

Der Einfluß tiefer Temperaturen auf das Wachstum und die Lebenstätigkeit höherer Pilze mit spezieller Berücksichtigung von Mykorrhizapilzen.

Von M. Moser.

(Arbeit aus der Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn,
Bodenbiologisches Institut, Imst.)

Die Beobachtung, dass sich verschiedene Basidiomyceten aus Berglagen (1800 bis 2100 m) in Reinkultur gegenüber der Kulturtemperatur anders verhielten als solche aus Tallagen, legte uns die Notwendigkeit auf, im Rahmen unserer Arbeiten über Mykorrhizapilze aus Hochlagen (Moser 1956, 1958 a, b, c) den Temperatureinfluss genauer zu untersuchen. Um entsprechendes Vergleichsmaterial zu haben, wurden in diese Arbeiten auch zahlreiche Pilze aus Tallagen, ferner auch nicht mykorrhiza-bildende Arten mit einbezogen. Diese verteilen sich einerseits auf verschiedene systematische Gruppen, andererseits stammen sie auch von ökologisch sehr verschiedenen Standorten, bzw. aus Pilzgruppen mit jahreszeitlich verschiedener Fruktifikationsperiode. Der praktische Zweck dieser Untersuchungen lag für uns im wesentlichen darin, Missgriffe bei der von uns in grösserem Umfange geplanten künstlichen Impfung möglichst zu vermeiden.

Es war hierbei von Interesse, einerseits die Grenztemperatur ungefähr festzustellen, bei der die einzelnen Arten überhaupt noch aktives Wachstum aufweisen können, ferner aber auch den Einfluss einer verschieden langen Einfrierungsdauer auf die Lebensaktivität der Pilzarten zu untersuchen. In ähnlicher Weise wird nunmehr auch der Einfluss hoher Temperaturen geprüft.

In der Literatur finden sich bisher sehr wenig brauchbare Angaben zu diesem Thema. Eine Reihe von Arbeiten befasst sich mit dem Einfluss der Witterung und Temperatur auf die Fruktifikation von höheren Pilzen. So geben die Arbeiten von Wilkins und Mitarbeitern (1940, 1946) und Sprongl (1949) ein ganz gutes Bild über die jahreszeitliche Verteilung im allgemeinen und einzelner Arten im besonderen. Daraus lassen sich immerhin Schätzungen über die minimalen Temperaturen, bei denen noch Fruktifikation stattfinden kann, ableiten. Aus der Arbeit von Wilkins (1946) lässt sich etwa feststellen, dass dies bei 5 Grad C durchschnittlicher Minimumtemperatur der Fall ist. Damit ist aber natürlich noch nichts über die untere Grenze der Wachstumsaktivität des Pilzmycels ausgesagt.

Eine Gruppe weiterer Arbeiten befasst sich mit holzbewohnenden Pilzen (Falck 1909, Lindegren 1933, Liese u. Stramer 1934), einer Gruppe, die an sich durch tiefe Minimumtemperaturen auffällt. Freilich besagt es an sich nicht viel, wenn Arten ein tiefes Einfrieren bis etwa -175°C überdauern können, wie dies für *Collybia velutipes* und *Schizophyllum commune* angegeben wird. Denn gerade das Tiefgefrieren (u. U. auch nur kurzfristig) kann sich physiologisch ja völlig anders auswirken als geringere Kältegrade, wie sie in der Natur auftreten. Ähnlich verhält es sich mit der Arbeit von Kärcher (1931), bei der Pilze bis auf -70° , -183° — 192°C eingefroren wurden. Dabei überdauerte *Coprinus sterquilinus* -40° , *Lepiota rhacodes*, *Boletinus cavipes*, *Phycomyces nitens* -60° , *Collybia velutipes*, *Schizophyllum commune*, *Hypholoma capnoides*, *Clitocybe nebularis*, *Armillariella mellea*, *Fomes annosus*, *Xylaria hypoxylon*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus niger*, *Penicillium „glaucum“* -70° bei 8-tägiger Dauer, -183° — 192° bei 13-stündiger Dauer. Praktische Folgerungen lassen sich jedoch aus derartigen Versuchen keine ziehen.

Über niedere Pilze liegt in dieser Hinsicht etwas mehr Literatur vor. So wird u. a. angegeben, dass etwa *Cladosporium herbarum* noch bei -6° — 10°C aktives Wachstum zeigen kann (Brooks & Hansford 1923, Bidauld 1921). *Phacidium infestans* Karst. ist ebenfalls in der Lage, bei -5°C unter der Schneedecke aktiv zu wachsen (Björkman 1942, 1948).

Methodik. Die Kulturen wurden in bakteriologischen Eproutetten gezogen. Die Kultur erfolgte zumeist auf B IV sowie auf einem Nährboden mit Zusatz von Aneurin, Biotin und Inosit (Moser 1958 a, p. 36). Da sich in Stichproben bei Verwendung verschiedener anderer Nährböden kein unterschiedliches Verhalten ergab, wurde von der Heranziehung anderer Nährböden abgesehen. Allenfalls beabsichtigen wir, die Untersuchungen noch durch Kulturen auf bodenartigen Substraten (Torf, Nadelstreu, Rohhumus und in Bodenproben) zu ergänzen. Die Kulturen wurden dann in verschiedenen Kühlschrankfächern die entsprechende Zeit aufbewahrt und allfällige Schwankungen der Temperatur mit Maximum- und Minimumthermometern laufend kontrolliert.

