaren Rauchblättrigen Schwefelkopf *Hypholoma capnoides* und ebenso dem geniessbaren Stockschwämmchen *Kuehneromyces mutabilis* verwechselt wird; mit Letzterem kann auch der tödlich giftige Gift-

häubling *Galerina marginata* verwechselt werden. Ebenso tragisch ist eine Verwechslung des tödlichen Grünen Knollenblätterpilzes *Amanita phalloides* mit dem essbaren Feldchampignon *Agaricus campestris*. Für diese Problematik ist das Büchlein von RITA LÜDER (2023) geeignet, in dem sie für 50 Speisepilze je drei meist ungeniessbare oder gar giftige Doppelgänger mit Foto und ausführlichem Text darstellt.

Ausführlich wurde uns der berüchtigtste Giftpilz, der Grüne Knollenblätterpilz *Amanita phalloides*, vorgestellt. Er ist endemisch für Europa und Nordafrika und dürfte in Amerika, allenfalls Asien und der Südhemisphäre nur eingeführt und in Verbindung mit ebenfalls eingeführten Pflanzen vorkommen (PRINGLE & VELLINGA 2006). In der Schweiz (wie auch andernorts in Europa) verursacht er die meisten Todesfälle, doch sind in der Schweiz in den letzten Jahren trotz regelmässiger Vergiftungen kaum noch Todesfälle aufgetreten, da heute eine rasche Notfallpilzdiagnostik und eine geeignete medizinische Behandlung zur Verfügung stehen, im Extremfall bis zur Lebertransplantation. Die Behandlung beruht vor allem auf der Wirkung von Silibinin, einem Extrakt der Früchte der Mariendistel *Silybum marianum*, welches die Aufnahme des leberzerstörenden Pilzgiftes Amanitin erschwert und dabei auch den enterohepatischen Kreislauf unterbindet, sodass auch kein Toxin mehr via Galle erneut in den Darm gelangt (FLAMMER 2014, WIKIPEDIA.DE 2024a). Das Perfide beim Knollenblätterpilz-Syndrom ist die lange Latenzzeit: Erste Anzeichen wie etwa Bauchmerzen und allenfalls Erbrechen zeigen sich nach 6 bis 12 Stunden, und nach einem Tag liegt bereits eine Leberschädigung vor. Eine gezielte Behandlung mit Silibinin-Medikamenten begann Ende der 60er-Jahre. Zuvor gab es in der Schweiz zwischen 1951 und 1974 jährlich im Mittel 3,4 Todesfälle mit zwei Maxima von je 11 Todesfällen. Aufwühlend skurril und tragisch liest sich das Protokoll zu Selbstversuchen mit gebratenen Knollenblätterpilzen eines Arztes aus den 70er-Jahren bis 1981 (\pm mit Erfolg), um seine nicht anerkannte Behandlungsmethode zu beweisen (MONTHOUX 1982, FLAMMER 2008). Das Inselspital in Bern kann innerhalb von 6 bis 18 Stunden im Urin eine Vergiftung nachweisen. Zuvor erfolgt im Idealfall der mikroskopische Nachweis des Pilzes, welchen die kurzfristig beigezogenen drei ausgebildeten Mykologinnen wie BARBARA ZOLLER des Berner Pilzvereins in Rüstabfällen oder Speiseresten erbringen können. Da nebst Knollenblätterpilzen diverse andere Giftpilze eine Kombination von Vergiftungssymptomen, die als Syndrom bezeichnet werden, hervorrufen können – FLAMMER (2014) erwähnt achtzehn Syndrome – ist ein mikroskopischer Pilzartnachweis oft entscheidend. Zum Glück ergeben die Untersuchungen

oft sogenannte unechte Pilzvergiftungen durch essbare Pilze, welche bei den Betroffenen eine Unverträglichkeitsreaktion ausgelöst haben. Bekannt ist, dass verschiedene Pilze Schwermetalle und radioaktive Isotope anreichern können; dadurch verursachte Vergiftungserscheinungen konnten jedoch noch nie nachgewiesen werden.

Das tödliche Pilzgift Amanitin (es existieren vier Varianten) kommt in den drei Lamellenpilz-Gattungen *Amanita*, *Galerina* und *Lepiota* vor, welche systematisch, also evolutionär, völlig nicht verwandt sind und den Familien der Wulstlingsverwandten (Amanitaceae), der Champignonverwandten (Agaricaceae) bzw. der «Häublingsverwandten» (Hymenogastraceae) angehören (Abb. 8, Cladogram bei WIKIPEDIA.ORG 2024b). Zudem haben die Pilze dieser Gattungen unterschiedliche ökologische Ansprüche (Nischen): Während die Knollenblätterpilze der ersten Gattung in Symbiose mit Bäumen leben, sind die Giftschrömlinge und Gifthäublinge Verzehr von totem organischem Material. Mithilfe der Genomsequenzierung und der Entdeckung von zwei Genen für den Amanitin-Biosyntheseweg konnten LUO ET AL. (2022) zeigen, dass das gemeinsame Erbgut nicht auf vertikalen Gentransfer (sexuelle Kreuzung), sondern auf horizontalen Gentransfer (asexuell, Mechanismus unbekannt) zurückzuführen ist. Dieser ist eine der effektivsten und schnellsten Strategien für Organismen, neue Fähigkeiten zu erwerben. Wahrscheinlich erfolgte dieser Gentransfer über einen unbekannten Pilzspender eines Vorfahren.

Amanitin hat eine orale 50%-Letaldosis (LD_{50}) von 0,1 mg/kg; für eine erwachsene Person kann die Einnahme von 50 g *Amanita phalloides* tödlich sein. Die tödlich giftigen *Amanita*-Arten gehören zu den weltweit giftigsten Makropilzen. Die Wirkung des Amanitins beruht auf der Blockierung der Proteinsynthese der Leberzellen (LUO ET AL. 2022). Die Giftigkeit des heute synthetisierbaren Amanitins kann allerdings auch lebensbejahend eingesetzt werden, indem es, an spezifische Antikörper gekoppelt, zur Bekämpfung von Krebszellen dienen kann (MOLDENHAUER ET AL. 2012, HEIDELBERG PHARMA 2024).

Durch Mikropilze verursachte Gefahren

Mikropilze wurden auf unserer Exkursion verständlicherweise nur am Rande erwähnt, obwohl sie in enormer Anzahl ständige Begleiter waren. Gemäss FISHER ET AL. (2020) gibt es mindestens 6 Millionen Pilzarten, allermeistens Mikropilze, deren tiefgreifender Einfluss auf die globale Gesundheit, Biodiversität, Ökologie, Landwirtschaft, Produktion und biomedizinische Forschung bemerkenswert ist. Rund zweihundert Arten

