



Imprägnierte Holzmaste

Technischer Hinweis

6. Ausgabe, Oktober 2011

FNN FORUM NETZTECHNIK /
NETZBETRIEB IM VDE

Diese Anleitung darf für den eigenen Bedarf vervielfältigt werden.

© Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)

Bismarckstr. 33, 10625 Berlin

Telefon: + 49 (0) 30 3838687 0

Fax: + 49 (0) 30 3838687 7

E-Mail: fnn@vde.com

Internet: www.vde.com/fnn

6. Ausgabe: Oktober 2011

Imprägnierte Holzmaste

Technischer Hinweis

Oktober 2011

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	6
Bildverzeichnis	6
Vorwort zur 6. Auflage	7
Einleitung – Verwendung von Holz für Freileitungsmaste.....	8
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
3.1 Allgemeines	9
3.2 Lagerfäule.....	9
4 Anforderungen an den Auftragnehmer	10
5 Anforderungen an die Qualität der Rohmaste	10
5.1 Holzarten	10
5.2 Fällen und Vorbereiten des Holzes	10
5.3 Dimensionen und zulässige Abweichung	11
5.4 Qualitätsmerkmale der Rohholzmaste	11
5.4.1 Astigkeit nach DIN EN 14229; Abschnitt 5.5.1	11
5.4.2 Drehwuchs nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.2 (Faserneigung).....	11
5.4.3 Wachstumsrate nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.4	11
5.5 Geradschaftigkeit nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.5.....	11
5.5.1 Rindeneinschlüsse und Überwallungen nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.6	12
5.5.2 Mechanische Beschädigungen nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.7	12
5.5.3 Ring- und Sternrisse nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.8	12
5.5.4 Längsrisse nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.9	12
5.5.5 Herkunft nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.10.....	12
5.5.6 Fäulnis, Insekten nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.11 und Holzverfärbung	12
5.5.7 Querrisse nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.13.....	12
5.5.8 Splintholzbreiten	12
6 Anforderungen an die Imprägnierfähigkeit der Rohholzmaste	13
6.1 Feuchtigkeitsbestimmung der Rohholzmaste	13
6.2 Tränkreife der lufttrocken zu tränkenden Holzmaste.....	13
6.3 Feuchtegehalt der saftfrisch zu tränkenden Holzmaste	13
6.4 Mechanische Vorbehandlung	14
7 Imprägnierung	14
7.1 Tränken der Rohholzmaste	14

7.2	Ausführungen des Holzschutzes	14
7.3	Einbringmenge.....	14
7.4	Schutzmittelkonzentration	15
7.5	Eindringtiefe	15
8	Kennzeichnung der imprägnierten Holzmaste.....	15
8.1	Kennzeichnung am Mastschaft	15
8.2	Kennzeichnung an der Stirnfläche des Mastfußes.....	16
9	Prüfungen.....	17
9.1	Prüfungen durch den Hersteller.....	17
9.1.1	Bauartprüfung.....	17
9.1.2	Werkseigene Produktionskontrolle.....	17
9.2	Abnahmeprüfungen	17
10	Dokumentation	18
10.1	Allgemeine Dokumentation.....	18
10.2	Dokumentation des Imprägnierprozesses (Tränkprotokoll).....	18
10.3	Weitere Dokumentation	18
11	Lagerung und Transport.....	19
11.1	Auftreten von Lagerfäule	19
11.2	Lagerung der imprägnierten Holzmaste	19
11.3	Transport	19
12	Anwendungshinweise.....	20
12.1	Statische Belastung	20
12.2	Einbauhinweise.....	20
13	Gewährleistung durch den Lieferanten	22
A1	Vakuum-Druckverfahren mit wasserlöslichen Holzschutzmitteln	24
A 1.1	Geltungsbereich	24
A 1.2	Technische Einrichtungen der Tränkanlage.....	24
A 1.3	Vorbereitung der Maste.....	24
A 1.4	Tränkvorgang	24
A 1.4.1	Vollzelltränkung von Kiefern, Lärchen und Douglasien	25
A 1.4.2	Vollzelltränkung von Fichten und Tannen.....	25
A 1.4.3	Dokumentation	25
A 1.5	Bestimmung der eingebrachten Schutzmittelmenge.....	25
A2	Wechseldruckverfahren mit wasserlöslichen Holzschutzmitteln	26
A 2.1	Geltungsbereich	26
A 2.2	Technische Einrichtungen der Tränkanlage.....	26
A 2.3	Vorbereitung der Maste.....	26

A 2.4	Tränkvorgang	26
A 2.5	Bestimmung der eingebrachten Schutzmittelmenge.....	27
A3	Vakuum-Druckverfahren mit Imprägnieröl (Rüpingverfahren).....	28
A 3.1	Geltungsbereich	28
A 3.2	Technische Einrichtungen der Tränkanlage.....	28
A 3.3	Vorbereitung der Maste	28
A 3.4	Tränkvorgang	28
A 3.4.1	Konditionierung der Maste	28
A 3.4.2	Tränkung der Maste	29
A 3.4.3	Dokumentation	29
A 3.5	Bestimmung der eingebrachten Schutzmittelmenge.....	29
A4	Zusätzliche Imprägnierung für den Fußbereich mit Imprägnieröl	30
A 4.1	Geltungsbereich	30
A 4.2	Technische Einrichtungen der Tränkanlage.....	30
A 4.3	Vorbereitung der Maste	30
A 4.4	Tränkvorgang für Fichten- und Tannenmasten.....	30
A 4.5	Tränkvorgang für Kiefer-, Lärchen- und Douglasienmasten	31
A 4.6	Dokumentation	31
A 4.7	Bestimmung der eingebrachten Schutzmittelmenge.....	31
A5	Mechanische Vorbehandlung - Bohrperforation „System Benker“	32
A 5.1	Geltungsbereich	32
A 5.2	Methode.....	32
A 5.3	Lage und Ausmaß	32
A 5.4	Toleranzen.....	33
A6	Ausführung der Kennzeichnung und Kurzzeichen	34
A 6.1	Ausführung der Kennzeichnung	34
A 6.2	Kurzzeichen zur Verwendung an neuen Masten	34
A 6.2.1	Kurzzeichen der Holzarten.....	34
A 6.2.2	Holzschutzmittel-Gruppen und deren Kurzzeichen	34
A7	Zustandsklassifizierung von Holzmasten (Auszug)	35
14	Literaturhinweise.....	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Holzarten	10
Tabelle 2	Zulässige Anzahl von Messpunkten mit einer höheren Holzfeuchte.....	13
Tabelle 3	Ausführungsmöglichkeiten des Holzschutzes	14
Tabelle 4	Farbcodierung des Lieferjahres	16
Tabelle 5	Übersicht der Holzschutzmittel-Gruppen und deren Kurzzeichen	34

Bildverzeichnis

Bild 1	Mastaustausch unter Nutzung des gleichen Loches	21
Bild 2	Bohrschema „System Benker“	39
Bild 3	Plakette zur Kennzeichnung von neuen Holzmasten	40

Vorwort zur 6. Ausgabe

Seit der fünften Ausgabe der „TB Holzposte“, die im Jahr 1987 vom VDEW herausgegeben wurde, gab es wesentliche Veränderungen im Bereich Holzimprägnierung und der europäischen und nationalen Normung.

So gibt es mit der DIN EN 14229, die erstmals 2011 veröffentlicht wurde, eine europäische Norm, die Anforderungen an Holzposte für Freileitungen festlegt.

Von Netzbetreibern und Herstellern wurde die grundlegende Überarbeitung der TB Holzposte als Technischer Hinweis beim FNN angeregt. Das vorliegende Dokument orientiert sich in Struktur und Inhalt an der DIN EN 14229. Es fasst die in Deutschland gewonnenen Erfahrungen beim Einsatz von Holzposten für die Energieversorgung und die Telekommunikation zusammen. Teilweise werden ergänzende Festlegungen, z. B. hinsichtlich der Kennzeichnung zur DIN EN 14229 getroffen. Die Anwendung des Technischen Hinweises wird Netzbetreibern und Herstellern von Holzposten empfohlen.

