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: 84 (1993)

Heft: 24

Artikel: Aufwertung von Holzmasten mit Ultraschalltest

Autor: Sandoz, J. L.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902764

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: 24.08.2025

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

Der Holzmast für Freileitungen ist eine der ältesten Anwendungsformen von Holz im Ingenieurwesen. Ein verbessertes Aussortieren des Holzes mit Ultraschall bringt sehr widerstandsfähige Masten hervor, die das Vergrössern der Spannweite von 50 m auf 150 m erlauben. Die Compagnie Vaudoise d'Electricité (CVE) hat diese neuen Kenntnisse bei einer MS-Leitung (mittlerer Spannung) angewendet. Dieses Beispiel wird im Detail erläutert, um die Forschungsergebnisse des IBOIS zu bestätigen.

Aufwertung von Holzmasten mit Ultraschalltest

■ J.L. Sandoz

Seit seiner Gründung 1978 beschäftigt sich IBOIS, der Lehrstuhl für Holzkonstruktionen an der Eidgenössischen Technischen Hochschule von Lausanne (EPFL), intensiv mit den mechanischen Eigenschaften der Baustoffe. Vor rund zwei Jahren wurde der Sylvatest® fertiggestellt: ein Gerät zum Messen und Einstufen der mechanischen Eigenschaften der Hölzer. Dank dieser neuen Technologie, vollumfänglich in der Westschweiz entwickelt und hergestellt, basierend auf eingehende Studien über die Eigenschaften von Hölzern mit rundem Querschnitt, findet das Ultraschallverfahren heute Anwendung in der Holzmasten-Industrie. Daraus resultiert ein neuer, hochwertiger Mast, der den Betonmasten als allgemein üblichen Träger der MS-Leitung zu konkurrenzieren oder zu verdrängen vermag. Dieser technische Fortschritt bringt den Stromverteilergesellschaften wirtschaftlich und ökologisch bedeutende Vorteile.

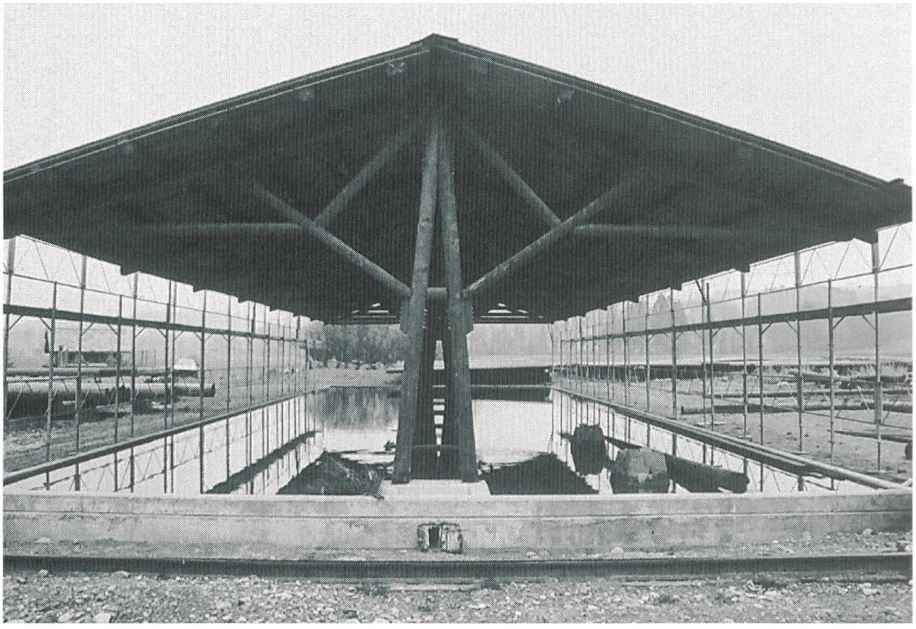


Bild 1 Halle für die Imprägnierung nach dem Impfstichverfahren mit Trägern aus Rundholz. Die durch Zug beanspruchten Streben wurden mit Ultraschall getestet, um ein höheres Beanspruchungsniveau zu erreichen als nach der Norm SIA 164. Bauherr: Société romande pour l'imprégnation des bois, Palézieux. Ingenieur: Bois Consult Natterer, Etoy; Zimmermann: Stöckli et fils, Oron

Adresse des Autors:
Prof. Dr . *J.L. Sandoz,*
Ecole polytechnique fédérale de Lausanne,
IBOIS, GCH2 (Ecublens), 1015 Lausanne.

Die Studien über das Rundholz

Das Rundholz ist ein wichtiges Forstprodukt. Ständige Lichtungen in den Tannenwäldern bringen viel Rundholz von kleinem Durchmesser, das für die Papierindustrie oder für Holzmasten verwendet wird. Damit diese jedoch als Bauelement dienen können, müssen sie genügende mechanische Eigenschaften aufweisen. Sind sie entrindet und tiefenbehandelt, können sie der biologischen Zersetzung besser widerstehen und eine günstige Lebensdauer erreichen (mehr als 40 Jahre im Durchschnitt).

