

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 55 (1904)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Die Mykorrhizen und ihre Aufgabe in der Ernährung der Waldbäume  
**Autor:** Jaccard, Paul  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-764189>

### **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:** 30.03.2025

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

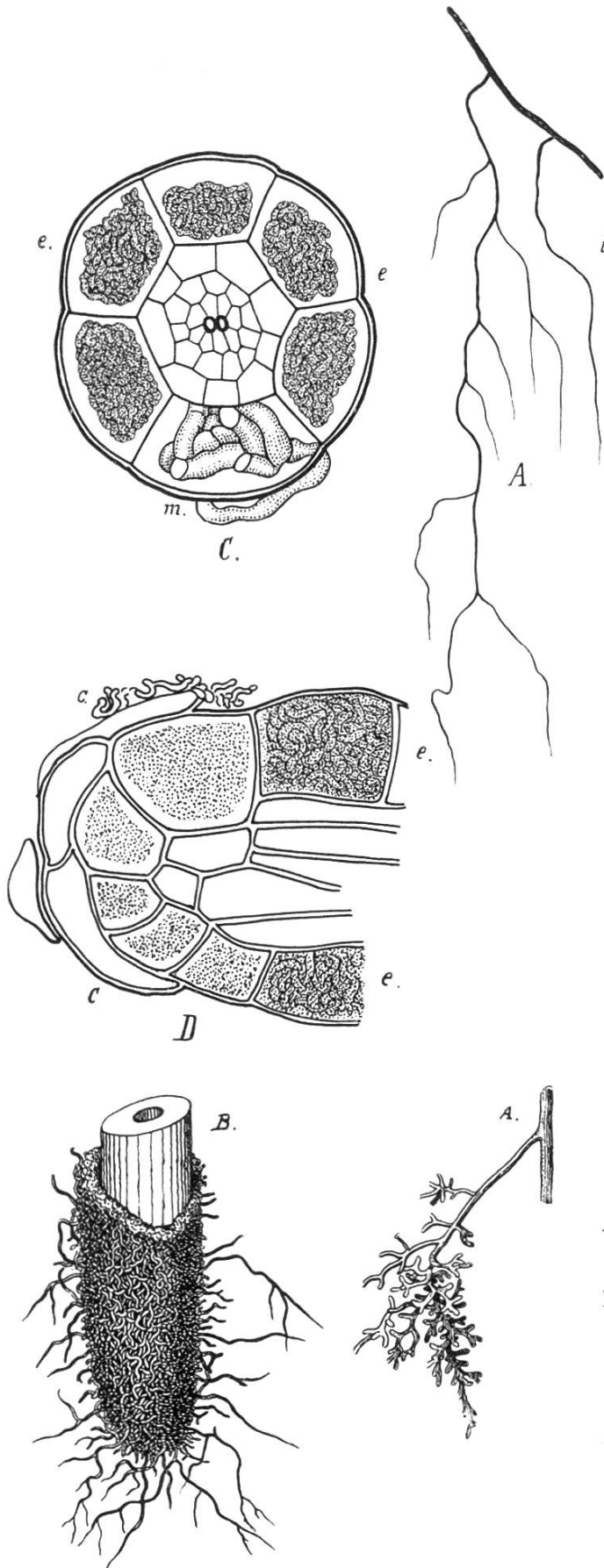


Fig. 1.