In der Projektgruppe arbeiteten mit:

Uwe Goldberg	Imprägnierwerk Wülknitz GmbH
Andreas Heidel	Holzindustrie Fürst zu Fürstenberg GmbH & Co. KG
Dirk Herweg	RWE Rhein-Ruhr Netzservice GmbH
Bernhard Koepke	EnBW Regional AG
Dietmar Krause	DB System GmbH
Norbert Marx	Sachverständiger
Dieter Pleyer	Deutsche Telekom Netzproduktion GmbH
Dr. Norbert Seddig	Carl Scholl GmbH
Andreas Walz	THP Handels-GmbH
Erwin Weber	E.ON Bayern AG
Fritz Wüstemann	E.ON Thüringer Energie AG
Thoralf Bohn	Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)

Einleitung – Verwendung von Holz für Freileitungsmasten

Der Werkstoff Holz ist einer der wenigen nachhaltig zur Verfügung stehenden Rohstoffe und – am Ende seiner Nutzungsdauer – Energielieferant. In Ökobilanzen schneiden Holzprodukte im direkten Vergleich zu anderen Werkstoffen sehr positiv ab [1].

Holz ist ein lignifiziertes (verholztes) pflanzliches Gewebe. Es wird vom Kambium (Wachstumszellen) zwischen Holz und Rinde gebildet. Der anatomische Aufbau ist artspezifisch und mitbestimmend für seine technischen Eigenschaften. Für Holzmasten werden vornehmlich Nadelhölzer eingesetzt.

Bei Hölzern mit rundem Querschnitt wie Masten lassen sich Splint- und Kernholz unterscheiden. Das an der Peripherie liegende Splintholz dient am lebenden Baum dem Nährstoff- und Wassertransport, während das innen befindliche Kernholz vor allem der Stabilität dient. Ein technisch relevanter Unterschied zwischen Splint- und Kernholz ist nicht vorhanden.

Die gebräuchliche Holzgattung Kiefer bildet einen Farbkern aus. Hier erhöhen in die Zellwände eingelagerte phenolische Inhaltsstoffe die natürliche Dauerhaftigkeit. Bei den ebenfalls häufig eingesetzten Holzgattungen Fichte und Tanne dagegen spricht man von Reifhölzern, da Farbunterschiede zwischen Splint- und Kernholz äußerlich nicht oder nicht immer deutlich erkennbar sind.

Das organische Material Holz ist geprägt durch seine Porosität (Zellstruktur), Hygroskopizität und Anisotropie. Durch die Anisotropie unterscheiden sich die Holzeigenschaften in axialer, radialer und tangentialer Grundrichtung eines Holzstammes.

Die Holzfeuchtigkeit stellt sich während der Gebrauchsphase in Abhängigkeit zum Umgebungsklima ein (Ausgleichsfeuchte). Im hygroskopischen Bereich sind Feuchtigkeitsveränderungen mit Formveränderungen verbunden (Quellen oder Schwinden des Holzes). Durch Trocknung führt insbesondere das tangentiale Schwinden bei groß dimensionierten Rundhölzern zu radialen Trocknungsrissen, die aber im Gebrauch von Holzmasten keinen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit sowie auf die Biegefestigkeit und andere mechanische Eigenschaften besitzen.

Die großen Vorteile von Holz liegen in seinem gegenüber anderen Werkstoffen wie z. B. Metall und Beton sehr günstigen Verhältnis zwischen Festigkeit und Gewicht sowie seiner Elastizität, Biegefestigkeit und Torsionsfähigkeit. Holzmasten werden ohne Betonfundamente und damit ohne Einsatz von schweren Geräten errichtet. Holz ist im Unterschied zu den anderen Materialien entscheidend weniger elektrisch leitfähig.

Die natürliche Lebensdauer von Holzprodukten lässt sich mit einer fachgerechten Imprägnierung entscheidend verlängern. Freileitungsmasten mit einem zusätzlichen Schutz im Erd-Luft-Bereich stellen heute den Stand der Technik dar und erreichen Nutzungsdauern von durchschnittlich 30 Jahren.

Am Ende ihrer Nutzungsdauer steht meist eine thermische Verwertung zur Wärme- und Energiegewinnung. Diese wird gegenüber anderen, ebenfalls möglichen, jedoch energetisch aufwendigeren Recyclingmaßnahmen bevorzugt. Die thermische Verwertung unter Beachtung abfallrechtlicher Vorgaben trägt wesentlich zur hervorragenden Ökobilanz des Holzmastes bei.

Auf Grund dieser Eigenschaften und unter wirtschaftlichen Betrachtungen werden Masten aus Holz auch in Zukunft unverzichtbar im Leitungsbau sein.

1 Anwendungsbereich

Dieser technische Hinweis (TH) gilt für imprägnierte Holzmaste, die in den Netzen der elektrischen Energieversorgung und der Telekommunikation sowie zum Zwecke der Beleuchtung verwendet werden.

Die DIN EN 14229 stellt die normative Grundlage für diesen technischen Hinweis dar.

Ergänzend zur DIN EN 14229 werden Anforderungen für die Herstellung, Kennzeichnung und Lieferung imprägnierter Holzmaste beschrieben und Hinweise für deren Verwendung gegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Technischen Hinweises erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN 14229:2011-02 *Holzbauwerke – Holzmaste für Freileitungen*

DIN EN 351-2:2007-10 *Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Mit Holzschutzmitteln behandeltes Vollholz - Teil 2: Leitfaden zur Probenentnahme für die Untersuchung des mit Holzschutzmitteln behandelten Holzes*; Deutsche Fassung EN 351-2:2007

DIN EN ISO 9001 *Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen (ISO 9001:2008)*; Dreisprachige Fassung EN ISO 9001:2008

DIN EN 13183-1 *Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz – Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren*; Deutsche Fassung EN 13183-1:2002

DIN EN 13183-2 *Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz – Teil 2: Schätzung durch elektrisches Widerstands-Messverfahren*; Deutsche Fassung EN 13183-2:2002

DIN 68800-3 *Holzschutz – Vorbeugender Schutz von Holz mit Holzschutzmitteln*

3 Begriffe

3.1 Allgemeines

Es gelten die Begriffe der DIN EN 14229:2011-02.

3.2 Lagerfäule

Schäden, die durch falsche, unsachgemäße Lagerung entstehen, z. B. eine zu lange oder zu feuchte Lagerung des gefällten Holzes im Wald oder auf Zwischenlagern.

4 Anforderungen an den Auftragnehmer

Der Auftragnehmer hat ein durchgängiges Qualitätssicherungssystem, z. B. nach DIN EN ISO 9001, nachzuweisen, um somit eine kontinuierliche Sicherung der durch den Auftraggeber geforderten und durch den Auftragnehmer zugesicherten gleichbleibenden Produkteigenschaften zu gewährleisten.

5 Anforderungen an die Qualität der Rohmaste

5.1 Holzarten

Für die Herstellung von imprägnierten Holzmasten dürfen folgende Holzarten verwendet werden:

Tabelle 1 Holzarten

Handelsname	Kurzzeichen	Kurzzeichen (alt)	botanischer Name
	nach DIN EN 14229	nach DIN 4076, Blatt 1	
Kiefer	PS	KI	Pinus sylvestris
Lärche	LE	LA	Larix spec.
Fichte	PA	FI	Picea abies
Tanne	AA	TA	Abies alba
Douglasie	PM	DG	Pseudotsuga menziesii

5.2 Fällen und Vorbereiten des Holzes

Angaben zum Fällen und Vorbereiten des Holzes vor der Imprägnierung sind in DIN EN 14229, Abschnitt 5.2 näher beschrieben.

Zusätzliche Anforderungen

Die Rinde und der Bast sind durch sauberes Bearbeiten mit der Schälmaschine oder dem Ziehmesser zu entfernen. Der Abtrag beim Schälen soll so gering wie möglich gehalten werden. Wurzelanläufe („Elefantfüße“) dürfen egalisiert werden. Aststellen sind zu glätten.

Das Fußende des Mastes ist senkrecht zur Mastachse zu schneiden und der Rand der Schnittfläche ist abzukanten. Das Zopfende ist nach Wahl des Auftraggebers flach, kegelförmig oder dachförmig auf einer Länge von etwa ein Drittel des Zopfdurchmessers gleichmäßig auszuformen.

Erforderliche Bohrungen und Aussparungen sind nach Angaben des Anwenders herzustellen. Diese herstellerseitige Bearbeitung der Masten muss grundsätzlich vor der Imprägnierung erfolgen.

Wenn eine nachträgliche Bearbeitung nicht zu vermeiden ist, muss eine Nachbehandlung der bearbeiteten Stellen durchgeführt werden.

