

Aus dem Nachlaß von Walter Albrecht veröffentlichen wir diese eine seiner letzten Arbeiten (die Redaktion).

## Wie meistern Pilze Extremstandorte?

### II. Halophilie bei höheren Pilzen

In der Hoffnung, daß mich der Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, nicht vor den Kadi bringt (schließlich habe ich viele Bücher von ihm gekauft!), will ich zu Beginn dieses Kapitels einige Passagen über Salzpflanzen allgemein aus dem berühmten „Strasburger“, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, 30. Aufl. 1971, zitieren: „Während die Weltmeere – mit nur geringen Schwankungen – einen durchschnittlichen Salzgehalt von etwa 3,5 % aufweisen, müssen die Salzpflanzen an den Meeresküsten und an den Rändern der Salzpflanzen in Steppen- und Wüstengebieten infolge der Eindickung des Bodenwassers durch Verdunstung Anstiege der Salzkonzentration bis auf 10 % und darüber ertragen (konzentrierte Kochsalzlösung ca. 38 %). Zu den Problemen der Übersättigung des Bodenwassers mit für die Pflanzenernährung unwesentlichen oder schädlichen Zonen tritt an solchen Standorten der sehr stark schwankende und zeitweise sehr hohe osmotische Wert des Bodenwassers (Aussüßung nach starken Niederschlägen, Konzentrationsanstieg bei starker Sonneneinstrahlung).

Küsten- und Wüstenhalophyten kompensieren die hohen Salzgehalte des Bodenwassers durch die Aufnahme entsprechend hoher NaCl-Mengen in die Zellsäfte; die Salzkonzentration des Bodens wird also von der Salzkonzentration des Zellsaftes überboten. . .

Manche Halophyten verfügen über besondere Drüsen, die der Absalzung (Auspressung hochkonzentrierter Salzlösung) dienen. . .“

Soweit zunächst „Strasburger“. Die Kenntnis des Begriffs des osmotischen oder Saugwertes einer Lösung muß ich voraussetzen, da eine eingehende Erklärung hier zu weit führen würde. Er gibt das Vermögen einer wässrigen Lösung wieder, die hinter einer semipermeablen Membran mit ihrem Lösungsmittel in Berührung gebracht wird, Wasser aufzunehmen und einen hydrostatischen Druck zu entwickeln. Näheres siehe u.a. „Strasburger“ und „Schmeil-Seybold“, Lehrbuch der Botanik Bd. II, 56. Aufl. 1958, die wohl ehrwürdigsten und bekanntesten deutschen Botanik-Lehrbücher unseres Jahrhunderts.

Nach dieser kurzen Einführung in die Biologie der Salzpflanzen erhebt sich die Frage, wieweit sich die primär an grünen Pflanzen gewonnenen Erkenntnisse auf Großpilze übertragen lassen und ob sich eine solche Untersuchung lohnt. Wieviele Halomakromyeten gibt es überhaupt?

Befassen wir uns zuerst mit der letzten Frage! Als einfacher Nurpilzfrend besitze ich zugegebenermaßen eine relativ bescheidene Fachbibliothek. Dennoch war ich enttäuscht, wie herzlich wenig in deutschen Büchern über die physiologische Ökologie der halophyten und halotoleranten Großpilze der Meeresstrände und -küsten, der Sanddünen und Salzmarsche, der Salzpflanzen der Steppen und Wüsten und dgl. zu finden ist. So war ich erneut, auch wenn mir dies einige „taxonomische“ Landsleute wieder verübeln sollten, auf ausländische, besonders angelsächsische, Literatur angewiesen.

Bei der Suche nach einer Zusammenstellung der angesprochenen Arten wurde ich bei Dr. Roy Watling (Edinburgh, GB), Identification of the Larger Fungi, 1973, teilföndig. Dr. Watling listet neben anderen Pilzen spezieller Habitats auch solche der dem Salzeinfluß

mehr oder weniger stark unterworfenen Sanddünen und Marsche auf. Allein die nachfolgende, von mir durch einige Strandpilze erweiterte, unvollständige Aufzählung von Dünenpilzen umfaßt 35 Arten. Marschpilze gibt es erwartungsgemäß mehr, wobei jedoch zwischen den artenarmen Salz- und den artenreicheren Süßmarschen unterschieden werden müßte (ein typischer Salzwiesenpilz ist z.B. der Strandegerling *Agaricus litoralis*), was Dr. Watling leider nicht getan hat, so daß wir uns hier auf die **Strand- und Dünenpilze** beschränken wollen. Fehlende deutsche Namen habe ich z. T. in Anlehnung an die wissenschaftlichen Namen hinzuerfunden.

