

# Hängt der Wachstumsverlauf der Fruchtkörper der Ektomykorrhizapilze vom Wirtsverhalten ab? Messmethode und erste Ergebnisse.

HANS HALBWACHS & CLAUS BÄSSLER

**HALBWACHS H, BÄSSLER C (2012):** Do growth patterns of ectomycorrhizal fruit bodies depend on host behaviour? Measuring method and first results. *Zeitschrift für Mykologie* 78/2: 211-223.

**Keywords:** macrofungi, fructification, recording growth kinetics, ecology, saprotrophs, mycorrhizal, sporocarps.

**Summary:** The basis of fungal sexual reproduction is the development of fruit bodies for spore production and release. In order to reproduce successfully, development characteristics such as growth speed and growth pattern (growth kinetics) over time are critical since the pressure of numerous predators and unfavourable changes of weather conditions are enormous for the fruit bodies of most agarics, boletes or larger ascomycetes. However, the ecological meaning of the growth kinetics of fungal fruit bodies is largely unknown, despite their multifaceted physiological functions.

Field methods for recording growth of fruit bodies have hitherto hardly been available. We therefore developed a low cost device that allows precise size measurements with high resolution data logging over time.

The practical application showed that these devices are well suited for investigating growth kinetics, in particular of pileate fungi. The method offers new opportunities to explain ecological implications of fruit body development. First records suggest for example that growth pattern of mycorrhizal and saprotrophic fungi hardly differ, despite the dependence of mycorrhizal fungi on the physiology of their plant partners.

Finally we propose additional specific research objectives.

**Zusammenfassung:** Die Grundlage sexueller Vermehrung von Großpilzen ist die Entwicklung von Fruchtkörpern zur Bildung von Sporen und ihrer Verbreitung. Damit solche Vorgänge erfolgreich ablaufen können, sind Wachstumsverlauf und -geschwindigkeit (Wachstumskinetik) kritisch, weil Fruchtkörper von Blätter- bzw. Porenpilzen und Ascomyceten enormem Fressdruck sowie wechselnden Witterungsbedingungen ausgesetzt sind. Allerdings ist die ökologische Bedeutung der Wachstumskinetik von Pilzfruchtkörpern überwiegend unbekannt, trotz ihrer vielfältigen physiologischen Funktionen.

Feldmethoden zur Aufnahme solcher Kinetiken standen bislang kaum zur Verfügung. Wir haben deshalb ein kostengünstiges Gerät entwickelt, das eine genaue Größenmessung im zeitlichen Verlauf und eine hoch aufgelöste Datenaufzeichnung erlaubt.

---

Hans Halbwachs, Bayerische Mykologische Gesellschaft, Danzigerstr. 20, D-63916 Amorbach, Germany, Korrespondierender Autor: [halb.wax@onlinehome.de](mailto:halb.wax@onlinehome.de)

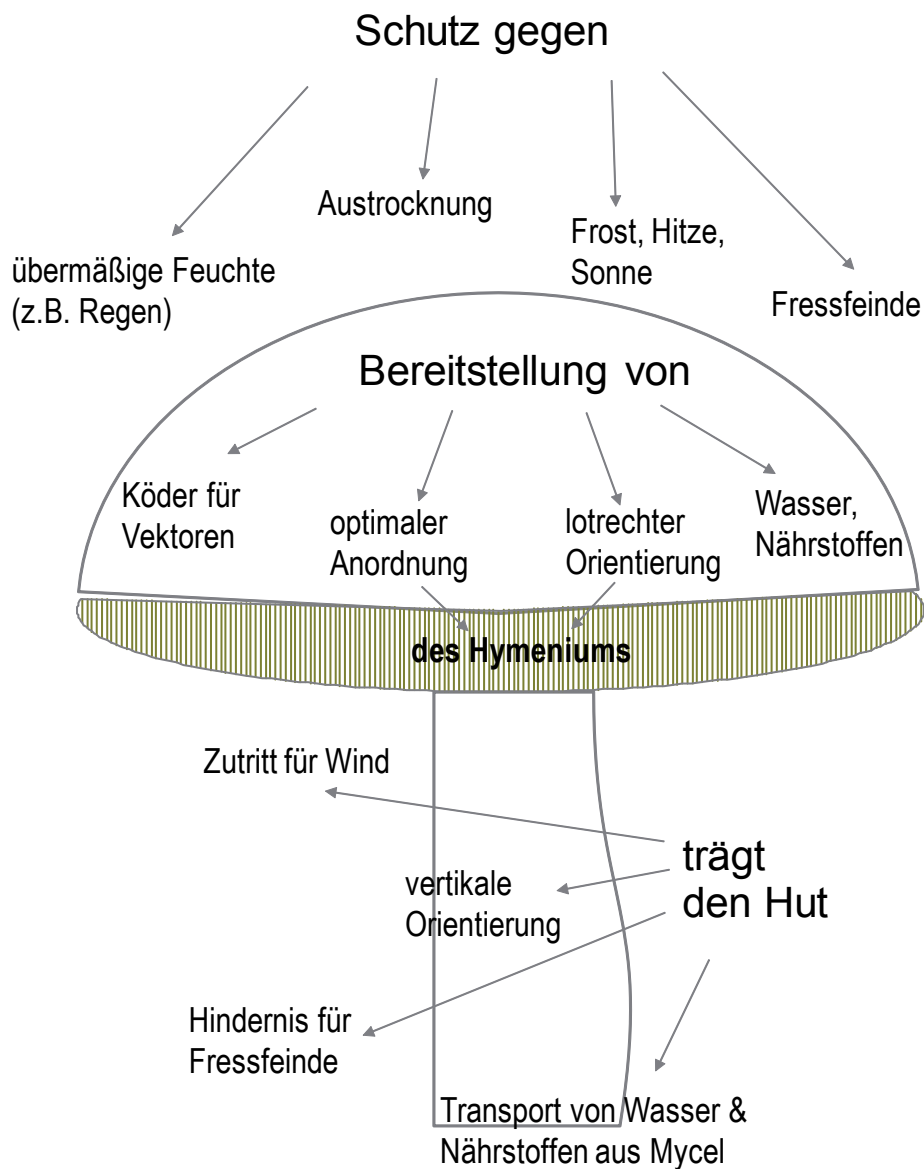
Dr. Claus Bässler, Nationalpark Bayerischer Wald, Freyungerstr. 2, D-94481 Grafenau, Germany, Telephone: ++49-8552-9600-157, Fax: ++49-8552-9600100