Lagern der Rohholzmasse

Die im lufttrockenen Zustand für im Vakuum-Druckverfahren zu tränkende Holzmasse sind nach dem Schälen – möglichst in Kreuzstapeln – luftig und mit mindestens 30 cm Abstand zum Erdboden zu lagern. Sie dürfen an keiner Stelle den Erdboden berühren. Das Niedrighalten des Bewuchses unterhalb und an den Rändern der Polter ist zu gewährleisten. Die im Wecheldruckverfahren zu tränkenden Masse sind bis zur Imprägnierung im saffrischen Zustand (Holzfeuchte $u \geq 80\%$) zu halten.

5.3 Dimensionen und zulässige Abweichung

Übliche Dimensionen sind in der DIN 48350 und DIN 48351 genannt. Abweichend von DIN EN 14229 gelten folgende Toleranzen:

Länge: - 0 mm / + 100 mm

Durchmesser: - 0 mm / + 20 mm

5.4 Qualitätsmerkmale der Rohholzmasse

5.4.1 Astigkeit nach DIN EN 14229; Abschnitt 5.5.1

Der Beiwert beträgt im Bereich bis 3 m oberhalb des Fußendes $0,05 \times$ Mastumfang, im übrigen Mastbereich $0,08 \times$ Mastumfang.

Die Prüfung erfolgt gemäß DIN EN 14229, Abschnitt 6.2.

Astlöcher und wuchsbedingte Vertiefungen sind bis zu einer Tiefe von 20 mm zulässig.

5.4.2 Drehwuchs nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.2 (Faserneigung)

Der Drehwuchs darf bis zu $1/10$ betragen.

BEISPIEL Eine Neigung der Faser von $1/10$ bedeutet $1/10$ m (d.h. 100 mm) Abweichung über 1 m Länge entlang der Mastachse.

Die Prüfung erfolgt gemäß DIN EN 14229, Abschnitt 6.3.

5.4.3 Wachstumsrate nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.4

Die Wachstumsrate muss mindestens 10 Jahresringe je 25 mm betragen.

Die Prüfung erfolgt gemäß DIN EN 14229, Abschnitt 6.4.

5.5 Geradschaftigkeit nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.5

Eine Doppelkrümmung ist nicht zulässig.

5.5.1 Rindeneinschlüsse und Überwallungen nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.6

Die Flächenausdehnung von Rindeneinschlüssen oder Überwallungen darf quer zur Mastachse bis 0,5 x Mastdurchmesser und in Richtung der Mastachse 4 x Mastdurchmesser betragen.

Die Prüfung erfolgt gemäß DIN EN 14229, Abschnitt 6.5.

5.5.2 Mechanische Beschädigungen nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.7

Keine weiteren Anforderungen.

Die Prüfung erfolgt gemäß DIN EN 14229, Abschnitt 6.6.

5.5.3 Ring- und Sternrisse nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.8

Keine weiteren Anforderungen.

5.5.4 Längsrisse nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.9

Trockenrisse sind entsprechend den Ausführungen der DIN EN 14229 zulässig.

Die Prüfung erfolgt gemäß DIN EN 14229, Abschnitt 6.7.

5.5.5 Herkunft nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.10

Die Herkunft der Masten ist durch den Hersteller zu dokumentieren. Er hat auf Verlangen des Kunden hierüber Auskunft zu geben.

5.5.6 Fäulnis, Insekten nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.11 und Holzverfärbung

Bei Fichtenholz darf keine visuell erkennbare Rotstreifigkeit vorhanden sein.

Verblautes Kiefernholz ist zulässig.

5.5.7 Querrisse nach DIN EN 14229, Abschnitt 5.5.13

Querrisse sind nicht zulässig.

5.5.8 Splintholzbreiten

Bei Kernholz bildenden Nadelhölzern (z. B. Kiefer, Lärche, Douglasie) muss die Splintholzbreite mindestens 20 mm, im Erd-Luft-Bereich mindestens 30 mm betragen. Der Splintholzanteil sollte mindestens 50 % der Querschnittsfläche umfassen..

Am Mastfuß sind nach Entfernen der Wurzelanläufe („Elefantenfüße“) auch kleinere Splintanteile zulässig.

6 Anforderungen an die Imprägnierfähigkeit der Rohholzmasse

6.1 Feuchtigkeitsbestimmung der Rohholzmasse

Die Bestimmung des Feuchtegehaltes erfolgt durch elektrische Feuchtigkeits-Widerstandsmessungen nach EN 13183-2.

Die Messergebnisse sind bei der Einführung des Messverfahrens und nachfolgend mindestens einmal jährlich auf Übereinstimmung mit den Ergebnissen nach EN 13183-1 zu überprüfen (siehe DIN EN 14229, Abschnitt 6.8.4).

6.2 Tränk reife der lufttrocken zu tränkenden Holzmasse

Die gemessenen Werte der Holzfeuchte sind je Mast in einem Messprotokoll festzuhalten und dem jeweiligen Tränkprotokoll als Unterlage beizufügen. Weiter sind die Protokolle vom Auftragnehmer statistisch auszuwerten und über einen Zeitraum von 10 Jahren aufzubewahren. Die Rohholzmasse sind tränk reif, wenn deren Holzfeuchte $u \leq 35\%$ beträgt und Trockenrisse allseitig auf der ganzen Mastlänge ausgebildet sind.

Unmittelbar vor der Imprägnierung muss die Holzfeuchte jedes Mastes ermittelt werden. Die Holzfeuchte ist mit einem geeigneten Verfahren nach 6.1 im späteren Erd-Luft-Bereich (1,5 m bis 3,0 m vom Mastfuß) zu messen. Hierbei sind mindestens 6 Messwerte je Mast aufzunehmen und gemäß Tabelle 2 auszuwerten.

Tabelle 2 Zulässige Anzahl von Messpunkten mit einer höheren Holzfeuchte

Anzahl der Messpunkte	zulässige Anzahl von Messwerten mit $u > 35\%$
6 – 11	0
12 – 17	max. 1
18 und mehr	max. 2
Messpunkte gleichmäßig über den Umfang verteilt	

Wird die Holzfeuchte an mehr als der zulässigen Anzahl von Messpunkten je Mast gemäß der Tabelle 2 überschritten, so ist dieser Mast als nicht tränk reif zur Nachtrocknung auszusortieren.

6.3 Feuchtegehalt der saftfrisch zu tränkenden Holzmasse

Die Saftfrische von Fichten- und Tannenholzmassen ist die Voraussetzung für einen guten Tränkerfolg im Wechseldruckverfahren. Der Feuchtegehalt des Splintholzes muss mindestens 80 % betragen.

6.4 Mechanische Vorbehandlung

Zur Verbesserung des Schutzerfolges sind Fichten- und Tannenholzmasse vor der Imprägnierung in dem besonders beanspruchten Erd-Luft-Bereich mechanisch vorzubehandeln.

Durch die mechanische Vorbehandlung soll in dem Erd-Luft-Bereich des Holzmasses eine mit Holzschutzmitteln vollständig durchtränkte Randzone von mindestens 30 mm Tiefe erreicht werden.

Zur mechanischen Vorbehandlung ist die Bohrperforation nach „System Benker“ anzuwenden (Beschreibung siehe Anhang A5)

7 Imprägnierung

7.1 Tränken der Rohholzmasse

Die Rohholzmasse mit den geforderten Güteigenschaften sind nach einem Tränkverfahren gemäß Anhang A1 bis A4 und mit einem für das angewandte Imprägnierverfahren geeigneten Holzschutzmittel zu imprägnieren. Das Imprägniermittel muss der Biozid-Produkten-Richtlinie (BPD) und den geltenden chemikalienrechtlichen Vorschriften genügen. Im Rahmen der BPD muss dabei die Wirksamkeit nach EN 599-1 sowie die Unbedenklichkeit gegenüber Umwelt und Gesundheit bei sachgemäßer Anwendung nachgewiesen worden sein.

7.2 Ausführungen des Holzschutzes

Holzmasse werden in folgenden Ausführungen hergestellt.

Tabelle 3 Ausführungsmöglichkeiten des Holzschutzes

Ausführung	Beschreibung
A Monomast	gleiche Schutzbehandlung auf ganzer Länge
B Monomast mit Fußtränkung	gleiche Schutzbehandlung auf ganzer Länge mit zusätzlicher Behandlung im Erd-Luft-Bereich (z. B. Monosalzmasse mit zusätzlicher Fußtränkung)
C Monomast mit werkseitigem oder nachträglichem Fußschutz	gleiche Schutzbehandlung auf ganzer Länge mit zusätzlichem Schutz durch aktive oder passive Sperren im Erd-Luft-Bereich

7.3 Einbringmenge

Die Mindesteinbringmenge der Holzschutzmittel wird durch deren Dosis-Wirkungsbeziehung definiert. Aus diesem Grunde ist die Mindesteinbringmenge für jedes Schutzmittel bzw. für jeden Schutzmitteltyp im Einzelnen festzulegen.

