

Anforderungen an technische Prüfsysteme für Holzmasten und deren Eignungsprüfung

Version 1.0

Juli 2020

Inhalt

1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Eignungsprüfung	5
3.1 Grundlagen.....	5
3.2 Anforderungen an das Prüflabor	5
3.3 Auswahl der Prüfmaste.....	6
3.4 Prüfaufbau.....	6
3.5 Durchführung der Prüfung	8
3.6 Auswertung der Prüfung	8
3.6.1 Allgemeines zur Biegefestigkeit.....	8
3.6.2 Verwendung von Normwerten der Biegefestigkeit	8
3.6.3 Verwendung der Biegefestigkeit des individuellen Mastes.....	8
3.6.4 Entnahme und Modellierung von Mastscheiben	9
3.6.5 Umbruchversuch	10
3.7 Bewertung	10
3.8 Prüfbericht.....	11
4 Anforderungen	12
4.1 Allgemeines.....	12
4.2 Anforderungen an das Prüfsystem.....	12
4.3 Anforderungen an die Anwendbarkeit.....	12
4.4 Anforderungen an das Prüfergebnis	12
4.4.1 Anforderungen an die Schadensbeurteilung.....	12
4.4.2 Anforderungen an die Beurteilung der Tragfähigkeit.....	13
4.4.3 Anforderungen an die Beurteilung der Besteigbarkeit.....	13
4.4.4 Anforderungen an Prognosefunktionen	13
4.5 Dokumentation der Messergebnisse.....	13
5 Literaturverzeichnis	14
Anhang A.....	15
A. Checkliste für die Anforderungen an Holzmastprüfsysteme	15
Anhang B (informativ)	19
B. Beispiel für die Ergebnis-Dokumentation der Eignungsprüfung für einen Prüfmast....	19

Bildverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel für einen Prüfaufbau für Prüfungen im Prüfstand	7
Abbildung 2: Beispiel für eine Masteinspannvorrichtung	7
Abbildung 3: Entnahme und Modellierung der Mastscheiben	9
Abbildung 4: Beispielhafter Aufbau für Umbruchversuch.....	10

Einleitung

An Prüfsysteme für Holzmaste werden zahlreiche Anforderungen gestellt, vor allem die Richtigkeit der vom Prüfsystem ausgegebenen Ergebnisse, Anwenderfreundlichkeit und Einsetzbarkeit bei wechselnden Umgebungsbedingungen. Dieser Hinweis definiert einheitliche Kriterien zum Vergleich verschiedener technischer Prüfsysteme zur Beurteilung der Standsicherheit von Holzmasten. Damit soll dem Anwender zudem die Auswahl eines für seine spezifischen Anforderungen geeigneten Systems erleichtert werden.

Im TH Kontrolle und Nachpflege von Holzmasten [2] sind mehrere Schadensarten genannt, die die Tragfähigkeit von Holzmasten nachteilig beeinflussen. Die Schadensart Hohlfäule bzw. Ringfäule ist im Rahmen der Sichtprüfung eines Mastes nicht erkennbar, aber für die Beurteilung der Standsicherheit besonders relevant. Die Richtigkeit der ausgegebenen Ergebnisse kann in Bezug auf Hohlfäule mit dem in diesem Hinweis festgelegten Prüfablauf in Form einer Eignungsprüfung überprüft und bewertet werden. Die Anwenderfreundlichkeit und Einsetzbarkeit werden in Form einer standardisierten Checkliste vom Hersteller als Eigenerklärung angegeben.

1 Anwendungsbereich

Dieser FNN-Hinweis definiert die Anforderungen an technische Prüfsysteme zur Erkennung von Hohlfäule an Rundholzmasten, die in den Netzen der elektrischen Energieversorgung und der Telekommunikation sowie zum Zweck der Beleuchtung verwendet werden. Er legt den Umfang einer Eignungsprüfung für diese Systeme in Bezug auf die Erkennung und Bewertung von Hohlfäule fest und enthält eine Checkliste zur Abfrage der sonstigen Anforderungen.

2 Normative Verweisungen

Die in diesem Hinweis angeführten normativen Verweise sind ein wesentlicher Bestandteil für die erfolgreiche Anwendung dieses Dokumentes. Datierte Verweise beziehen sich ausschließlich auf die zitierte Ausgabe, nicht datierte Verweise beziehen sich auf die jeweils gültige, aktuelle Ausgabe.

DIN EN 50341-1 (VDE 0210-1) Freileitungen über AC 1 kV - Teil 1: Allgemeine Anforderungen – Gemeinsame Festlegungen; Deutsche Fassung EN 50341-1:2012

DIN EN 50341-2-4 (VDE 0210-2-4) Freileitungen über AC 1 kV - Teil 2-4: Nationale Normative Festlegungen (NNA) für DEUTSCHLAND (basierend auf EN 50341-1:2012); Deutsche Fassung EN 50341-2-4:2019

DIN VDE 0211 (VDE 0211) Bau von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen bis 1000 V

DIN EN 14229 Holzbauwerke - Holzmaste für Freileitungen; Deutsche Fassung EN 14229:2010

3 Eignungsprüfung

3.1 Grundlagen

Zur Ermöglichung eines standardisierten Prüfablaufs bei vertretbarem Aufwand wird im Folgenden eine Eignungsprüfung für Prüfsysteme im Hinblick auf die Schadensart Hohlfäule und ihre Auswirkungen auf die Tragfähigkeit definiert.

Die Standsicherheit eines Mastes lässt sich beim Vorliegen von Hohlfäule aufgrund der verbleibenden Nutzlast bzw. dem verbleibenden Widerstandsmoment bezogen auf deren Werte für den ungeschädigten Mast und unter Berücksichtigung seiner Auslastung bewerten. Die verbleibende Nutzlast bzw. das verbleibende Widerstandsmoment kann entweder direkt vom Prüfsystem ausgegeben werden oder anhand des Restquerschnitts und den mechanischen Eigenschaften des Mastes berechnet werden.

Für Systeme, die auch andere Schadensarten außer Hohlfäule oder auch Mängel in der Gründung erkennen, muss der Nachweis der Eignung für diese Schadensarten in anderer geeigneter Form erbracht werden.

3.2 Anforderungen an das Prüflabor

Eignungsprüfungen an Prüfsystemen sind durch ein anerkanntes unabhängiges Prüflabor durchzuführen. Die mit der Prüfung beauftragten Mitarbeiter des Prüflabors sind durch den Hersteller des Prüfsystems im Vorfeld entsprechend zu qualifizieren. Die Qualifizierung umfasst nur die vom Hersteller entsprechend

der Anforderung in Abschnitt 4.3 angegebenen Inhalte, die auch einem späteren Anwender vermittelt werden.