Die praktische Erprobung zeigte, dass das Gerät gut geeignet ist, Wachstumskinetiken zu untersuchen, speziell von Hutpilzen mit Längenwachstum. Es eröffnet neue Möglichkeiten zur Erforschung der ökologischen Bedeutung der Fruchtkörperentwicklung. Erste Messungen deuten z.B. darauf hin, dass sich das Wachstumsverhalten von saprotrophen und mykorrhizabildenden Pilzen kaum unterscheidet, obwohl Mykorrhizapilze stark von der Physiologie ihrer pflanzlichen Symbiosepartner abhängen.

Abschließend schlagen wir konkrete, weitere Forschungsziele vor.

## Einführung

Die meisten Blätterpilze, Boleten und Ascomyceten entwickeln mindestens einmal jährlich Fruchtkörper, die Stiel und Hut aufweisen. Die funktionalen Aufgaben solcher Fruchtkörper sind vielfältig (s. Abb. 1). Letztlich dienen sie alle der reproduktiven Fitness solcher Pilze:



**Abb. 1:** Schema zu den Funktionen agaricoider Fruchtkörper

- (1) Hüte schützen das Hymenium vor mechanischen und chemischen Einflüssen
- (2) verhindern, dass Niederschlag Sporen fort wäscht (CLÉMENÇON 1997: 591, MOORE 1991)
- (3) halten die Feuchtigkeit aufrecht, damit das Hymenium Sporen bilden kann (CLÉMENÇON 1997: 598)
- (4) isolieren das Hymenium vor extremen Temperaturen und Sonneneinstrahlung (Austrocknung!), und
- (5) wehren Fressfeinde wie Arthropoden, speziell polyphage Insekten (HANSKI 1987: 32-36, 42f), Nacktschnecken (KELLER & SNELL 1992) und Säuger, wie z.B. Mäuse (LUOMA et al. 2003) oder Rehe (ASHKANNEJHAD & HORTON 2006) ab oder töten sie sogar (CLÉMENÇON 1997: 598).

Gleichzeitig können die Hüte als Köder für pilzfressende Tiere dienen, die als Vektoren die Verbreitung von Sporen unterstützen (SHAW 1992: 297). Die Hüte sorgen letztlich auch dafür, dass der richtige Abstand zwischen den Hymeniumswänden und die senkrechte Ausrichtung gesichert sind und somit die Hymeniumsoberfläche als auch die Luftfeuchte in den Zwischenräumen optimiert (cf. MOORE 2002: 360-364), auch in trockenen Habitaten (MOSER 1993, INGOLD 1966: 127), und trotzdem der freie Fall der Sporen garantiert wird (COOKE 1979: 69). Außerdem gewährleistet das Huttrama die Versorgung des Hymeniums mit Wasser und Nährstoffen.

### Der Stiel

- (1) ermöglicht den Transport von Wasser und Nährstoffen
- (2) ermöglicht die vertikale Ausrichtung durch Geotropismus (CLÉMENÇON 1997: 590 ff, MOORE 1991)
- (3) ermöglicht einen ausreichenden Abstand zum Substrat, wo die Luftbewegung für eine optimale Sporenverbreitung zu gering ist (CLÉMENÇON 1997: 591), und
- (4) stellt wahrscheinlich ein Hindernis für einige Fressfeinde dar.

Großpilze folgen unterschiedlichen Lebensweisen, die mit Eigenschaften ihrer Fruchtkörper einhergehen, wie Größe, Textur, Lebensspanne (MOORE et al. 2008: 96 ff) und vermutlich mit ihrem Wachstumsverlauf. Generell scheinen die folgenden Muster relevant zu sein: „Klein, kurzlebig und schnell wachsend“ (r-Strategie) gegenüber „groß, langlebig und langsam wachsend“ (K-Strategie) und intermediäre Strategietypen. Auch die Ernährungsstrategien der symbiotischen und der saprotrophen Pilze könnten bei der Fruchtkörperbildung eine wichtige Rolle spielen. Obwohl Mykologen den Lebensstrategien der Pilze bzw. der beiden trophischen Gilden große Aufmerksamkeit gewidmet haben (e.g. MOORE et al. 2008: 89f, DEACON & DEACON 2005, COOKE & WHIPPS 1993), hat dabei der Aspekt der Wachstumskinetik der Fruchtkörper in der Vergangenheit kaum eine Rolle gespielt.

Einige wenige Autoren haben sich mit der Streckung von Fruchtkörpern im zeitlichen Verlauf befasst, allerdings nur unter Laborbedingungen. Sie haben Wachstumskurven aufgezeichnet, allerdings ohne auf ökologische Implikationen einzugehen (BRET 1977: 365, DÖRFELT 1982, CHANTER & THORNLEY 1977: 62, GRUEN 1963: 654, VODERBERG 1949: 620, BORRIS 1934: 10). HALBWACHS (2008) produzierte eine Wachstumskurve von *Agaricus xanthoderma* mit einem Trommelschreiber unter Feldbedingungen. Die Kurven dieser Autoren scheinen einer exponentiellen Wachstumskurve vom logistischen oder Gompertz Typ (WINSOR 1932) (s. Abb. 2) mit unterschiedlichen Steilheiten zu folgen, wie es auch von anderen Organismen bekannt ist. Die Aufschirmung des Huttes zeigt den gleichen Verlauf, lediglich mit deutlich flacherer Steigung (HALBWACHS 2010, unveröffentlichte Daten; DÖRFELT & GÖRNER 1989) (s. Abb. 3). Die Biomasse folgt ebenfalls der Wachstumskurve (cf. BRET 1977: 368, FEEST 2006).