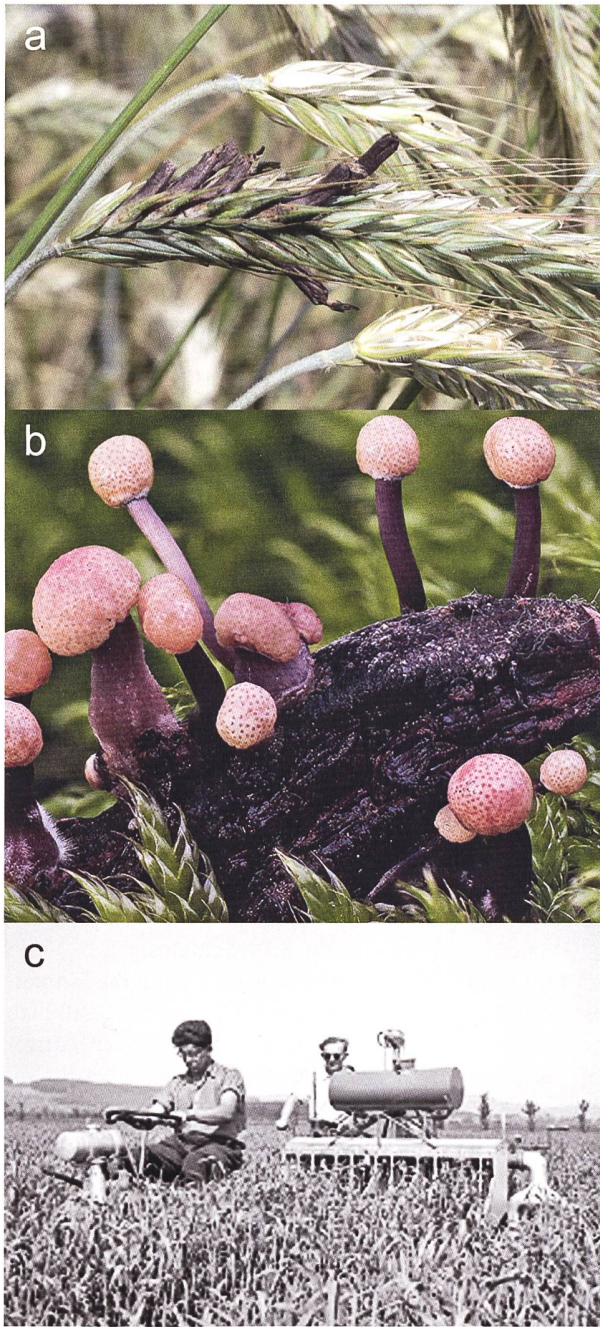


Abb. 9: Der Purpurrote Mutterkornpilz bzw. Rote Keulenpilz *Claviceps purpurea*.

a) Roggenähre mit Sklerotien («Mutterkorn»).

b) Aus einem Sklerotium herausgewachsene Stromata («Keulen») des Pilzes.

c) Mutterkorn-Impfmaschine während der 1940er-Jahre.

Fotos: F. X. Schubiger (a), M. Hoffmann (b), H. Marti (c)

zum NGB-Thema «Naturgefahren» bei Pilzen passt, aber auch ein Paradebeispiel ist, wie ein giftiger Pilz uns Nutzen brachte. Wir haben natürlich diesen phytopathogenen Pilz auf unserer Waldexkursion nicht gefunden. Dass er aber bis vor wenigen Jahrzehnten wenige Kilometer weiter östlich im Emmental gar gezüchtet wurde, wird später erläutert.

Die an Roggen (wie auch anderen Gräsern) sich bildenden Sklerotien (Abb. 4a) enthalten eine grössere Anzahl vom Pilz erzeugte Alkaloide, die bei übermässigem Verzehr toxisch wirken. Ab dem 9. Jh. durchs ganze Mittelalter bis in die Neuzeit tauchte die durch mutterkornhaltige Kost ausgelöste Krankheit, der Ergotismus, seuchenartig auf. Beim Ergotismus kommt es aufgrund andauernder Durchblutungsstörung zum Absterben von Geweben und Gliedmassen und/oder zu Krämpfen, Tobsuchtanfällen und Halluzinationen. Eine Laienbruderschaft, aus welcher der Antonierorden hervorging, wurde im 11. Jh. allein zur Pflege und Hospitalisierung der an Ergotismus erkrankten Menschen gegründet. Seit dem 15. Jh. gibt es Rezepte, in welchen Mutterkorn für Gebärmutterbeschwerden und einiges später als Wehenmittel eingesetzt wurden. Diese historischen Grundlagen und vor allem die nun kurz zusammengefasste Geschichte der Isolierung, Charakterisierung, Synthese und Anwendung bis zu der sich daraus ergebenden Entwicklung moderner Psychopharmaka und anderweitiger Medikamente sind bei PETERSEN (2023) in einer sechsteiligen Serie äusserst spannend unter dem aussagekräftigen Titel «Der rote Keulenkopf – die erstaunliche Karriere eines Pilzes» zusammengetragen worden.

Im 19. Jh. wurden Extrakte und zu Beginn des 20. Jh. kristalline Präparate aus Mutterkorn gewonnen, welche als Medikamente in der Gynäkologie und Geburtshilfe eingesetzt wurden. Die blutdrucksteigernde Wirkung des damals entdeckten und synthetisierten Adrenalins konnte durch Ergotalkaloide umgekehrt werden. 1918 wurde bei der Sandoz AG in Basel das erste Ergotalkaloid, das Ergotamin, synthetisiert und danach gynäkologisch, bei der Geburtshilfe und bei akuten Migräneanfällen eingesetzt. Als festgestellt wurde, dass alle bekannten Ergotalkaloide als Baustein die Lysergsäure

können mit dem Menschen als Kommensalen und Mitglieder unseres Mikrobioms oder als Krankheitserreger, die Infektionskrankheiten verursachen, verbunden sein.

Als Beispiel unter den berüchtigtsten giftigen Mikroorganismen sei hier eingehender der Purpurrote Mutterkornpilz bzw. Rote Keulenpilz *Claviceps purpurea* vorgestellt, da dieser, zumindest aus historischer Sicht, am besten

enthielten, bewog dies ALBERT HOFMANN in Basel, daraus das psychotrope Derivat Lysergsäurediethylamid LSD zu synthetisieren. Dies war der Auslöser für die spätere Entwicklung diverser Psychopharmaka, aber auch vielfältigster anderer Medikamente.

Der Bedarf an Mutterkorn war so gross, dass die USA bereits 1919 112 t importierten. Mitte der 30er-Jahre initiierte Sandoz in der Schweiz ein eigenes Mutterkornkultivierungsprojekt, um den gesteigerten Bedarf zu decken. Im Emmental, einem für Roggenanbau idealen Anbaugebiet, und später während des Krieges in weiteren Kantonen, wurde ein bis ins Detail der einzelnen Prozessschritte geplantes Programm durchgeführt (Abb. 9). 1950 betrug die Sklerotienproduktion rund 50 t. Für Sandoz, welche ± eine Monopolstellung im Geschäftssegment des Mutterkorns erlangte, war vorerst eine Produktion durch vollständige chemische Synthesen der Ergotalkaloide aussichtslos und Kultivierungsversuche brachten nicht den entsprechenden Erfolg. Zur 1960 in Italien gelungenen Produktion eines Lysergsäurederivates in einer Flüssigkultur, aus der sich einfach Lysergsäure gewinnen liess, schreibt PETERSEN (2023): «Das Knallen der Proseccokorken in Rom und Mailand war bis nach Basel zu hören, wo es den Wissenschaftlern am Rheinknie durch Mark und Bein ging.» Allerdings schafften die Basler danach ein idealeres Fermentationsprodukt, welches ihnen ökonomisch zu diversen Medikamenten verhalf.

Heute kennt man auch genetische Grundlagen des Roten Keulenpilzes *Claviceps purpurea* und dessen Biosynthesewege der Ergotalkaloide. Erstaunlich ist, dass man verschiedentlich nachweisen konnte, dass historisch dokumentierte Fallzahlen von Hexerei bzw. Hexenverfolgungen mit Ergotismuswellen korrelierten, wenn regionale klimatische Bedingungen herrschten, die in Anbaugebieten von Roggen die Mutterkorninfektionen begünstigten. In hoch entwickelten Ländern ist dank Einsatz von Fungiziden und anderen agrartechnischen Massnahmen Mehl nur noch selten grenzwertüberschreitend kontaminiert. Gelegentliche Ergotismusausschübe in Entwicklungsländern zeigen, dass Ergotismus heute eine armutsassoziierte Krankheit ist. Häufiger taucht Ergotismus bei Weidetieren auf, welche kontaminierte Futtergräser zu fressen bekommen.

Ich erlaube mir, PETERSENS (2023) eindrückliches Schlusswort zu zitieren: «Die Metabolite aus dem Mutterkorn haben Menschen vergiftet, getötet, geängstigt, ins Elend gestürzt, zusammengeführt, geheilt, neugierig gemacht, überrascht, eines Besseren belehrt, eingebracht, irritiert, überwältigt – und die medizinische Praxis revolutioniert. Sie schärfen den Blick auf den menschlichen Körper und veränderten unser Selbstbild

für immer. Keine andere Mikrobe hat es vermocht, vergleichbare Entwicklungen in Gang zu setzen. Dieses Räderwerk ist noch heute in Bewegung.»

