

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde = Bulletin suisse de mycologie  
**Herausgeber:** Verband Schweizerischer Vereine für Pilzkunde  
**Band:** 46 (1968)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Über das Gefriertrocknen von Pilzen  
**Autor:** Clémenton, Heinz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-937092>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# SCHWEIZERISCHE ZEITSCHRIFT FÜR PILZKUNDE

## BULLETIN SUISSE DE MYCOLOGIE

Offizielles Organ des Verbandes Schweizerischer Vereine für Pilzkunde und der Vapko, Vereinigung der amtlichen Pilzkontrollorgane in der Schweiz  
Organe officiel de l'Union des sociétés suisses de mycologie et de la Vapko, association des organes officiels de contrôle des champignons de la Suisse

*Redaktion:* Julius Peter, Untere Plessurstraße 92, 7000 Chur. *Druck und Verlag:* Benteli AG, Buchdruckerei, 3018 Bern, Telephone 66 39 11, Postcheck 30 - 321. *Abonnementspreise:* Schweiz Fr. 11.-, Ausland Fr. 13.-, Einzelnummer Fr. 1.-.  
Für Vereinsmitglieder gratis. *Insertionspreise:* 1 Seite Fr. 90.-, 1/2 Seite Fr. 48.-, 1/4 Seite Fr. 25.-, 1/8 Seite Fr. 13.-.  
*Adreßänderungen* melden Vereinsvorstände bis zum 2. des Monats an *Gottfried Füllemann, Trieschweg 22, 5033 Buchs AG.*  
*Nachdruck,* auch auszugsweise, ohne ausdrückliche Bewilligung der Redaktion verboten.

46. Jahrgang – 3018 Bern, 15. März 1968 – Heft 3

### Über das Gefriertrocknen von Pilzen<sup>1</sup>

Von *Heinz Clémençon, Urbana, Illinois (USA)*

Die Gefriertrocknung beruht auf der Fähigkeit des Wassers, auch im gefrorenen Zustand zu verdampfen. Die Verdampfungsgeschwindigkeit wird in der Praxis durch Anlegen eines hohen Vakuums bedeutend gesteigert. Der Wasserdampf wird auf irgendeine Weise laufend entfernt, so daß zuletzt alles Eis verschwunden ist. Die Technik, mit der dieses Ziel erreicht werden kann, wird weiter unten besprochen.

Das Gefriertrocknen von Pilzen verläuft in folgenden Phasen: Die Pilze werden in feuchtem Zustand in eine Tiefkühlkammer gelegt. Nachdem sie gut gefroren sind, werden sie in die Gefriertrocknungsanlage gebracht, wo ihnen im Vakuum das Eis entzogen wird. Einwandfrei getrocknete Pilze bleiben außerordentlich gut erhalten und zeigen meist natürliche Tracht und Farben, sofern sie vor der Wiederaufnahme von Wasser aus der Luft bewahrt werden. Darüber hinaus besteht große Wahrscheinlichkeit, daß sie lebend bleiben und daher für feine Untersuchungen und spätere Kulturen vielfach geeignet sind. Diese Eigenschaften lassen das Gefriertrocknen als die Methode der Wahl zur Herstellung einer Schausammlung und zur Anlage einer Kollektion für rein wissenschaftliche Zwecke erscheinen.

Ausstellungspilze müssen anderen Anforderungen entsprechen als Pilze, die wissenschaftlichen Untersuchungen dienen. Die erste und dringendste Forderung an Ausstellungspilze ist die Möglichkeit der offenen Aufbewahrung. Normale gefriergetrocknete Pilze nehmen aus der Luft Feuchtigkeit auf. Dies kann durch Lackieren der Oberfläche verhindert werden. Am besten bewährt sich ein farbloser Acryllack in Spraydose, wobei aber darauf geachtet werden muß, die Pilze

<sup>1</sup> Nach einem Vortrag, gehalten am 13. August 1965 an der Tagung der Mykologischen Gesellschaft von Amerika, Urbana, Ill.