Als Mindesteinbringmenge ist ein Multiplikator von mindestens 2 auf den kritischen Wert (siehe DIN EN 14229, Abschnitt 5.7.4) anzuwenden. Durch diese höhere Aufnahmemenge wird die Nutzungsdauer den Erfordernissen angepasst.

ANMERKUNG Für Imprägnieröle (Steinkohlenteeröle) gelten Sonderregelungen.

7.4 Schutzmittelkonzentration

Die Konzentration der Arbeitslösung wird durch die unter 7.3 geforderte Einbringmenge und die durchschnittliche Lösungsaufnahme des Imprägniergutes bestimmt und darf nicht unterschritten werden.

7.5 Eindringtiefe

Bei den Reifholz bildenden Holzarten (Fichte und Tanne) muss die Eindringtiefe mindestens 8 mm und im Erd-Luft-Bereich 30 mm aufweisen, so dass sich ein durchgängiger Schutzmittelring ausbildet..

Bei Farbkernholz bildenden Nadelhölzern (Kiefer, Lärche, Douglasie) muss der gesamte Splintbereich vom Schutzmittel durchtränkt sein. Die Übergangszone der Kernholzbildung (maximal drei Jahrringe) ist dabei nicht zu berücksichtigen.

8 Kennzeichnung der imprägnierten Holzmaste

8.1 Kennzeichnung am Mastschaft

Die Kennzeichnung des Einzelmastes erfolgt durch eine Plakette mit einem Durchmesser von ca. 50 mm, ergänzt durch Kennzeichnungsnägel mit einem Durchmesser von mindestens 22 mm.

Die Kennzeichnung am Mastschaft wird nach Vorgabe des Auftraggebers (z. B. 1,7 m über EOK oder 3,5 m vom Fußende entfernt) angebracht. Die Masten sind zeitnah, mindestens im Jahr der Imprägnierung, zu kennzeichnen.

Die Plakette enthält folgende Angaben:

- CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend aus dem "CE"-Symbol nach der Richtlinie 93/68/EWG,
- Identifizierungsnummer der notifizierten FPC-Zertifizierungsstelle,
- Name des Lieferanten und Kennzeichen des Imprägnierwerks,
- Jahr, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde,
- Nummer des EG-Konformitätszertifikats,
- Nummer der Europäischen Norm (EN 14229),
- Holzart gemäß Tabelle 1,

- Holzschutzmitteltyp gemäß Anhang A6 – Tabelle 5.

Die Plakette ist aus nichtrostendem Stahl anzufertigen und dauerhaft zu beschriften. (Ausführung siehe Anhang A6 – Bild 3) und ist mit Nägeln oder Schrauben aus gleichem Material am Mast zu befestigen.

Die Kennzeichnungsnägel bestehen aus feuerverzinktem Stahl (Zinkschichtdicke mind. 55 µm) und enthalten folgende Angaben in Schriftgröße mindestens 7 mm:

- Mastlänge (m),
- Mastdurchmesser (cm), gemessen 1,5 m vom Fußende entfernt.

8.2 Kennzeichnung an der Stirnfläche des Mastfußes

Diese beiden Kennzeichnungsnägel nach 8.1 werden auch zusätzlich an der Stirnfläche des Mastfußes angebracht.

Die Maste erhalten eine farbige Kennzeichnung (Tabelle 4), welche Aufschluss über das Lieferjahr des jeweiligen Mastes und den Hersteller gibt:

Tabelle 4 Farbcodierung des Lieferjahres

Farbe des Kunststoffplättchens	Lieferjahr
weiß	2010
blau	2011
gelb	2012
grün	2013
rot	2014
weiß *)	2015

*) Die Farben wiederholen sich in den Folgejahren in der gleichen Reihenfolge

Die Masten erhalten zusätzlich ein Kunststoffplättchen in schwarzer Farbe mit weißer Schrift auf dem Mastfuß, welches eine vom Hersteller vergebene, eindeutig zuordenbare Nummer enthält.

9 Prüfungen

9.1 Prüfungen durch den Hersteller

9.1.1 Bauartprüfung

Die Bauartprüfung ist in DIN EN 14229 Abschnitt 7.2 näher beschrieben.

9.1.2 Werkseigene Produktionskontrolle

Die werkseigene Produktionskontrolle ist in DIN EN 14229 Abschnitt 7.3 näher beschrieben. Die Kontrolleergebnisse sind mastbezogen zu dokumentieren.

9.1.2.1 Prüfung der Ausgangsmaterialien

Jeder Rohholzmast ist im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle auf die vollständige Einhaltung der Qualitätsmerkmale nach Abschnitt 5 und Abschnitt 6.2 bzw. 6.3 zu prüfen.

Die Holzschutzmittelkonzentration der Arbeitslösung nach Abschnitt 7.4 ist einmal täglich vor der Verwendung nach den Vorgaben des Schutzmittelherstellers zu prüfen.

9.1.2.2 Prüfung des Imprägniererfolges

Die Eindringtiefe ist ggf. durch geeignete Reagenzierung sichtbar zu machen.

Die Anzahl der zu entnehmenden und die maximale Anzahl fehlerhafter Proben sind EN 351-2, Tabelle A.1 zu entnehmen, wobei als Wert für die AQL 1 % anzuwenden ist.

Die Holzschutzmittelaufnahmemenge nach 7.3 ist für jeden Tränkzug durch ein geeignetes Verfahren (z. B. Wiegen vorher/nachher unter Einbeziehung der Schutzmittelkonzentration) zu ermitteln. Vierteljährlich ist die so ermittelte Holzschutzmittelaufnahme durch eine chemische Analyse von Bohrproben eines Tränkzuges zu verifizieren.

9.2 Abnahmeprüfungen

Abnahmeprüfungen können durch den Auftraggeber oder einen von ihm Beauftragten durchgeführt werden, um die Kennwerte der imprägnierten Holzmasse zu überprüfen.

10 Dokumentation

10.1 Allgemeine Dokumentation

Die Dokumentation beinhaltet:

- Herkunftsnachweis des Rohholzes (siehe 5.5.5),
- Angaben zum verwendeten Holzschutzmittel.

10.2 Dokumentation des Imprägnierprozesses (Tränkprotokoll)

Die Dokumentation des Imprägnierprozesses wird von Hersteller erstellt und von diesem mindestens 10 Jahre aufbewahrt. Die Dokumentation umfasst:

- Liste mit eindeutig zuordenbaren Mastnummern (je Charge)
- Einzelmessung der Holzfeuchte an den Rohholzmasten (6.2, 6.3)
- Holzart und Holzschutzmittel, Tränkverfahren
- Kubatur (Mastvolumen) des Tränkungszuges
- Unterlagen zur Konzentration und der Sollgehalte der Arbeitslösung
- anwendungstägliche Dichtermittlung der Arbeitslösung während der Tränksaison (intern)
- Aufzeichnung der Vakuum- und Druckphasen nach Höhe und Dauer (Diagramm)
- Feststellung der Lösungsmengenaufnahme
- Diagramm zum Temperaturverlauf der Heißdampf-fixierung (falls zutreffend)
- Aufzeichnungen zur Fixierungskontrolle bei Naturfixierung (falls zutreffend)
- Unterlagen zur Kontrolle der Eindringtiefe durch Bohrkernuntersuchungen

10.3 Weitere Dokumentation

Die weitere Dokumentation umfasst:

- chem.-physikalische Laboruntersuchungen der Arbeitslösung mindestens alle 6 Wochen während der Tränksaison (extern)
- Schutzmittelaufnahme (siehe 9.1.2.2)
- Unterlagen zur Produktfreigabe gemäß Qualitätssicherung (QS-Beauftragter)

11 Lagerung und Transport

11.1 Auftreten von Lagerfäule

Von Schäden durch Lagerfäule können auch imprägnierte Masten betroffen sein, wenn die Lagerung über längere Zeit in horizontaler Lage und gleichzeitiger Bewitterung erfolgt. Bei dieser Lagerung bildet sich in der Regel ein größerer Riss (Haupttriss), der durch die Sonneneinstrahlung nach oben („12-Uhr“-Position) ausgerichtet ist.

In diesem nach oben gerichteten Riss reichert sich im Laufe der Lagerung zwangsläufig ein Substrat aus Staub, Schmutz, Laubresten etc. an, das im Verbund mit der Niederschlagsfeuchte einen geeigneten Nährboden für Holz-zerstörende Organismen darstellt.

