Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 49 (1958)

Heft: 26

Rubrik: Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

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: 09.08.2025

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Der Betonmast in Niederspannungsverteilnetzen

von *J. Stösser*, Oberrieden

621.315.668.3 : 621.316.1.027.2

Der Verfasser prüft die technischen Fragen im Zusammenhang mit der Verwendung von Betonmasten in Niederspannungsverteilnetzen und vergleicht die Kosten einer Betonmastenleitung mit denjenigen einer Holzmastenleitung.

L'auteur examine quelques questions d'ordre technique en relation avec l'utilisation de supports en béton dans les réseaux de distribution à basse tension et compare les coûts d'une ligne sur supports en béton avec ceux d'une même ligne sur poteaux de bois.

Einleitung

Es ist eine weitverbreitete Meinung, dass der Betonmast mit Vorteil vorwiegend in Hochspannungsnetzen eingesetzt werden soll. Dafür spricht vor allem eine grössere mögliche Spannweite (im Mittel 120...150 m) gegenüber dem Holzmast; es geht also nicht etwa um rein wirtschaftliche Vorteile. Selbstverständlich sind die Stromabstellungen bei einer Betonmastenleitung seltener, aber dennoch sind die Jahreskosten grösser als diejenigen einer Holzmasten-Regelleitung. Besonders die längeren und damit auch schwereren Masten, die starke Fundamente erfordern, bedingen wesentliche Mehrkosten. In der Regel werden aber die Gestänge für Halbweitspannleitungen so gewählt, dass sie die spätere Aufnahme eines zweiten Stranges ermöglichen. Dies und meistens auch ein damit verbundenes kürzeres und verbessertes Trasse sind Gründe, weshalb sich der Betonmast für die Hochspannungsleitung eignet, auch wenn eine Wirtschaftlichkeit nicht erwiesen ist.

Weil aber die genannten Vorteile des Betonmastes in Niederspannungsverteilnetzen nicht ausgenützt werden können, muss vor seiner vermehrten Verwendung in solchen Netzen die Wirtschaftlichkeit gegenüber dem Holzmast voll bewiesen werden. Deshalb wurde schon vor vielen Jahren an die Betonmastenfabrikanten der Wunsch nach billigeren und leichteren Betonmasten für die Verwendung in Niederspannungsverteilnetzen gerichtet. Erst im Frühjahr 1958 war es so weit, dass verschiedene Versuche durchgeführt und auch eine Anzahl solcher Masten in den Versorgungsnetzen der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) eingebaut werden konnten. In den nachstehenden Ausführungen werden Vergleiche zwischen den für die Niederspannungsnetze geschaffenen Betonmasten und den Holzmasten durchgeführt.

Anforderungen an Betonmasten

Wie aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, ist die Verwendung des Betonmastes in Niederspannungsverteilnetzen nur dann gerechtfertigt, wenn sie auch finanzielle Vorteile mit sich bringt. Unsere Anforderungen an den Betonmast haben sich deshalb nicht wesentlich von denjenigen an den Holzmast zu unterscheiden. Diese sind in der Verordnung vom 7. Juli 1933 über die Erstellung, den Betrieb und den Unterhalt elektrischer Starkstromanlagen festgelegt. Alle nachstehend erwähnten Artikel beziehen sich auf diese Verordnung.

Die zwei Hauptforderungen «*leicht und billig*» bedingen, dass die Betonmasten wie die Holzmasten nur in Regelleitungen verwendet werden und der normale Betonmast deshalb Spannweiten von maximal 50 m genügen soll. Grössere Spannweiten wären in der Regel auch nicht wirtschaftlich, da oft der gesetzlich (Art. 80) erlaubte kleinste Leiterquerschnitt nicht mehr verwendet werden dürfte oder ein Mehraufwand an Leitermaterial notwendig wäre. Auch soll der normale Betonmast im Maximum für die Aufnahme von 4 Kupferdrähten von 8 mm ⌀ und eines Lampendrahtes von 4 mm ⌀ ausreichen. Diese Forderung ergibt die in Fig. 1 nach Art. 93 gerechnete maximale *Windbelastung*, bezogen auf die Mastspitze. So sind die Spitzenzüge für den zukünftigen normalen Betonmast festgelegt. Sie sind ebenfalls aus Fig. 1 ersichtlich.

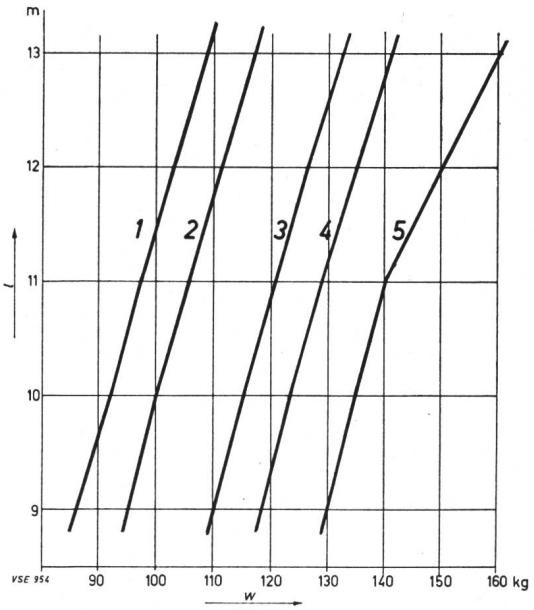


Fig. 1

Windbelastung, bezogen auf die Mastspitze einer Regelleitung mit 50 m Spannweite in Abhängigkeit der Mastlänge

1	4 × 5,5 mm ⌀	*4*	4 × 8 + 4 mm ⌀
2	4 × 5,5 + 4 mm ⌀	*5*	Nennspitzenzug der Betonmasten
3	4 × 8 mm ⌀		
l	Mastlänge	*W*	Windbelastung

Weiter muss verlangt werden, dass sämtliche in den Niederspannungsverteilnetzen verwendeten normalen Betonmasten in den Längen von 9...13 m gleiche *Zopfdurchmesser* und gleiche *Konizität* aufweisen. In diesem Fall können weitgehend Isolatorenstützen mit gleicher Schaftlänge gewählt werden. Stützen mit Holzgewinde kommen bei Betonmasten nicht in Frage, weshalb mit Mehrkosten zu rechnen ist. Kommt man aber mit einheitlichen Isolatorenstützen aus, so entstehen nur bescheidene Mehraufwendungen.

Der *Drahtseilanker* als billiges Verstärkungselement soll auch bei Betonmasten angewendet werden. Für die *Nullung* bzw. *Netzerdung* sind die Armierungseisen zu verwenden und dafür Anschlußstellen im Mastbild und am Mastfuss vorzusehen. Für die universelle Verwendung von Betonmasten ist es wichtig, dass genügend Löcher vorhanden sind, damit spätere Spitzarbeiten vermieden werden können. Das von den EKZ gewählte Mastbild ist aus Fig. 2 ersichtlich.

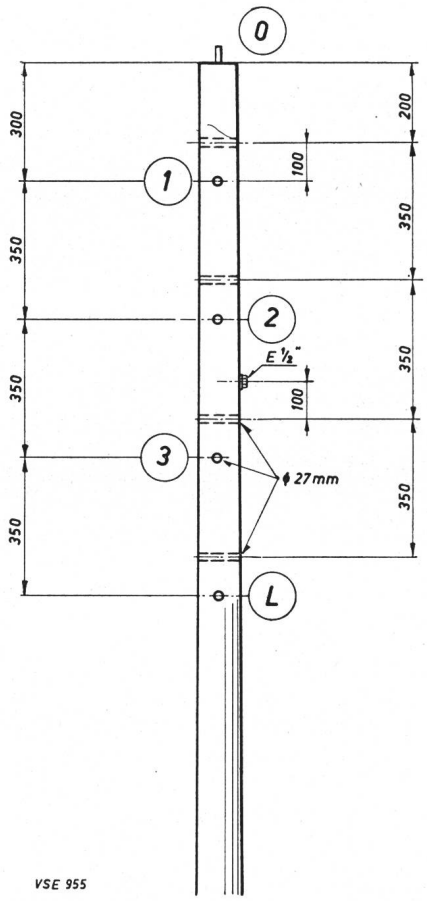


Fig. 2
Leiterbild der EKZ für Niederspannungs-Betonmasten
O Nulleiter *1, 2, 3* Phasenleiter
L Lampendraht

Die Generaldirektion der PTT hat sich im Laufe dieses Jahres bereit erklärt, Betonmastengestänge für ihre Leitungen im gleichen Umfange mitzubenützen, wie sie das bisher bei Holzmastengestängen getan hat. Für das Anbringen der Telefonleitung wurden Träger mit Bridenbefestigung geschaffen. Dafür sind im Betonmast keine Löcher vorzusehen.