I. Verhalten nach dem Einfrieren der Mycelien.

Hierbei wurden Einfrierungsdauern von 5 Tagen, 14 Tagen, 1 Monat, 2 Monaten und 4 Monaten untersucht. Die längste Einfrierungsdauer wurde auf Grund von Beobachtungen von Aulitzky gewählt, aus denen hervorgeht, dass im Bereich der Gurgler-Versuchsstation der Boden in den oberen Schichten etwa 2—4 Monate Temperaturen von 0 bis -5°C (u. mehr) ausgesetzt ist. Dabei betragen

die tiefsten Temperaturen in 10 cm Tiefe wohl kaum oder sehr selten weniger als — 11 Grad. Dementsprechend wurde auch eine Einfrierungstemperatur von 10—11 Grad minus gewählt. Das Einfrieren erfolgte sofort nach der Beimpfung der Nährböden. In einem späteren Versuch wurden die Kulturen 7—10 Tage bei ca. 18 Grad belassen, und erst nach dem Aushyphen der Impfstücke wurden die Kulturen eingefroren. Darüber soll weiter unten berichtet werden.

Ökologische Gruppen. Es ergab sich sehr bald bei diesen Versuchen, dass gewisse Gruppen von Pilzen, die sich durch ähnliches Verhalten charakterisierten, $\pm$ verschiedenen ökologischen Typen entsprechen. Und zwar zeigten vor allem Arten, die im Frühjahr oder Spätherbst fruktifizieren, eine viel ausgeprägtere Resistenz, ferner alle Holzbewohner. Auch Pilze aus Hochlagen ergaben teilweise ein ähnliches Verhalten.

Frühjahrspilze. Etwas aus der Reihe fallen bei dieser Betrachtung, die sonst auf Basidiomyceten beschränkt ist, die beiden Arten *Morchella esculenta* und *Verpa bohemica* var. *bispora* (Sor.). Beide Arten geben sowohl nach kurz- als auch langandauerndem Einfrieren sehr aktive Wachstumsresultate. Nach 4 Monaten Einfrierungsdauer ist allerdings ein Nachlassen der Aktivität zu bemerken, das zumindest zum Teil auf ein Austrocknen von Hyphen zurückzuführen ist.

Leider standen an Frühjahrsbasidiomyceten nur wenige Arten zur Verfügung. *Agrocybe praecox* zeigte nach 2-monatigem Einfrieren noch eine volle Wachstumsleistung, nach 4 Monaten erhielten wir jedoch ein negatives Resultat. Verwendet wurde hierbei ein Hochlagenstamm aus 1850 m. *Clitocybe vermicularis* ergab ein positives Resultat bis zu 1 Monat, *Rhodophyllus hirtipes*, dessen Reinkultur an sich sehr schwach wächst, war nur noch nach 14 Tagen positiv.

Unter die Frühjahrspilze könnten mit gewissem Vorbehalt auch noch *Lepista nuda* und verschiedene *Agaricus*-Arten gerechnet werden, da sie ebenso wie im Spätherbst auch schon ab Mai gefunden werden können.

Bei *Lepista nuda* wurden drei Stämme untersucht, wovon der Stamm 1c eine Frühjahrsisolierung, 1b eine Spätherbstisolierung und 1e eine von Ende September repräsentieren. Der Frühjahrsstamm zeigte positives Wachstum bis nach 1-monatigem Einfrieren, der Spätherbststamm war in allen Fällen positiv, der Septemberstamm stets negativ (kürzere als einmonatige Versuchsdauer wurde hier nicht untersucht). Die *Agaricus*-Arten zeigten nach 1-monatiger Versuchsdauer alle noch aktives Wachstum, wenn auch teilweise etwas geschwächt. Verschiedene Arten sind aber auch nach 2 Monaten noch positiv und *A. bitorquis* und *A. campester* sogar nach 4 Monaten.

Spätherbstpilze. *Clitocybe nebularis* und *Camarophyllus niveus* sind leider die einzigen Arten, die wir als ausgesprochene Spätherbstformen ansprechen können. Davon war *C. nebularis* über-raschenderweise ziemlich empfindlich. *C. niveus* hingegen ergab auch nach zweimonatiger Versuchsdauer noch stark positive Resultate.

Hebeloma longicaudum muss wohl ebenfalls in diese Gruppe gerechnet werden. Es verhält sich wie *C. nebularis*, ist also ziemlich empfindlich. Eine Erklärung hierfür bietet sich vielleicht darin, dass die Herbstfröste den Boden nur in den obersten Schichten berühren, sodass die Masse der Mycele unterhalb der gefrorenen Bodenschicht verbleibt. Diese Ansicht wird noch durch die Versuche über die untere Wachstumsgrenze bestärkt, die ergeben, dass diese Arten noch bei ziemliche tiefen Temperaturen aktiv wachsen.

Schliesslich muss noch auf das bereits unter den Frühjahrs-pilzen für *Lepista nuda* und die *Agaricus*-Arten Gesagte verwiesen werden.

Holzpilze: Fast alle Holzbewohner ergaben ziemlich übereinstimmend hohe Kälteresistenz, ob es sich um *Aphyllophorales*, *Polyporales* oder *Agaricales* handelte.

Nach 4-monatigem Einfrieren zeigten noch volle Wachstumsaktivität: *Armillariella mellea*, *Hohenbuehelia atrocoerulea*, *Kuehneromyces mutabilis*, *Oudemansiella radicata*, *Pholiota destruens* (etwas abgeschwächt), *Ph. flavida* und *Ph. aurivella*, *Pleurotus dryinus*, *Panus tigrinus*, *Volvariella bombycina*, *Sparassis crispa*, *Fomes annosus*, *F. marginatus* und *F. officinalis*, *Lenzites saepiaria* und *abietina*, *Polyporus frondosus* und *Phellinus robustus*.