3.3 Auswahl der Prüfmaste

Die korrekte Bewertung von Hohlfäule durch das Prüfsystem wird an 30 in Deutschland gebräuchlichen Rundholzmasten geprüft. Diese müssen zu folgenden Kategorien gehören:

- 10 ungeschädigte, mindestens 10 Jahre alte, Rundholzmaste davon
 - 5 Maste mit 15 bis 18 cm Fußdurchmesser und 7 bis 9 m Länge (typische Maste für den Einsatz im Telekommunikations- und Beleuchtungsbereich) und
 - 5 Maste mit 22 bis 34 cm Fußdurchmesser und 10 bis 16 m Länge (typische Maste für den Einsatz im Energieversorgungsbereich)
- 20 betriebsgealterte Rundholzmaste mit Hohlfäule im Erdübergangsbereich (äußerlich nicht erkennbar), davon
 - 10 Maste mit 15 bis 18 cm Fußdurchmesser und 7 bis 9 m Länge, davon
 - mindestens 3 Maste mit einem verbleibenden relativen Widerstandsmoment zwischen 90 % und 98 %¹ und
 - mindestens 3 Maste mit einem verbleibenden relativen Widerstandsmoment zwischen 50 % und 90 %²
 - 10 Maste mit 22 bis 34 cm Fußdurchmesser und 10 bis 16 m Länge davon
 - mindestens 3 Maste mit einem verbleibenden relativen Widerstandsmoment zwischen 90 % und 98 % und
 - mindestens 3 Maste mit einem verbleibenden relativen Widerstandsmoment zwischen 50 % und 90 %

Darüber hinaus dürfen die Prüfmaste keine weiteren Schadensarten nach TH Kontrolle und Nachpflege von Holzmasten [2] aufweisen und dürfen nicht vorbehandelt werden z.B. durch Wässern oder technisches Trocknen. Die Verantwortung für die Auswahl der Prüfmaste liegt bei der Prüfungsleitung.

Die Prüfmaste sind fortlaufend zu nummerieren. Die Nummerierung ist an den Masten anzubringen. Da die Einhaltung der Vorgaben für das verbleibende relative Widerstandsmoment der Prüfmaste erst durch die Entnahme von Mastscheiben überprüft werden kann, ist es sinnvoll, eine größere Anzahl Maste in den Versuch einzubeziehen, um zu gewährleisten, dass ausreichend Maste jeder Kategorie berücksichtigt werden. Um dennoch eine eindeutige Auswahl der Prüfmaste sicherzustellen, sind die 30 ersten Prüfergebnisse (bezogen auf die Nummerierung der Prüfmaste), die die oben genannten Kriterien erfüllen, für die Auswertung zu verwenden.

3.4 Prüfaufbau

Die Prüfmaste können sich während der Prüfung entweder innerhalb eines Freileitungszuges („Prüfung im Feld“) oder innerhalb eines Prüfstandes (Beispiel in Abbildung 1) befinden („Prüfung im Prüfstand“). Die Maste müssen normgerecht gegründet sein. Spannfeldlängen und Beseilung sind praxisnah zu wählen. Der Prüfaufbau (inkl. Spannfeldlängen und verwendeten Leiterseiltypen) ist im Prüfbericht durch Skizzen und Fotos zu dokumentieren. Die Leitungsrichtung ist an den Masten zu markieren. Die

¹ entspricht bei konzentrischer, kreisrunder Hohlfäule einer Restwandstärke zwischen 22 % und 32 %

² entspricht bei konzentrischer, kreisrunder Hohlfäule einer Restwandstärke zwischen 8 % und 22 %

Leiteseile müssen in üblicher Weise an den Masten befestigt werden. Die Art der Befestigung ist zu dokumentieren.

Wird bei Prüfungen in einem Prüfstand eine Masteinspannvorrichtung verwendet, so muss diese eine feste Einspannung ermöglichen, aber gleichzeitig dem Verhalten der Erdoberfläche bei Belastung entsprechen, d.h. keine scharfe Bruchkante aufweisen. Die in Abbildung 2 beispielhaft dargestellte Masteinspannvorrichtung erfüllt diese Voraussetzungen. Wird der Raum zwischen den dargestellten Beton-Schachtringen und dem jeweiligen Prüfmast mit „Rundkies 8-16 mm ohne Feinanteil“ verfüllt, kann auf das Verdichten verzichtet werden und das Wechseln der Prüfmaste durch den Einsatz eines Saugbaggers beschleunigt werden.

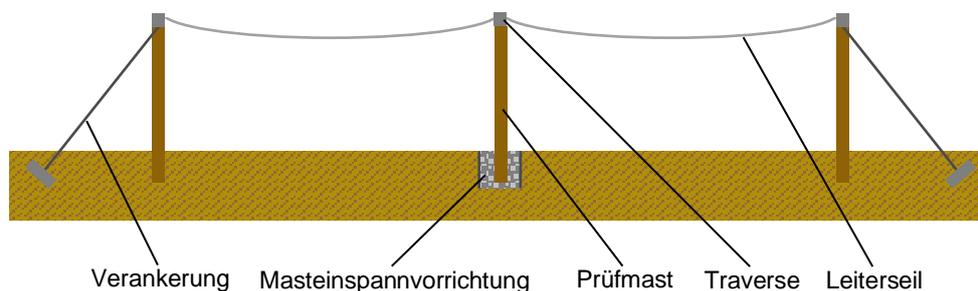


Abbildung 1: Beispiel für einen Prüfaufbau für Prüfungen im Prüfstand

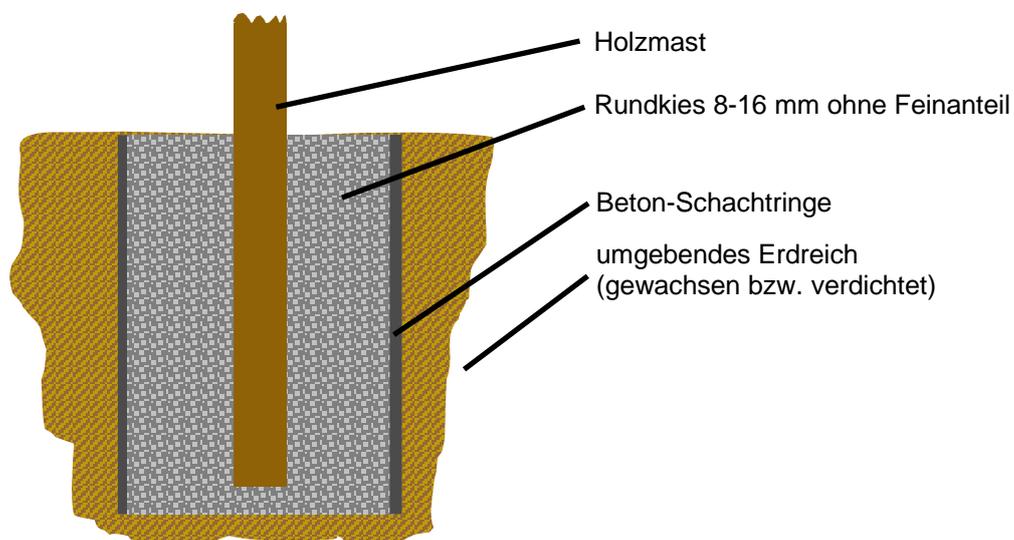


Abbildung 2: Beispiel für eine Masteinspannvorrichtung

Bei Prüfsystemen, die auf einem lokalen Verfahren entsprechend Abschnitt 4.4.1 basieren und nachweislich nicht durch die Kopfausrüstung und Beseilung beeinflusst werden, kann auf diese verzichtet werden. Dies ist im Prüfbericht zu dokumentieren.

