

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 56 (1965)

**Heft:** 2

**Artikel:** Grundimprägnierung von Tannen- und Fichtenmasten mit Teeröl, nach dem Estradeverfahren

**Autor:** Carlo, L.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916332>

#### 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:** 21.02.2026

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

# Grundimprägnierung von Tannen- und Fichtenmasten mit Teeröl, nach dem Estradeverfahren

Von L. Carlo, Genève

Auf Ersuchen von Oberregierungsrat Professor Dr. G. Becker, Leiter der Abteilung «Biologische Materialprüfung, Holzschutz und Holztechnologie» an der Bundesanstalt für Materialprüfung, BAN, in Berlin-Dahlem, hat der Verfasser im Rahmen einer Sitzung des VDEW — Arbeitsausschusses «Holzschutz im Leitungsbau» am 18. September 1964 in Oldenburg (Bundesrepublik Deutschland) folgenden Vortrag über das Estrade-Verfahren gehalten.

Dieses Verfahren, das in Frankreich in grossem Maßstab angewandt wird, findet in der Schweiz und in Deutschland keine Verwendung.

Mit der Wiedergabe des Wortlautes seiner Ausführungen hofft der Verfasser, auch unsere Kreise zu interessieren und vielleicht zu einer Nutzanwendung zu ermuntern.

Von allen Holzschutzmitteln, die je zum Schutze von Holzmasten gegen Pilz und Insektenbefall verwendet wurden, ist das Teeröl wegen seiner sehr langen Wirkungsdauer zweifellos eines der besten.

Jederman weiss, dass die nach dem Rüping-Verfahren bis zum Kern getränktes Kiefer gut immunisiert ist. Dank der vorhandenen Markstrahlen ist ihre Behandlung leicht, und das Teeröl dringt sehr tief ins Kiefer-Splintholz ein.

Die Schwierigkeit beruht auf der Tatsache, dass man aus wirtschaftlichen und Reinlichkeitsgründen die überflüssige Teerölmenge durch ein Vakuum aus dem Mast abführen muss. Daher entwickelte sich das sogenannte Spar- oder Rüping-Verfahren, das auf französisch anschaulicher als «traitement à cellules vides», «Leerzellen-Verfahren» bezeichnet wird.

Bei Tanne und Fichte aber liegt der Sachverhalt ganz anders. Diese Holzarten widersetzen sich der Imprägnierung in radialer Richtung mit jeder Flüssigkeit, sei es Wasser oder Öl. Die Imprägnierung in radialer Richtung geht hier nur teilweise und sehr langsam vorstatten. Um einige, wenn auch oft ungenügende Resultate zu erreichen, war man gezwungen, Kunstgriffe anzuwenden: z. B. die Behandlung mit Wasserdampf bei der Tiefkyanisierung; die Saftverdrängung beim Boucherie-Verfahren mit Kupfersulfat; Osmose mit nachfolgender Diffusion bei den meisten andern Verfahren. Zudem durfte nur ganz frisches Holz verwendet werden,

C'est à la demande de Monsieur le Conseiller supérieur du Gouvernement Prof. Dr G. Becker, chef du laboratoire de Biologie à l'Institut fédéral d'essai des matériaux à Berlin-Dahlem, que l'auteur a fait cet exposé au cours d'une séance de la commission allemande pour la protection des bois (VDEW, Arbeitsausschuss «Holzschutz im Leitungsbau») à Oldenburg, le 18 septembre 1964.

Le procédé, employé en France sur une très grande échelle, n'est pas appliqué en Suisse et en Allemagne.

Malgré cela l'auteur a pensé intéresser les membres de l'UCS en leur donnant connaissance de ce texte, car ils pourront peut-être y trouver d'utiles indications pour les traitements en cours.

eine Bedingung, die oft nur sehr schwer zu erfüllen ist. Bei Missachtung dieser Vorschrift sind schlechte Resultate zu erwarten.

Für das Saftverdrängungsverfahren müssen z. B. vollkommen saftfrische, für das Osmoseverfahren völlig durchnässte Hölzer verwendet werden, weil eine auch nur geringe Austrocknung schon unregelmässige und ungenügende Tränkung verursacht.