Während die Schutzbehandlung in den letzten Jahrzehnten weit fortgeschritten ist, sind die mechanischen Eigenschaften des Rundholzes hingegen kaum untersucht worden.

Um das grundsätzliche mechanische Verhalten des natürlichen runden Querschnitts besser zu verstehen, wurde 1988 am IBOIS ein grosses Forschungsvorhaben lanciert. Zuerst geschah dies im Rahmen eines Randbudgets des Impulsprogrammes zugunsten des Holzes, wo auf Anstoss eines Westschweizer Unternehmens das Produkt «Rundholz» zu einem vollwertigen Baumaterial aufgearbeitet werden sollte. Ein Beispiel daraus ist die für diese Gesellschaft entwickelte Halle für die Imprägnierung im Impfstichverfahren, die die Möglichkeiten des Materials Rundholz illustriert (Bild 1). Der nächste wichtige Schritt war das Abkommen zwischen IBOIS (EPFL) und EDF, der französischen Elektrizitätsgesellschaft: ein 504-kFr-Projekt, zu 20% durch die EPFL und zu 80% durch EDF finanziert. Dabei konnten mit Studien, zu je 50% auf Paris (EDF) und auf IBOIS (EPFL) verteilt, aber ganz unter der Führung vom IBOIS, wichtige Ergebnisse über Kenntnisse, Aufwertung und Anwendung der mechanischen Eigenschaften des Rundholzes gewonnen werden.

Mechanische Eigenschaften der Rundhölzer

Wie das Holz im allgemeinen, hat auch das Rundholz stark unterschiedliche mechanische Eigenschaften. Diese hängen hauptsächlich von der Dichte der verholzten Materie sowie von Einzelheiten ab, die deren natürliche zylindrisch-orthotrope Organisation beeinträchtigen (Äste, gewundene Fasern, lokale Pathologie usw.).

Zwar ist die Dichte des Holzes im Zusammenhang mit der starken Streuung der mechanischen Eigenschaften ein wichtiger Faktor, doch ist sie innerhalb eines Baumstammes recht gut bestimmt. Eine densitometrische Analyse über das Dichtegefälle im runden Querschnitt gemäss ISO-Norm hat ein schon bekanntes Ergebnis bestätigt: die Dichte nimmt vom Mark zum Splint des Baumes zu. Bild 2 zeigt die Entwicklung der Dichte an hundert getesteten Masten. Die drei analysierten Dichten entsprechen den drei Entnahmen gemäss Bild 3, je einem Testwürfel aus der Marknähe, aus der Radiusmitte und aus der Randregion.

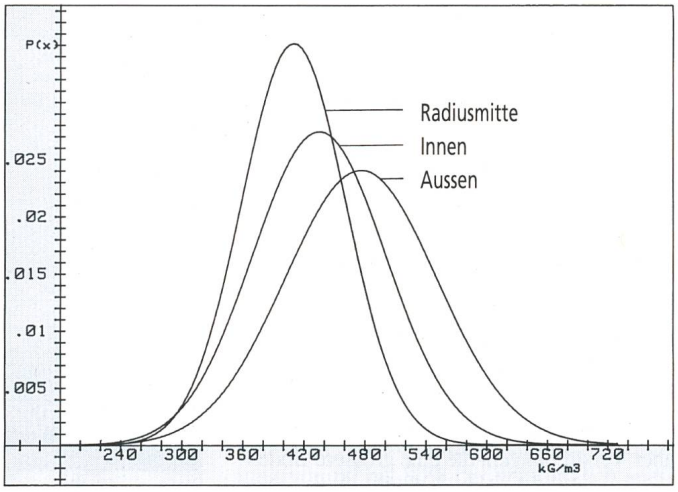


Bild 2 Statistischer Vergleich der Dichteverteilung bei einer Probeauswahl von Rundhölzern. Es wurden drei spezifische Dichten gemessen: Dichte in Marknähe, im einwandfreien Holz und im Jungholz

Dieses Resultat bestätigt, dass sich das qualitativ beste Holz auf dem äussersten Durchmesser des runden Querschnitts befindet. Dieser hat folglich eine grössere Trägheit und einen besseren mechanischen Widerstand als der rechteckige Querschnitt, der aus dem Innern des Stammes gewonnen werden kann (Bild 4). Zudem werden die Holzmasten auf ihrer Einspannungslinie, das heisst praktisch auf Bodenhöhe, am stärksten beansprucht. Diese Zone entspricht der Fusszone des lebenden Baumes, wo natürliches oder künstliches Ausmerzen das Ausbilden der untersten Astschicht verhindert. So profitiert der auf Biegen getestete Holzmast (Bild 5) gleich von einer doppelten natürlichen Optimierung:

- erhöhte Dichte in der aktiven Zone der Trägheit
- praktisch perfekte orthotrope Organisation, da keine wesentlichen Einzelheiten, besonders Äste, vorhanden sind.

