

**Abbildung 1**

Aktive Totholzschaffung durch Baumkronenkappung als Lebensraum für Pilze und andere totholzbewohnende Lebewesen (Foto: Nationalpark Bayerischer Wald).

Gerti FLUHR-MEYER

## Pilze und Totholz – In der Forschung tut sich was

Holzabbauende Pilze haben im Naturschutz lange ein Schattendasein geführt. Doch im Zusammenhang mit Bestrebungen, mehr Totholz in Wirtschaftswäldern anzureichern, ist das Interesse an ihnen gewachsen. Die Artengruppe spielt eine zentrale Rolle in groß angelegten Freilandexperimenten zum Thema Totholz. Wissenschaftler untersuchen dort unter anderem, welche Pilze sich auf Totholz ansiedeln, welche Faktoren ihre Vielfalt beeinflussen und wie die Pilze den Holzabbau steuern. Die gewonnenen Erkenntnisse helfen, Empfehlungen für die Naturschutzpraxis zu formulieren. Die bisherigen Ergebnisse zeigen: Die Artenvielfalt der totholzbewohnenden Pilze ist wahrscheinlich viel größer, als bisher angenommen. Wesentliche Faktoren für Pilzvielfalt und Zusammensetzung der Pilzgemeinschaften auf Totholz sind unter anderem die Baumart, die Größe des angebotenen Totholzes (Äste oder Stämme), der Standort (sonnig/schattig) und der Zersetzungsgrad des Holzes. Totholz verschiedener Baumarten erscheint für die Pilzvielfalt sehr wichtig. Das bedeutet für die forstwirtschaftliche Praxis: Der Förster sollte auch bei Totholz auf die Baumartenvielfalt achten. Damit Sporensender vorhanden sind, sollte die empfohlene Mindestmenge von 40 m<sup>3</sup>/Hektar eingehalten sein. Die genauere Definition der für Pilze notwendigen Mindestmengen wird die zentrale Aufgabe der zukünftigen Forschung sein.





### Abbildung 2

Experimentelle Totholzflächen:  
Hier werden verschiedene  
Organismen, darunter auch  
Pilze, untersucht  
(Foto: Claus Bässler).

Sie haben so bizarre Namen wie Zunderschwamm, Rotrandiger Fichtenporling, Zitronengelbe Tramete oder Gelblichblauer Saftporling und interessierten lange Jahre nur wenige Experten und Liebhaber. Doch seit einiger Zeit stehen sie im Fokus waldökologischer Forschungsprojekte. Die Rede ist von holzbewohnenden Pilzen. Viele von ihnen sind in den Abbau alter und absterbender Bäume, toter Äste und Stämme, sogenanntes Totholz, involviert. Und das macht sie interessant für die Wissenschaft. Denn Totholz steht seit einiger Zeit im Zentrum naturschützerischer Bemühungen. Ziel ist, in Wirtschaftswäldern den Anteil von Totholz zu erhöhen und damit die Artenvielfalt zu fördern – denn hier, wo das Hauptziel die Holzproduktion ist, ist Totholz oft Mangelware. Weil die Bäume relativ jung geerntet werden, sinkt der Anteil alter, absterbender Bäume und ihrer toten Reste. Diese sind jedoch Lebensraum vieler Pflanzen, Säugetiere, Vögel, Insekten, Flechten, Mikroben und Pilze.



### Das BioHolz-Projekt „Vielfalt im Wald“

Wie kann der Anteil von Totholz in Wirtschaftswäldern erhöht werden, um die Artenvielfalt zu fördern und mehr Naturnähe zu erreichen? Darum geht es im BioHolz-Projekt, in dem Mitglieder aus unterschiedlichen Disziplinen der Wissenschaft, der Forstwirtschaft und des Naturschutzes zusammenarbeiten. In zum Teil groß angelegten Freilandversuchen werden verschiedene Möglichkeiten der Totholzanreicherung erprobt. Projektlaufzeit ist von 1. Juli 2015 bis 30. Juni 2021.