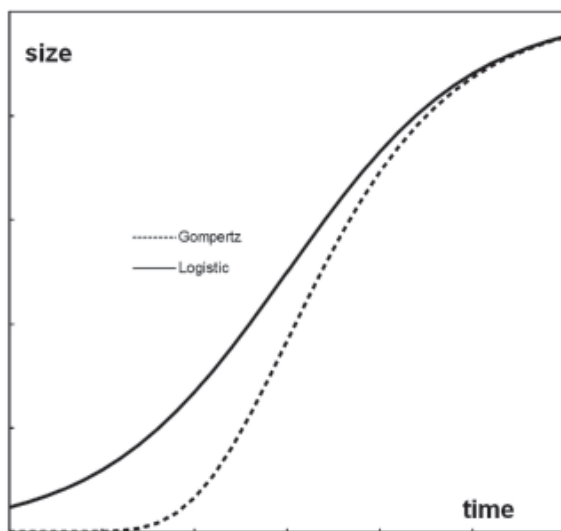


Abb. 2: Theoretische Wachstumskurven vom Gompertz- und logistischen Typ

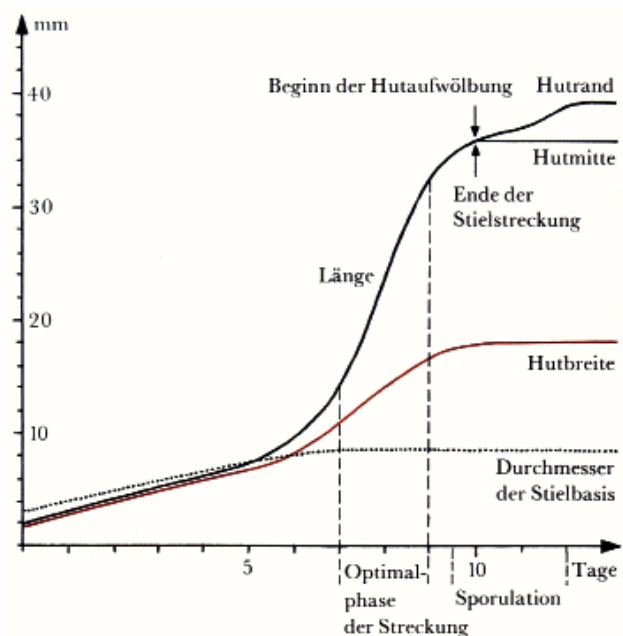
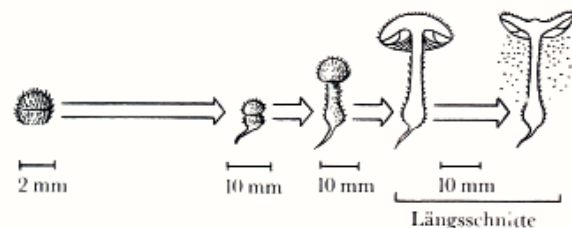


Abb. 3: Typische Wachstumskurve eines Hutpilzes (*Xerula melanotricha*), verändert nach DÖRFELT & GÖRNER (1989), mit freundlicher Genehmigung



### Es bleiben eine Reihe unbeantworteter Fragen:

- (1) Folgen alle saprotrophen Hutpilze der Gompertz'schen Wachstumscharakteristik, vor allem unter Feldbedingungen?
- (2) Verhalten sich symbiotische Hutpilze anders (cf. HÖGGER et al. 2010)? Hier kann vermutet werden, dass das Wachstum von Fruchtkörpern dieser Pilze vom Photosyntheserhythmus des Wirtes beeinflusst wird, also einen diurnalen Zyklus aufweist.

- (3) Wachsen Pilze „über Nacht“?
- (4) Welche Umweltfaktoren beeinflussen die Wachstumskinetik? Feuchte und Temperatur sind sicher wichtig. HALBWACHS (2009, pers. Beobachtung) berichtet für *Hygrocybe virginea* ein Wachstum von 25 mm in vier Stunden während eines Temperaturanstiegs von 0°C auf 15°C durch Sonneneinstrahlung.
- (5) Wie hängt die Wachstumskinetik mit dem reproduktiven Erfolg zusammen?

Um solche physiologischen und ökologischen Fragen untersuchen zu können, wird eine zuverlässige Methode zur Messung und Aufzeichnung des Wachstumsverhaltens von Hutpilzen benötigt. In diesem Artikel stellen wir ein dazu taugliches Gerät vor und zeigen erste Ergebnisse bei saprotrophen und Mykorrhizapilzen.

## Material und Methoden

### Anforderungen

Eine Methode bzw. Gerät zur Aufzeichnung von Fruchtkörper-Wachstumskinetiken sollte folgende Kriterien erfüllen:

- (1) einsetzbar unter rauen Witterungsbedingungen und robust bei Transport und Handhabung
- (2) Mittlere Genauigkeit (Übereinstimmung mit dem wahren Wert)  $< \pm 5$  mm, Reproduzierbarkeit  $< \pm 3$  mm
- (3) minimale Auswirkung auf Vitalität und Streckung
- (4) minimale Beeinflussung der natürlichen Einflüsse (Niederschlag, Wind, Sonneneinstrahlung)
- (5) Datenaufnahme und -übertragung digital
- (6) Messbereich 0 - 180 mm. Diese Anforderung beruht auf der Auswertung einer repräsentativen Auswahl von 231 *Agaricales* und *Boletales* in LOHMEYER & KÜNKELE (2005): 93 % der Arten  $\leq 160$  mm, Mittelwert und Median ca. 100 mm.
- (7) kostengünstig.