Bisher war es üblich, den *Nulleiter* im 380-V-Netz auf gleiche Isolatoren zu montieren wie die Phasenleiter. Eine Isolation ist aber nicht notwendig, weil der Nulleiter an möglichst vielen Stellen mit der Erde verbunden werden sollte. Das Nullungssystem wirkt am besten, wenn die Anzahl dieser Verbindungen gross ist. Deshalb wird der Nullleiter bei den Betonmasten auf die Mastspitze montiert; auf die nicht notwendige Isolation wird verzichtet.

Es ist vorteilhaft, mit möglichst wenig Masttypen auszukommen. Der prozentuale Anteil der Mastenlängen am Jahresverbrauch an Holzmasten bei den EKZ zeigte folgendes Bild:

9 m lange Masten	6 %
10 m lange Masten	21 %
11 m lange Masten	34 %
12 m lange Masten	22 %
13 m lange Masten	12 %

Das sind 95 % des Gesamtverbrauches; nur auf das Niederspannungsnetz bezogen, wären es noch mehr. Deshalb sollen normale Betonmasten nur in den Längen von 9...13 m hergestellt werden. Für die gleichen Längen ist noch ein verstärkter Typ mit etwa vierfachem Spitzenzug des normalen Mastes vorzusehen. Für alle längeren Masten sollen Spezialausführungen ähnlich denjenigen für Hochspannungsleitungen fabriziert werden.

Für einen *verstärkten Stützpunkt* ist in erster Linie ein normaler Mast mit Anker zu verwenden. Kann letzterer nicht montiert werden, so ist ein verstärkter Betonmast zu verwenden, oder es sind zwei gekuppelte, verstärkte Betonmasten einzubauen. Von Strebenmasten aus Beton soll Umgang genommen werden, weil sie, um eine allzu grosse Durchbiegung durch das Eigengewicht zu vermeiden, unverhältnismässig dick sein müssten.

Der Betonmast

Der neue Betonmast für Niederspannungsverteilnetze wird mit Boxstahl spez. (Streckgrenze 65...70 kg/mm², Bruchfestigkeit 95...105 kg/mm²) armiert. Bis jetzt wurde ein normaler Stahl mit einer Streckgrenze von nur 40 kg/mm² und mit glatter Oberfläche verwendet. Der neue Armierungsstahl weist eine gerippte Aussenfläche auf. Wie bisher wird wiederum eine Betonmischung von ca. P 450 gewählt, und für die Dunkelfärbung werden 3,5 % Eisenoxyd beigemischt. Jede Stahllieferung wird durch die Eidg. Materialprüfanstalt auf minimale Anforderungen geprüft. Deshalb und auf Grund schon im Jahre 1948 von der EMPA im Beisein einer Vertretung des Eidg. Starkstrominspektorates durchgeführter Versuche genügt nach Art. 96, Abs. 5, eine zweifache Sicherheit gegen Bruch. Würden diese Kontrollen nicht periodisch durchgeführt, und wären auch keine weitern Versuche angestellt worden, so müsste nach dem gleichen Artikel, Abs. 2, eine 2¼fache Sicherheit garantiert und damit ein etwas stärkerer Mast hergestellt werden.

Die Konizität der Betonmasten betrug bisher 1,5 cm/m Mastlänge. Bei den neuen Masten konnte sie auf 1 cm/m reduziert werden. Diese schlanken Masten fügen sich mindestens so gut in die Land-

schaft ein wie die Holzmasten. Um das Gewicht der Betonmasten wesentlich zu reduzieren, darf die Wandstärke nicht dicker sein, als es absolut notwendig ist. Früher wurde eine Überdeckung der Armierung von 2 cm verlangt; sie wird bei den neuen Masten auf fast 1 cm herabgesetzt, was an die Genauigkeit der Herstellung erhöhte Anforderungen stellt.

Die im Frühjahr 1958 in einer schweizerischen Betonmastenfabrik durchgeführten Biegungsversuche mit neuen Masten haben gezeigt, dass die Wandstärke, sofern das Minimum vorhanden ist, nur sekundären Einfluss auf die Bruchlast hat. Auch ist es möglich, mit der geringeren Überdeckung die Bruchlast des besseren Stahls voll auszunützen.

Sämtliche Versuche ergaben, dass im Gebrauchszustand die maximale Biegerissbreite kleiner war als das als zulässig zu erachtende Mass von R_{max} = 0,20 mm. Dies ist eine Folge der erhöhten Verbundwirkung des Rippenstahles gegenüber dem glatten Rundstahl. Der gleichmässige, gegenüber früher kleinere Rissabstand war bemerkenswert. Bei erhöhten Belastungen (ca. 1,4fach) wurden die maximalen Rissbreiten nicht in der Einspannzone, sondern im mittleren Bereich des Mastes beobachtet, was eine Folge von Gleitungen der hakenlosen, entsprechend der Momentendeckung abgelängten Armierungsstäbe und der sprunghaften Änderung des Armierungsprozentsatzes ist. Bei Entlastungen nach einer vorherigen Beanspruchung von über 70 % der Bruchlast schlossen sich die Risse wieder, so dass sie auch mit der Lupe nicht mehr zu erkennen waren.

Die Rissbildung wird also durch die Verwendung von geripptem Stahl günstig beeinflusst. Es entstehen wohl mehr, aber kleinere Risse, wodurch die Korrosionsgefahr wesentlich vermindert wird.

Die neuen Masten sind gegenüber der bisherigen Ausführung wesentlich elastischer. 10 m lange Masten mit einer freien Länge von 8,5 m biegen sich bei Nennlast, am Zopf gemessen, etwas mehr als 0,5 m durch.

Der Bruch trat bei allen Versuchsmasten etwas über der zweifachen Nennlast (verlangte Sicherheit: zweifach; gute Übereinstimmung von Rechnung und Versuch) auf, wobei Durchbiegungen von etwa

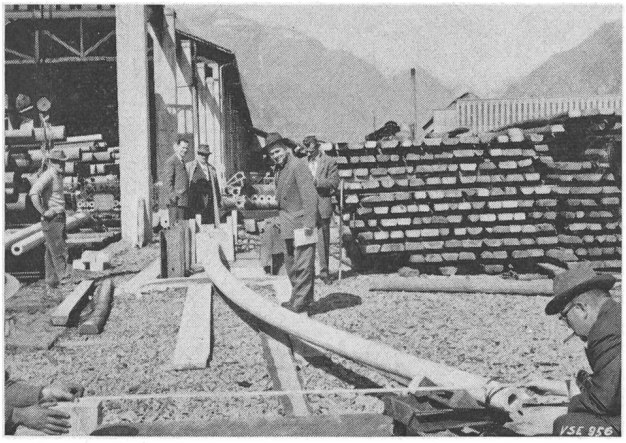


Fig. 3
Durchbiegungsversuch mit einem 10 m langen Betonmast
(freie Länge 8,5 m)

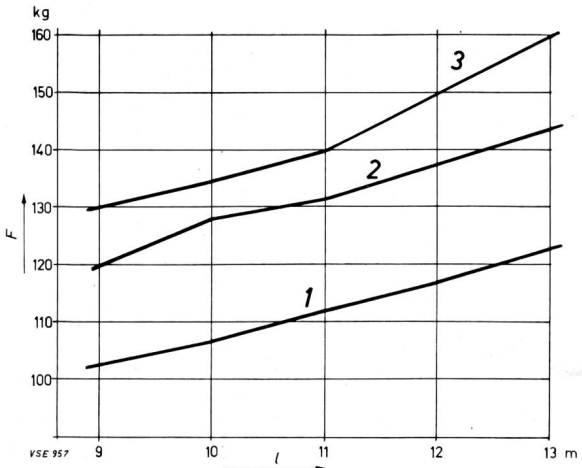


Fig. 4
Spitzenzug für Holz- und Betonmasten in Abhängigkeit der Mastlänge

1 Holzmasten nach Art 99
2 Holzmasten nach Art. 100
3 Betonmasten

l Mastlänge
F Spitzenzug

dem Dreifachen bei Nennlast (über 1,5 m) gemessen wurden. Fig. 3 zeigt einen Biegungsversuch nahe an der Bruchgrenze.

