Messung und Bestimmung der Holzfeuchte von Scheitholz

1. Feuchtegehalt nach 1. BImSchV

Brennholz sollte zum Verbrennen lufttrocken sein. Brennholz kann bei richtiger Lager- oder Stapeltrocknung an der Luft innerhalb von 4 bis 9 Monaten auf eine Holzfeuchte von ca. 20 % getrocknet werden; Eichenbrennholz trocknet nach Untersuchungen des Instituts für Brennholztechnik in weniger als einem Jahr.

Laut § 3 (3) 1. BImSchV vom 22.03.2010 gilt für Brennholz in handbeschickten kleinen und mittleren Feuerungen ein *„Feuchtegehalt unter 25 % bezogen auf das Trocken- oder Darrgewicht des Brennstoffes (…)“.* Dies entspricht einer Holzfeuchte u < 25%.
Eine Trocknung auf eine mittlere Holzfeuchte u < 15% ist nicht sinnvoll.

Bundesverband Brennholzhandel und –produktion e. V. und RAL-Gütegemeinschaft Brennholz e. V. prüfen die Holzfeuchte in Scheitholz mit einem einfachen elektrischen Widerstandsmessgerät und nach der *Richtlinie zur Messung und Bestimmung der Brennholzfeuchte* des Instituts für Brennholztechnik IBT-Krämer.
Auch in der VDI-Richtlinie VDI 4206 Blatt 4 (August 2013) wird diese Messrichtlinie zur Prüfung von Mindestanforderungen an Messgeräte zur Bestimmung der Feuchte von stückigem Brennholz verwendet.

2. Feuchtebegriffe und Umrechnung

Wassergehalt ist ein Fachbegriff der Land- und Forstwirtschaft; Holzfeuchte ist ein Fachbegriff der Holzwirtschaft. Die Holzfeuchte [u] wird bezogen auf das Gewicht des darrtrockenen Holzes. Der Wassergehalt [w] wird bezogen auf das Gewicht des feuchten Holzes, also darrtrockenes Holz plus Wasser.

$$w = \frac{Nassgewicht - Trockengewicht}{Nassgewicht} \; X\ 100\ [\%]$$

$$u = \frac{Nassgewicht - Trockengewicht}{Trockengewicht} \; x\ 100\ [\%]$$

Die Umrechnung von u → w und w → u erfolgt durch folgende Formeln:

u = (100 x w) / (100 – w)

w = (100 x u) / (100 + u)

Beispiel: u = 25% → w = (100 x 25)/(100 + 25) = 20%

3. Verfahren zur Ermittlung der Holzfeuchte

Aus einer Charge Scheitholz bis 40 m^3 werden mindestens 6 bis 11 „normal“ große Scheite, die noch mit Daumen und Mittelfinger beiden Händen umschlossen werden können, ohne Äste für die Feuchtebestimmung statistisch zufällig ausgewählt.

Die Darrmethode gilt als genauestes Verfahren der Feuchtebestimmung von Brennholz und ist nach EN 14774-2 bzw. deren nachfolgende internationale Norm DIN EN ISO 18134-2 festgelegt. Zweckmäßigerweise wird Scheitholz mehrfach in Segmente von ca. 3cm x ca. 3cm Querschnitt und in voller Länge gespalten, sofort gewogen und dann 24 Stunden in einem Darrofen (Trockenschrank) bei 103°C ± 2°C getrocknet oder solange getrocknet, bis kein wesentlicher Gewichtsverlust mehr feststellbar ist.

Die Massenkonstanz ist erreicht, wenn der Wasserverlust bei weiterer Erhitzung nach 1 Stunde weniger als 0,2% des bisherigen gesamten Wasserverlustes beträgt. Die mittlere Holzfeuchte wird dann aus der Differenz zwischen Anfangs- und Endgewicht nach der oben aufgeführten Formel berechnet.

Die Messmethode nach dem elektrischen Widerstandsprinzip ist am weitesten verbreitet. Zwei Elektroden werden mit gutem Kontakt in das Holz gedrückt und der gemessene Widerstand wird in einen Wert für Holzfeuchte „übersetzt". Mit dieser Methode können Holzfeuchten zwischen 10% und 30% mit guter Genauigkeit gemessen werden. Bei über 36% Holzfeuchte weichen die Messergebnisse bei allen Messgeräten erheblich von den tatsächlichen Werten ab. Dies umso mehr, je feuchter das Holz ist.
Die Messgeräte sind i. d. R. auf eine Holztemperatur von 20°C eingestellt. Wärmeres Holz zeigt einen höheren Wert und kälteres Holz einen niedrigeren Messwert an. Je 5°C Abweichung der Holztemperatur von 20°C kann mit einer Änderung der Holzfeuchte um 1 Prozentpunkt gerechnet werden.
Der holzartenspezifische Einfluss auf die elektrische Widerstandsmessung bei Scheitholz kann nach Untersuchungen des Instituts für Brennholztechnik an unterschiedlich klimatisierten Holzproben von Buche, Eiche, Fichte, Kiefer vernachlässigt werden.