*Hygrocybe conicoides* Dünensaftling  
*Laccaria maritima* Strandlacktrichterling, Dünenbläuling  
*Eccilia nigella* Schwärzlicher Zärtling  
*Agaricus bernardii* Dünenegerling  
*Agaricus arenicola* Kleiner Dünenegerling  
*Agaricus devoniensis* Sandegerling  
*Agaricus ammophilus* Küstenegerling  
*Leucoagaricus arenicola* Sand-Egerlingsschirmling  
*Leucoagaricus litoralis* Strand-Egerlingsschirmling  
*Coprinus dunarum* (= *extinctorius*?) Dünentintling  
*Psathyrella ammophila* Sandfaserling, Dünenmürbling  
*Psathyrella flexispora* Krummsporiger Faserling  
*Conocybe dunensis* Dünensamthäubchen  
*Stropharia albocyanea* Bläulicher Träuschling  
*Stropharia coronilla* Krönchenträuschling  
*Inocybe devoniensis* Sandrißpilz  
*Inocybe dulcamara* Olivgelber Rißpilz  
*Inocybe caesariata* Ledergelber Rißpilz  
*Inocybe dunensis* Dünenrißpilz  
*Inocybe halophila* Halophiler Rißpilz  
*Inocybe serotina* Herbstrißpilz  
*Inocybe maritima* Strandrißpilz, Dünen-Wirrkopf  
*Inocybe lacera* Gemeiner Wirrkopf, Struppiger Rißpilz  
*Hebeloma dunense* Dünenfälbling  
*Cortinarius ammophilus* Sandschleierling  
*Phallus hadriani* Dünen-Stinkmorchel  
*Geastrum striatum* Kragenerdstern  
*Vascellum depressum* Niedergedrückter Stäubling  
*Pisolithus arhizus* Erbsenstreuling  
*Tulostoma brumale* Zitzen-Stielbovist  
*Gyrophragmium dunalii* Dünen-Säulenstäubling, -Stelzenstäubling  
*Corynetes arenarius* Sanderdzunge  
*Peziza ammophila* Brauner Zacken-Becherling  
*Sepultaria arenicola* Eingesenkter Sandborstling  
*Sepultaria arenosa* Dünenborstling, Kleiner Sandborstling  
Prächtige Exemplare (bis knapp über 20 cm ø) des Dünenegerlings bekam ich auf der kleinen Vogelinsel Mellum im Mündungsgebiet von Weser und Jade zu sehen. Den Erbsenstreuling habe ich südlich von Arcachon (franz. Biscaya) unter Kiefern im Sand nur wenige Meter hinter der Wasserkante in großer Zahl gefunden. Dieser offenbar auf allen möglichen Substraten, selbst Abraumhalden, wachsende „Universalpilz“ wird übrigens auch bei Remykorhizierungsversuchen umweltgeschädigter Forste eingesetzt. Mehrere dieser Pilze leben in enger Verbindung mit höheren Pflanzen, eine Beobachtung, die wohl noch gründlicher Untersuchung bedarf. Abgesehen von Saprophytismus

(z.B. *Agaricus* sp.) und Parasitismus (z.B. *Phallus hadriani*) erscheint es naheliegend, daß etliche grüne Partner erst durch Mykorrhiza auf dem kargen Sandboden zu gedeihen vermögen, ein Faktor, der bei der „Grünverfestigung“ von Wanderdünen vielleicht aktiv berücksichtigt werden sollte, wie bei der Aufforstung von Brach- und Gebirgslagen. Ferner sei darauf hingewiesen, daß einige der genannten Arten auch in salzhaltigen Gebieten des Binnenlandes vorkommen, so z.B. der Dünenegerling *Agaricus bernardii* in den Steppen und Halbwüsten Ungarns, Südrußlands, Südsibiriens und Innerasiens, und die Dünen-Stinkmorchel *Phallus hadriani* in Südosteuropa und Nordafrika, aber auch am Oberrhein und an der Mosel, wo sie an Weinrebenwurzeln schmarotzt und befallene Weinstöcke zum Absterben bringen kann. Weitere Binnenlands-„Salzpilze“ finden sich nach meinen (unmaßgeblichen) Recherchen leider nur sehr sporadisch in der Literatur, eine Feststellung, die sich mir auch bei Durchsicht des grundlegenden, auf ca. 1300 bedeutenden Fachpublikationen beruhenden Werkes von Dr. William B. Cooke (Cincinnati, USA), *The Ecology of Fungi*, 1979, bestätigt.