Übergeordnetes Ziel des in sechs Teilprojekte gegliederten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens ist, den unterschiedlichen Ansprüchen von Forstwirtschaft, Naherholung, Tourismus und Naturschutz gleichermaßen gerecht zu werden.

Mehrere Universitäten, der Landesbund für Vogelschutz e.V. und das Bistum Passau sind Forschungs- und Umsetzungspartner, die unter anderem mit dem Nationalpark Bayerischer Wald und der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) bei der wissenschaftlichen Arbeit und der Veröffentlichung der Ergebnisse kooperieren.

Mehr Informationen im Internet unter:  
[www.bioholz-projekt.de](http://www.bioholz-projekt.de)

### Pilze sind ein Schwerpunkt in der Totholzforsehung

Doch wieviel Totholz ist nötig? Wo und wie wird es am effektivsten ausgebracht? Müssen in einem Bestand Urwald- oder Totholzreste vorhanden sein, damit Totholz besiedelt wird? Vieles hierzu ist noch unbekannt. Derzeit versuchen weltweit Wissenschaftler in groß angelegten Freilandversuchen Antworten zu finden. Sie untersuchen, wie die Prozesse beim Abbau von Totholz ablaufen und welche Arten daran beteiligt sind (siehe auch Informationskasten „BioHolz-Projekt Vielfalt im Wald“).

Totholzbewohnende Pilze sind eine wichtige Artengruppe in vielen dieser Projekte. Nur sie sind in der Lage, den wichtigsten Baustein des Holzes, das in der Zellwand vorhandene Lignin, effektiv abzubauen (FLOUDAS et al. 2012). Ihre Artenvielfalt und ihre Fähigkeit, nahezu alle ökologischen Nischen zu besetzen, machen sie zudem zu sehr guten Indikatoren für Veränderungen im Wald (BÄSSLER et al. 2011).

Ein großes Forschungsprojekt in Deutschland mit Langzeituntersuchungen zum Thema Totholz, in dem auch Pilze untersucht werden, findet seit 2008 in den von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Biodiversitätsexploratorien statt. Auf Versuchsflächen in gemäßigten Waldzonen im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin, im Nationalpark Hainich und im Biosphärenreservat Schwäbische Alb legten Wissenschaftler in drei Wiederholungen 1.140 Totholzstämmen verschiedener Baumarten aus und untersuchten ihren Zerfall. Übergeordnetes Ziel dort ist festzustellen, wie sich der Abbau zwischen den einzelnen Baumarten unterscheidet und welchen Effekt der umgebende Wald hat. Die Versuchsflächen liegen deshalb in unterschiedlichen Bereichen – von sehr intensiv bewirtschaftet bis zum Naturwald.

Ein weiterer Hotspot der Pilzforschung in Zusammenhang mit Totholz liegt im Nationalpark Bayerischer Wald. Dort wollen Wissenschaftler feststellen, welche Auswirkungen das Prinzip „Natur Natur sein lassen“ hat. Die Erkenntnisse aus dem intakten System Urwald sollen auf Wirtschaftswälder übertragen werden und helfen, Maßnahmen zum Pilzschutz zu formulieren. Totholz ist im Nationalpark ein großes Thema: Im Gebiet um Rachel und Lusen werden seit den 1980er-Jahren Windwurf-flächen nicht mehr aufgearbeitet. Das führte zu einer drastischen Umstrukturierung der Wälder, an der der Buchdrucker (einer der häufigsten Borkenkäfer) wesentlich beteiligt war. 2011 waren über 40 Prozent des ursprünglich ausgewiesenen Nationalparks durch Totholzflächen geprägt (BÄSSLER et al. 2011).

