

## Feuchtigkeit als Standortfaktor für mikroskopische Pilze

Von M. Schmiedeknecht \*

Mit 7 Abbildungen und 1 Tabelle

Beim Durchblättern einer Kryptogamenflora – sei es die von Rabenhorst, Migula, Lindau oder welche man sonst zur Hand nimmt – finden sich oft Standortangaben wie z. B. »trockene Grashalme« (*Marasmius graminum* (Lib.) Fr.) oder »Hölzer im Wasser« (*Vibrissea truncorum* Fr.), die zu Rückschlüssen auf die Feuchtigkeitsansprüche der betreffenden Art verleiten könnten. Tatsächlich geben diese Hinweise aber nur Auskunft über die zur Verfügung stehende Wassermenge. Da der Wasserverbrauch bei den mikroskopischen Pilzen, von denen hier die Rede sein soll, äußerst gering ist, wird die Wassermenge im allgemeinen kein begrenzender Standortfaktor sein. Viel wichtiger als die Wassermenge ist dagegen die relative Dampfspannung (r. D.) für die Entwicklungsmöglichkeit eines Pilzes.

An einem Beispiel soll erläutert werden, daß die folgenden Betrachtungen nicht nur theoretisch von Interesse sind, sondern auch praktischen Wert haben. Die mikroskopischen Pilze werden im allgemeinen Sprachgebrauch als »Schimmel« bezeichnet. Mit den Worten »Schimmel« oder »verschimmeln« verbindet sich sogleich der Gedanke an Nässe. Beim genauen Studium der Schimmelpilzflora von Lagerräumen oder Kellern zeigt es sich aber, daß die Artenzusammensetzung ganz verschieden ist, je nachdem, ob es sich um ausgesprochen nasse oder nur schlecht gelüftete, sonst jedoch trockene Räume handelt.

Soll der Standortfaktor »Feuchtigkeit«, der letztlich für die geschilderten Unterschiede verantwortlich ist, festgestellt werden, so ist die r. D. des Substrates und der Luft zu bestimmen. Da sich an den Grenzflächen von Substrat und Luft ein Gleichgewicht einstellt, genügt es bei mikroskopischen Pilzen, die nur wenig in den Luftraum hineinragen, am Fundort die r. D. des Substrates oder der Luft festzustellen.

Nur in wenigen Fällen wird an einem Fundort eine völlig konstante r. D. herrschen, meistens wird sie im Tagesablauf mehr oder weniger großen Schwankungen unterworfen sein. Um zu klären, ob an dieser Stelle die Feuchtigkeit für das Vorkommen oder Fehlen eines Pilzes verantwortlich ist, muß man

1. den Feuchtigkeitsbereich kennen, in dem der betreffende Pilz wachsen kann, und
2. wissen, wie oft und wie lange diese relative Dampfspannung gleichzeitig mit günstigen Wachstumstemperaturen am Fundort vorhanden ist.

Zur Bestimmung der Dampfspannungsgrenzwerte für einen Pilz genügt es, diesen in Lösungen verschiedener Konzentrationen zu kultivieren, da zwischen relativer Dampfspannung und osmotischem Wert bestimmte Beziehungen bestehen (Abb. 1). Bei Grenz-

---

\* Aus der Biologischen Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Institut für Phytopathologie Aschersleben. – Vorgetragen auf dem 2. Mecklenburger Pilzfloristentreffen in Stralsund, 5.–7. Sept. 1959 (vgl. S. 116 ff.!).

