

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 44 (1953)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Pilze auf Holzmasten, unter besonderer Berücksichtigung des Porenhautschwammes (*Poria vaporaria*)  
**Autor:** Wälchli, O.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059905>

### **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:** 03.04.2025

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

oder weniger gleichmässig ansteigende Kurve des Umsatzes auf. Unter diese Apparate fallen ferner die Kaffee- und Teekoher mit einer Zunahme von 4 %, die Brotröster mit der besonders starken Zunahme von 50 % nach einer verhältnismässig geringen Vermehrung seit 1947, und die Tauchsieder mit 17 % Zunahme. Die Steigerung des Jahresverkaufs von Heizöfen beträgt bei den Schnellheizern 12 %, den Strahlern 32 %, den Wasser- und Ölradiatoren 27 %. Halb- und Vollwärmespeicheröfen sind in den letzten fünf Jahren ungefähr bei gleichen Jahreszahlen geblieben, nachdem sie vorher ebenfalls die verhältnisbedingten erhöhten Umsätze verzeichneten. Wie bereits in den letzten Jahren, hat die Zahl der verkauften Waschkessel, Waschherde und Waschmaschinen weiterhin zugenommen, nur zu einem kleinen Teil bedingt durch die steigende Anzahl der in den Erhebungen dieser Apparate erfassten Firmen. Bügeleisen wurden rund

18 % mehr verkauft als im Vorjahre; die Summe des Anschlusswertes stellt mit 41 023 kW das bisherige Maximum der Jahresumsätze. Etwas zurückgegangen gegenüber dem Vorjahr sind Tischbacköfen, Grills und Dörrapparate; die Zahlen sind aber in den letzten sechs Jahren für Tischbacköfen ziemlich konstant; bei den Dörrapparaten ist in diesem Zeitabschnitt im allgemeinen eher ein Steigen zu verzeichnen.

Die Position 28, «Bügelmaschinen», wurde bisher unter den «Verschiedenen Spezialapparaten für Gewerbe» mitgezählt; für Position 6, «Heizkissen», sind nach wie vor nur unvollständige Zahlen vorhanden, da stets einer der grossen Fabrikanten an der Erhebung sich nicht beteiligt, so dass diese Zahlen nicht mehr veröffentlicht werden.

Die Erhebungen des Verbandes erfassen 81 Firmen, gegenüber 80 im Vorjahre <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> vgl. Bull. SEV Bd. 43(1952), Nr. 1, S. 11.

## Diskussionsversammlung des VSE über moderne Imprägnierverfahren für Holzmasten

### Einleitung

*Die 6. Diskussionsversammlung des VSE über moderne Imprägnierverfahren für Holzmasten fand am 15. November 1951 in Bern in Anwesenheit von über 200 Werkvertretern statt.*

*Wir veröffentlichen in dieser und der nächsten Nummer des Bulletins SEV die anlässlich dieser Diskussionsversammlung gehaltenen Vorträge sowie eine kurze Zusammenfassung der Diskussion.*

*Auf den an dieser Versammlung geäusserten Wunsch hin ernannte der Vorstand des VSE in seiner Sitzung vom 5. Dezember 1951 eine Kommission zum Studium der Imprägnier- und Nachbehandlungsverfahren für Holzmasten. Diese Kommission hat ihre Arbeiten unverzüglich aufgenommen und im vergangenen Sommer mit der Durchführung von praktischen Versuchen begonnen. Über die Ergebnisse dieser Versuche werden die Mitgliedwerke des VSE laufend orientiert.*

*Sekretariat des VSE*

## Pilze auf Holzmasten, unter besonderer Berücksichtigung des Porenhausschwammes (*Poria vaporaria*)

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des VSE vom 15. November 1951 in Bern,  
von O. Wälchli, St. Gallen

621.315.668.1.004.4

*Es wird eine Übersicht über die wichtigsten Pilze, die auf Holzmasten vorkommen, sowie über die Bedingungen, unter denen sie sich entwickeln können, gegeben. Zum Schutz der Stangen wird in der Schweiz vorwiegend das Saftverdrängungsverfahren mit Kupfersulfat angewendet. Neben Vorteilen weist es den Nachteil auf, dass es gegen den kupferresistenten Porenhausschwamm (*Poria vaporaria*) ungenügend schützt. Zur Bekämpfung dieses Pilzes gibt es verschiedene Möglichkeiten, die zusammenfassend diskutiert werden.*

*Aperçu sur les champignons les plus importants vivant sur les poteaux de bois, et sur les conditions dans lesquelles ils se développent. En Suisse, pour protéger les poteaux, on les imprègne en général d'après le procédé par élimination de la sève avec du sulfate de cuivre. En face des avantages, ce procédé présente le désavantage qu'il protège insuffisamment contre le bolet destructeur poreux (*Poria vaporaria*) résistant au sulfate de cuivre. Il existe plusieurs possibilités de combattre ce destructeur, dont l'auteur donne un bref aperçu.*

### I. Einleitung

Wie die Erfahrung in der Praxis ständig erneut zeigt, sind die holzerstörenden Pilze die grössten Feinde der Holzmasten, auch wenn diese imprägniert sind. Die meisten derselben werden unweigerlich einmal das Opfer von Pilzen, sei es, dass die Imprägnierung unsorgfältig oder mit ungeeigneten Schutzmitteln erfolgte, sei es, dass das Schutzmittel im Laufe der Zeit durch Regen und Bodenfeuchtigkeit allmählich ausgelaugt wird.

### II. Pilze und ihre Entwicklungsbedingungen

Die holzerstörenden Pilze sind Pflanzen, welche aus einem Geflecht mikroskopisch feiner Hyphen (Pilzfäden) bestehen. Sie gehören durchwegs zu den sog. Basidiomyceten, den höchst entwickelten Pilzen. Die niederen Pilze (Schimmelpilze) und auch die Bakterien sind bei der Holzerstörung von geringerer Bedeutung.