### Molekularbiologie zur Artbestimmung

Neue molekularbiologische Methoden haben die Möglichkeiten des Erkenntnisgewinns in punkto holzbewohnender Pilze erweitert. Sie ermöglichen es, artähnliche Einheiten von Pilzen, sogenannte Operational Taxonomic Units (OTU), schnell zu bestimmen. Bislang bestimmten Wissenschaftler Pilze ausschließlich anhand äußerer Merkmale des Fruchtkörpers. Einen Fruchtkörper bilden viele Pilze aber nur unter bestimmten Bedingungen. Die meiste Zeit leben sie in der Erde oder im Holz. Sie bestehen dort aus einem sehr feinen Geflecht, dem sogenannten Mycel. Auf Mycelebene konnten Pilze bislang nicht bestimmt werden. Dank moderner genetischer Methoden (next generation sequencing, kurz NGS) ist das jetzt möglich. Wissenschaftler nehmen Bohrproben aus Totholz. Aus dem Holzstaub ermitteln sie die Sequenz eines bestimmten Marker-Gens gleichzeitig bei allen darin vorkommenden Pilzteilen. Diese stammen zum Großteil aus dem Mycel. Es können aber auch

Sporen oder Fruchtkörperfragmente enthalten sein. Die Holzprobe wird „DNA-gebarcoded“, wie Forscher sagen. Als Ergebnis erhalten sie verschiedene „Barcodes“ (Basenabfolgen) eines bestimmten Abschnitts auf der DNA. Diese vergleichen sie und sprechen ab einem bestimmten Abweichungsgrad von einer neuen „Operational Taxonomic Unit (OTU)“. Allerdings: Ob OTUs bei Pilzen Arten gleichzusetzen sind, ist unter Pilzforschern noch umstritten (BÄSSLER, mündliche Mitteilung).

### Viel mehr Arten als gedacht?

Um die Pilzvielfalt in Totholz festzustellen, kombinieren viele Forscher heute Barcoding („Mycelarten“) und klassische Fruchtkörperbestimmung („Fruchtkörperarten“). Oft finden sie mehr Mycel- als Fruchtkörperarten. Finnische Forscher stellten beispielsweise bei Pilzen auf Totholz der Norwegischen Fichte 198 Mycel- und 137 Fruchtkörperarten fest. Die Korrelation zwischen Mycel- und Fruchtkörperarten war für die Mehrheit der Arten groß. Allerdings fanden die Wissenschaftler auch Mycelarten, die keine Fruchtkörper bildeten (BARBER et al. 2016). Arten mit einem großen Mycel-Vorkommen formten zudem häufiger und insgesamt größere Fruchtkörper, was sich positiv auf die Populationsdynamik auswirkt. Die finnischen Wissenschaftler entdeckten dank Barcoding auch Überraschendes: Arten, die aufgrund ihrer speziellen Ansprüche selten Fruchtkörper ausbilden und aus diesem Grund den Roten Listen zugeordnet wurden, waren im Mycel öfter vorhanden, als es die Häufigkeit der Fruchtkörper erwarten ließ (OVASKAINEN et al. 2013).

Zu einem weiteren erstaunlichen Ergebnis kam dank NGS und Barcoding ein Forscherteam aus Leipzig in den Biodiversitätsexploratorien Schorfheide-Chorin, Nationalpark Hainich und im Biosphärenreservat Schwäbische Alb. Sie brachten 300 Totholzstämmen von sieben Laubbaum- und vier Nadelbaumarten aus. Nach drei Jahren identifizierten sie mit NGS aus Bohrproben 1.254 OTUs! Das waren den Forschern zufolge zwölf Mal mehr als in einer vorangegangenen Untersuchung auf denselben Flächen durch Fruchtkörperbestimmung festgestellt worden waren (PURAHONG et al. 2018). Jedoch ist die Vorgängerstudie kein guter Vergleich: Erstens wurden in ihr eindeutig bestimmbare Fruchtkörperarten erfasst und keine OTU. Zweitens war das Artenspektrum von vorneherein eingeschränkt. Es wurden nur Arten einer vorher festgelegten Artenliste aufgenommen (BARBER et al. 2016). Trotzdem bleibt festzuhalten: Die genetische Vielfalt von Pilzen im Totholz ist sehr hoch und wahrscheinlich viel höher als gedacht.



**Abbildung 3**

Der Ockerblasse Schüppling *Pholiota squarrosoides* lebt im Totholz, hier auf einem Tannenstamm (Foto: Peter Karasch).