Nach zwei Monaten waren *Cortinellus Berkeleyanus*, *Hygro-phoropsis aurantiaca* und *Omphalotus olearius* noch voll aktiv, nach einem Monat *Coniophora cerebella*, *Favolus europaeus*, *Polyporellus arcularius*, nach fünf Tagen *Poria Vaillantii*. Völlig negativ verhielt sich *Oudemansiella platyphylla*, wobei hier allerdings ein kurzfristiger Versuch nicht durchgeführt wurde.

Hierbei fällt auf, dass z. B. Arten wie *Coniophora cerebella* und *Poria Vaillantii*, die in Gebäuden auftreten, tiefe Temperaturen relativ schlecht vertragen. Liese (1934) fand, dass von 90 Holzpilzarten, die er 14 Tage kaltem Wetter aussetzte, wobei Temperaturen bis zu — 26 Grad auftraten, nur *Merulius lacrymans* nicht überlebte. Allerdings handelte es sich bei diesen Versuchen nicht um andauernd tiefe Temperaturen.

Hochlagenpilze. An Hochlagenarten wurden untersucht: *Suillus placidus* S 3 b, *S. plorans* 4 a und b, *S. tridentinus* S. 10 a, *S. variegatus* S 1 b, ferner *Paxillus involutus* P 1 b, der von uns untersuchte Stamm von *Agrocybe praecox*, *Amanita muscaria*, *Lactarius porninsis* und *Lactarius rufus* La 3 a sowie *Boletinus cavipes*. Hievon

war nur *Agrocybe praecox* nach 2 Monaten noch voll, *Lactarius rufus* abgeschwächt aktiv, während *S. variegatus* nach einem Monat, *S. plorans* nach 14 Tagen, *Lactarius porninsis* nach 5 Tagen noch Wachstumsfähigkeit zeigten. *Paxillus involutus* ergab zunächst nach zweimonatiger Versuchsdauer ein positives Resultat, während die Versuche mit 14 Tagen und 1 Monat negativ verliefen. Dies dürfte jedoch wohl auf schlechte Impfstücke zurückzuführen sein. Denn eine Wiederholung ergab dann bei diesen Versuchen kräftiges Wachstum. 5-tägiges Einfrieren war auf keine der untersuchten Arten von Einfluss. Alle wuchsen kräftig weiter, mit Ausnahme von *Amanita muscaria*. Der Stamm war zwar aus ca. 2000 m isoliert worden, aber wie die systematische Betrachtung zeigt, ist die ganze Gattung *Amanita* sehr kälteempfindlich.

Besonderes Interesse verdienen hierbei Vergleiche von Hochlagen und Talstämmen ein und derselben Art, wie sie z. B. für *S. variegatus* und *S. tridentinus* vorliegen. Der Hochlagenstamm von *S. variegatus* wurde von *Pinus mugho* in ca. 2100 m Höhe, der Talstamm in 600 m Höhe aus einem *Pinus-silvestris*-Bestand isoliert. Der Unterschied in bezug auf Kälteresistenz ist äusserst krass. Während der Talstamm auch nach 5-tägigem Einfrieren nicht mehr wächst, wurde der Hochlagenstamm erst nach 2-monatigem Einfrieren geschädigt. Bei *S. tridentinus* ist der Unterschied weniger gross. Es stammt aber auch der Hochlagenstamm nur aus etwa 1450 m. Auch bei *S. placidus* wurde der eine Stamm im Gebirge, der andere im Tale gewonnen. Doch zeigen beide ziemlich negatives Verhalten und sind auch sonst nicht direkt vergleichbar, da der Stamm 3 a von *Pinus strobus* isoliert wurde.

Interessant ist auch der Vergleich von *S. plorans*, *placidus* und *Boletinus cavipes*, wenn man die soziologischen Standortverhältnisse berücksichtigt. Während der widerstandsfähigere *S. plorans* sein Optimum in bezug auf Fruchtkörperentwicklung auf kahlen oder mit niederer Vegetation bedeckten Standorten hat (Zwergstrauchheiden, Flechtenheiden mit jüngeren *Pinus cembra*-Beständen oder Jungwüchsen), ist *S. placidus* besonders an Stellen mit dichter Bodenbedeckung (dichte Moos- und Flechtenpolster mit *Vaccinium Myrtillus* oder *Rhododendron*, besonders in dichten, geschlossenen jüngeren Zirbenbeständen) zu finden. Es ist also anzunehmen, dass Mycelien von empfindlicheren Arten in dichteren Vegetationsgesellschaften oder in tieferen Bodenschichten überwintern und eventuell auch in etwas tieferen Wurzelhorizonten noch Mykorrhizen bilden. Auch bei *Boletinus cavipes*, der oft in ziemlich dichten Rasenböden auftritt, dürfte es ähnlich sein. Auch hier spricht für diese Ansicht, dass diese Arten zwar längeres Einfrieren nicht überdauern, wohl aber bei tiefen Temperaturen noch aktiv wachsen können.

Bodenpilze aus Tallagen. Hier prägt sich weit stärker eine Abhängigkeit des Verhaltens im Hinblick auf systematische Einheiten aus. Manche Gattungen oder Teile solcher sind stark kälteempfindlich, andere sehr wenig beeinflussbar. Es soll daher weiter unten bei der systematischen Betrachtung näher darauf eingegangen werden.

Einfrieren nach dem Aushyphen.