Die ausgesprochen typische und spezifische Fähigkeit, das Holz zerstören zu können, beruht bei

den in Frage stehenden Pilzarten auf der Erzeugung der Fermente Cellulase und Ligninase, mittels welcher sie die Cellulose und das Lignin des Holzes zersetzen und als Nahrung verwerten können.

Diese Fermente werden von den Pilzhyphen ausgeschieden. Die Cellulose und das Lignin, welche in Wasser unlösliche Substanzen darstellen, werden von den Fermenten ausserhalb des Pilzkörpers zu Spaltprodukten abgebaut; sie werden deshalb als Ektofermente bezeichnet. Erst diese löslichen Produkte können von den Pilzfäden aufgenommen und als Nahrung verwertet werden.

Natürlich können sich die Holzschädlinge nicht nur von Cellulose und Lignin allein ernähren. Sie brauchen auch mineralische Nährstoffe. Da sie in Bezug auf diese die gleichen oder ähnliche Ansprüche stellen wie die höheren Pflanzen, genügen den Pilzen die Nährsalze, die sie im Holz vorfinden, vollständig. Wenn man das Holz aber gründlich in Wasser auslaugt, kann man eine gewisse Entwicklungshemmung feststellen, die auf ein Herauslösen der löslichen Mineralstoffe zurückzuführen ist.

Sehr wichtig für die Ernährung der Pilze sind ganz allgemein die Zellinhaltsstoffe des Holzes, die vorwiegend aus Eiweissen bestehen. Diese sind für den Aufbau ihrer lebenden Substanz, des Protoplasmas, unentbehrlich.

Eine Entwicklung der Pilze ist nur unter bestimmten Umweltsbedingungen möglich. Der wichtigste, die Entwicklung begrenzende Faktor ist die Feuchtigkeit. Ohne Feuchtigkeit ist kein Pilzwachstum möglich. Auf Grund der festgestellten höchsten Gewichtsverluste ist die optimale Holzfeuchtigkeit<sup>1)</sup> für

Merulius lacrimans . . . . .	ca. 20 %
Poria vaporaria . . . . .	ca. 35 %
Daedalea quercina . . . . .	ca. 40 %
Agaricus melleus . . . . .	ca. 45 %
Stereum purpureum . . . . .	ca. 45...50 %
Coniophora cerebella . . . . .	ca. 50...60 %

Das Pilzwachstum erfolgt wie jede Lebenstätigkeit nur innerhalb einer gewissen Temperaturspanne. Die untere Grenze liegt bei ca. 3 °C und die obere bei 35...40 °C. Das Temperaturoptimum ist von Art zu Art verschieden und liegt im Bereich von 20...30 °C.

Im grossen ganzen findet eine Reihe von Pilzen auf nicht imprägnierten Masten alle Bedingungen, die sie zur Entwicklung nötig haben, wie genügende Feuchtigkeit, Nährstoffe, Sauerstoff, geeignete Temperatur, usw. Die günstigsten Verhältnisse auf Holzstangen finden sich in der Tag- und Nachtzone. Hier sind sowohl ausreichende Bodenfeuchtigkeit, Nährsalze aus dem Boden wie auch genügend Sauerstoff vorhanden. Über dem Boden sind wohl die Anforderungen in Bezug auf Sauerstoff erfüllt, meist ist aber, abgesehen von längeren Regenperioden, die Feuchtigkeit zu gering. Umge-

<sup>1)</sup> vgl. Mahlke-Troschel-Liese: Handbuch der Holzkonservierung, 3. Auflage (1950).

kehrt sind im Boden die Feuchtigkeits- und Nährstoffverhältnisse in der Regel günstig, dagegen ist die Sauerstoffzufuhr etwas mager. Mit zunehmender Bodentiefe kann deshalb oft eine grössere Entwick-

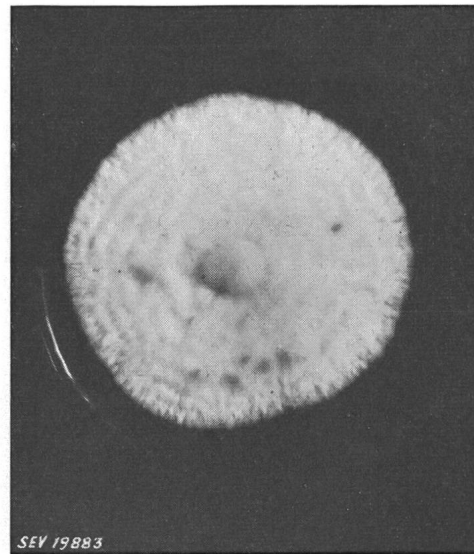


Fig. 1  
**Merulius lacrimans**  
Wattiges Oberflächenmycel mit typischer Zonenbildung

lungshemmung beobachtet werden, ganz besonders bei festgestampftem Boden. Die stärkste Entwicklung im Boden erfolgt häufig in der Zone der Steinkränze, wo sich oft luftgefüllte grössere Hohlräume befinden.