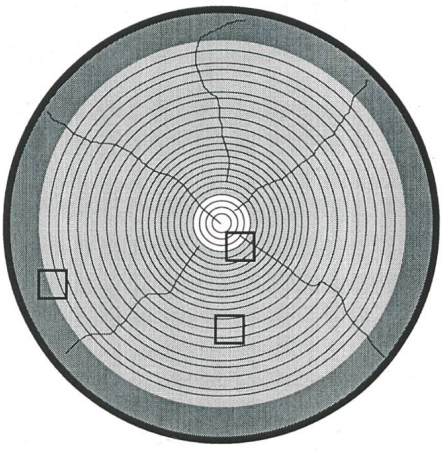


Bild 3 Entnahmestellen der Holzwürfel zur Bestimmung der Dichte beim Rundholz

Die Qualität und Organisation der Struktur des Holzes im natürlichen runden Querschnitt führt dazu, den durchgebogenen Holzmasten als ein Material mit einer halbplastischen Verformungsphase zu betrachten, die ihn zum Holzprodukt mit den besten mechanischen Eigenschaften macht. Der runde durchgebogene Querschnitt hat im Mittel 30% höhere Widerstandswerte als der entsprechende hineinbeschriebene rechteckige Querschnitt, der seinerseits 20% mehr Widerstand hat als ein Brettschichtholz, das aus demselben (ursprünglich runden) Querschnitt gewonnen werden kann. Bild 6 zeigt ein Beispiel eines bei einem Biegeversuch verformten runden Querschnittes.

Aktuelle Einstufung des Holzmastes

Die vorangehenden Ergebnisse und die natürliche mechanische Optimierung des Rundholzes sind noch nie angewendet worden; von den aktuellen offiziellen Texten werden sie gar nicht berücksichtigt.

Holzmasten werden heute nach ausschliesslich geometrischen Kriterien klassiert. Die zwei wesentlichen Eigenschaften sind einerseits die totale Länge des Mastes, welche die Einspannungslänge (10% der totalen Länge plus 0,5 m) und die Länge über Boden bestimmt, also Eigenheiten der Leitung. Die andere geometrische Eigenschaft ist der Minimaldurchmesser des Mastes an der Basis und am Kopf. Diese garantiert eine minimale aktive Festigkeit, die unter Berücksichtigung der Biegelänge, die maximale an den Schaft applizierbare Kraft zu evaluieren. Diese Kraft wird durch Gleichung (1) gegeben:

$$F = \sigma_F \pi D^3 / L32 \qquad (1)$$

F Kraft am Schaft, Biegemoment (N/m)
D Durchmesser bei der Einspannung (mm)
L Länge des Mastes über Boden (mm)
σ_F Zulässige Biegespannung (N/mm²).

Bemessung einer Freileitung

Die Hochspannungsleitungen (> 50 kV) haben Spannweiten von 200 bis 1000 m und werden mit Beton- oder Metallträger ausgerüstet. Jede Leitungstrasse hat verschiedene Stützentypen:

- «Normalmaste» für eine gerade Linienführung
- «Winkelmaste» bei Richtungswechsel
- «Abspannmaste» an den Linienenden.

Winkel- und Abspannmaste können wohl auch in Holz gefertigt werden. Sie benötigen aber Verstrebungen, die eine grössere Bodenbeanspruchung bedeuten, die für die moderne und zunehmend mechanisierte Landwirtschaft nicht akzeptierbar ist.

Zum Bemessen der allgemein üblichen Stützen einer Freileitung werden das Eigengewicht der Leiter und Zusatzlasten von Schnee berücksichtigt. Diese ergeben vertikale Lasten und somit Druck in den Masten.

Der Druck des Windes auf die Leiter, die Armaturen, die Isolatoren und auf den Mast selber erzeugen die horizontalen Kräfte quer zur Leitung. Dieser Lastfall ist oft bestimmend. Er ist mit dem Lastfall der Beanspruchung längs der Leitung zu vergleichen, welche den Wind auf die Armaturen und die Maste sowie eine Zugkraft in den Leitern von 5% der maximalen Spannung berücksichtigt. Die vertikale Beanspruchung kann im allgemeinen vernachlässigt werden.

Aufgrund der obigen Belastungsfälle, sowie der Mastlänge, die die minimalen Abstände der Leiter zum Boden garantieren, rechnet der Planer die Spannungen in bezug auf den Schaft und bestimmt somit die Kraft F der Gleichung (1). Diese Kraft hängt selbstverständlich von der Spannweite, das heisst von der Distanz zwischen zwei Masten, ab.