4. Unterschiede der Feuchtemessung zwischen Schnittholz und Brennholz

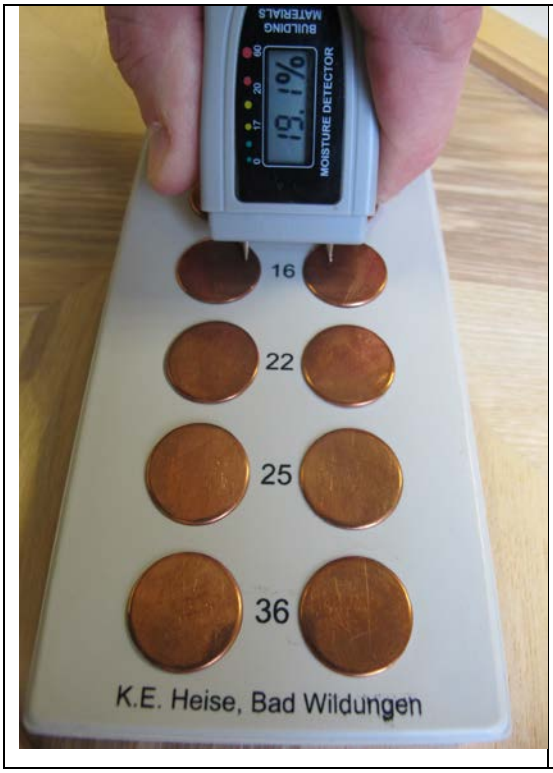
Schnittholz	Scheitholz
▶ DIN EN 13183-2: Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz - Teil 2: Schätzung durch elektrisches Widerstandsmess-verfahren	▶ 3-Punkt-Methode nach IBT-Richtlinie zur Messung und Bestimmung der Brennholzfeuchte.
▶ Im Abstand min. 50 cm vom Schnitt-holzende Messelektroden in Brett-/ Bohlenmitte quer zur Faser auf 1/3 D einschlagen → Mittelwert	▶ Scheit mittig spalten, ca. 5 cm jeweils vom Hirnholzende und in der Mitte der Spaltfläche messen → Mittelwert = (M1+M2+M3) / 3.
▶ Ermittlung der mittleren Holzfeuchte über den rechteckigen bzw. kanten-parallelen Querschnitt.	▶ Ermittlung der mittleren Holzfeuchte über den Längs- **und** Querschnitt un-regelmäßiger Geometrien.
▶ Holzfeuchte-Messgeräte mit Ramm-elektroden, die über den gesamten Querschnitt oder nur vorn an der Spitze messen	▶ Holzfeuchte-Messgeräte mit kurzen Elektroden (max. 10 mm Länge), die mit gutem Kontakt händisch eingetrieben werden und oberflächlich messen
▶ Messbereich mit empfindlicheren elek-trischen Widerständen für Holzfeuchten u von ca. 5-25%	▶ Messbereich mit einfachen Wider-ständen für Holzfeuchten u von ca. 15-35%
▶ holzartenabhängig	▶ Einfluss der Holzarten unbedeutend

Tab. 1: Vergleich der elektr. Widerstandsmessung zwischen Schnitt- und Scheitholz

Schnittholz	Scheitholz
▶ DIN EN 13183-1: Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz. Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren	▶ EN 14774-2, Feste Biobrennstoffe. Bestimmung des Wassergehaltes. Ofentrocknung. Teil 2: Gesamtgehalt an Wasser — Vereinfachtes Verfahren
▶ 60 cm vom Schnittholzende ein 2 cm breites Stück quer zur Faser über die gesamte Breite herausschneiden und darren	▶ Scheit mehrfach spalten (3 x 3 cm) und / oder in Segmente sägen und komplett darren

Tab. 2: Vergleich der Darrmethoden zwischen Schnittholz und Scheitholz
Kennlinienprüfung und Vergleich von Feuchtemessgeräten

Alle marktgängigen Holzfeuchte-Messgeräte haben von Hause aus unterschiedliche Kennlinien (=Abhängigkeit des angezeigten Messwertes vom elektrischen Widerstand).
Nach eigenen Untersuchungen ist der Einfluss der Holzart auf die elektrische Widerstandsmessung bei Brennholz unbedeutend. Geräte mit Rammelektroden sind praktisch und methodisch für die Feuchtemessung von Schnittholz ausgelegt, für Scheitholz aber sind sie aufgrund der langen Rammelektroden und Messmethode kaum geeignet (siehe Tab. 1).