A. Ektotrophe Mykorrhizen der Buche. B. Mycel-Hülle am Ende einer Mykorrhize. (Nach Pfeffer, L. Schröter del.)

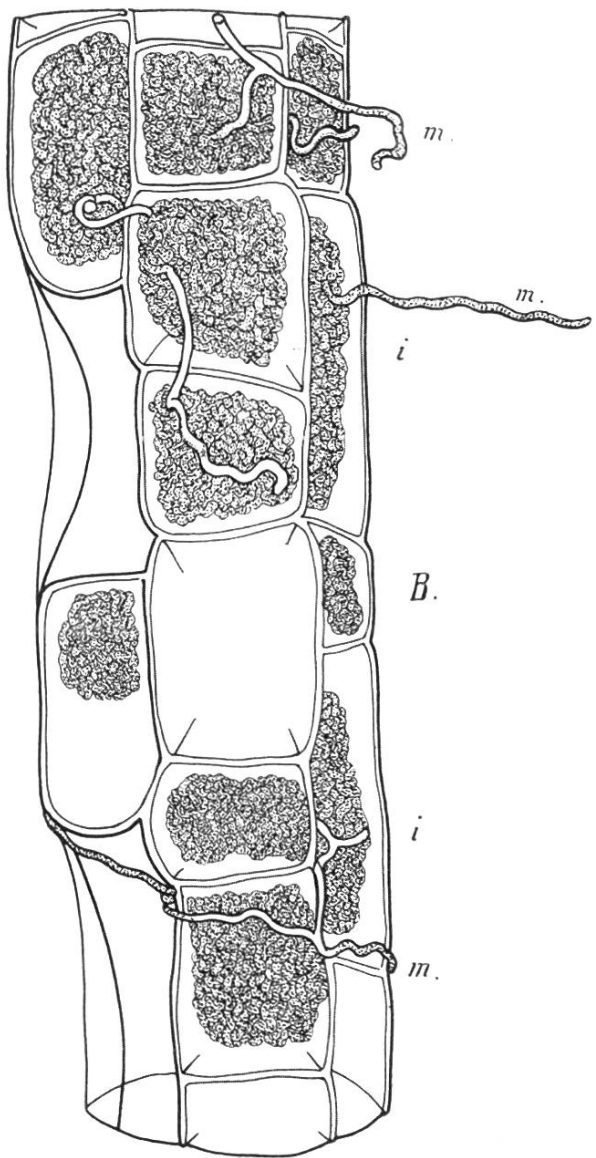


Fig. 2.

Endotrophe Mykorrhizen der Ericaceen.

- A. Feine Würzelchen der Andromeda als Mykorrhizen dienend.
- B. Bruchstück von A, wobei die stark vergrößerten Bündel intracellulärer Hyphen (i) sichtbar sind, von denen einige Hyphen zur Oberfläche streichen (m).
- C. Querschnitt derselben Wurzel: (e) Epidermiszellen mit intracellularen Hyphenbündeln angefüllt; (m) Hyphe an die Oberfläche tretend.
- D. Längsschnitt derselben Wurzel bis zur Spitze; (c) Überzug mit äußeren Hyphen.

(Nach Frank. L. S. del.)

## Endotrophe und ektotrophe Mykorrhizen.

## Die Mykorrhizen und ihre Aufgabe in der Ernährung der Waldbäume.

Nach Herrn Dr. Paul Jaccard, Professor am Polytechnikum, aus dem „Journal forestier suisse“ im Auszug übersetzt.

Frank gebrauchte den Ausdruck Mykorrhiza erstmals im Jahre 1885 „für die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Waldbäume durch unterirdische Pilze,“ wobei die Faserwurzeln der ersteren mit dem Mycelium der letzteren zu einer morphologischen Einheit verwachsen.

Schon vor diesem Autor haben Th. Hartig, Gasparini, Gibellini, P. E. Müller, Kamienski und Elias Fries Mykorrhizen beschrieben.

Die Struktur der Mykorrhizen liegt zwischen zwei sehr verschiedenen Typen, dem ektotrophem und dem endotrophem. Bei jenem umhüllt das Pilzmycel die Wurzel, bei diesem wuchert das Mycel im Innern der Wurzelrindenzellen.

Ektotrophe Mykorrhizen finden sich bei den Koniferen und Kupuliferen, endotrophe bei Ericaceen, Vaccinien und Orchideen.

Die Mykorrhizenbildung ist sehr weit verbreitet.

### Über das biologische Verhalten der Mykorrhizen.

Auf verschiedene Beobachtungen gestützt, glaubte Frank, die ektotrophem Mykorrhizen hätten die Aufgabe, für ihre Wirtspflanzen die organischen, kohlenstoffhaltigen Verbindungen des Humus aufzu-

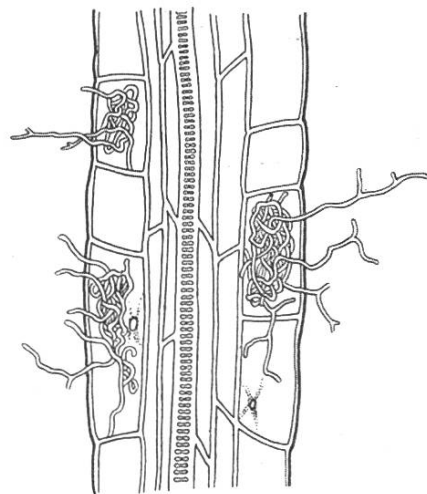


Fig. 3.