Festigkeits-, Gewichts- und Preisvergleiche

Nach Art. 96 darf die zulässige *Biegebeanspruchung* für Holzmasten mit 150 kg/cm² angenommen werden. Demnach ergibt sich für 10 m lange Holzmasten gemäss den Minimalabmessungen nach Art. 99 ein zulässiges Biegemoment an der Einspannstelle von:

$$M = \frac{\pi}{32} \cdot D^3 \cdot \frac{150}{100}$$

$$= \frac{\pi}{32} \cdot 18{,}4^3 \cdot \frac{150}{100} = \underline{915 \text{ mkg}}$$

Daraus ergibt sich ein Spitzenzug von:

$$P_s = \frac{M}{l} = \frac{915}{8{,}5} = 107 \text{ kg}$$

Der Spitzenzug P_s entspricht nicht dem Nutzzug, da der Anteil für den Winddruck auf den Mast in Abzug zu bringen ist. Der Nutzzug in der Mitte des Leiterbildes ergibt sich zu:

$$P_N = \frac{M - M_{W_M}}{l_L}$$

Nach Art. 93 ist der Winddruck P_W auf den Holzmast mit den minimalen Abmessungen nach Art. 99:

$$P_{W_M} = 70 \cdot \frac{D_1 + D_2}{2} \cdot l \text{ kg}$$

$$= 70 \cdot \frac{0{,}12 + 0{,}184}{2} \cdot 8{,}5 = 90{,}4 \text{ kg}$$

Daraus ergibt sich das Windmoment zu:

$$M_{W_M} = P_{W_M} \cdot l_W = 90{,}4 \cdot 3{,}9 = \underline{352 \text{ mkg}}$$

l_W = Abstand des Schwerpunktes der Trapezfläche von der Bodenoberfläche

l_L = Abstand des Angriffspunktes des resultierenden Leiterzuges von der Bodenoberfläche.

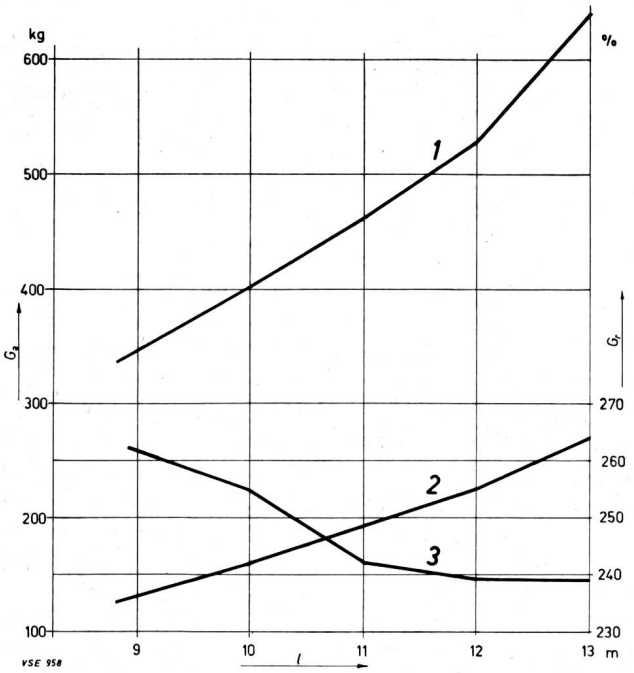


Fig. 5
Gewicht der Holz- und Betonmasten in Abhängigkeit der Mastlänge

1 Betonmastengewicht
2 Holzmastengewicht
3 Gewicht in % des Betonmastes im Verhältnis zum Holzmast

G_a Mastgewicht absolut
G_r Mastgewicht relativ
l Mastlänge

Somit wird:

$$P_N = \frac{915 - 352}{7{,}85} = \underline{72 \text{ kg}}$$

Der auf die Leiter einer Regelleitung mit 50 m Spannweite und mit 4 Cu-Drähten von 8 mm ⌀ wirkende Winddruck berechnet sich nach Art. 93 zu:

$$PW_L = 50 \text{ kg} \cdot a \cdot 4d$$
$$= 50 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 0{,}008 = \underline{80 \text{ kg}}$$

d. h. der Holzmast mit den Minimalabmessungen nach Art. 99 genügt nicht für eine Leitung mit 50 m Spannweite und mit 4 Cu-Drähten von 8 mm ⌀; schon bei einer Spannweite von 45 m ist die zulässige Beanspruchung erreicht. Dies ist u. a. ein Grund, weshalb fast alle schweizerischen Elektrizitätswerke für Regelleitungen kleinere Spannweiten als 50 m (im Mittel 40...45 m) wählen. Fig. 4 gibt die auf die Spitze von Holz- und Betonmasten bezogene Zugkraft in Abhängigkeit von der Mastlänge an, wobei einerseits Holzmasten mit den Minimalquerschnitten nach Art. 99 und anderseits Holzmasten mit denjenigen Querschnitten, die gerade noch für die Ausnützung der zulässigen Spannweite von 50 m genügen, berücksichtigt sind.

Die dem normalen Betonmast zu Grunde gelegten Spitzenzüge wurden eher etwas grösser gewählt als diejenigen von Holzmasten. Die Betonmasten genügen so für die Aufnahme von nicht nur 4 Cu-Drähten mit 8 mm ⌀, sondern auch noch eines Lampendrahtes von 4 mm ⌀.

Nach Art. 96 wird für Holzmasten eine dreifache Sicherheit gegen Bruch verlangt. Das ergibt eine theoretische Bruchlast, die etwas höher liegt als diejenige, die sich aus dem zweifachen Spitzenzug für Betonmasten errechnen lässt. Diese höhere Bruchlast bei Holzmasten besteht aber nur zu Beginn der Standdauer. Mit dem Beginn und Fortschreiten der Fäulnis nimmt sie ab. Bei den zulässigen Grössen der Fäulnisherde reduziert sich das Biegemoment bis zu 30 %, weiter fortgeschrittene Fäulnis verlangt ein sofortiges Auswechseln der Masten. Betonmasten dagegen behalten ihre Bruchlast bei; nach einigen Jahren Standdauer ist sie eher grösser als bei gleichzeitig gestellten Holzmasten.

Aus Fig. 5 sind die *Gewichtsvergleiche* von Holzmasten mit minimalen Abmessungen gegenüber Betonmasten ersichtlich. Die Betonmasten sind ungefähr 2,4...2,6mal schwerer. Es darf aber nicht vergessen werden, dass, wenn Vergleiche mit starken Holzmasten angestellt würden, nur eine ungefähr zweifache Gewichtserhöhung vorhanden wäre.

Selbstverständlich sind Betonmasten teurer als Holzmasten. Nachstehend sind die Preise für mit Kupfervitriol imprägnierte Holzmasten, franko Talbahnstation geliefert und inkl. Wust und Zinsverlust für einjährige Lagerung, denjenigen für Betonmasten unter gleichen Voraussetzungen, aber ohne einjährige Lagerung, gegenübergestellt.

	Holz	Beton	
	Fr.	Fr.	%
9-m-Mast	49.50	160.—	323
10-m-Mast	62.—	175.—	282
11-m-Mast	74.50	195.—	262
12-m-Mast	86.50	215.—	249
13-m-Mast	101.50	240.—	236

Werden besser imprägnierte Holzmasten verwendet, so sind dafür Preiszuschläge von 10...20 % zu bezahlen. Die Vergleichsrechnungen, auch in Bezug auf die nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsüberlegungen, beziehen sich lediglich auf mit Kupfervitriol imprägnierte Holzmasten.

Ein ausgeführtes Beispiel

Zwischen Eglisau und Bülach wurden durch das Meliorationsamt des Kantons Zürich verschiedene landwirtschaftliche Siedlungen gebaut, und es waren dafür neue elektrische Verteilanlagen zu erstellen. Abgesehen von kleinen Hochspannungs-

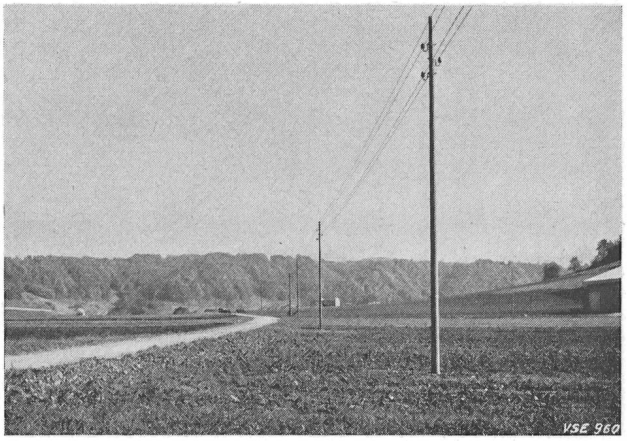


Fig. 6
380-V-Betonmastenleitung mit 50 m Spannweite in Eglisau

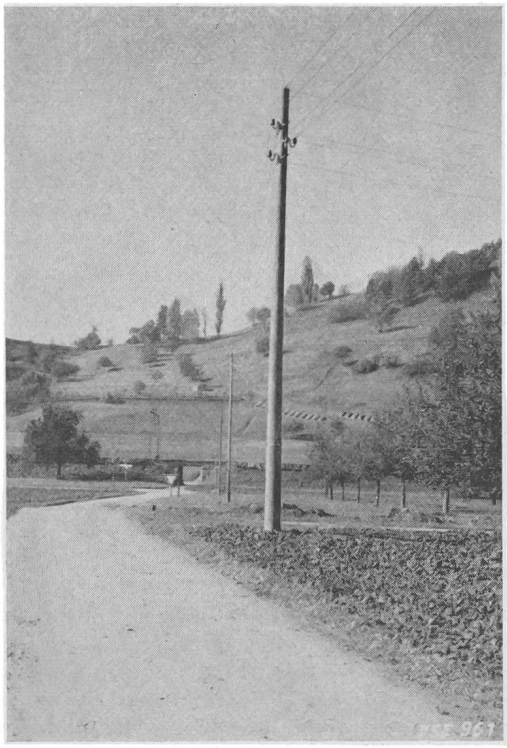


Fig. 7
380-V-Betonmastenleitung in Eglisau. Verstärkter Mast mit 500 kg Spitzenzug bei der Abzweigung einer Hauszuleitung

anlagen, handelte es sich dabei mehrheitlich um Niederspannungsleitungen. Das nachfolgend beschriebene Beispiel bezieht sich auf eine dieser Leitungen mit einer Länge von 1,5 km.