Die Zahl und eventuell auch Bedeutung (Mykorrhiza) der Halomyzeten sind also durchaus beachtlich und m.E. groß genug, um sich für die besondere Physiologie dieser Spezies einmal zu interessieren. Leider scheint es dazu nur Forschungsberichte über Mikroorganismen zu geben, und diese wiederum vorwiegend in Englisch. Nach Dr. Cooke ist wohl anzunehmen, daß die Physiologie der Makro- und Mikropilze in puncto Halophilie in etwa identisch ist: „ . . . Osmophilie ist am besten bekannt bei gewissen Bakterien, Hefen und der *Aspergillus glaucus*-Gruppe. Eine Anzahl von Beobachtungen führte zu der Folgerung, daß die interne Lösungskonzentration ihrer Zellen ungefähr jener des Mediums, in dem sie wachsen, angepaßt ist. Während die meisten Arbeiten mit Bakterien durchgeführt wurden, gibt es diesbezüglich kein Anzeichen irgendeines signifikanten Unterschieds zu Organismen mit verschiedenen Reaktionsweisen, . . . “. Und Dr. Harry J. Hudson (Cambridge, GB) äußert sich in *Fungal Biology*, 1986: „ . . . Zwei *Aspergilli*-Gruppen, Mitglieder der *Aspergillus glaucus*- und *A. restrictus*-Gruppen wurden immer als osmophil betrachtet – in der Tat als klassische Beispiele unter den Pilzen . . . “. Zwar beziehen sich diese Osmose-Untersuchungen hauptsächlich auf „Zuckerpilze“ (osmophil sw. zuckerliebend), jedoch liegt z.B. beim salzliebenden *Aspergillus halophilicus*, übrigens einer der xerophilsten Pilze, prinzipiell der gleiche Sachverhalt vor.

Wie bei der Xerophilie scheint aber auch bei der Halophilie (Osmophilie) die Hydraulik durch eine biochemische Komponente ergänzt zu sein. Dr. Hudson schreibt: „ . . . In Umgebungen mit hohen Ionenständen, wie z. B. Salzpflanzen, haben einige Bakterien, die sog. Halophilen, dahingehend modifizierte Proteine, daß sie in starken ionischen Lösungen optimal funktionieren. Ihre Enzyme sind für eine Wirksamkeit in hohen Natriumchloridkonzentrationen eingerichtet. Andere Organismen können in Salzkonzentrationen wachsen, die ihre essentiellen Enzyme hemmen würden. Ihre Proteine sind normal, aber sie erzeugen verträgliche Lösungen zum Ausgleich der inneren „Wasseraktivität“  $a_w$  mit der äußeren ( $a_w = p/p_0$ , wobei  $p$  = Wasserdampfdruck über dem Substrat und  $p_0$  = Dampfdruck über reinem Wasser). Die produzierten Lösungen schützen ihre Enzyme vor der niedrigeren  $a_w$ . Solche Lösungen können Aminosäuren sein, wie z.B. Prolin, das auch von vielen Samenpflanzen-Halophyten verwendet wird. In der Mehrzahl der Pilze sind die Lösungen meistens Polyalkohole oder Polyole. . . “. Über letztere habe ich im vorherigen Kapitel ausführlich berichtet. Näheres über die Anpassungsmodalitäten der „modifizierten“ Proteine bzw. Enzyme an die hohen Salzkonzentrationen erwähnt er leider nicht.