Am stehenden Mast werden Schmutz und Fremdstoffe durch Niederschläge ausgespült und ausgewaschen, so dass sich über die eigentliche Nutzung solche Probleme nicht ergeben.

11.2 Lagerung der imprägnierten Holzmaste

Nach der letzten Imprägnierung soll eine Lagerdauer von 12 Monaten beim Hersteller nicht überschritten werden.

Der Mastenvorrat des Anwenders soll so ausgelegt sein, dass eine 6-monatige Lagerung nicht überschritten wird. Eine ungeschützte, liegende Lagerung über 12 Monate hinaus ist zu vermeiden.

Soweit eine längere Lagerung bei Sonderdimensionen und Sondertypen nicht sicher vermeidbar ist, muss das entsprechende Mastenkontingent durch geeignete Maßnahmen, z. B. durch Abplanen, gegen die beschriebenen Einflüsse geschützt werden.

Hinweise zur Lagerung:

- Maste mindestens 30 cm oberhalb des Bodens lagern (Lagersteine oder Auflagehölzer verwenden),
- liegende Lagerung mit Bodenkontakt maximal 14 Tage,
- Berührungen mit Pflanzen (Unkraut etc.) auf dem Lager vermeiden,
- Lagerumschlag kontrollieren (die ältesten Masten sind zuerst zu verwenden, farbige Kennzeichnung (Abschnitt 8.2) am Mastfuß beachten),

11.3 Transport

Die Masten sind so zu transportieren und zu be- und entladen, dass diese nicht beschädigt werden. Insbesondere sind

- zum Verzurren keine Stahlseile/-ketten zu verwenden,
- geeignete Hebevorrichtungen zu verwenden, z. B. Greifzangen für Holz, Textilbänder,

- Beschädigungen durch Staplergabeln zu vermeiden.

Ein Abwurf der Maste von der Ladefläche ist nicht zulässig.

12 Anwendungshinweise

12.1 Statische Belastung

Der Holzmastlieferant stellt tabellarische Werte der charakteristischen Nutzlasten für Mittelspannungsfreileitungsmasten bereit. In diesen Tabellen werden die Nutzlasten für Einfachtragmaste (ohne Anbauteile) gemäß DIN 1052 sowie den Windzonen nach DIN VDE 0210 dargestellt.

Andere Anwendungsfälle (z. B. Doppelmaste, A-Maste) bedürfen einer weiteren Berechnung.

Als Nutzzüge für Masten der Niederspannung nach DIN VDE 0211 sind weiterhin die Werte der DIN 48350 bzw. DIN 48351 zu verwenden.

12.2 Einbauhinweise

Für die Errichtung von Holzmasten sind die Vorgaben der jeweiligen Errichtungsnorm einzuhalten, z. B. für Mittelspannungsfreileitungsmaste DIN VDE 0210 bzw. für Niederspannungsfreileitungsmaste DIN VDE 0211.

Es darf weder eine Schwächung des Mastquerschnittes (z. B. durch Einkerbungen) noch eine Kürzung vorgenommen werden, um die Nutzungsdauer des Holzmastes nicht zu verringern bzw. um die erforderlichen statischen Voraussetzungen des Stützpunktes nicht zu beeinträchtigen.

Durch Anbauten (z. B. Querträger) darf unimprägniertes Holz nicht freigelegt werden.

Wenn eine nachträgliche Bearbeitung nicht zu vermeiden ist, muss eine Nachbehandlung mit einem geeigneten Holzschutzmittel durchgeführt werden. Fehlbohrungen sind mit imprägnierten Hartholzdübeln zu verschließen. Eine Bearbeitung im Fußbereich und im Erd-Luft-Bereich ist nicht zulässig.

Bei einer besonderen Behandlung des Erd-Luft-Bereiches (z. B. perforierter Fichte oder Bandagensystemen) ist darauf zu achten, dass dieser Bereich entsprechend der Anwendungshinweise zur Bodengleiche ausgerichtet ist.

Um eindringende Feuchtigkeit am ungeschützten Mastzopf zu verhindern ist ein Zopfschutz (z. B. Abdeckung) vorzusehen.

Der Austausch von Holzmasten wird in aller Regel durch biologische Schäden, insbesondere Fäulnis durch Holz zerstörende Pilze notwendig. Für den Ersatzmast sollte ein neuer Standort gewählt werden. Grund hierfür ist der hohe Infektionsdruck der Holz zerstörenden Pilze, deren Mycel sich nicht nur im Holz, sondern auch im angrenzenden Boden ausbreitet. Dies trifft im besonderen Maße für die Poria-Arten zu, eine Gruppe kupferresistenter Basidiomyceten, die hauptverantwortlich für Fäulnisschäden im Erd-Luft-Bereich sind.

Auf Grund äußerer Randbedingungen kann es aber notwendig sein, dass ein neuer Mast an der gleichen Stelle bzw. in das gleiche Mastloch eingesetzt werden muss. Dies ist bei Einhaltung besonderer Bedingungen möglich.

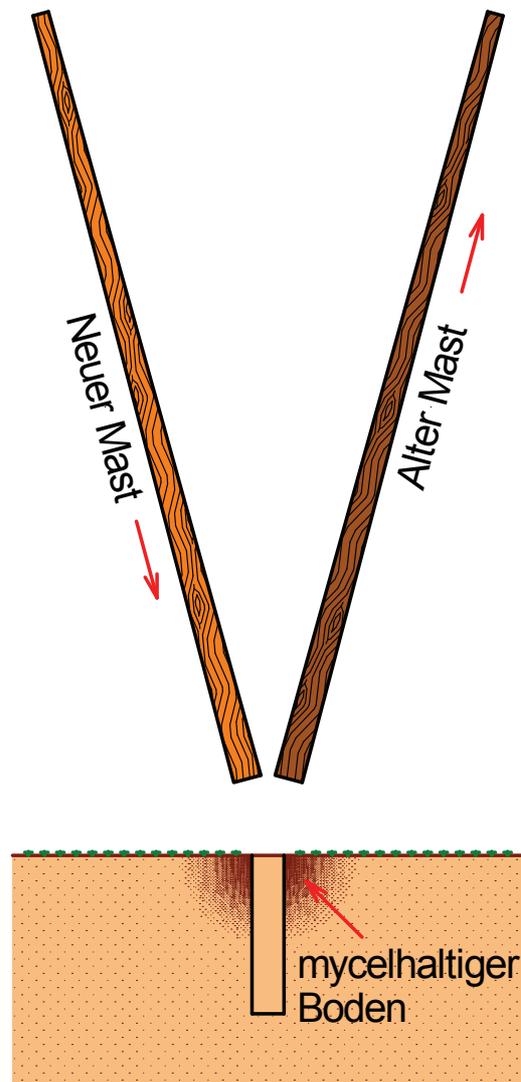


Bild 1 Mastaustausch unter Nutzung des gleichen Loches

Für die Praxis bedeutet dies, dass bei Nutzung des bestehenden Mastloches die Schutzwirkung der Imprägnierung eingeschränkt ist und die erwartete Nutzungsdauer der Masten in diesen Fällen abhängig von den Bodenverhältnissen deutlich unterschritten werden kann. Um dem entgegenzuwirken ist ein zusätzlicher aktiver oder passiver Schutz (siehe 7.2 B und C) im Erd-Luft-Bereich notwendig.

Für salzprägnierte Mono-Masten (siehe 7.2 A) ohne zusätzlichen Schutz im Erd-Luft-Bereich muss deshalb bei Pilzbefall ein neuer Maststandort gewählt werden, damit die Nutzungsdauer des neuen Mastes nach Abschnitt 13 gewährleistet werden kann. Kann kein neuer Standort gewählt werden, ist ein Bodenaustausch im Bereich von mindestens 2 x 2 x 0,6 m durchzuführen.

ANMERKUNG Mutterboden oder Recyclingmaterial darf hierfür nicht verwendet werden.

13 Gewährleistung durch den Lieferanten

Für Holzmasten, die in den ersten zehn Jahren in Zustandsklasse 3 oder 4 (Anhang 7) wegen Schäden durch holzerstörende Organismen eingeordnet werden, sind Ersatzmaste kostenlos frei Lager des Bestellers zu liefern.

Für Mängelansprüche gegenüber dem Lieferanten ist die Einhaltung der folgenden Bedingungen Voraussetzung:

1. Fachgerechtes Handling der Holzmaste zur Vermeidung von mechanischen Beschädigungen nach Abschnitt 11.3
2. Fachgerechte Lagerung der imprägnierten Holzmaste bis zur weiteren Verwendung nach Abschnitt 11.2
3. Fachgerechter Einbau bzw. Austausch der Holzmaste nach Abschnitt 12.2
4. Dokumentation des Einbaujahres.

