

DIN EN 16682

ICS 97.195

Einsprüche bis 2013-12-25

Entwurf

**Erhaltung des kulturellen Erbes –
Leitfaden zu Messungen des Feuchtegehalts in Materialien des
beweglichen und unbeweglichen kulturellen Erbes;
Deutsche Fassung prEN 16682:2013**

Conservation of Cultural Heritage –
Guide to the measurements of moisture content in materials constituting movable and
immovable cultural heritage;
German version prEN 16682:2013

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-10-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-
Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de,
sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle
kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE
unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift:
Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 32 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16682:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 346 „Erhaltung des kulturellen Erbes“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI (Italien) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 005-01-36 AA „Erhaltung des kulturellen Erbes, SpA zu CEN/TC 346“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau) verantwortlich.

Erhaltung des kulturellen Erbes — Leitfaden zu Messungen des Feuchtegehalts in Materialien des beweglichen und unbeweglichen kulturellen Erbes

Conservation of Cultural Heritage — Guide to the measurements of moisture content in materials constituting movable and immovable cultural heritage

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Feuchtegehalt in Materialien	8
5 Absolute und relative Messwerte — Kalibrierung der verschiedenen Verfahren.....	8
6 Durchführungsprinzipien der Verfahren zur Überwachung des Feuchtegehalts von Materialien	10
6.1 Gravimetrisches Verfahren: Darrtrocknung.....	10
6.2 Gravimetrisches Verfahren: ohne Trocknung	10
6.3 Elektrische Leitfähigkeit (Widerstand)	10
6.4 Elektrische Kapazität (Dielektrikum).....	11
6.5 RH-Gleichgewichtsverfahren mit Bohren	11
6.5.1 RH-Gleichgewichtsverfahren mit dichter äußerer Kammer	12
6.6 Calciumcarbid	12
6.7 Mikrowellen	12
6.8 Evaneszentfeld-Dielektrometrie (EFD).....	13
6.9 Verfahren der kernmagnetischen Resonanz (NMR, en: nuclear magnetic resonance)	13
6.10 Ultraschall.....	13
6.11 Thermografie	14
6.12 Röntgenstrahlung	14
6.13 Gammastrahlung	15
6.14 Neutronenstreuung.....	15
7 Eigenschaften und Anwendung der bestehenden Verfahren	15
8 Bestehende Normen zu gewöhnlichen handelsüblichen Materialien	26
9 Kalibrierung.....	26
10 Allgemeine Empfehlungen zu Messungen an Materialien des kulturellen Erbes	26
Literaturhinweise	28

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16682:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 346 „Erhaltung des kulturellen Erbes“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Der Feuchtegehalt von Materialien wird durch Regen oder Grundwasser, die relative Luftfeuchte der Umgebung und die Hygroskopizität beeinflusst. Im Fall von Gebäuden kann bei gewöhnlichen Quellen von Feuchtigkeit zwischen äußeren und inneren Quellen unterschieden werden. Übliche äußere Feuchtequellen sind Regen oder Sickerwasser, Schmelzwasser aus Schnee oder Eis, Bodenfeuchte und Grundwasser, kapillarer Aufstieg, Tau und Feuchte der Außenluft. Innere Quellen sind Baufeuchte im Mauerwerk sowie innere Quellen wie z. B. Rohrundichtigkeiten und Eindringen von Regenwasser, Kondensation oder Wasserdampfsorption; Wasserverwendung, Verbrennung einiger Brennstoffe. Die Luftfeuchte im Innenraum ist abhängig von der Feuchte der Außenluft, dem Eintrag durch verschiedene innere und äußere Quellen sowie der Luftaustauschrate. Feuchte kann in dampfförmigem oder flüssigem Zustand in Bauwerke eindringen und sich darin fortbewegen. Im gasförmigen Zustand wandert die Feuchte durch Diffusion und Luftströme. Im flüssigen Zustand löst die Feuchte Salze und bewegt sich durch kapillares Saugen und die Schwerkraft. Übermäßige Feuchte in Gebäuden hat verschiedene Auswirkungen sowohl auf die Dauerhaftigkeit von Bauwerken als auch auf die Innenausstattung und Sammlungen.