Anmerkung: Auch in diesem Fall muss eine Leitungsrichtung festgelegt und markiert werden, da die Auswertung sich darauf bezieht.

3.5 Durchführung der Prüfung

An jedem Prüfmast wird eine vollständige Standsicherheitsprüfung entsprechend der Vorgaben des Prüfsystemherstellers durchgeführt. Sollten Eingaben am Prüfsystem notwendig sein, so sind die Eingabewerte im Prüfbericht zu dokumentieren.

Zur Bewertung der Reproduzierbarkeit ist ein zweiter Prüfdurchlauf durchzuführen. Dabei wird die Prüfung an denselben Masten durch eine andere Person, die nicht am ersten Durchlauf teilgenommen hat, mit einem anderen Prüfgerät gleichen Typs wiederholt. Die Ergebnisse des ersten Prüfdurchlaufs dürfen keinerlei Einfluss auf die Ergebnisse des zweiten Durchlaufs haben. Die Umgebungsbedingungen (insbesondere Umgebungstemperatur) während der Prüfung sind zu dokumentieren

3.6 Auswertung der Prüfung

3.6.1 Allgemeines zur Biegefestigkeit

Die Auswertung der Prüfung soll sowohl für Prüfsysteme möglich sein, die die Tragfähigkeitsbeurteilung auf Grundlage einer ermittelten Schädigung und den Normwerten der Biegefestigkeit durchführen als auch für solche Systeme, die bei der Tragfähigkeitsbeurteilung die Biegefestigkeit des individuellen Mastes berücksichtigen (siehe auch 4.4.2). Die Auswertung der Prüfung ist daher im Folgenden für beide Arten von Prüfsystemen beschrieben. Bei der Auswertung muss durch korrekte Berücksichtigung der jeweiligen Teilsicherheitsbeiwerte konsequent zwischen Bemessungswerten und charakteristischen Werten unterschieden werden.

3.6.2 Verwendung von Normwerten der Biegefestigkeit

Bei Prüfsystemen, die für die Beurteilung der Tragfähigkeit Normwerte der Biegefestigkeit zugrunde legen, erfolgt die Beurteilung des Messergebnisses ausschließlich auf Grundlage der vom Prüfsystem ermittelten relativen Resttragfähigkeit. Diese ergibt sich aus dem Verhältnis der Nutzlast des geschädigten Mastes zu der des gleichen Mastes in ungeschädigtem Zustand

$$\text{relative Resttragfähigkeit} = \frac{\text{Nutzlast geschädigter Mast}}{\text{Nutzlast ungeschädigter Mast}}$$

Unter der Voraussetzung, dass die Hohlfäule im Erdübergangsbereich liegt (vgl. Abschnitt 3.3), lässt sich die relative Resttragfähigkeit auch aus dem Verhältnis von geschädigtem zu ungeschädigtem Widerstandsmoment berechnen

$$\text{relative Resttragfähigkeit} = \frac{\text{geschädigtes Widerstandsmoment}}{\text{ungeschädigtes Widerstandsmoment}}$$

Die vom Prüfsystem ermittelte relative Resttragfähigkeit wird mit dem Wert verglichen, der sich aus der Modellierung nach Abschnitt 3.6.4. ergibt.

Umbruchversuche sind in diesem Fall nicht sinnvoll zu interpretieren, da das Ergebnis wesentlich von der Biegefestigkeit des individuellen Mastes abhängt, welche infolge der Streuung der Materialfestigkeiten deutlich von den Normwerten abweichen kann.

3.6.3 Verwendung der Biegefestigkeit des individuellen Mastes

Bei Prüfsystemen, die die Biegefestigkeit des individuellen Mastes (insbesondere Überfestigkeiten) berücksichtigen, müssten die Nutzlasten, die aus den vom Prüfsystem ausgegebenen Werten errechnet wurden, mit den Ergebnissen von Umbruchversuchen verglichen werden. Um dabei die statistische Verteilung der Biegefestigkeiten zu berücksichtigen, wäre eine sehr große Menge an Prüfmasten erforderlich (Stichprobenumfänge aus DIN EN 14229).

Umbruchversuche haben gezeigt, dass das ungeschädigte Holz von fäulnisbehafteten Masten in der Regel die ursprüngliche Tragfähigkeit aufweist. Da außerdem nach Abschnitt 4.4.2 in jedem Fall auszugeben ist, ob und in welchem Maße Hohlkäule im Mast vorhanden ist, kann getrennt von der Ermittlung der Schädigung überprüft werden, ob die Biegefestigkeit von Masten durch das Prüfsystem zutreffend erfasst wird. Dies erfolgt, indem die Biegefestigkeit an den zehn ungeschädigten Prüfmasten nach Abschnitt 3.3 am jeweiligen Mast durch das Prüfsystem ermittelt wird und diese mit den Ergebnissen der Umbruchversuche nach Abschnitt 3.6.5 an diesen Masten verglichen wird. Anhand dieses Vergleichs lässt sich bewerten, ob die Biegefestigkeit dieser Maste sämtlich auf der sicheren Seite liegend ermittelt wird.

Die Beurteilung der Messergebnisse von den geschädigten Masten in Bezug auf ihre Schädigung erfolgt analog zu Abschnitt 3.6.2.

3.6.4 Entnahme und Modellierung von Mastscheiben

Zur Ermittlung des verbleibenden Widerstandsmomentes werden innerhalb von einem Monat nach den Prüfdurchläufen aus dem Bereich von ca. 30 cm unter EOK bis ca. 20 cm über EOK fünf je 10 cm dicke Scheiben entnommen und vermessen. Die Ermittlung des Widerstandsmomentes des geschädigten Querschnitts kann zweckmäßigerweise softwaregestützt mit Hilfe eines Berechnungsprogrammes durch Modellierung der nicht geschädigten Querschnittsteile erfolgen. Dieser absolute Wert wird durch das Widerstandsmoment des entsprechenden Querschnitts ohne Schädigung dividiert, um die relative Resttragfähigkeit (analog zur Definition in 4.6.2) zu erhalten. Für die Auswertung wird die Scheibe mit der geringsten relativen Resttragfähigkeit rechtwinklig zur Leitungsrichtung betrachtet. Dabei ist nur das Spannungskriterium maßgebend, die Durchbiegung darf vernachlässigt werden.