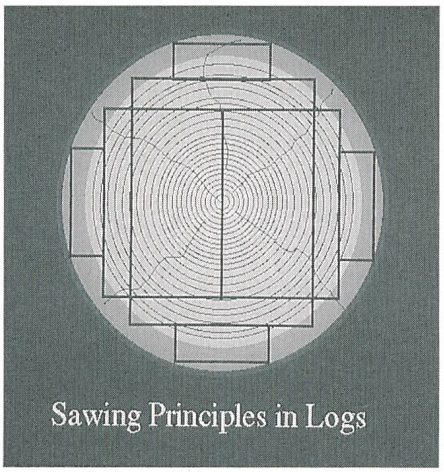


Bild 4 Sägeprinzip beim runden Querschnitt in der Industrie zur ersten Verarbeitung

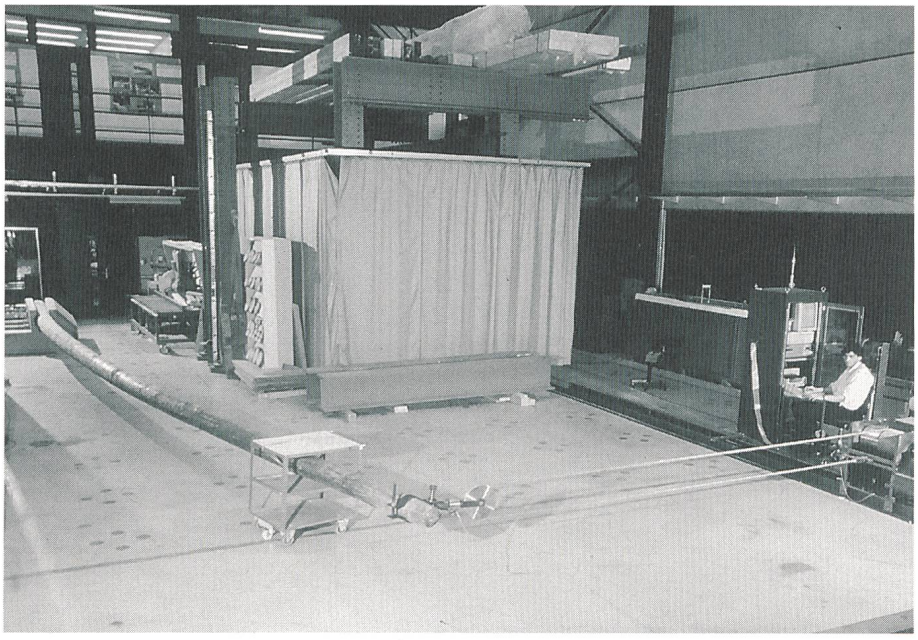
Bei Holzmasten darf das Biegemoment (ungünstigster Lastfall) 15 N/mm^2 nicht überschreiten. Im Falle einer Beanspruchung durch Wind von kurzer oder sehr kurzer Dauer entspricht dies der nur mittelwertigen Holzklasse II. Hierbei wird keine mechanische Aussortierung vorgeschlagen und die vorzüglichen grundsätzlichen Eigenschaften des Rundholzes überhaupt nicht mit einbezogen. Dies hat zur Folge, dass das Rundholz unterbewertet wird und so die Holzmaste in den für die Industrie üblichen Durchmessern (180–300 mm) nur für NS- und MS-Leitungen mit herkömmlichen Spannweiten bis höchstens 50 m Spannweite verwendet werden können.

Ein Entwicklungsverfahren zum Aussortieren und Aufwerten dieses Produktes war der Schlüssel zu einem neuen technischen Anwendungsbereich des Holzmastes, das heisst für Leitungen mit Spannweiten von 120 bis 150 m. Diese Aufwertung wurde durch die Anwendung neuer Sortiermethoden mit Ultraschall ermöglicht, die auch für die Klassifizierung des Schnittholzes verwendet wird. Sie wurde auch mit der Entwicklung der Klasse 0 der SIA-Norm 164 mit erhöhten Eigenschaften durchgeführt.

Aussortieren mit Ultraschall

Das Aussortieren mit Ultraschall ist ein zerstörungsfreies Prüfverfahren der neuesten Generation zum Ermitteln der mechanischen Eigenschaften eines gegebenen Holzstückes. Das Prinzip der Ultraschallmethode beruht auf den Fortpflanzungseigenschaften niederfrequenter Wellen in einem stetigen Medium. In bezug auf das Holz bedeutet dies, dass eine hohe Fortpflanzungsgeschwindigkeit der US-Wellen in Längsrichtung der Baumachse auf ein Material mit guten mechanischen Eigenschaften schliessen lässt. Umgekehrt werden kleinere Geschwindigkeiten mit geringeren mechanischen Werten verbunden. Bild 7 zeigt ein Beispiel einer Beziehung zwischen gemessener Schallgeschwindigkeit bei Telefonstangen (totale Länge 7 und 8 m) und deren Biegewiderstand. Bild 9 zeigt ein Messbeispiel mit dem Sylvatest®, einem Klassiergerät mit Ultraschall, bei dem eine Feuchtigkeits- und Temperaturkorrektur integriert ist. Der Ultraschalltest wird auf den vier unteren Metern des Mastes durchgeführt, da diese Zone am stärksten beansprucht wird.