Die Gewährleistung beginnt mit dem Ende des Liefermonats.

Wenn der Besteller einen Mangel als vorliegend erachtet, hat er dem Lieferanten so rechtzeitig davon Mitteilung zu machen, dass eine Besichtigung der Maste noch möglich ist. Der ausgebaute Mast ist mindestens vier Wochen nach Anzeige des Mangels für eine Inaugenscheinnahme aufzubewahren.

Für den Fall, dass der Lieferant den Mangel bestreitet und eine Einigung nicht zu erzielen ist, vereinbaren die Parteien Schlichtung der Meinungsverschiedenheit durch ein Schiedsgericht, für das jede der beiden Parteien ein Mitglied benennt. Diese beiden wählen einen Dritten als Obmann. Kommt über die Person des Obmannes keine Einigung zustande, wird dieser vom Präsidenten des für den Sitz des Bestellers zuständigen Landgerichts ernannt.

Anhänge

A1 Vakuum-Druckverfahren mit wasserlöslichen Holzschutzmitteln

Kurzzeichen: VD

A 1.1 Geltungsbereich

Diese Vorschrift gilt für das Tränken von Leitungsmasten der Holzarten

Kiefer	(Pinus sylvestris L.)
Lärche	(Larix spec.)
bzw.	
Fichte	(Picea abies Karst.)
Tanne	(Abies alba Mill)
Douglasie	(Pseudotsuga menziesii Franco)

nach dem Vakuum-Druckverfahren mit wasserlöslichen Holzschutzmitteln.

A 1.2 Technische Einrichtungen der Tränkanlage

Für die Herstellung von Holzmasten mit dem im Dokument beschriebenen Qualitätsstandard muss die Tränkanlage folgende Eigenschaften aufweisen:

- technisch einwandfreier Zustand nach dem Stand der Technik mit einem erreichbaren Vakuum von ≤ 25 mbar und einem Flüssigkeitsdruck zwischen 8 und 10 bar
- Dokumentation der Prozessdaten

A 1.3 Vorbereitung der Maste

Die Tränkreife ist gemäß Abschnitt 6.2 zu ermitteln. Das Ergebnis ist im Tränkprotokoll zu vermerken.

Masten aus Fichten- und Tannenholz sind vor der Tränkung im Bereich der Erde-Luft-Zone gemäß Anhang 5 mechanisch vorzubehandeln.

Volumen und ggf. Masse des Holzes sind vor dem Einfahren in den Tränkkessel zu bestimmen und in das Tränkprotokoll einzutragen.

A 1.4 Tränkvorgang

Das Tränken der Maste ist so auszuführen, dass eine vollständige Füllung der Hohlräume des tränkbaren Holzes mit Tränklösung erreicht wird (Vollzelltränkung).

A 1.4.1 Vollzelltränkung von Kiefern, Lärchen und Douglasien

Das Tränken ist so auszuführen, dass der gesamte Splint bis in das Spätholz der letzten Jahrringe vor der Kernsplint-Grenze mit Schutzmittel durchtränkt ist.

Prozessschritte:

1. Herstellen eines Vakuums von ≤ 25 mbar.
2. Fluten des Tränkkessels unter Beibehaltung des Vakuums.
3. Nachdrücken der Schutzsalzlösung mit einem Druck von erforderlichenfalls bis zu 10 bar.

Die Druckperiode ist zu beenden, wenn die Lösungsaufnahme innerhalb 15 Min. nicht mehr als 3 l/m³ Holz beträgt und anschließend der Flüssigkeitsdruck noch 30 Min. gehalten wurde.

Die Anwendung eines Schluss- oder Endvakuums ist nicht zulässig.

A 1.4.2 Vollzelltränkung von Fichten und Tannen

Prozessschritte:

1. Herstellen eines Vakuums ≤ 25 mbar.
2. Fluten des Tränkkessels unter Beibehaltung des Vakuums.
3. Nachdrücken der Schutzsalzlösung mit einem Druck von erforderlichenfalls bis zu 10 bar. Die Höhe des Druckes und die Zeitdauer der Druckperiode werden bestimmt von der geforderten Eindringtiefe und einzubringenden Schutzmittelmenge. Die Druckperiode ist zu beenden, wenn die Lösungsaufnahme innerhalb 15 Min. nicht mehr als 3 l/m³ Holz beträgt und anschließend der Flüssigkeitsdruck noch 30 Min. gehalten wurde.

Die Anwendung eines Schluss- oder Endvakuums ist nicht zulässig.

A 1.4.3 Dokumentation

Die Dokumentation der Prozessdaten ist zum Tränkprotokoll zu nehmen.

A 1.5 Bestimmung der eingebrachten Schutzmittelmenge

Die Menge des eingebrachten Schutzmittels wird aus der Massendifferenz der Wägungen vor und nach der Tränkung oder über den Lösungsverbrauch bezogen auf die Kubatur des zu tränkenden Holzes errechnet.

A2 Wechseldruckverfahren mit wasserlöslichen Holzschutzmitteln

Kurzzeichen: WD

A 2.1 Geltungsbereich

Diese Vorschrift gilt für das Tränken von Leitungsmasten der Holzarten

Kiefer	(Pinus sylvestris L.)
Lärche	(Larix spec.)
bzw.	
Fichte	(Picea abies Karst.)
Tanne	(Abies alba Mill)
Douglasie	(Pseudotsuga menziesii Franco)

nach dem Wechseldruckverfahren mit wasserlöslichen Holzschutzmitteln.

A 2.2 Technische Einrichtungen der Tränkanlage

Für die Herstellung von Holzmasten mit den im Dokument beschriebenen Qualitätsstandard muss die Tränkanlage folgende Eigenschaften aufweisen:

- technisch einwandfreier Zustand nach dem Stand der Technik mit einem erreichbaren Vakuum ≤ 25 mbar und einem Flüssigkeitsdruck zwischen 8 und 10 bar in wechselnden Zyklen
- Dokumentation der Prozessdaten.

A 2.3 Vorbereitung der Maste

Die im Abschnitt 6.3 vorgeschriebene Holzfeuchte ist festzustellen und im Tränkprotokoll zu bescheinigen.

Fichten- und Tannenmasten sind gemäß Anhang 5 mechanisch vorzubehandeln.

Volumen und ggf. Masse des Holzes sind vor dem Einfahren in den Tränkkessel zu bestimmen und in das Tränkprotokoll einzutragen.

A 2.4 Tränkvorgang

Prozessschritte:

1. Fluten des Tränkkessels
2. Druckerhöhung auf 7-9 bar für die Dauer von 10 Min.

3. Anschließend folgen in kurzen Zeitabständen vorprogrammierte, automatisch ablaufende Wechsel von Druck- und Vakuumphasen. Die Programmdauer ist auf die jeweilige Holzart und –beschaffenheit abzustimmen.
4. Ein Schlussvakuum ist nicht zulässig.

Die Dokumentation der Prozessdaten ist im Tränkprotokoll beizufügen.

Vor und nach dem Tränkvorgang sind Schutzmittellösungsmenge und -konzentration festzustellen und in das Tränkprotokoll einzutragen.

A 2.5 Bestimmung der eingebrachten Schutzmittelmenge

Die aufgenommene Schutzmittelmenge errechnet sich aus den gemäß Abschnitt 7.3 und 7.4 festgehaltenen Schutzmittellösungsmengen und -konzentrationen:

$$\text{Schutzmittelaufnahme} = \frac{V1 * K1 - V2 * K2}{100 * VH} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

mit

$V1$ = Schutzmittellösungsmenge vor dem Tränkvorgang (Liter)

$V2$ = Schutzmittellösungsmenge nach dem Tränkvorgang (Liter)

$K1$ = Schutzmittellösungskonzentration vor dem Tränkvorgang (%)

$K2$ = Schutzmittellösungskonzentration nach dem Tränkvorgang (%)

VH = Volumen Holz (m^3)

A3 Vakuum-Druckverfahren mit Imprägnieröl (Rüpingverfahren)

Kurzzeichen: R

A 3.1 Geltungsbereich

Diese Vorschrift gilt für das Tränken von Leitungsmasten der Holzarten

Kiefer (Pinus sylvestris L.)

Lärche (Larix spec.)

nach dem Vakuum-Druckverfahren mit Imprägnieröl.