Nach FISHER ET AL. (2020) werden die Auswirkungen *humanpathogener Mikropilze* meist unterschätzt, obwohl diese jährlich Milliarden Menschen infizieren und über 1,5 Millionen Menschen töten. Personen mit geschwächtem Immunsystem sind anfälliger für Infektionen. Die moderne Medizin hat mit dem Einsatz von Immunsuppressiva, Chemotherapien und Kathetern die Gefahr fungizider Infektion erhöht. LENTNER (1992) stellt bereits über 120 humanpathogene Pilze vor. Die WHO (2022) ordnet in ihrer Liste der prioritären Pilzerreger vier Pilze in die bedrohlichste Gruppe ein: *Cryptococcus neoformans*, *Candida auris*, *Candida albicans*, drei Hefen, und der Schimmelpilz *Aspergillus fumigatus*, welche sich bei Immunsystemgeschwächten im Körperinneren tödlich auswirken können. Allein in den USA belaufen sich die Kosten von Pilzinfektionen jährlich auf geschätzte 7 Milliarden Dollar. Auch aufgrund zunehmender Antimykotikaresistenzen laufen auf breiter Basis grosse Anstrengungen zur Entwicklung von Pilzimpfstoffen (MORAIS INÁCIO ET AL. 2023).

Weltweit verursachen über 19 000 *phytopathogene Pilze* Krankheiten bei Nutzpflanzen (JAIN ET AL. 2019). Diese haben bei uns abschreckende Namen wie Feuerbrand, Blattfäule, Krautfäule, Blattrost, Gitterrost, Apfelschorf sowie falscher und echter Mehltau. Jedem Landwirt ist bewusst, dass bei nicht oder zu spät beachtetem Pilzbefall (insbesondere bei genetisch einheitlichen Monokulturen) verheerende Schäden entstehen können. Deshalb müssen vielerorts Kulturen bereits prophylaktisch mehrfach mit Fungiziden behandelt werden, welche nicht artspezifisch wirken und somit auch nützlichen (Boden-)Pilzen schaden können. Sich einstellende Resistenzen erfordern Änderungen der Spritzmittel. Kulturpflanzen, welche gentechnisch verändert und somit gegen eine Pilzinfektion immun wurden, dürfen aber (unverständlicherweise) in der Schweiz nicht angepflanzt werden. So wurde an der ETHZ + Uni Bologna vom Wildapfel ein Gen, welches den durch den Ascomyceten *Venturia inaequalis* verursachten Schorf verhindert, gentechnisch in den Galaapfel transferiert, sodass die bis 15-fachen Spritzungen nicht mehr notwendig sind. In Deutschland und den Niederlanden wachsen diese Bäume und in der Schweiz sind sie verboten ... (BELFANTI ET AL. 2004). Förster und Stadtgärtner denken bei «Naturgefahren» in erster Linie an Pilze, die Bäume zum Absterben bringen oder die sie so schwächen (innen aushöhlen), dass sie nicht mehr sturmfest sind und von Sturmböen (Lothar!) leicht umgeworfen werden können.

Ökologische und ökonomische Bedeutung der Pilze

Pilze sind wie alle Lebewesen stets in enger Beziehung zu Bakterien und/oder Archebakterien und allenfalls Eukaryoten wie Pflanzen, Pilzen und Tieren (DIGHTON & WHITE 2017, HEITMAN ET AL. 2018). Diese Beziehungen können symbiontisch sein, zum gegenseitigen Nutzen bzw. in gegenseitiger Abhängigkeit, oder parasitär, indem man ausbeutet bzw. ausgebeutet wird. Diese Beziehungen von vorteilhaft bis schädlich gibt es in allen Stufen und sie können je nach äusseren oder zeitlichen Bedingungen stark variieren. Orchideensamen, welche meist sehr klein sind (man denke an die schwarzen Punkte einer Vanilleglace) und keine Reservestoffe enthalten, schmarotzen während der Keimphase an einem Pilz, bis sich mit dem Beginn der Fotosynthese allmählich \pm ein symbiontisches Gleichgewicht des Gebens und Nehmens einstellt.

Mykorrhiza, als symbiontische Vereinigung von Pilzmyzel mit Pflanzenwurzeln, wurde 1876 von ÉMILE BODIER vorerst bei der Hirschrüffel als möglicher Parasitismus des Pilzes an Bäumen beschrieben, bis 1885 BERNHARD FRANK das gemeinsame «Organ» als «Pilzwurzel Mycorrhiza» und Symbiose, bei welcher das Myzel dem Baum «Ammendienste» leistet, bezeichnete (DÖRFELT & HEKLAU 1998). Physiologische Nachweise, was und wie Pilze mit den Wurzeln austauschen, erfolgten erst im 20. Jh. und sind immer noch Gegenstand der Forschung. Zwar ist üblich, dass Pflanzen den Pilzen dank der Fotosynthese organisches Material zur Verfügung stellen und Pilzhyphe den Wurzeln Mineralien und Wasser überreichen, doch variieren diese Symbiosenfunktionen und -Abhängigkeiten sehr. Weder Pilz noch Pflanze leiden unter einem Helfersyndrom, wie es gerne überspitzt in populärwissenschaftlichen Publikationen geschildert wird. Doch komplexe gegenseitige Beeinflussungen führen zu spezifischen Stoffwechsel- und Strukturveränderungen beider, wie es reviewartig ausführlich bei WIKIPEDIA.ORG (2024c) dargestellt wird. Während vorerst Mykorrhiza nur bei Bäumen beschrieben wurden, weiss man heute, dass etwa 90% der Pflanzen Mykorrhiza aufweisen, was aufzeigt, dass Pilze eine überragende Bedeutung für die natürliche Pflanzenwelt wie auch die Agrarwirtschaft haben. Wenige Pilze bilden nur mit einzelnen oder wenigen Pflanzenarten Mykorrhizen, viele verbinden sich (gleichzeitig) mit verschiedenen gleich- und fremdartigen Pflanzen, sodass auch Stoffwechselprodukte und gar Signal(stoff)e bezüglich Parasiten oder Herbivoren von Pflanze zu Pflanze gelangen können. Von den sechs Grundtypen der Mykorrhiza ist die Arbuskuläre Mykorrhiza, bei der die Hyphe

bäumchenartig in Wurzelzellen eindringen, weitaus die häufigste; sie kommt nur bei den Glomeromycota vor (PIEPENBRING 2022, Abb. 10a–b, siehe auch Abb. 3). Eine umfangreiche Studie zeigte auf, dass der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sich anschliessend im Boden wesentlich negativ auf Arbuskuläre Mykorrhiza-Pilze auswirkt (EDLINGER ET AL. 2022). Mykorrhiza-Pilze spielen zudem eine wesentliche Rolle bei der Verhinderung von Hangrutschungen, da sie einerseits Bodenaggregate mittels Myzel mechanisch und durch Stoffwechselprodukte chemisch verfestigen und andererseits das Wurzelwachstum von Pflanzen fördern (GRAF & RICKLI 2017).

Die meisten Blätterpilze bilden keine Mykorrhizen, sie sind saprotroph, d. h., dass sie sich von totem organischem Material ernähren. Eine riesige Anzahl von Mikropilzen sind auch zu diesen Saprobionten zu zählen, welche wiederum im Substrat mit weiteren Mikroben in Verbindung stehen und somit bedeutsam als Zersetzer und Mineralisierer wirken.

Wie bei den Mykorrhizen handelt es sich auch bei den Flechten um Symbiosen von Pilzen mit Photobionten, hier mit Grünalgen oder Cyanobakterien (Archebakterien) (Abb. 10c). Der St. Galler SIMON SCHWENDENER erfasste 1873 als Professor der Botanik in Berlin in seiner Arbeit «Die Flechten als Parasiten der Algen» als Erster, dass bei Flechten Algen mit Pilzen eng zusammenleben. Der berühmte Mykologe ANTON DE BARY prägte darauf beruhend 1878 den Begriff Symbiose, dies im Sinne von gegenseitig dienlich bis parasitisch, also für alle Arten des koevolutionär entstandenen Zusammenlebens (DÖRFELT & HEKLAU 1998). Die Symbiose von Pilzen mit Cyanobakterien und Algen deutet darauf hin, dass Flechten bereits früh-evolutionär bei der Landerobierung (wie auch heute in kargen Gebieten) eine wesentliche Rolle spielten.

