

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Band:** 54 (1976)

**Heft:** 8

**Artikel:** Holzschutz im Leitungsbau

**Autor:** Steinle, Heinrich

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-875844>

### **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:** 13.10.2024

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

Zusammenfassung. *Der Telefonanschluss mit einer Freileitung ist in Siedlungsräumen nur noch auf kurze Distanzen anzutreffen. Lange Leitungen beschränken sich auf das Voralpen- und Alpengebiet. Trotzdem hat die Freileitung an Bedeutung nicht verloren. Der Holzmast als wichtigstes Tragelement muss für seine Gesunderhaltung vor schädlichen Einflüssen geschützt werden. Eine Erhöhung seiner Lebensdauer stellt das Ziel einer wirksamen Holzkonservierung dar. Die Langzeitversuche in Stangengärten sind geeignet, über die Konservierungswirkung verschiedener Schutzmittel und Imprägnierverfahren, unter ungleichen Umweltbedingungen, urteilen zu können. Der in den Linien stehende Holzmast erfordert eine periodische Kontrolle und, entsprechend der Standdauer, einen wirksamen Nachschutz.*

## Protection du bois utilisé dans la construction des lignes

Résumé. *Dans les régions à forte densité de population, le raccordement téléphonique établi sur ligne aérienne ne se rencontre plus que sur de courtes distances. Les longues lignes se limitent à la région des Préalpes et des Alpes. Il n'en demeure pas moins que la ligne aérienne n'a rien perdu de son importance. Le poteau en bois qui en est l'élément porteur le plus important doit, pour être maintenu en bonne santé, être protégé contre des influences nuisibles. Sa durée de vie sera augmentée dans la mesure où la conservation du bois sera efficace. Les essais de longue durée auxquels il a été procédé dans les jardins d'essai des poteaux permettent de juger de l'effet de conservation de différents produits de protection et de procéder d'imprégnation dans des conditions d'environnement inégales. Le poteau en bois utilisé dans les lignes nécessite un contrôle périodique et, suivant son état, une protection complémentaire efficace.*

## Protezione dei pali di legno impiegati nella costruzione di linee aeree

Riassunto. *Negli abitati, il collegamento telefonico mediante linea aerea esiste ancora soltanto per brevi tratti. Lunghe linee aeree sono limitate alle regioni delle Prealpi e delle Alpi. Ciononostante esse non hanno ancora perso niente della loro importanza. Il palo di legno, quale elemento di supporto più importante, dev'essere protetto da influssi nocivi, per essere mantenuto in buono stato durante un lungo periodo. I procedimenti protettivi efficaci sono la base per il prolungamento della durata dei pali. I lunghi esperimenti nei sedimi speciali per pali sono adatti per poter fornire giudizi concreti sugli effetti di protezione dei diversi mezzi impiegati e dei diversi generi di sterilizzazione del legno. I pali delle linee aeree devono essere controllati periodicamente e, in base alla loro durata, protetti in modo efficace.*

## 1 Einleitung

Die moderne Übertragungstechnik hat die ursprünglich dominierende Freileitung verdrängt und ihr nur noch einen engen Raum gelassen. Die langen und das Landschaftsbild stark belastenden Linien sind zwar verschwunden, geblieben sind aber die über einzelne Stangen geführten Anschlussleitungen der Streusiedlungen im Alpen- und Voralpengebiet sowie die Kurzzuführungen in geschlossenen Ortschaften.

Jeder vierte Telefon-Hauptanschluss besteht in der Schweiz am Ende seines Trassees aus einer längeren oder kürzeren Freileitung. Trotz der in den letzten Jahren intensiven Verkabelung und der Verwendung von Kunststoffkabeln in den Endverzweigungen hat die Freileitung ihre Aktualität somit noch keineswegs verloren.

Noch bis Ende der sechziger Jahre haben die PTT-Betriebe jährlich 40000...50000 imprägnierte Holzstangen beschafft, in Zukunft werden es nur noch 10000...20000 sein. Im Leitungsnetz sind noch etwa 800000 Stangen im Einsatz. Diese sind zu unterhalten und zu pflegen, erwartet man doch von ihnen eine ausgedehnte Lebensdauer und Betriebssicherheit. Im folgenden soll dargestellt werden, was aufzuwenden ist, um dieser Forderung gerecht zu werden.

## 2 Der Wald als Holzproduzent

Im Wald beginnt, was dauerhaftes Nutzholz werden soll! Die Forderung an eine beständige Holzstange, als Träger der oberirdischen Telefonleitung, kann nur erfüllt werden, wenn das Holz unter optimalen Bedingungen gewachsen ist. Der Schweizer Wald hat in den letzten Jahrzehnten sehr gelitten. Der Borkenkäfer hat unseren Nadelbäumen seit dem zweiten Weltkrieg hart zugesetzt; Schneedruck- und Sturm Schäden der letzten Jahre, aber teilweise auch mangelhafte Pflege, zeitigen ihre Folgen.

Auf die Auswahl der Hölzer haben die PTT-Betriebe keinen Einfluss; sie kaufen die Stangen geschält und vom Imprägnierwerk behandelt. Mangelhaftes Holz ist in diesem Zu-

stand sehr schwer zu erkennen. Schäden treten erst viel später auf. Stangen mit solchen Schäden werden unbrauchbar und müssen mit hohen Kosten ausgewechselt werden.

Der Bedarf der PTT-Betriebe an kurzen Stangen ist wahrscheinlich mit ein weiterer Grund, dass die Qualität zu wünschenswerten übriglässt. Kurze Hölzer werden dort geschlagen, wo der Wald gelichtet werden muss. Es sind Hölzer, die im Schatten des gut gewachsenen Holzes leben mussten. Solche Tannen oder Fichten weisen in vielen Fällen für die Imprägnierung eine in ihrer Breite ungenügende Randzone auf. Die jährlichen Zuwachsringe sind unter den ungünstigen Wachstumsbedingungen schmal (Fig. 1). Der Krankheitsbefall am noch wachsenden Baum kann dadurch ungehinderter eintreten. Ohne die Waldwirtschaft zu kritisieren – sie hat im Gegensatz zu früher das Rentabilitätsprinzip zu beachten –, macht es oft den Eindruck, solches Holz sei für Telefonstangen noch gut genug.

Zu 80% besteht der Schweizer Wald aus Nadelhölzern, wovon Rot- und Weissanne den weitaus grössten Anteil bilden. Die PTT-Betriebe verwenden fast ausnahmslos beide Hölzer. Lärche oder Föhre (Kiefer) wären besseres

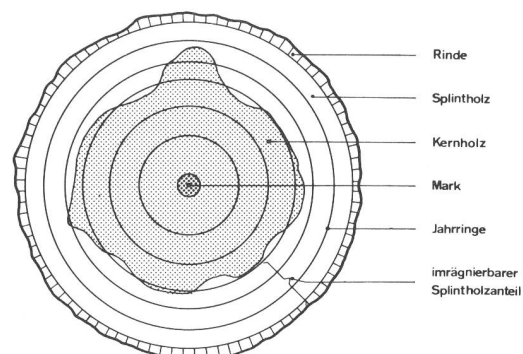


Fig. 1  
Querschnitt eines Fichtenstammes

Holz, sind jedoch nur wenig vertreten und teilweise geschützt. So müssen sich die PTT mit Holz begnügen, das allgemein schlecht zu imprägnieren ist. Mit einer gewissen Sorgfalt und etwas grösserem Aufwand lassen sich dennoch gute Resultate erzielen.