Bei diesem Versuch wurden die Kulturen so lange bei etwa 18 Grad gehalten, bis sich ein $\pm$ starkes Aushyphen der Impfstücke deutlich erkennen liess (etwa 7—10 Tage). Die Kulturen wurden dann auf $1\frac{1}{2}$ Monate bei — 11—12 Grad eingefroren.

Im allgemeinen kann jedoch gesagt werden, dass sich gegenüber dem sofortigen Einfrieren nach der Überimpfung kaum wesentliche Unterschiede ergeben. Die wenigen Fälle, wo wir ein abweichendes Verhalten konstatieren konnten, sind eher durch Verschiedenheiten der Mycelpartien des Inoculums zu erklären (leichte Unterschiede im Alter von Mycelpartien etc.).

Die Kälteempfindlichkeit nach systematischen Gesichtspunkten betrachtet.

Agaricales.

Boletaceae: Sämtliche Boletaceen erwiesen sich als ziemlich empfindlich. Untersucht wurden 8 *Suillus*-Arten, 2 *Boletus*-, 2 *Lecanum*-, 2 *Xerocomus*- und eine *Boletinus*-Art. Lediglich Arten oder Stämme aus Hochlagen, vor allem der Gattung *Suillus*, können hier eine gewisse Ausnahme machen. Von *Suillus Grevillei* sind die Stämme 8b und 8c in ihrem Verhalten verschieden, obwohl beide aus ungefähr der gleichen Höhenlage stammen. Jedoch wurde der Stamm 8b von der Sonnseite, der Stamm 8c von der Schattenseite des Tales isoliert. Es wäre also auch hier an einen kleinklimatischen Einfluss auf das Verhalten gegenüber Kälte denkbar und man könnte die Bildung lokaler physiologischer Kleinrassen für möglich halten.

Gomphidiaceae. Es wurde lediglich *Gomphidius rutilus* zu einigen Experimenten herangezogen und erwies sich hierbei als ziemlich empfindlich, ähnlich wie von den *Paxillaceae Paxillus involutus*, bei dem der Hochlagenstamm auch weniger empfindlich ist. *Camarophyllus niveus* ist an sich sehr unempfindlich. Da es sich aber um die einzige untersuchte Art der Familie handelt, lässt sich bezüglich der *Hygrophoraceae* nichts allgemeineres sagen.

Tricholomataceae: Alle holzbewohnenden Gattungen sind ziemlich resistent. Die Gattung *Clitocybe* verhält sich ziemlich uneinheitlich. Während alle untersuchten Arten bei tiefen Temperaturen noch wachsen, sind sie gegen das Einfrieren teils sehr empfindlich,

teils auch wieder sehr widerstandsfähig. Die untersuchten *Tricholoma*-Arten hingegen sind einheitlich überaus empfindlich. Keine der untersuchten Arten konnte nach dem Einfrieren wieder weiter wachsen, auch nicht bei ganz kurzfristiger Versuchsdauer. Die beiden *Leucopaxillus*-Arten sind ziemlich resistent gegen Kälte. Dabei ist systematisch interessant, dass die eine Art (*L. mirabilis*), die früher ja zu *Tricholoma* gerechnet wurde, sich auch in dieser physiologischen Hinsicht gar nicht wie *Tricholoma* verhält.

Interessant ist das Verhalten von *Clitopilus Passekerianus*. Ihrem Standort in Champignonzuchten entsprechend, würde man eigentlich eine ziemlich grosse Empfindlichkeit erwarten. Doch erwies sich die Art als gegen Kälte völlig resistent.

Amanitaceae. Die Arten der Gattung *Amanita* sind durchwegs sehr anfällig gegenüber tiefen Temperaturen (ebenso wie auch gegen hohe!). Keine einzige ergab positive Resultate, auch nicht ein Hochlagenstamm von *A. muscaria*. Hingegen ist wieder die holzbewohnende *Volvariella bombycina* äusserst resistent und zeigt an sich eine sehr breite Temperaturvalenz, sowohl in bezug auf tiefe als auch hohe Temperaturen. Leider standen uns keine erdbewohnenden *Volvaria*-Arten in Reinkultur zur Verfügung. Auch *Pluteus*-Arten wären zum Vergleich noch sehr interessant gewesen.

Agaricaceae. Alle Arten der Gattung *Agaricus* sind ziemlich einheitlich wenig empfindlich und wachsen nach längerer Einfrierungsdauer meist recht gut. Ganz ähnlich erwiesen sich auch die untersuchten *Macrolepiota*-Arten als sehr resistent.

Cortinariaceae. *Leucocortinarius bulbiger* ist sehr gegen tiefe Temperaturen resistent (auch wieder ein Umstand, der gegen seine frühere Stellung bei *Tricholoma* spricht). Desgleichen sind die bisher überprüften *Inocybe*-Arten widerstandsfähig, wesentlich weniger die allerdings bisher einzige *Hebeloma*-Art.

Die Gattungen *Myxarium* und *Phlegmacium* hingegen sind, ähnlich wie *Amanita*, äusserst empfindlich und scheinen in ihrer Wachstumsaktivität auf einen sehr engen Bereich, sowohl nach der unteren als auch der oberen Temperaturgrenze, beschränkt zu sein.

Die einzige untersuchte *Strophariaceae*, *St. aeruginosa*, ist verhältnismässig unempfindlich, wie auch die drei getesteten Pholiotaceen, die als Holzbewohner entsprechend unempfindlich sind. Auch von *Clavariaceae* wurde nur die holzbewohnende *Sparassis cripisa* für die Versuche herangezogen. Auch sie ist entsprechend ihrer ökologischen Gruppe resistent, sodass auf erdbewohnende Arten kein Rückschluss gezogen werden kann.