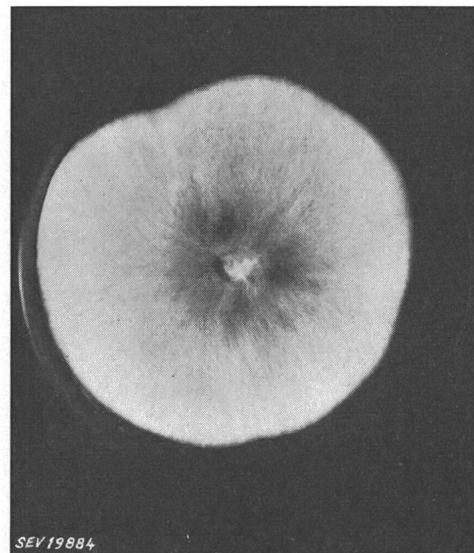


Fig. 2  
**Coniophora cerebella**  
Dem Nährsubstrat eng aufliegendes Mycel von hellbräunlicher Färbung

Häufig haben auch Schimmelpilze eine gewisse Bedeutung für die Holzerstörung, indem sie den Nährboden für die eigentlichen holzerstörenden Pilze vorbereiten. Die häufigsten Stangenzerstörer finden sich wohl unter den folgenden Arten:

Coniophora cerebella  
Poria vaporaria  
Lentinus lepideus  
Lenzites abietina  
Lenzites sepiaria  
Trametes serialis

Kellerschwamm  
Porenhausschwamm  
Schuppiger Zählring  
Tannenblättling  
Balkenschwamm  
Reihige Tramete

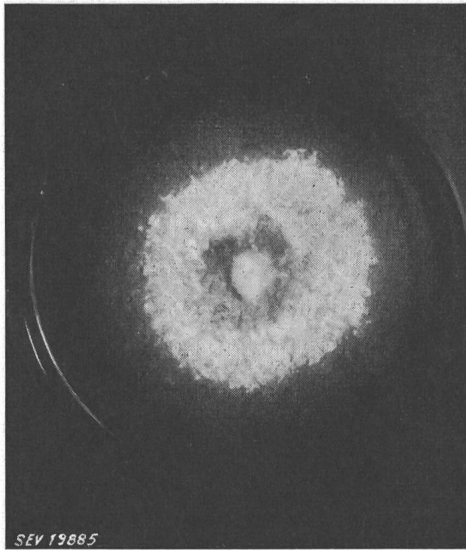


Fig. 3  
*Lentinus lepideus*  
Flockiges weisses Oberflächenmycel

Gesamthaft müssen wir mit ca. 70 verschiedenen Arten rechnen, die sich auf Holzstangen ansiedeln können.

Um für die Bekämpfung der Holzzerstörer die nötigen Grundlagen zu erhalten, ist die genaue

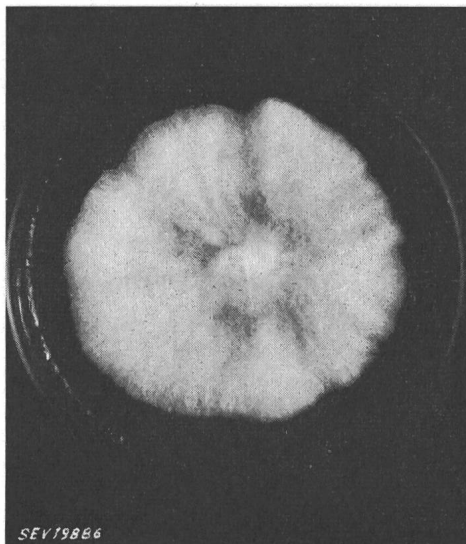


Fig. 4  
*Poria vaporaria*  
Locker-wattiges, rein weisses Luftmycel

Kenntnis der Schädlinge, deren Nährstoff-, Feuchtigkeits- und Temperaturansprüche und vor allem ihr Verhalten gegenüber den in Frage kommenden Holzschutzstoffen unbedingt nötig. Die Identifizie-

rung der Pilzart ist oft schwierig. Einfach ist sie, wenn Fruchtkörper vorliegen. Eine Bestimmung nur auf Grund von Mycelien oder sogar der Art der Holzzerstörung ist in vielen Fällen unsicher, weil

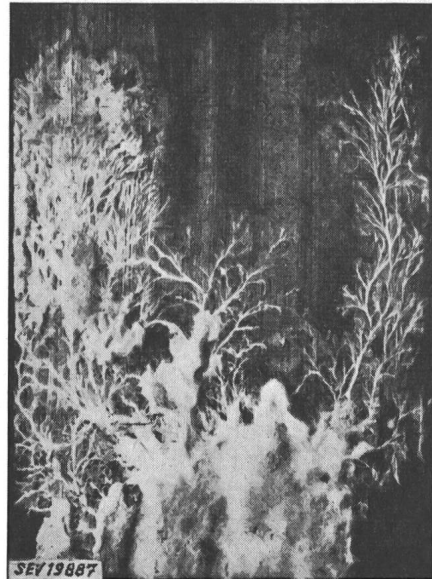


Fig. 5  
*Poria vaporaria*  
Flächiges und strangförmiges Mycel auf Holz

das Wachstumsbild je nach der Art der Umweltbedingungen, wie Nährmedium oder Feuchtigkeitsverhältnisse, verschieden ausfallen kann. Aus diesem Grunde ist es in vielen Fällen nötig, vom befallenen Holz Reinkulturen der Pilze anzulegen, welche dann mit vorhandenen bekannten Kulturen verglichen werden können. Stehen keine Vergleichskulturen zur Verfügung, so muss versucht werden, den isolierten Pilz auf geeigneten Nährböden zur Fruchtkörperbildung zu zwingen, um an Hand dieser die Bestimmung vorzunehmen. Fig. 1...4 zeigen einige Pilzkulturen mit typischer Entwicklung des Oberflächenmycels auf Malzagar.