### Das Gerät

Unsere Überlegungen über Machbarkeit und Kostenaufwand haben zu einer elektronisch-mechanischen Lösung geführt. Der Sensor ist ein Dreharm, der mit einem Potentiometer (Drehwiderstand) verbunden ist (s. Abb. 4). Dieser Stellwiderstand arbeitet als Spannungsteiler und erzeugt eine lineare Spannungsänderung, wenn sich der Winkel des Sensorarmes ändert. Das Signal wird dann verstärkt und von einem Datenlogger ausgelesen, der zeitprogrammiert ist. Als Datenlogger verwendeten wir einen handelsüblichen Spannungs-USB-logger (EL-USB-3, Lascar Electronics). Abbildung 5 zeigt die einfache Prinzipschaltung. Die durch die Entladung der Batterie



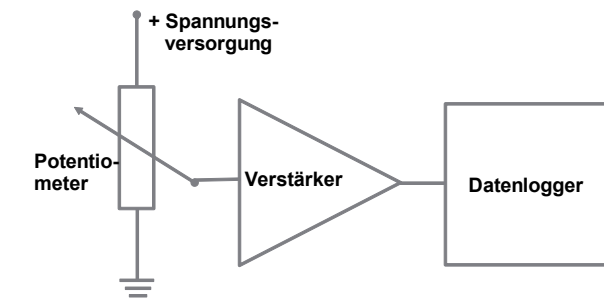
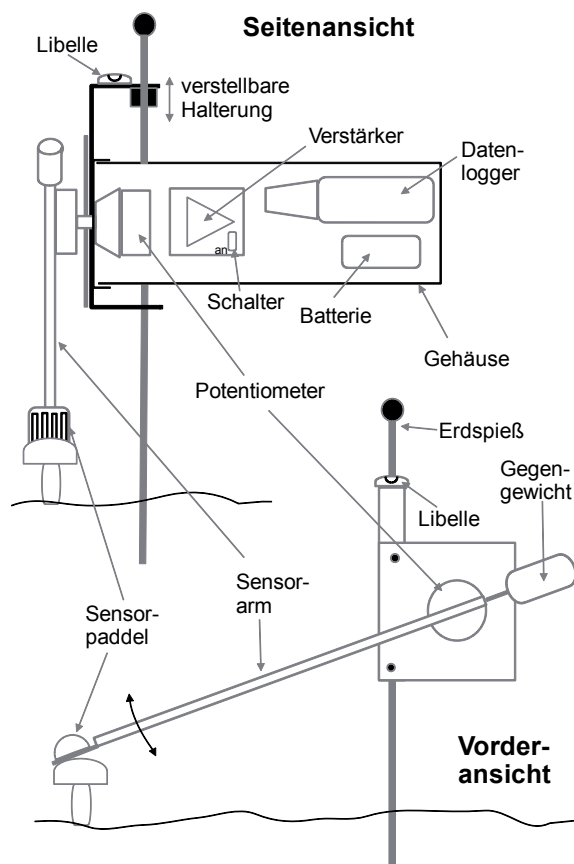


Abb. 5: Prinzipschaltung der Elektronik des Streckungsmessgerätes

Abb. 4: Schemazeichnung des Streckungsmessgerätes

entstehende Fehler wird rechnerisch über die Entladungskennlinie kompensiert. Eine detaillierte Beschreibung der Schaltung und des mechanischen Aufbaus finden sich beim ergänzenden Material auf [www.dgfm-ev.de/node/1231](http://www.dgfm-ev.de/node/1231).

Die mechanische Belastung des Fruchtkörpers durch den Sensorarm kann mit einem Gegengewicht bis auf weniger als 0,08 N reduziert werden, was einem Gewicht von unter 8 Gramm entspricht. Es wurde erwartet, dass dies das Wachstum der meisten Hutpilze nicht beeinflusst. Die Kraft, die Fruchtkörper beim „Schieben“ entwickeln basiert auf dem Turgor der Hyphen (osmotischer Druck). So beträgt der Hyphenturgor bei *Agaricus bisporus* ca. 0,5 MPa (BEECHER et al. 2001, cf. HUDSON 1991). Somit entwickelt ein *A. bisporus* mit einem Stieldurchmesser von 1 cm eine Kraft von etwa 40 N gegenüber der Belastung durch den Sensorarm von 0,08 N. Selbst bei zarten Fruchtkörpern wie z.B. von *Coprinopsis cinerea*, die nur 0,05 MPa Hyphenturgor (MONEY & RAVISHANKAR 2005) aufweisen und damit bei einem Stieldurchmesser von 5 mm eine Gegenkraft von 0,1 N ausüben, wären die <0,08 N des Sensors zu vernachlässigen.

Der Sensorpaddel ist kammartig durchbrochen, um den Zutritt von Niederschlag und Luftbewegung zu ermöglichen, aber auch um Störungen durch Windböen zu verhindern. Wahlweise kann das Paddel die andere Seite gedreht werden, auf der eine Styropor-Halbkugel aufgebracht ist. Diese Option ist für alle Fruchtkörper sinnvoll, die einen ausgebreiteten oder trichterförmigen Hut ausbilden. Die Materialkosten lagen 2011 pro Gerät bei etwa 80 €. Das Gerät ist einfach anzuwenden (s. Einzelheiten in supporting material).

## Messungen

Die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit von 30 Geräten wurden mittels Abstandsklötzchen von 32,4 mm Dicke in 5 Stufen zwischen 0 und 129,6 mm ermittelt.

Mit einem Vorgängermodell mit linearem Sensor (Schiebewiderstand) haben wir die grundsätzliche Tauglichkeit im Feld geprüft und Messungen durchgeführt (s. Abb. 6).