Bei den *Polyporales* konnten erdbewohnende Arten leider nicht untersucht werden. Es wäre natürlich von Interesse, zu sehen, ob sie sich ebenso resistent verhalten wie die Holzbewohner.

Von Gastromyceten und Ascomyceten liegt so wenig, bzw. auch ökologisch spezialisiertes Material vor, dass keinerlei allgemeine Aussagen möglich sind.

II. Mycelwachstum bei tiefen Temperaturen.

Während die bisher angeführten Versuche dazu dienten, die Widerstandsfähigkeit von Mycelien bei Aussetzung an im Winter im Boden auftretende tiefe Temperaturen zu prüfen, dienten die folgenden Reihen dazu, den ungefähren unteren Temperaturbereich zu erfassen, in dem die Pilze gerade noch aktives Wachstum zeigen können. Dabei wurden zwei Bereiche geprüft und zwar um 0 Grad und + 5 Grad. Da eine ganz exakte Konstanthaltung während der 1—2 Monate dauernden Versuchsreihen nicht möglich war, wurden die Abweichungen laufend mit Minimum- und Maximumthermometern überprüft. Dabei traten bei der 0-Grad-Reihe kurzfristige Abweichungen bis zu — 2 und + 4 Grad auf (etwa beim Öffnen des Kühlschrankes, bzw. durch Stromschwankungen etc.). Bei der zweiten Reihe betrugen die Abweichungen bis zu + 2 und + 8 Grad.

Bei der 5-Grad-Reihe zeigten die Mehrzahl der Arten bereits ein ziemlich starkes Wachstum. Aber gerade bei den Arten oder Artengruppen, bei denen dies nicht der Fall war, zeigt sich eine gewisse systematische Abhängigkeit. So verliefen alle Versuche mit der Gattung *Amanita* völlig negativ, lediglich *A. citrina* zeigte schwache Aushyphungen. Ebenso sind die *Boletus*-, *Leccinum*- und *Xerocomus*-Arten anscheinend stärker wärmebedürftig. Negativ verhielt sich auch *Myxarium delibutum*, während für die Phlegmacien damit gerade die untere Wachstumsgrenze erreicht zu sein scheint. Denn die Mehrzahl der Arten zeigte bereits aktives Wachstum. Und schliesslich ergaben die *Tricholoma*-Arten noch völlig negative Resultate.

Bei den Versuchen um die 0-Grad-Grenze zeichnen sich wieder stärker die ökologischen Gruppierungen ab. Wieder sind die holzbewohnenden Arten am aktivsten, ähnlich wie die Frühjahrspilze. Diese wachsen bei derart niedrigen Temperaturen noch ziemlich stark und scheinen ein gewisses Wachstum auch noch bei einigen Minus-Graden zu besitzen. Dies erklärt auch die frühe Fruktifikation mancher Arten, die ihre Fruchtkörper ja noch unter der Schneedecke entwickeln. Die Wachstumsbegrenzung bei diesen Arten scheint lediglich in der Möglichkeit zu liegen, Flüssigkeit aufzunehmen.

Auch bei Hochlagen-Arten dürfte der Fall ähnlich sein. Diese wachsen teilweise auch noch um die 0-Grad-Grenze, wenn auch etwas schwächer. Es scheint bei Hochlagenpilzen entweder so zu sein, dass sie lange Einfrierungszeiträume überstehen können oder in der Lage sind, bei tiefen Temperaturen (um die 0-Grad-Grenze) noch aktiv zu wachsen. Auf diese Weise können sie entweder in höheren, lange gefrorenen Bodenschichten überwintern, oder sie überwintern in tie-

feren Horizonten und sind in der Lage, frühzeitig im Jahr bzw. rascher aus diesen wieder in obere Schichten emporzuwachsen. Was nun Mykorrhizabildner betrifft, so kann es natürlich sein, dass diese im Zusammenleben mit der Wurzel sich noch etwas anders verhalten. Diese Frage soll eventuell später noch geprüft werden.

Die Fähigkeit, langes Einfrieren zu überdauern, geht sehr häufig mit der Fähigkeit, bei niederen Temperaturen zu wachsen, parallel (etwa die meisten Holzbewohner). Doch muss dies keineswegs der Fall sein. Wir haben Arten beobachtet, die in der Lage sind, lange Einfrierungszeiträume zu überleben, nicht aber bei tiefen Temperaturen zu wachsen (z. B. *Leucocortinarius bulbiger*, *Lactarius rufus* u. a.). Umgekehrt findet man eben bei extremen ökologischen Gruppen (Hochlagen-Arten, Herbstpilzarten) häufig die Fähigkeit, bei niederen Temperaturen (um die 0-Grad-Grenze) zu wachsen, nicht jedoch lange Einfrierungszeiträume zu überleben.

Folgerungen für künstliche Mykorrhiza-impfungen.

Da wir bei der künstlichen Impfung von Forstpflanzen mit Mykorrhizapilzen vor allem zunächst auf Erzielung widerstandsfähiger Pflanzen für Hochlagenaufforstungen hinarbeiten, ergeben sich für uns aus diesen Beobachtungen einige wichtige Folgerungen. Vor allem tritt ziemlich deutlich hervor, dass auch bei den Mykorrhizapilzen die Provenienzfrage eine bedeutende Rolle spielt. Der Umstand, dass Tallagenstämme (Bsp. *S. variegatus*) viel empfindlicher sind gegenüber niederen Temperaturen, zeigt uns, dass für die künstliche Impfung von Pflanzen für Hochlagen mit Vorteil nur Impfkulturen von Hochlagenstämmen herangezogen werden. Dieser Umstand lässt aber auch die Bedeutung künstlicher Impfungen in einem anderen Lichte erscheinen. Denn selbst wenn Pflanzen ohne künstliche Impfung auch Mykorrhizapilze aus Böden in Talforstgärten annehmen, so werden diese sich bei der Verpflanzung in Hochlagen viel schlechter bewähren, sie werden eventuell nach dem ersten Winter eingehen und es wird einen gewissen Zeitraum benötigen, bis die Pflanze sich mit Hochlagenstämmen assoziiert hat.