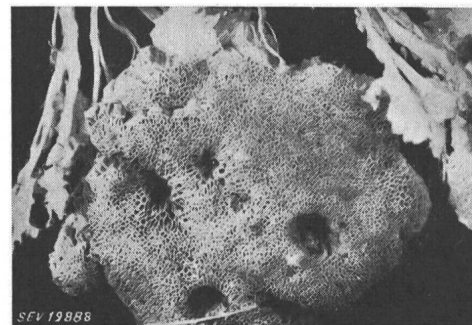


Fig. 6  
Fruchtkörper von *Poria vaporaria*  
mit charakteristischer Ausbildung der Poren

Das Wachstum auf dem Holz ist mehr oder weniger verschieden von demjenigen auf künstlichen Nährböden. Fig. 5 zeigt ein typisches strangförmiges, verästeltes, weisses Mycel von *Poria vaporaria*

auf Holz. Während der Fruchtkörper von *Poria vaporaria* (Fig. 6) mit charakteristischer Ausbildung der Poren in jungem Zustand rein weiss, später leicht gelblich ist, ist das Hymenium des Frucht-

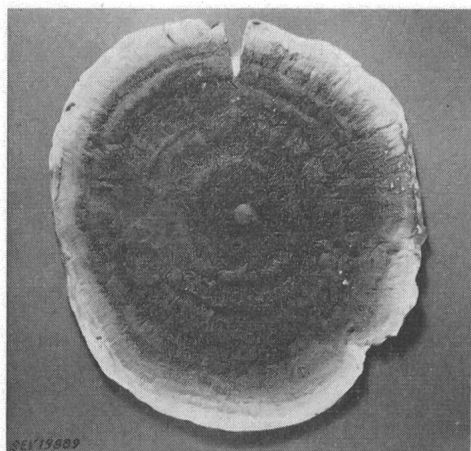


Fig. 7

Fruchtkörper von *Merulius lacrimans*

körpers von *Merulius lacrimans* rostbraun gefärbt (Fig. 7). Die Fruchtkörperbildung erfolgt in der Regel erst, wenn die Entwicklungsbedingungen ungünstig werden.

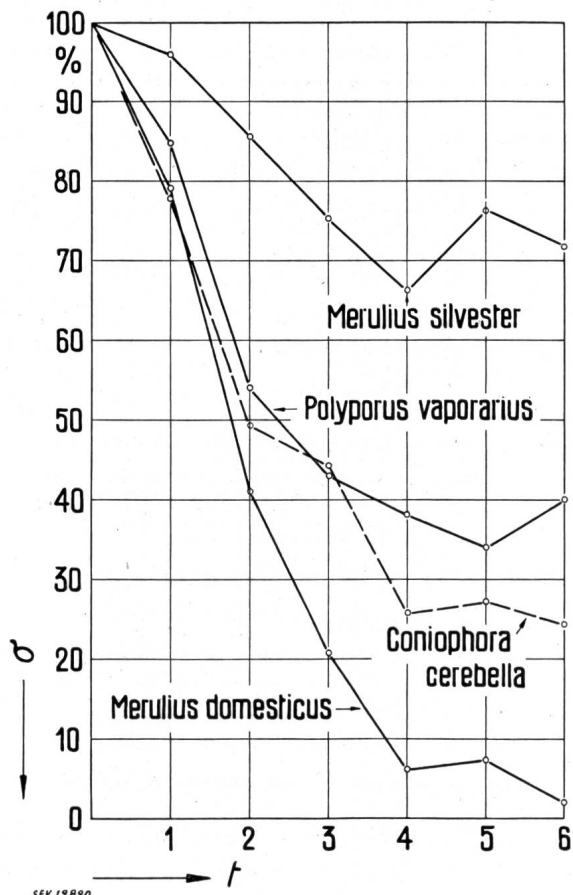


Fig. 8

Abnahme der Druckfestigkeit von Kiefernspiltholz bei verschiedenen Einwirkungsduer von holzerstörenden Pilzen  
 $\sigma$  Bleibende Druckfestigkeit;  $t$  Zeit der Einwirkungsduer in Monaten

Die Zerstörung bzw. Vermorschung des Holzes führt zu grossen Festigkeits- und Gewichtsverlusten. Diese können innerhalb von 3 Monaten bis 40 % erreichen. Die Intensität des Abbaues ist von Pilz zu Pilz verschieden; dies zeigt die Darstellung in Fig. 8 deutlich<sup>2)</sup>. Die Lebensdauer des Holzes wird dabei immer ganz beträchtlich verkürzt.

### III. Vor- und Nachteile des Saftverdrängungsverfahrens

Zum Schutz vor Pilzangriffen bzw. zur Erhöhung der Lebensdauer können die Stangen nach verschiedenen Verfahren imprägniert werden. In der Schweiz werden sie vorwiegend nach dem Boucherie- oder Saftverdrängungsverfahren mittels Kupfersulfat behandelt. Dieses Verfahren weist gegenüber andern folgende Vorteile auf:

1. Seine Durchführung ist relativ einfach.
2. Es sind keine sehr kostspieligen Einrichtungen nötig; es kann deshalb praktisch überall, auch von kleinen Betrieben, dezentralisiert durchgeführt werden.
3. Die Kleinbetriebe können das Holz aus den Wäldern der Umgebung beziehen. Lange Transportwege fallen dahin, so dass erhöhte Sicherheit geboten ist, dass die Imprägnierung an wirklich saftfrischem Holz erfolgt.
4. Die Qualität der Imprägnierung kann mittels Blutlaugensalzprobe leicht überprüft werden.

Diesen Vorteilen steht ein besonders wichtiger und grosser Nachteil gegenüber. Unter den ca. 70 Pilzen, die Holzmasten befallen können, befindet sich ein Pilz, der gegenüber Kupfersulfat sehr unempfindlich ist, nämlich der Porenhauenschwamm (*Poria vaporaria*).