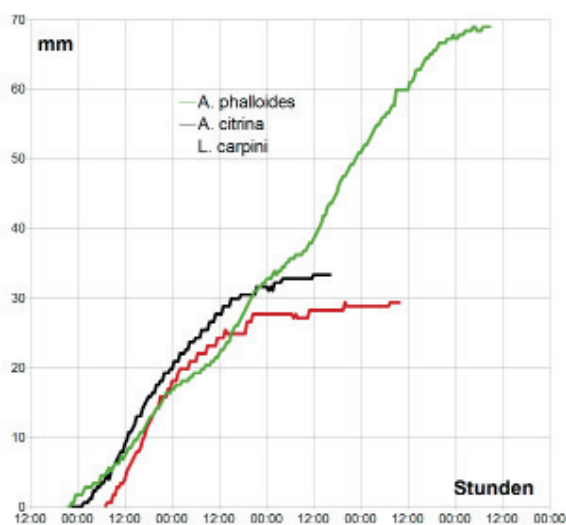
Daraufhin wurden 3 Exemplare des hier vorgestellten Geräts unter kontrollierten Bedingungen mittels handelsüblicher Pilzkulturen von *Agaricus bisporus* und *Stropharia rugoso-annulata* (Pilzhof & Edelpilzzucht Breck, 02694 Malschwitz) getestet (s. Abb. 7). Dabei haben wir an 5 Fruchtkörpern die vom Gerät aufgezeichneten Anfangs- und Endwerte mit Messungen mit Hilfe des Schiebewinkels (s. Abb. 8) verglichen. Dabei haben wir auch eine mögliche Beeinflussung des Wachstums von Fruchtkörpern durch das Gerät durch manuelle Vergleichsmessungen überprüft.

Im Laufe des Jahres 2011 haben wir insgesamt 30 Geräte unter Feldbedingungen auf 4 Transekten zwischen 650 und 1150 m ü.N. im Bayerischen Wald bei stark wechselnden und extremen Witterungsbedingungen 145-mal eingesetzt.

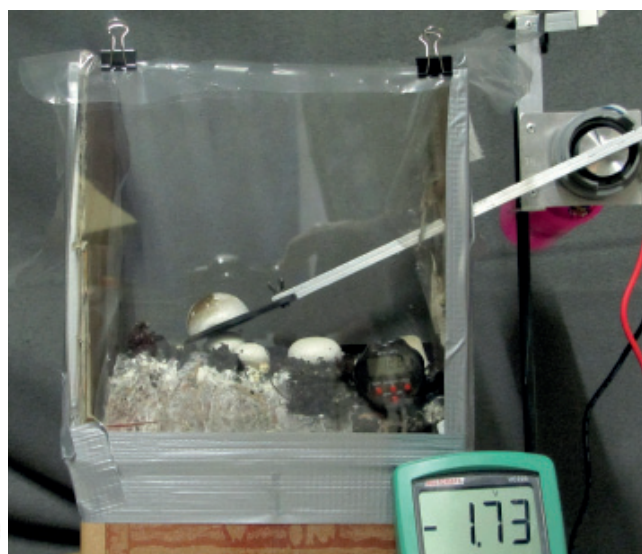
## Ergebnisse

Die geforderte Messgenauigkeit von  $<\pm 5$  mm wird mit  $\pm 5,8$  mm bei einer vollen Nutzung des maximalen Messbereichs von 180 mm (hochgerechnet) nicht eingehalten, während die Reproduzierbarkeit von  $\pm 2,1$  mm unter der Anforderung liegt.

Die mit einem Vorgängermodell durchgeführten Aufzeichnungen an *Amanita citrina*, *Amanita phalloides* und *Leccinum carpini* zeigten Wachstumscharakteristika, die weitgehend den Gompertz-Kurven entsprachen (s. Abb. 7). Die Wachstumskinetik