Bei all den möglichen Krankheiten und Vergiftungen, die durch Pilze verursacht werden und zuvor schon dargestellt wurden, hat das NGB-Thema «Naturgefahren» durch Pilze seine Berechtigung. Der etwas relativierende Titel des vorliegenden Berichts, «Pilze – gefährlich, aber vor allem nützlich», soll immerhin zeigen, dass uns Pilze im Übermass Nutzen bringen, wir gar ohne sie nicht existieren könnten, wenn wir u. a. an unser Darmmikrobiom denken, in welchem «Pilze womöglich Dirigenten sind»: «Bestimmte Bakterien inhibieren Pilze, bestimmte Pilze inhibieren bestimmte Bakterien. Aber viele kooperieren auch, um zusammen dann einen sogenannten gemischten Biofilm zu bilden, der dann wieder schützt vor pathogenen Mikroorganismen»; sie beeinflussen das Immun- und das Nervensystem (WESTERHAUS 2023).

Nur kurz, wo uns Pilze auch nützen: Speisepilze (inkl. der Zuchtpilze), Hefen für Gebäcke und Getränke (Bier,

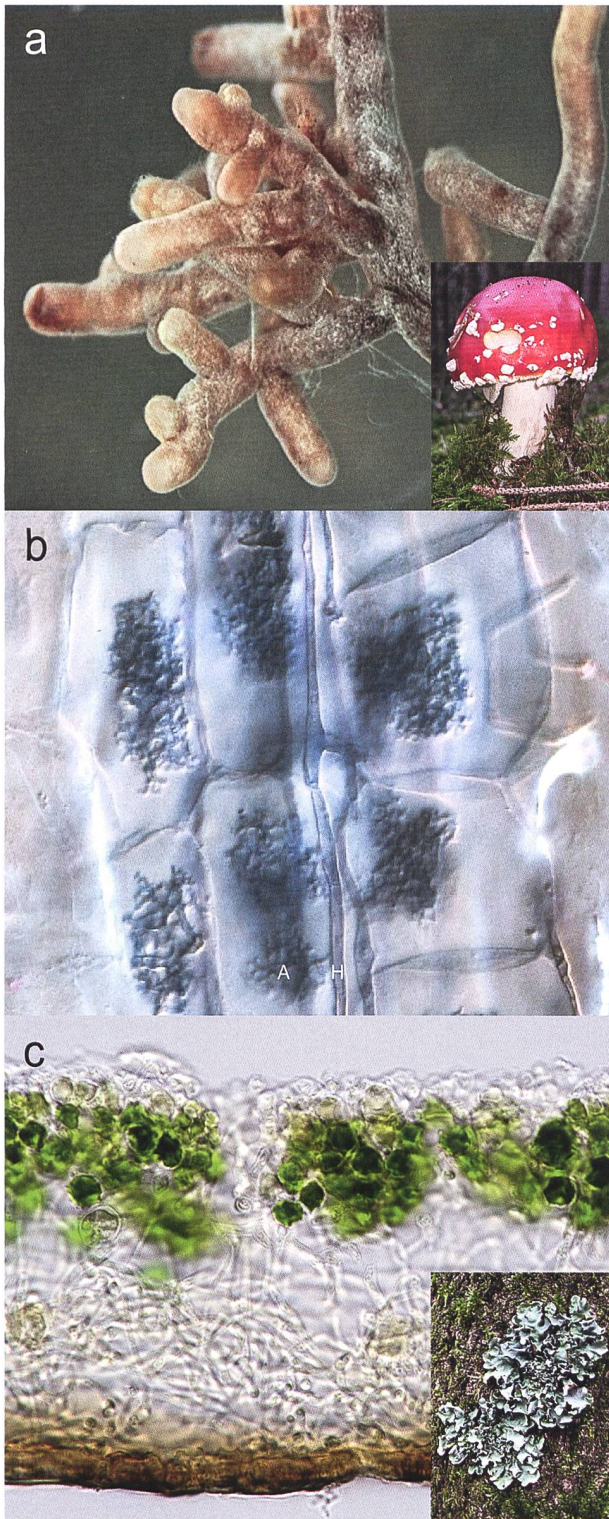


Abb. 10: Symbiosen bei Pilzen.

- a) Ektomykorrhiza eines *Amanita*-Pilzes. Rechts: Fliegenpilz *Amanita muscaria*.
b) Endomykorrhiza/Arbuskuläre Mykorrhiza eines *Glomeromycota*-Pilzes. H: Hyphe zwischen den Wurzelzellen. A: bäumchenartiger Arbuskel.
c) Querschnitt einer Breitlappigen Schüsselflechte *Parmotrema perlatum* mit Hyphen und eingelagerten Grünalgen *Trebouxia* sp. Rechts: Entsprechende Flechte auf einer Eichenrinde.

Fotos: E. Larsson, Univ. Gothenburg (a1), G. Adamek (a2), A. Schüssler (b), R. Wagner (c)

wähnt, werden Pilze zur Entwicklung von Medikamenten, Produktion von Chemikalien und neuerdings auch von Baustoffen eingesetzt.

Dass bernische Mykologinnen und Mykologen in Vergangenheit und Gegenwart viel zur Kenntnis von Pilzen und deren Schaden und Nutzen beigetragen haben, soll in einem letzten Abschnitt dargestellt werden.

Bernische Mykologie

Im Kanton Bern gibt es über 20 Pilzvereine. Der Verein für Pilzkunde Bern wurde 1910 als erster Pilzverein der Schweiz gegründet (vorerst mit dem Namen «Pilzensportverein Bern»). Sicher gab es schon Jahre zuvor vielerorts in der Schweiz Gruppen von Pilzinteressierten, die voneinander Kenntnis hatten, respektive bereits vernetzt waren, so auch in Bern, denn bei der Vereinsgründung waren bereits dreizehn Personen dabei und sieben liessen sich entschuldigen. Ziel und Zweck gemäss damaligen Statuten waren: Kenntnis essbarer und giftiger Schwämme; Zubereitung, Konservierung und Verwendung der Pilze als allgemeines Volksernährungsmittel; aber auch Schaffung einer Fachbibliothek, Vorträge zur Weiterbildung, Pilzausstellungen. Die Bedeutung des heutigen Vereins zeigt sich auch dadurch, dass etliche Mitglieder in Bern und Umgebung Pilzkontrollen durchführen (und von den knapp hundert Mitgliedern die Hälfte die schweizerische Pilzkontrolleur-Prüfung bestanden hat). Heute werden auch Kurse mit Exkursionen angeboten, Kartierungsgebiete ausgeschieden und Fundmeldungen ans nationale Datenzentrum Swiss-Fungi für den Verbreitungsatlas der Pilze der Schweiz weitergeleitet.

Im Berner Pilzverein waren und sind zurzeit etliche Mitglieder auch wissenschaftlich und als Buchautoren aktiv, so etwa EDUARD FISCHER, ERNST HABERSAAT, WERNER WASEM, HANS MAUCH, KONRAD LAUBER, KLAUS AMMANN, HEINZ CLÉMENÇON und BEATRICE SENN-IRLET. In der Folge wird ein

Wein), gewisse Käsesorten – bei WIKIPEDIA.DE (2024b) sind 58 Mikropilzarten aufgelistet, die in der Lebensmittelherstellung Verwendung finden. Wie z.T. bereits er-



Abb. 11: Bernische Mykologin und Mykologen der Geschichte und Gegenwart.

