Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 80 (1989)

Heft: 4

Artikel: Wirtschaftlichkeit des technischen Holzschutzes im Leitungsbau

Autor: Zingg, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-903639

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

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

Wirtschaftlichkeit des technischen Holzschutzes im Leitungsbau

R. Zingg

Der Holzmast wird sich in Zukunft nur dann weiterhin gegen Betonmastleitungen und Kabelleitungen durchsetzen können, wenn er – vor allem gegenüber der Kabelleitung, die in bezug auf Landschaftsverträglichkeit günstig abschneidet – bedeutende wirtschaftliche Vorteile aufweist, was eine ausreichende Lebensdauer voraussetzt bzw. einen entsprechenden Holzschutz erfordert.

Comparé aux poteaux en béton et lignes câblées (intéressantes du point de vue de l'impact sur le paysage), le poteau en bois ne pourra continuer de s'imposer à l'avenir que s'il présente d'importants avantages économiques, ce qui suppose une durée de vie suffisante et exige une protection correspondante des poteaux en bois.

Vortrag, gehalten anlässlich des Seminars «Aktuelle Entwicklungen des technischen Holzschutzes» am 7. Dezember 1988 in Regensdorf ZH, veranstaltet vom Verband Schweizerischer Imprägnieranstalten, dem Schweizerischen Zimmermeisterverband, der Lignum und den Abteilungen Holz und Biologie der EMPA

Adresse des Autors:
Robert Zingg, Präsident der VSE-Kommission Holzschutz im Leitungsbau, St.-Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG (SAK), Pestalozzistrasse 6, 9000 St. Gallen.

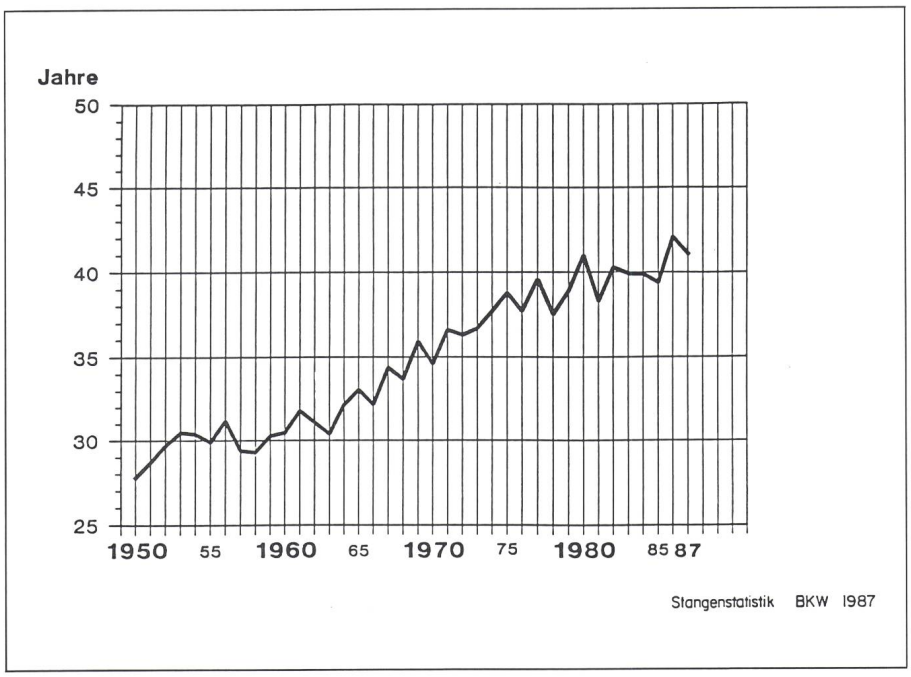
1. Entwicklung der Lebensdauer von Holzstangen

Ohne im Leitungsbau auf eine genaue Statistik zurückgreifen zu können, muss aufgrund älterer Veröffentlichungen (z.B. [1]), davon ausgegangen werden, dass die Lebensdauer einer nicht imprägnierten Stange weniger als 10 Jahre, nämlich etwa 4 bis 6 Jahre betragen würde. Darum wurden in der Schweiz wahrscheinlich schon immer nur imprägnierte Holzmasten eingesetzt.

1935 erörterten die Betriebsleiter der grösseren Elektrizitätswerke erstmals Erfahrungen über den Einsatz solcher Masten und über Qualitätsverbesserungen. Bei der SAK bestehen Aufzeichnungen über die durchschnittliche Lebensdauer seit 1940, wobei damals in der Schweiz mit Kupfersulfat im Boucherieverfahren, bei einem Werk im Osmoseverfahren imprägniert wurde. Aus Deutschland wurden Sublimat-Masten eingeführt. Die durchschnittliche Lebensdauer der Masten lag bei den SAK 1940 bei 17,6 Jahren. Dabei zeichnete sich keine klare Tendenz unter den verschiedenen Verfahren und Holzschutzmitteln ab.