Es tritt hier natürlich die Frage der Anpassungsmöglichkeit von Pilzen an andere Temperaturverhältnisse an uns heran. Die Zeiträume, über die sich unsere Beobachtungen erstrecken, sind noch etwas kurz, um hierüber etwas sicheres aussagen zu können. Die am längsten beobachteten Stämme haben wir nunmehr seit 5—6 Jahren in Kultur. Aus allen Beobachtungen aber können wir heute sagen, dass Tallagen-Stämme bisher ihr Verhalten gegenüber tiefen Temperaturen nicht verändert haben. Hochlagenstämme, die sich zunächst auch nur bei etwas niedrigeren Temperaturen gut isolieren lassen (Maximum bei etwa 20 Grad!), können sich allmählich an die Kultur

bei etwas höheren Temperaturen anpassen. Sie wachsen aber immer bei höheren Temperaturen schlechter. Wesentlich aber ist, dass sie ihre Fähigkeit, bei niederen Temperaturen zu wachsen, bisher nicht verloren haben. Weitere Versuche in dieser Richtung sind natürlich noch erforderlich, vor allem deren Ausdehnung über noch längere Zeiträume.

S u m m a r y.

Experiments were carried out on the ability of higher fungi to survive longer periods (up to 4 months) of freezing (about -11 — -12° C, corresponding to temperature conditions occurring in mountain soils during winter), and to grow at low temperatures (about 0° and $+5^{\circ}$ C). From these experiments we conclude, that fungi from special ecological habitats (e. g. spring- and autumn-fungi, mountain-fungi, wood-inhabiting fungi etc.) have generally the ability to withstand long periods of freezing or to grow at low temperatures or both. — On the other hand we find that with regard to low temperatures there exists a fairly pronounced strainspecificity. That will say, that e. g. a species isolated from the mountain-region is able to grow at low temperatures whereas as strain of the same species isolated from the valley can not. Somewhat less pronounced we can find such conditions with strains isolated from the sunny and the shadowy side of a valley. This means, that we should use for artificial inoculation of forest trees in nurseries with mycorrhizal fungi, destined for reforestation in mountainous regions, only fungal strains isolated from mountain-regions.

Tabelle I. Zusammenfassung der ausgeführten Experimente.

Die Pilzarten in alphabetischer Reihenfolge. 5 = Wachstum, den optimalsten Verhältnissen entsprechend, 4 = sehr gut, 3 = gut, 2 = schwach, 1 = sehr schwach (nur Hyphenflaum), 0 = kein Wachstum, — = kein Versuch durchgeführt. Die mit (G) bezeichneten Arten stammen aus der Kulturensammlung des Institutes für Gartenbau, Abt. Angew. Pilzkunde, Markleeberg, DDR, die mit (L) bezeichneten von Prof. Dr. K. Lohwag, die übrigen wurden in unserem Institut isoliert.

Pilzart	Einfrierungsdauer					Kultur bei			
	5 Tg.	14 Tg.	1 M.	2 M.	3 M.	—2—	+4	+2	—8
Agrocybe praecox	5	5	5	5	0	3		5	
(G) A. dura	—	5	5	5	0	3		4	
(G) Agaricus arvensis	—	3	2	3	0	2		3	
(G) A. bisporus	—	3	4	0	0	2		3	
(G) A. bitorquis	—	5	4	5	5	1		3	
(G) A. campester	—	5	4	3	3	1		3	
(G) A. haemorrhoidarius	—	5	3	5	0	2		3	
(G) A. porphyreus	—	3	2	0	0	0		2	