- 1. Reihe:** Albrecht von Haller (1708–1777), Ludwig Emanuel Schaerer (1785–1853), Jakob Gabriel Trog (1781–1865), Gustav Otth (1806–1871).
- 2. Reihe:** Bernhard Studer-Steinhäuslin (1847–1910), Ludwig Fischer (1828–1907), Eduard Fischer (1861–1939), Ernst Gäumann (1893–1963).
- 3. Reihe:** Franz von Tavel (1863–1941), Ernst Habersaat (1874–1945), Walter Rytz (1882–1966), William-Henri Schopfer (1900–1962).
- 4. Reihe:** Werner Wasem (1903–1982), Eduard Frey (1888–1974), Urs Leupold (1923–2006), Jürg Kohli.
- 5. Reihe:** Klaus Ammann (1940–2023), Heinz Cléménçon, Beatrice Senn-Irlet, Christoph Scheidegger.

kleiner geschichtlicher Abriss der Berner Mykologie gegeben, der aufzeigen soll, dass Berner Pilzkundige Wesentliches zur Mykologie und deren Bekanntmachung beigetragen haben. Zur *Abb. 11* und zu den vorgestellten Persönlichkeiten werden hier keine Quellenangaben aufgeführt, doch sind diese unter **BERNER MYKOLOGIE** (2024) erhältlich.

ALBRECHT VON HALLER (1708–1777) war der Berühmteste, welcher in seinen zwei umfangreichen Büchern «Enumeratio methodica stirpium Helvetiae» (1742) (333 Publikationen verwendend und mit einer riesigen Anzahl Personen in Verbindung stehend) und «Historia stirpium indigenarum Helvetiae inchoata» (1768) erstmals vollständige Schweizer Floren veröffentlichte. Darin beschreibt er knapp 600 Pilze (inkl. Schleimpilze) und Flechten mit einer von LINNÉ abweichenden Systematik und dessen binäre Nomenklatur ablehnend. HALLER als Mykologe und Lichenologe wurde eingehend gewürdigt (EDUARD FREY hat gar dessen immenses, in Paris aufbewahrtes Herbar untersucht), doch wäre eine Aufarbeitung der Hallerschen Artenbeschreibung lohnenswert, da er Umschreibungen, aber nicht Kurznamen benutzte. Für zwei Flechten und sechs Pilze nennt er den Fundort «in sylva *Sedelbach*». Da haben wir auf unserer Sädelbach-Exkursion wohl z. T. an den gleichen «Myzel-Bäumen» «Früchte» geerntet wie HALLER damals vor knapp 300 Jahren.

LUDWIG EMANUEL SCHAEERER (1785–1853) war Pfarrer in Belp und Mitbegründer der Bernischen und Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Er war auch als Lehrer aktiv und studierte Botanik in Bern und Deutschland. Mit seinen zwei Werken «Lichenum helveticorum spicilegium» und «Enumeratio critica lichenum europaeorum» und seinen 650 heute in Genf aufbewahrten Exsikkaten gilt er als der wichtigste Schweizer Lichenologe des 19. Jh. Nach ihm wurden eine Gattung und 19 Flechtenarten benannt.

Der bekannteste Berner Lichenologe der ersten Hälfte des 20. Jh. ist EDUARD FREY (1888–1974). Er unterrichtete als Primar- und Sekundarlehrer und schliesslich am Lehrerinnenseminar in Bern. Durch seine Disserta-

tion über Flechten im Grimselgebiet und seine weiteren Aktivitäten galt er als der beste schweizerische Kenner der alpinen Flechten. Mit seinen gegen 50 vor allem auf Flechten bezogenen Publikationen hat er die Schweizer Lichenologie des 20. Jh. nachhaltig geprägt.

FREYS umfangreiche Flechtensammlung wurde zwei Jahrzehnte, während denen an der Universität Bern unter KLAUS AMMANN (1940–2023) bis 1996 Flechtenforschung betrieben wurde, vorerst in Bern aufbewahrt, danach nach Genf übergeführt. Unter AMMANN wurde sowohl chemotaxonomische als auch umweltbezogene Lichenologie betrieben. Aus dieser Forschungsgruppe ging auch CHRISTOPH SCHEIDEGGER hervor, welcher an der Universität Bern eine Professur hatte und während Jahren bei der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL lichenologisch aktiv war und neustens in Kooperation das Standardwerk «Flechten der Schweiz» verfasste.

Für die Mykologie der Makropilze im 19. Jh. waren drei Berner hervorstechend, JAKOB GABRIEL TROG, GUSTAV OTTH und BERNHARD STUDER-STEINHÄUSLIN.

Der Thuner Apotheker JAKOB GABRIEL TROG (1781–1865), welcher 1798 in der Schlacht von Neuenegg als Feldapotheker diente und danach in Frankreich eine breite naturwissenschaftliche Ausbildung absolvierte, beschäftigte sich vorerst mit Botanik, bis er sich nach dem Rückzug aus politischen Ämtern und dem Geschäft eingehendst mit Pilzen beschäftigte. Bereits im ersten Jahr der Naturforschenden Gesellschaft Bern berichtete er 1843 in deren Mitteilungen von «Mykologischen Wanderungen» um Thun, welche der heutigen Pilzkartierung noch nützlich sind; interessant ist allerdings auch, wie er sich die (uns eher exotisch erscheinende) Bildung von Hexenringen («Hexentanz») erklärte, selbst wenn ihn, trotz eigener Experimente, seine Vermutungen nicht ganz befriedigten. Sein Herbar und seine Pilz-exsikkate (1853 soll seine Sammlung 2375 Arten umfassen) wurden mitsamt seinen Aquarellen, die BEATRICE SENN-IRLET gewürdigt hat, der Universität Bern überreicht. Berühmt wurde TROG nebst einzelnen Publikationen durch seine drei Werke «Die essbaren, ver-

dächtigen & giftigen Schwämme der Schweiz» (1845 und 1866), mit Bildtafeln des Berner Kunstmalers JAKOB CHRISTIAN BERGNER, «Tabula analytica fungorum in epicrisi seu synopsi hymenomycetum Friesiana descriptorum» (1846) und «Die Schwämme des Waldes als Nahrungsmittel» (1848).

Wenn im Adressbuch der Stadt Bern von 1871 «Otth Gust., Hauptmann, alter Holzm. 244» steht, heisst das, dass sich der Mykologe GUSTAV OTTH (1806–1871) kurz vor seinem Tod und 20 Jahre nach seiner Rückkehr in die Schweiz aus Kriegsdiensten zu Gunsten des neapolitanischen Königs immer noch als Hauptmann sah und am Alten Holzmarkt 244 (heute Waisenhausplatz 4) lebte, wo er seine ausserordentliche Pilzforschung betrieb. Ohne eigentliche naturwissenschaftliche Ausbildung beobachtete er Naturphänomene für seinen entsprechend ausgebildeten Bruder in Bern; die pilzkundliche Karriere begann 1850, als er in Ortbühl bei Steffisburg wohnend mit TROG in engen Kontakt kam. Teils nach Natur und teils nach einschlägigen Pilzwerken malte er über 1600 Pilztafeln, die PETER VON BALLMOOS verdankenswert digitalisierte (<http://www.botany.unibe.ch/gallery/otth.php>). Er schrieb Nachträge zu Trog's Verzeichnis schweizerischer Schwämme, wo er auch neue Arten beschrieb (die sich z.T. auch nicht verifizieren liessen). Auch ihm wurden einige Artnamen gewidmet.

BERNHARD STUDER-STEINHÄUSLIN (1847–1910) führte mit seinem Vater und seinem Bruder eine Apotheke am heutigen «Loebegge». Nebst vielen pharmazeutischen schrieb er über 30 mykologische Publikationen, darunter die zwei Bücher «Die wichtigsten Speisepilze, nach der Natur gemalt und beschrieben» (mit eigenen Aquarellen) und «Leuba's Pilztafeln – Beschrieben und erläutert durch Bernhard Studer». Er initiierte die Pilzkontrolle auf dem Berner Pilzmarkt. Seine über 1000 Aquarelle befinden sich wie diejenigen von Otth in der Sammlung des Botanischen Gartens.