### Jede Baumart hat ihre eigene Pilzgemeinschaft

Die beiden Studien zeigten noch mehr: Welche holzbewohnenden Pilze vorkommen, hängt von der Baumart ab. Totholz von Laub- und Nadelbäumen wird beispielsweise von unterschiedlichen Pilzgemeinschaften besiedelt. Wobei bei Laubbäumen der Artenreichtum mit dem zeitlichen Abstand zum Absterben zunimmt, bei Nadelbäumen nicht. Das konnte für Ahorn, Hainbuche, Buche und Pappel gezeigt werden. Bei Birkenotholz ändert sich zudem im Laufe des Zersetzungsprozesses die Artenzusammensetzung (BABER et al. 2016). Weiter haben Eichen und Eschen eine sehr spezifische Artzusammensetzung, die sich von anderen Laubbäumen unterscheidet. Bei den Nadelbäumen ergaben sich beim Pilzbestand der Waldkiefer deutliche Unterschiede zu dem anderer Nadelbäume (PURAHONG et al. 2018).

### Von Totholzmenge bis Zersetzungsgrad – Pilzvielfalt hängt von vielen Faktoren ab

Welche Pilzarten sich auf Totholz ansiedeln, hängt nicht nur von der Baumart ab. Viele weitere Faktoren spielen eine Rolle. Entscheidend sein können zum Beispiel die Menge, der Zersetzungsgrad, der Durchmesser des Totholzes und das Mikroklima, also ob Totholz besonnt wird oder nicht (BÄSSLER et al. 2011). Stärkeres Totholz, wie dicke Stämme, bietet Pilzen beispielsweise auf offenen Flächen stabilere Bedingungen. Es kann bei intensiver Bestrahlung Wasser binden. Einen dicken Stamm können im Laufe des Zersetzungsprozesses hintereinander verschiedene Pilzgemeinschaften besiedeln (BÄSSLER et al. 2011). Doch auch Äste sind wichtig: Ein Festmeter Holz aus Ästen beherbergt im Vergleich zur gleichen

Menge stärkerem Totholz ein Vielfaches an Arten (BÄSSLER et al. 2010).

Die Rolle der Besonnung wird aktuell neu diskutiert: Bislang nahmen Wissenschaftler an, dass Besonnung die Abbauprozesse verlangsamt (zum Beispiel durch Austrocknung). Jüngere Ergebnisse zeigen jedoch, dass auch besonnte Holzteile ihre spezifischen Arten beheimaten und somit die Abbauraten sich nicht unbedingt ändern, der Abbau jedoch von anderen Arten übernommen wird (BÄSSLER 2018, persönliche Mitteilung).

Manche Pilze können sich zudem erst ansiedeln, wenn andere vorgearbeitet haben. Bekanntes Beispiel dafür ist die Zitronengelbe Tramete (*Antrodia citrinella*). Das weltweit seltene Urwaldrelikt war im Nationalpark Bayerischer Wald ursprünglich auf zwei Standorte beschränkt. Erst nach 20 Jahren des Nationalparkmottos „Natur Natur sein lassen“ kehrte sie auch in andere Bereiche zurück. Denn sie kann erst Fruchtkörper ausbilden, wenn Totholz vorhanden ist, das der Rotrandige Fichtenporling vorbereitet hat (BÄSSLER 2011).

Wichtig ist zudem die Entstehungsgeschichte. Totholz aus Windwurf, Schneebruch, Waldbrand oder Borkenkäferbefall wird unterschiedlich besiedelt. Weiter ist es für die Vielfalt totholzbewohnender Pilze wichtig, dass in einer Landschaft Waldbestände mit unterschiedlichen Strukturen und Altwaldrelikte als Sporenspeicherflächen vorhanden sind. Dies spricht dafür, Altwaldbestände zu erhalten und in Fichtenforsten geschützte Waldbereiche zu etablieren, in denen keine Forstwirtschaft betrieben wird (vergleiche BÄSSLER et al. 2012).

### Für die Erstbesiedlung ist die Baumart entscheidend

Die bisherigen Erkenntnisse über die Faktoren, die die Vielfalt totholzbewohnender Pilze beeinflussen, stammen vorwiegend aus Übersichtsstudien beziehungsweise Umfragen (zum Beispiel BÄSSLER et al. 2012). Die Faktoren können sich aber gegenseitig beeinflussen und hängen miteinander zusammen. Hier ist noch vieles unbekannt.