Was aber den Kunden am Masten viel mehr interessiert als dessen mechanische Klassierung, ist die Kraft F auf den Schaft,



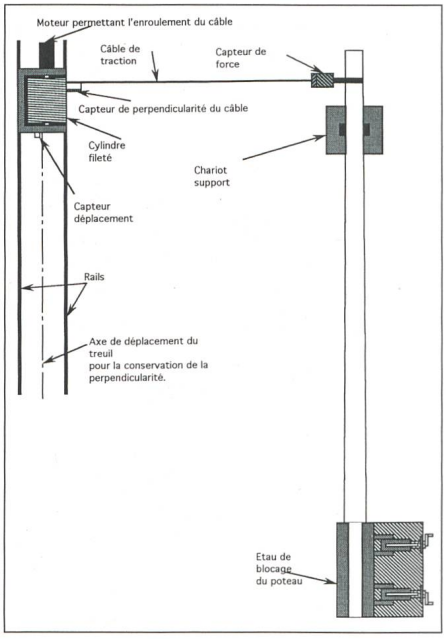


Bild 5 Statisches System des Holzmastes beim Biegetest: es simuliert einen eingespannten und durch horizontale Windkraft beanspruchten Mast

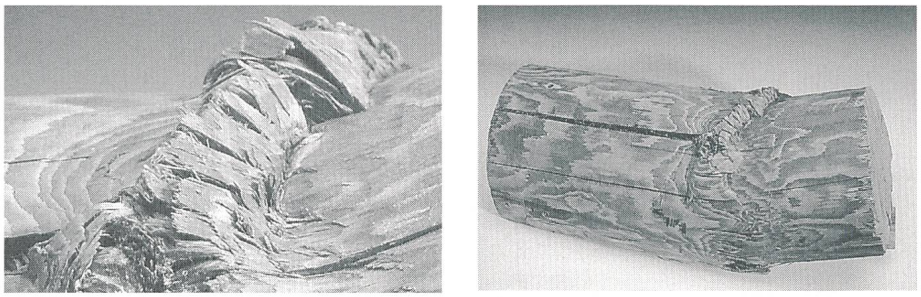


Bild 6 Verformung nach Plastifizierung eines auf Biegen getesteten Holzmastes

Identifikations-nummer	Länge über Boden (m)	Windkraft auf Leiter *F1* (daN)	Windkraft auf Stütze *F2* (daN)	Durchmesser aktuelle Norm (cm)	Durchmesser bei Einspannung (mm)	Zulässige Spannung (N/mm²)	Totale Länge (m)
91	10	331	168	305	265	22,7	12
64-66-68-81-83-88-56-57-58-60-63	10,30	331	173	310	270	22,3	12
	11,20	331	196	325	280	22,3	13
86	12,10	331	220	335	290	22,3	14
84	13,50	331	255	355	305	22,2	16

Tabelle 1 Eigenschaften und Bemessung der mit Ultraschall getesteten Holzmasten für die Leitung Cossonay 66

Nummer	Länge über Boden	Beanspruchung F_s	Bruchkraft F_R	Sicherheitsfaktor *s*	Durchmesser bei Einspannung	Biegezugspannung bei der Einspannung
	(m)	(N)	(N)		(mm)	(N/mm²)
1	10,06	5040	11114	2.20	285	46,7
2	10,05	5040	11568	2.30	275	55,4
3	10,05	5040	9878	1.96	270	49,6

Tabelle 2 Eigenschaften und Ergebnisse für die durch IBOIS getesteten Masten, gemäss einer Qualitätskontrolle

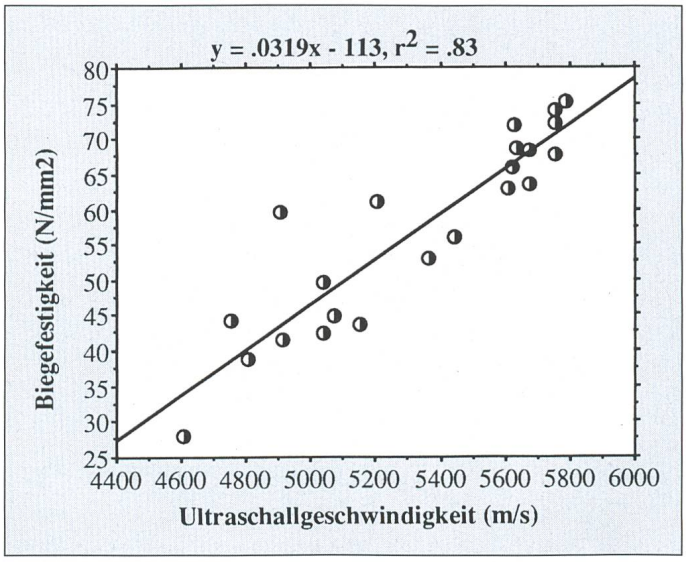


Bild 7 Zusammenhang zwischen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Ultraschalls und Biegewiderstand von Telefonstangen von 7 bis 8 m Länge

die ein sicheres Anwenden erlaubt. Diese Kraft, in Gleichung (1) definiert, hängt von den geometrischen Eigenschaften des Mastes sowie von dessen spezifischem Widerstand ab. Mit dem Ultraschalltest kann der zulässige spezifische Widerstand des Mastes anhand einer Umrechnungsfunktion, zum Beispiel derjenigen von Bild 7, bestimmt werden. Dabei wird mit einem statistischen Konzept garantiert, dass dieser zulässige Wert für *F* die üblichen Anwendungsbedingungen des Mastes erfüllt. Bei einem qualitativ guten Holz liegt die zulässige Spannung zwischen 15 N/mm² und 25 N/mm², im Extremfall bei 28 N/mm². Dies entspricht also einer Aufwertung von 60 bis 80% der ursprünglich anerkannten Eigenschaften.