A 3.2 Technische Einrichtungen der Tränkanlage

Für die Herstellung von Holzmasten mit den im Dokument beschriebenen Qualitätsstandard muss die Tränkanlage folgende Eigenschaften aufweisen:

- technisch einwandfreier Zustand nach dem Stand der Technik mit einem erreichbaren Vakuum ≤ 25 mbar und einem Flüssigkeitsdruck zwischen 8 und 10 bar in wechselnden Zyklen
- Öltemperierung 110 bis 120 °C
- Dokumentation der Prozessdaten

A 3.3 Vorbereitung der Maste

Die Tränkreife ist gemäß Abschnitt 6.2 zu ermitteln. Das Ergebnis ist im Tränkprotokoll zu vermerken.

Volumen und ggf. Masse des Holzes sind vor dem Einfahren in den Tränkkessel zu bestimmen und in das Tränkprotokoll einzutragen.

A 3.4 Tränkvorgang

Das Tränken ist so auszuführen, dass der gesamte Splint bis in das Spätholz die letzten Jahrringe vor der Kern-Splint-Grenze sichtbar mit Imprägnieröl durchtränkt ist.

A 3.4.1 Konditionierung der Maste

Aufgabe der Konditionierung: Erwärmen des Holzes und Homogenisierung seiner Feuchte, um das Eindringen und die Verteilung des Imprägnieröls zu fördern.

Prozessschritte zur Konditionierung der Maste im erwärmten Imprägnieröl

1. Herstellen eines Luftvordruckes von 3 bis 4 bar.
2. Füllen des Tränkkessels mit Imprägnieröl unter Beibehaltung des Luftvordruckes; Temperatur des vorgeheizten Imprägnieröls 110 bis 120°C.
3. Halten der Temperatur des Imprägnieröls im Tränkkessel auf 105 ± 10 °C.
4. Mindestdauer des Verbleibs der Masten im erwärmten Imprägnieröl 1,5 h.

5. Ablassen des Imprägnieröls und Absenken des Druckes auf mindestens 0,3 bar.

A 3.4.2 Tränkung der Masse

Prozessschritte:

1. Herstellen eines Luftvordruckes.
2. Füllen des Tränkkessels mit Imprägnieröl unter Beibehaltung des Luftvordruckes; Temperatur des Imprägnieröls 110 bis 120°C.
3. Halten der Temperatur des Imprägnieröls im Tränkkessel auf 110 + 10°C,
4. Druckerhöhung auf 7 bis 9 bar.
5. Nach der Druckperiode ist das Imprägnieröl abzulassen. Anschließend ist der Druck auf mindestens 0,5 bar abzusenken und für die Dauer von mehr als 10 Minuten zu halten (Schlussvakuum).

A 3.4.3 Dokumentation

Die Dokumentation der Prozessdaten ist zum Tränkprotokoll zu nehmen.

A 3.5 Bestimmung der eingebrachten Schutzmittelmenge

Die Menge des eingebrachten Schutzmittels wird aus der Massendifferenz der Wägungen vor und nach der Tränkung errechnet.

A4 **Zusätzliche Imprägnierung für den Fußbereich mit Imprägnieröl**

Kurzzeichen: WGS

A 4.1 **Geltungsbereich**

Für Masten, die nach einem Verfahren in Anhängen A1 oder A2 imprägniert wurden, kann zusätzlich eine Imprägnierung des Fußbereiches mit Imprägnieröl vorgesehen werden.

A 4.2 **Technische Einrichtungen der Tränkanlage**

Für die Herstellung von Holzmasten mit den im Dokument beschriebenen Qualitätsstandard muss die Tränkanlage folgende Eigenschaften aufweisen:

- technisch einwandfreier Zustand nach dem Stand der Technik mit einem erreichbaren Vakuum ≤ 25 mbar und einem Flüssigkeitsdruck zwischen 8 und 10 bar in wechselnden Zyklen
- Öltemperierung 90 bis 100 °C
- schwenkbarer Kessel
- Dokumentation der Prozessdaten.

A 4.3 **Vorbereitung der Maste**

Die Tränkreife ist gegeben bei einer Holzfeuchte kleiner 35 %. Sie ist an Bohrproben nach der Darmmethode (DIN 13183) zu bestimmen. Das Ergebnis ist im Tränkprotokoll zu vermerken.

Volumen und ggf. Masse des Holzes sind vor dem Einfahren in den Tränkkessel zu bestimmen und in das Tränkprotokoll einzutragen.

A 4.4 **Tränkvorgang für Fichten- und Tannenmasten**

Tränkvorgang für Fichten- und Tannenmasten erfolgt im Kesseldruckverfahren mit schwenkbaren Tränkkessel für den Fußbereich.

Das Tränken ist so auszuführen, dass die Eindringtiefe des Imprägnieröls im mechanisch vorbehandelten Bereich >30 mm beträgt.

Die Füllhöhe des Imprägnieröls im Schwenkkessel ist abhängig von der Lage des perforierten Erd-Luft-Bereich gemäß Anhang B. Sie liegt 10 cm über dem oberen Ende der perforierten Zone.

Prozessschritte:

1. Fluten des Tränkkessels; Temperatur des Imprägnieröls mindestens 95°C.
2. Halten der Temperatur des Imprägnieröls auf mindestens 95 ± 5 °C.
3. Druckerhöhung auf 7 bis 9 bar und Aufrechterhaltung dieses Druckes für eine Dauer von etwa 30 Minuten.

4. Nach der Druckperiode ist das Imprägnieröl abzulassen. Anschließend kann der Druck auf weniger als 0,5 bar – höchstens aber 0,35 bar für die Dauer von mind. 10 Min. gesenkt werden (Schlussvakuum).

A 4.5 Tränkvorgang für Kiefer-, Lärchen- und Douglasienmasten

Tränkvorgang für Kiefer-, Lärchen- und Douglasienmasten im Vakuumdruckverfahren erfolgt mit einem schwenkbaren Tränkkessel für den Fußbereich.

Das Tränken ist so auszuführen, dass der gesamte Splint bis in das Spätholz die letzten Jahrringe vor der Kern-Splint-Grenze sichtbar mit Imprägnieröl durchtränkt ist.

Das Tränken ist so auszuführen, dass die Eindringtiefe des Imprägnieröls im Erd-Luft-Bereich >30 mm beträgt

Die Füllhöhe des Imprägnieröls im Schwenkkessel ist abhängig von der Lage der späteren Einbautiefe. Sie liegt 60 cm über der Erdoberkante.

Prozessschritte:

1. Herstellen eines Luftvordruckes.
2. Füllen des Tränkkessels mit Imprägnieröl unter Beibehaltung des Luftvordruckes; Temperatur des Imprägnieröls 110 bis 120°C.
3. Halten der Temperatur des Imprägnieröls im Tränkkessel auf mindestens $95 \pm 5^\circ\text{C}$.
4. Druckerhöhung auf 7 bis 9 bar.
5. Nach der Druckperiode ist das Imprägnieröl abzulassen. Anschließend ist der Druck auf mindestens 0,5 bar abzusenken und für die Dauer von mehr als 10 Minuten zu halten (Schlussvakuum).

A 4.6 Dokumentation

Die Dokumentation der Prozessdaten ist zum Tränkprotokoll zu nehmen.

A 4.7 Bestimmung der eingebrachten Schutzmittelmenge

Die Menge des eingebrachten Schutzmittels wird aus der Massendifferenz der Wägungen vor und nach der Tränkung errechnet.

A5 Mechanische Vorbehandlung - Bohrperforation „System Benker“

Das Prinzip dieser mechanischen Vorbehandlung besteht in einer spanentfernenden Bearbeitung des Mastfußes nach definiertem, zugelassenem Behandlungsschema mit dem Ziel, durch Anbringen von radialen Öffnungen in den nachfolgenden Tränkvorgängen ein tieferes Eindringen und günstigeres Verteilen des Holzschutzmittels zu erreichen.

A 5.1 Geltungsbereich

Dieser Anhang gilt für die mechanische Vorbehandlung von weißgeschälten tränkreifen Masten aus Fichten-, Tannen- und Douglasienholz.

A 5.2 Methode

Bohr-Verfahren mit 3 mm starken Bohrern, die in Gruppen mit jeweils 3 Bohrern angeordnet sind. Jede Bohrgruppe bildet mit der Faserlängsrichtung einen Winkel von 30°. Beschaffenheit und Anordnung der Bohrlöcher laut beiliegendem Bohrschema (Bild 2). Die Bohrtiefe beträgt 30 mm.