Einige an der Universität Bern wissenschaftlich mykologisch Arbeitende sollen noch kurz hervorgehoben werden. In der zweiten Hälfte des 19. Jh. wurde der Botaniker LUDWIG FISCHER (1828–1907) durch die sieben stets erweiterten Auflagen der «Flora von Bern» bekannt, welche durch seinen Sohn EDUARD und WALTER RYTZ bis zur 10. Auflage (1944) weitergeführt wurde. Er war ein guter Kryptogamenforscher und hat ein «Verzeichniss der in Bern's Umgebungen vorkommenden kryptogamischen Pflanzen» erstellt, in welchem er auch über 200 Flechten mit ihren Fundorten aufführte. Sein Manuskript enthielt auch ein Verzeichnis der Algen und Pilze, doch erschien ihm dieses bei seiner «fast ängstlichen Gewissenhaftigkeit» für eine Publikation zu wenig abgeschlossen.

Sein Sohn EDUARD FISCHER (1861–1939) war mit seinen 250 mykologischen Publikationen weniger publikations-ängstlich. Er selbst doktorierte bei HEINRICH ANTON DE BARY in Strassburg, dem «Begründer der modernen Mykologie». Als Professor der Botanik und Rektor der Universität Bern (wie sein Vater zuvor) begleitete er nicht weniger als 40 Doktoranden. Mit stinkmorchelartigen «Phalloiden» aus aller Welt beschäftigte er sich über ein halbes Jahrhundert, verfasste darüber über 20 schriftliche Beiträge und referierte darüber u.a. bei der Berner Botanischen Gesellschaft und beim Pilzverein Bern. Seine Hauptbeschäftigung waren phytopathologische Pilze, insbesondere die Rostpilze. So entstanden zwei Standardwerke, «Die Uredineen der Schweiz» und zusammen mit seinem Ex-Doktoranden ERNST GÄUMANN «Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze».

Der Lysser ERNST GÄUMANN (1893–1963) schrieb seine Dissertation über den Falschen Mehltau *Peronospora parasitica*, der bei Nutzpflanzen der Familie Kreuzblütler (Brassicaceae), z.B. bei den Kohlarten, grossen Schaden verursachen kann. Seine experimentell untersuchten «Formen» sind heute verschiedendste Arten. Sein damals auf der heutigen Modellpflanze Schotenkresse/Schmalwand *Arabidopsis Thaliana* (damals *Stenophragma Thalianum*) wachsender Mehltau könnte der heutige Modellwirtspilz *Hyaloperonospora arabidopsis* sein. Wie die beiden FISCHERS verbrachte GÄUMANN nach seiner Dissertation einige Jahre im Ausland, so in Schweden, den USA und auf Java, bis er schliesslich fast 40 Jahre an der ETH in Zürich lehrte. Auch er war Verfasser von 250 Publikationen und betreute 82 Doktoranden. Herausragende Werke waren wie erwähnt «Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze», ferner «Die Pilze», «Die pflanzliche Infektionslehre» und «Die Rostpilze Mitteleuropas». Nebst dem, dass er Ehrenmitglied der NGB war, wurden ihm viele Ehrungen zuteil, so vier Ehrendoktoren und der Marcel-Benoist-Preis.

FRANZ VON TAVEL (1863–1941) machte in Bern das Gymnasiallehrer-Examen und danach 1886 bei DE BARY in Strassburg eine Dissertation über phytopathogene Ascomyceten. Nach weiteren Studien in Deutschland erhielt er eine Anstellung am Polytechnikum in Zürich, wo er sein sehr beachtetes Buch «Vergleichende Morphologie der Pilze» publizierte. Interessanterweise sprach er darin wie andere renommierte Mykologen, jedoch im Gegensatz zu DE BARY, den Pilzen eine Sexualität ab. Er liess sich schliesslich zum Heilsarmee-Offizier ausbilden und legte dann in Bern das zurzeit in der Schweiz grösste private Farn-Herbarium von weitaus mehr als 10000 Blättern an, welches heute in der Sammlung des Botanischen Gartens ist und einer wissenschaftlichen Auswertung harret.

Der Ordinarius für Botanik WALTER RYTZ (1882–1966) hat ebenfalls bei EDUARD FISCHER doktortiert und 15 mykologische Publikationen veröffentlicht. Seine Forschungen waren aber breit botanisch ausgelegt, schwerwichtig pflanzengeographisch. Zeitgleich mit RYTZ arbeitete der aus der Romandie stammende WILLIAM-HENRI SCHOPFER (1900–1962), welcher physiologisch-biochemische Untersuchungen bei Pilzen durchführte und mit mehreren Ehrendokortiteln geehrt wurde. Schliesslich forschten in Bern die zwei Mikrobiologen URS LEUPOLD (1923–2006) und sein Doktorand und späterer Nachfolger JÜRG KOHLI auf dem Hefe-Pilz *Schizosaccharomyces pombe*. «The Swiss scientist URS LEUPOLD is considered the father of *S. pombe* genetics»; 50 Jahre nach LEUPOLDS ersten Untersuchungen trafen sich 440 Forschende aus 160 Laboratorien zu einem *S. pombe*-Meeting in Edinburgh, worin sich die Bedeutung dieser ersten Arbeiten Leupolds zeigt.

Bei Makropilzen haben sich zwei weitere profiliert. Der Bieler HEINZ CLÉMENÇON hatte eine Professur für Kryptogamie an der Universität Lausanne. Er promovierte bei SCHOPFER in Bern, allerdings nicht auf Pilzen. Er war zwar Mitglied der Pilzvereine Biel und Bern, doch erst im Postdoc-Aufenthalt in Michigan (USA) arbeitete er sich forschungsmässig in die Mykologie ein. Schwerpunktmässig arbeitete er zur Morphologie und Anatomie der Pilze, woraus auch das tausendseitige Buch «Anatomie der Hymenomyceten» entstand. Ebenfalls in Bern promovierte BEATRICE SENN-IRLET über alpine Makromyceten. Sie unterrichtete an diversen Hochschulen als PD Mykologie. Bei der WSL in Birmensdorf baute sie seit 2000 u.a. die schweizerische Pilzkartierung auf. Vor Kurzem erschien von ihr in Kooperation das Buch «Ascomyceten der Schweiz – seltene und wenig dokumentierte Arten».

Vom Verein für Pilzkunde Bern haben sich vier Mitglieder durch die Veröffentlichung von Pilzbestimmungsbüchern hervorgetan. Der bekannteste ist ERNST HABERSAAT (1874–1945), naturwissenschaftlich ausgebildeter Sekundarlehrer und Zeichenlehrer am Progymnasium Bern. Er war sowohl im Berner Verein wie auch im Verband Schweizerischer Vereine für Pilzkunde sehr aktiv und galt als «Schweizerischer Pilzvater». Er hat über 2400 Pilzaquarelle erstellt, die der Berner Verein dem Stadtarchiv überreichte. Sein populäres «Schweizer Pilzbuch» erschien in 11 Auflagen, ebenso auf Französisch wie auch Romanisch. Posthum erschien sein umfangreiches Bestimmungsbuch «Schweizer Pilzflora». WERNER WASEM (1903–1982), wie HABERSAAT Präsident des Berner Pilzvereins, veröffentlichte mit Pilztafeln des Malers ERNST MUSTER «Mein Pilzbuch». Waseem hat während über zwanzig Jahren monatlich in einer Zeitschrift

für Jäger, Fischer und Naturfreunde doppelseitige mykologische Artikel geschrieben und mit beliebten Kursen an der Volkshochschule die Kenntnis der einheimischen Pilzarten gefördert. 1974 veröffentlichten HANS MAUCH (†2003) und KONRAD LAUBER (1927–2004) das Hallwag-Taschenbuch «Unsere Pilze» erstmals mit Farbfotografien.

Ausblick

Pilze mit «Naturgefahren» in Verbindung zu bringen, ist sicherlich berechtigt, denn wie in diesem Bericht dargestellt wurde, treten Pilzvergiftungen immer wieder auf. Dank vorbeugenden Massnahmen wie Pilzkontrollen, breite Aufklärung durch Pilzvereine und gute medizinische Diagnostik sind tragische Auswirkungen stark eingeschränkt worden. Allerdings können pathogene Mikropilze, insbesondere für Immunsystemgeschwächte, immer noch sehr bedeutsam sein. Seuchenartiges Auftreten von humanpathogenen Pilzen im Ausmass der erwähnten Mutterkorn-Vergiftungen kennt man zurzeit nicht, doch wären solche Erscheinungen im phytopathologischen Bereich von Nutzpflanzen ohne Weiteres zu erwarten, wenn nicht massiv mit Fungiziden gearbeitet würde. Schädliche Nebenwirkungen und Resistenzen verlangen nach steter wissenschaftlicher Forschung.