### 3 Holzzerstörer

Wenn die Bedingungen zur Zerstörung durch Pilze optimal vorhanden sind, dann wird eine nicht imprägnierte Holzstange in 4...6 Jahren unbrauchbar. Holzzerstörer sind in erster Linie Pilze und Insekten, auch der Specht zählt zu ihnen. Von den vielen Pilzarten ist nur ein kleiner Teil Holzzerstörer. Von den Insekten setzen vor allem der Hausbock und andere Käfer dem Holz stark zu. Die Pilze werden in höhere und niedere eingeteilt, je nachdem, ob sie von blossem Auge oder nur mikroskopisch erkennbar sind. Weiter unterscheidet man Basidiomyceten und Ascomyceten und spricht deshalb von B- oder A-Pilzen.

Um leben zu können, brauchen die Pilze eine Temperatur von 5...40° C, Sauerstoff und Feuchtigkeit. Diese Lebensbedingungen sind bei den verbauten Stangen im Gebiet der Erde-Luft-Zone ausreichend vorhanden, weshalb diese besonders gefährdet ist und der Aufmerksamkeit bedarf. 85% der Schäden sind in der Erde-Luft-Zone anzutreffen.

Ohne auf die genaue Pilzbezeichnung einzutreten, seien nachfolgend die wichtigsten Fäulnisarten in den landläufigen Bezeichnungen erwähnt:

- Bei der *Braunfäule* wird das Holz braun bis rotbraun, zerfällt krümelig und bricht quer zur Faser.
- Bei der *Weissfäule* wird das Holz heller und faserig aufgespalten.
- Bei der *Trockenfäule* handelt es sich um eine irreführende Bezeichnung, denn zu seiner Tätigkeit braucht der Erreger Feuchtigkeit. Er kann aber zeitweilige Austrocknung überleben.
- Die *Nassfäule* ist an den langen, faulen Fasern zu erkennen; sie tritt oft tief in der Erdzone auf.
- Die *Moderfäule* wird durch einen Schimmelpilz verursacht (niedrig organisierter A-Pilz). Bei uns wurde er erst zu Beginn der sechziger Jahre als Holzzerstörer bekannt. Sein Angriff geschieht schichtweise, in der Regel von aussen nach innen. Das Holz verfärbt sich meist dunkelgraubraun.
- Die *Stockfäule* entsteht bereits beim unter schlechten Bedingungen wachsenden Baum.
- *Druckfäule* ist ein gebräuchlicher Ausdruck für einen örtlichen Angriff des Holzes. Sie entsteht nach längerer Zeit, wenn Holz auf einer ungeeigneten Unterlage gelagert wird.

### 4 Holzkonservierung

Die geschilderten Fäulniserscheinungen erfordern eine Abwehrmassnahme, die den Schutz vor den Holzfeinden möglichst lange gewährleistet. Das Holz muss einer Behandlung unterzogen werden, um eine konservierende, das heisst die Gebrauchsdauer verlängernde Wirkung zu erreichen. Zu diesem Zweck haben die Chemiker nach Imprägnierstoffen gesucht, die in bezug auf Umweltschutz, Imprägnierbarkeit, Auslaugbeständigkeit und Pilzwidrigkeit optimal wirken und letztlich auch preislich interessant sind. Eine wirksame Holzkonservierung kann die Betriebsausgaben eines Unternehmens erheblich vermindern. Dies um so mehr, als das Verhältnis Material- zu Arbeitskosten gegen-

wärtig bei 1 : 3 liegt, da die Auswechslungskosten einer Stange lohnbedingt gestiegen sind.

### 5 Holzschutzmittel

Den pflanzlichen und tierischen Holzzerstörern müssen die Nahrung ungeniessbar und die Behausung durch geeignete Mittel unmöglich gemacht werden. Die Durchtränkung des zu schützenden Holzes mit Fungiziden und Insektiziden wirkt auf die Zerstörer giftig und abschreckend. Für die Holzstangen ist es wichtig, dass die Schutzmitteltränkung eine möglichst breite äussere Randzone imprägniert. Leider lässt sich der Kern der Weiss- und Rottanne ohne zusätzliche Massnahme nicht behandeln. Die Stangen werden deshalb oft von innen her zerstört.

Dieser Bericht behandelt nur Schutzmittel, die einerseits noch in verbauten Stangen wirken, und andererseits solche, die heute und in Zukunft zum Einsatz gelangen.

Jahrzehntelang stellte Kupfersulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) als wasserlösliche Substanz ein zuverlässiger und zugleich billiger Schutz gegen Holzzerstörer dar. Mittlere und kleine Imprägnieranstalten am Rande von nutzbaren Wäldern boten Arbeit für die einheimische Bevölkerung. Weshalb Kupfersulfat durch neue Mittel verdrängt wurde, wird später noch erläutert.

Die nach 1945 einsetzende grosse Nachfrage nach Telefonschlüssen erhöhte den Bedarf an Holzstangen aussergewöhnlich. Gleichzeitig riefen die Wirtschaftskonjunktur und der Arbeitskräftemangel nach rationelleren Imprägnierverfahren und noch wirksameren Schutzmitteln.

Die komplizierten biologischen, chemischen und technologischen Vorgänge im Holz sind durch die Forschung bekannt. Dieses Wissen bildet die Voraussetzung für die Entwicklung und Erprobung wirksamer Konservierungsmittel. Der Weg ist lange und mühevoll: Unzählige Versuche und Proben, Konzentrationen und Zusammensetzungen sind notwendig, und letztlich zeigt erst der ausgedehnte Dauer-versuch, ob das Schutzmittel den Erwartungen gerecht wird (Tab. I).

Tabelle I. Pilzwidrige Wirkung einiger Schutzmittel

Schutzmitteltyp	Grenzwerte in $\text{kg/m}^3$ für			
	Braunfäule		Moderfäule	
	Original	ausgelaugt	Original	ausgelaugt
Kupfersulfat	25...50	über 50	4	etwa 15
CFA-Salze	2,5	11	40...50	über 60
CKA-Salze	6	12	7	15
CKB-Salze	2,5	20	4	10
CFK-Salze	2,8	12	5	6

C = Chrom, F = Fluor, A = Arsen, B = Bor, K = Kupfer

Welche Anforderungen werden an das Holzschutzmittel gestellt?

- keine Verminderung der Schutzwirkung durch Alter und Auslaugen
- keine Quellung des Holzes während des Einbringens
- möglichst tiefes Eindringen in das zu imprägnierende Holz
- Ungefährlichkeit gegenüber Mensch und Tier
- Verwendbarkeit für verschiedene Holzarten
- Eignung für verschiedene Imprägnierverfahren
- gute Imprägnierbarkeit für trockenes wie saftfrisches Holz

- keine korrodierende Wirkung gegenüber Metallen (besonders Eisen)
- Geruchlosigkeit des imprägnierten Holzes
- günstiger Preis

Diese zahlreichen Eigenschaften können nicht nur in kurzfristigen Laborversuchen getestet werden. Ein brauchbarer Imprägniererfolg ist erst nach 10 bis 15 Jahren in der Praxis sichtbar.