**Abb. 6:** Wachstumskurven von *Amanita phalloides*, *Amanita citrina* und *Leccinum carpini*

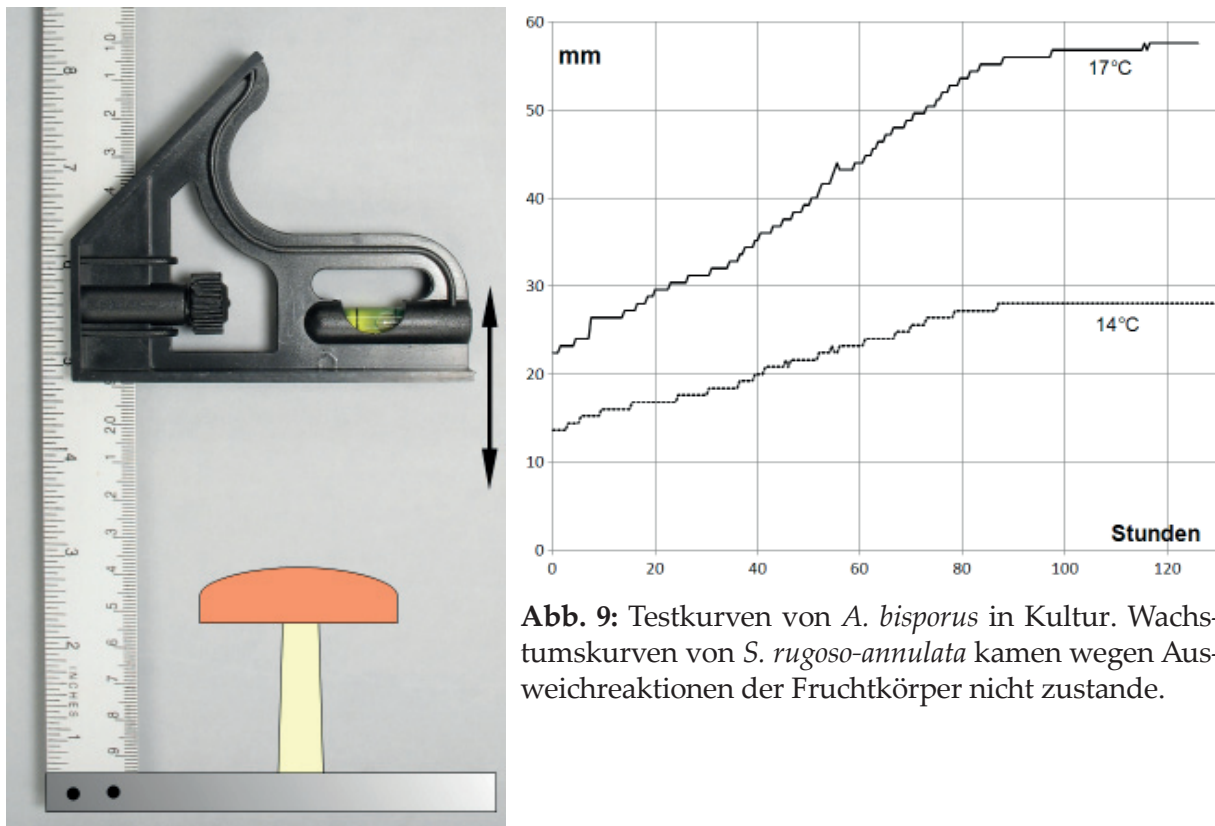


**Abb. 7:** Testanordnung mit *A. bisporus* in Kultur

von *A. phalloides* zeigte geringfügige Nichtlinearitäten im Kurvenanstieg. *A. citrina* erreichte innerhalb von 2,5 Tagen bis zum Ende der Streckung ca. 32 mm Höhe (Durchschnittstemperaturen ca.  $17^{\circ}\text{C}_{\text{max}}$ ,  $12^{\circ}\text{C}_{\text{min}}$ ), *A. phalloides* innerhalb von ca. 4,5 Tagen fast 70 mm (Durchschnittstemperaturen ca.  $15^{\circ}\text{C}_{\text{max}}$ ,  $8,3^{\circ}\text{C}_{\text{min}}$ ) und *L. carpini* innerhalb von ca. 1,5 Tagen ca. 27 mm (Durchschnittstemperaturen ca.  $21,5^{\circ}\text{C}_{\text{max}}$ ,  $13,5^{\circ}\text{C}_{\text{min}}$ ).

Die aufgezeichneten Anfangs- und Endwerte bei Fruchtkörpern der *A. bisporus*-Testkultur (s. Abb. 9) wichen von den manuellen Vergleichsmessungen um maximal 2 mm ab. Eine Beeinflussung des Wachstums von *A. bisporus* konnten wir in Kultur nicht beobachten. Bei *S. rugoso-annulata* allerdings kam es zu einer Vermeidungsreaktion der Fruchtkörper, sie wichen seitlich aus.

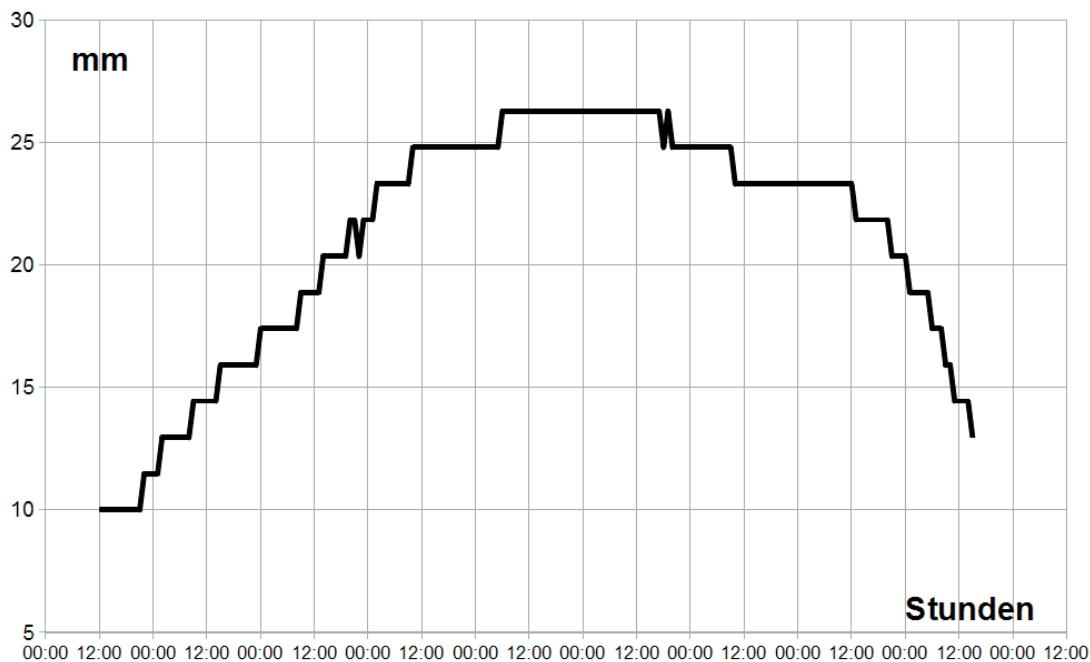
Das Gerät erwies sich im Feld als robust. Bei den im Jahr 2011 verwendeten 30 Geräten gab es keine Ausfälle aufgrund von Witterungsbedingungen. An einigen Geräten traten Defekte an den Batterieschaltern auf. Die Schalter wurden deshalb gegen einen robusteren Typ ausgetauscht. Der Messbereich von 0 - 180 mm erwies sich für die Messung an Fruchtkörpern unter 8 cm Höhe als zu groß. Die Messungen waren daher von zu geringer Auflösung und die aufgezeichneten Kurven deshalb zu stufig (s. Abb. 10). Das Problem wurde dadurch gelöst, dass der Messbereich nun elektronisch umgeschaltet werden kann: 0 - 60 mm, 0 - 120 mm und 0 - 180 mm. Die Aufzeichnungsergebnisse sind jetzt anforderungskonform (s. Abb. 9).



**Abb. 9:** Testkurven von *A. bisporus* in Kultur. Wachstumskurven von *S. rugoso-annulata* kamen wegen Ausweichreaktionen der Fruchtkörper nicht zustande.