In bernischen Landen wurde einst sehr breit mykologisch geforscht. Heute geschieht dies eher spärlich, doch Aufklärung bezüglich Giftpilzen und medizinischer Hilfe, landwirtschaftliche Schulung sowie Diagnostik und Anwendung im Nahrungsmittelbereich funktionieren gut. Angesichts des riesigen Potenzials der Pilzwelt ist zu hoffen, dass auch hier die Mykologie wiederum einen Aufschwung erleben wird. Dies könnte schliesslich auch unsere NGB aus ihrem mykologischen Dornröschenschlaf wecken.

Dank

BARBARA ZOLLER, ERICH HERZIG und BEATRICE SENN-IRLET danke ich herzlich für die sorgfältige Durchsicht und Ergänzungen des Berichts. Für überreichte Fotos danke ich bestens MICHAEL BACHMEIER, HEINZ CLÉMENÇON, MICHAEL HOFFMANN, ELLEN LARSSON (Univ. Gothenburg), TANJA MAJOR, PAUL MARTIGNOLI, HANS MARTI ARCHIV HEIMATVEREINIGUNG WIGGERTAL, PABLO SCHÄFER, FRANZ XAVER SCHUBIGER, ARTHUR SCHÜSSLER und RALF WAGNER. URSULA OHNEWEIN-LEUPOLD danke ich bestens für das Zurverfügungstellen der Originalpräparate von URS LEUPOLD.

Kontakt zum Autor: g.adamek@bluewin.ch

Literatur

- BECKER G. (1952). La vie privée des champignons. Stock, Paris. 199 p.
- BELFANTI E., SILFVERBERG-DILWORTH E., TARTARINI S., PATOCCHI A., BARBIERI M., ZHU J., VINATZER B.A., GIANFRANCESCHI L., GESSLER C. & SANSAVINI S. (2004). The HcrVf2 gene from a wild apple confers scab resistance to a transgenic cultivated variety. PNAS 101(3): 886-890. <https://doi.org/10.1073/pnas.0304808101>
- BENDEL M., KIENAST F., RIGLING D. (2006). Genetic population structure of three *Armillaria* species at the landscape scale: a case study from Swiss *Pinus mugo* forests. Mycol. Res. 110(6): 705–712. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.02.002>
- BENGTSON S., RASMUSSEN B., IVARSSON M., MUHLING J., BROMAN C., MARONE F., STAMPANONI M. & BEKKER A. (2017). Fungus-like mycelial fossils in 2.4-billion-year-old vesicular basalt. Nat Ecol Evol 1(6): 0141. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0141>
- BERNER MYKOLOGIE (2024). Eine Zusammenstellung von Literaturquellen zu bekannten Persönlichkeiten der bernischen Mykologie ist beim Autor dieses Berichts erhältlich.
- BFH (2023). Datenerhebung zum Klima und Bodenwassergehalt vom Juni bis September 2023 in Zollikofen. Berner Fachhochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen.
- BON M. (2005). Pareys Buch der Pilze. Franck-Kosmos, Stuttgart. 363 p.
- BREITENBACH J. & KRÄNZLIN F. (1981–2005). Pilze der Schweiz. Bd. 1–6. Mycologia, Luzern. 2123 p.
- CLÉMENTON H. (2020–2022). Acht Pilze näher betrachtet. VSP. 159 p.
- DIGHTON J. & WHITE J.F. (eds.) (2017). The fungal community: its organization and role in the ecosystem. 4th ed. Part VI: Fungal-faunal interactions. Part IX: Fungal Signaling and communication. CRC / Tayler & Francis, Boca Raton / Abingdon-on-Thames.
- DÖRFELT H. & HEKLAU H. (1998). Die Geschichte der Mykologie. Einhorn, Schwäbisch-Gmünd. 573 p.
- EDLINGER A., GARLAND G., HARTMAN K., BANERJEE S., DEGRUNE F., GARCÍA-PALACIOS P., HALLIN S., VALZANO-HELD A., HERZOG C., JANSÁ J., KOST E., MAESTRE F.T., PESCADOR D.S., PHILIPPOT L., RILLIG M.C., ROMDHANE S., SAGHAÏ A., SPOR A., FROSSARD E. & VAN DER HEIJDEN M.G.A. (2022). Agricultural management and pesticide use reduce the functioning of beneficial plant symbionts. Nature Ecol. Evol. 6(8): 1145-1154. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01799-8>
- ENGLER A. (1897). Die natürlichen Pflanzenfamilien nebst ihren Gattungen und wichtigeren Arten insbesondere den Nutzpflanzen. 1. Teil, 1. Abt. Engelmann, Leipzig. 513 p. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/62149#page/8/mode/1up>
- FISHER M.C., GURR S.J., CUOMO C.A., BLEHERT D.S., JIN H., STUKENBROCK E.H., STAJICH J.E., KAHMANN R., BOONE C., DENNING D.W., GOW N.A.R., KLEIN B.S., KRONSTAD J.W., SHEPPARD D.C., TAYLOR J.W., WRIGHT G.D., HEITMAN J., CASADEVALL A. & COWEN L.E. (2020). Threats Posed by the Fungal Kingdom to Humans, Wildlife, and Agriculture. mBio 11(3) 10.1128/mbio.00449-20. <https://doi.org/10.1128/mbio.00449-20>
- FLAMMER R. (2008). Pierre Bastien und seine Knollenblätterpilze. Schweiz. Z. Pilzkd. 86(5): 189–190. <https://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=szp-001%3A2008%3A86%3A%3A374>
- FLAMMER R. (2014). Giftpilze. AT, Aarau. 320 p.
- GERBER J.-C. & SCHWAB N. (2022). Pilze. Bestimmungsbuch für unterwegs. VAPKO Deutschschweiz, (info) Bern.
- GMINDER A., KARASCH P. & LUDWIG E. (2023). Das Kosmos Handbuch Pilze. 752 p.
- GRAF F. & RICKLI C. (2017). Beitrag von Pflanzen und Mykorrhizapilzen zum Schutz vor flachgründigen Rutschungen. Ingenieurbiologie / Génie biologique 2017(3): 4–13. https://www.ingenieurbiologie.ch/fileadmin/user_upload/Downloads/Fachzeitschrift/Ausgaben/Heft_2017_3.pdf
- HEIDELBERG PHARMA (2024). ADC-Technologie. <https://heidelberg-pharma.com/de/forschung-entwicklung/adc-technologie>
- HEITMAN J., HOWLETT J.B., CROUS P.W., STUKENBROCK E.H., JAMES T.Y. & GOW N.A.R. (eds.) (2018). The fungal kingdom. Sections VI–VIII: Fungal interactions with plants, humans, animals and microbes. ASM, Washington.
- JAIN A., SARSAYIA S., WU Q., LU Y. & SHI J. (2019). A review of plant leaf fungal diseases and its environment speciation. Bio-engineered 10(1): 409–424. <https://doi.org/10.1080/21655979.2019.1649520>
- KEELING P.J. & EGLIT Y. (2023). Openly available illustrations as tools to describe eukaryotic microbial diversity. PLoS Biol 21(11): e3002395. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002395>
- KIBBY G. (2017–2023). Mushrooms and Toadstools of Britain & Europe. Vol. 1–4. Geoffrey Kibby, UK. 792 p.
- KILLIAN M.C. (1919). Sur la Sexualité de l'Ergot de Seigle, le Claviceps purpurea (Tulasne). Bull. Soc. mycol. Fr. 25: 182–197 + 8 Pl. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9808529f?rk=21459;2#>
- LÆSSØE T. & PETERSEN J.H. (2019). Fungi of Temperate Europe. Vol. 1 and Vol. 2. Princeton University Press, Princeton/Oxford. 1715 p.
- LENTNER C. (1992). Geigy Scientific Tables. Vol. 6. Bacteria, Fungi, Protozoa, Helminths. 8th Ed. Ciba-Geigy, Basel. 153 p.
- LORON C.C., FRANÇOIS C., RAINBIRD R.H., TURNER E.C., BORENSZTAJN S. & JAVAUX E. (2019). Early fungi from the Proterozoic era in Arctic Canada. Nature 570: 232–235. doi:10.1038/s41586-019-1217-0