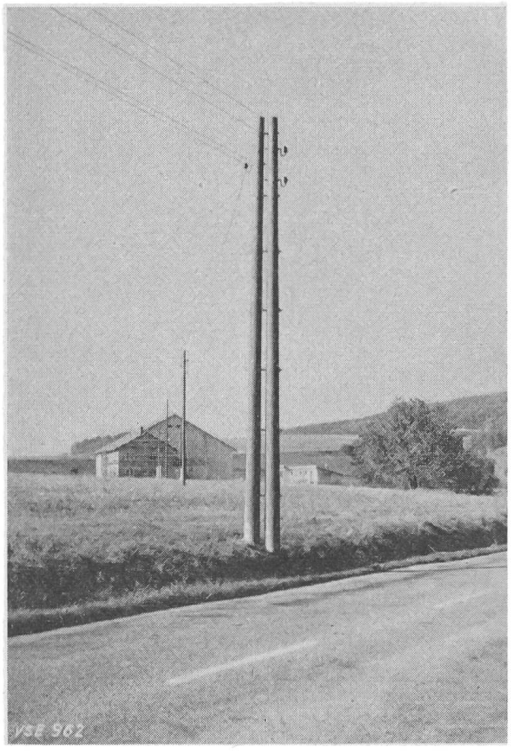


Fig. 8
380-V-Betonmastenleitung in Eglisau. Gekuppelter Winkelpunkt in beanspruchter Richtung, über 2000 kg Spitzenzug

Das Leitungstrasse verläuft grösstenteils längs Feldstrassen, doch wurden die Stützpunkte, um den Verkehr landwirtschaftlicher Fahrzeuge nicht zu behindern, ungefähr 1 m vom Strassenrand entfernt aufgestellt. Die Spannweiten messen fast durchwegs 50 m. Eine Strecke von etwas mehr als 500 m Länge ist mit 4 Aldreyseilen von 50 mm² ausgerüstet; auf dem übrigen Teil der Leitung sind grösstenteils 4 Cu-Drähte von 5,5 mm ⌀ montiert. Lediglich für die kurzen Hauszuleitungen sind als Phasenleiter Cu-Drähte von 4 mm ⌀ verwendet worden.

Die Leitung unterkreuzt die SBB-Linie. An dieser Stelle wurde eine Kabelverbindung verwendet. Auf Wunsch der Siedler waren in der Nähe der Heimwesen Maststeckdosen für Dreschmotoren anzubringen. Die Länge der Masten wurde so gewählt, dass später eine Telephonleitung aufgelegt werden kann.

Dass sich Leitungen mit Betonmasten mindestens so schön in die Landschaft einfügen wie solche mit Holzmasten, zeigt Fig. 6. Gefällig wirken die ausserordentlich schlanken Stützpunkte und das ästhetisch besser gestaltete Leiterbild.

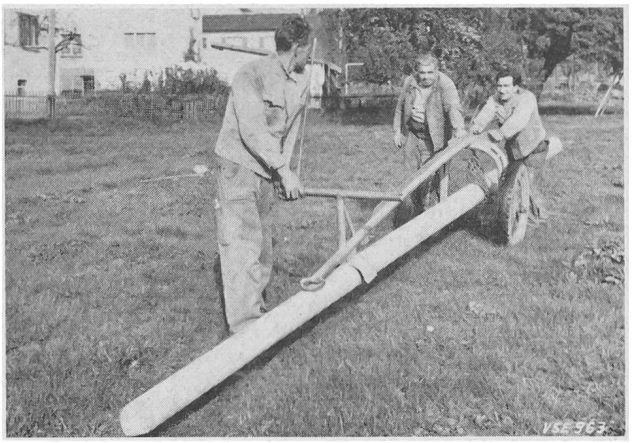


Fig. 9
Transport eines Betonmastes auf dem Felde mit Einachser

Der Nulleiter ist am technisch richtigen Ort, nämlich auf dem Mastzopf placiert, so dass er auch den Schutz gegen atmosphärische Entladungen übernehmen kann.

Fig. 7 zeigt einen verstärkten Mast mit 500 kg Spitzenzug bei der Abzweigung einer Hauszuleitung. An diesem Punkt war es nicht möglich, einen Anker anzubringen. Der gerechnete Spitzenzug bei 0 °C und Schnee ist etwas höher als derjenige des Mastes. Die Aufstellung von 2 gekuppelten, verstärkten Masten wäre aber kaum zu verantworten gewesen. Die grosse Elastizität der Betonmasten wird sich an diesem Punkt sehr deutlich feststellen lassen. Es ist beabsichtigt, die Bewegungen des Mastes über die verschiedenen Jahreszeiten zu verfolgen.

Durch die Kupplung von 2 verstärkten Betonmasten (Fig. 8) wird theoretisch der vierfache Spitzenzug (in der Achse durch die beiden Masten) erreicht. Je mehr Kupplungspunkte vorhanden sind, um so mehr darf dieser theoretische Wert auch als praktischer Wert eingesetzt werden. So wird ein maximaler Spitzenzug von 2000 kg erreicht, der sogar noch erhöht werden kann, wenn die Masten

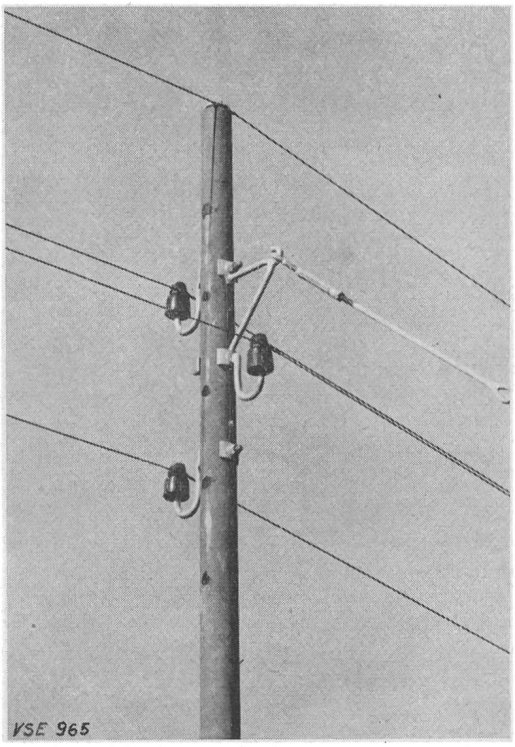


Fig. 10
Mastbild mit Drahtseilanker

mit genügend starken Eisenteilen voneinander distanziert werden. Dabei ist aber darauf zu achten, dass Distanzierungsstücke möglichst grosse Auflageflächen aufweisen.

Selbstverständlich kann auch ein Winkelpunkt durch eine Kombination von Anker und verstärktem Mast gehalten werden, was meistens eine sehr wirtschaftliche Lösung darstellt. Gebilde mit gespreizten, sogenannten A-Masten, die in starken Fundamenten stecken, wie man sie im Ausland auch in Niederspannungsnetzen häufig antrifft, sind nicht nur teuer, sondern auch unförmig und verunstalten die Landschaft. Deshalb ist es ratsam, von deren Verwendung abzusehen.

Montagedetails

Der Gegner von Betonmasten sucht in der Regel seine Ablehnung mit den Erschwernissen bei der Montage und beim Transport zu begründen. Diese beiden Momente fallen bei der Verwendung von Niederspannungsmasten ganz weg. Der Transport auf dem Felde mit dem Einachser (Fig. 9), der früher mit grösseren Rädern für Holzstämme verwendet wurde, ist einfach und billig. Der Wagen wird gekippt, bis die ca. 3 m lange Deichsel ungefähr 30 ° weniger als senkrecht steht; dann wird der Mast angehängt, die Deichsel heruntergelassen und eine zweite Befestigung an ihrem Ende angebracht. So ist der Mast während des Transportes an 2 Stellen befestigt und kann sich nur unwesentlich durchbiegen. Selbstverständlich sind Emballagen unter allen Befestigungsstellen anzubringen, damit der Beton nicht allzu stark beschädigt wird.