mehrmals kurz zu besprühen und nicht zu ertränken. Das Lösungsmittel des Lackes schädigt die Pilzzellen, was aber hier keine Rolle spielt. Die zweite Forderung geht dahin, möglichst schöne und ganze Pilze zu trocknen. Wenn die Pilze nicht zerschnitten werden, dauert die Trocknung sehr viel länger. Diese Forderung fällt natürlich für die zu wissenschaftlichen Zwecken präparierten Pilze dahin. Solche dürfen aber auch nicht lackiert werden, sondern müssen in dicht schließenden Behältern über Silicagel aufbewahrt werden. Dies scheint nur auf den ersten Blick unbequem. Man vergißt leicht, daß die voluminösen Präparate ohnehin in Flaschen aufbewahrt werden müssen, und es bedeutet daher keinen nennenswerten Mehraufwand, dicht schließende Gefäße zu nehmen und gleich noch etwas Silicagel mit einzuschließen.

### *Die Technik*

Schon das bloße Aufbewahren gefrorener Pilze ohne besonderen Verdunstungsschutz in einem Gefrierfach führt zur Austrocknung der Pilze. Dabei schrumpfen diese jedoch stark, und die Trocknung dauert Monate, wenn nicht gar Jahre. Etwas bessere Resultate erzielt man durch Einlegen der Pilze in einen Exsikkator über Silicagel und Evakuierung desselben. Das Ganze muß aber dauernd unter dem Gefrierpunkt gehalten werden. Von Zeit zu Zeit, etwa jeden Tag einmal, muß wieder evakuiert werden. Auf diese Weise trocknet ein Pilz in wenigen Wochen, spätestens in einigen Monaten, aber neigt immer noch stark zum Schrumpfen. Befriedigende Resultate erzielt man nur mit einwandfreien Gefrier-trocknungsanlagen, welche die Pilze in wenigen Stunden bis wenigen Tagen trocknen.

Solche Anlagen sind käuflich zu Preisen von Fr. 2300.— bis 10000.—. Es ist jedoch möglich, für Fr. 280.— bis 550.— einen einwandfrei arbeitenden Behelf zusammenzustellen, der gegenüber den kommerziellen Geräten nur den Nachteil der geringeren Kapazität aufweist.

Beim Aufbauen einer solchen Anlage müssen drei Hauptpunkte beachtet werden:

1. Das Vakuum soll 0,01 mm Hg oder weniger betragen und muß rasch hergestellt sein (in etwa 20–30 Sekunden).

2. Der Wasserentferner muß möglichst wirksam sein. Es genügt nicht, ein Trocknungsmittel zu nehmen, das maximal trocknet, dazu aber lange Zeit braucht. Größere Pilze geben sonst während der ersten Stunden mehr Wasser ab, als vom Trocknungsmittel aufgenommen werden kann, und es kommt zu einer Stauung von Wasserdampf. Dies hat eine Herabsetzung oder gar Verhinderung der weiteren Verdampfung des Eises und damit ein Steigen der Temperatur des Pilzes zur Folge. Der Temperaturanstieg wird leicht so groß, daß das Eis schmilzt. Aufgetaute Pilze sind aber unwiederbringlich verdorben.

3. Der Weg der Wassermoleküle vom Pilz zum Wasserabsorbenten soll möglichst gering sein, eine Forderung, die oft außer acht gelassen wird.

Um ein Vakuum von der geforderten Güte zu bekommen, kann nur ein Weg beschritten werden: die Öl-Diffusionspumpe. Sie ist bei weitem der kostspieligste Teil einer Anlage. Es versteht sich von selbst, daß alle Verbindungen mit dickwandigen, neuen Vakuumschläuchen hergestellt werden müssen. Glasschliffe dichtet man mit Hochvakuumfett, Vaseline genügt nicht!

Das Wasser kann auf verschiedene Arten entfernt werden. Die gebräuchlichen chemischen Trocknungsmittel sind Calciumchlorid, Silicagel, Phosphorpentoxyd und konzentrierte Schwefelsäure. Calciumchlorid ist zu wenig wirksam, Phosphorpentoxyd trocknet sehr stark, jedoch viel zu langsam, so daß es zu einer Wasserstauung kommt. Silicagel ist besser geeignet. Es trocknet sehr gut, jedoch die Trocknungsgeschwindigkeit liegt auf der Grenze der Verwendbarkeit. Am besten aus dieser Sicht hat sich die konzentrierte Schwefelsäure bewährt, die sehr stark trocknet und, da sie gerührt werden kann, auch rasch viel Wasser aufnehmen kann.