Die Materialien beweglicher Objekte oder von Bauwerken sind niemals vollständig trocken, sondern halten auf ihrer Oberfläche oder in ihrem Innern veränderliche Wassermengen zurück. Der Feuchtegehalt, entweder in Oberflächenschichten oder im Material verteilt, ist ein grundlegender Faktor bei der Erhaltung des beweglichen und unbeweglichen Kulturerbes, da er für viele physikalische, chemische, mineralogische und biologische Verfallsprozesse verantwortlich ist, wie z. B. Schrumpfen und Quellen, Hydrolyse, Korrosion, Bildung hydratisierter Kristalle, Schimmelpilzbefall und Verrottung.

Es gibt eine Reihe von Messverfahren, von denen einige in Normen für andere Anwendungsfelder behandelt werden, die jedoch kaum bei Kulturerbe anwendbar sind. Verschiedene Verfahren werden häufig bei der (vorbeugenden) Erhaltung von Objekten, Baustoffen und archäologischen Stätten angewandt. Einige Messverfahren sind recht genau, aber zerstörend, andere sind zerstörungsfrei, aber weniger genau. Einige können für den Bereich des kulturellen Erbes empfohlen werden, weil sie keine Berührung der Objekte erfordern und im Gegensatz zu anderen ungefährlich sind. Nicht alle von ihnen sind jedoch zuverlässig und ihre Auswertung wird häufig durch eine Reihe unvorhersehbarer Faktoren erschwert. Darüber hinaus sind infolge der unterschiedlichen Verfahrensgrundlagen Messungen, die mit verschiedenen Methoden durchgeführt wurden, nicht miteinander vergleichbar. Die Messwerte werden durch eine zu berücksichtigende Anzahl von Faktoren beeinflusst, z. B. die Materialart, Dichte, das Vorhandensein hygroskopischer Salze, die Größe und Ausrichtung von Holzfasern, das Vorhandensein von Farbbeschichtungen oder die Löcher holzbohrender Insekten. Allerdings bleibt dieses Problem auch im Fall eines einzelnen Verfahrens ungelöst.

Jedes Messgerät, jedes Material und jede spezifische Probe erfordert eine Einzelkalibrierung. Die meisten der handelsüblichen Messgeräte verwenden Kalibriergleichungen des Herstellers (vorprogrammiert oder während der Nachbearbeitung angewendet), um den Messwert mit dem tatsächlichen Feuchtegehalt in Beziehung zu setzen. Derartige Gleichungen sind jedoch stark abhängig von den bei der Kalibrierung verwendeten Bedingungen und Materialien. Alle der vorstehend genannten Faktoren machen die Auswertung der Messwerte unsicher und erschweren den Quervergleich von Daten. Dies gilt insbesondere für die Fernfassung oder Quasikontaktverfahren, die grundsätzlich am besten geeignet zur Anwendung an kulturellem Erbe sind.

Diese Europäische Norm enthält keine detaillierten Anleitungen zur Durchführung eines Verfahrens, da dies Gegenstand anderer Normen ist oder sein wird. Sie ist als Leitfaden für Anwender und Anwenderinnen vorgesehen, um diese bei der Auswahl des für ihre Zwecke am besten geeigneten Verfahrens im Bereich beweglichen oder unbeweglichen kulturellen Erbes zu unterstützen. Die Wahl des Verfahrens ist bedingt durch die jeweiligen Konservierungsziele, die Empfindlichkeit des Objekts, dessen Zustand, Material und die Möglichkeit der Probenahme sowie andere Faktoren.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Europäische Norm ist ein Leitfaden, der geeignete Verfahren zur Messung des Feuchtegehalts in Materialien des beweglichen oder unbeweglichen kulturellen Erbes im Außen- oder Innenbereich zum Zweck der Erhaltung festlegt. Er ist zur Unterstützung von Anwendern bei der Auswahl des am besten geeigneten Systems hinsichtlich konservatorischer Erfordernisse für das Erzielen einer zuverlässigen Messung vorgesehen. Er gibt an, wie der Feuchtegehalt direkt oder indirekt gemessen werden kann, d. h. es wird unterschieden zwischen berührungslosen und berührenden, nichtinvasiven und invasiven, zerstörungsfreien und zerstörenden Verfahren, sowie wann sie unter dem Aspekt der Erhaltung zulässig sind und wann nicht. Die Vor- und Nachteile jedes Messverfahrens werden erläutert. Messunsicherheiten und Faktoren, die Messwerte und deren Auswertung beeinflussen können, sind für jedes Messverfahren angegeben. Diese Europäische Norm bietet Hinweise und Unterstützung zu diesem komplexen Thema.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments 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).