Pilzart	Einfrierungsdauer					Kultur bei		
	5 Tg.	14 Tg.	1 M.	2 M.	3 M.	-2—	+4	+2-8
(G) <i>A. silvaticus</i>	—	2	2	0	0	3		4
(G) <i>A. silvicola</i>	—	2	4	5	0	0		3
(G) <i>A. vaporarius</i>	—	2	2	0	0	1		2
(G) <i>A. xanthoderma</i>	—	2	3	3	0	2		3
<i>Amanita muscaria</i>	0	0	0	0	0	0		1
(G) <i>A. citrina</i>	—	0	0	0	0	0		1
(G) <i>A. rubescens</i>	—	0	0	0	0	0		0
(G) <i>A. spissa</i>	—	0	0	0	0	0		0
(G) <i>A. virosa</i>	—	1	1	0	0	0		0
<i>Armillariella mellea</i>	5	5	5	5	5	0		3
<i>Anthurus muellerianus</i>								
var. <i>aseroëformis</i>	2	0	0	0	0	0		2
<i>Boletinus cavipes</i> 1 b	0	0	0	0	0	2		5
<i>Boletinus cavipes</i> 1 c	—	0	0	0	0	2		5
<i>Boletus edulis</i>	0	0	0	0	0	0		0
(G) <i>B. erythropus</i>	—	0	0	0	0	0		0
(G) <i>Bovista nigrescens</i>	—	5	5	0	5	0		2
(G) <i>Bovista plumbea</i>	—	5	5	3	3	0		2
<i>Clitocybe nebularis</i>	5	3	0	0	0	2		3
(G) <i>C. ditopa</i>	—	5	5	0	0	3		4
(G) <i>C. gilva</i>	—	0	0	0	0	2		5
(G) <i>C. inversa</i>	—	0	0	0	0	2		3
(G) <i>C. odora</i>	—	5	5	0	0	3		5
(G) <i>C. suaveolens</i>	—	5	5	5	5	2		5
<i>C. vermicularis</i>	5	5	5	0	0	2		3
(G) <i>Camarophyllus niveus</i>	—	5	5	5	0	1		2
(L) <i>Coniophora cerebella</i>	5	5	5	0	0	0		4
(L) <i>Cortinellus Berkeleyanus</i>	5	5	5	5	0	2		5
(L) <i>Clitopilus Passeckerianus</i>	5	4	5	5	5	3		5
<i>Fomes officinalis</i>	5	5	5	5	5	1		3
(G) <i>F. annosus</i>	—	5	5	5	5	0		3
<i>F. marginatus</i>	5	5	5	5	5	1		5
<i>Favolus europaeus</i>	5	4	5	5	?	5		5
(G) <i>Gomphidius rutilus</i>	—	—	—	—	—	0		2
<i>Hebeloma longicaudum</i>	2	4	0	0	0	3		5
(G) <i>Hohenbuehelia atrocoerulea</i>	—	5	5	5	5	5		5
(G) <i>Hygrophoropsis aurantiaca</i>	—	5	5	3	0	0		3
(G) <i>Inocybe lacera</i>	—	5	5	5	5	2		5
<i>I. fibrosa</i>	5	—	—	—	—	2		5
(L) <i>Kuehneromyces mutabilis</i>	5	5	5	5	5	2		5
(G) <i>Lactarius deliciosus</i>	—	—	—	—	—	0		1
<i>L. porninsis</i>	3	1	0	0	0	0		0
<i>L. rufus</i> 3 a	—	—	—	3	0	0		2
<i>L. rufus</i> 3 b	—	2	2	0	0	0		2
<i>L. torminosus</i>	3	2	3	3	0	0		0

Pilzart	Einfrierungsdauer					Kultur bei		
	5 Tg.	14 Tg.	1 M.	2 M.	3 M.	-2	+4	+2-8
Leccinum scabrum 1 a	0	0	0	0	0	0		1
L. scabrum 1 b	0	0	0	0	0	0		1
L. aurantiacum 2 a	0	0	0	0	0	0		2
(L) Lenzites saepiaria	5	5	5	5	5	2		3
(L) L. abietina	4	5	3	5	2	0		3
Lepista nuda 1 b	5	4	3	5	3	2		4
L. nuda 1 c	5	5	5	0	0	2		4
L. nuda 1 e	—	—	0	0	0	3		5
Leucocortinarius bul- biger	—	5	5	5	5	0		2
Leucopaxillus mirabilis	—	3	2	3	0	0		2
L. giganteus	2	3	3	4	0	2		3
(G) Macrolepiota graci- lenta	—	5	5	5	0	2		3
M. procera	5	5	5	5	5	3		3
Morchella esculenta	5	5	5	?	2	3		5
Myxarium delibutum	0	0	0	0	0	0		0
(L) Omphalotus olearius	5	5	5	5	0	2		5
(G) Oudemansiella radicata	5	5	5	5	5	3		5
(G) Ou. platyphylla	—	0	0	0	0	0		1
Paxillus involutus 1 a	0	0	0	0	0	0		2
P. involutus 1 b	5	3	2	2	0	2		5
Phaeolepiota aurea	—	—	—	—	—	2		2
Phlegmacium allutum 3 a	0	0	0	0	0	0		2
Phl. allutum 3 b	2	—	—	—	—	0		0
Phl. aureopulverulen- tum	—	0	0	0	0	0		3
Phl. brunneocoerules- cens	—	—	—	—	—	0		2
Phl. caesiocanescens	0	0	0	0	0	0		3
Phl. calochorum	—	0	0	0	0	0		3
Phl. cephalixum	0	0	0	0	0	2		3
Phl. cliduchum ss. Ricken	0	0	0	0	0	2		3
Phl. coerulescens var. cyaneum	—	—	—	—	—	0		2
Phl. corrosum	—	—	0	0	0	2		4
Ph. elegantior 8 b	0	0	0	0	0	0		3
Phl. elegantior 8 c	0	0	0	0	0	0		2
Phl. fuscomaculatum	—	0	0	0	0	0		2
Phl. glaucopus	0	0	0	0	0	0		0?
Phl. infractum	0	0	0	0	0	0		1
Phl. orechalcium ss. Mos.	0	0	0	0	0	0		3
Phl. purpurascens	0	0	0	0	0	0		2
Phl. sulphureum ss. Lge.	—	—	—	—	—	2		3