**Abb. 8:** Schiebewinkel zur manuellen Messung der Fruchtkörperhöhe





**Abb. 10:** Wachstumskurve von *Russula turci* mit einem schwachem Wachstum von nur ca. 17 mm nach 4 Tagen. Nach 5 Tagen kollabierte der Fruchtkörper wegen Schneckenbefall.

## Diskussion

Die hier vorgestellte Technik erfüllt weitestgehend die Anforderungen. Die Ungenauigkeiten, die systembedingt im oberen Messbereich auftreten, sind für die meisten Fragestellungen tolerierbar. Die Abweichungen in der Genauigkeit ist einem systematischen, geometrischen Effekts zu schulden und unvermeidlich: Wegen der Winkelbewegung des Sensors verschiebt sich der Kontaktpunkt auf dem Hut, wenn dieser (noch) nicht waagrecht ausgebreitet ist, und ändert damit indirekt die Armlänge (Schlupf). Falls eine höhere Genauigkeit erforderlich ist, kann über die Geometrie der Anordnung rechnerisch korrigiert werden.

Unsere Tests mit einer *S. rugoso-annulata*-Kultur weisen darauf hin, dass es Pilzarten gibt, die bereits bei der geringsten mechanischen Störung mit Ausweichen reagieren. Zumindest in solchen Fällen ist es angeraten, die mittlerweile die zusammen mit der physikalischen Fakultät in Garching entwickelte berührungslose Technik zu verwenden. Diese Methode arbeitet mit einer digitalen Kamera, deren Auslöser in Zeitintervallen programmiert werden kann. Die Auswertung erfolgt mit fotogrammetrischer Software. Die Kosten sind mit denen des in diesem Artikel vorgestellten Gerätes vergleichbar. Die Vorteile der Methode sind angesichts der berührungslosen Technik sind offensichtlich. Inwieweit sich die Methode für den rauen Feldeinsatz eignet, ist bislang noch nicht getestet worden.

Die ersten Feldmessungen zeigen, dass die Apparatur gut geeignet ist, die in der Einführung angeschnittenen Fragestellungen zur Wachstumskinetik von agaricoiden Pilzen zu untersuchen. Von besonderem Interesse ist dabei die Frage, ob sich

Mykorrhizapilze anders verhalten, als saprotrophe. Überraschenderweise zeigen sich bei den gezeigten Wachstumskinetiken der drei Mykorrhizapilze keine deutlichen Rhythmen. Lediglich bei *A. phalloides* zeigen sich schwache Anstiege in der Wachstumsgeschwindigkeit etwa ab der Mittagszeit bis in die späten Abendstunden. Dies kann aber auf die Temperaturbedingungen während dieser Tage zurückzuführen sein und nicht notwendigerweise auf die Photosyntheseaktivität des Wirts (*Picea abies*). Hinweise auf eine Fehlfunktion des Aufzeichnungsgerätes lagen nicht vor. Dass diese Mykorrhizapilze überhaupt einen weitgehend lineares Wachstum während der eigentlichen Fruchtkörperstreckung zeigen, deutet darauf hin, dass das Mycel als Nahrungszwischenspeicher die physiologisch bedingten Schwankungen der Zuckerversorgung durch den Wirt abpuffert (s.a. MOORE 2002: 135-138).

Alle hier präsentierten Kinetiken scheinen darauf hinzuweisen, dass ein Wachstum agaricoider Fruchtkörper „über Nacht“ für beide Gilden zumindest nicht die Regel ist. Dies bestätigt die deutliche Einschätzung von RAMSBOTTOM (1977), der das vermeintliche Phänomen nächtlicher Wachstumsschübe als „fallacy“ (Trugschluss) bezeichnet hat.

Da die Messungen vorläufigen bzw. beispielhaften Charakter haben, ist eine fundierte Aussage über etwaige Unterschiede oder Gleichartigkeiten des Fruchtkörperwachstums zwischen den trophischen Gilden derzeit noch nicht möglich. Die Ergebnisse zeigen jedoch das Potential unserer Methode.

Eine, in ihren Ausmaßen unerwartete Schwierigkeit bei den Feldeinsätzen 2011, einem Jahr mit ungewöhnlichem Witterungsverlauf im Bayerischen Wald, bestand



**Abb. 11:** Streckungsmessgerät an *Xerocomus badius* mit Schneckenfraß

darin, dass kaum Fruchtkörper gebildet wurden bzw. im Wachstum zurückblieben. Zudem wurden die Fruchtkörper zum guten Teil schon während des frühen Wachstumsstadiums innerhalb von zwei Tagen von Nacktschnecken dezimiert (Beispiel s. Abb. 10 und 11). Handelsübliche Schneckenringe aus Plastik für den Gartenbedarf scheinen aber Abhilfe zu schaffen.

## Schlussfolgerungen

Wir konnten zeigen, dass die hier vorgestellte Apparatur gut geeignet ist, Fragen zur Kinetik der Fruchtkörperbildung bei hutbildenden Großpilzen zu beantworten. Es ist aber vorstellbar, dass z.B. auch Bauch- und Konsolenpilze bei leichten Modifikationen des Gerätes untersucht werden können.

Die ersten Kinetiken zeigten unerwartete Muster, nämlich dass beide Gilden eine ähnliche Dynamik der Fruchtkörperbildung aufwiesen. Da dies nur vorläufige Ergebnisse einer nicht repräsentativen Stichprobenmenge sind, sind weitere Untersuchungen erforderlich:

- ✧ Zur Abhängigkeit des Reproduktionsaufwandes von Umweltvariablen: Statistische Auswertung von Wachstumskinetiken von Fruchtkörpern möglichst vieler Arten, vorzugsweise entlang von Höhentransekten, unter gleichzeitiger Aufzeichnung von Umweltparametern, wie z.B. Temperatur, Feuchte, CO<sub>2</sub>-Austausch und globale Einstrahlung, aber auch Fraßdruck.
- ✧ Einfluss des täglichen Photosyntheserhythmus und Phänologie der Begleitvegetation: Zumindest zum Ende der Vegetationsperiode erhalten Mykorrhizapilze für die Fruchtkörperbildung frisch synthetisierten Zucker von ihrem Wirt (HÖGBERG et al. 2010). Warum bzw. mit welcher Dynamik fruktifizieren also Arten dieser Gilde **während** der Vegetationsperiode?
- ✧ Synchrone Erfassung des Fruchtkörperwachstums und der Sporulation, um Schlüsse auf die reproduktive bzw. adaptive Fitness von Hutpilzen unterschiedlicher Lebensstrategien („lifestyles“) zu ermöglichen.
- ✧ Vergleich von Pilzarten über mögliche Zusammenhänge zwischen Biomasse, Gildenzugehörigkeit, Lebensstrategie („selection type“) und Wachstumskinetik ihrer Fruchtkörper.