Die bessere Überwachung der Holzqualität und des Imprägniervorganges hatte anschliessend einen zwar langsamen, aber ständigen Anstieg der Lebensdauer zur Folge, z.B. 1950: 20,7 Jahre; 1960: 22,7 Jahre.

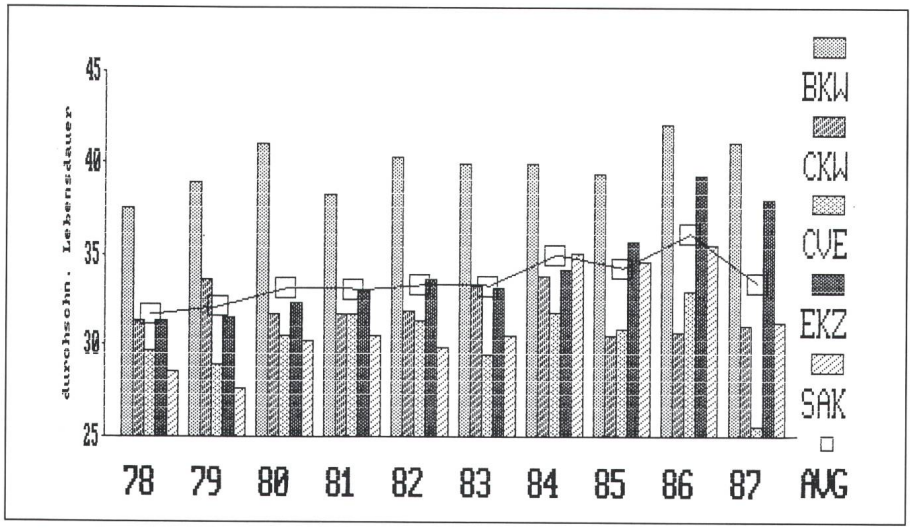
Die Erkenntnis, dass ein wirksamer Holzschutz die Lebensdauer und da-



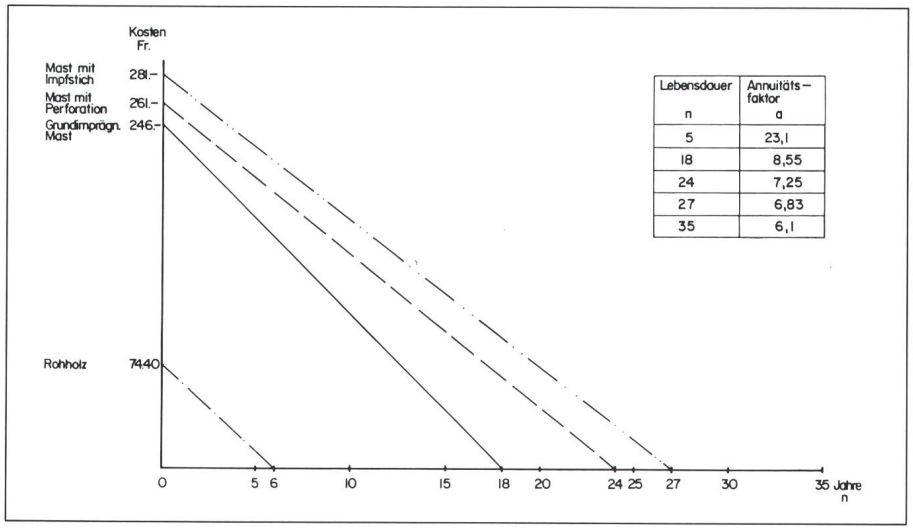
Figur 1 Mittlere Standdauer ausgewechselter fauler Stangen

	Franken/m³	Franken/Stange (12 m ≙ 0,4 m³)
Ankaufspreis Holzmast		
Holzeinkaufspreis ab Wald in Rinde	140.–	56.–
Transport	15.–	6.–
Verlust (Rinde, Abschnitte) 20%	31.–	12.40
nicht imprägniertes Stangenholz	186.–	74.40
Imprägnierkosten	429.–	171.60
Preis des imprägnierten Stangenholzes	615.–	246.–
Doppelstockschutz		
Impfstichverfahren		ca. 35.–
Perforationsverfahren		ca. 15.–
Nachpflege		
Impfstich Kontrolle, Grabarbeit, Impfen, Teeren		50.–
Bandage Kontrolle, Grabarbeit, Bandagierung		53.–