Obwohl alle diese Techniken frisches oder sogar saftfrisches Holz erfordern, und das Schutzmittel nur in wässriger Lösung verwendet werden kann, bleibt die Eindringtiefe verhältnismässig klein, und von einem Schutz des Holzes bis in den Kern hinein kann nicht die Rede sein. Eine Ausnahme hievon macht nur das Impfstichverfahren (Cobra-Verfahren).

Was die Teerölimprägnierung von Fichten- und Tannenholz anbelangt, ist es das Verdienst von M. Estrade aus Narbonne, zu Beginn dieses Jahrhunderts auf einen ganz neuen Gedanken gekommen zu sein.

Da ja die antiseptische Lösung in radialer Richtung nicht eindringen konnte, kam er auf die Idee, eine tangentiale Imprägnierung anzustreben. Um dieses Ziel zu erreichen, werden mittels einer entsprechenden Vortrocknung künstliche Risse hergestellt.

Während der nachfolgenden Tränkung unter Druck kann das Teeröl durch die entstandenen Risse nach und nach immer tiefer eindringen. Die imprägnierte Zone sieht nach-

Fig. 1  
Frisch geschälte Masten.

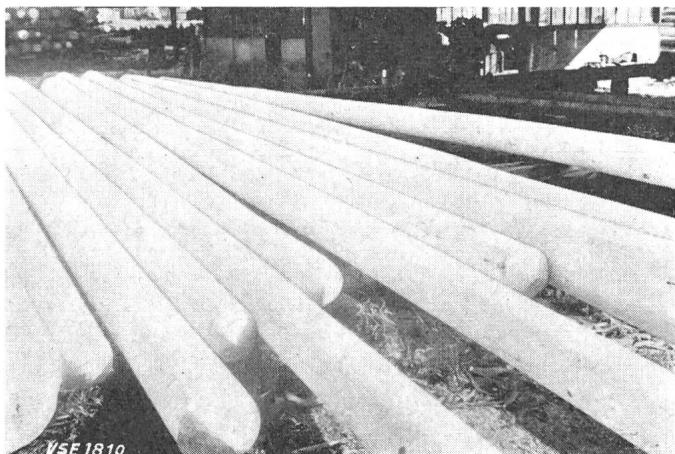
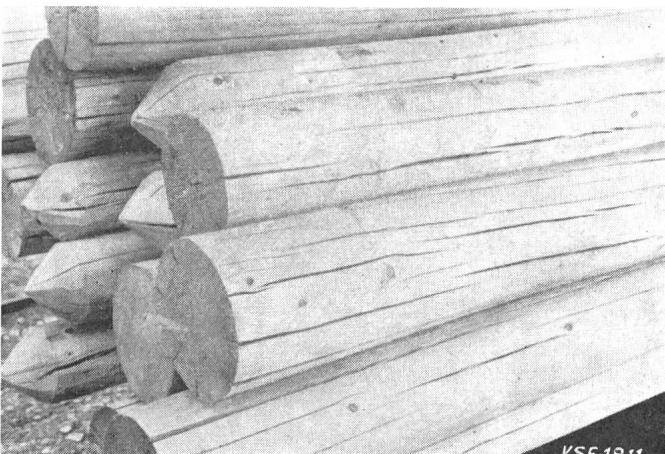


Fig. 2  
Masten nach der Trocknung im Ofen. Das Holz ist durch den Trockenprozess aufgerissen worden.