Die Wirksamkeit eines Holzschutzmittels wird definiert durch den Grenzwert. Darunter versteht man diejenige Schutzmittelmenge in  $\text{kg/m}^3$  Holz, welche eine Pilzentwicklung gerade verunmöglicht. Der Grenzwert ist einerseits von Schutzmittel zu Schutzmittel, andererseits aber bei einer bestimmten Substanz auch von Pilzart zu Pilzart verschieden.

In Tabelle I sind die Grenzwerte für Kupfersulfat, das im Boucherieverfahren verwendet wird, für einige Pilze angegeben.

Grenzwerte von Kupfersulfat

Tabelle I

Pilz	Grenzwert $\text{kg/m}^3$
<b>Kiefernspiltholz</b>	
<i>Coniophora cerebella</i> . . . . .	3,24...4,09
<i>Poria vaporaria</i> . . . . .	25...50
<i>Lenzites abietina</i> . . . . .	0,38...0,80
<i>Lentinus lepideus</i> . . . . .	0,38...0,80
<i>Merulius lacrimans</i> . . . . .	1,68...3,06
<b>Buche</b>	
<i>Stereum hirsutum</i> . . . . .	2,25...2,78
<i>Polystictus versicolor</i> . . . . .	0,57...1,42

Besonders auffallend ist der sehr hohe Wert für *Poria vaporaria*. Um eine sichere Schutzwirkung auch gegen diesen Pilz zu erzielen, müsste das Holz bei einer Lösungsaufnahme von  $600 \text{ kg/m}^3$  (Volltränkung) mit Lösungen von ca. 4...8 % Kupfersul-

<sup>2)</sup> vgl. Kollmann: Technologie des Holzes, 1. Aufl. (1936).



fatgehalt und noch mehr imprägniert werden. Um diesen Pilz in seiner Entwicklung aufzuhalten, ist 10...60mal mehr Kupfersulfat nötig als bei andern Pilzen.

Wir finden kein weiteres Beispiel mit solch grossen Unterschieden in den Grenzwerten einer Substanz für verschiedene Pilze. Der Porenhausschwamm besitzt die Fähigkeit, das Kupfersalz vor sich her zu entgiften. Eine genaue Erklärung dieses Vorganges kennen wir vorläufig nicht. Sehr wahrscheinlich spielt aber die Abscheidung von Oxalsäure durch den Pilz eine Rolle. Das im Holz vorhandene Kupfersulfat setzt sich mit dieser in Kupferoxalat um, welches infolge seiner Unlöslichkeit keine fungizide Wirkung ausüben kann. Einen ähnlichen, aber nicht so krassen Fall stellt die Kreosotresistenz von *Lentinus lepideus* dar.

Diese Tatsache spielt in poriafreien Gebieten keine Rolle, denn gegenüber den andern erwähnten Pilzen wirkt das Kupfersulfat gut. Gefährlich ist sie aber in Gegenden, in welcher der Porenhausschwamm vorhanden ist. Auf der ungleichmässigen Verbreitung beruhen vermutlich die oft festgestellten stark verschiedenen Lebensdauern von mit Kupfersulfat behandelten Telephonstangen.

*Poria vaporaria* ist ein intensiver Zerstörer von freistehendem und von verbautem Holz. Unter günstigen Feuchtigkeitsbedingungen und bei optimaler Temperatur, wie sie im Frühjahr bis Herbst bei Sonnenschein herrschen, wächst er pro Tag bis 16 mm. Das Holz wird deshalb sehr rasch durchwuchert, so dass befallene Stangen oft schon nach einem Jahr ausgewechselt werden müssen.

#### IV. Ursachen für die Ausbreitung von *Poria vaporaria*

Wo muss man die Gründe suchen, um zu erklären, warum die Kupfersulfatbehandlung während vieler Jahre ausgezeichneten Schutz gegen Pilzfall ergab, nun aber infolge der Resistenz eines einzelnen Pilzes in immer weiteren Gegenden nur noch ungenügende Sicherheit gewährleisten kann? In der Tat verbreitet sich *Poria vaporaria* immer mehr.

Es ist dies ein Problem, das auf allen Gebieten der chemischen Desinfektion Ungelegenheiten verursacht<sup>3)</sup>. Bei den chemischen Schutzmassnahmen vergiften wir den Lebensraum der uns unerwünschten Organismen. Es wird immer wieder vorkommen, dass die Gebrauchskonzentration eines Schutzmittels nicht hoch genug ist, um sämtliche zu bekämpfenden Individuen abzutöten. Einzelne, etwas resistenterer, werden überleben und im vergifteten Lebensraum weiter vegetieren können. Es ist nun möglich, dass

1. sich das resistenterer Individuum in seinem Stoffwechsel immer mehr der vergifteten Umgebung anpasst und sich an das Gift gewöhnt. Auch die auf ungeschlechtlichem Wege nachfolgenden Abkömmlinge werden dieselbe Eigenschaft zeigen. Diese erworbene Giftestigkeit ist reversibel und kann wieder abgewöhnt werden. Die gleichen Erscheinun-

gen kann man auch bei bestimmten Bakterienstämmen gegenüber chlorierten Phenolen und beim Raucher gegen Nikotin feststellen.

2. erblich verankerte Giftestigkeit, die irreversibel ist, durch zufällige Mutationen entstehen kann, d. h. durch bestimmte erbliche Änderungen in der Erbsubstanz. Diese können durch die Einwirkung des Giftes selbst auftreten. Diese Erscheinung finden wir auch bei der DDT-Resistenz von bestimmten mutierten Stämmen der Stubenfliege, ferner finden wir sie bei Bakterien gegenüber Chemotherapeutika.

Solche resistent gewordenen Organismen finden im vergifteten Lebensraum nun denkbar günstige Verhältnisse. Sie können sich unbehindert von ihren natürlichen Konkurrenten entfalten, weil man ihnen mit der Schutzbehandlung diese direkt fernhält. Es ist ohne weiteres verständlich, dass die begünstigten Organismen unter solchen Verhältnissen sich sehr rasch entwickeln und ausbreiten können.