Tabelle I Kostenstruktur von Holzmasten



Figur 2 Stangenlebensdauer bei verschiedenen Werken



Figur 3 Lebensdauerkurve für Holzmasten ohne Nachpflege (12 m-Stange)

mit die Wirtschaftlichkeit der Holzmasten bedeutend erhöhen kann, veranlasste den Vorstand des VSE im Jahre 1951, eine *Kommission für Holzschutz im Leitungsbau* einzusetzen. Diese befasste sich intensiv mit dem technischen Holzschutz und mit dem Doppelstockschutz, also dem Schutz der speziell gefährdeten Bodenzone.

Da für wichtige Erkenntnisse umfassende Feldversuche notwendig waren, kam diese Arbeit erst so richtig Mitte der sechziger Jahre zum Tragen. Bei den Bernischen Kraftwerken (BKW), die bereits früh konsequent den Doppelstockschutz anwandten, wurden bereits in der zweiten Hälfte der fünfziger Jahre Lebensdauern von 30 Jahren erreicht (Fig. 1).

Etwas beunruhigt wurde die «EW-Welt» in den siebziger Jahren, als plötzlich überraschend viele Frühausfälle registriert wurden. Genauere Untersuchungen haben aber gezeigt, dass man damals geneigt war, sowohl der neuen Imprägniertechnik als auch den neuen Imprägniermitteln uneingeschränktes Vertrauen entgegenzubringen und, bei der damaligen stürmischen Entwicklung, die Sorgfalt zu vernachlässigen.

Heute zeigt es sich, dass bei einer solide eingebrachten Grundimprägnierung und einem Doppelstockschutz eine Lebensdauer von 30 Jahren erreicht werden sollte. Je nach Aufwand der Nachpflege werden Werte bis zu 40 Jahren erreicht (Fig. 2). Voraussetzung dafür sind bei unserem einheimischen Holz, das wirkungsvoll nur im Saftfrischverfahren imprägniert werden kann, eine einwandfreie Holzqualität und bewährte Schutzsalze.

2. Kosten und Wirtschaftlichkeit

2.1 Investitions- und Jahreskosten

Die einzelnen Kostenkomponenten einer Holzstange sind in Tabelle I zusammengestellt. Die Kosten für den Stangenersatz (Ausbau der alten Stange, Ummontage der Einzelbauteile und Einbauen der neuen Stangen) schwanken je nach Belegung (Hauptstrang, Abzweige) zwischen Fr. 800.– und Fr. 1300.–.

Die Überprüfung der Wirtschaftlichkeit wird dargestellt durch eine Jahreskostenrechnung, wobei zur Vereinfachung ohne weiteres eine lineare Lebensdauerkurve angenommen werden darf. Auf dieser Basis bestimmen

sich die Jahreskosten nach der Annuitätenmethode wie folgt:

$$K_J = \frac{J_K \times a}{100} \text{ Fr./Jahr}$$

$$a = i \times \frac{P^n}{P^n - 1} \; ; P = 1 + \frac{i}{100}$$

K_J = Jahreskosten
J_K = Investitionskosten
a = Annuitätsfaktor
i = Zins (Annahme: 5%)
n = Anzahl Jahre (Lebensdauer)

Tabelle II zeigt die Investitionskosten unterschiedlicher Behandlung, die dabei zu erwartende Lebensdauer sowie die resultierenden Jahreskosten. Diese Aufstellung stimmt allerdings nur für Tragwerke, die nach der zu erwartenden Lebensdauer abgebrochen werden können und deren Wiederverwendung nicht mehr in Frage käme. Geht man aber davon aus, dass die Leitung Bestand haben soll, sind die Tragwerksersatzkosten mit zu berücksichtigen (Tab. III).

Hier zeigt es sich nun ganz deutlich, dass sich der grosse Investitionsaufwand der Grundimprägnierung lohnt und dass sich auch der relativ geringe Mehraufwand für einen Doppelstockschutz bezahlt macht. Wird nicht nachgepflegt, müsste als Doppelstockschutz sogar das Impfstichverfahren bevorzugt werden. Diese Anwendung wird wegen der Stoffverordnung sicherlich vermehrt mit Auflagen rechnen müssen.

2.2 Nachpflege

Wie vor allem exakte Aufzeichnungen der BKW gezeigt haben, kann durch eine konsequente Nachpflege zusätzlich eine beachtliche Verlängerung der Lebensdauer erreicht werden. Aber lohnt sich dieser Aufwand wirklich?