EN 322:1993, *Holzwerkstoffe — Bestimmung des Feuchtegehaltes*

EN 13183-1:2002, *Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz — Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren*

EN 13183-2:2002, *Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz — Teil 2: Schätzung durch elektrisches Widerstands-Messverfahren*

EN 13183-3:2005, *Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz — Teil 3: Schätzung durch kapazitives Messverfahren*

EN 16242:2012, *Erhaltung des kulturellen Erbes — Verfahren und Geräte zur Messung der Luftfeuchte und des Austausches von Feuchtigkeit zwischen Luft und Kulturgut*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Absorption

Absorption eines elektromagnetischen Strahls ist die Art, in der die Energie des Strahls von einem Stoff aufgenommen wird

3.2

aktive Sensoren

Sensoren, für deren Betrieb elektrische Energie erforderlich ist

3.3

Dämpfungskonstante

gibt die Verringerung der Energie eines elektromagnetischen Strahls beim Durchgang durch ein Medium an

3.4

gebundenes Wasser

Wassermoleküle, die durch starke Anziehungskräfte kontrolliert werden, z. B. strukturell oder chemisch adsorbiertes Wasser. Betriebsbezogen, Wasser, das bei einer Temperatur $> 103\text{ °C}$ bei den meisten Materialien entzogen werden kann; für metastabile Materialien sollten niedrigere Schwellenwerte in Betracht gezogen werden. Gegenteil von freiem Wasser

3.5

zerstörend

Neigung zur Zerstörung oder Beschädigung von Objekten oder Teilen davon, z. B. Bohren, Entnahme von Proben

3.6

Dielektrikum

elektrischer Isolator, der durch ein einwirkendes elektrisches Feld polarisiert werden kann. Wird ein dielektrisches Material in ein elektrisches Feld eingebracht, fließen elektrische Ladungen nicht hindurch wie bei einem Leiter, sondern ihre mittleren Positionen werden lediglich geringfügig verändert

3.7

elektrische Leitfähigkeit

Materialeigenschaft, die das Fließen elektrischen Stroms durch das Material ermöglicht. Die elektrische Leitfähigkeit ist der Kehrwert des elektrischen Widerstands

3.8

elektrischer Widerstand

Materialeigenschaft, die dem Fließen elektrischen Stroms durch das Material entgegenwirkt. Der elektrische Widerstand ist der Kehrwert der elektrischen Leitfähigkeit

3.9

Gleichgewichtsfeuchte (EMC, en: equilibrium moisture content)

Feuchtegehalt, den ein hydrophiles Material schließlich erreicht, welches für eine lange Dauer bei konstanter relativer Feuchte (r. F.) gehalten wird

3.10

dichte äußere Kammer (ESC, en: external sealed chamber)

Kasten mit (fünf) wärmegeprägten und undurchlässigen Wänden und einer fehlenden Fläche, der auf der Oberfläche eines Objekts zur Bildung einer Lufttasche in hygrometrischem Gleichgewicht mit dem Material angebracht ist

3.11

Auslöschungs- (oder Dämpfungs-)koeffizient

Absorptionskoeffizient, der angibt, wie tief elektromagnetische Wellen einer bestimmten Wellenlänge in ein Material eindringen können, bevor sie absorbiert sind