Auch fand ich nirgends Antwort auf meine Frage, ob es Halomyzeten mit guttationsartiger Salzausscheidung gibt, wie dies z.B. auf ähnliche Weise die Tamarisken der Mittelmeerküsten tun, die über eigens hierfür gebildete Absalzungsdrüsen verfügen (siehe z. B. Kosmos-Lexikon der Naturwissenschaften, Bd. II 1955). Bei Steinbrecharten enthält

das Guttationswasser Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ). Es wäre denkbar, daß es so etwas auch bei Pilzen gibt, dessen Feststellung allerdings auch Frühmorgenbeobachtung voraussetzt, da Guttation besonders in feuchtkühlen Nächten auftritt (Frauenmantel, Kapuzinerkresse u.a.), eine Folge von Transpirationsmangel. Die mir bekannten „Guttationspilze“, wie Echter Hausschwamm *Serpula lacrimans*, Zottiger und Tropfender Schillerporling *Inonotus hispidus* und *dryadeus*, Rotrandiger Baumschwamm *Fomitopsis pinicola* usw., sondern m. W. alle relativ reines Wasser ab, d.h. weitgehend frei von Salz, Kalk o. dgl.

Zum Schluß mag die duldbare Natriumchloridkonzentration der höheren terrestrischen Pilzklassen interessieren. Nach H. D. Tresner und Jean A. Hayes (New York, USA, „Sodium Chloride Tolerance of Terrestrial Fungi,“ *Applied Microbiology* 22/2, 210–13, 1971, vertragen von 104 untersuchten Basidiomycetenarten (162 Stämme) aus 47 Gattungen 5,8 % weniger als 1 % Kochsalz, 21,2 % 1 % Kochsalz, 27,0 % 2 % Kochsalz, 19,2 % 3 % Kochsalz, 13,4 % 4 % Kochsalz, 11,5 % 5 % Kochsalz und 1,9 % 10 % Kochsalz in der Nährlösung, d.h. daß über die Hälfte der Ständerpilze nicht mehr als 2 % Kochsalz toleriert. Wesentlich widerstandsfähiger erwiesen sich die Ascomyceten. Von 160 untersuchten Arten (196 Stämme) aus 87 Gattungen vertrugen 17,5 % weniger als 5 % Kochsalz, 33,1 % 5 % Kochsalz, 35,6 % 10 % Kochsalz, 11,9 % 15 % Kochsalz und 1,9 % 20 % Kochsalz.

Weitaus am resistantesten zeigten sich die *Penicillia* und *Aspergilli*, von denen die Mehrzahl der untersuchten Arten 20 % und darüber (vereinzelt bis 30 %!) Kochsalz verträgt. Leider führen die Autoren in ihrem Zusammenfassungsartikel die Arten nicht einzeln auf, so daß Vergleiche zwischen Naturbeobachtung und Laboratorium unmöglich sind, ein Manko der Publikation.

Für eine eventuelle wissenschaftliche Bearbeitung des Themas möchte ich noch auf folgende, bei der Abfassung dieser Abhandlung nicht berücksichtigten Veröffentlichungen hinweisen (man möge mir als Laie verzeihen, daß ich diese Unterlagen nicht mehr beschafft habe!):

- 1) M. Ingram, *Microorganisms resisting high concentrations of sugars and salts*, in *Microbial Ecology*, Eds. R. E. O. Williams and E. G. Spicer, Cambridge University Press, Cambridge, 1957.
- 2) C. B. Hunt and L. W. Durrell, *Distribution of fungi and algae*, in *Plant Ecology of Death Valley*, California, Prof. Paper No. 509, US Geological Survey, Washington, D. C., 1966.
- 3) M. Moreau et F. Moreau, *Première contribution à l'étude de la microflore des dunes*, *Rev. Mycol.*, 6, 49, 1941.
- 4) D. M. Webley, D. J. Eastwood and C. H. Gimingham, *Development of a soil microflora in relation to plant succession on sand-dunes, including the „rhizosphere“ flora associated with colonizing species*, *J. Ecol.*, 40, 168, 1952.
- 5) G. J. F. Pugh, *Ecology of fungi in developing coastal soils*, in *Soil Organisms*, Eds. J. Doeksen and J. van der Drift, North-Holland, Amsterdam, 1963.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Südwestdeutsche Pilzrundschau](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [26\\_1\\_1990](#)

Autor(en)/Author(s): Albrecht Walter E.

Artikel/Article: [Wie meistern Pilze Extremstandorte? 10-13](#)