Beispiel der Leitung Cossonay 66

Das beste, um die Vorteile dieser neuen Technik aufzuzeigen, war die Realisierung einer MS-Leitung mit grossen Spannweiten. Für diese wurden bisher nur Betonmasten eingesetzt. Die Waadtländer Elektrizitätsgesellschaft (CVE), die an Rationalisierungsmöglichkeiten und technischem Fortschritt sehr interessiert ist, hat uns ein solches Projekt unterbreitet.

Die Leitung Cossonay 66 gehörte zum Verstärkungsprogramm der MS-Leitungen. Bei der Programmrealisierung erwog die CVE den Ersatz der aktuellen Leitung mit Holzstangen (im Abstand von 40 m) durch eine Leitung mit Betonmasten bei den Richtungsänderungen und Holzstangen für die geraden Strecken. Die mittlere Spannweite beträgt neu 120 m. Die Armaturen tragen drei Leiter aus Aldrey mit 150 mm² und 15,9 mm Aussendurchmesser. Die zwei realisierten Teilstücke führen über die Gemeinden Eclépens und Lussery. Die Höhe der Holzstützen über Boden beträgt zwischen 10 und 13,5 m, was Masten von 12 bis 16 m benötigt.

Die Stützen wurden anhand der Tabelle 1 bemessen. Diese gibt den Minimaldurchmesser der Basis in Funktion der Mastlänge und der Windkräfte auf die Leiter und Armaturen (*F1*) und auf dem Mast selbst (*F2*). Die zulässige Beanspruchung wurde einheitlich auf etwa 22,5 N/mm² festgelegt. Zum Vergleich wird auch der Durchmesser nach der aktuellen Norm angegeben. Es zeigt sich, dass der mit Ultraschall getestete Mast eine Reduktion um 35% erlaubt. Noch wichtiger aber ist, dass die Durchmesser kleiner als 300 mm sind. So können sie bei den Imprägnatoren ab Lager bezogen werden. Durchmesser von 330 bis 350 mm hingegen sind bei Schweizer Imprägnatoren nicht erhältlich, und zudem würde deren Montieren einen grösseren Aufwand erfordern. Unter diesen Umständen wäre ein Projekt einer MS-Leitung auf Holzstützen nicht angebracht. Die Bilder 8 und 9 zeigen

Bild 8 Qualitätsbestimmung eines Holzmastes mit dem Ultraschallgerät Sylvatest®

Beispiele von mit Ultraschall getesteten Stangen der Klasse «extrastark». Die grünliche Farbe des Mastes rührt von der Behandlung mit KCB-Salzen (Kupfer, Chrom, Bor) her.

Kontrollversuche

Um die Forschungsergebnisse zu bestätigen, hat IBOIS drei der für das Pilotprojekt bestimmten Masten auf Biegen (gemäss Bild 5) getestet. Die Resultate sind überzeugend und zeigen immer eine genügende Sicherheit. Sie sind in der Tabelle 2 dargestellt.

Zudem haben verschiedene unserer Studien über Holzmasten gezeigt, dass insbesondere Masten mit geringeren mechanischen Eigenschaften biodestruktive Pathologien entwickeln. Dieses Phänomen ist logisch. Es ist allgemein bekannt, dass innerhalb einer Baumart die natürliche Lebensdauer proportional zu der Dichte ist.

Bei den mit Ultraschall getesteten Stangen der Klasse extrastark ist die densitometrische Aussortierung mit der mechanischen Klassifizierung verbunden. Es ist anzunehmen, dass die Lebensdauer dieses Masttypen grösser ist als diejenige des herkömmlichen Mastes. Dies wirkt sich besonders auf den Unterhalt der Leitung aus. Weniger periodische Kontrollen und Nachbehandlungen sowie weniger häufiges Ersetzen der Masten reduzieren diese Kosten.