Bei den ungeschädigten Prüfmasten ist durch die Entnahme von Mastscheiben lediglich sicherzustellen, dass tatsächlich keine Schädigung vorliegt und das volle Widerstandsmoment angenommen werden kann.

Tritt bei einem Prüfmast Ringfäule auf, so kann der verbleibende tragfähige Kern in die Berechnung des Widerstandsmomentes einbezogen werden, sofern auch das Prüfsystem dies tut.

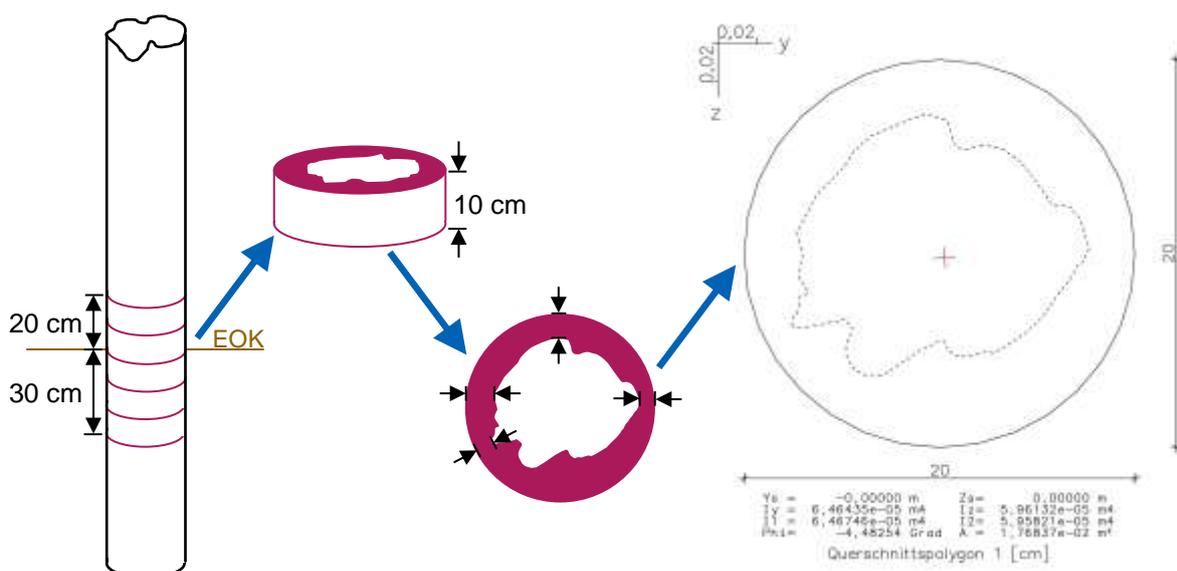


Abbildung 3: Entnahme und Modellierung der Mastscheiben

3.6.5 Umbruchversuch

Bei Systemen, die entsprechend Abschnitt 3.6.3 in ihre Berechnungen die Biegefestigkeit des individuellen Mastes einbeziehen, müssen die ungeschädigten Prüfmaste innerhalb von einem Monat nach den Prüfdurchläufen umgebrochen werden, um die tatsächliche Bruchlast zu ermitteln.

Das Umbrechen erfolgt mittels Winde mit möglichst horizontaler Krafteinleitung am Mastzopf. Dies wird durch einen möglichst großen Abstand der Winde vom Mast erreicht. Die Zugrichtung ist rechtwinklig zum Leiterseil. Die eingebrachte Kraft ist mittels eines Kraftaufnehmers in der Winde oder im Zugseil zu messen. Außerdem ist die Verformung des Mastzopfes aufzuzeichnen und damit ein Kraft-Weg-Diagramm bis zum Bruch des Mastes anzufertigen. Die Messungen müssen mit ausreichender Genauigkeit erfolgen, sodass die Bruchkraft eindeutig ermittelt werden kann. Die Einflüsse der Anschlagmittel auf die Messergebnisse sind durch Verwendung möglichst leichter Anschlagmittel mit geringer Verformung unter Lasteinfluss zu minimieren. Umbruchversuche dürfen nur bei frostfreiem Mast und Boden durchgeführt werden.

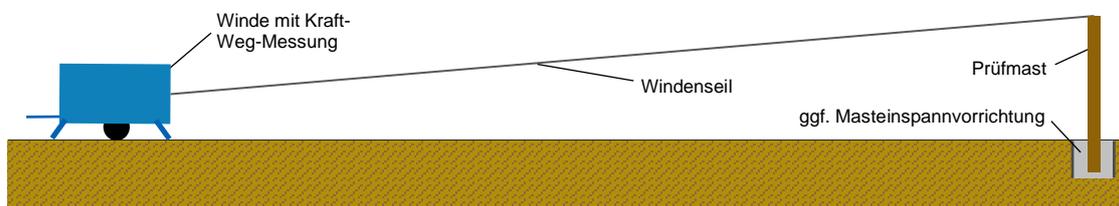


Abbildung 4: Beispielhafter Aufbau für Umbruchversuch

Sollen Umbruchversuche durchgeführt werden, ist dies bei der Wahl der Strecke bzw. bei der Gestaltung der Mastespannvorrichtung zu berücksichtigen. In diesem Fall sollte die verwendete Mastespannvorrichtung mindestens eine am Mastzopf einwirkende Kraft von 20 kN aufnehmen können, da aufgrund der hohen möglichen Überfestigkeiten bei ungeschädigten Masten für Mittelspannungsleitungen mit solchen Bruchkräften gerechnet werden muss.

3.7 Bewertung

Die Bewertung des Prüfsystems erfolgt durch Vergleich der vom Prüfsystem ausgegebenen Werte mit den Werten aus der Modellierung nach Abschnitt 3.6.4 bzw. den Umbruchversuchen nach Abschnitt 3.6.5.

Bis zu einer Abweichung zwischen der relativen Resttragfähigkeit aus der Modellierung und demjenigen aus der Ausgabe des Prüfsystems von $\pm 5\%$ ³ (bezogen auf das Widerstandsmoment des ungeschädigten Querschnitts) wird die Einordnung des Prüfmastes durch das Prüfsystem als korrekt bewertet.

Ist die aus Modellierung ermittelte relative Resttragfähigkeit über 5 % kleiner als die vom Prüfsystem ermittelte, so liegt eine Fehleinstufung zur unsicheren Seite vor. Eine solche Fehleinstufung darf in keinem der beiden Prüfdurchläufe bei keinem der Prüfmaste auftreten.