## Danksagung

Besonderer Dank gilt Regina Siemianowski, die die Messgeräte unter schwierigen Feldbedingungen für uns getestet hat.

Außerdem danken wir Dieter Holtum, Martin Kammerloher und Peter Turba an der physikalischen Fakultät für ihren Beitrag zur Entwicklung eines optisch messenden Prototyps und für die aufschlussreichen Diskussionen über Wachstums-Messeinrichtungen im Allgemeinen.



## Literatur

- ASHKANNEJHAD S, HORTON TR (2006): Ectomycorrhizal ecology under primary succession on coastal sand dunes: interactions involving *Pinus contorta*, suilloid fungi and deer. *New Phytologist*, **169**: 345–354.
- BEECHER TM, MAGAN N, BURTON KS (2001): Water potentials and soluble carbohydrate concentrations in tissues of freshly harvested and stored mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biology and Technology* **22/2**: 121-131.
- BORRIS H (1934): Beiträge zur Wachstums- und Entwicklungsphysiologie der Fruchtkörper von *Coprinus lagopus*. *Planta* **22**: 28–69.
- BRET JP (1977): Respective role of cap and mycelium on stipe elongation of *Coprinus congregatus*. *Trans. Br. mycol. Soc.* **68/3**: 363-369.
- CLÉMENÇON H (1997): Anatomie der Hymenomyceten. F. Flück-Wirth, Teufen.
- COOKE RC, WHIPPS JM (1993): *Ecophysiology of Fungi*. Blackwell Scientific Publications, London: 16-20.
- COOKE WB (1979): *The Ecology of Fungi*. CRC Press Inc., Boca Raton
- DEACON JW, DEACON J (2005): *Fungal Biology*. Blackwell Publ.: 213f
- DÖRFELT H, GÖRNER H (1989): *Die Welt der Pilze*. Urania-Verlag: 58.
- DÖRFELT H (1982): Die Fruchtkörperentwicklung von *Xerula radicata*. *Flora* **172**: 533-561.
- FEEST A (2006): Establishing Baseline Indices for the Quality of the Biodiversity of Restored Habitats Using a Standardized Sampling Process. *Restoration Ecology* **14/1**: 112-122.
- HALBWACHS H (2008): Wachsen Pilze über Nacht wirklich schneller? *Der Tintling* **4/2008**: 27-28.
- HANSKI I (1989): Fungivory: Fungi, Insects and Ecology. In WILDING N, COLLINS NM, HAMMOND PM, WEBBER JF: *Insect-Fungus Interactions*, 14th Symposium of the Royal Entomological Society of London / British Mycological Society September 1987. Academic Press London.
- HÖGBERG MN, BRIONES MJI, KEEL SG, METCALFE DB, CAMPBELL C, MIDWOOD AJ, THORNTON B, HURRY V, LINDER S, NÄSHOLM T, HÖGBERG P (2010): Quantification of effects of season and nitrogen supply on tree below-ground carbon transfer to ectomycorrhizal fungi and other soil organisms in a boreal pine forest. - *New Phytologist* **187**: 485–493.
- HUDSON HJ (1991): *Fungal biology*. Cambridge University Press: 14.
- INGOLD CT (1966): Aspects of spore liberation: violent discharge. In MADELIN MF (1966): *The fungus spore*. Butterworths, London.
- KELLER HW, SNELL KI (2002): Feeding activities of slugs on Myxomycetes and macrofungi. *Mycologia* **94/5**: 757-760.
- LOHMEYER TR, KÜNKELE U (2005): *Pilze*. Parragon Verlag.
- LUOMA DL, TRAPPE JM, CLARIDGE AW, JACOBS KM, CÁSARES E (2003): Relationships among fungi and small mammals in forested ecosystems. In ZABEL CJ & ANTHONY RG (2003): *Mammal community dynamics: management and conservation in the coniferous forests of western North America*. Cambridge University Press: 343-373.
- MONEY NP, RAVISHANKAR JP (2005): Biomechanics of stipe elongation in the basidiomycete *Coprinopsis cinerea*. *Mycological Research* **109/5**: 627-634.
- MOORE D (1991): Perception and response to gravity in higher fungi – a critical appraisal. *New Phytologist* **117/1**: 3–23.
- MOORE D (2002): *Fungal Morphogenesis*. Cambridge University Press: 360-364.

MOORE D, GANGE AC, GANGE EG, BODDY L (2008): Fruit Bodies: Their Production and Development in Relation to Environment. In BODDY L, FRANKLAND JC, VAN WEST P: Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes. Elsevier Academic Press: 79-103.

MOSEER M (1993): Fungal growth and fructification under stress conditions. Ukrainian Botanical Journal **50/3**: 5-11.

RAMSBOTTOM J (1977): Mushrooms & Toadstools. Collins, London.

SHAW PJA (1992): Fungi, fungivores, and fungal food webs. In CARROLL GC, WICKLOW DT (Eds.): The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem. Dekker New York: 295–310.



**Hans Halbwachs**

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



**Claus Bässler**

Zuständig im Nationalpark Bayerischer Wald für die mykologische Forschung. Schwerpunkt: Ökologie der Pilze