Wirtschaftliche Aspekte

Da jede Leitung besondere Eigenschaften betreffend Linienführung und technischer Konfiguration hat, ist es schwierig, die Baukosten pro Linientyp zuverlässig anzugeben. Im Fall der Leitung Cossonay 66, die 16 allgemein übliche Masten hat, sind diese Eigenschaften bekannt. In Tabelle 3 werden die Kosten der Varianten Holz- oder Betonmaste verglichen. Die Herstellungs-, die Regelungs- und Instandsetzungskosten werden nicht berücksichtigt, da sie für die beiden Varianten identisch sind. Die aufgestellte Wirtschaftlichkeitsbilanz zeigt einen Faktor 3 zwischen der Variante Beton und der Variante Holz. Auf die globalen Kosten der Leitung übertragen ergibt dies für eine Leitung mit Holzmasten mit grosser Spannweite eine Nettoersparnis von 10 bis 15% gegenüber derselben Leitung mit Betonmasten.

Variante Holz	Bezeichnung	Variante Beton
10000	Lieferung der 16 Stützen	30000*
2500	Transport und Setzen	8000
2000	Fixieren und Erden	17000
3500	ø Unterhaltskosten für 25 Betriebsjahre	1000
18000	Total	56000

* Maste ohne Vorverarbeitung und Montagebeschlag.

Tabelle 3 Wirtschaftlicher Vergleich MS-Leitung – Cossonay 66

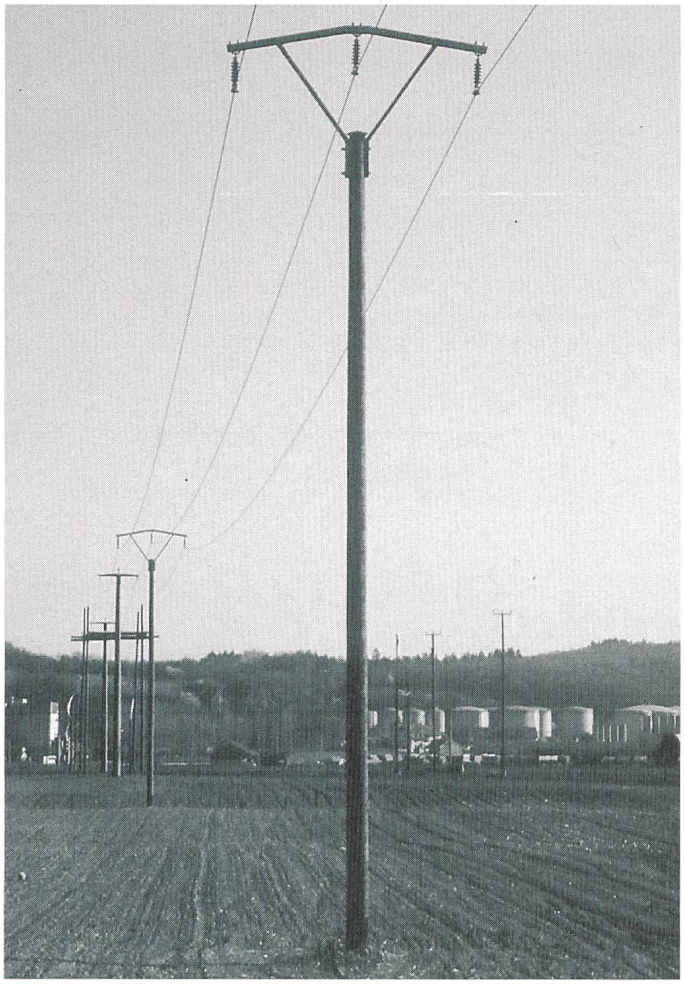


Bild 9 Beispiel einer Holzstütze: ein mit Ultraschall getesteter Mast der Klasse extrastark mit Auskragungen aus Metallträger von Aldrey-Leitern

Schlussfolgerungen

Die Verwendung von Holzmasten bei Freileitungen ist eine der ältesten Anwendungsformen von Holz im Ingenieurwesen. Die Entwicklungen in den Bereichen chemischer und mechanischer Schutz waren bemerkenswert; sie hatten direkte Auswirkungen auf die Lebensdauer der Masten und folglich auch auf die Unterhaltskosten der Leitungen.

Was die mechanische Zuverlässigkeit betrifft, konnte keine Entwicklung festgestellt werden, da die Grundkenntnisse über das makroskopische Verhalten des Rundholzes sowie die Messtechniken und -methoden zum Ermitteln der mechanischen Eigenschaften fehlten.

Die Ergebnisse über den durchgebogenen runden Querschnitt, und insbesondere das Beobachten einer halbplastischen Phase, welche durch optimale und stetige Bedingungen (makroskopisch annähernd eine perfekte zylindrische Orthotropie ohne Beeinträchtigungen durch natürliche Einzelheiten) erklärt werden kann, bezeugen die mechanischen Vorzüge dieses natürlichen Baustoffs. Zudem erlaubt die neue Methode zum Messen und Aussortieren mechanischer Eigenschaften mit Ultraschall Zugang zu einem neuen, aufgewerteten Masttyp: dem Mast der Klasse extrastark, erhältlich für die MS-Leitung. Er erlaubt Tragweiten von 120 bis 150 m, gegenüber heute üblichen 40 bis 50 m.