Neben den chemischen Methoden kann das Wasser auch ausgefroren werden, indem in der Nähe der Pilze eine sehr kalte Oberfläche montiert wird, auf der sich der Wasserdampf in langen Nadeln niederschlägt.

#### *Aufbau und Betrieb einer Anlage*

Als Evakuationsgefäß dient ein Exsikkator von 25–30 cm Durchmesser. Zwischen Exsikkator und Pumpe ist eine Sicherheits-Wasserfalle zum Schutze der Pumpe gegen verschlepptes Wasser eingebaut. Es werden 50–200 g tiefgekühlte Pilze (mindestens  $-20^{\circ}\text{C}$ ) auf einer gekühlten Porenplatte in den Exsikkator gelegt. Der Exsikkator wird anschließend so rasch als möglich mit der Diffusionspumpe leergepumpt. Zur Erzielung einer raschen Trocknung ist es wichtig, den Exsikkator bei Raumtemperatur aufzustellen. Das hohe Vakuum läßt das Eis so rasch verdampfen, daß die auftretende Verdampfungskälte genügt, die Pilze gefroren zu halten. Es ist empfehlenswert, den Trocknungsvorgang zu verfolgen. Vor dem Einlegen der Pilze in den Tiefkühler werden sie auf 0,1 g genau gewogen. Kleine Pilze werden 2–3 Stunden, mittlere 6 Stunden, größere 12 Stunden nach Beginn der Trocknung wieder gewogen, wobei ein großer Gewichtsverlust festgestellt wird. Während des Wägens braucht in der Regel kein Auftauen befürchtet zu werden, da die trockenen Außenschichten des Pilzes sehr gute Wärmeisolatoren sind. Weitere Wägungen werden nun alle 2–3 Stunden gemacht, bis die Pilze konstantes Gewicht aufweisen. Dies ist ein Zeichen genügender Trocknung.

Es wird oft empfohlen, die Pilze vor dem Gefrieren mit Wasser zu tränken. Solche Pilze behalten ihre Formen wirklich etwas besser als nicht vorbehandelte. Ich fand jedoch, daß ein 24stündiger Aufenthalt der Pilze *über* dem Wasser in einem geschlossenen Gefäß im Kühlschranks das gleiche Resultat zeitigt, jedoch den Vorteil aufweist, daß die Pilze lange nicht soviel Wasser aufgesogen haben. Das Trocknen getränkter Pilze dauert sehr viel länger als das Trocknen wasserdampfgefeuchteter Pilze.

Bei hoher Luftfeuchtigkeit im Arbeitsraum (über 60%) gelingt keine befriedigende Trocknung, da die Pilze sofort bei jeder Entnahme aus dem Exsikkator so viel Wasser aufnehmen, daß sie verderben. Raum entfeuchten!

#### *Anlage mit Schwefelsäure und Kaliumhydroxyd (Abb. 1)*

Der Exsikkator enthält etwa 300 ml konzentrierte Schwefelsäure, welche mittels eines Magnetrührers (MR) ständig gerührt wird. Die Pilze liegen auf einer Porenplatte über der Säure. Zwischen den Pilzen und der Säure befinden sich einige Schalen mit Kaliumhydroxyd-Plätzchen (KOH). Das Evakuationsgefäß wird über einen Dreiweghahn (DWH) an die Wasserfalle (WF) und diese an die Pumpe (VP) angeschlossen.