Nach 1945, durch die vielen Schäden an noch verhältnismässig jungen Stangen aufmerksam gemacht, sahen sich die PTT-Betriebe gezwungen, sich nach einem wirksameren Imprägniermittel umzusehen, als es Kupfersulfat darstellt.

Die Fixierung des Kupfersulfates im Holz ist schlecht. Zudem gibt es kupferresistente Pilzarten, zum Beispiel «*Poria vaporaria*». Für moderne Imprägnierverfahren eignet sich Kupfersulfat nicht. Die Lebensdauer der «Kupferstangen» betrug im Mittel 25 Jahre, nahm dann in kurzer Zeit auf 19 Jahre ab. Diese mittlere Lebensdauer konnte allerdings ohne Nachbehandlung erreicht werden.

Dann wurden Fluorverbindungen verwendet mit Zusatz von Chromsalzen sowie später von Arsensalzen, die die erhofften Eigenschaften bis in die heutige Zeit erfüllten.

Nachfolgend seien Salzgemische mit ihren chemischen Verbindungen genannt, die im Ausland für Holz angewendet werden, das extremen Witterungsverhältnissen standhalten soll.

- Ein in den USA verwendeter arsenhaltiger Tränkstoff enthält unter anderem: Arsen(III)-Oxid, Zinksulfat und Calciumacetat (hat sich aber auf die Dauer wegen zu schneller Auslaugung nicht bewährt).
- Ein schwer auslaugbares Salzgemisch ist das sogenannte Thanalith-U mit: Natriumfluorid, Alkalidichromat, Dinitrophenol und Natriumarsenat.
- Das leicht wasserlösliche, sich neutral verhaltende, aber arsenhaltige, unter dem Namen «Basilit-UA 11» bekannte Imprägnierprodukt setzt sich zusammen aus: Kaliumhydrogenfluorid, Kaliumdichromat, Kaliumarsenat, Kaliumcarbonat und Dinitrophenol.

Obschon die holzkonservierende Eigenschaft des Arsens seit vielen hundert Jahren bekannt ist, war es selbstverständlich, dass dem Umweltschutzgedanken nachgelebt werden musste und man von der weiteren Verwendung der arsenhaltigen Salze absah. Die im Holz fixierten Arsenanteile lassen sich zwar nicht auslaugen, doch ist es denkbar, dass beim Verbrennen des Holzes Arsen frei wird, besonders gefährdend bei Verwendung der Asche als Düngemittel. Dem Verzicht auf die arsenhaltigen Schutzmittel konnte um so eher stattgegeben werden, als sie gegen die langsamwirkende Moderfäule einen unzureichenden Schutz bieten.

Seit 1968 verwenden die Schweizerischen PTT-Betriebe arsenfreie Imprägniermittel, die für das Trogsaug- und Kesselwechseldruckverfahren geeignet sind. Diese anorganischen, wasserlöslichen Holzschutzmittel haben folgende Bezeichnung und Zusammensetzung:

- «Wolmanit CB» enthält Chrom-, Kupfer- und Borsalze
- «Basilit CFK» enthält Chrom-, Fluor- und Kupfersalze

Bei der Suche nach einem wirksamen Holzschutzmittel muss die Chemie des zu schützenden Holzes berücksichtigt werden. So ist die Zusammensetzung mit 50% Kohlenstoff, 6,1% Wasserstoff, ca. 0,1...0,2% Natrium, 43% Sauerstoff

und 0,2...0,6% Aschenbestandteilen bei allen Holzarten ziemlich konstant; sehr verschieden hingegen ist der anatomische Aufbau der Hölzer.

Der Vollständigkeit halber seien noch die teerölhaltigen Imprägniermittel erwähnt, die jedoch bei den Schweizerischen PTT-Betrieben nur vereinzelt Anwendung fanden. Für die Holztränkung können nur hochsiedende Steinkohlenteerdestillate verwendet werden. Die Weiss- und Rottanne lassen sich sehr schwer oder nur verhältnismässig kostspielig mit Steinkohlenteer konservieren.

Da dieses Imprägniermittel wasserabstossend wirkt und schwer verdunstet, bleibt der Schutz gegen Holzzerstörer ausserordentlich lange erhalten. Eine Lebensdauer von 30...40 Jahren für die damit geschützten Masten ist die Regel. Unangenehm ist jedoch das Ausschwitzen des Teeröls bei sommerlichen Temperaturen.

Hätten wir in der Schweiz die Kiefer oder Lärche als hauptsächliche Hölzer in unsern Wäldern, wäre eine dauerhafte Konservierung der Leitungsmasten um vieles einfacher, weil diese Holzarten, im Gegensatz zu Fichte und Tanne, auch im trockenen Zustand einwandfrei imprägniert werden können und dabei natürlich vorhandene Schwundrisse ebenfalls getränkt würden.

## 6 Holzimprägnierverfahren

Neben Holz und Schutzmittel stellt das Verfahren der Holzimprägnierung das dritte Glied eines erfolgreichen und zuverlässigen Holzschutzes dar.

Nicht alle Schutzmittel eignen sich für jedes Imprägnierverfahren. Ungeeignete Verfahren, mit guten und altbewährten Schutzmitteln in Verbindung gebracht, können enttäuschende Resultate zeitigen. Es ist jederzeit möglich, die Schutzmittel dem Verwendungszweck des zu schützenden Holzes anzupassen und für dessen Einbringung mit dem in Frage kommenden Verfahren abzustimmen.

Im Prinzip wird zwischen Eintauch-, Einlagerungs- und Saftverdrängungsverfahren unterschieden.

Die heute gebräuchlichen und unter bestimmter Bezeichnung geführten Holzschutzverfahren sind:

- Trogrränkverfahren nach Kyan (Kyanisierung)
- Rüping-Verfahren im Tränkkessel
- Osmoseverfahren (Diffusion durch Konzentrationsausgleich)
- Boucherie-Verfahren (Saftverdrängung)
- Trogsaug- und Trogsaugdruckverfahren
- Kesseldruckverfahren
- Wechseldruckverfahren (Vakuum und Druck)

Aus der Vielfalt dieser Imprägnierverfahren und in Anpassung an die zur Verfügung stehenden Hölzer haben die Versuche und Erfahrungen gezeigt, dass sowohl das *Trogsaug* wie das *Wechseldruckverfahren* am besten für eine rationelle Mastenimprägnierung geeignet sind.

Imprägnierwerke mit Boucherie-Verfahren haben ihren Betrieb auf die modernen Methoden umgestellt.