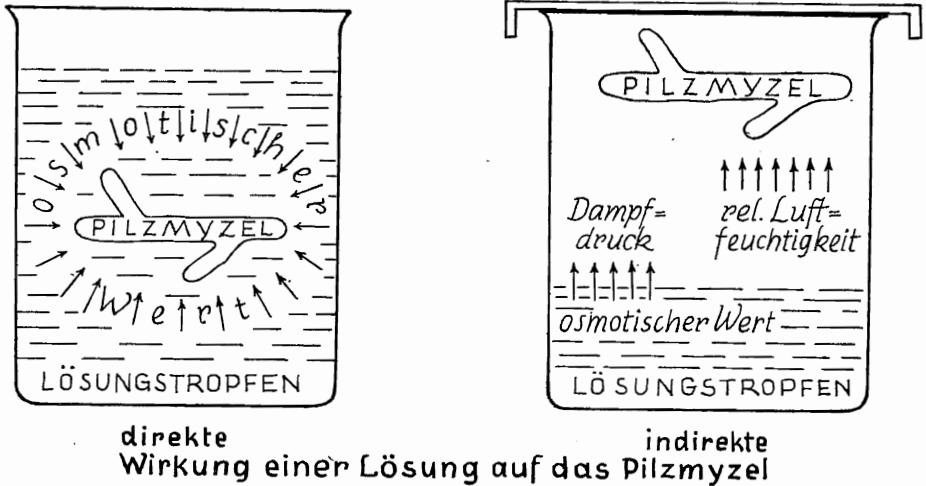


Abb. 1

wertangaben in Lösungen ist stets zu berücksichtigen, daß dabei nicht nur die osmotischen Kräfte, sondern auch spezifisch-chemische Einflüsse der Lösung für die Wachstumsgrenze eine Rolle spielen können. Genaue Werte liefert dagegen die Kultur in feuchter Luft (Abb. 1, rechts). Dazu wird der Pilz in einem kleinen, allseitig geschlossenen Versuchsraum über einem Lösungstropfen kultiviert. Ist der Tropfen hinreichend groß und der darüberstehende Luftraum gering, so stellt sich in diesem je nach Konzentration der Lösung eine bestimmte relative Luftfeuchtigkeit ein (s. Tabelle!). Eine solche Versuchsanordnung ist in Abbildung 2 dargestellt: Hier wurden 2 Objektträger mit aufgekitteten Glasringen verwendet. Der untere Ring dient zur Aufnahme der Salzlösung, während der andere zum Abschluß darübergestülpt wird. Ein zwischen beide Ringe geklemmter Deckglassplitter dient als Tisch für das zu untersuchende Objekt. Die Ränder der Ringe müssen gut mit Vaseline abgedichtet sein. Oft genügt es auch, nur einen Ring mit einem Deckglas zu verschließen, an dessen Unterseite das Pilzmyzel angeheftet ist.

Tabelle:

Relative Dampfspannungen von Kochsalzlösungen

Mol NaCl	r. D. in %
0	100
0,5	98,44
1,0	96,8
1,25	95,9
1,5	94,97
1,75	94,0
2,0	93,0
2,25	91,9
2,5	90,77
3,0	88,3
4,0	83,0
5,0	78,4
gesättigt	75,8

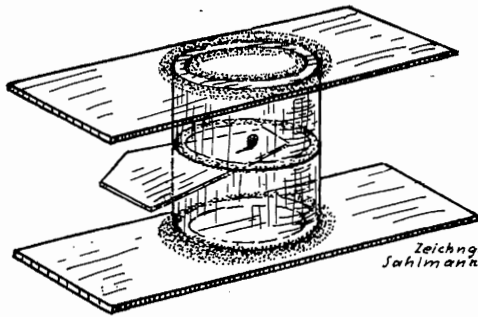


Abb. 2: Versuchsanordnung zur Kultur mikroskopischer Pilze in feuchter Luft. – Zeichnung: Sahlmann.

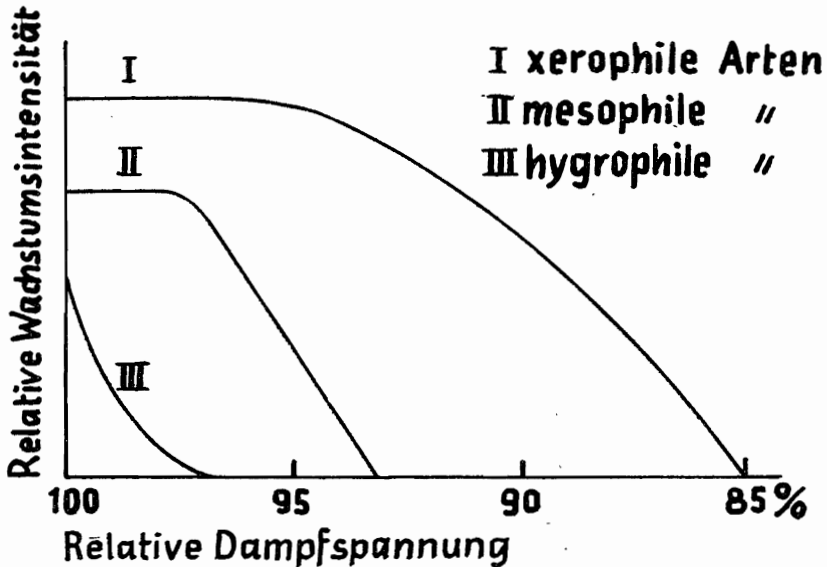


Abb. 3: Einteilung der Mikroorganismen nach Walter (1931).