3.12

Auslöschungs- (oder Dämpfungs-)tiefe

Tiefe, bei der die Strahlenintensität elektromagnetischer Strahlung beim Durchgang durch ein Material als gedämpft betrachtet werden kann, z. B. wenn das Signal 90 % geringer als der Anfangswert und kaum unterscheidbar vom Rauschen ist

3.13

freies Wasser

Wassermoleküle, die frei von spezifischen Bindungskräften sind. Freies Wasser kann Zucker lösen oder Eiskristalle bilden. Betriebsbezogen, Wasser, das bei $T < 103\text{ °C}$ bei den meisten metastabilen Materialien entfernt werden kann. Gegenteil von gebundenem Wasser

3.14

Rand

Teil des elektromagnetischen Feldes, das sich von den Grenzen des Kondensators, der das Feld erzeugt hat, ausdehnt

3.15

gravimetrisches Verfahren

Verfahren, dass auf der Bestimmung des Gewichts eines bestimmten Objekts oder Probekörpers mittels Waage beruht

3.16

invasiv

erfordert das Eindringen einer Sonde oder eines anderen Werkzeugs in einen Teil des Objekts zu Diagnosezwecken

3.17

irreversibler Sensor

Typ eines passiven Sensors, in dem eine Anzahl speziell gefärbter Punkte dauerhaft die Farbe ändern, nachdem ausgewählte Schwellwerte der relativen Luftfeuchte erreicht sind

3.18

metastabiles Material

Material in einem scheinbaren Gleichgewichtszustand, wenngleich in der Lage, in einen stabileren Zustand zu wechseln oder unter bestimmten Umgebungsbedingungen einen Übergang zu vollziehen

3.19

mikro-zerstörend

die erfolgte Beschädigung oder die entnommene Probe ist sehr klein und nicht leicht erkennbar, so dass die für die Erhaltung verantwortliche Stelle diese kleine Beschädigung als annehmbar oder im Hinblick auf die nach der Analyse zu erwartenden Vorteile als gerechtfertigt betrachten kann

3.20

Feuchtegehalt (MC, en: moisture content)

Gewicht des einer Materialprobe durch Darrtrocknung entzogenen Wassers, geteilt durch das Gewicht des darrgetrockneten Materials. Wird in Prozent (%) des darrgetrockneten Materials ausgedrückt

3.21

passive Sensoren

Sensoren, für deren Betrieb keine elektrische Energie erforderlich ist

3.22

stellvertretender Sensor/Probekörper

Sensor/Probekörper, der dafür vorgesehen ist, an Stelle eines anderen zu wirken; eine Anzeige anstelle anderer Sensoren zur indirekten Datenmessung. Ein Beispiel ist ein hygroskopischer Probekörper, der für indirekte Messungen des MC eines Materials verwendet wird unter der Annahme, dass der MC des stellvertretenden Probekörpers repräsentativ für den MC des Materials des kulturellen Erbes ist

3.23

reversibler Sensor

Typ eines passiven Sensors, dessen Farbe veränderlich ist und im Verhältnis zum momentanen Wert der relativen Luftfeuchte steht

RH

3.24

Probekörper

Prüfstück, ein Teil oder eine Menge eines Materials, das dauerhaft oder vorübergehend von einem Objekt des Kulturerbes zur Verwendung in Prüfungen, Untersuchungen oder zur Analyse entfernt wurde

3.25

Transmissionsgrad

beschreibt den durch ein Medium durchgehenden Anteil einfallender elektromagnetischer Strahlung einer festgelegten Wellenlänge

3.26

Messunsicherheit

Mangel an Sicherheit einen Sachverhalt betreffend. Schätzwert um den ein erfasster Wert vom wahren Wert abweichen kann. Quellen oder Streuung von Fehlern in einer Messung. Ein Zustand begrenzter Kenntnis, in dem es unmöglich ist, einen physikalischen Zustand genau zu beschreiben (oder zu messen)

3.27

volumetrisches Verfahren

Verfahren, dass auf der Bestimmung des Volumens eines bestimmten Objekts oder Probekörpers beruht, oder bei dem die räumliche Verteilung der Wassermoleküle in der Probe von Bedeutung ist