### 61 Trogsaugverfahren

Im Prinzip entspricht es einer Kombination von Trogrränk- und Saftverdrängungsverfahren. Die Masten werden entrinnet und entbastet und kommen weissgeschält in Tröge aus Beton. Am oberen Ende eines jeden Mastes (Zopfende) wird



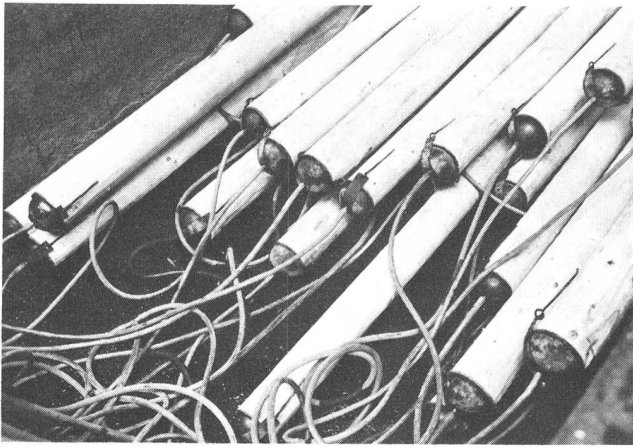


Fig. 2  
Aufgesetzte Saugkappen zur Mastenimprägnierung im Trogsaugverfahren

eine allseits verschliessbare Kappe befestigt und mit einem Flüssigkeitspumpensystem verbunden. Dann werden die Tröge mit Imprägnierlösung gefüllt, so dass die Hölzer vollständig in der Lösung eintauchen. Im Kreislauf Trog–Mast–Pumpe–Trog wird nun das Schutzmittel längs und radial zur Holzfaser durch das imprägnierbare Splintholz gesogen. Dazu müssen die Masten allerdings im saftfrischen Zustand sein. Da die Baumsäfte während des Imprägniervorgangs in den Flüssigkeitskreislauf gelangen, muss, um die vorgeschriebene Lösungskonzentration beizubehalten, neues Imprägniersalz zugefügt werden. Das Verfahren der Trogsaugtränkung kann nur zuverlässige Resultate ergeben, wenn die Temperatur der Imprägnierlösung nie unter 5° C sinkt und Holz in einwandfreiem und vollständig saftfrischem Zustand verwendet wird. Die Imprägnierdauer beträgt je nach Holzbeschaffenheit 7...10 Tage (Fig. 2 und 3).

#### 62 Wechseldruckverfahren

Die Verwirklichung der Idee, die Holztränkung mit konservierenden Flüssigkeiten unter Anwendung von Vakuum und Druck zu verbessern, lag zeitlich vor dem von *Boucherie* erfundenen Verfahren der Saftverdrängung. Vom Vakuumdruckverfahren machte später *Rüping* für seine Erfindung mit Steinkohlenteeröl Gebrauch und errang damit einen weltweiten Anwendungserfolg.

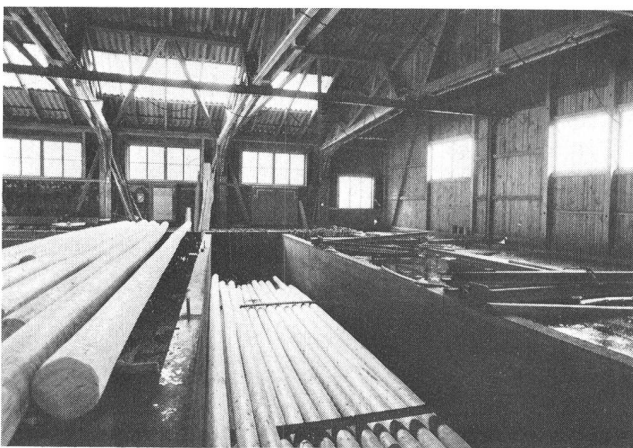


Fig. 3  
Im Tränktrog eingelegte Masten vor der Imprägnierung im Trogsaugverfahren

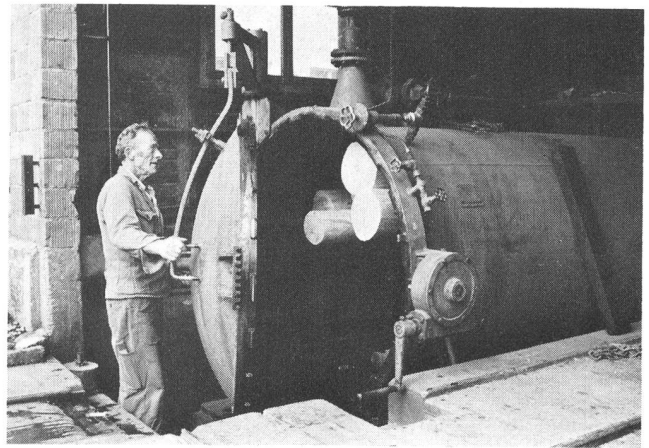


Fig. 4  
Geschälte Masten im Tränkkessel vor der Imprägnierung im Wechseldruckverfahren

Wie bereits erwähnt, lassen sich die Weiss- und Rottanne nur durch erhöhten Aufwand mit Teeröl imprägnieren. Es war daher verständlich, das bewährte Vakuumdruckverfahren für die wasserlöslichen anorganischen Schutzmittel anzuwenden. Sowohl der Baumsaft als auch die Luft in den Hohlräumen des Holzes werden durch die radial zum Mast wirkenden abwechslungsweisen Druck- und Vakuumperioden entfernt und letztlich durch die Imprägnierlösung ersetzt. Auch für dieses Verfahren werden die Stangen entrindet und entbastet, um weissgeschält und bündelweise in den Druckkessel eingelegt zu werden. Der eigentliche Imprägnierungsprozess im klassischen Wechseldruckverfahren ist recht kompliziert. Für näheren Aufschluss sei auf das «Technische Pflichtenheft für imprägnierte Holzstangen» (PTT 839.06) und auf [5] verwiesen.

Der Imprägniervorgang ist innerhalb von 20 Stunden abgeschlossen. In dieser Zeit soll die erforderliche Schutzmittelmenge im Holz eingebracht sein. Entsprechend der umfangreichen Anlageninstallation sind auch die Investitionskosten hoch. Der Vorteil des Wechseldruckverfahrens besteht jedoch darin, dass zu jeder Jahreszeit imprägniert werden kann (Fig. 4).

#### 7 Forderungen an die Holzkonservierung

Wie an andern dem Verschleiss ausgesetzten Gebrauchsgütern eine die Verwendungsdauer verlängernde Materialvergütung vorgenommen wird, kann bei der Holzkonservierung von einer Veredelung gesprochen werden. Dazu sind zahlreiche Bedingungen zu erfüllen, so zum Beispiel:

- Verwendung von gut gewachsenem, von Pilzbefall freiem und gesundem Holz
- möglichst breiter Splintanteil, weil nur dieser imprägnierbar ist
- Der Splintanteil bei der Weiss- und Rottanne ist vielfach nicht gross; deshalb ist bei der mechanischen Abschälung der Rinde äusserst sorgfältig zu arbeiten (Fig. 5)
- Das Schutzmittel ist in seiner Wirkung und Zusammensetzung dem jeweiligen Imprägnierverfahren anzupassen
- Verwendung eines Schutzmittels, das sich nicht nur unter Laboratoriumsbedingungen bewährt hat, sondern auch in ausgedehnten natürlichen Dauerversuchen
- Das Schutzmittel muss tief ins Holz diffundieren und sich mit der Holzfaser verbinden