Auf Grund solcher Versuche teilte Walter (1931) die Mikroorganismen in folgende drei Gruppen ein (Abb. 3):

1. **xerophile Arten:** Das Wachstumsminimum liegt zwischen 90 und 85% r. D.; die Wachstumsintensität wird bis zu einer r. D. von 95% nicht merklich gehemmt.
2. **mesophile Arten:** Das Wachstumsminimum liegt zwischen 95 und 90% r. D.; die Wachstumskurve beginnt schon von einer r. D. gleich 98 oder 97% an abzufallen.
3. **hygrophile Arten:** Das Wachstumsminimum liegt bei 95% r. D. und höher; die Wachstumskurve beginnt von 100% r. D. an steil abzufallen.

Bereits wenige Jahre, nachdem Walter diese Zahlen veröffentlicht hatte, mußten sie von Heintzeler (1939) korrigiert werden, da sich durch längere Versuchsdauer die Wachstumsgrenzen zum trockenen Bereich hin verschoben. Nach Heintzeler liegt die Wachstumsgrenze bei den xerophilen Arten unter 80% r. D., bei den mesophilen Arten zwischen 80 und 90% r. D. und bei den hygrophilen Arten über 90% r. D.

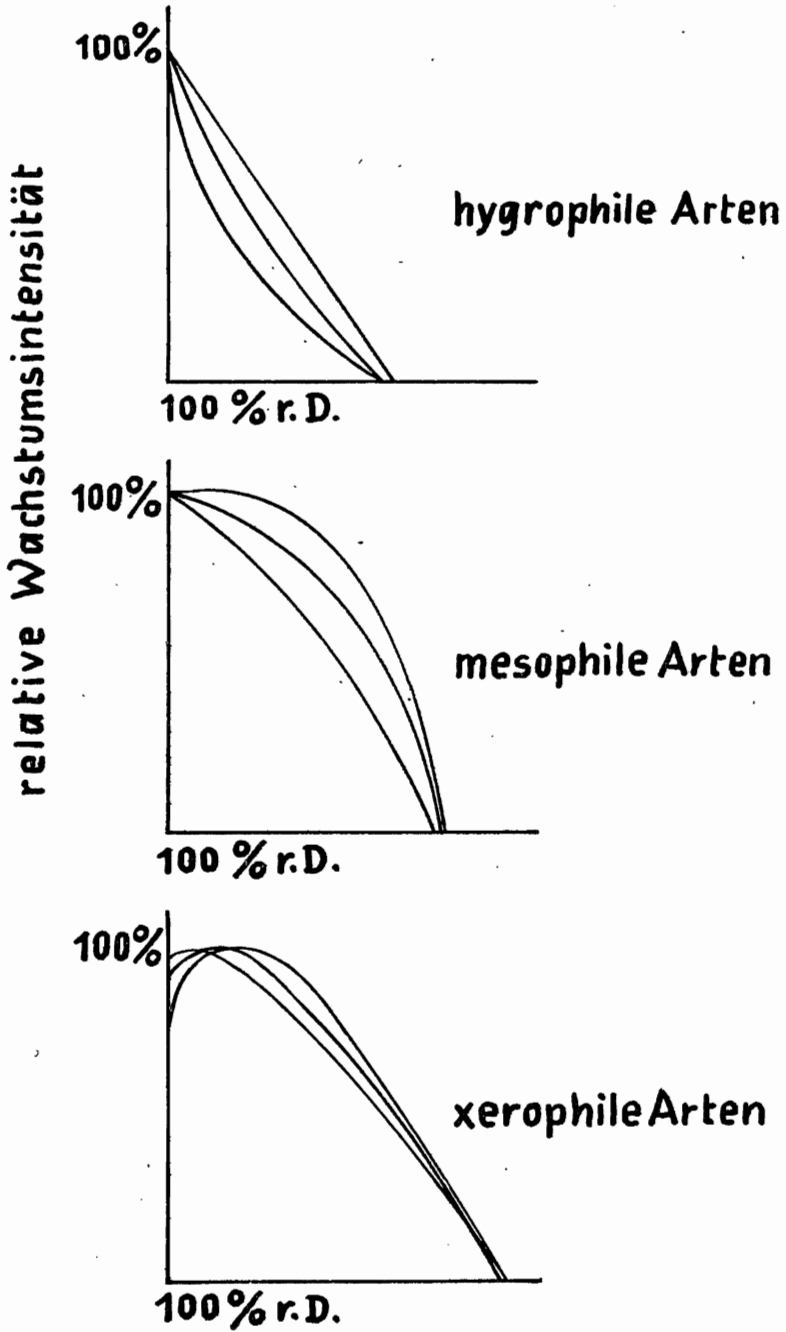


Abb. 4: Eigener Vorschlag zur Einteilung der Mikroorganismen.

Bei der Zuordnung von Mikroorganismen in eine dieser drei Gruppen stießen bisher alle Untersucher auf Schwierigkeiten, wenn sie die angegebenen Grenzwerte als Maßstab zugrundelegten. Eine beträchtliche Anzahl von Pilzen zeigt nämlich eindeutig das Verhalten einer anderen Gruppe