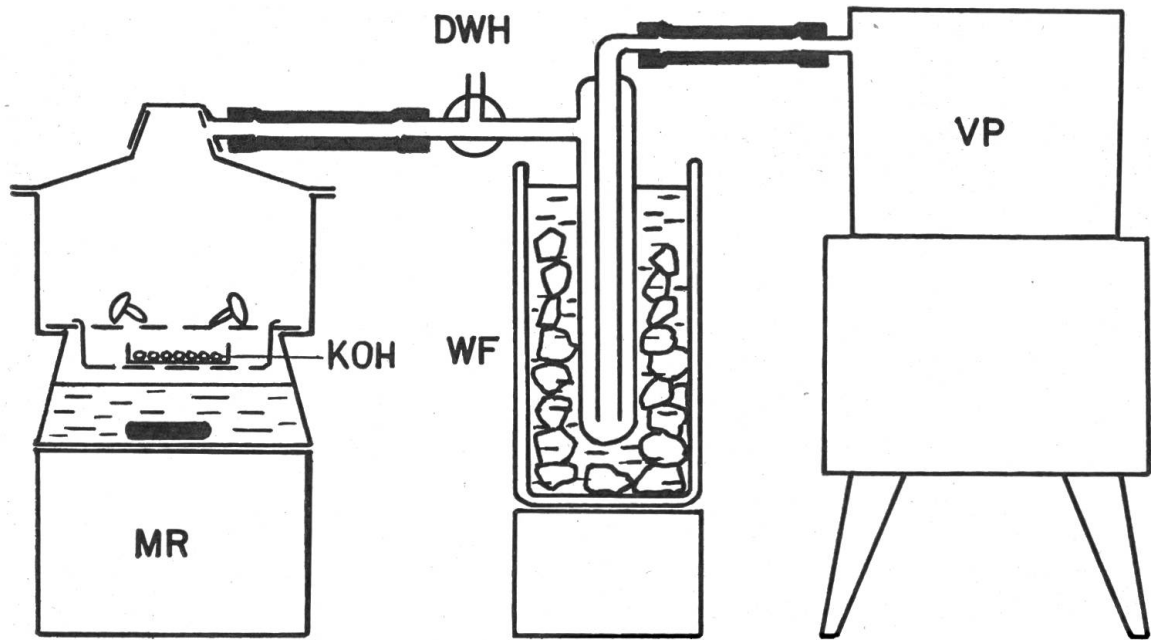


Abb. 1. Anlage mit Schwefelsäure und Kaliumhydroxyd.

Das Rühren der Säure ist notwendig, da zu Beginn des Trocknungsprozesses so viel Wasser abgegeben wird, daß die Säure nicht spontan alles aufnehmen könnte und sich eine Wasserschicht über der Säure bilden würde. Die Kältemischung in der Wasserfalle weist  $-72^{\circ}\text{C}$  auf und besteht aus Methylcellosolve und Trockeneis. Methylcellosolve weist gegenüber dem vielfach verwendeten Aceton den Vorteil weit geringerer Feuergefährlichkeit auf. Das Kaliumhydroxyd zwischen den Pilzen und der Säure dient zur Absorption der auftretenden Schwefeloxyde. Diese könnten bei Abwesenheit des KOH in die Pilze eindringen und diese (wenigstens teilweise) zerstören.

Die Kapazität der Anlage beträgt 200–250 g Frischpilze.

#### *Anlage mit Silicagel*

Die Gefahren, die die Verwendung von Schwefelsäure und Kaliumhydroxyd mit sich bringen, können einfach umgangen werden, wenn Silicagel gebraucht wird. Die Trocknung über Silicagel ist aber ein Kompromiß. Der Grad der erreichten Trocknung ist sehr gut, jedoch nimmt das Silicagel den Wasserdampf langsamer auf. Dadurch wird die Kapazität der Anlage stark vermindert und auf etwa 20 g Pilze beschränkt. Größere Pilmengen führen in den ersten Stunden zu einer Wasserstauung.

#### *Anlage mit einem Kältefinger im Exsikkator*

Diese Anlage verzichtet ganz auf die chemische Bindung des Wassers, denn sie entfernt den Dampf durch Ausfrieren im Evakuationsgefäß. Der Kältefinger wird mit Methylcellosolve-Trockeneis-Mischung gefüllt.