Gestellt werden die Masten mit einem Dreibein aus Leichtmetall, das auf einem Jeep montiert werden kann. Das Dreibein ist so dimensioniert, dass es für das Stellen von leichten Betonmasten genügt.

Der eine Schenkel des Dreibeins ist auf dem Jeep fest montiert, wogegen die beiden andern für das Stellen der Masten herausgeschwenkt werden, und zwar so, dass sie durch das Gewicht des Mastes auf Druck belastet werden und der auf dem Jeep verbliebene Schenkel auf Zug beansprucht wird. Der Mast wird über eine Seilrolle vom Jeepmotor gehoben. Für den Transport des Dreibeins werden alle drei Schenkel in vertikaler Lage am Fahrzeug befestigt.

Der Drahtseilanker (Fig. 10) wird wie bei Holzmasten ebenfalls im Mastbild angebracht. Dafür sind keine separaten Briden notwendig, denn der Haken ist an den Unterlagsplatten für die Isolatorenstützen angeschweisst. Dies ergibt nicht nur eine einfache Montage, sondern stellt auch eine wirtschaftliche Lösung dar.

Ein eisenbandarmiertes Papierbleikabel kann ohne Mehraufwand sowohl an Beton- wie an Holzmasten befestigt werden. Für die Befestigung des Supports, an dem der Mastendverschluss hängt, ist eine einfache Bride (Fig. 11) aus Rundeisen notwendig. Das Kabel wie auch das Schutzeisen wird mittels einfacher verzinnter Kupferbänder (Fig. 12) mit entsprechenden Führungsstücken befestigt.

Maststeckdosen werden auf Aussenhöfen immer mehr verlangt. Sie werden in der Regel an jenen Mast montiert, der sich in unmittelbarer Nähe des Hauses befindet. Zur Befestigung der Steckdose sind an Ort und Stelle zwei Muttern in den Beton einzulassen, wofür kleinere Spitzarbeiten notwendig

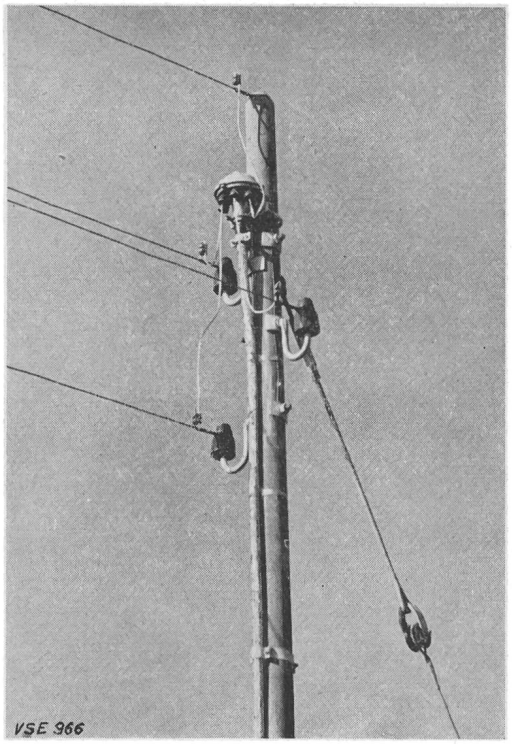


Fig. 11
Kabelbefestigung an Betonmast

sind. Nur in diesem einen Fall muss der Beton nachträglich bearbeitet werden.

Die Mastbezeichnungsschilder weisen beidseitig Längsschlitze auf und sind ähnlich wie ein Kabel befestigt.

Ganz besondere Aufmerksamkeit muss der Befestigung des Nulleiters auf der Mastspitze geschenkt werden. Beim normalen Tragmast in der Linie genügt dafür eine einfache Klemmbride aus verzinktem Eisen, die bereits bei der Herstellung angebracht wird. Bei Winkelpunkten und auch bei Abzweigungen ist es nicht möglich, mit dieser Bride auszukommen. Dort ist sie durch eine Scheibe, die am Umfang zwei Rillen aufweist, zu ersetzen (Fig. 13). In der einen Rille wird der durchgehende Nulleiter befestigt und in der andern der abzweigende Nulleiter geführt. Dessen Ende wird mit einem normalen Drahtbund am durchgehenden Nulleiter befestigt. Die zur Befestigung dieser Nullleiterscheibe notwendigen Schrauben werden schon in der Fabrik eingelassen und sind die gleichen, wie sie für die normale Klemmplatte auf dem Tragmast benötigt werden.

Es soll auch noch darauf hingewiesen werden, dass sämtliche Armaturen am Zopf direkt an Erde zu legen bzw. mit dem Nulleiter zu verbinden sind. Dies kann auf sehr einfache Weise geschehen, indem man eine Drahtschlaufe (Fig. 14) unter die Klemmplatten der Isolatorenträger und auch unter andere Armaturenteile legt und mit der vorhandenen Erdungsschraube im Mastbild verbindet.

Der Nulleiter jedes Leitungsstranges ist, abgesehen von der Erdung in der Transformatorenstation, mindestens am Ende der Leitung direkt mit der Erde zu verbinden. Bei längeren Strängen sind solche Verbindungen in Abständen von ca. 300... 500 m anzubringen. Zu diesem Zweck ist am Betonmast 30 cm über dem Boden eine mit den Armierungseisen verbundene Erdungsschraube angebracht.

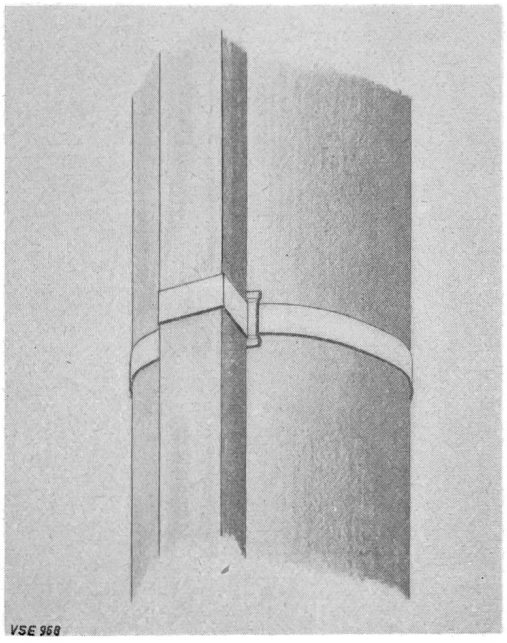


Fig. 12
Detail der Befestigung des Kabelschutzeisens

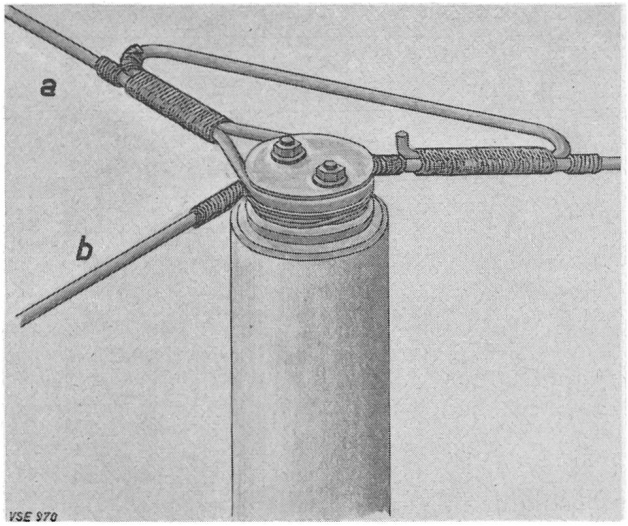


Fig. 13
Nulleiterbefestigung auf einem Abzweigmast
a abzweigender Nulleiter
b durchgehender Nulleiter

Fundamente für die Niederspannungs-Betonmasten sind nicht notwendig; für Tragmasten werden, wie bei Holzmasten, 2 gut verkeilte Steinkränze eingelegt; bei Winkelpunkten sind die Steinkränze lediglich noch mit Beton zu verdichten.

Wirtschaftliche Überlegungen

Die beschriebene Betonmastenleitung hat, wie erwähnt, eine Länge von 1,5 km, wofür 29 Masten, davon 5 verstärkte, benötigt wurden. Die 4 Hausanschlüsse konnten direkt an die Hausfronten geführt werden. Die gesamten Baukosten, ohne das Kabel unter der SBB-Linie und ohne Maststeckdosen, beliefen sich auf Fr. 18 200.— inkl. Leitermaterial. Das ergibt pro km ca. Fr. 12 100.—. Wäre die gleiche Leitung mit Holzmasten erstellt worden, hätten die Aufwendungen nur Fr. 13 850.— betragen. 1 km Holzmastenregelleitung wäre nur auf ca. Fr. 9200.— zu stehen gekommen. Die Betonmastenleitung ist demnach 31 % teurer als die Holzmastenleitung.