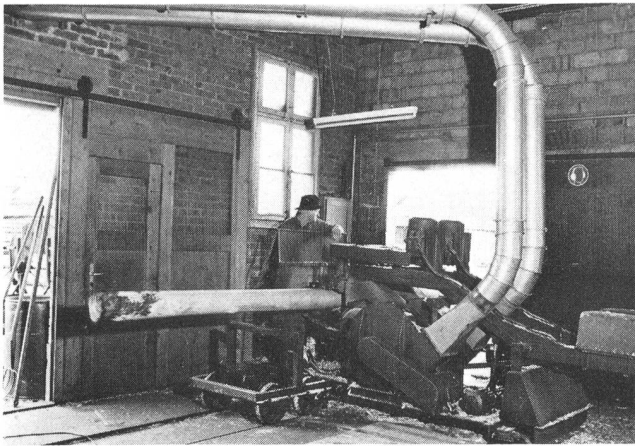


Fig. 5  
Entrinden eines Fichtenstammes mit der Schälmaschine

- Die vorgeschriebenen Salzmengen in  $\text{kg}/\text{m}^3$  imprägnierten Holzes dürfen nicht unterschritten werden (nach Pflichtenheft  $12 \text{ kg}/\text{m}^3$ )
- Die eingebrachte Schutzmittelmenge muss gemessen werden können
- Die Konzentration der einzelnen Lösungskomponenten, die sich während des Imprägnierprozesses verändern könnte, ist stets unter Kontrolle zu halten
- Eine fortschreitende Auslaugung der eingebrachten Schutzmittel darf nicht stattfinden
- Das Schutzmittel darf keine korrosive Wirkung auf Metallteile haben
- Peinliche Sauberkeit im gesamten Arbeitsprozess ist erforderlich

Sind alle diese Bedingungen erfüllt, besteht die berechnete Erwartung, dass der Mast in den ersten 12 Jahren keine Schäden erleidet.

Für die Teerölprägnierung sind Hölzer aus Schweizer Wäldern nicht geeignet. Sie müssen mit andern Mitteln konserviert werden, erreichen aber so nicht die Gebrauchsdauer der mit Teeröl imprägnierten Kiefer- und Lärchenhölzer. Dabei muss man sich mit der Tatsache abfinden, dass eine Grundprägnierung allein nicht ausreicht, um hohe Erwartungen an die Gebrauchsdauer zu erfüllen. Um aber trotzdem eine höhere Lebensdauer der eingebauten Leitungsmasten zu erreichen, werden sie nachgeschützt. Ein Verfahren, das später noch beschrieben wird.

## 8 Ergebnisse der Dauerversuche

Die Kommission «Holzschutz im Leitungsbau» des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) hat im Jahre 1952, kurz nach ihrer Gründung, einen Stangengarten bei Luzern zu Versuchszwecken angelegt (Fig. 6 und Titelbild). Er wurde ein Jahr später um eine zweite Anlage im Toggenburg ergänzt. Heute, nach mehr als 20 Jahren, sind Erkenntnisse gereift, die dazu beitragen, die Prüfung im Laboratorium zu bestätigen oder gewisse Zweifel zu beseitigen. Der Stangengarten wurde anfänglich mit etwa 150 je 3...4 m langen Masten bestückt, die in 40 cm Tiefe sowie rundherum an der Erdoberfläche mit einem Kulturgemisch verschiedener holzerstörender Pilze infiziert wurden. Das Gemisch enthielt folgende Pilzarten: *Poria vaillatii* (Porenhäuschwamm), *Coniophora cerebella* (Kellerschwamm), *Lenti-*

*nus lepideus* (schuppiger Sägeblättling), *Lenzites sepiaria* (Zaunblättling), *Lenzites abietina* (Tannenblättling) und andere mehr. Je Mast war ungefähr 0,2 kg dieser Pilzkultur erforderlich.

Man wusste aus Erfahrung, dass dieses Pilzgemisch schon nach kurzer Zeit wirken würde. Die Ergebnisse waren denn auch bereits nach einigen Jahren klar ersichtlich.

Nachfolgend sind einige der zu prüfenden Schutzmittel und Verfahren aufgeführt:

- unbehandelte, jedoch entrindete Masten ohne irgendwelche Schutzmittel
- Kupfersulfat (Masten verschiedener Imprägnierwerke)
- Wolmanit UA, nach dem Trogsaugdruckverfahren behandelt
- mit Sublimat nach dem Kyanisierungsverfahren im Trog behandelt
- mit Steinkohlenteeröl in Kesseltränkung
- mit Wolamit UA-Reform im Saftverdrängungsverfahren
- mit UA-Salz (Wolmanit UARK und UAP) im Osmoseverfahren imprägniert
- mit Gemisch aus gleichen Teilen Bolidensalz BIS und Kupfersulfat im Boucherie-Verfahren
- mit UA-Reform im Kesseldrucksaugverfahren
- mit Basilit UA im Trogsaugdruck-Saftverdrängungsverfahren
- Kreosotprägnierung nach dem Estradeverfahren
- Teerölprägnierung nach dem Stech-Kesseltränkeverfahren
- Boliden-(Chrom-Arsen-)Salz-Imprägnierung nach dem Boucherie-Verfahren
- mit Xylophen SGR nach dem Anstrichverfahren
- mit Wolmanit CB im Wechseldruckverfahren
- mit Wolmanit CB im Trogsaugverfahren
- mit Basilit CFK im Trogsaugverfahren

Die Masten in den Stangengärten werden jährlich kontrolliert und nach Bedürfnis erweitert (Fig. 7). Es sind nun annähernd 600 Masten eingebaut, viele mussten bereits ersetzt werden. Die Überwachung und Auswertung obliegt der biologischen Abteilung der Eidgenössischen Materialprüfanstalt (EMPA) in St. Gallen, unter Leitung von Prof. Dr. O. Wälchli. Damit ist die Voraussetzung für eine neutrale und fachkundige Beurteilung gegeben.



Fig. 6  
Stangengarten für Dauerversuche bei Luzern



Fig. 7  
Teilweise vom Pilz zerstörter Mast im Stangengarten

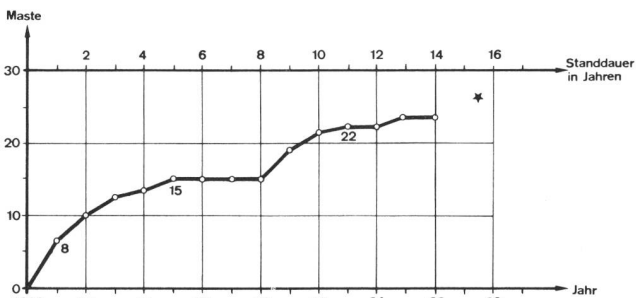
Der Befund der Masten wird nach *Tabelle II* in prozentuale Fäulnisfaktoren umgerechnet.

*Tabelle II.* Bestimmung des Fäulnisgrades der zu prüfenden Versuchsmasten

Fäulnisgrad	Kennziffer	Fäulnisfaktor in %
Kein Befall	0	0
Schwacher Befall	1	25
Mässiger Befall	2	50
Starker Befall	3	75
Sehr starker Befall	4	100

Nach einem Jahr zeigten sich bereits die ersten Schäden an den mit Kupfersulfat im Boucherie-Verfahren geschützten Masten: 8 der 30 Prüflinge waren angegriffen. Nach 5 Jahren waren es 15 und nach 11 Jahren 22, das heisst 75% der Stangen waren beschädigt. Bei Abschluss des Versuchs, nach 17 Jahren, betrug der mittlere Fäulnisfaktor der 30 Masten in der Erde-Luft-Zone etwa 85%, sie waren also längst unbrauchbar (*Fig. 8*).

Die eingebauten unbehandelten Fichten waren nach 4...6 Jahren vollständig zerstört.