Referenz-Holzfeuchte u [%] SIEMENS-HALSKE 1956	36	22	16	14
WETEKOM MD018 baugleich: TMT MD018 F12	50,7	25,0	19,1	17,7
WETEKOM EM 4806	k.A.	28,0	17,0	16,0
Fabrikat A	k.A.	27,0	17,0	16,0
Fabrikat B	42,6	21,8	16,7	15,6
Fabrikat C	44,3	19,2	14,1	13,1
Fabrikat D	54,4	25,5	18,1	16,8
Fabrikat E	47,0	24,1	17,8	16,5
Fabrikat F	53,3	30,8	20,6	18,3
Fabrikat G	k.A.	27,0	17,0	16,0
Fabrikat H	k.A.	23,0	16,0	15,0
Fabrikat I	36,0	21,0	16,0	9,5
Fabrikat J	50,0	24,0	18,0	16,0
Abweichung aller Messgeräte von der Referenz-Holzfeuchte (bei ca. 20°C)	**+18,4**	**-2,8 +8,8**	**-1,9 +4,6**	**-4,5 +4,3**

braun = Holzartenwahlschalter
rot = Maximalwert
blau = Minimalwert

Abb. 1: Kennlinienprüfgerät 115 zum Vergleich von Feuchtemessgeräten

Tab. 3: Referenzmesswerte anhand verschiedener elektrischer Widerstände auf Basis des Holzfeuchte-Messgerätes von SIEMENS-HALSKE 1956.

Wird dasselbe Scheitholz mit Feuchtemessgeräten verschiedener Hersteller und Kennlinien gemessen, kommt es gerätebedingt, aber auch aufgrund lokal unterschiedlicher Feuchteverteilung längs und quer zur Fasserrichtung, sowie wegen rascher Abtrocknung der Messoberfläche, zu jeweils voneinander abweichenden Messwerten. Mittels Darrprobe kann die mittlere Holzfeuchte eines Scheites, nicht jedoch der lokal elektrisch gemessene Wert, abgeglichen werden.

Der Vergleich der Kennlinien von Holzfeuchte-Messgeräten verschiedener Hersteller aus Tab. 3 mit dem Prüfgerät 115 aus Abb. 1 mit einem in der Fachliteratur sehr gut untersuchten und beschriebenem Referenzmessgerät zeigt zunächst einmal, dass alle Messgeräte unterschiedlich messen. Je höher die Holzfeuchte, desto größer sind die Abweichungen der angezeigten Messwerte untereinander. Insbesondere diejenigen Messgeräte, die über so genannte Holzarten- oder Holzgruppenwahlschalter verfügen, weichen am meisten gegenüber dem Referenzmessgerät von SIEMENS-HALSKE ab. Bislang liefert kein Hersteller eine Methode, ***wie*** mit einem Widerstandsmessgerät Scheitholzfeuchte bestimmt wird.
Bei Holzfeuchten unterhalb von 10% zeigen einfache Messgeräte häufig „0,0“ als Wert an. Dann wird der Messwert als 10% gesetzt. Im Ergebnis erhöht das zwar den Wert für die mittlere Holzfeuchte, jedoch ist das gemessene Holz dann ohnehin für die Verbrennung ausreichend trocken. Aus Erfahrung zahlreicher mit Darrproben abgeglichener Messungen haben sich einfache Brennholzfeuchte-Messgeräte (z. B. MD818 bei Einstellung 25°C und EM 4806) in Verbindung der IBT-Richtlinie trotz Abweichungen gegenüber dem Referenzmessgerät sehr gut bewährt.

5. Praktikable Schnellbestimmungsmethoden zur Bestimmung der Brennholzfeuchte

Die Holzfeuchte im Schnittholz ist zweidimensional über den Querschnitt und im Scheitholz dreidimensional über den Längs- **und** Querschnitt verteilt. Die Feuchteverteilung kann aufgrund einseitig behinderter Trocknung sehr unregelmäßig sein, z. B., wenn ein Scheit direkt an der Wand oder an einem anderen Scheit lag. Elektrische Widerstandsmessung erfolgt immer nur zwischen den zwei Punkten der Messelektroden und misst lediglich den lokalen Stromfluss oder die punktuelle Holzfeuchte, nicht aber die mittlere Holzfeuchte über den gesamten Längs- und Querschnitt.