In Tabelle I sind die Kosten sowohl für die Beton- als auch für die Holzmastenleitung nach zusammengehörenden Material- und Montagepositionen geordnet. Daraus ist ersichtlich, dass die Position «Leiter» bei beiden Ausführungen praktisch gleich gross ist. Dagegen betragen die Mehrkosten für das montierte Gestänge bei der Betonmastenleitung 73 % der Holzmastenleitung. Auch für «Isolatoren und Stützen» ist ein Mehraufwand von 10 % notwendig. Die Positionen «Erdleitungen, Kleinmaterial und Transporte» beeinflussen die Gesamtkosten so wenig, dass sich auch ihr Unterschied auf die Differenz der Totalkosten nur unwesentlich auswirkt.

Bei der Berechnung der *Jahreskosten* müssen sowohl die Standdauer für die Masten als auch der Kapitalzinsfuss berücksichtigt werden. Im Netz der EKZ beträgt die mittlere Lebensdauer der ersetzten faulen Masten, die vorwiegend mit Kupfervitriol

Baukosten einer 1,5 km langen 380-V-Leitung mit Beton- oder Holzmasten Tabelle I

Position	Material		Montage		Total			
	Beton	Holz	Beton	Holz	Beton	Holz	Beton	Holz
	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	%	%
Gestänge	6 754.60	3 425.25	2 380.80	1 857.20	9 135.40	5 282.45	173	100
Isolatoren und Träger	1 513.40	1 248.90	338.80	436.40	1 852.20	1 685.30	110	100
Leiter	4 542.80	4 542.80	1 185.40	1 158.70	5 728.20	5 701.50	101	100
Erdleitungen	264.50	322.—	487.—	262.—	751.50	584.—	129	100
Kleinmat. u. Transp.	324.70	411.05	408.—	185.70	732.70	596.75	123	100
Total	13 400.—	9 950.—	4 800.—	3 900.—	18 200.—	13 850.—	131	100

Beton: Kosten pro km mit Leiter ca. Fr. 12 100.—, ohne Leiter ca. Fr. 8 300.—
Holz: Kosten pro km mit Leiter ca. Fr. 9 200.—, ohne Leiter ca. Fr. 5 400.—

imprägniert waren, 22 Jahre, was einer jährlichen Amortisationsquote von 2,92 % entspricht. Damit würde nach der genannten Zeitdauer das Kapital für die Erstellung eines neuen Gestänges wieder zur Verfügung stehen, wobei aber eine eventuell im Laufe dieser Zeit eintretende Teuerung nicht berücksichtigt werden kann.

Es sei angenommen, dass der mittlere Kapitalzins während der 22 Jahre 4 % betrage. Der gleiche Prozentsatz wird auch für die Verzinsung des aufgewendeten Kapitals eingesetzt.

Die Standdauer der Betonmasten wird nur mit 50 Jahren angenommen, was eine jährliche Amortisation von 0,65 % bedingt.

Selbstverständlich wird man auf der Holzmastenleitung nach 22 Jahren nicht alles Material erneuern müssen. Für die Leiter, Isolatoren und Stützen darf ebenfalls mit einer Lebensdauer von 50 Jahren gerechnet werden. In Tabelle II sind die für die *Jahreskosten* massgebenden Faktoren zusammengestellt.

Prozentuale Jahreskosten für Niederspannungsleitungen mit Beton- oder Holzmasten

Tabelle II

	380-V-Leitung mit		
	Betonmasten 50 Jahre	Holzmasten 22 Jahre	Holzmasten 50 Jahre
	%	%	%
Amortisation	0,65	2,92	0,65
Zins	4,0	4,0	
Betrieb	0,3	1,0	
Unterhalt	0,5	1,0	
Verwaltungsanteil	0,5	0,8	
Jahreskosten in % der Baukosten	5,95	8,77 [1])	

[1]) 58 % der gesamten Leitungskosten sind mit 2,92 %, die restlichen Kosten mit 0,65 % zu amortisieren.

Bei dieser Gelegenheit soll auch einmal gesagt werden, worin der Unterschied zwischen Betriebs- und Unterhaltsarbeiten besteht. Zum Unterhalt zählen alle Arbeiten mit Materialverbrauch, während zum Betrieb alle Arbeiten gerechnet werden, bei denen kein Leitungsbaumaterial verbraucht wird. Unterhaltsarbeiten sind demnach: Schadenbehebungen, verursacht durch Gewitter, Menschen, Tiere usw. Bei der Berechnung der Jahreskosten ist das Auswechseln von faulen Masten nicht in den Unterhaltskosten zu berücksichtigen, der entsprechende Anteil ist in der Amortisation enthalten. Zu den Betriebsarbeiten gehören: Kontrollen, Ausasten, Mithilfe beim Baumfällen, Sprengen, Aufrichten von Leitungsmasten usw.

Die Betriebskosten einer Betonmastenleitung sind gegenüber denjenigen einer Holzmastenleitung wesentlich kleiner. Vor allem fallen die in Art. 74 genannten jährlichen Kontrollen weg. Diese können, weil sie nur noch die Isolatoren und Leiter betreffen, einfacher und in grösseren Zeitabständen (ca. alle 3 Jahre) vorgenommen werden. Bei Betonmastenleitungen sind auch die Unterhaltsarbeiten billiger, da die zu entfernenden Masten im Falle von Verlegungen wieder vollwertig verwendet werden können, was bei Holzmasten kaum der Fall ist.

Nach den in Tabelle II berechneten prozentualen Jahreskosten betragen diese im Beispiel Eglisau für die Betonmastenleitung Fr. 1082.— und für die Holzmastenleitung mit gleich vielen Stützpunkten Fr. 1216.—. Demnach sind die *Jahreskosten* für die Betonmastenleitung 11 % kleiner als diejenigen für die Holzmastenleitung.

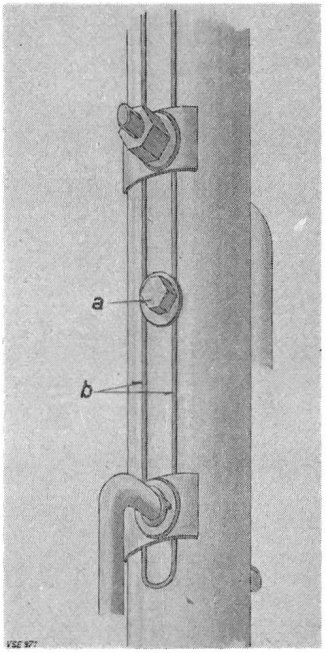


Fig. 14
Erdung der Isolatorenstützen
a Erdungsschraube; *b* Erddraht 4 mm ⌀ Cu

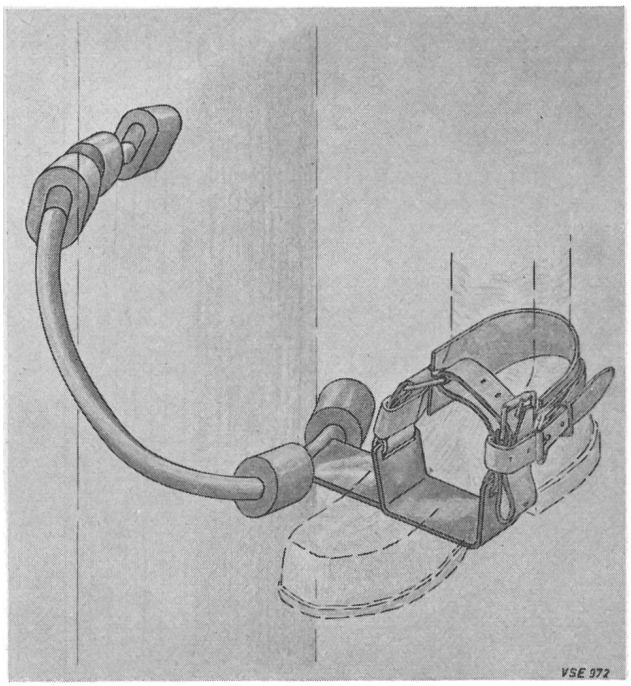


Fig. 15
Steigeisen für Niederspannungs-Betonmasten

Vergleicht man nur die Kosten der mit Isolatoren versehenen Gestänge untereinander, d .h. ohne montierte Leiter, so ergeben sich Jahreskosten für die Betonmasten von Fr. 742.— und für die Holzmasten von Fr. 763.—. Auch so ist die Wirtschaftlichkeit der Betonmasten noch voll ausgewiesen.