Diese Anlage arbeitet sehr rasch und zuverlässig, weist aber kleinere Nachteile auf. Der Trocknungsraum wird beträchtlich abgekühlt, was zu einer Verlängerung der Trocknungszeit führt. Der Kältefinger muß alle paar Stunden mit fri-

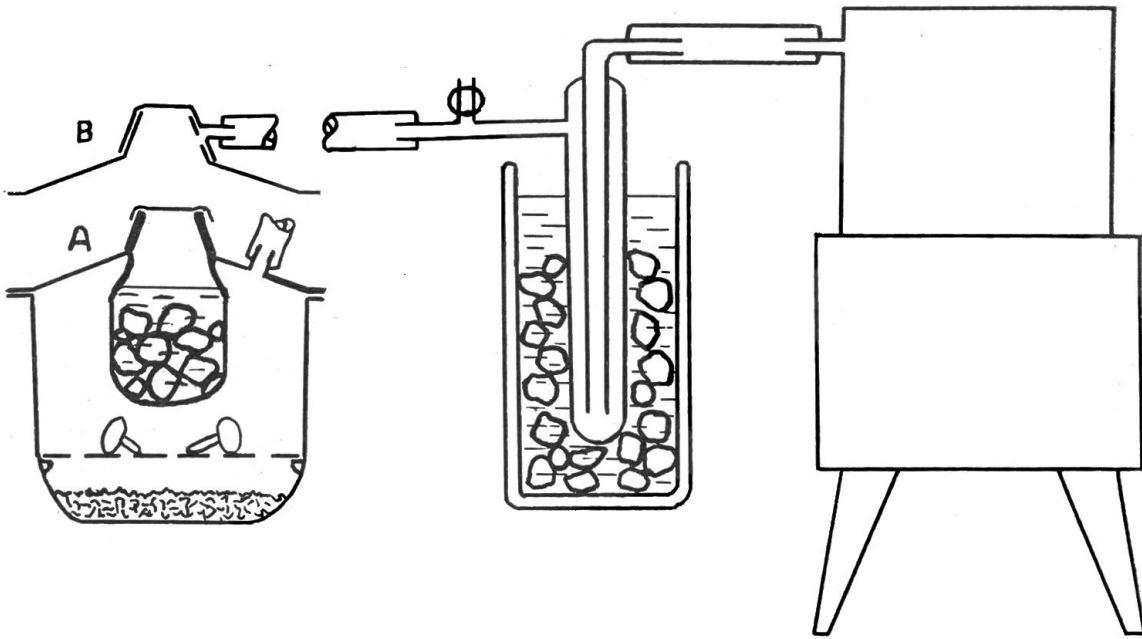


Abb.2. Kombinierte Anlage mit Kältefinger und Silicagel.

schem Trockeneis versehen werden, was besonders während der Nacht unangenehm wird. Schließlich kann es vorkommen, daß die am Kältefinger sich bildenden Eisnadeln beim Öffnen des Gefäßes teilweise abgeschabt werden und auf die Pilze zurückfallen, wo sie schmelzen und den Pilz zerstören. Die Anlage ist zudem wegen des tief in den Trocknungsraum hineinragenden Kältefingers sehr unhandlich und macht besonders beim Öffnen des Exsikkators beachtliche Schwierigkeiten.

Der große Vorteil dieser Anlage besteht darin, daß, solange genügend Trockeneis in der Kältemischung ist, keine Gefahr eines Wasserstaus besteht.

#### *Kombinierte Anlage mit Kältefinger und Silicagel (Abb.2)*

Am besten bewährt sich folgende Methode: Die Pilze werden morgens in einen großen Exsikkator mit gefülltem Kältefinger über Silicagel gelegt und die Anlage in Betrieb genommen. In den ersten paar Stunden der größten Wasserabgabe wird das Wasser fast vollständig vom fast verzögerungsfrei arbeitenden Kältefinger ausgefroren. Sobald der Wasserstoß vorüber ist, wird der Deckel mit dem Kältefinger gegen einen gewöhnlichen ersetzt. Bei den meisten Pilzen ist das nach 6–8 Stunden der Fall. Das jetzt noch frei werdende Wasser kann mit genügender Rate vom Silicagel aufgenommen werden. So ist man der Sorge des Trockeneisnachsches über Nacht enthoben.

#### *Die Trocknungsgeschwindigkeit*

Die Trocknungsgeschwindigkeit ist stark variabel und unter gleichbleibenden physikalischen Bedingungen im wesentlichen von zwei Faktoren abhängig: erstens von der Größe des Pilzes und zweitens vom Verhältnis der Oberfläche zum Volumen (= spezifische Oberfläche) des Pilzes. Je größer der Pilz oder je kleiner die spezifische Oberfläche, desto länger dauert die Trocknung.