als der, welcher sie auf Grund ihres Wachstumsminimums angehört. Warum traten diese Schwierigkeiten auf? Sie mußten auftreten, weil die Gruppeneinteilung, die etwas über die optimalen Wachstumsbedingungen aussagen soll, ausgerechnet nach Werten erfolgt, die sich im Bereich des geringsten Wachstums befinden.

Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, soll hier ein neuer Vorschlag zur Einteilung der Mikroorganismen unterbreitet werden (Abb. 4):

### 1. **Hygrophile Arten**

sind Mikroorganismen, deren relative Wachstums-(Sporulations- oder Keimungs-)intensität mit abnehmender relativer Dampfspannung – aber unter sonst optimalen Bedingungen – so abnimmt, daß ihre Wachstums-(Sporulations- oder Keimungs-)kurve anfänglich einen konkaven bis linearen Verlauf nimmt, wobei das Optimum bei 100% r. D. liegt.

### 2. **Mesophile Arten**

sind Mikroorganismen, deren relative Wachstums-(Sporulations- oder Keimungs-)intensität mit abnehmender relativer Dampfspannung – aber unter sonst optimalen Bedingungen – so abnimmt, daß ihre Wachstums-(Sporulations- oder Keimungs-)kurve anfänglich einen konvexen Verlauf nimmt, wobei das Optimum bei 100% r. D. liegt. Arten, deren Wachstums-(Sporulations- oder Keimungs-)kurve anfänglich waagrecht verläuft, können als Untergruppe der mesophilen Arten mit dem Ausdruck »xerotolerant« belegt werden.