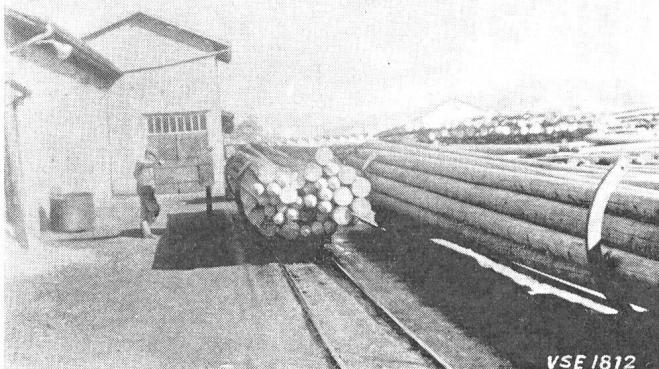


Fig. 3

**Wägen der Masten vor der Tränkung mit Teeröl.**  
**Rechts: Ein Stapel Masten einige Stunden nach erfolgter Tränkung.**

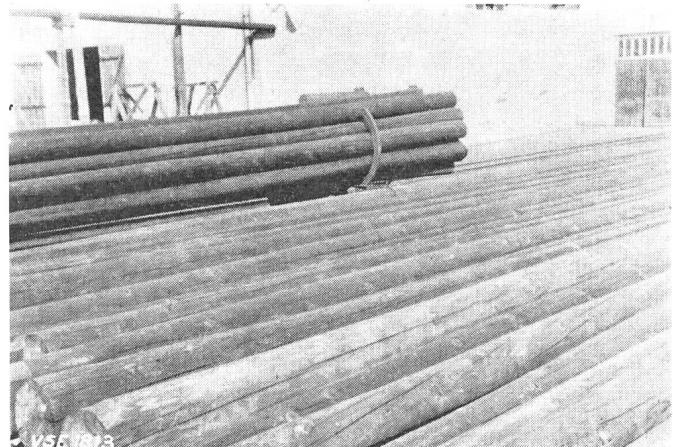


Fig. 4

**Vorne: Teerölprägnierte Masten nach sechsmonatiger Lagerung.**  
**Hinten: auf den Rollwagen, teerölprägnierte Masten acht Stunden nach der Leitung des Autoklaven. Die Färbung der Masten ist typisch und zeigt, dass nach einer Lagerung von einigen Monaten das «Ausschwitzten» vollständig zum Stillstand gekommen ist.**

her im Schnitt aus wie unregelmäßige Zacken einer Krone, die sich mit der Zeit durch Diffusion immer mehr homogenisieren.

Die richtig geführte Vorbehandlung im Trockenofen hat außerdem den Vorteil, durch die hohe Temperatur das Holz vollkommen zu sterilisieren.

Der Mast ist auf diese Weise biologisch inert geworden, und wird nun mit einem Teerölmantel umhüllt. So wird er vollständig gegen Pilze und Insekten immunisiert.

Diese Vortrocknung hat außerdem noch andere Folgen:

1. Obwohl durch die entstandenen Risse das Eindringen des Teeröls ermöglicht wird, lässt das Holz wässrige Lösungen ohne lange Tränkung nicht eindringen. Deshalb ist es nicht möglich, das Teeröl durch eine Salzlösung zu ersetzen.

2. Das Holz ist gegen Temperatur- und Feuchtigkeitschwankungen praktisch unempfindlich geworden, so dass am stehenden Mast keine Spiralrisse mehr auftreten können. Dies gilt selbst für drehwüchsige Masten.

3. Die Möglichkeit des Auftretens von Schwindrissen durch Einstrahlung und andere Witterungseinflüsse, die bei normalen Masten gegeben ist, wird durch die Vortrocknung beseitigt, und die Kohärenz der Teerölschicht ist nicht in Gefahr, unterbrochen zu werden.

Die Grenze des Dienstalters solcher Masten ist vorläufig noch unbestimmt. Zwischen Narbonne und Carcassonne steht eine Leitung, deren Masten nach 50 Dienstjahren noch keine Alterungserscheinungen aufweisen. Sind das einwandfreie Masten?