Kleine Pilze wie *Mycena* oder *Marasmius* und solche mit sehr großer spezifischer Oberfläche wie *Corticium* oder *Stereum* sind in einer halben bis vier Stunden trocken. Größere Pilze, etwa ein kleinerer *Agaricus*, brauchen etwa 12–24 Stunden. Große Pilze oder Pilze mit geringer spezifischer Oberfläche wie Boviste oder noch geschlossene Fruchtkörper von Lamellenpilzen brauchen 2–3 Tage zur Trocknung, wenn sie nicht zerschnitten werden. Es empfiehlt sich dringend, solche Pilze vor dem Gefrieren zu zerschneiden. Dadurch wird die Größe des Stückes stark reduziert und die spezifische Oberfläche wesentlich vergrößert. Beides führt zu einer beachtlichen Verkürzung der Trocknungszeit. Reduktionen von 3 Tagen auf 1 Tag sind durchaus erreichbar.

Die nachfolgenden Diagramme sollen eine Vorstellung von der Variabilität und der Leistungsfähigkeit der Anlage mit Schwefelsäure vermitteln. Die anderen Anlagen weichen von diesem Modell nur unwesentlich ab.

#### *Diskussion der Diagramme (s. Seite 39)*

##### *Diagramm 1: Einfluß der spezifischen Oberfläche auf die Trocknungsgeschwindigkeit*

Junge, noch geschlossene Fruchtkörper von *Agaricus* wurden a) ganz, und b) in Hälften geschnitten, gefroren und gefriergetrocknet. Die Steigerung der Trocknungsgeschwindigkeit durch das Zerschneiden ist offensichtlich.

##### *Diagramm 2: Vergleich ungefähr gleich schwerer Fruchtkörper verschiedener Pilze mit verschiedenen spezifischen Oberflächen*

Ein kleiner Fruchtkörper von *Scleroderma* (a), ein kleiner *Coprinus* (b) und ein großer *Stereum*-Knäuel (c) wurden gleichzeitig getrocknet. Auch hier zeigt sich sehr deutlich die Wirkung der spezifischen Oberfläche, welche bei c am größten, bei a am kleinsten ist.

##### *Diagramm 3: Verschiedene schwere Pilze einer Art mit etwa gleicher spezifischer Oberfläche*

Große, mittlere und kleine Fruchtkörper von *Lyophyllum* wurden gemeinsam getrocknet. Es ist deutlich, daß die Trocknungsrate überall etwa gleich ist, den etwa gleichen spezifischen Oberflächen entsprechend. Die Trocknungszeit ist hier in erster Linie von der Masse der Pilze abhängig. a war erst nach 38 Stunden trocken, b nach 25 und c bereits nach 20 Stunden.

##### *Diagramm 4: Abhängigkeit der Trocknungszeit vom Gewicht des Pilzes und dessen spezifischer Oberfläche*

Dieses Diagramm stellt eine Zusammenfassung der Erfahrungen dar und dient zur rohen und annähernden Bestimmung der erforderlichen Trocknungszeit. Es gibt nur eine erste Schätzung und kann die Kontrolle der Trocknung durch die Wägungen nicht ersetzen.

*Abszisse* = erforderliche Trocknungszeit.

*Ordinate* = Gewicht eines zu trocknenden Pilzes.