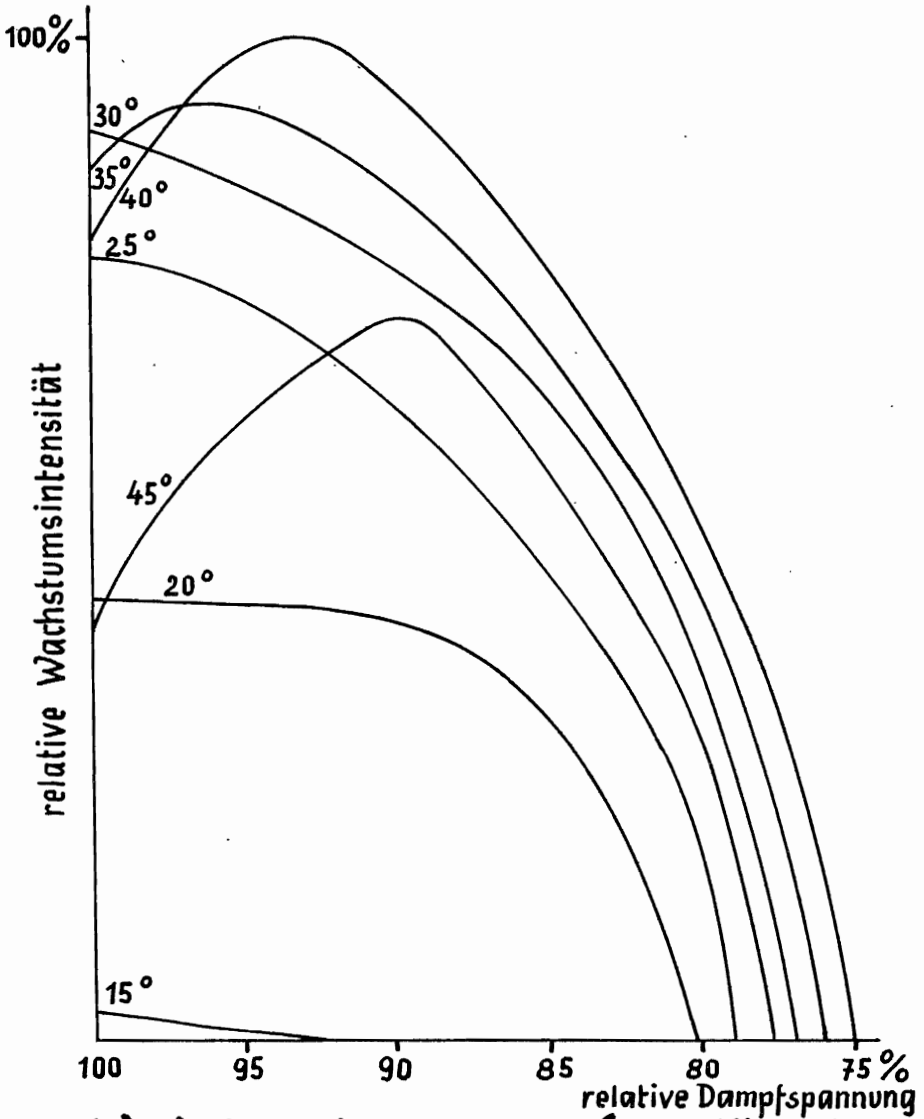
### 3. **Xerophile Arten**

sind Mikroorganismen, deren relative Wachstums-(Sporulations- oder Keimungs-)intensität bei 100% r. D. deutlich gehemmt ist, so daß ihre Wachstums-(Sporulations- oder Keimungs-)kurve mit abnehmender relativer Dampfspannung – aber unter sonst optimalen Bedingungen – zunächst ansteigt, ein Optimum durchläuft und wieder abfällt.

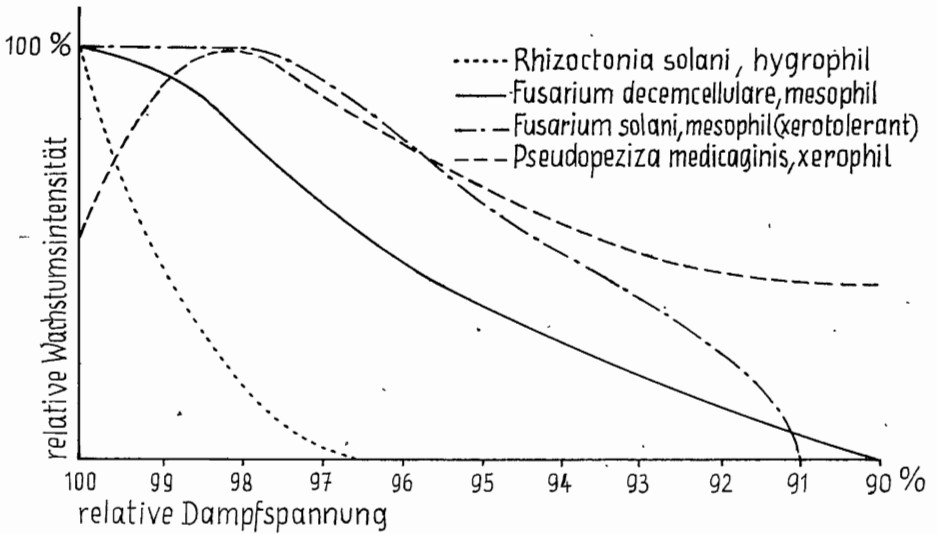
Was für das Wachstum der Pilze gesagt wurde, trifft sinngemäß auch für ihre Sporulation und Sporenkeimung zu.