Ist die aus Modellierung ermittelte relative Resttragfähigkeit über 5 % größer als die vom Prüfsystem ermittelte, so liegt eine Fehleinstufung zur sicheren Seite vor. Diese Art von Fehleinstufungen stellt keine

³ $\pm 5\%$ bezogen auf das Widerstandsmoment des ungeschädigten Querschnitts entsprechen etwa einem Unterschied der Restwandstärke von $\pm 0,5$ cm im Bereich um 90 % relativem verbleibendem Widerstandsmoment für die in Abschnitt 3.3 genannten Mastgrößen. Eine geringere zulässige Abweichung ist kaum umsetzbar, da eine genauere Bestimmung der Restwandstärke praktisch nur schwer möglich ist.

Gefahr für die Standsicherheit des Mastes dar und ist daher zulässig. Die Anzahl der in dieser Weise falsch eingestuften Prüfmaste ist dennoch im Prüfbericht anzugeben, da sie für die Auswahl eines Prüfsystems im Hinblick auf die Vermeidung unnötiger Mastwechsel relevant ist. Die Fehleinstufung ist für den jeweiligen Prüfmast zu zählen, sobald sie in einem der beiden Prüfdurchläufe aufgetreten ist.

Bei Prüfsystemen, die die Biegefestigkeit des individuellen Mastes berücksichtigen, muss die aus dem Umbruchversuch ermittelte Biegefestigkeit gleich oder größer der durch das Prüfsystem ausgegebenen Biegefestigkeit sein. Die Ausgabe des Prüfsystems muss also wie in Abschnitt 3.6.3 beschrieben auf der sicheren Seite liegen.

3.8 Prüfbericht

Der Prüfbericht zur Prüfung des Holzmastprüfsystems muss folgende Angaben enthalten:

- Name des geprüften Systems
- Ort und Datum der Prüfung
- Name des Prüflabors und der Prüfungsleitung (einschließlich Unterschrift)
- Auftraggeber der Prüfung
- Hersteller des Prüfsystems
- vollständig ausgefüllte Checkliste nach Anhang A
- Dokumentation des Prüfaufbaus entsprechend Abschnitt 3.4
- Ergebnisse der Eignungsprüfung je Prüfmast (Beispiel in Anhang B)
 - Daten zum Mast (Fußdurchmesser, Länge, Imprägnierung, Holzart, Herstellungsjahr)
 - vom Prüfsystem ermittelte Restwandstärke bzw. verbleibende Nutzlast (jeweils für ersten und zweiten Prüfdurchlauf)
 - Vorgehen und Ergebnisse zur Ermittlung der relativen Resttragfähigkeit aus den Ausgaben des Prüfsystems (jeweils für ersten und zweiten Prüfdurchlauf)
 - Querschnittsbilder aller entnommenen Mastscheiben und Annahmen für die Modellierung sowie Ergebnisse der Modellierung zur Ermittlung der relativen Resttragfähigkeit
 - Bruchkraft, Kraft-Weg-Diagramm, Vorgehen und Ergebnisse zur Ermittlung der Biegefestigkeit aus Umbruchversuch (sofern durchgeführt)
- Anzahl der Prüfmaste mit Abweichungen zwischen Ausgabe des Prüfsystems und Modellierung bzw. Umbruchversuch nach Abschnitt 3.7

Sofern alle nicht-optionalen Anforderungen nach Abschnitt 4 erfüllt sind und in beiden Durchläufen bei keinem Prüfmast eine Fehleinstufung zur unsicheren Seite nach Abschnitt 3.7 aufgetreten ist, darf im Prüfbericht angegeben werden, dass das jeweilige Prüfsystem den Anforderungen dieses Dokumentes zur Erkennung von Hohlfäule entspricht.

4 Anforderungen

4.1 Allgemeines

Die Erfüllung der im Folgenden genannten Anforderungen ist anhand der Checkliste in Anhang A durch den Hersteller anzugeben und die notwendigen Parameter sind zu dokumentieren.

4.2 Anforderungen an das Prüfsystem

Das Prüfsystem soll bei allen Holzmasten anwendbar sein, unabhängig von Masttyp (z.B. Einzelmast, A-Mast, Doppelmast), Art der Gründung, Bodenverhältnissen, vorhandenen Anbauteilen oder Verankerungen, Beseilung, Höhe, Durchmesser (Abmessungen nach DHMV-Tabellen [4]), Art der Holzschutzmittelanwendung (nach TH Imprägnierte Holzmaste [3]), Holzart und ggf. vorhandenen Nachpflegesystemen. Einschränkungen in der Anwendbarkeit sowie sämtliche benötigte Eingangsparameter (z.B. Spannfeldlänge, Leiterseiltypen) sind vom Hersteller des Prüfsystems zu benennen.

Der Hersteller des Prüfsystems muss Vorgaben zur Wartung des Systems machen. Das Prüfsystem muss kalibrierfähig sein. Der Hersteller muss angeben, bei welchen Umgebungsbedingungen (u.a. Temperatur von Luft und Boden, Niederschlag) das System anwendbar ist.

Das Bewertungsschema des Systems muss bei Änderungen an den der Bewertung zugrundeliegenden Vorgaben und Normen angepasst werden können. Änderungen an Hardware oder Software sind inhaltlich in Art und Umfang und hinsichtlich der Auswirkung auf das Bewertungsergebnis für den Anwender nachvollziehbar zu dokumentieren und dem Anwender vorab mitzuteilen.

Der Hersteller muss angeben, welche Daten vom System erfasst werden und wo diese gespeichert, verarbeitet und an wen diese übertragen werden.

4.3 Anforderungen an die Anwendbarkeit

Der Hersteller muss eine leicht verständliche Bedienungsanleitung in deutscher Sprache bereitstellen und klar angeben, welche Qualifikation der Anwender für die sachgerechte Bedienung des Systems benötigt. Er muss außerdem die zur Bedienung des Systems erforderliche Personenanzahl sowie das Transportgewicht der notwendigen Systemkomponenten angeben.

Die Prüfung muss zerstörungsarm, bestenfalls zerstörungsfrei erfolgen. Bei einer zerstörungsarmen Prüfung müssen die entstandenen Schäden, wenn notwendig, einfach (z.B. mit imprägnierten Hartholzdübeln) zu beheben sein. Das dafür benötigte Material ist zu benennen. Der Hersteller muss die durchschnittlich benötigte Zeit zur Überprüfung eines Mastes angeben.

Vom System darf keine Gefährdung für Personen und die Umwelt ausgehen.

4.4 Anforderungen an das Prüfergebnis

4.4.1 Anforderungen an die Schadensbeurteilung

Der Hersteller muss angeben, welche der in Tabelle 3 des TH Kontrolle und Nachpflege von Holzmasten [2] genannten Schadensarten das System bei der Bewertung berücksichtigt. Er muss außerdem angeben, wie das System die im Mast vorhandenen Schadensarten einzeln benennt und ausgibt.