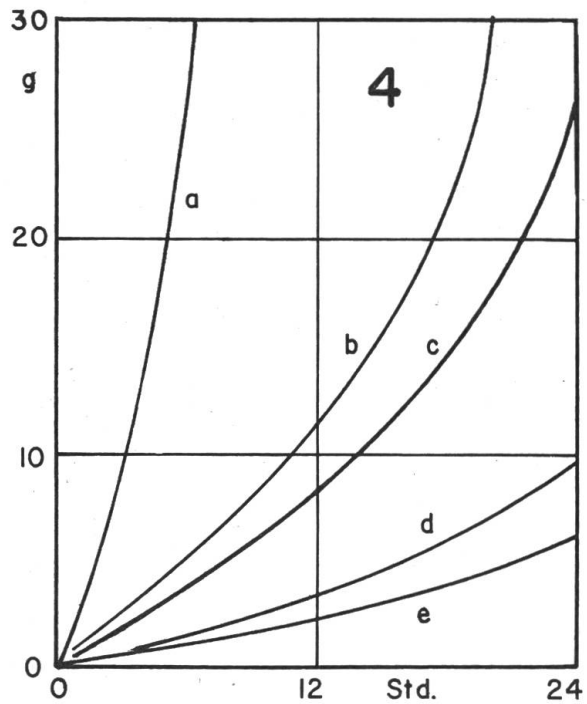
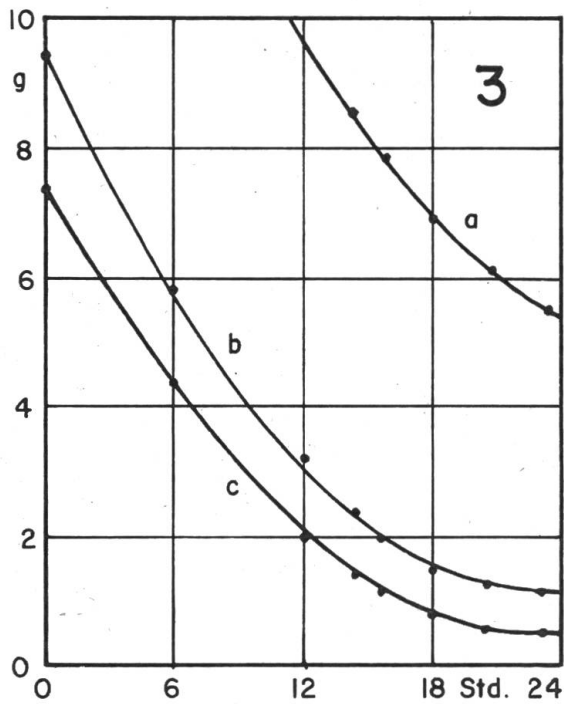
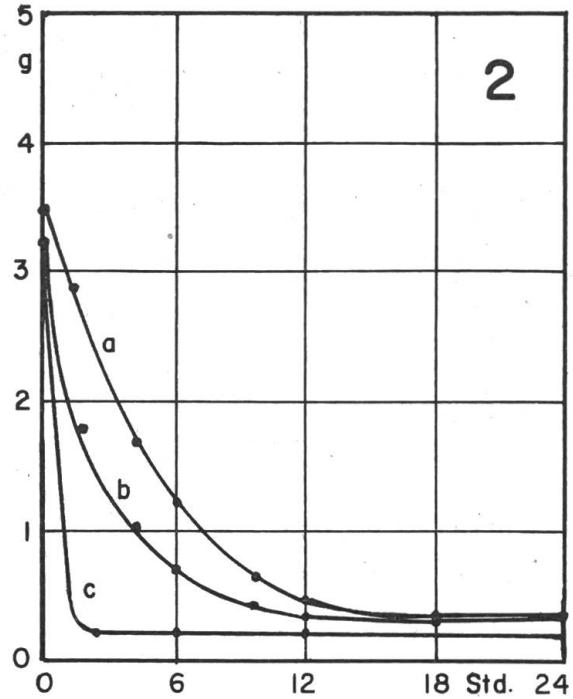
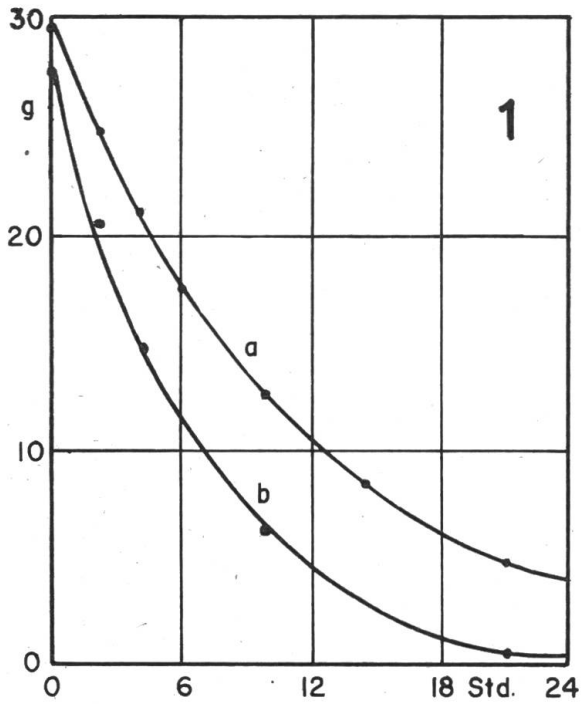
a = extrem große spezifische Oberfläche: *Corticium*, *Stereum*.