Neue Studien sollen mehr Klarheit bringen. Wissenschaftler haben dazu im Nationalpark Bayerischer Wald Experimentierzonen eingerichtet, in denen die Bedingungen variieren (KRAH et al. 2018): Es gibt dort stehendes Totholz, liegendes, dünnes und dickes in unterschiedlichen Mengen, Totholz von nur einer Baumart oder von mehreren, sonnige und beschattete Flächen.

Auf diesen Flächen erhoben die Forscher vier Jahre (2012–2015) die vorkommenden Pilze, die sie klassisch anhand des Fruchtkörpers bestimmten. Das ausgeklügelte Versuchsdesign erlaubte es, aus den Daten den Einfluss einzelner Größen auf die Artenvielfalt statistisch zu berechnen. Diese Größen betrafen das Totholz selbst (Buche und Fichte; Stämme oder Äste) und dessen Umgebung (Sonne oder Schatten, Menge und Heterogenität des ausgebrachten Totholzes). Dabei zeigte sich: Wie für die Vielfalt bei den totholzbewohnenden Käfern (SEIBOLD et al. 2016) ist auch für die Pilze die Totholzvielfalt entscheidender als die insgesamt in einem Waldbestand ausgebrachte Totholzmenge. Die Baumart war für die Mannigfaltigkeit der fruchtkörperbildenden, holzbewohnenden Pilze wichtiger als die Umgebung. Sie zeigte sogar den größten unabhängigen Effekt auf Vielfalt und Zusammensetzung der Pilzgemeinschaften. Einen signifikanten, aber geringen Einfluss hatte auch die Stärke des angebotenen Holzes. Weiter beeinflussten Auflichtungen in der Baumkrone die Zusammensetzung der Pilzartengemeinschaft. Dagegen zeigten weder die lokal vorhandene Menge an Totholz noch seine Zusammensetzung in Bezug auf Baumarten und Größe einen Einfluss auf die erhobenen Pilzgemeinschaften.

Die Wissenschaftler schlossen daraus, dass in der frühen Phase des Abbaus die Wirtsbaumart ausschlaggebend dafür ist, welche Pilzarten sich entwickeln. Für den Schutz holzbewohnender Pilze ist demnach eine große Artenvielfalt von Totholz sowohl an schattigen als auch an besonnten Standorten wichtiger als die insgesamt vorhandene Totholzmenge in einem Waldbestand (KRAH et al. 2018).

### Fazit und Ausblick

In der Erforschung holzbewohnender Pilze tut sich was. Aktuelle Ergebnisse weisen darauf hin, dass ihre Artenvielfalt möglicherweise viel größer ist als bisher angenommen.

Eine große Bedeutung für die Besiedlung von Totholz mit Pilzen hat die Baumart. Sie entscheidet, welche Pilzarten sich entwickeln. Für die praktische Umsetzung in Wälder wird eine Definition der Mindestmengen von zentraler Bedeutung sein: Genaue Mengenangaben für Totholz sind für die Artengruppe der Pilze bislang schwierig abzuleiten. Empfehlenswert ist aktuell die Einhaltung des allgemeinen Schwellenwerts von 40 m<sup>3</sup>/Hektar Totholz (MÜLLER & BÜTLER 2010). Wenn dieser eingehalten ist, kann den Ergebnissen der Forschungsgruppe um Claus Bässler im Nationalpark Bayerischer Wald zufolge auf Forstbetriebsebene, also einer Fläche bis etwa 10.000 Hektar, Totholz dort angereichert werden wo es anfällt, unabhängig davon, wieviel Totholz in der Umgebung vorhanden ist. Pilzsporen scheinen eine viel größere Reichweite zu haben als bisher angenommen (BÄSSLER 2018, persönliche Mitteilung).