Endotrophe Mykorrhizen des Heidefrautes mit peripherischen Hyphen.

nehmen, und die endotrophen Mykorrhizen würden auf dem Wege einer Art Verdauung ihr Eiweiß an die Wirtspflanzen abgeben. Frank nannte letztere pilzverdauende Pflanzen.

In seinem „Sinn der Mykorrhizenbildung“ kommt Stahl zum Schluß, die Mykorrhizen seien in enger Beziehung zur Aufnahme mineralischer Nahrung aus dem Boden, und weist darauf hin, daß in der Regel die Mykorrhizen im humosen Boden häufig und im

mageren Boden selten seien. Dieser Forscher stellt fest, daß die Mykorrhizengewächse meistens schwache Wasserzirkulation und diejenigen ohne Mykorrhizen im Gegensatz eine reichliche Transpiration zeigen, daß die ersteren Pflanzen hohen Zuckergehalt, die letzteren viel Stärkemehl aufweisen.

So sind die Orchisarten zuckerhaltig und mit Mykorrhizen versehen, die Cyripeden dagegen stärkemehlhaltig und ohne Mykorrhizen. Erstere transpirieren wenig, letztere viel.

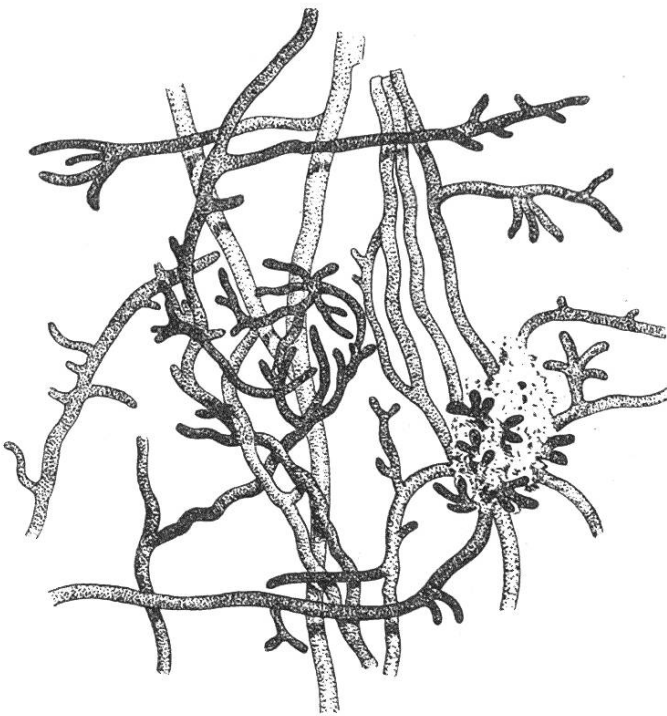


Fig. 4.

Ektotrophe Mykorrhizen der Kiefer, die vom Humus losgelöst sind, der an ihnen haftet.

(Nach Frank, L. S. del.)

Stahl vertritt die Hypothese, die Mykorrhizengewächse seien Arten mit schwacher Transpiration und unfähig, aus eigener Tätigkeit dem Boden die nötigen Nährsalze zu entnehmen. Pilze und Pflanzen mit starker Zirkulation seien in dieser Beziehung im Vorzug, die Mykorrhizenpflanzen seien darauf angewiesen, sich mit Pilzen in Symbiose zu setzen, die viel Wasser aufzunehmen imstande seien. Dieser Autor weist darauf hin, daß die Mykorrhizengewächse keine Stickstoffverbindungen zeigen, wo die andern Pflanzen auf dem nämlichen Boden reich daran seien, daß jene Arten wenig, diese stark aschenhaltig seien.

Diese Hypothese trifft in vielen Fällen zu, in andern aber nicht, letzteres z. B. bei den endotrophen Mykorrhizen.