Eine solche *neu auftretende Giftestistenz* macht unter Umständen bewährte Schutzbehandlungen fast oder völlig wertlos, weil der resistente Organismus sozusagen in einen leeren unbesiedelten Raum vorstossen und sich immer mehr ausbreiten kann.

#### V. Massnahmen zur Bekämpfung von *Poria vaporaria*

Wir stehen vor der Tatsache, dass wir in der Schweiz eine Imprägnierung anwenden, welche die Masten gegen alle in Frage kommenden Pilzarten, ausgenommen den Porenhausschwamm, schützt. Die Frage, ob wir beim alten Verfahren bleiben sollen oder ob ein anderes Imprägnierungsverfahren eingeführt werden soll, wird immer mehr gestellt. Eine Entscheidung ist sicher nicht einfach, denn neben der Wirksamkeit des Schutzmittels spielen auch wirtschaftliche, preisliche Momente, sowie evtl. auftretende Kosten für Umstellungsarbeiten in den vielen kleinen Imprägnierungsanstalten eine nicht zu übersehende Rolle. Hinwiederum könnte ein Preisaufschlag auf die Masten, wenn die Lebensdauer merkbar verlängert würde, sicher in Kauf genommen werden.

Welche Möglichkeiten bieten sich nun für eine Verbesserung des Schutzes? Zur Orientierung wollen wir uns an Hand von Tabelle II zuerst eine Übersicht über die Wirkung und Eigenschaften verschiedener Schutzsubstanzen ansehen<sup>4)</sup>.

In der dritten Kolonne der Tabelle II sind Werte für die Auswaschbarkeit  $\frac{G_A}{G}$  angegeben.  $G$  bedeutet den Grenzwert des Schutzstoffes im Original und  $G_A$  nach Auslaugung im Wasser. Je besser die Wasserbeständigkeit, um so näher bei 1 liegt der Wert  $\frac{G_A}{G}$ , oder je schlechter die Wasserbeständigkeit ist, um so grösser werden die Werte für  $\frac{G_A}{G}$ .

Wir stellen fest, dass ausgenommen von Zink-

<sup>3)</sup> E. Gäumann: Einige Erfahrungen mit boucherisierten Leitungsmasten. Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen, Nr. 9(1950).

<sup>4)</sup> B. Schulze, G. Theden und K. Starfinger: Ergebnisse einer vergleichenden Prüfung der pilzwidrigen Wirksamkeit von Holzschutzmitteln. Wiss. Abh. Dtsch. Materialprüfungsanstalten. II, H. 7, S. 1(1950).

Wirksamkeit von Holzschutzmitteln gegen Pilze

Tabelle II

Schutzstoff	Grenzwert der Schutzsubstanz kg/m <sup>3</sup>	Auswaschbarkeit $\frac{G_A^1)}{G}$	Bemerkungen
Hochlösliche Fluoride . . .	1	∞	
Hochlösliche Fluorsilikate .	1,4	∞	
Natriumfluorid . . . . .	1	∞	
Natriumfluorsilikat . . . . .	1,1	?	
Quecksilberchlorid (Sublimat) . . . . .	0,7	1 oder wenig über 1	Konzentration höher als üblich!
Arsen-Verbindungen . . . . .	2	∞	Arsen-Verbindungen allein nicht üblich. Bei Ausserachtlassung der As-unempfindlichen Poria wären die Grenzwerte kleiner.
Kupfersulfat . . . . .	5,2	gewisse Schwerauswaschbarkeit vorhanden	Nur wenn Cu-unempfindliche Pilze ausgeschlossen sind, andernfalls liegen die Grenzwerte höher.
Kupfersulfat . . . . .	25...50	—	für Poria vaporaria.
Gewisse Zink-Verbindungen	16	∞	
Zinkchlorid . . . . .	14	∞	
Alkalibichromate . . . . .	21	—	Sie dienen zur Bildung schwerlöslicher Verbindungen und als Korrosionsschutz.
Einzelne Feuerschutzmittel mit pilzwidrigen Zusätzen	2	∞	
Steinkohlenteeröl . . . . .	10	1 oder wenig über 1	Nur wenn Lentinus lepideus ausgeschlossen ist.
Steinkohlenteeröl . . . . .	25	1 oder wenig über 1	Bei Mitberücksichtigung von Lentinus lepideus.
UAll-Salze <sup>2)</sup> . . . . .	1,4	≈ 10	Die Wirkung beruht auf der Bildung kryolithartiger Doppelsalze, die zu 10...30 % auf der Holzfaser fixiert werden.
Ull-Salze . . . . .	1,4	≈ 30	
UA-Salze . . . . .	1,4	≈ 10	
U-Salze . . . . .	1,4	≈ 30	

<sup>1)</sup> ∞ bedeutet hier: G<sub>A</sub> grösser als die höchste geprüfte Konzentration = leicht auswaschbar.  
<sup>2)</sup> U weist auf die Unauslaugbarkeit, A auf den Arsengehalt hin. ll = leicht löslich.

verbindungen alle aufgeführten anorganischen Substanzen geringere Grenzwerte aufweisen als Kupfersulfat. Ausser Sublimat sind aber alle als Einzelsalze in Wasser leicht auswaschbar. Hingegen sind die U- und besonders die UA-Salze, die Gemische von Kaliumbichromat, Natriumfluorid, Dinitrophenol bei den U-Salzen und zusätzlich Natriumarsenat bei den UA-Salzen darstellen, relativ wasserbeständig. Die Wirkung dieser Gemische beruht vor allem auf Natriumfluorid und Natriumarsenat, ferner Dinitrophenol, währenddem Kaliumbichromat mit den andern Substanzen schwerlösliche, wasserbeständige, kryolithhaltige Verbindungen eingeht. Die Wirksamkeit von Natriumfluorid auf verschiedene Pilze geht aus der Tabelle III hervor. Die Grenzwerte sind durchwegs niedrig.