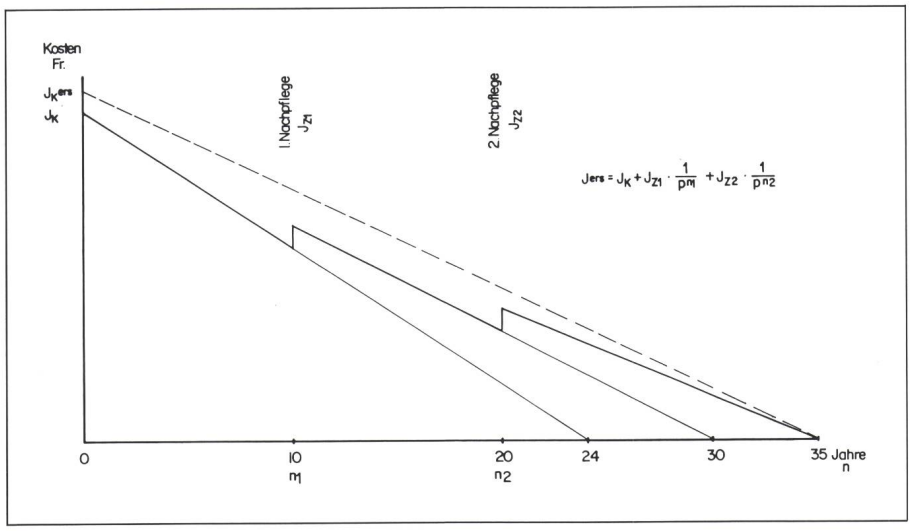
Bei einer zweimaligen Nachpflege nach 10 und 20 Jahren ergeben sich die Jahreskosten bei einer Lebensdauer von 35 Jahren (s. a. Fig. 4).

zu

$$K_J = \frac{J_{Kers} \times a}{100}$$

$$= \text{Fr. } 68.70$$

Wie der Vergleich mit Tabelle III zeigt, lohnt sich die Nachpflege auf



Figur 4 Lebensdauerkurve für Holzmasten mit Nachpflege

Tragwerksart	Investitionskosten Fr.	zu erwartende Lebensdauer Jahre	Annuität a %	Jahreskosten Fr.
Rohholz	74.40	5	23,1	17.20
Mast mit Grundimprägnierung	246.–	18	8,55	21.–
Mast mit Grundimprägnierung und Perforation	261.–	24	7,25	18.90
Mast mit Grundimprägnierung und Impfstich	281.–	27	6,83	19.20

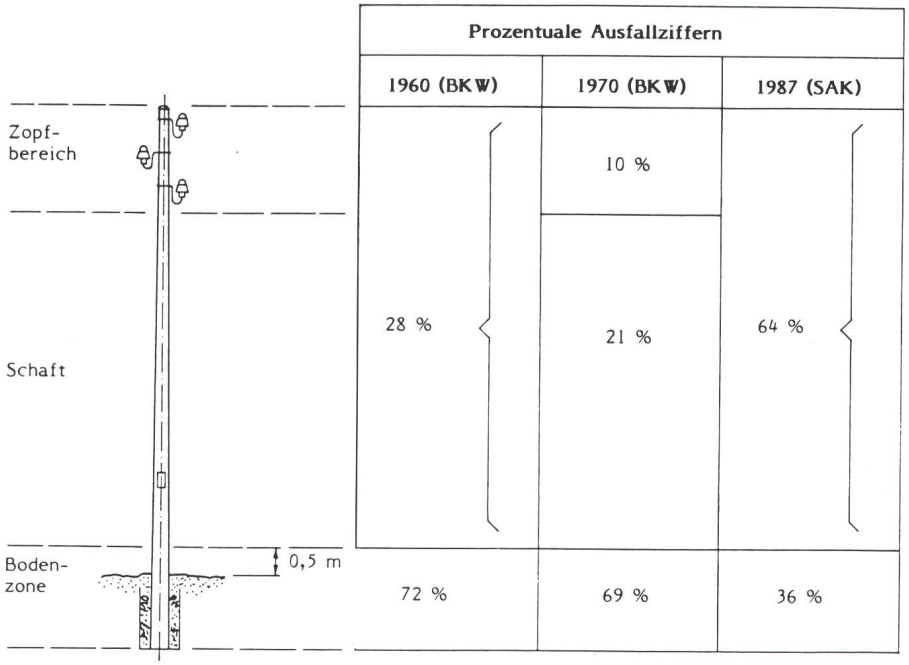
Tabelle II Jahreskosten pro Stange ohne Tragwerksersatzkosten