Über letztere erschienen „Studien an der endotrophen Mykorrhiza von *Neottia Nidus avis*“ von W. Magnus. Früher nahm man an, diese chlorophyllose Spezies absorbiere die humosen Kohlenstoffverbindungen lediglich durch das Mittel der Mykorrhizen. Dem widerspricht Magnus und weist darauf hin, daß hier die Mykorrhizenhypphen das Wurzelinnere bewohnen und mit der Wurzelumgebung wenig Beziehungen haben, daß diese Hypphen verschieden beschaffen sind, je nachdem sie der 4. oder der 3. und 5. Zellschicht des Exoderms angehören. Äußerere oder innerere Schichten als diese drei halten nie Hypphen.

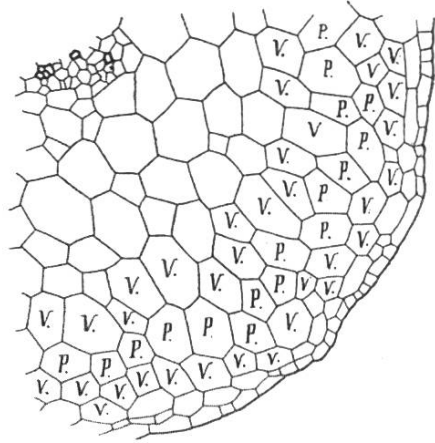


Fig. 5.

Verteilung der Pilzwirtszellen P und der Verdauungszellen V in den Mykorrhizen von *Neottia Nidus avis*. (Nach W. Magnus.)

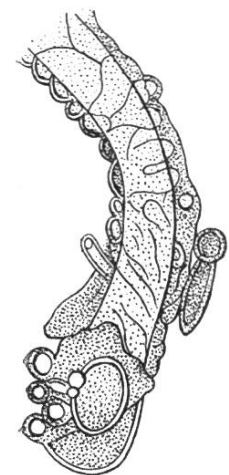


Fig. 6.

Rindenhyphe als Hülle des Bündels in den Pilzwirtszellen. (Nach Magnus.)

Die Hypphen der 4. Zellschicht sind zu einem kugelförmigen Bündel zusammengewickelt und bilden eigentliche, zur Nahrungsaufnahme geeignete Haustorienhypphen. Sie bleiben auch nach dem Tod der Wurzeln in den Zellen am Leben und überwintern da. Magnus nennt daher die letzteren Pilzwirtszellen.

Die Hypphen der 3. und 5. Zellschicht, den Pilzverdauungszellen, sind im Stadium der Auflösung, als ob sie vom Zellplasma angegriffen würden.

Magnus ist der Ansicht, bei *Neottia* finde Kampf zwischen Pilz und höherer Pflanze statt, was beiden Nutzen bringe: die Orchidee nimmt durch das Mittel der Verdauungszellen die im Pilz reichlich vorhandene Nahrung auf; dieser lebt in den Wirtszellen und bildet da seine Überwinterungsorgane.

So gewissenhaft die Untersuchungen von Magnus gemacht wurden, so ungenügend erklären sie die Bedeutung der Pilzwirtszelle.

In einem bedeutungsvollen Werk „Die Wurzelendophyten

einiger javanischer Pflanzen" wirft Janse neues Licht auf die Endophyten der chlorophyllhaltigen Gewächse. Da wird gezeigt, wie bei den Leguminosen, den Erlen, Kiefern usw. der Endophyt die

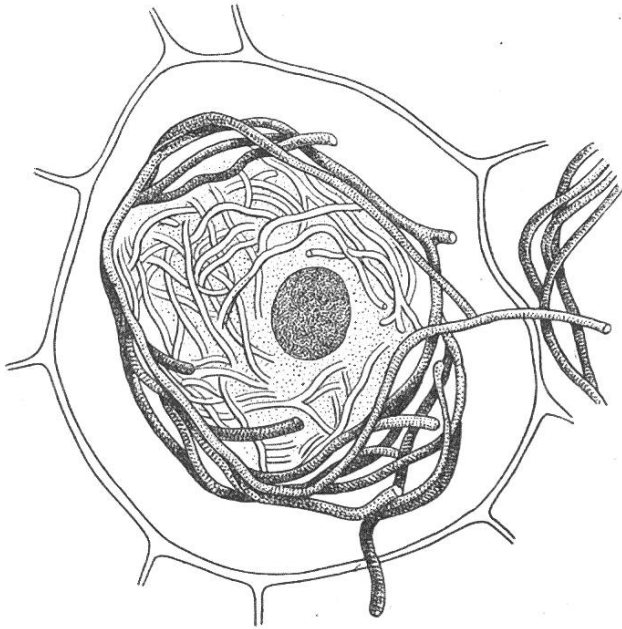


Fig. 7.