Wichtig für die Vielfalt totholzbewohnender Pilze ist vor allem auch Totholzvielfalt: Wer die Pilzvielfalt erhalten will, sollte Holz verschiedener, standorttypischer Baumarten unterschiedlicher Durchmesser (Stämme, Äste) sowohl an sonnigen als auch an schattigen Standorten ausbringen. Ganz entscheidend ist zudem der Erhalt von Altholzbeständen und Naturwaldgebieten als Spenderzonen für Pilzsporen. Wenn in einem Wald seltene Pilzarten nicht einmal in der Umgebung von

#### Abbildung 4

Totholzpilze können faszinierende Formen haben, wie der Graustielige Aderndachpilz *Pluteus thomsonii* (Foto: Peter Karasch).



Altwaldresten vorhanden sind, ist es zudem eine Überlegung wert, sie wie andere ausgestorbene oder seltene Tierarten aktiv wieder anzusiedeln und ihr Überleben so zu sichern (BÄSSLER 2018, persönliche Mitteilung).

### Literatur

- Baber, K., Otto, P., Kahl, T. et al. (2016): Disentangling the effects of forest-stand type and dead-wood origin of the early successional stage on the diversity of wood-inhabiting fungi. – *Forest Ecology and Management* 377: 161–169.
- Bässler, C., Holzer, H. & Hahn, C. (2011): Am Beispiel der holzersetzenden Pilze – Zwischenbilanz der Philosophie „Natur Natur sein lassen“. – *AFZ-Der Wald* 6/2011: 30–33.
- Bässler, C., Müller, J., Svoboda, M. et al. (2012): Diversity of wood-decaying fungi under different disturbance regimes – a case study from spruce mountain forests. – *Biodiversity and Conservation* 21: 33–49.
- Bässler, C., Müller, J., Dziocck, F. & Brandl, R. (2010): Effects of resource availability and climate on the diversity of wood-decaying fungi. – *Journal of Ecology* 98: 822–832.
- Floudas D., Binder M., Riley R. et al. (2012): The paleozoic origin of enzymatic lignin decomposition reconstructed from 31 fungal genomes. – *Science* 336 (6089): 1715–1719.
- Krah, F.-S., Seibold, S., Brandl, R. et al. (2018): Independent effects of host and environment on the diversity of wood-inhabiting fungi. – *Journal of Ecology* 2018: 1–15.
- Müller, J. & Bütler, R. (2010): A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. – *European Journal of Forest Research* 129: 981–992.

- Ovaskainen, O., Schigel, D., Ali-Kovero, H. et al. (2013): Combining high-throughput sequencing with fruit body surveys reveals contrasting life-history strategies in fungi. – *The ISME Journal* 7/2013: 1696–1709.
- Purahong, W., Wubet, T., Krüger, D. & Buscot, F. (2018): Molecular evidence strongly supports deadwood-inhabiting fungi exhibiting unexpected tree species preferences in temperate forests. – *The ISME Journal* 12/2018: 289–296.
- Seibold, S., Bässler, C., Brandl, R. et al. (2016): Microclimate and habitat heterogeneity as the major drivers of beetle diversity in dead wood. – *Journal of Applied Ecology* Vol. 53, Iss. 3: 934–943.



### Autorin

**Gerti Fluhr-Meyer,**  
Jahrgang 1961.

Diplom-Biologin und freie Journalistin, Redakteurin und Autorin mit den Schwerpunkten Natur- und Umweltschutz, Gesundheit und Verbraucherschutz. Tätigkeit für die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, den Verbraucher-Service Bayern, das Bayerische Landwirtschaftliche Wochenblatt und andere.

Studium der Biologie an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München, Nachdiplomstudium Siedlungswasserbau und Gewässerschutz an der Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich. Volontariat (Wort & Bild Verlag) und Ausbildung zur Online-Journalistin an der Journalistenakademie in München.

+49 89 57968814  
[g.fluhr-meyer@online.de](mailto:g.fluhr-meyer@online.de)

### Zitervorschlag

FLUHR-MEYER, G. (2018): Pilze und Totholz – In der Forschung tut sich was. – *ANLIEGEN NATUR* 40(2): 81–86, Laufen; [www.anl.bayern.de/publikationen](http://www.anl.bayern.de/publikationen).