\* Der mittlere Fäulnisgrad betrug 85% nach 17 Standjahren, das heisst es waren alle Masten zerstört

Fig. 8  
Zeitliches Verhalten der 30 eingebauten Masten in bezug auf den Fäulnisgrad

Das Verhalten von 10 mit UA-Salzen im Trogdrucksaugverfahren behandelten Masten zeigt *Figur 9*.

Die 10 mit Steinkohlenteeröl im Kesseldruckverfahren nach Rüping behandelten Masten bestätigen die Erwartung: Nach 22 Standjahren war bei keinem Mast eine Beschädigung festzustellen.

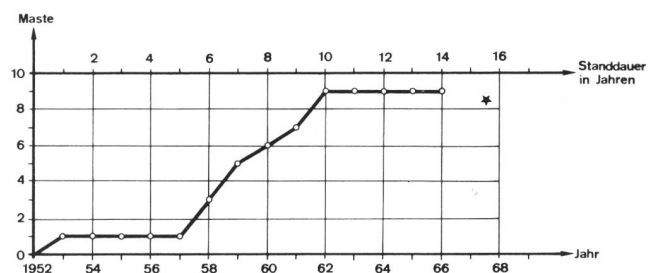
Die nach dem Kyanisierverfahren mit Sublimat und die nach dem Osmoseverfahren mit UA-Salz behandelten Masten weisen nach 15 Jahren einen Fäulnisfaktor von 70...100% auf.

Sehr gute Ergebnisse zeigt das Bolidensalz Chrom-Kupfer-Arsen, eingebracht im Wechseldruckverfahren. An den 8 vor 14 Jahren eingebauten Masten waren noch keine Beschädigungen festzustellen.

An 25 Masten mit arsenfreien Chrom-Kupfer-Bor- und Chrom-Kupfer-Fluor-Gemischen im Trogsaug- und Wechseldruckverfahren zeigten sich nach einer Standdauer zwischen 5 und 9 Jahren vereinzelt geringfügige Schäden. In den nächsten Jahren wird sich zeigen, ob die Fäulnis weiter fortschreitet oder aber stagniert. Die beiden Salze und Verfahren werden gegenwärtig bei den PTT-Betrieben fast ausschliesslich zur Grundimprägnierung der Stangen verwendet (*Tab. III*).

Nach rund 20 Betriebsjahren zeigen die Stangengärten deutlich, dass es Mittel und Verfahren gibt, die einem Pilzanriff standhalten, während andere für gewisse Bedingungen weniger geeignet sind. Es ist nicht ausser acht zu lassen, dass diese harte Prüfung mit periodisch wiederholten Pilzinfiltrierungen den Befall und somit die Zerstörung des Holzes sehr beschleunigten. Was dieser Dauerbeanspruchung 20 Jahre lang standhält, lässt erwarten, dass unter natürlichen Lebensbedingungen höhere Gebrauchsdauern möglich sind.

Trotzdem Steinkohlenteeröl bezüglich Wirksamkeit im Dauerversuch den ersten Rang belegt, kann es als Schutzmittel nicht verwendet werden. An seiner Stelle lassen sich nur die bewährten, jedoch schwächeren holzkonservierenden Mittel und Verfahren verwenden. Die Unzulänglichkeiten, die auf dem langen Weg zwischen Wald und Mastenbau auftreten, sind in Kauf zu nehmen. Hoffnungen auf eine Lebensdauer von 40...50 Jahren haben sich bisher nicht erfüllt. Rückschläge und Enttä-



\* Der mittlere Fäulnisgrad betrug 90% nach 17 Standjahren, das heisst es waren alle Masten zerstört

Fig. 9  
Zeitliches Verhalten der 10 mit UA-Salzen imprägnierten Masten in bezug auf den Fäulnisgrad

Tabelle III. Zusammenstellung der mittleren Fäulnisgrade von Masten, mit verschiedenen Verfahren und Schutzmitteln imprägniert

Verfahren und Schutzmittel	Gesamte Versuchsdauer Jahre	Probenzahl			Mittlere Fäulnisfaktoren in %														
		RO *	RW *	St *	Rathausen Ost					Rathausen West					Starkenbach				
					5 J.	10 J.	15 J.	20 J.	Letzter Stand	5 J.	10 J.	15 J.	20 J.	Letzter Stand	5 J.	10 J.	15 J.	20 J.	Letzter Stand
<u>Unbehandelte Stangen</u>	23	6	4	6	100	100	100	100	100	94	100	100	100	100	90	100	100	100	100
<u>Einfache Imprägnierungen</u>																			
1 Boucherie-Kupfersulfat	23	18	8		21	57	82	88	87	15	46	61	68	64					
2 Trogsaugdruck-Basilit UA	23	5	4		17	54	75	90	95	0	31	69	94	100					
3 Osmose UA Salz	23	5	4		54	79	90	100	100	25	69	100	100	100					
4 Kesseldruck-Teeröl	23	6	4		0	0	0	4	0	0	0	0	0	19					
5 Kyanisier-Sublimat	23	6	4		4	37	75	97	100	0	44	69	100	100					
6 Anstrich-Kylophen SGR	23	6	4		0	12	25	42	50	0	6	25	25	25					
7 Estrade-Teeröl	23	4			0	0	0	0	0										
8 Boucherie-Bolidensalz (Cr-As)	22	2			0	25	33	75	75										
9 Kesseldruck-Stech-Teeröl	23	4	4		0	0	0	6	0	0	0	0	0	6					
10 Bandage Schmittutz	23		3							0	17	75	91	100					
11 Impfstich Pa. Kind	21	2	4		0	0	0	0	0	0	6	25		12					
12 Neuimprägnierung DD-Diff.-Salz-Emuls.	21	6			4	71	88		100										
13 dito (Stangen in Starckenbach)	22			5											37	43	82	83	85
14 Tauchen 72 Std.-Solignum	20	5			25	40	70		100										
15 Boucherie-Wolmanit UA-Reform	19	7		7	6	11	21		36						0	0	17		32
16 Osmose Wolmanit UARK	16	7			6	29	46		54										
17 Osmose Wolmanit UAP	16	5			33	62			75										
18 Boucherie-Kupfersulfat Boliden BIS	16	9		9	6	33			17						0	0	0		0
19 Kesseldrucksaug-Wolmanit UAR	15	6			0	0			13						0	0	0		0
20 Wechseldruck Boliden K 33	14	8		8	0	0			0						0	0	0		0
21 Wechseldruck Wolmanit CB	9	6		4	29				33						0	0	0		25
22 Wechseldruck Wolmanit UA-Reform	9	8			6				56						0	0	0		0
23 Trogsaugverfahren Wolmanit CB	8	5			5	0			0						0	0	0		0
24 Trogsaugverfahren Basilit CFK, 7 Tg.	8	5			5	0			15						0	0	0		0
25 Trogsaugverfahren Basilit CFK, 15 Tg.	5	5			5	0			0						0	0	0		0
<u>Stangen mit Doppelstockschutz</u>																			
26 Boucherie + Osmose-Basilit UA	23	5	4		15	20	20	45	40	0	0	25	19	6					
27 Boucherie + Impfstich (Cobra)	23	6	4		0	0	0	17	21	0	0	19	31	38					
28 Boucherie + Fourmose	23	5	4		0	0	20	20	20	19	25	38	50	50					
29 Boucherie + Impfstich + Brulé	23	4			0	0	44	56	56										
30 Boucherie + Goudronné (Fuss)	23		4							0	0	19	38	25					
31 Boucherie + Kupfersulfat+UA-Salz	23	3	2		25	33	50	55	75	0	12	62	50	38					
32 Boucherie + Impfstich + Goudronné	23	3	3		8	17	33	42	42	0	0	25	58	50					
33 Boucherie + Bandage (Schmittutz)	23		2							0	0	25	12	0					
34 Tiefkyanisierung + Estrade (Teeröl)	22	3			0	0	0	0	0										
35 Boucherie + DD.-Diff.-Salz-Emulsion	21	2	3		38	50	50	50	50	0	0	42	34	42					
36 Boucherie Boliden BIS + Kupfersulfat	20	5			0	25	35		35										
37 Boucherie + Sipra-Impfung	1	10							5										
<u>Nachbehandlungsverfahren</u>																			
38 Boucherie + Wecker Basilit-Bandage	23	6	5		0	75	83	83	83	0	6	75	56	50					
39 Boucherie + Anstrich Penetrit U	23	6	4		0	0	33	46	46	0	6	6	38	25					
40 Wolmanit TS-Bandage auf rohen Stangen	18/17	5		3	75	100	100	100	100						25	67	83		83
41 Bohrloch Fluralsil BFB	13	5			0	65			65										
42 Grundimprägnierung UA-Salz + Wolmanit CB-Bandagen	10	3			0	0			0										
43 Wolmanit CB-Bandagen allein	10	3			10	25			25										
44 Wolmanit TS-Bandagen auf verschiedenen Grundimprägnierungen	13	3	1		0	0			0	0	0			0					
45 Wortmann DEB-Mantelbandage auf Boucherie	20	2			(50)	(50)	(75)		100										
46 Pol-Nu-Pak-Bandagen auf verschiedenen Grundimprägnierungen	14	5			0	0			10										