Pilzwirtszelle der *Neottia*. (Nach Magnus.)

Wurzel durchdringt und in die tiefer liegenden Gewebe hinein wächst, alle Nahrung führenden Zellen belegt, die er begegnet, dagegen diejenigen meidet, welche Kristalle, Gerbstoff, Harz oder Chlorophyll enthalten, auch wenn da Nahrungsstoffe zugegen sind. In den belegten Zellen zehrt der Pilz das Stärkemehl auf. Andere Veränderungen erleiden diese nicht. Janse glaubt, der Endophyt sei befähigt, den freien Stickstoff der die Interstizien

füllenden Luft zu assimilieren, wie das die Organismen der Wurzelknötchen bei den Erlen, Leguminosen und wie das *Clostridium Pasteurianum* gegenüber dem atmosphärischen Stickstoff tun.

Das Verhalten von *Clostridium* ist sehr lehrreich. Dieses gedeiht bestens in Nährlösungen, denen Stickstoffverbindungen fehlen, weil es den Stickstoff der Luft zu assimilieren imstande ist, falls andere Mikroben zugegen sind, die ihm gegen den Sauerstoff Schutz gewähren. Die letztern machen sich als Gegenleistung den vom *Clostridium* aufgenommenen Stickstoff nutzbar.

Ein ähnliches symbiotisches Verhältnis besteht bei den Kefyrkörnern, wo *Saccharomyces Kefyr*, eine die äußere Schicht des Kornes bildende Hefe, den *Bacillus*

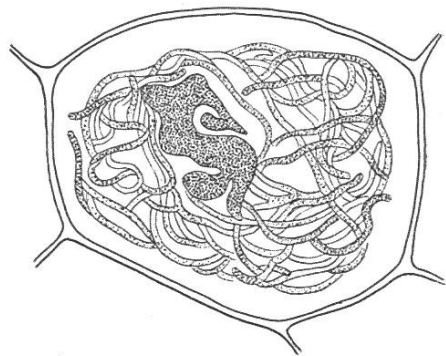


Fig. 8.

Verdauungszelle der *Neottia*, wo die Zersetzung der Hyphen und die Veränderung des Zellkerns sichtbar wird. (Nach Magnus.)

caucasicus, der sich im Korninnern befindet, gegen den äußern Sauerstoff schützt.

In ähnlicher Weise scheint bei Erden, Leguminosen usw. in den Wurzelknötchen der Sauerstoff beseitigt zu werden. Mehrere Forscher nehmen an, das Rhizobium der letztern Familie assimiliere den atmosphärischen Stickstoff in einer Umgebung mit wenig Sauerstoff, entnehme zugleich den Wurzeln der Wirtspflanze Kohlenhydrate und bilde die eiweißreichen Bakterien, die der Wirtspflanze als Stickstoffreserve dienen. Die Analogie mit den endotrophen Mykorrhizen, wie sie Janse beschreibt, ist auffällig.

Der Sauerstoff wird auf verschiedene Art beseitigt. Bald entwickeln sich die Hyphen so reichlich in den Interstizien, daß die Luftzirkulation gehemmt wird. Wo jene in das Zelleninnere treten, bilden sie dichte Bündel und füllen die Zellen derart aus, daß der Sauerstoff bald verschwindet.

Die Tatsache, daß die Endophyten Chlorophyllzellen meiden, auch wenn diese viel Nahrungsstoffe führen, ist ein fernerer Beweis für die Sauerstofffeindlichkeit dieser Pilze.

Neulich hat P. C. Müller die Funktion gewisser Mykorrhizen, den atmosphärischen Stickstoff zu assimilieren, im Werk: „Über das Verhältnis der Bergkiefer zur Fichte in den jütländischen Heidекulturen“ beleuchtet. Auf dem Sand der Ostküste, wo erst kürzlich das Heidekraut Platz genommen hat, gedeiht die Kottanne in reinem Bestand, währenddem auf alten Heideflächen der Westküste die reinen Fichten überall zugrunde gehen.