Pilzart	Einfrierungsdauer					Kultur bei		
	5 Tg.	14 Tg.	1 M.	2 M.	3 M.	-2	+4	+2-8
Phl. variegatum	0	0	0	0	0	0	3	
Phl. varium	0	0	0	0	0	0	3	
(L) Phellinus robustus	5	5	5	5	5	1	3	
(L) Panus tigrinus	5	5	5	5	5	0	4	
Pholiota destruens	5	5	5	3	3	2	3	
(G) Ph. aurivella	5	5	5	5	5	3	5	
Ph. flavida	5	5	5	5	5	3	5	
(L) Pleurotus dryinus	5	5	5	5	5	0	0	
(G) Polyporus frondosus	5	5	5	5	5	0	5	
(L) Polyporellus arcularius	5	5	5	0	0	2	4	
(L) Poria Vaillantii	5	0	0	0	0	2	3	
Rhodophyllus hirtipes	2	2	0	0	0	3	3	
(G) Sparassis crispa	—	5	5	3	4	1	3	
(G) Stropharia aeruginosa	—	5	5	0	0	2	3	
Suillus aeruginascens	3	0	0	0	0	0	3	
S. Bresadolae	0	0	0	0	0	0	3	
S. granulatus	—	—	—	—	—	2	5	
S. Grevillei 8 b	5	0	0	0	0	0	2	
S. Grevillei 8 c	3	3	3	0	0	0	2	
S. piperatus	0	0	0	0	0	0	2	
S. placidus 3 a	5	0	0	0	0	2	4	
S. placidus 3 b	3	0	0	0	0	0	3	
S. plorans 4 a	5	2	0	0	0	1	3	
S. plorans 4 b	3	3	0	0	0	1	5	
S. tridentinus 10 a	3	2	0	0	0	0	1	
(G) S. tridentinus 10 b	3	0	0	0	0	0	2	
S. variegatus 1 a	0	0	0	0	0	0	0	
S. variegatus 1 b	5	5	5	0	0	2	3	
(L) Trametes cinnabarina	5	5	5	5	5	2	3	
Tricholoma robustum	0	0	0	0	0	0	0	
Tr. saponaceum	0	0	0	0	0	0	0	
Tr. vaccinum	0	0	0	0	0	0	0	
Verpa bohemica var. bispora	5	5	5	5	2	3	5	
(G) Volvariella bombycina	—	5	5	5	5	0	2	
(G) Xerocomus badius	0	0	0	0	0	0	3	
X. subtomentosus	0	0	0	0	0	0	3	
Xanthochrous rhodes	—	—	—	—	—	2	3	

Literatur.

- Aulitzky, H., Über die Bodentemperaturverhältnisse einer zentralalpinen Hangstation unter dem Einfluss von Wald- und Bodenvegetation. (Noch unveröffentlicht.)
- Bidault, C., 1921, Sur les moisissures des viandes congelées. C. R. Soc. Biol., Paris, LXXXV, 1017.
- Björkman, E., 1948, Studier över snöskyttesvampens (*Phacidium infestans* Karst.) biologi samt metoder för snöskyttets bekämpande. Medd. f. Stat. Skogsforskningsinst. **37**, 2.
- 1942, Renkultur försök med snöskyttesvampen (*Phacidium infestans* Karst.) Sv. Bot. Tidskr. **36**.

- Brooks, F. T. and Hansford, C. G., 1923, Mould growth upon cold-store meat. *Trans. Brit. Myc. Soc.* **8**, 113—141.
- Edgerton, C. W., 1915, Effect of temperature on *Glomerella*. *Phytopathology* **V**, 247—259.
- Ezekiel, W. N., 1945, Effect of low temperatures on survival of *Phymatotrichum omnivorum*. *Phytopathology* **XXXV**, 296—331.
- Falck, R., 1907, Wachstumsgesetze, Wachstumsfaktoren und Temperaturwerte der holzerstörenden Mycelien. *Möllers Hausschwammforschungen*, Heft I, 53—152.
- Kärcher, H., 1931, Über Kälteresistenz einiger Pilze und Algen. *Planta* **14**, 515—516.
- Liese, J. und Stramer, J., 1934, Vergleichende Versuche über die Zerstörungsintensität einiger wichtiger holzerstörender Pilze und die hierdurch verursachte Festigkeitsverminderung des Holzes. *Angew. Botanik* **16**, 322—363.
- Lindgren, R. M., 1933, Decay of wood and growth of some Hymenomycetes as affected by temperature. *Phytopathology* **XXIII**, 73—81.
- Luyet, B. J. and Gehenio, P. M., 1940, Life and death at low temperatures. *Biodynamica*, Missouri.
- Moser, M., 1956, Die Bedeutung der Mykorrhiza für Aufforstungen in Hochlagen. *Forstw. Cbl.* **75**, 8—18.
- 1958 a, Die künstliche Mykorrhizaimpfung an Forstpflanzen. I. *Ebenda* **77**, 32—40.
- 1958 b, Die Mykorrhiza — Zusammenleben von Pilz und Baum. *Die Umschau*, **58**, 9, 267—270.
- 1958 c, Die künstliche Mykorrhizaimpfung von Forstpflanzen. II. Die Torfstreukultur von Mykorrhizapilzen. *Forstw. Cbl.* **77**, 273—278.
- Smart, H. F., 1935, Growth and survival of microorganisms at sub-freezing temperatures. *Science* **82**, 525.
- Sprongl, K., 1949, Witterung und Pilzwachstum in den Frühsommern 1947 und 1948. *Wetter u. Leben* **2**, 62—68.
- Wilkins, W. H. and Patrick Sheila H. M., 1940, The ecology of higher fungi IV. The seasonal frequency of grassland fungi with special reference to the influence of environmental factors. *Ann. of. appl. Biology* **27**, 17—34.
- and Harris, G. C. M., 1946, ... V. An investigation into the influence of rainfall and temperature on the seasonal production of fungi in a beechwood and a pinewood. *Ebenda* **33**, 179—188.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sydowia](#)

Jahr/Year: 1958/1959

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Moser Meinhard Michael

Artikel/Article: [Über die Hauptfruchtform von Phyllostictina Solieri \(Mont.\)
Petr. et Syd. 386-399](#)