b = Lamellenpilz mit «häutigem Fleisch».

c = durchschnittlicher Pilz.

d = dickfleischiger Pilz.

e = kugelige Pilze, wie *Bovista*, *Lycoperdon*, geschlossene Fruchtkörper.



Die Spanne zwischen den Kurven *a* und *e* zeigt, wie sehr variabel die Trocknungszeit für die gleiche Pilzmenge sein kann, je nachdem die spezifische Oberfläche groß oder klein ist.



### *Die Eignung gefriergetrockneter Pilze zur Untersuchung*

Bei normalem Feuchtigkeitsgehalt der Arbeitsraumluft (20–40%) bleiben die Pilze einige Stunden nach der Entnahme aus der mit Silicagel versehenen Aufbewahrungsflasche verarbeitungsfähig. Wenn nur jeweils ein zur Untersuchung ausreichendes Stück entfernt wird, läuft man nicht Gefahr eines Verlustes und kann normal arbeiten.

Die Schneidbarkeit ist im trockenen Zustand sehr gut. Die Trama ist spröde und weicht nicht dem Druck der Klinge aus. Mit neuen Rasierklingen können durchaus befriedigende Schnitte von Lamellen, Stiel und Hut gemacht werden. Sobald die Pilze aber feucht sind, fallen sie zusammen und das Schneiden wird unmöglich. Die Schnitte werden am besten in etwas Wasser oder Farblösung auf einem Objektträger aufgenommen.

Die histologische Deutung der Schnitte ist etwas schwieriger als die von frischen Pilzen. Die zytologischen Untersuchungen können ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden. Meist sind die Resultate denen an Hand von Frischmaterial gewonnenen gleich. Alle für die Systematik wichtigen Charaktere (Amyloidität, Metachromasie, Schnallen, karminophile Granulation und Zellkerne nach geeigneten Färbungen) sind sehr gut erkennbar oder nachweisbar.

#### *Zusammenfassung*

Das Gefriertrocknen von Pilzen weist gegenüber dem üblichen Preßtrocknen den großen Vorteil der getreuen Farb- und Formerhaltung auf. Mit den beschriebenen Anlagen kann die Trocknungszeit auf wenige Stunden bis Tage verkürzt werden. Die Rollen des Gewichtes und der spezifischen Oberfläche des Pilzes bei der Trocknung werden diskutiert. Gefriergetrocknete Pilze eignen sich für zytologische Untersuchungen gleich gut, für histologische etwas weniger gut als frische Pilze.

#### *Résumé*

La lyophilisation des champignons est supérieure à la herbarisation puisque la forme et les couleurs sont conservées. Avec les appareils décrits il est possible de réduire le temps nécessaire à quelques heures à quelques jours. Les rôles du poids et de la surface spécifique du champignon durant la lyophilisation sont discutés. Les champignons lyophilisés sont très convenables à des recherches cytologiques et moins convenables à des recherches histologiques.

#### *Abstract*

The freeze-drying of mushrooms is superior to the herbarization because the form and the colours are preserved. With the apparatus described it is possible to reduce the time required for lyophilization to a few hours or days. The importance of the size and specific surface of the fungi for the required time are discussed. The frozen dried fungi are well suited to cytological studies and to a lesser degree to histological studies, too.

## **Aus der Geschichte der Mykologie**

### **III. Die Neuzeit**

*Von Hans Raab, Wien*

*(Fortsetzung)*

Im Jahre 1728 wurde von *G. Frank von Frankenau*, Professor in Heidelberg, Wittenberg und Kopenhagen, die «*Flora Francica rediviva*» herausgegeben. Es ist dies ein alphabetisch angeordnetes Kräuterlexikon. «*worinnen der vornehmsten Kreuter, Bäume, Blumen und Wurzeln und unterschiedliche Namen, Tempera-*