Leider nein. Denn die Grundimprägnierung — in diesem Fall handelte es sich um das Bethell-Verfahren — hat die peripheren Zellen vollständig mit Teeröl gefüllt. Obwohl dadurch eine ständige Diffusion ins Holz hinein stattfinden kann, folgt anderseits ein oft sehr starkes Ausschwitzten des Teeröls aus dem Mast, was dessen Oberfläche stark verschmutzt. Dies ist ein schwerer Nachteil bei Transport und Montage. Doch ist dieses Problem heute dank den zahlreichen Versuchen von Oberingenieur Jean Haedrich, Direktor der Imprägnierwerke in Arches bei Epinal, Ausserordentlicher Professor der «Ecole des Eaux et Forêts» in Nancy, gelöst. Er hat festgestellt, dass der Grund für das Ausschwitzten

in der Anwesenheit von Naphthalin liegt. Durch ein naphthalinfreies Teeröl wird diese unangenehme Erscheinung im grossen und ganzen beseitigt, abgesehen von Einzelfällen.

Die französische Norm NF-C 67-100 bestimmt, dass der Naphthalingehalt jeder Teerölfaktion, die unter 270 °C destilliert, geringer sein muss als 2 Gewichtsprozente. Dies bedeutet in der Praxis, dass, um das Ausschwitzten der Masten zu beseitigen, der Naphthalinanteil im Teeröl praktisch gleich null sein muss. Da Naphthalin eine geringe insektizide und fungizide Wirkung besitzt, bedeutet seine Eliminierung keine Beeinträchtigung der Wirksamkeit des Schutzmittels.

Über die Wirkung des Naphthalins beim Ausschwitzten lässt sich folgende Hypothese aufstellen: Es ist bekannt, dass Naphthalin ein Körper ist, der sehr leicht sublimiert. Unter einer Temperatur von 80 °C werden Naphthalindämpfe wieder fest. Beim Ausfahren der Masten aus dem Autoklaven sinkt die Temperatur der Teeröldämpfe von ca. 100 °C innerhalb kurzer Zeit auf die Aussentemperatur. Die Naphthalinanteile kristallisieren dabei auf der Oberfläche der Masten zu einem feinen Netz von Naphthalinkristallen. Durch Kapillaritätswirkung ziehen diese Kristalle neues Teeröl aus den Holzzellen, das seinerseits wiederum kristallisiert, und auf der Mastoberfläche allmählich eine schwarze und schlammige Schicht bildet.

Es ist möglich, durch eine Folge gezielter Behandlungen eine gute Grundimprägnierung von Holz in industriellem Maßstab zu erreichen. Tannen- und Fichtenmasten haben bereits ein Lebensalter von 50 und mehr Jahren erreicht, und zeichnen sich durch gute Sauberkeit aus.

#### **Der Imprägnievorgang:**

##### *1. Die Trocknung:*

Luftgetrocknete Masten werden in einen ventilierten Tunnelofen eingeführt, wo sie in der Folge 3 verschiedene Stellungen einnehmen, bei Temperaturen von 40...100 °C und Feuchtigkeitswerten der Luft von 100...2 %.

##### *2. Die Imprägnierung:*

Die Hölzer werden jetzt gewogen und sofort in die Autoklaven eingeführt, wo sie nach dem Bethell-Verfahren mit Teeröl von ca. 100 °C getränkt werden. Ein Reinigungsver-

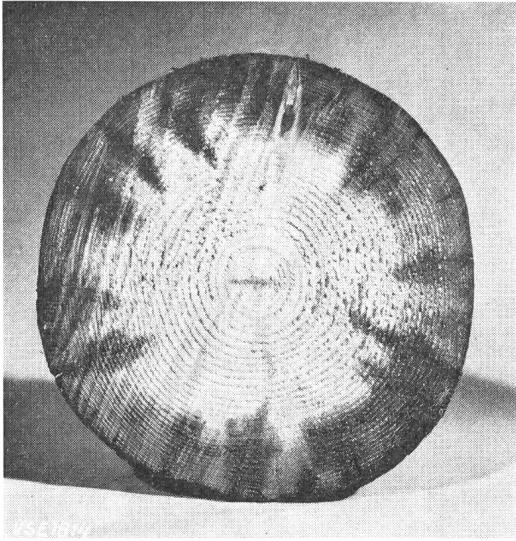


Fig. 5

**Mastquerschnitt zwei Jahre nach der Teeröltränkung.  
Die Diffusion des Teeröls im Holz ist erforderlich.**

kuum wird nicht angewandt. Der Imprägnierungsdruck beträgt 6...8 atm.