Die vorstehenden Definitionen berücksichtigen nur das biologische Verhalten der Arten im optimalen Wachstumsbereich und gestatten eine genauere Einordnung, besonders der Zweifelsfälle, als sie nach einer mehr oder weniger willkürlichen Abgrenzung durch Zahlenwerte je geschehen könnte. Zur Ermittlung der Wachstumskurven müssen die übrigen Außenfaktoren (Temperatur und Nährmedium) optimal gehalten werden, wie aus Untersuchungen von Bonner (1948) ersichtlich wird (Abb. 5).

Im folgenden sollen von jeder Gruppe einige Vertreter genannt werden (Abb. 6). Zu den hygrophilen Pilzen gehören: *Rhizoctonia solani* Kühn, *Ophiobolus graminis* Sacc., *Thielavia basicola* Zopf, *Verticillium alboatrum* Rke. et Berth., *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. und andere. Es mag zunächst verwunderlich sein, daß ein so verbreiteter Bodenpilz wie *Rhizoctonia solani* in diese Gruppe gehört (Schneider 1954), da man sich schwer vorstellen kann, daß er im Boden immer Verhältnisse antreffen soll, die seinen hohen Feuchtigkeitsansprüchen genügen. Der scheinbare Widerspruch läßt sich leicht klären, wenn man *Rhizoctonia* in ihrer Eigenschaft als Pflanzenparasit betrachtet. Hier lehrt die Erfahrung in vielen Fällen, daß hohe Feuchtigkeit die Erkrankung des Wirtes fördert, erkrankte Pflanzen sich aber leidlich gut entwickeln, wenn sie weiterhin verhältnismäßig trocken gehalten werden. Die Beobachtung, daß die Schäden durch *Verticillium alboatrum* in trockenen Jahren besonders auffällig sind, steht dazu nicht im Widerspruch. *Verticillium alboatrum* ist ein ausgesprochener Gefäßparasit, der schwerwiegend in den Wasserhaushalt der Wirtspflanze eingreift, was zu Zeiten angespannter Wasserversorgung besonders kraß zutage treten muß.



**Wachstumskurven von *Aspergillus niger***  
**bei verschiedenen Temperaturen**  
 ( nach Ergebnissen von BONNER 1948 )



**Wachstumskurven verschiedener Pilze**  
(zusammengestellt nach SCHNEIDER 1954 u. SCHMIEDEKNECHT 1958)

Abb. 6

Die Gruppe der mesophilen Pilze umfaßt die weitaus meisten Vertreter. Unter anderen sind es viele *Fusarium*-Arten, *Helminthosporium papaveris* Saw., *Gloeosporium fructigenum* Berk., *Sporodinia grandis* Link, *Rhizopus nigricans* Ehrh., *Phycomyces nitens* (Ktze.) v. T. et Le M., *Oospora lactis* (Fres.) Sacc.