Dabei ist außerdem anzugeben, ob das Verfahren eine Aussage für den gesamten Mast trifft (globales Verfahren) oder auf bestimmte Bereiche beschränkt ist bzw. eine Vorauswahl der Messpunkte getroffen werden muss (lokales Verfahren). Weiterhin muss der Hersteller angeben, ob das System die Mastgründung beurteilt und ob die Mastgründung Einfluss auf das Messergebnis hat.

Werden bei der Beurteilung der Schadensarten neben den Ergebnissen des Prüfsystems auch weitere Angaben verwendet (z. B. Ergebnisse einer begleitenden Sichtprüfung), ist durch den Hersteller nachvollziehbar anzugeben, wie diese in das Ergebnis einfließen.

4.4.2 Anforderungen an die Beurteilung der Tragfähigkeit

Gibt das Prüfsystem eine Aussage zur Tragfähigkeit des Mastes aus, muss diese Angabe als verbleibende absolute Nutzlast oder als relative Resttragfähigkeit bezogen auf die ursprüngliche Nutzlast oder als Zustandsklasse nach Tabelle 3 des TH Kontrolle und Nachpflege von Holzmasten [2] erfolgen. Dabei muss erkennbar sein, wie sich das Ergebnis aus den einzelnen Schadensarten zusammensetzt (insbesondere ob und in welchem Maße Hohlfäule vorhanden ist) und um welche Art der Lastangabe (charakteristische Nutzlast oder Bemessungsnutzlast) es sich handelt. Die Schwellen für die Einstufung in die jeweilige Zustandsklasse müssen vom Anwender angepasst werden können.

Der Hersteller muss außerdem angeben, ob die Beurteilung der Tragfähigkeit mit Normwerten für die Biegefestigkeit erfolgt oder ob das System die individuelle Biegefestigkeit des jeweiligen Mastes ermittelt und für die Beurteilung verwendet. Werden Normwerte verwendet, müssen diese angegeben werden.

4.4.3 Anforderungen an die Beurteilung der Besteigbarkeit

Gibt das Prüfsystem eine Aussage zur aktuellen Besteigbarkeit des Mastes aus, muss diese Angabe als Ja/Nein-Aussage („Mast besteigbar“ / „Mast nicht besteigbar“) erfolgen. Die Bewertung ist anhand der Montagelastannahmen nach Abschnitt 4.7 des TH Kontrolle und Nachpflege von Holzmasten [2] vorzunehmen.

4.4.4 Anforderungen an Prognosefunktionen

Stellt der Hersteller Prognosefunktionen zur Verfügung, muss er detailliert angeben, auf welcher Datengrundlage und mit welchem Verfahren diese arbeiten. Dabei sind die in Abschnitt 6 des TH Kontrolle und Nachpflege von Holzmasten [2] genannten Randbedingungen zu beachten.

4.5 Dokumentation der Messergebnisse

Die Messergebnisse müssen vom Prüfsystem eindeutig bezeichnet und dem geprüften Mast eindeutig zugeordnet werden. Sie müssen elektronisch archivierbar sein. Der Hersteller muss das verwendete Datenformat eindeutig angeben. Exportfunktionen in vom Anwender weiter verarbeitbare Datenformate (z.B. csv- oder txt-Dateien) müssen vorhanden und verständlich dokumentiert sein.

5 Literaturverzeichnis

- [1] H. Harder; Der Holzmast im Freileitungsbau – Beurteilung der Standsicherheit von Holzmasten bei Fäulnis, 1957
- [2] FNN-Hinweis Kontrolle und Nachpflege von Holzmasten, Version 1.0, Januar 2018
- [3] FNN-Hinweis Imprägnierte Holzmaste Technischer Hinweis 6. Ausgabe, Oktober 2011
- [4] Nutzlastentabellen des Deutschen Holzmastenverbandes e.V. (DHMV), abrufbar unter:
<https://www.holzmastenverband.de/de/nutzlastentabellen-anlagen.html>

Anhang A

A. Checkliste für die Anforderungen an Holzmastprüfsysteme

Anforderung	Abschnitt	Herstellerangabe	Bemerkung
Name des geprüften Systems			
Hersteller des Prüfsystems			
Angewandtes Messverfahren			
überprüfbare Masttypen	4.2	<input type="checkbox"/> Einzelmast <input type="checkbox"/> Doppelmast <input type="checkbox"/> A-Mast <input type="checkbox"/>	
überprüfbare Gründungsarten	4.2	<input type="checkbox"/> Erdgründung nach DIN EN 50341-2-4 <input type="checkbox"/> angeschuhter Mast	
Beeinflussung durch Bodenverhältnisse	4.2	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja: _____	
Prüfung bei vorhandenen Anbauteilen möglich	4.2	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, mit folgenden Einschränkungen: _____	
Prüfung bei vorhandener Verankerung möglich	4.2	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, mit folgenden Einschränkungen: _____	
Prüfung mit üblicher Beseilung möglich	4.2	<input type="checkbox"/> Mittelspannung <input type="checkbox"/> Niederspannung <input type="checkbox"/> Telekommunikation	
Prüfung aller in DHMV-Tabellen [4] aufgeführten Mastlängen möglich	4.2	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein, kleinste Länge: _____ m größte Länge: _____ m	
Prüfung aller in DHMV-Tabellen [4] aufgeführten Mastdurchmesser möglich	4.2	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein, kleinster Durchmesser: _____ cm größter Durchmesser: _____ cm	
Auf alle Maste mit Holzschutzmitteln nach TH Imprägnierte Holzmaste [3] anwendbar	4.2	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein, nicht anwendbar bei folgenden Holzschutzmitteln: _____	
überprüfbare Holzarten	4.2	<input type="checkbox"/> Fichte <input type="checkbox"/> Kiefer <input type="checkbox"/> weitere: _____	

Einschränkungen durch Nachpflegesysteme	4.2	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja: _____	
benötigte Eingangsparameter (z.B. Spannungsfeldlänge, Leiterseiltypen)	4.2		
Wartungsvorgaben	4.2	Wartungsintervall (Jahre/Anwendungen): _____ Wartungsinhalt: _____	
zulässige Umgebungsbedingungen	4.2	min. / max. Lufttemperatur: _____ °C / _____ °C min. / max. Bodentemperatur _____ °C / _____ °C <input type="checkbox"/> Einschränkung bei starkem Wind <input type="checkbox"/> Einschränkung bei Niederschlag	
Anpassbarkeit von Grenzwerten u.ä. bei Normänderungen	4.2	<input type="checkbox"/> durch den Anwender <input type="checkbox"/> durch den Hersteller	
Dokumentation von Softwareänderungen	4.2	<input type="checkbox"/> für den Anwender zugänglich <input type="checkbox"/> nicht für den Anwender zugänglich <input type="checkbox"/> nicht vorhanden	
vorherige Ankündigung von Softwareänderungen	4.2	<input type="checkbox"/> nicht vorgesehen <input type="checkbox"/> über die Software <input type="checkbox"/> per Newsletter <input type="checkbox"/> sonstige: _____	
vom System erfasste Daten	4.2		
Ort der Datenverarbeitung/-speicherung	4.2	<input type="checkbox"/> lokaler Rechner des Anwenders <input type="checkbox"/> Server des Anwenders <input type="checkbox"/> Server des Herstellers <input type="checkbox"/> Datenverarbeitungsdienstleister: _____ <input type="checkbox"/> Cloud-Lösung: _____ Land der Datenverarbeitung/-speicherung: _____	
deutsche Bedienungsanleitung vorhanden	4.3	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	