A 5.3 Lage und Ausmaß

Die Länge „L“ des mechanisch vorbehandelten Fußbereiches beträgt in Stammlängsrichtung 90 cm und kann bei Bedarf verlängert werden bis auf 180 cm. Sie umfasst den gesamten Mastumfang.

Die Lage der mechanisch vorbehandelten Zone richtet sich grundsätzlich nach der Eingrabbtiefe des Mastes.

Bei einer normalen Eingrabbtiefe von $1/6$ der gesamten Mastlänge l beginnt das untere Ende der vorbehandelten Zone im Abstand $A = l/6 - 50$ (cm)

Bei längeren Perforationszonen muss der Abstand „A“ gesondert bestimmt werden.

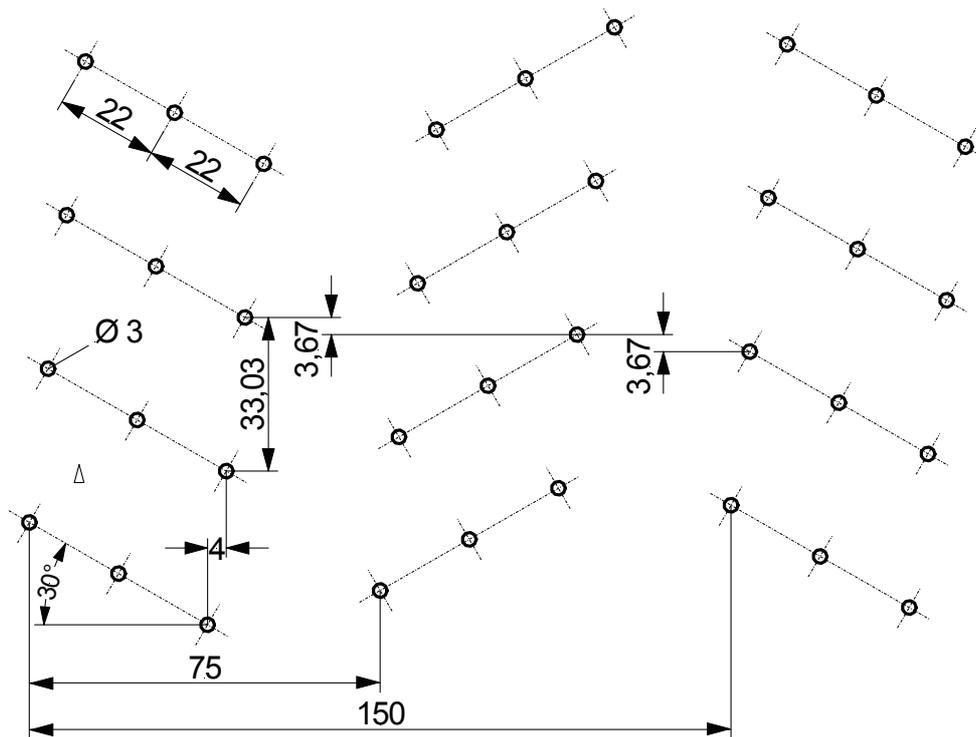


Bild 2 Bohrschema „System Benker“

A 5.4 Toleranzen

Die für die Länge „L“ und den Abstand „A“ angegebenen Maße sind auf ± 5 cm genau einzuhalten.

Die Bohrtiefe darf um nicht mehr als ± 3 mm vom vorgegebenen Maß abweichen.

Der Abstand auf dem Mastumfang zwischen erster und letzter Bohrreihe soll 15 mm nicht unterschreiten und 50 mm nicht überschreiten.

A6 Ausführung der Kennzeichnung und Kurzzeichen

A 6.1 Ausführung der Kennzeichnung

Der Durchmesser der Plakette beträgt ca. 50 mm. Die Beschriftung erfolgt in Arial Fett, Schriftgröße 14 pt.



Bezeichnung und
Logo des Mastenlieferanten

FPC-Zertifizierungsstelle
CE-Zeichen und Nummer des
EG-Konformitätszertifikates
Nummer Europäischen Norm

Kurzzeichen Imprägnierwerk

Kurzzeichen Holzart, Jahr in dem die Kennzeichnung
angebracht wurde, Kurzzeichen Imprägniermittel

Bild 3 Plakette zur Kennzeichnung von neuen Holzmasten

A 6.2 Kurzzeichen zur Verwendung an neuen Masten

A 6.2.1 Kurzzeichen der Holzarten

Es sind die Kurzzeichen nach DIN EN 14229 zu verwenden, siehe Abschnitt 5.1, Tabelle 1.

A 6.2.2 Holzschutzmittel-Gruppen und deren Kurzzeichen

Tabelle 5 Übersicht der Holzschutzmittel-Gruppen und deren Kurzzeichen

Holzschutzmittelgruppe	Kurzzeichen
Chrom – Kupfer – Bor	CKB
Chrom – Kupfer	CK
Kupfer-Quarternäre Ammoniumverbindungen	ACQ
Kupfer-HDO	Cu-HDO
Kupfer-Azole	CuA
Teeröl	T

A7 Zustandsklassifizierung von Holzmasten (Auszug)

Zur Abgrenzung des Gewährleistungsfalles nach Abschnitt 13 wird die Klassifizierung nach Abschnitt 3.2 der VDEW-Materialie [18] auszugsweise herangezogen:

Klasse 3: Alle Maste, die bis zu 1,5 cm tiefe Faulstellen, starke Rißbildungen aufweisen.

Klasse 4: Maste, die Hohlfäule oder mehr als 1,5 cm tiefe Außenfäule aufweisen.

ANMERKUNG: Zu Beurteilung der Standsicherheit müssen neben diesen Zustandklassifizierungen auch die Berufsgenossenschaftlichen Informationen [19] im Umgang mit Holzmasten beachtet werden.

14 Literaturhinweise

- [1] Künniger, Tina; Richter, Klaus: „Ökologischer Vergleich von Freileitungsmasten aus imprägniertem Holz, armiertem Beton und korrosionsgeschütztem Stahl“, Forschungsbericht der Abteilung Holz, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), Schweiz, 1995
- [2] DIN EN 1995-1-1 *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*
- [3] DIN EN 15228 *Bauholz - Bauholz für tragende Zwecke mit Schutzmittelbehandlung gegen biologischen Befall*; Deutsche Fassung EN 15228
- [4] DIN EN 350-2 *Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz – Teil 2: Leitfaden für die natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von ausgewählten Holzarten von besonderer Bedeutung in Europa*
- [5] DIN EN 351-1 *Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Mit Holzschutzmitteln behandeltes Vollholz – Teil 1: Klassifizierung der Schutzmitteleindringung und –aufnahme*
- [6] EN 351-2 *Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Mit Holzschutzmitteln behandeltes Vollholz – Teil 2: Leitfaden zur Probeentnahme für die Untersuchung des mit Holzschutzmitteln behandelten Holzes*
- [7] EN 335-1 *Definition der Gefährdungsklassen für einen biologischen Befall - Teil 1: Allgemeines*
- [8] EN 335-2 *Definition der Gefährdungsklassen für einen biologischen Befall - Teil 2: Anwendung bei Vollholz*
- [9] EN 13991 *Öle aus Steinkohlenteer; Kreosot – Anforderungen und Prüfverfahren*
- [10] DIN 4076-1 *Benennungen und Kurzzeichen auf dem Holzgebiet – Teil 1 Holzarten, zurückgezogen*
- [11] DIN EN 13556 *Rund und Schnittholz – Nomenklatur der in Europa verwendeten Handelshölzer*
- [12] DIN 52183 *Prüfung von Holz; Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes*

-
- [13] DIN EN 13183 *Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz – Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren*
 - [14] DIN 48350 *Fernmelde- und Starkstrom-Freileitungen; Holzmaste*
 - [15] DIN 48351-1 *Starkstrom-Freileitungen; A-Maste, Hauptmaße*
 - [16] DIN EN 50423-1 *Freileitungen über AC 1 kV bis einschließlich AC 45 kV*
 - [17] DIN EN 599-1 *Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Wirksamkeit von Holzschutzmitteln wie sie durch biologische Prüfungen ermittelt wird - Teil 1: Spezifikation entsprechend der Gebrauchsklasse; Deutsche Fassung EN 599-1*
 - [18] *Empfehlung für die Kontrolle und Nachpflege von Holzmasten für Freileitungs- und Beleuchtungsmasten, VDEW-Materiale, Januar 1996*
 - [19] BGI/DGUV-I 5136 *Umgang mit Holzmasten*, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., Januar 2011