Abb. 2 Schnelle und praxistaugliche Messung und Bestimmung der Brennholzfeuchte

Beispiel: Bei der Bestimmung der Holzfeuchte in der Abb. 2 zeigt das Messgerät die Werte 23,4% in der Mitte sowie 18,5% und 18,1% jeweils außen an. Entsprechend gerundet ergibt dies eine mittlere Scheitholzfeuchte u von 20% = (23 % + 19% + 18%) / 3. Einzelne Messwerte können deutlich mehr als 25% Holzfeuchte haben.

Für natürlich getrocknetes Scheitholz ist die 3-Punkt-Messmethode mit elektrischem Widerstandsmessgerät hinreichend genau. Bei technisch getrocknetem Scheitholz lässt sich die Feuchte durch modifizierte Anwendung der Messrichtline oder durch Bestimmung der Gleichgewichtsfeuchte mittels Thermo-Hygrometer präziser bestimmen.

6. Ermittlung der Homogenität der Brennholzfeuchte in einer Charge

Das Qualitätsmaß für die Holzfeuchte einer Charge Scheitholz wird folglich bestimmt durch:

- Holzfeuchte-Messgerät mit bekannter Abweichung zwischen Darrprobe und Messwert bei unterschiedlichen Holzfeuchten anhand eines Referenzverfahrens
- Methode **wie und wo** das Holzfeuchte-Messgerät bei Scheitholz eingesetzt wird (sowie Kenntnis der Grenzen der exakten elektrischen Messung)
- Probenahme von mehreren astfreien Proben mit ruhigem Faserverlauf nach dem Zufallsprinzip
- Statistische Auswertung von Mittelwert, Standardabweichung und Aussagewahrscheinlichkeit auf Basis einer Normalverteilung der Messwerte.

Literaturverzeichnis

1. BImSchV: Erste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen –1. BImSchV) vom 22.03.2010.

DIN EN 13183-1: Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz. Beuth-Verlag
Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren

DIN EN 13183-2: Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz - Teil 2: Schätzung durch elektrisches Widerstandsmessverfahren. Beuth-Verlag

DIN EN ISO 18134-2: Biogene Festbrennstoffe – Bestimmung des Wassergehaltes – Ofentrocknung – Teil 2: Gesamtgehalt an Wasser – Vereinfachtes Verfahren. Beuth-Verlag

EN 14774-2:4-2010: Feste Biobrennstoffe – Bestimmung des Wassergehaltes - Ofentrocknung – Teil 2: Gesamtgehalt an Wasser - Vereinfachtes Verfahren; Deutsche Fassung EN 14774-2:2009. Beuth-Verlag.

HEISE, K. E., 2011: Kennlinienprüfgerät 115. Gerät zur Prüfung der Funktionstauglichkeit und Kennlinie von Holzfeuchte-Messgeräten nach dem elektrischen Widerstandsprinzip.

HEISE, K. E., KRÄMER, G., 2007: Richtlinie zur Messung und Bestimmung der Brennholzfeuchte. Institut für Brennholztechnik IBT-Krämer (Hrsg.); 3. Überarbeitete und übersetzte Auflage 2011. 8 S.

KEYLWERTH, R., NOACK, D., 1956: Über den Einfluss höherer Temperaturen auf die elektrische Holzfeuchtigkeitsmessung nach dem Widerstandsprinzip. Holz als Roh- und Werkstoff, 14. Jahrgang, Heft 5, 1956, S. 162-172.

KLEINLEIN, R., KRÄMER, G., 2012: Qualitätszeichen des Bundesverbandes Brennholzhandel & -produktion e. V. Version 2.21 vom 9.3.2012.

KRÄMER, G., 2012: Qualitätssicherung von Scheitholz. Institut für Brennholztechnik IBT-Krämer (Hrsg.). 1. Auflage 2012, 36 S.

VDI 4206-4:8-2013: Prüfung von Mindestanforderungen und Prüfpläne für Messgeräte zur Überwachung der Emissionen an Kleinfeuerungsanlagen -Messgeräte zur Ermittlung der Feuchte von stückigem Holz. VDI-Richtlinie VDI 4206 Blatt 4 (August 2013). Verein Deutscher Ingenieure e. V., Beuth-Verlag.

Impressum

KRÄMER, G., 2015-08-14: Messung und Bestimmung der Brennholzfeuchte. 2015. Institut für Brennholztechnik IBT-Krämer (Hrsg.). www.ibt-kraemer.de

Institut für Brennholztechnik IBT- Krämer
Georg Krämer
Mittelweg 21
34537 Bad Wildungen
Tel.: 05621-752592
Fax: 05621-752593
Mobil: 0170-3836753
Email: info@ibt-kraemer.de
Web: www.ibt-kraemer.de