benötigte Anwenderqualifikation	4.3		
Anzahl Bedienpersonal	4.3		
Transportgewicht des Systems	4.3	_____ kg	
Art der Prüfung	4.3	<input type="checkbox"/> zerstörungsfrei <input type="checkbox"/> zerstörungsarm zur Behebung entstandener Schäden notwendiges Material: _____	
durchschnittliche Prüfdauer je Mast	4.3	_____ min	
Gefahren für Personen und Umwelt	4.3	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Bei Bewertung berücksichtigte Schadensarten	4.4.1	<input type="checkbox"/> mechanische Beschädigungen / Querrisse <input type="checkbox"/> Randfäule <input type="checkbox"/> Hohlfäule / Ringfäule <input type="checkbox"/> Zopffäule <input type="checkbox"/> Längsrisse <input type="checkbox"/> Spechtbefall <input type="checkbox"/> Insektenbefall	
ausgegebene Schadensarten	4.4.1	<input type="checkbox"/> mechanische Beschädigungen / Querrisse <input type="checkbox"/> Randfäule <input type="checkbox"/> Hohlfäule / Ringfäule <input type="checkbox"/> Zopffäule <input type="checkbox"/> Längsrisse <input type="checkbox"/> Spechtbefall <input type="checkbox"/> Insektenbefall	
Art des Prüfverfahrens	4.4.1	<input type="checkbox"/> lokal <input type="checkbox"/> global	
Beurteilung der Mastgründung	4.4.1	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
vorherige Sichtprüfung für das System erforderlich	4.4.1	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, nötige Parameter: _____	
Ausgabe einer Tragfähigkeitsbeurteilung	4.4.2	<input type="checkbox"/> Ausgabe der verbleibenden absoluten Nutzlast in kN <input type="checkbox"/> charakteristischer Wert der Nutzlast (nach DHMV-Tabelle [4]) <input type="checkbox"/> Bemessungswert <input type="checkbox"/> Ausgabe der relativen Resttragfähigkeit in % <input type="checkbox"/> Ausgabe der Zustandsklasse <input type="checkbox"/> keine Ausgabe einer Tragfähigkeitsbeurteilung	
Verwendung der Einzelergebnisse zur Gesamtbeurteilung für den Anwender nachvollziehbar	4.4.2	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	

Schwelle für die Einstufung in die Zustandsklasse durch Anwender anpassbar	4.4.2	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Basis für Beurteilung der Tragfähigkeit	4.4.2	<input type="checkbox"/> Ermittlung der individuellen Biegefestigkeit des jeweiligen Mastes <input type="checkbox"/> Verwendung von Normwerten: _____	
Ausgabe einer Besteigbarkeitsbeurteilung	4.4.3	<input type="checkbox"/> Ausgabe „Mast besteigbar“ / „Mast nicht besteigbar“ <input type="checkbox"/> keine Ausgabe einer Besteigbarkeitsbeurteilung	
Bewertung der Besteigbarkeit anhand der Montagelastannahmen	4.4.3	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> keine Ausgabe einer Besteigbarkeitsbeurteilung <input type="checkbox"/> anderes Verfahren: _____	
Prognosefunktionen vorhanden	4.4.4	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Datengrundlage / Prognoseverfahren	4.4.4		
eindeutige Bezeichnung der Prüfergebnisse	4.5	<input type="checkbox"/> ja, Art der Bezeichnung: _____ <input type="checkbox"/> nein	
elektronische Archivierung der Messergebnisse	4.5	<input type="checkbox"/> ja, Art der Archivierung: _____ <input type="checkbox"/> nein	
verfügbare Exportformate	4.5	<input type="checkbox"/> PDF <input type="checkbox"/> csv <input type="checkbox"/> txt <input type="checkbox"/> Microsoft Excel <input type="checkbox"/> sonstige: _____	

Anhang B (informativ)

B. Beispiel für die Ergebnis-Dokumentation der Eignungsprüfung für einen Prüfmast

Prüfmast Nr.:

Angaben zum Mast

Fußdurchmesser	<input type="text"/>	cm
Länge	<input type="text"/>	m
Imprägnierung	<input type="text"/>	
Holzart	<input type="text"/>	(Ki / Fi)
Herstellungsjahr	<input type="text"/>	

Angaben zum Einbau

Abstand Einschlagmarke EOK	<input type="text"/>	cm
Eingrabetiefe	<input type="text"/>	cm
Umfang an EOK	<input type="text"/>	cm

Ausgaben des Prüfsystems⁴

1. Prüfdurchlauf

Restwandstärke	<input type="text"/>	cm / %
Nutzlast in geschädigtem Zustand	<input type="text"/>	kN
Nutzlast in ungeschädigtem Zustand	<input type="text"/>	kN
relative Resttragfähigkeit	<input type="text"/>	%
Mast besteigbar?	<input type="text"/>	ja / nein / k.A.
Ausgegebene Zustandsklasse nach TH Kontrolle und Nachpflege [2]	<input type="text"/>	