Um die Gültigkeit dieser neuen Methode vorzuzeigen, und in Zusammenarbeit mit der CVE, wurde mit der Leitung Cossonay 66 ein konkretes Anwendungsbeispiel realisiert. Es wurden die technischen Aspekte und insbesondere die Zuverlässigkeit der Masten kontrolliert. Die Resultate sind überzeugend. Die wirtschaftlichen Aspekte der Tabelle 3 zeigen die Vorteile einer solchen technischen Entwicklung.

Verallgemeinert betrachtet, passt diese neue Methode in das Konzept einer besseren Nutzung des Waldes dank der Aufwertung der Forstprodukte. Zudem ist Holz ein natürlicher und erneuerbarer Rohstoff. Beim Holzmasten entsprechen mehrere technische Eigenschaften der direkten Verfügbarkeit des natürlichen Elementes. Es wäre sozial-ökonomisch gesehen absurd, diese natürlichen Vorteile nicht zu nutzen, da es doch die Kenntnisse und die neuen Techniken heute erlauben.

Auskünfte:

C. Jan, A. Jaquier, Compagnie Vaudoise d'Electricité, Morges, tél. 021 802 01 11.

D. Descoeudres, Société romande pour l'imprégnation des bois, Palézieux, tél. 021 907 80 31.

J.L. Sandoz; Th. Dirand, IBOIS – EPFL – Ecublens, tél. 021 693 39 30.

Sandes SA, Ligne des produits Sylvatest, Grange/Veveyse, tél. 021 907 90 60.

Les performances du poteau bois augmentées par triage ultrason

Le poteau bois comme support de lignes aériennes est une des plus anciennes applications du bois dans l'engineering. Dans le prolongement du triage par ultrason, un poteau fort, très résistant, est disponible pour augmenter la portée des lignes de 50 à 150 m. Un exemple de ligne MT, moyenne tension, réalisé par la CVE, Compagnie Vaudoise d'Electricité, utilise ces nouvelles connaissances. Il est présenté en détail pour confirmer les résultats de recherche obtenus à IBOIS.

Depuis sa création en 1978, IBOIS, la chaire de construction en bois du professeur J. Natterer à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, travaille beaucoup sur les propriétés mécaniques des matériaux de construction. Il y a environ deux ans, était mis au point le Sylvatest®, appareil de mesure et de triage des propriétés mécaniques des bois. Grâce à cette nouvelle technologie, développée et produite intégralement en Suisse romande, et sur la base d'études approfondies sur les caractéristiques des éléments bois de section ronde, les ultrasons trouvent aujourd'hui une application dans l'industrie du poteau bois. Le résultat en est un nouveau poteau à hautes performances mécaniques, capable de concurrencer ou de supplanter le poteau béton comme support ordinaire (porteur) de ligne MT.

Cette évolution technique signifie des avantages économiques et écologiques importants pour les sociétés de distribution de l'énergie électrique.

L'utilisation du poteau bois comme support de ligne aérienne est une des plus anciennes expressions de l'application du bois dans l'engineering. L'évolution technique de ce type de produit bois a été notoire dans les domaines des traitements chimiques et des techniques de préservation. Ces développements ont eu des effets directs sur la durée de vie des supports, donc sur les coûts de maintenance des lignes.

Concernant la fiabilité mécanique des poteaux bois, aucune évolution n'a jamais été perceptible par faute de connaissances fondamentales sur le comportement macroscopique de la section ronde, et par manque de techniques ou de méthodes de métrologie des propriétés mécaniques.

Les résultats obtenus sur la section ronde fléchie, et principalement l'observation de l'existence d'une phase semi-plastique, expliquée par des conditions densitométriques optimales et continues, associées à une définition macroscopique proche de l'orthotropie cylindrique parfaite, quasiment sans perturbations par des singularités naturelles, démontrent l'intérêt mécanique de ce matériau naturel. De plus, la disponibilité d'une nouvelle méthode de mesure et de triage des propriétés mécaniques par ultrason, est une clef d'accès à un nouveau type de poteaux revalorisés: le poteau fort, disponible pour la ligne MT, et permettant des portées de 120 à 150 m par rapport aux niveaux actuels classiques de 40 à 50 m.

Pour faire la démonstration de la validité de cette nouvelle approche, et en collaboration avec la CVE, un cas concret d'application a été réalisé avec la ligne Cossonay 66. Les aspects techniques, et notamment la fiabilité des poteaux forts, ont été contrôlés. Ils sont très satisfaisants. Les aspects financiers démontrent l'intérêt économique d'une telle évolution technique.

Replacer dans un concept plus général, cette démarche s'intègre dans une approche globale de la gestion forestière par la valorisation des produits forestiers, et de l'écologie par l'utilisation prioritaire de la matière première naturelle et renouvelable. Dans le cas du poteau bois, plusieurs caractéristiques techniques de la définition de ce produit coincident gratuitement avec la disponibilité directe d'éléments naturels. Il serait donc un comble socio-économique de ne pas exploiter cette coincidence providentielle, puisque désormais les connaissances et les nouvelles techniques le permettent.