### 3. Lagerung:

Die Hölzer werden wiederum gewogen, um durch Gewichtsunterschied die Teerölaufnahme festzustellen. Dann werden sie aufgestapelt.

Unmittelbar darauf stellt man die Eindringtiefe des Teeröls an jedem einzelnen Mast mit Hilfe eines Mattson-Zuwachsbohrers fest. Alle Masten, die zwischen zwei benachbarten Längsrissen nicht eine Eindringtiefe von mindestens 10 mm aufweisen, werden ausgeschieden.

Diese ausgeschiedenen Masten werden einem neuen Imprägnierungsprozess unterworfen, und zwar bei niedrigem Druck und langer Dauer. Diese zweite Imprägnierung zeitigt in der Regel zufriedenstellende Ergebnisse.

Die absorbierten Teerölmengen liegen zwischen 130 und 170 kg/m<sup>3</sup> behandeltes Holz. Die Eindringtiefen zwischen zwei Längsrissen liegen zwischen 4 und 20 mm. Wie bereits gesagt, werden Hölzer, bei denen die Eindringung des Teeröls einen Wert von 10 mm unterschreitet, ausgeschieden und ein zweites Mal behandelt.

Der Mattson-Zuwachsbohrer ist für diese Mastenkontrolle außerordentlich handlich. Er liefert nicht nur eindeutigen Aufschluss über die Eindringung des Schutzmittels, sondern durch die vor der Imprägnierung herausgezogene Holzprobe von genau bestimmter Dimension, erhält man durch Wägen vor und nach der Trocknung genaue Aussagen über den Feuchtigkeitsgehalt des Holzes und über seine Dichte. Man hat ferner die Möglichkeit, längs einer Radialbohrung zentimeterweise einen Feuchtigkeitsgradienten über den ganzen Querschnitt des Mastes aufzustellen.

### 4. Die mechanische Festigkeit:

Es leuchtet ein, dass die verhältnismäßig schnelle Senkung des Feuchtigkeitsgehaltes von 32 auf 10 % innerhalb von 72 Stunden im Trockenofen eine nicht unbedeutende Schwächung der Biegefestigkeit des Holzes hervorruft. Zahlreiche Beobachtungen, die in den Imprägnieranstanlagen von Arches gemacht wurden, haben ergeben, dass diese Schwächung ungefähr 15 % ausmacht.

a) Die Biegefestigkeit von Rohmästern von 32 % Holzfeuchtigkeit liegt bei ca. 600 kg/cm<sup>2</sup>. Seit 2 Monaten imprägnierte Masten haben als mittlere Biegefestigkeit (Mittelwert über 12 Masten) einen Wert von 500 kg/cm<sup>2</sup> ergeben. Nach den französischen Normen waren diese Masten vorgesehen für eine Zugspannung am Zopf von 70 kg. Dies entspricht einer Beanspruchung am Einspannquerschnitt von 120 kg/cm<sup>2</sup>. Der Sicherheitskoeffizient liegt also über 3.

b) Diese Schwächung des Holzes, bedingt durch Trocknung und Rissbildung, hat nur vorübergehenden Charakter. Durch die Diffusion des Teeröls in die Risse hinein und durch die langsame Aufnahme von Luftfeuchtigkeit durch das Holz, lösen sich die inneren Spannungen, die durch die Trocknung hervorgerufen worden sind, und das Holz gewinnt langsam seine ursprünglichen Festigkeitswerte zurück.

Die Dauer dieses Vorgangs beträgt einige Monate. Die imprägnierten Masten wiesen nach sechsmonatiger Lagerung ausgezeichnete Festigkeitseigenschaften auf.

Beispiel: 12 Masten von 9 m Länge der Klasse B (Zopfstärke 12 cm) aus Tannen- und Fichtenholz erfuhren eine Biegeprobe bis zum Bruch; die Ergebnisse sind die folgenden: Biegefestigkeit: zwischen 472 und 726 kg/cm<sup>2</sup>

(Mittel 591 kg/cm<sup>2</sup>)

Elastizitätsmodul: zwischen 63 570 und 100 400 kg/cm<sup>2</sup>  
(Mittel 89 500 kg/cm<sup>2</sup>).