\* RO = Rathausen Ost, RW = Rathausen West, St = Starckenbach;

( ) = Alte Schäden praktisch stabil geblieben

\* RO = Rathausen Ost, RW = Rathausen West, St = Starckenbach  
( ) = Alte Schäden praktisch stabil geblieben

(mit freundlicher Genehmigung von der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt in St. Gallen veröffentlicht)

schungen sind in der Behandlung des Holzes immer wieder aufgetreten und werden auch in Zukunft nicht zu vermeiden sein.

Die Grundimprägnierung genügt folglich nicht, um eine hohe Gebrauchsdauer zu erreichen. Es sind zusätzliche Schutzmassnahmen notwendig.

### 9 Doppelstockschutz und Nachpflegeverfahren

Die Zerstörungen an den Masten durch Einwirkungen von Pilzen und Insekten verteilen sich zu 85% in die Erde-Luft-Zone und nur zu 15% in die Schaft- und Zopfzone.

Mit der Grundimprägnierung lässt sich das Einbringen des Schutzmittels, wo es besonders zu wirken hat, leider nicht ohne weiteres und nach Bedarf steuern. Ist an der Erde-Luft-Zone eine grössere Schutzmittelmenge nötig, so ist sie in einem weiteren Arbeitsgang einzubringen.

#### 91 Doppelstockschutz

Der Doppelstockschutz (siehe Fig. 10) wird nach abgeschlossener Grundimprägnierung (etwa 4 Monate) in der Erde-Luft-Zone der im Imprägnierwerk lagernden Masten eingebracht. Auch hier gibt es eine grosse Auswahl an

Schutzsalzen, Methoden und Verfahren. Sie sind preislich sehr unterschiedlich. Es würde zu weit führen, sie alle zu beschreiben. Deshalb werden nachfolgend nur das Prinzip und

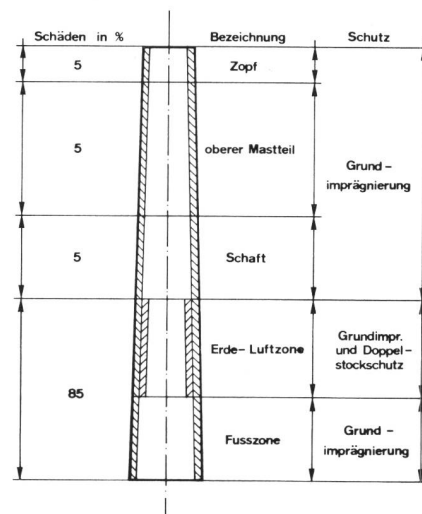


Fig. 10 Längsschnitt durch einen doppelt geschützten Mast (Doppelstockschutz)



die praktische Anwendung des zusätzlichen Schutzes behandelt.

Der Doppelstockschutz stellt ein sicheres Mittel dar, um Frühausfälle grundimprägnierter Masten und die damit verbundenen hohen Kosten des Mastenersatzes möglichst auszuschliessen. Das Verfahren beruht auf der Einspritzung einer Schutzmittelpaste 5...6 cm tief in das Holz (Cobra-Verfahren) durch elliptische Hohladeln. Das im Holz deponierte Salzgemisch wird dank der Feuchtigkeit in der gefährdeten Zone durch Diffusion verteilt und bildet einen verstärkten Schutz.

## 92 Nachpflegeverfahren

Die Nachbehandlung wird im allgemeinen erst vorgenommen, wenn der grundgeschützte Mast einige Jahre eingebaut war. Nach einer Standdauer von 6 Jahren sollte mit der Nachbehandlung begonnen werden. Das beschriebene Cobra-Impfstichverfahren kann für diesen Zweck auch am stehenden Mast, in der gefährdeten Zone, angewendet werden, wobei die Schutzmittel in die Kernzone eindringen und dank ihrer Tiefenwirkung eine Kernfäule verhindern. Dies ist aber nur dann gewährleistet, wenn Spezialisten mit dieser Nachbehandlung betraut werden.

Man kann die wasserlöslichen Schutzmittel auch in Form einer Bandage im Bereich der Erde-Luft-Zone um den eingebauten Mast anbringen. Soll eine Bandage wirksam sein, muss sie mindestens 1,5 kg/m<sup>2</sup> Schutzmittel enthalten. Das Anbringen erfordert einen allseitig guten Abschluss der Bandage, denn für die Diffusion der Salze in den schützenden Bereich ist die Feuchtigkeit des Mastfusses notwendig. Die Vorteile dieses Nachschutzes sind das einfache Anbringen ohne Hilfsmittel am Mast sowie die sofortige Schutzwirkung von aussen nach innen. Äusserlich leicht beschädigte Masten können in kürzester Zeit von weiterem Angriff geschützt werden.

Beide Nachschutzverfahren sind geeignet, um das Weitergreifen des Fäulnisherdes zu stoppen und dem Mast die Lebensdauer zu verlängern. Eine optimale Nachpflege könnte dadurch erreicht werden, dass abwechslungsweise geimpft und bandagiert wird.

Es ist nicht gleichgültig, welche Nachschutzmittel verwendet werden. Eine gewisse Abstimmung mit den Grundimprägnierungsmitteln muss beachtet werden, wenn eine gegenseitig ungünstig wirkende Beeinflussung der einzelnen Salzkomponenten vermieden werden soll.