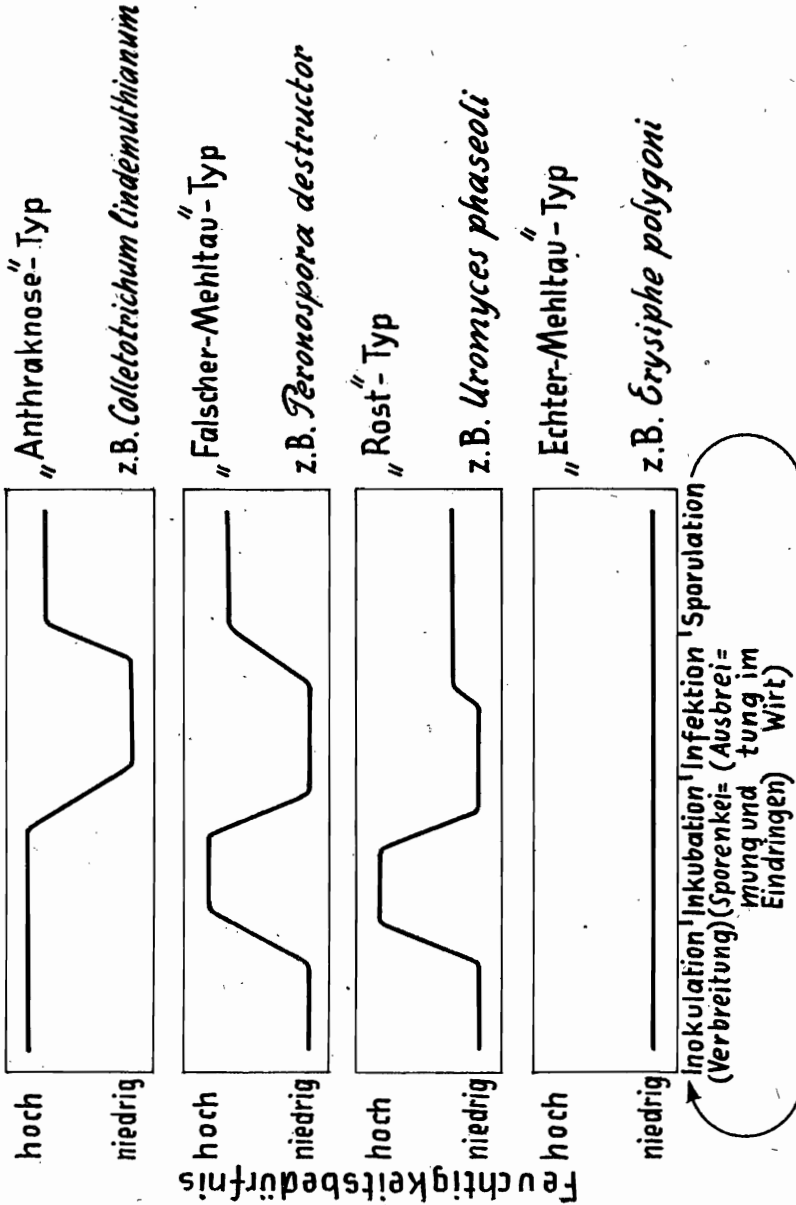
Xerophile Arten sind *Aspergillus niger* v. T., *A. glaucus* Link, *Pseudopeziza medicaginis* (Lib.) Sacc. und die echten Mehltaupilze. In *Pseudopeziza medicaginis* haben wir einen xerophilen Parasiten vor uns, der auf eine xerophile Wirtspflanze spezialisiert ist (Schmiedeknecht 1958).

Nicht nur die verschiedenen Arten stellen unterschiedliche Ansprüche in Bezug auf Feuchtigkeit ihres Standortes, sondern auch der Einzelorganismus kann innerhalb seines Lebensablaufs zu verschiedenen Zeiten verschiedene Feuchtigkeitsbedürfnisse haben. Es können Entwicklungsphasen, in denen er unbedingt hohe Feuchtigkeit benötigt, mit Phasen abwechseln, in denen er von der Feuchtigkeit unabhängig ist oder Trockenheit braucht (Abb. 7). Unabhängig von der Feuchtigkeit der Außenwelt (nicht des Substrates) sind die Parasiten in ihrem Wirtskörper; Trockenheit wird oft zur Verbreitung benötigt. In diesem Schema fällt das völlig abweichende Verhalten der echten Mehltaupilze auf. Während bei den übrigen Typen feuchtigkeitsabhängige Phasen mit Phasen, die durch Feuchtigkeit unbeeinflusst bleiben, abwechseln, sind die *Erysiphaceen* während ihres ganzen Lebensablaufs nicht auf hohe Dampfspannung angewiesen. Wenn bisher immer angenommen wurde, daß kühle, feuchte Sommer für den Mehltau förderlich sind, so muß die Ursache dafür an anderer Stelle, nicht bei der Feuchtigkeit, zu suchen sein.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß »Feuchtigkeit«, wenn darunter die relative Dampfspannung und nicht die Wassermenge verstanden wird, ein wichtiger Standortfaktor für mikroskopische Pilze ist. Die Feuchtigkeitsansprüche der einzelnen Arten sind unterschiedlich, und nicht immer kann höchste relative Feuchtigkeit mit optimalem Wachstum gleichgesetzt werden. Man unterscheidet deshalb hygrophile,

mesophile und xerophile Arten. Während des Lebenszyklus kann das Feuchtigkeitsbedürfnis der Pilze wechseln.