Bevor wir zum Schlusse kommen, ist es aufschlussreich, einige Stellen aus dem Bericht von M. Bennett, Oberpostinspektor des General Post Office in London zu zitieren, über «Holzschutz bei der britischen Post» (1937):

«Bis 1913 wurde die Mehrzahl der Masten nach dem Bethell-Verfahren imprägniert, mit einer Aufnahme von 200 kg Teeröl pro m<sup>3</sup> Holz. Beobachtungen haben gezeigt, dass nach 4—5 warmen Sommern etwa 2/3 dieses Teeröls aus dem Holz getreten war, sei es durch Verdampfung oder in flüssiger Form.»

«Im Jahre 1913 wurde als Standard-Verfahren das Rüping-Verfahren eingeführt. Dieses Verfahren liefert verhältnismäßig saubere und trockene Masten bei einer Schutzmittelaufnahme von ungefähr 65 kg/m<sup>3</sup>. Diese Schutzmittelmenge entspricht etwa dem gleichen Wert, den jene Masten nach 4—5 Jahren aufweisen, die vorher nach dem Vollzell-Verfahren imprägniert worden sind.»

Man vergleiche auch Seite 447 von Mahlke-Troschel, 3. Auflage, Abschnitt a/α: die Imprägnierung mit Stein-kohlenteeröl (Kreosotierung):

«Bei Splinthölzern (Kiefer, Lärche u. a.) wird der Splint in seiner ganzen Breite durchtränkt, was bei Volltränkungsverfahren Aufnahmen von 140—350 kg/m<sup>3</sup> zur Folge hat. Dadurch wird eine hohe mittlere Lebensdauer gesichert; doch treten durch das Ausschwitzen des überschüssigen Teeröls Belästigungen der Arbeiter und unwirtschaftlich hohe Kosten auf.»

Sehr interessant ist die Tatsache, dass beim Estrade-Verfahren mit Bethell-Behandlung, d. h. Volltränkung mit naphthalinfreiem Teeröl, kein Ausschwitzen der Masten auftreten kann.

Die Raffinerien in Lothringen stellen naphthalinfreies Teeröl her. Sie gewinnen dadurch reines Naphthalin, das sich zweieinhalbmal teurer verkauft als Teeröl. Ein Gross-

teil dieses Naphthalins wird von Forbach aus nach Deutschland verkauft.

Bei genügend trockenem Holz, d. h. bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 30—32 % können Fichten- und Tannenmasten gemeinsam in den Trockenofen gegeben werden.

Ungenügend imprägnierte Hölzer erfahren eine wiederholte Behandlung bei niedrigem Druck und hoher Temperatur.

Zum Abschluss möchten wir darauf hinweisen, dass der «Service de l'Electricité de Genève» seit dem Jahr 1952 nach

dem Estrate-Verfahren imprägnierte Masten verwendet. Es stehen gegenwärtig noch ca. 700 solche Masten im Netz, die bis heute keine Fäulnisspuren aufweisen.

Anderseits wurden 1953 im Masten-Versuchsfeld von Rathausen Estrate-behandelte Stangen aufgestellt, die bis anhin ebenfalls alle unbeschädigt sind.

#### Adresse des Autors:

L. Carlo, alt Chef der Netzabteilung des Elektrizitätswerkes Genf, Präsident der Kommission des VSE zum Studium der Imprägnier- und Nachbehandlungsverfahren für Holzmasten, Genf.

## Rationalisierung und Automation in der Verwaltung eines Elektrizitätswerkes

Bericht über die 28. Diskussionsversammlung des VSE vom 15. Oktober 1964 in Zürich

### Zusammenfassung der Diskussionsbeiträge

(Fortsetzung aus Nr. 26/64, Seite 317)

#### W. Fischer, Betriebsleiter, Elektrizitätswerk Näfels

Nachdem die Herren Referenten und Vorredner das System der Energie-Abrechnung mit Datenverarbeitungs-Anlagen sehr eingehend erläutert haben, fühle ich mich wenig berufen, an Sie das Wort zu richten. Da jedoch bis jetzt nicht über die Erfahrung eines kleineren Elektrizitätswerkes mit Datenverarbeitungs-Anlagen gesprochen wurde, glaube ich doch mit meinen Ausführungen einen nützlichen Beitrag an diese Diskussion hinzufügen zu können.