Tragwerksart	Investitionskosten Fr.	zu erwartende Lebensdauer Jahre	Annuität a %	Jahreskosten Fr.
Rohholz	874.40	5	23,1	202.–
Mast mit Grundimprägnierung	1046.–	18	8,55	89.40
Mast mit Grundimprägnierung und Perforation	1061.–	24	7,25	76.90
Mast mit Grundimprägnierung und Impfstich	1081.–	27	6,83	73.85

Tabelle III Jahreskosten pro Stange inkl. Tragwerksersatz

Investitionskosten	Fr./km
Hochspannungs-(HS-)Holzmastenleitung mit 3×8 mm Cu-Drähten	60 000.–
HS-Betonmasten-Leitung mit 3×95 mm² Aldrey-Seilen	90 000–100 000.–
HS-Kabelleitung 3×95 mm² Cu	200 000.–

Tabelle IV Kostenvergleich verschiedener Leitungstypen



Figur 5 Prozentuale Ausfallziffern von Holzmasten nach Schadenart

jeden Fall. Sofern diese angewendet wird, kann als Doppelstockschutz ohne weiteres die günstigere Methode der Perforation empfohlen werden.

Wie oft soll nun aber nachgepflegt werden? Diese Frage wurde im Zusammenhang mit der Revision der Nachpflegerichtlinien umfassend diskutiert. Durch die gezielten Zusatzinvestitionen im Erdbereich hat sich der Schadenort (Fäulnis oder Insekten) vermehrt über den Boden verlagert (siehe Fig. 5).

Die Zahl 1987 (SAK) bezieht sich ausschliesslich auf ein- bis zweimal nachgepflegte Masten und zeigt deutlich, dass es auch aus sicherheitstechnischen Überlegungen unsinnig wäre, im Bodenbereich ein Weiteres zu tun. Sie zeigt aber auch deutlich, dass eine solide Grundimprägnierung äusserst wichtig ist und dass diese beim Einkauf z.B. mittels Zuwachsbohrer immer wieder zu kontrollieren ist.

2.3 Kostenvergleiche

Ein Beispiel für den Kostenvergleich verschiedener Leitungstypen ist in Tabelle IV wiedergegeben. Dabei ist zu beachten, dass wegen der Topographie unseres Landes eine Kabelleitung mindestens 1,3 bis 1,5mal länger wird als eine Freileitung.

Betrachtet man die Investitionen allein, so sieht man ohne grosse Berechnung, dass die Holzmastenleitung auch bei einer etwas kürzeren Lebensdauer die günstigste ist. Dies stimmt allerdings nur für ein relativ schwach belastetes Landnetz, wie z.B. dasjenige der SAK mit seinen ausgedehnten Streusiedlungsgebieten. Sind die Leitungen stark ausgelastet, beginnen die Verlustkosten die Jahreskosten entscheidend zu beeinflussen, was sich zugunsten des Kabels auswirkt. Dies zu überprüfen gehört mit zu den Aufgaben des planenden Ingenieurs.

3. Schlussbetrachtung

Durch einen vernünftigen Imprägnier- und Nachpflegeaufwand, wie er heute von den Elektrizitätswerken in Zusammenarbeit mit den Imprägneuren betrieben wird, erreicht die Holzmastenleitung eine Lebensdauer, die ihre Anwendung im Landnetz weiterhin rechtfertigt. Dies ist allerdings nur möglich durch technischen Holzschutz mit wirkungsvollen Schutzsalzen. Da zurzeit noch keine ganz konkreten Zahlen vorliegen, sind in diesem Bericht die Entsorgungskosten noch nicht berücksichtigt. Nach ersten Informationen sollten diese aber die hier festgehaltenen Erkenntnisse kaum entscheidend beeinflussen.

Natürlich ist es der Wunsch der Elektrizitätswerke und der PTT, dass sich die Industrie bemüht, wirksame Holzschutzmittel zu entwickeln, die sowohl in der Anwendung als auch in der Entsorgung möglichst problemlos sind, denn die Untersuchungen zeigen klar:

Eine weitere wirtschaftliche Anwendung von Holzmasten im Leitungsbau ist bei unseren einheimischen Hölzern nur dann möglich, wenn durch einen wirkungsvollen Holzschutz eine vernünftige Lebensdauer gewährleistet werden kann.

Andernfalls wird unserem kränkelnden Wald, der dringend bewirtschaftet werden muss, ein zwar kleines, aber weiteres Absatzgebiet verlorengehen.

Literatur

[1] «Holzschutz im Leitungsbau» in: Sonderdruck SEV, «Seiten des VSE», 63 (1972) 10, 531-558.