4 Feuchtegehalt in Materialien

Der Feuchtegehalt (MC) eines Materials gibt die Wassermenge an, die durch Darrtrocknung entzogen werden kann. Er wird als Prozentsatz des darrgetrockneten Materials angegeben, der zwischen 0 % (vollständig trocken) und dem Höchstwert bei vollständiger Wassersättigung der Poren des Materials liegt. Er kann auf zwei Arten angegeben werden:

- i) gravimetrisch, d. h. der MC ist das Gewichtsverhältnis des entzogenen Wassers zum trockenen Probekörper;
- ii) volumetrisch, d. h. der MC ist das Verhältnis der Volumen des entzogenen Wassers und des eigentlichen Probekörpers.

Die gravimetrische und die volumetrische Definition unterscheiden sich voneinander und schwanken in Abhängigkeit der Materialdichte. Um Verwechslungen zu vermeiden ist es notwendig genau anzugeben, ob ein Prozentsatz gravimetrisch oder volumetrisch bestimmt wurde.

Der einzige Weg, um präzise Messungen zu erhalten, ist das auf dem Gewichtsverhältnis beruhende gravimetrische Verfahren. Nach EN 322 ist der MC das Gewichtsverhältnis des extrahierten Wassers zum trockenen Probekörper, angegeben als

$$MC = \frac{m_H - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

dabei ist m_H die Anfangsmasse des Probekörpers und m_0 die Masse des Probekörpers nach der Darrtrocknung in einer Wärmekammer bei $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ bis zum Erreichen der Massekonstanz. Selbstverständlich ist das Verhältnis unabhängig von den bei der Wägung von m_H und m_0 verwendeten Einheiten, vorausgesetzt, es wurden die gleichen verwendet.

Die meisten der bestehenden Verfahren (z. B. basierend auf Leitfähigkeit, Kapazität, Mikrowellen, Ultraschall, kernmagnetischer Resonanz und Neutronenstreuung) folgen der volumetrischen Bestimmung und dies führt zu Problemen beim Vergleich mit Ergebnissen aus dem gravimetrischen Verfahren oder bei Erstellen einer Kalibrierkurve. Die Ergebnisse werden ausschließlich in einigen bestimmten Fällen übereinstimmen, in denen Objekte eine gleichmäßige Massendichte und eine gleichmäßige Feuchteverteilung besitzen. Dies ist vor allem dann ein Problem, wenn Schimmelpilz oder Insektenbefall die Dichte einiger Materialien verändern.

5 Absolute und relative Messwerte — Kalibrierung der verschiedenen Verfahren

Die verschiedenen Verfahren zur Bestimmung des MC eines Probekörpers beruhen auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien, und die Messwerte sind kaum miteinander vergleichbar. Zum Beispiel spricht das gravimetrische Verfahren durch Wägen der Probekörper auf die Gesamtanzahl der Wassermoleküle an, unabhängig von deren räumlicher Verteilung im Probekörper. Die elektrische Leitfähigkeit schwankt entscheidend mit dem Feuchtegehalt und dem Vorhandensein löslicher Salze. Die kapazitiven und die Mikrowellenverfahren sprechen ebenfalls auf die Gesamtanzahl der Wassermoleküle an, der Messwert ist jedoch auch von anderen Faktoren abhängig, einschließlich der Verteilung der Moleküle, wobei das Signal bei Molekülen in geringen Abständen stärker ist. Dies wird bei ungleichmäßigen Feuchteverteilungen und -gradienten innerhalb des Materials problematisch. Das RH-Gleichgewichtsverfahren mit Stellvertretermaterialien wird durch die hygroskopischen Merkmale sowohl des Materials als auch dessen Stellvertretermaterialien sowie das Vorhandensein von Salzen beeinflusst. Stellvertretermaterialien im Gleichgewichtsverfahren sprechen nur im niedrigen MC-Bereich an, bis flüssiges Wasser in den Poren auftritt. Kurz gesagt werden alle Verfahren durch eine Reihe von Störfaktoren beeinflusst, die fallweise unterschiedliche Relevanz besitzen.