Zusatz von Pottasche, Kalk und Phosphorsäure hilft da nichts, wohl aber Beimischung von Pinus montana (Bergkiefer), was der Fichte prächtiges Gedeihen verleiht.

Daß diesem Verhalten der Kottanne allein der alte Heideboden und weder Klima noch andere äußere Einflüsse zugrunde liegen, ist bewiesen, indem diese Holzart auf kleinen Inseln, die früher Eichen trugen, und wo der Boden noch nicht „verheidet“ ist, gut wächst.

Im Osten, wo die Fichte gedeiht, zeigt sie üppige Mykorrhizenbildung, die innig mit dem Boden verwächst. Die absterbenden Bestände haben wenig Mykorrhizen und alle Merkmale des Stickstoffhunger's.

Die Mykorrhizen sind dem verschiedenen Verhalten von Fichte und Bergkiefer nicht fremd. P. C. Müller stellt auf den Wurzeln der letzteren zwei Mykorrhizenformen fest.



Fig. 12. Die Mykorrhizen der Bergkiefer, nach P. C. Müller.

1. Triebwurzel mit Dichotomen Mykorrhizen ( $\frac{3}{4}$  nat. Größe). — 2. Dichotome Mykorrhiza vergrößert ( $\frac{10}{1}$  nat. Größe). — 3. Wurzel, oben mit Dichotomen, unten mit racemösen Mykorrhizen ( $\frac{6}{7}$  nat. Größe).  
4. Wurzel mit hegenbesenförmigen Mykorrhizen ( $\frac{1}{2}$  nat. Größe).

Die erste Form zeigt eine Hauptachse mit kurzen Nebenachsen. Sie sehen gewöhnlichen Wurzeln gleich und haben ausgesprochene Form einfacher Trauben.



Die zweite Form stellt kleine Auswüchse dar, die sich zu warzenartigen Knötchen entwickeln und die jungen Wurzeln mehrere Zentimeter lang überziehen. Gewöhnlich fallen die Knötchen ab, wenn sie 3—5 mm Durchmesser erreicht haben, oft aber wachsen sie zu einer Art kleiner Herenbesen von einigen Zentimetern Durchmesser aus. Diese zweite Form kommt auf Kiefernarten, Podocarpus, Juniperus, Cupressus usw., nicht aber auf der Fichte vor. Wo Humus fehlt, kommt nur die zweite Form, wo Humus zugegen ist, kommen beide Formen vor.

Wo dem Sand Humus fehlt, ist kein Stickstoff im Boden, und man ist berechtigt, anzunehmen, daß die Mykorrhizen der zweiten Form dem Boden den nötigen Stickstoff zu liefern berufen seien. Damit ist bewiesen, daß die Kiefern den Boden bessern, wie das von den Leguminosen längst bekannt ist. Das wird auch den Umstand erklären, daß Eiche und Buche unter Kiefern auf magern Sand Platz nehmen und gut gedeihen. Neben Schutzwirkung wird die Kiefer den zwei ersten Bäumen Stickstoffdüngung zu teil werden lassen.

Die letztere Fähigkeit macht Pinus und Robinia zu Vorläufern der eigentlichen Bestockung auf sterilem Sand der mittel- und südeuropäischen Küstengebiete tauglich.

Eine ähnliche Rolle schreibt Fankhauser der Weißerle auf den sterilen, sandigen Schuttkegeln zu.

Helms glaubt, die Birke wirke unter gewissen Umständen ähnlich auf die Kottanne.

Alle diese Beobachtungen haben theoretisch und praktisch hohe Bedeutung. (Schluß folgt.)



## Die Witterung des Jahres 1903 in der Schweiz.

Von Dr. R. Billwiler, Direktor der schweiz. meteorologischen Zentralanstalt.

(Schluß.)

Der Oktober war ein milder, aber teilweise regnerischer Monat. In der Nord- und Zentralschweiz kam das Temperaturmittel um 1—2 Grad über das normale Oktobermittel zu stehen, im Süden des Landes war der Wärmeüberschuß etwas geringer. In der ersten