Näfels hat heute ca. 1200 Abonnenten. Dazu kommen 10 Primärbezüger mit HS-Sammeltarif und 4 Sekundärbezüger mit NS-Sammeltarif. Die sehr starke industrielle Entwicklung unserer Gemeinde einerseits und der immer prekärer werdende Personalmangel anderseits, zwangen uns, den Betrieb so rasch als möglich auf allen Sektoren zu rationalisieren, um den gewaltigen Arbeitsaufwand überhaupt aufzufangen zu können. Es war ein Gebot der Stunde, unser bisheriges Einzug-System zu modernisieren, 3—4 nebenamtliche Einzüger besorgten monatlich das Energie-Inkasso. Die zeitraubende Barabrechnung auf der Gemeinde-Verwaltung konnte, infolge Arbeitsüberlastung der Angestellten, nicht mehr bewältigt werden. Der Einzug erfolgte auf Grund festgelegter Monatsraten, welche ungefähr dem durchschnittlichen Energieverbrauch im Monat entsprachen. Einmal im Jahr musste von der Verwaltung eine Jahres-Abrechnung für jeden einzelnen Abonnenten erstellt werden. Je nach dem Jahres-Konsum wurde eine Nachzahlung belastet oder eine Rückzahlung gutgeschrieben. Rückzahlungen mussten auf der Gemeinde-Verwaltung in bar ausgerichtet werden. Dass dieses System den Schalterdienst unserer Buchhaltungsstelle stark belastete, versteht sich von selbst. Der Vollständigkeit halber möchte ich erwähnen, dass die Abonnenten mit HS- oder NS-Sammeltarif vierteljährlich eine Abrechnung erhielten. Die erwähnten Gründe, sowie das Fehlen einer

verbindlichen Energieverbraucher-Statistik und das immer schwierigere Rekrutieren von geeigneten Einzügern, bewogen Behörde und Betriebsleitung, sich rasch nach einem geeigneten System der Energie-Abrechnung umzusehen.

Die Publikation von Herrn Bühler, Betriebsleiter des EW Schwanden, im SEV-Bulletin über die Energie-Abrechnung mit Lochkarten sowie die Besichtigung des Energie-Abrechnung-Systems an Ort und Stelle haben uns sehr beeindruckt. Das Elektrizitätswerk Schwanden verwendet diese Art von Energie-Abrechnung seit einiger Zeit mit bestem Erfolg. Die Datenverarbeitung erfolgt im Service einer bedeutenden Firma.

In der Folge beschlossen wir, dieses System bei uns sofort einzuführen.

Auf Grund unseres bisherigen Systems wünschte die Behörde die Akonto-Zahlungen beizubehalten. Nach eingehenden Besprechungen einigte man sich wie folgt:

1. Die Energie-Abrechnung erfolgt mit Lochkarten nach dem MARK-SENSING-Verfahren.
2. Die Datenverarbeitung besorgt eine Servicestelle.
3. Alle zwei Monate erfolgt eine Akonto-Rechnung mit entsprechenden Raten.
4. Auf Abschluss eines Semesters (Ende März und Ende September) werden durch das Personal des Elektrizitätswerkes die Zählerstände abgelesen und mit dem MARK-SENSING-Stift auf die Ablese-Karte übertragen. Anschliessend erfolgt die Halbjahres-Abrechnung durch diese Servicestelle.
5. Die Rechnungen müssen am 25. oder spätestens auf den 26. des betreffenden Monats in unserem Besitz sein.
6. Die Akonto-Rechnungen müssen die Aufschrift derjenigen Monate, für welche sie ausgestellt sind, enthalten,