Hygrophile Arten werden nur an solchen Standorten zu finden sein, an denen zur Zeit ihres feuchtigkeitsabhängigen Entwicklungsstadiums bei den täglichen Schwankungen der Luftfeuchtigkeit lange Zeit eine relative Dampfspannung von 100% herrscht.



Feuchtigkeitsbedürfnis pflanzenpathogener Pilze während des Entwicklungszyklus (nach YARWOOD 1956)



Xerophile Arten werden dagegen nur an solchen Standorten vorkommen, an denen zur Zeit ihres feuchtigkeitsabhängigen Entwicklungsstadiums bei den täglichen Schwankungen der Luftfeuchtigkeit eine relative Dampfspannung von 100% nicht oder nur während kürzerer Zeit erreicht wird.

Mesophile Arten werden an beiden Standorten vertreten sein.

Die Abgrenzung dieser Arten erfolgte bisher formal nach Minimumwerten; hier wird eine neue Definition vorgeschlagen, die das biologische Verhalten im Optimalbereich berücksichtigt und deshalb den natürlichen Verhältnissen näherkommt.

#### Literatur:

- Bonner, J. T.: A study of the temperature and humidity requirements of *Aspergillus niger*. – *Mycologia* 40, 728–738 (1948).
- Heintzeler, I.: Das Wachstum der Schimmelpilze in Abhängigkeit von den Hydraturverhältnissen unter verschiedenen Außenbedingungen. – *Archiv f. Mikrobiologie* 10, 92–132 (1939).
- Lindau, G.: Kryptogamenflora für Anfänger, Bd. II: Die mikroskopischen Pilze. – Berlin 1922.
- Migula, W.: Kryptogamen-Flora von Deutschland, Deutsch-Österreich und der Schweiz, Bd. III/1–4. – Berlin 1910–1921.
- Rabenhorst, L.: Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Bd. I, Abt. 1–10: Die Pilze. – Leipzig 1884–1920.
- Schmiedeknecht, M.: *Pseudopeziza medicaginis* (Lib.) Sacc., ein xerophiler pflanzenpathogener *Ascomycet*. – *Naturwissenschaften* 45, 525 (1958).
- Schneider, R.: Untersuchungen über Feuchtigkeitsansprüche parasitischer Pilze. – *Phytopath. Zeitschr.* 21, 63–78 (1954).
- Walter, H.: Die Hydratur der Pflanze. – Jena 1931.
- Yarwood, C. E.: Humidity requirements of foliage pathogens. – *Plant dis. repr.* 40, 318–321 (1956).

## Vergleichend-ökologische Untersuchungen an Großpilz-Standorten der Dresdener Heide

Von Ingeborg Gerschler \*

Mit 9 Abbildungen und 5 Tabellen

Pilze sind einfach-gebaute und daher noch ziemlich plastische Organismen, die in ihrem Lebensablauf weit mehr als die höheren Pflanzen von der Gunst oder Ungunst ihres jeweiligen Standortes abhängen. Als Beitrag zur Pilzökologie des Elbhügellandes soll deshalb in der vorliegenden Arbeit versucht werden, drei unterschiedliche Standorte der Dresdener Heide einander gegenüberzustellen und ihre ökologischen Eigenheiten mit dem Auftreten ihrer wichtigsten Großpilze in Beziehung zu bringen. Unter Großpilzen (Makromyceten), die bekanntlich keine systematische Einheit darstellen, verstehe ich dabei in der üblichen Weise die Pilze, deren Fruchtkörper vorwiegend makroskopisch bestimmt werden können – in meinem Falle also fast ausschließlich *Aphyllophorales*\*\*<sup>1</sup>, *Agaricales* und *Gasteromycetes*.

\* Herrn Dr. E. H. Benedix in Dankbarkeit und Verehrung gewidmet.

\*\* Beim Gebrauch des Namens »*Aphyllophorales*« bin ich mir seines Widerspruchs zu den Internationalen Nomenklaturregeln bewußt und verwende ihn hier lediglich nach den Gepflogenheiten der neueren Literatur (Haas, Jahn, Moser, Singer usw.). D.Verf.