Preis und Wirtschaftlichkeit zwingen zu Schutzmitteln und Verfahren, die für die Grundimprägnierung mit schnell fixierenden Salzen arbeiten, während zur Nachpflege die Schutzmittel Zeit haben, um auch in den Kern des Mastes einzudringen.

Die eingebrachten Nachschutzsalze verlieren mit den Jahren durch die natürliche Auslaugung ihre Wirksamkeit. Die Nachbehandlung sollte daher nach etwa 8 Jahren wiederholt werden. Grundlage einer erfolgreichen Nachpflege muss aber stets eine gute Grundimprägnierung sein. Es kommt auch sehr darauf an, wie sich der Leitungsbesitzer zum Zustand seiner Masten stellt und was er beim Kauf neuer Masten von Qualität und Dauerhaftigkeit hält.

## 10 Mastenlagerung, Bodenbeschaffenheit und Giftgesetz

Die in der Schweiz üblichen Verfahren der Grundimprägnierung mit saftfrischen Hölzern bergen die Gefahr in sich, dass bei allzulanger Lagerung der imprägnierten Masten Schwindrisse durch Feuchtigkeitsverlust auftreten. Damit

wird örtlich die ungeschützte Kernzone freigelegt. Die Pilzsporen finden leicht Eingang, und es bildet sich Kernfäule beim verbauten Mast. Die Rissbildung des gefällten Holzes wird durch Trocknung beim Kesseldruckverfahren bewusst gefördert, damit nach der Tränkung die offenen Stellen ausreichend geschützt sind.

Lange Lagerzeiten bedeuten für imprägnierte Hölzer eine Qualitätseinbusse. Masten sollten nach vollständiger Schutzmitteldiffundierung unmittelbar verbaut werden, weil ein stehender Mast der Auslaugung bedeutend weniger unterliegt als ein horizontal gelagerter.

Die Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Pilzbefall ist von der Beschaffenheit der Böden und den dort herrschenden Temperaturen abhängig. Die pH-Werte des Erdreichs sind je nach Gegend sehr verschieden. So gedeihen die holzerstörenden Pilze auf schwach sauren Nährböden besser als auf alkalischen. Die Erfahrungen in andern Ländern sowie die Dauerversuche in den Stangengärten haben genügend bewiesen, dass die Lebensdauer eines Mastes in saurem Boden bedeutend geringer sein kann als desselben Mastes in kalkhaltigem Erdreich.

Zum Nachteil der menschlichen Bemühungen um einen sicheren Mast sorgt die Natur dafür, dass einige Pilze erhebliche Säuremengen selbst produzieren (Oxalsäure, Apfelsäure und andere), um für ihr Wachstum den günstigsten Säuregrad vorzufinden.

Eine erfolgreiche Holzkonservierung ohne Giftstoffe ist nicht denkbar. Der Giftigkeitsgrad eines Schutzmittels hängt von den verlangten Grenzwerten und somit der Konzentration der im Holz eingebrachten Schutzmittelmengen ab. Die Schweizerischen PTT-Betriebe verlangen vom Mastenlieferanten eine Einbringungsmenge von 12 kg/m<sup>3</sup> Holz. Dies ist bedeutend mehr, als es die Mastenverbraucher im Ausland fordern. Die heute verwendeten arsenfreien Salze sind bedeutend harmloser als die früher verwendeten UA-Salze, so dass höhere Lebewesen nicht gefährdet werden können.

Mit dem am 1. April 1972 in Kraft getretenen Bundesgesetz über den Verkehr mit Giften (Giftgesetz) sind auch die Schutzmittel für die Imprägnierung von Leitungsmasten als giftige Stoffe zu betrachten. Daraus geht deutlich hervor, welche Mittel verboten und welche zugelassen sind. Lange vor Inkrafttreten dieser Verordnungen haben sich die PTT-Betriebe, wie auch die Elektrizitätswerke, entschlossen, arsenfreie, jedoch wirksame Schutzmittel zu verwenden. Der Forderung, dass die zivilisierte Welt durch solche Gesetzesbestimmungen geschützt werden soll, wurde dadurch frühzeitig entsprochen.

## 11 Schlussbetrachtungen

Es wurde versucht, die Probleme des Holzschutzes und den heutigen Stand der Bemühungen um einen für die PTT-Betriebe sicheren Holzmast allgemeinverständlich darzustellen und den langen, hindernisreichen Weg zu einem optimalen Holzschutz aufzuzeigen.

Die Lebensdauer einer Freileitung, im besonderen des Leitungsmastes, erscheint im Vergleich zur Kabelleitung verhältnismässig kurz, deshalb sind auch die jährlichen Betriebskosten höher. Da aber der Leitungsmast, trotz fortschreitender Verkabelung der Teilnehmeranschlüsse, nie ganz verschwinden wird und die Kosten für die Auswechslung der Stangen kaum sinken werden, ist ein gesunder Mast wichtig.

Die Grundimprägnierung allein, auch wenn die meistgefährdete Einbauzone zusätzlich geschützt ist, reicht in der Regel nicht aus, um eine mittlere Lebensdauer von 30 Jahren zu erzielen. Eine konsequente Nachpflege und Kontrolle aller eingebauten Masten ist notwendig, sofern man die Wirtschaftlichkeit und somit die Betriebsergebnisse wesentlich verbessern will.

Für die Erhaltung eines gesunden Leitungsmastes sind aber nicht allein wirtschaftliche Aspekte massgebend, ebenso bedeutungsvoll sind die Sicherheit des Personals und der störungsfreie Betrieb der Anlage. Diese Forderungen gehen den Einsparungen vor.

Allgemein darf festgestellt werden, dass der Holzmast dank seiner vielen Vorzüge für den Leitungsbau weiterhin

ein unersetzliches Bauelement ist und bleibt und es sich lohnt, Aufwendungen für seine Gesunderhaltung vorzuziehen.

#### Bibliographie

- [1] *v. Mahlke, Troschel und Liese J.* Handbuch der Holzkonservierung. 3. Auflage. Berlin, Springer-Verlag, 1950.
- [2] *Wolman K.* 60 Jahre Holzschutz. Sinzheim/D, 1963.
- [3] *Wälchli O.* Berichte über die Untersuchung von Holzmasten in Stangengärten 1954–1975. EMPA St. Gallen.
- [4] Technische Berichte und Empfehlungen der Kommission «Holzschutz im Leitungsbau». Verband Schweiz. Elektrizitätswerke (VSE).
- [5] *Wälchli O.* Stand und Verfahren der Mastenimprägnierung. Bulletin des SEV 63 (1972) S. 535...540.
- [6] Über die Ursachen von Frühausfällen bei hölzernen Leitungsmasten. Bulletin des SEV 67 (1976) S. 642...651.

---

### Die nächste Nummer bringt unter anderem Vous pourrez lire dans le prochain numéro

W. Frei	Neue Farbfernseh-Reportagewagen Nouveaux véhicules de reportage pour la télévision en couleur
H. Zobrist	Kurz- und mittelfristige Prognose für Telefonanschlüsse Pronostics à court et à moyen terme concernant les raccordements téléphoniques
E. Hählen	Lüftungsgeräte für Kabelschächte
A. Kündig	Die Abtastverzerrungen bei PCM-Sprachübertragung (Schluss)

---