Grenzwerte für Natriumfluorid Tabelle III

Pilz	Grenzwert kg/m <sup>3</sup>
Coniophora cerebella . . . . .	0,7
Poria vaporaria . . . . .	0,35
Lenzites abietina . . . . .	1
Lentinus lepideus . . . . .	0,21
Merulius lacrimans . . . . .	0,21
Poria contigua . . . . .	2,1

Das sehr wasserbeständige Steinkohlenteeröl (Tab. II) weist für Lentinus lepideus einen mehr als doppelt so hohen Grenzwert auf als für die andern holzerstörenden Pilze. Solange der Porenhausschwamm auf einzelne kleine Gebiete be-

schränkt bliebe, wäre es unzweifelhaft am günstigsten, das Boucherieverfahren beizubehalten und die Stangen für die gefährdeten Gebiete einer zusätzlichen Behandlung zu unterwerfen, und zwar entweder

- a) durch Stockschutz (Teerölanstrich, Eintauchen in Teeröl, Anbrennen, Impfstichverfahren, Doppeltränkung);
- b) durch Bodendesinfektion oder
- c) durch Nachpflege der Stangen.

Zusätzlicher Stockschutz bietet die beste Gewähr für eine Verbesserung der Schutzwirkung, z. B. durch das Eintauchen der Stangen in heisses Teeröl. Hier sind aber neue bauliche Einrichtungen nötig, die eine Verteuerung der Masten zur Folge hätten. Die Bodendesinfektion und die Nachpflege der Stangen sind behelfsmässige Verfahren. Bei allen diesen Verfahren ist durch die zwei- oder mehrmalige Behandlung auch ein erhöhter Arbeitsaufwand nötig.

Bei einer allgemeinen Ausbreitung von Poria vaporaria erscheint es gegeben, dass nach einem neuen Imprägnierungsverfahren gesucht wird, das gegen alle Pilze und besonders gegen den Porenhausschwamm gute Wirkung zeigt. Dieses Verfahren müsste aber ohne zu kostspielige Einrichtungen und ohne wesentliche Veränderungen in der Struktur der vielen dezentralisierten Imprägnierbetriebe realisiert werden können. Die einfachste und beste Lösung wäre, ein Schutzmittel zu finden, das nach dem bis jetzt angewandten Boucheriever-

fahren in die Stangen gebracht werden könnte, dabei auf das Holz aufziehen und gegen alle Pilze ähnlich gute Wirkung ausüben würde. Dieses Schutzmittel gibt es aber noch nicht.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Salzgemische, ähnlich den U- und den UA-Salzen im Boucherieverfahren zu verwenden. Hier bieten aber die verschiedenen grossen Wanderungsgeschwindigkeiten der einzelnen Komponenten infolge des Filtereffektes der Zellwände die grösste Schwierigkeit. Diese Salzgemische könnten aber z. B. im Trogränkungsverfahren, das vielleicht von den bisherigen Verfahren etwas abweichen könnte, in relativ gleichmässiger Verteilung in das Holz gebracht werden. Bei dieser Imprägnierungsart wären ebenfalls, ähnlich wie beim zusätzlichen Stockschutzverfahren,

neue bauliche Einrichtungen nötig. Beim Trogränkungsverfahren wäre nur ein Arbeitsgang nötig, beim Stockschutzverfahren aber deren zwei.

Es ist klar, dass es auf Grund dieser mehr theoretischen Erwägungen nicht möglich ist, zu entscheiden, welches Verfahren das günstigste ist. Dies kann nur durch sorgfältig durchgeführte Praxisversuche, welche sich über wenigstens einige Jahre erstrecken müssten, in Verbindung mit Laboratoriumsversuchen entschieden werden. Erst dann könnte festgestellt werden, ob der gegenwärtig relativ häufige vorzeitige Abgang an Stangen infolge Porenhauschwambefalls vermieden und damit die mittlere Lebensdauer erhöht werden könnte.

Adresse des Autors:

Dr. sc.nat. O. Wälchli, Leiter der Biologischen Abteilung der Eidg. Materialprüfungsanstalt, St. Gallen.

## Verbesserung des Leistungsfaktors in elektrischen Hoch- und Niederspannungsnetzen

Von Ch. Jean-Richard, Muri bei Bern

621.316.722:621.316.727

*Technische Mittel zur Verbesserung des Leistungsfaktors werden angegeben, ferner eine einfache Methode, den Leistungsfaktor auf eindeutige Weise zu charakterisieren.*

*Des moyens techniques d'améliorer le facteur de puissance sont indiqués, ainsi qu'une méthode simple de caractériser le facteur de puissance d'une manière univoque. La terminologie employée satisfait le besoin d'exprimer les phénomènes physiques d'une manière cohérente.*

### I. Darstellung der Aufgabe

Der prächtige Aufschwung, welchen die Elektrotechnik genommen hat, ist sicher der ausserordentlichen Leichtigkeit zu verdanken, mit welcher der elektrische Strom, Träger von Wirkenergie, sich von den Kraftwerken bis in die äussersten Verästelungen der immer dichter werdenden Netze verteilt.