- LÜBKEN T. (2006). Hygrophorone. Neue antifungische Cyclopentenonderivate aus Hygrophorus-Arten (Basidiomycetes). Diss. Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg. 120 p. <https://opendata.uni-halle.de/bitstream/1981185920/9338/1/prom.pdf>
- LÜDER R. (2023). Einfach sicher Pilze sammeln. Speisepilze & ihre giftigen Doppelgänger. 9. Aufl. BLV, München. 127 p.
- LUO H., HALLEN-ADAMS H.E., LÜLI Y., SGAMBELLURI R.M., LI X., SMITH M., YANG Z.L. & MARTIN F.M. (2022). Genes and evolutionary fates of the amanitin biosynthesis pathway in poisonous mushrooms. PNAS 119(20): e2201113119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2201113119>
- METEOBLUE (2023). Wetterarchiv Zollikofen vom August und September 2023. Meteoblue AG, Basel. https://www.meteoblue.com/de/wetter/historyclimate/weatherarchive/zollikofen_schweiz_2657913?fcstlength=1m&year=2023&month=8 und https://www.meteoblue.com/de/wetter/historyclimate/weatherarchive/zollikofen_schweiz_2657913?fcstlength=1m&year=2023&month=9
- MICHAEL E. & HENNIG B. (1958). Die wichtigsten und häufigsten Pilze mit besonderer Berücksichtigung der Giftpilze. Bd. 1. Fischer, Jena. 260 p.
- MOLDENHAUER G., SALNIKOV A.V., LÜTTGAU S., HERR I., ANDERL J. & FAULSTICH H. (2012). Therapeutic Potential of Amanitin-Conjugated Anti-Epithelial Cell Adhesion Molecule Monoclonal Antibody Against Pancreatic Carcinoma. JNCI 104(8) 622-634. <https://doi.org/10.1093/jnci/djs140>
- MONTHOUX O. (1982). Eine gewollte Selbstvergiftung mittels *Amanita phalloides* (Grüner Knollenblätterpilz) und deren Behandlung: die Erfahrungen des Dr. Bastien in Genf im Jahre 1981. Schweiz. Z. Pilzk. 60(11): 200–203 (Literatur im selben Heft S. 197) <https://www.e-periodica.ch/cntnmg?pid=szp-001%3A1982%3A60%3A%3A450>
- MORAIS INÁCIO M., MOREIRA A.L.E., CRUZ-LEITE V.R.M., MATTOS K., O'HARA SOUZA SILVA L., VENTURINI J., HERNANDEZ RUIZ O., RIBEIRO-DIAS F., SCHNEIDER WEBER S., DE ALMEIDA SOARES C.M. & BORGES C.L. (2023). Fungal Vaccine Development: State of the Art and Perspectives Using Immunoinformatics. J. Fungi 9(6): 633. <https://doi.org/10.3390/jof9060633>
- OSCHATZ M.-L. & KRISAI-GREILHUBER I. (2022). Pilzduft- und Pilzgeruchsfamilien, eine Klassifikation für Pilzgerüche. Österr. Z. Pilzk. 30: 23–38. https://myk.univie.ac.at/wp-content/uploads/2022/11/OZP30_Oschatz_final.pdf
- PETERSEN (2023). Der rote Keulenkopf – der erstaunliche Karriere eines Pilzes. Chem. Unserer Zeit 57(1) 38–54, (2) 92–102, (3) 162–171, (4) 254–266, (5) 306–321, (6) 386–400. <https://onlinelibrary.wiley.com/loi/15213781/year/2023>
- PIEPENBRING M. (2022). Mykologie. Diversität, Morphologie, Ökologie und Evolution der Pilze. Springer, Berlin. 496 p.
- PUDIL F., UVIRA R. & JANDA V. (2014). Volatile Compounds in Stinkhorn (*Phallus impudicus* L. ex Pers.) at Different Stages of Growth. Europ. Scient. J. 10(9): 163–171. https://www.researchgate.net/publication/281859887_Compounds_in_Stinkhorn_Phallus_impudicus_L_ex_Pers_at_Different_Stages_of_Growth
- SUETSUGU K., OKAMOTO T. & KATO M. (2019). Mushroom attracts hornets for spore dispersal by a distinctive yeasty scent. Ecology 100(8): e02718. <https://doi.org/10.1002/ecy.2718>
- SWISSFUNGI (2024). Verbreitungsdaten / Der Verbreitungsatlas der Pilze der Schweiz. Phänologie für Zeitraum 1991–2024. <https://swissfungi.wsl.ch/de/verbreitungsdaten/verbreitungsatlas.html>
- TEUSCHER J.M. (2011). Neue experimentelle Designs zum Thema Naturstoffe im Chemieunterricht: Chemie mit Pilzen. Diss. Friedrich-Schiller-Universität, Jena. https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00024298/Teuscher/Dissertation.pdf
- TROG J.G. & BERGNER J.C. (1845). Die essbaren, verdächtigen & giftigen Schwämme der Schweiz. 84 p. [2. Aufl. 1866. Huber, Bern]. <https://books.google.ch/books?id=dC7Xa4dGynYC&printsec=frontcover&hl=de#v=onepage&q&f=false>
- TROG J.G. & BERGNER J.C. (1848). Die Schwämme des Waldes als Nahrungsmittel. Haller, Bern. 136 p.
- TULASNE M.L.-R. (1853). Mémoire sur l'Ergot des Glumacées. Anal. Sciences Naturelles, Part. Botanique 24(3): 5–56 + 4 Pl. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5518192j?rk=42918;4>
- VAPKO (2024). Pilzkontrollschein für Pilzkontrolleure. VAPKO Deutschschweiz, (info) Bern.
- WASEM W. (1959). Pilzkalender der wichtigsten essbaren Pilze. Feld, Wald und Wasser 8(6): 186.
- WESTERHAUS C. (2023). Pilze im Mikrobiom. Wie wichtig die Mikroorganismen für uns sind. Deutschlandfunk [Axel A. Brakhage, Molecular and Applied Microbiology, Leibniz-HKI]. <https://www.deutschlandfunk.de/mikrobiom-bakterien-pilze-stoffwechsel-gesundheit-100.html>
- WHO (2022). WHO fungal priority pathogens list to guide research, development and public health action. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/363682/9789240060241-eng.pdf?sequence=1>
- WIKIPEDIA.DE (2024a). Silibinin. <https://de.wikipedia.org/wiki/Silibinin>
- WIKIPEDIA.DE (2024b). Liste von Pilzen in der Lebensmittelherstellung. https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Pilzen_in_der_Lebensmittelherstellung
- WIKIPEDIA.ORG (2024a). «Phylogeny» bei diversen englischsprachigen Wikipedia-Beiträgen zu verschiedenen Pilzgruppen.
- WIKIPEDIA.ORG (2024b). Agaricales. Cladogram of the Agaricales. <https://en.wikipedia.org/wiki/Agaricales>
- WIKIPEDIA.ORG (2024c). Insbesondere die Beiträge «Mycorrhiza», «Ectomycorrhiza», «Arbuscular mycorrhiza».
- WINKLER R. & KELLER G. (2023). Pilze Mitteleuropas. Haupt, Bern. 1053 p.
- ZOLLER B., HERZIG E., ADAMEK G., BÖHLEN R., CRAMER Y. & SCHNEEBERGER R. (2016). Pilz-Aquarelle des Mykologen Ernst Habersaat. Pilztafeln aus der Sammlung des Vereins für Pilzkunde Bern. VPB, Bern. 8 p. + 41 Taf.