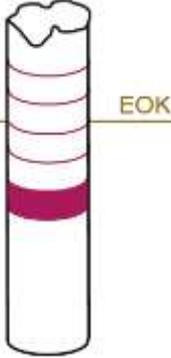
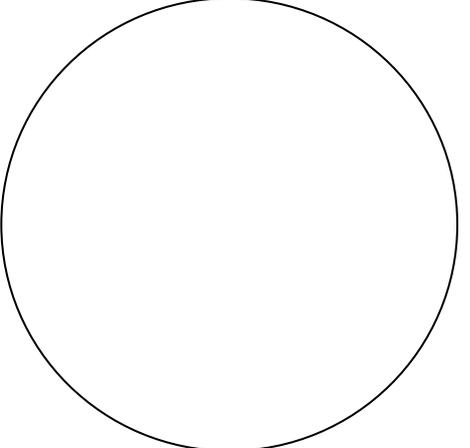
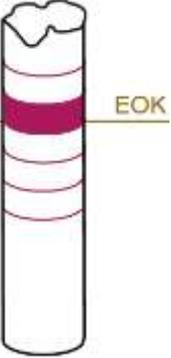
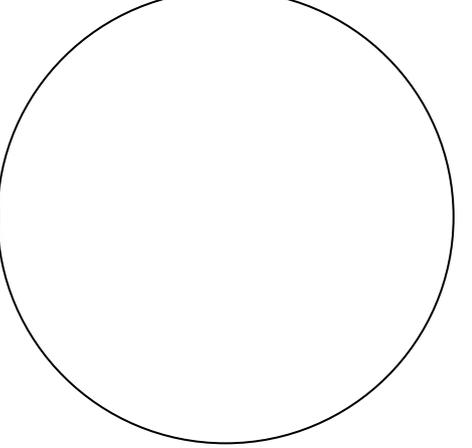
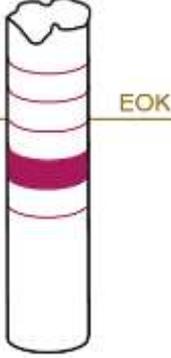
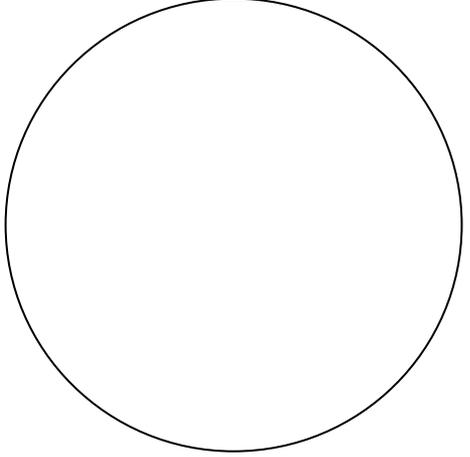
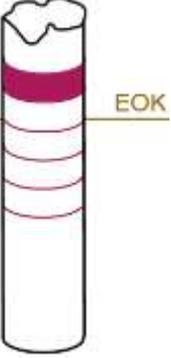
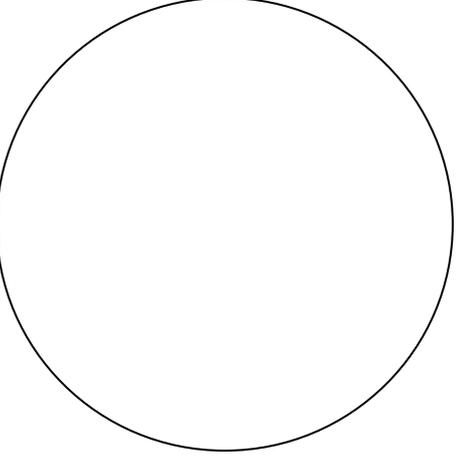
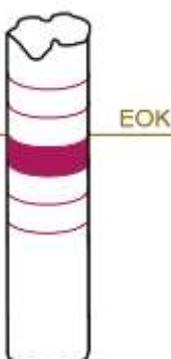
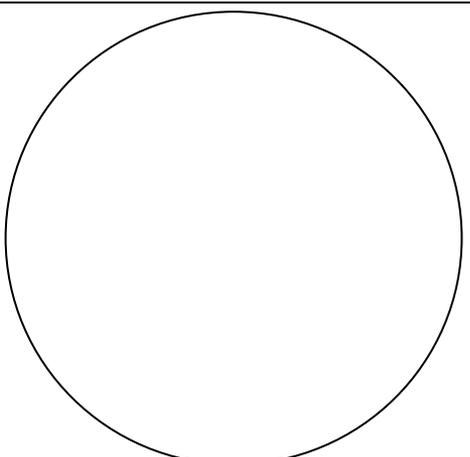
2. Prüfdurchlauf

Restwandstärke	<input type="text"/>	cm / %
Nutzlast in geschädigtem Zustand	<input type="text"/>	kN
Nutzlast in ungeschädigtem Zustand	<input type="text"/>	kN
relative Resttragfähigkeit	<input type="text"/>	%
Mast besteigbar?	<input type="text"/>	ja / nein / k.A.
Ausgegebene Zustandsklasse nach TH Kontrolle und Nachpflege [2]	<input type="text"/>	

⁴ Dokumentation ist an die Ausgabe des Prüfsystems anzupassen.

Prüfmast Nr.:

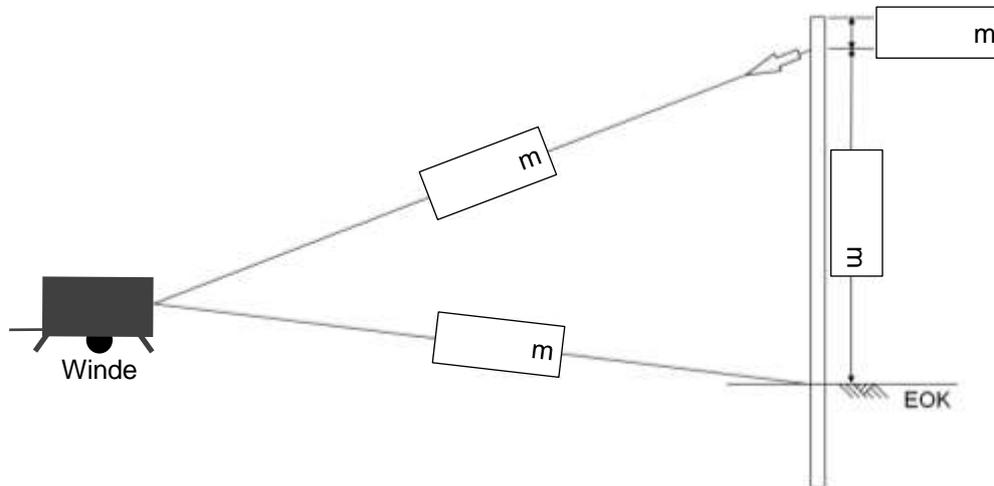
Querschnitt der entnommenen Mastscheiben

<p>-30 cm bis -20 cm</p> 		<p>0 cm bis +10 cm</p> 	
<p>-20 cm bis -10 cm</p> 		<p>+10 cm bis +20 cm</p> 	
<p>-10 cm bis 0 cm (EOK)</p> 			

Prüfmast Nr.:

Umbruchversuch⁵

Geometrie Versuchsaufbau



Mastgeometrie

Umfang an EOK: cm

Umfang an Anschlagstelle: cm

Umfang Bruchstelle: cm

Abstand Einschlagmarke EOK: cm

Holzart: (Ki / Fi)

Messergebnisse

Bruchkraft: kN

zurückgelegter Weg: cm

Abstand Bruchstelle EOK: cm (- unter EOK / + über EOK)

Bemerkungen

Bruch im Holz eher duktil (große Verformung, langfasriger Bruch)
 eher spröde (kleine Verformung, kurzfasriger Bruch)

Aufzeichnung Kraft-Weg-Diagramm und Ermittlung der Biegefestigkeit auf gesondertem Blatt.

⁵ wenn für das Prüfsystem erforderlich

VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e.V.

Forum Netztechnik/Netzbetrieb im
VDE (VDE|FNN)
Bismarckstraße 33
10625 Berlin
Tel. +49 30 383868-70