Dieser Strom wird vom Blindstrom<sup>1)</sup> begleitet, welcher eine Vergrösserung der Wirkenergieverluste hervorruft, bei gleicher verteilter Wirkenergie. Die Verbesserung des Leistungsfaktors besteht darin, den Blindstrom zum Verschwinden zu bringen. In den Hoch- und Niederspannungsnetzen hat diese Aufgabe mehr als einen Aspekt. Die Technik hat daher von Stufe zu Stufe eine Anzahl von Teilaufgaben lösen müssen, welche sich aus dem steten Bemühen ergeben, den Leistungsfaktor zu verbessern.

Der Blindstrom tritt einmal auf in Verbindung mit den Induktanzen, aus welchen das Netz besteht. So nehmen die Auf- und Abtransformatoren und alle Verteiltransformatoren im Betrieb Blindstrom auf. Im Leerlauf ist der Blindstrom zur Hauptsache abhängig von der Qualität der Bleche und von ihrem Zusammenbau. Bei Vollast ist der induktive Strom abhängig von der Kurzschlußspannung.

Die Bleche und ihr Zusammenbau konnten in erstaunlichem Masse verbessert werden, so dass der Leerlaufstrom heute rund 3...5 % des Nennstromes ausmacht.

Die Kurzschlußspannung lässt sich nicht so leicht beeinflussen. Während die Verteiltransformatoren eine Kurzschlußspannung von 3 % aufweisen, beträgt sie an den Auf- und Abtransformatoren mit grosser Leistung rund 10 %. Daraus folgt, dass die Netze wegen der Induktanz der Transformatoren bei Vollast nahezu mit 13 % des Wirkstromes durch Blindstrom belastet werden.

Eine weitere Ursache des Auftretens von Blindstrom bilden die Induktionsmotoren, welche in unübersehbarer Menge an ungezählten Orten Bewegung erzeugen. Im Leerlauf nehmen sie als Blindstrom nahezu 30 % des Nennwirk-

stromes auf. Dieser Betrag kann kaum verkleinert werden, wegen des notwendigen Luftspaltes. Bei Vollast kommt ein zweiter Betrag von etwa 30 % zum ersten, ebenfalls wegen des Luftspaltes. Wegen dieser bedeutenden Beträge ist es angezeigt, die Motoren möglichst genau dem gewünschten Betrieb anzupassen, jedoch ohne die immer mögliche Erweiterung der Unternehmung zu vernachlässigen.

Die Leitungen sind ebenfalls mit bedeutenden Induktanzen behaftet überall dort, wo es sich um Freileitungen handelt. Bei hohen Nennspannungen von mehr als 100 000 V ist der Prozentsatz der Induktanz einer Freileitung bei 50 Hz ungefähr dreimal so gross wie der Prozentsatz des Ohmschen Widerstandes. Sie ist jedoch nicht herabsetzbar wegen der notwendigen Isolation und, als Folge davon, der Sicherheit des Betriebes. Immerhin wurden in jedem Pol einer Freileitung mit der Nennspannung von 220 000 V Kondensatoren eingebaut, um die Induktanz der Leitung zu verkleinern.

Weiter ist die Kapazität der Hochspannungsfreileitungen zu erwähnen. Auch sie verursacht Blindstrom. Dieser wird jedoch abgegeben und nicht aufgenommen, wie die vorher genannten. Man nennt diesen Strom deshalb kapazitiven Blindstrom. Die Summe beider Blindströme ist somit kleiner als die grösste der beiden Komponenten. In dieser Beziehung kann also der kapazitive Blindstrom nützlich sein, um den Leistungsfaktor zu verbessern. Deshalb sind zwei parallele Leiter pro Pol verwendet worden für eine Leitung von 380 000 V Nennspannung, da diese Anordnung die Kapazität vergrössert. Nur sind die Netze nicht dauernd belastet, so dass es in Zeiten schwacher Belastung vorkommt, dass der kapazitive Strom überwiegt. Allein wirkt der kapazitive Strom nachteilig auf die Stabilität der Übertragung von Wirkstrom längs langen Hochspannungsleitungen, welche ein Kraftwerk mit einem gemischten Netz verbinden, an welches Verbraucher und Erzeuger angeschlossen sind. Das Kraftwerk muss die Erregung der Generatoren unter den Betrag reduzieren, welcher dem Leerlauf bei gleicher Spannung entspricht. Um dies zu vermeiden ist es angezeigt, den kapazitiven Strom der Leitung so aufzuteilen, dass nur ein Teil davon vom Kraftwerk übernommen wird, währenddem der andere, wenigstens gleich grosse Teil vom Netz übernommen wird.

### 2. Lösung der Aufgabe

Eine der Lösungen besteht darin, Synchronmaschinen zu verwenden, welche in der Lage sind, Blindstrom abzugeben und zu beziehen. Solche Maschinen werden durch den Eigentümer des Netzes an denjenigen Stellen installiert, welche

<sup>1)</sup> Die Wörter «Blindstrom» und «Blindleistung» sind gegenüber den Wörtern «Wirkstrom» und «Wirkleistung» physikalisch einwandfrei, wenn auch eine gewisse Symmetrie der Ausdrucksweise vermisst wird. Im französischen Sprachgebiet wird für die Wörter «Blindstrom» und «Blindleistung» bisher der Ausdruck «réactif» verwendet, im Gegensatz zu «actif» für «Wirkstrom» und «Wirkleistung». Diese Art der Darstellung wirkt verwirrend, da wegen des Ausdruckes «réactif» eine vektorielle Drehung um 180° vermutet wird, aber nur von 90° gemeint ist, gegenüber den mit «actif» bezeichneten Grössen. Daher schlägt der Verfasser vor, im französischen Sprachgebiet «Blindstrom» und «Blindleistung» wiederzugeben durch «courant inactif» bzw. «puissance inactive». Auf diese Weise sollte es möglich sein, die Drehung um 90° auch im Sprachgebrauch zum Ausdruck zu bringen.