Zugunsten der Betonmasten ist noch zu sagen, dass ihre Standdauer wesentlich länger sein wird als die angenommenen 50 Jahre und dass Holzmastenleitungen wahrscheinlich mehr Stützpunkte benötigen (Fäulnis) als Betonmastenleitungen. Ferner wurden der anfallende Materialmehrwert und die Minderlagerkosten, die auf die immer häufiger werdenden Verlegungen infolge Strassen- und Wohnbauten zurückzuführen sind, nicht im entsprechenden Mass berücksichtigt. Die Wirtschaftlichkeit einer Betonmastenleitung gegenüber einer Holzmastenleitung ist damit ausgewiesen.

Auf die Durchführung einer Rentabilitätsberechnung für die Leitungen mit Holz- oder Betonmasten wird hier verzichtet, weil ihre Ergebnisse von den Jahreskosten direkt abhängig sind.

Betriebstechnische Überlegungen

Der Betrieb einer Betonmastenleitung unterscheidet sich von einer Holzmastenleitung insofern, als das Besteigen der Masten etwas verändert ist und die Isolation des Holzmastes wegfällt.

Das *Besteigen* kurzer und schlanker Betonmasten, wie sie im Niederspannungsnetz verwendet werden, ist aber fast so leicht wie bei Holzmasten. Wegen der kleineren Konizität ist eine Verstellvorrichtung an den Steigeisen nicht notwendig. Diese können nach Fig. 15 mit Gummi belegt sein; man kann auch Metallkanten anbringen. Steigeisen mit Metallkanten werden sich im Winterbetrieb wahrscheinlich besser bewähren als solche mit Gummi. Auf keinen Fall darf das Steigeisen aber so konstruiert sein, dass es sowohl für die kurzen Betonmasten im Niederspannungsnetz als auch für die längeren bei Hochspannungsleitungen verwendet werden könnte, weil ein mit allen Schikanen versehenes Steigeisen mit sehr grossen betrieblichen Nachteilen verbunden ist.

Die Betriebssicherheit eines Verteilnetzes hängt neben der Isolation weitgehend von der Qualität der Nullungs- und Erdungseinrichtungen ab. Diese können bei den Betonmasten mindestens so gut wie bei den Holzmasten angebracht werden. Zwangsläufig wird jeder Betonmast genullt, da der Nulleiter am Mastzopf in einer Klemmbride bzw. bei Winkelmasten in einem Führungsstück liegt, das mit den Armierungseisen verbunden ist. Da auch alle Armaturenteile im Mastbild mit den Armierungseisen verbunden werden, sind sie genullt. Selbstverständlich ist die Isolation zwischen den Leitern unter Berücksichtigung des dazwischen liegenden Maststückes bei Betonmasten wesentlich geringer als bei Holzmasten. Fehler an Isolatoren führen meistens zu mehr oder weniger vollständigen Erd- bzw. einpoligen Kurzschlüssen. Weil aber alle Metallteile genullt sind, kann am Mast keine wesentliche Spannungserhöhung auftreten und damit auch keine Gefahr für Menschen und Tiere entstehen. Wichtig ist aber, dass der Nulleiter und seine Befestigungsklemmen kräftig und korrosionsbeständig sind.

Es soll noch darauf hingewiesen werden, dass die betriebsmässige Sicherheit auch weitgehend von der Anzahl und der Güte der Netzerdungen abhängig ist. Ihre Anzahl kann kleiner gehalten werden, wenn die Möglichkeit besteht, einzelne Masten am Wasserleitungsnetz zu erden. Eine grössere Anzahl ist aber dann zu wählen, wenn nur Erdelektroden verlegt werden können.

Schlussfolgerungen

Die Erfahrungen im Leitungsbau mit «leichten und billigen» Betonmasten für Niederspannungsnetze zerstreuen viele Bedenken, insbesondere in bezug auf Montage und Transport. Betonmastenleitungen sind wohl ca. 30 % teurer als Holzmastenleitungen, ergeben aber dennoch um 10 bis 12 % kleinere Jahreskosten. Deshalb ist damit zu rechnen, dass in den nächsten Jahren die Betonmasten in Niederspannungsverteilnetzen vermehrt angewendet werden. Ihre Wirtschaftlichkeit bleibt auch dann bestehen, wenn die Standdauer der Holzmasten in naher Zukunft durch bessere Imprägnierungsverfahren oder vermehrte periodische Nachbehandlungen verlängert werden kann.

Adresse des Autors:
J. Stösser, Chef des Leitungsbaues der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Oberrieden ZH.

Zum Jahresende

Die Redaktion der *Seiten des VSE* dankt für alle im Laufe des Jahres zugekommenen Beiträge, Mitteilungen, Kritiken und Anregungen. Sie wünscht ihren Mitarbeitern und allen Lesern frohe Festtage und recht viel Erfolg im neuen Jahr.

Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie durch die schweizerischen Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung

Mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Die Statistik umfasst die Erzeugung der Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte. Nicht inbegriffen ist also die Erzeugung der bahn- und industrieeigenen Kraftwerke für den eigenen Bedarf.

Monat	Energieerzeugung und Bezug											Speicherung				Energieausfuhr	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Bezug		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung			
	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59		1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59
	in Millionen kWh										%	in Millionen kWh					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	1035	1355	4	1	23	52	165	21	1227	1429	+16,5	2167	3094	— 202	— 32	112	235
November ..	907		23		17		250		1197			1895		— 272		78	
Dezember ..	854		31		18		344		1247			1520		— 375		86	
Januar	870		31		21		345		1267			1158		— 362		89	
Februar ...	978		6		27		114		1125			974		— 184		83	
März	1168		2		23		56		1249			522		— 452		81	
April	1054		4		21		69		1148			327		— 195		75	
Mai	1322		1		67		12		1402			1043		+ 716		258	
Juni	1387		1		48		35		1471			1693		+ 650		338	
Juli	1482		1		50		53		1586			2505		+ 812		402	
August	1451		1		50		39		1541			3073		+ 568		406	
September ..	1443		0		50		11		1504			3126[4]		+ 53		380	
Jahr	13951		105		415		1493		15964							2388	
Okt.-März ..	5812		97		129		1274		7312					-1847		529	
April-Sept...	8139		8		286		219		8652					+2604		1859	

Monat	Verwendung der Energie im Inland																
	Haushalt und Gewerbe		Industrie		Chemische metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel[1]		Bahnen		Verluste und Verbrauch der Speicherpumpen[2]		Inlandverbrauch inkl. Verluste ohne Elektrokessel und Speicherpump.		Veränderung gegen Vorjahr[3] %	Inlandverbrauch inkl. Verluste mit Elektrokessel und Speicherpump.	
	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59		1957/58	1958/59
	in Millionen kWh																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	523	567	218	215	169	168	14	27	55	59	136 (2)	158 (14)	1099	1153	+ 4,9	1115	1194
November ..	540		217		153		4		65		140		1110			1119	
Dezember ..	582		209		144		3		73		150		1151			1161	
Januar	586		214		138		3		81		156		1164			1178	
Februar ...	512		190		131		5		69		135		1025			1042	
März	570		208		170		6		76		138		1160			1168	
April	506		195		182		9		55		126		1060			1073	
Mai	484		191		180		60		55		174		1044			1144	
Juni	463		193		169		84		56		168		1017			1133	
Juli	468		194		180		99		59		184		1057			1184	
August	473		191		175		88		52		156		1029			1135	
September ..	495		205		168		51		51		154		1062			1124	
Jahr	6202		2425		1959		426		747		1817 (172)		12978			13576	
Okt.-März ..	3313		1256		905		35		419		855 (39)		6709			6783	
April-Sept...	2889		1169		1054		391		328		962 (133)		6269			6793	

[1]) Mit einer Anschlussleistung von 250 kW und mehr und mit brennstoffgefeuerter Ersatzanlage.
[2]) Die in Klammern gesetzten Zahlen geben den Verbrauch für den Antrieb von Speicherpumpen an.
[3]) Kolonne 15 gegenüber Kolonne 14.
[4]) Energieinhalt bei vollen Speicherbecken: Sept. 1958 = $3220 \cdot 10^6$ kWh.

Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz

Mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft

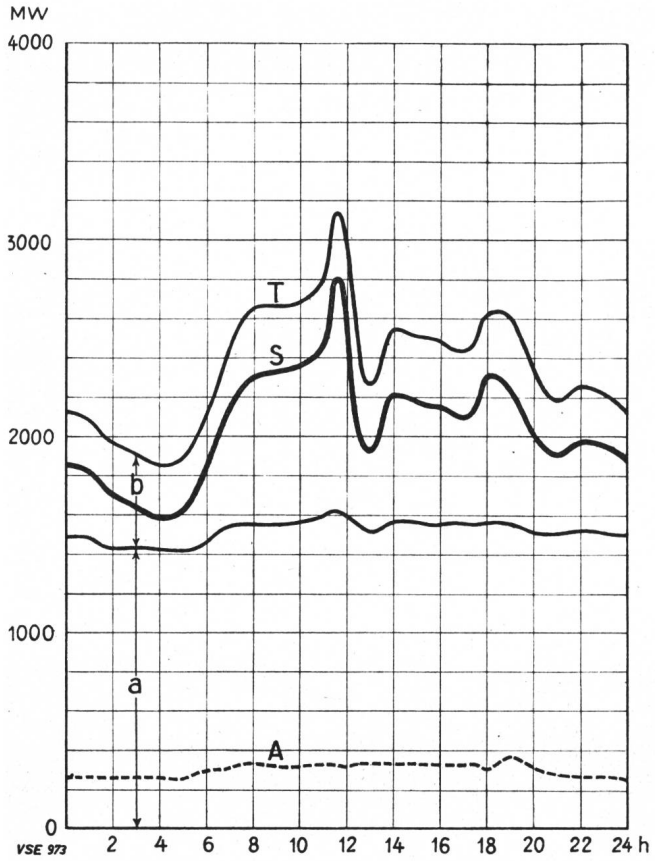
Die nachstehenden Angaben beziehen sich sowohl auf die Erzeugung der Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung wie der bahn- und industrieeigenen Kraftwerke.

Monat	Energieerzeugung und Einfuhr									Speicherung				Energie-Ausfuhr		Gesamter Landesverbrauch	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Einfuhr		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung					
	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59		1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59
	in Millionen kWh								%	in Millionen kWh							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	1264	1639	11	7	165	21	1440	1667	+15,8	2332	3331	— 223	— 34	112	238	1328	1429
November ..	1064		31		256		1351			2039		— 293		78		1273	
Dezember ..	980		38		356		1374			1639		— 400		86		1288	
Januar	982		40		358		1380			1256		— 383		89		1291	
Februar ...	1099		14		123		1236			1063		— 193		83		1153	
März	1307		10		60		1377			580		— 483		87		1290	
April	1222		10		73		1305			355		— 225		88		1217	
Mai	1647		5		12		1664			1125		+ 770		295		1369	
Juni	1725		4		35		1764			1850		+ 725		393		1371	
Juli	1835		5		53		1893			2734		+ 884		460		1433	
August	1808		3		39		1850			3311		+ 577		464		1386	
September ..	1770		4		11		1785			3365[2])		+ 54		423		1362	
Jahr	16703		175		1541		18419							2658		15761	
Okt.-März ..	6696		144		1318		8158					–1975		535		7623	
April-Sept...	10007		31		223		10261					+2785		2123		8138	

Monat	Verteilung des gesamten Landesverbrauches														Landesverbrauch ohne Elektrokessel und Speicherpumpen		Veränderung gegen Vorjahr
	Haushalt und Gewerbe		Industrie		Chemische, metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel [1])		Bahnen		Verluste		Verbrauch der Speicherpumpen				
	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	1957/58	1958/59	
	in Millionen kWh																%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	532	580	239	241	277	285	17	30	107	114	151	164	5	15	1306	1384	+ 6,0
November ..	549		236		223		6		105		148		6		1261		
Dezember ..	592		225		189		4		112		158		8		1276		
Januar	596		233		174		5		112		160		11		1275		
Februar ...	520		211		165		9		100		135		13		1131		
März	581		232		203		8		112		152		2		1280		
April	515		218		223		13		105		138		5		1199		
Mai	493		215		295		69		102		152		43		1257		
Juni	473		214		299		91		104		155		35		1245		
Juli	480		216		310		107		112		177		31		1295		
August	485		211		305		97		110		158		20		1269		
September ..	506		224		291		59		108		162		12		1291		
Jahr	6322		2674		2954		485		1289		1846		191		15085		
Okt.-März ..	3370		1376		1231		49		648		904		45		7529		
April-Sept...	2952		1298		1723		436		641		942		146		7556		

[1]) Mit einer Anschlussleistung von 250 kW und mehr und mit brennstoffgefeuerter Ersatzanlage.
[2]) Energieinhalt bei vollen Speicherbecken: Sept. 1958 = $3463 \cdot 10^6$ kWh.

Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz



1. **Verfügbare Leistung, Mittwoch, den 15. Oktober 1958**

	MW
Laufwerke auf Grund der Zuflüsse, Tagesmittel	1520
Saisonspeicherwerke, 95 % der Ausbauleistung	2510
Thermische Werke, installierte Leistung	160
Einfuhrüberschuss zur Zeit der Höchstleistung	—
Total verfügbar	4190

2. **Aufgetretene Höchstleistungen, Mittwoch, den 15. Oktober 1958**

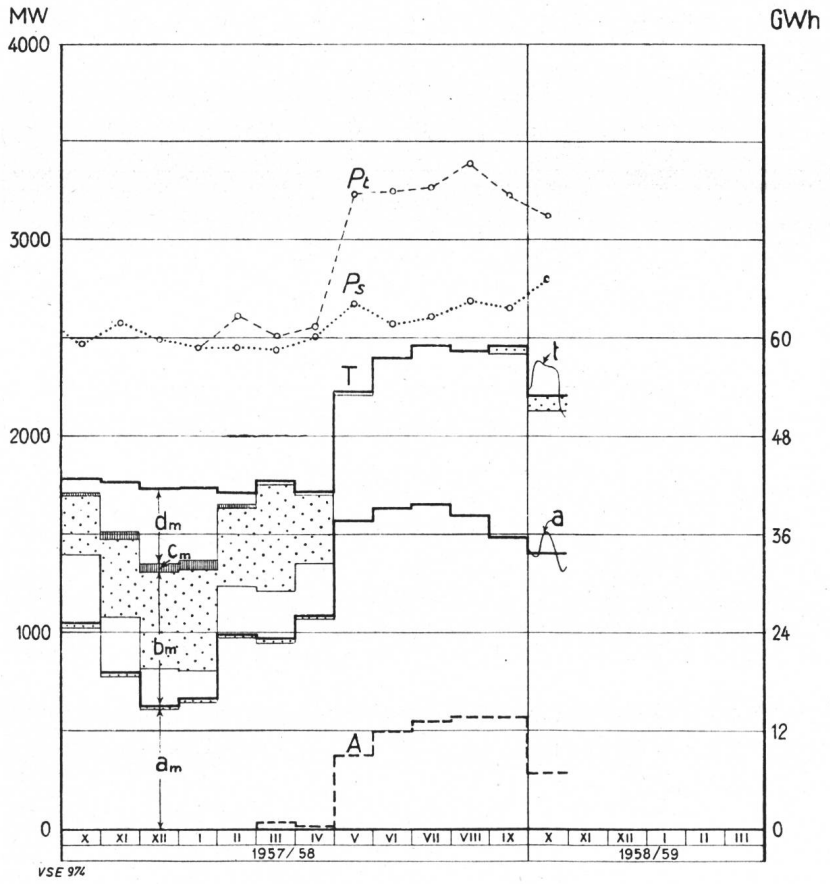
Gesamtverbrauch	3150
Landesverbrauch	2800
Ausfuhrüberschuss	360

3. **Belastungsdiagramm, Mittwoch, den 15. Oktober 1958** (siehe nebenstehende Figur)

a Laufwerke (inkl. Werke mit Tages- und Wochenspeicher)
b Saisonspeicherwerke
c Thermische Werke (unbedeutend)
d Einfuhrüberschuss (keiner)
T Gesamtbelastung
S Landesverbrauch
A Ausfuhrüberschuss

4. **Energieerzeugung und -verwendung**

	Mittwoch 15. Okt.	Samstag 18. Okt.	Sonntag 19. Okt.
	GWh (Millionen kWh)		
Laufwerke	36,3	34,0	30,8
Saisonspeicherwerke . . .	20,0	15,8	10,4
Thermische Werke	0,2	0,2	—
Einfuhrüberschuss	—	—	—
Gesamtabgabe	56,5	50,0	41,2
Landesverbrauch	49,2	42,5	33,4
Ausfuhrüberschuss	7,3	7,5	7,8



1. **Erzeugung an Mittwochen**

a Laufwerke
t Gesamterzeugung und Einfuhrüberschuss

2. **Mittlere tägliche Erzeugung in den einzelnen Monaten**

a_m Laufwerke, wovon punktierter Teil aus Speicherwasser
b_m Speicherwerke, wovon punktierter Teil aus Speicherwasser
c_m Thermische Erzeugung
d_m Einfuhrüberschuss

3. **Mittlerer täglicher Verbrauch in den einzelnen Monaten**

T Gesamtverbrauch
A Ausfuhrüberschuss
T—A Landesverbrauch

4. **Höchstleistungen am dritten Mittwoch jedes Monates**

P_s Landesverbrauch
P_t Gesamtbelastung

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1, Postadresse: Postfach Zürich 23, Telephon (051) 27 51 91, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrunion Zürich. Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.