

Feuchtigkeitserfassung in Estrichen und anderen Baustoffen

Messmethoden und Messgeräte



Die Feuchtigkeitsbestimmung von Baustoffen hat zusehends an Bedeutung gewonnen. Enge Termine bei der Fertigstellung von Neubauten, häufig ohne die erforderlichen Trocknungsphasen, eine den neuesten Energieeinsparungsvorschriften entsprechende Isolierung bestehend aus Vollwärmeschutz und luftdichten Fenstern und Türen sowie ein nicht an diese Verhältnisse angepasstes Lüftungsverhalten der Bewohner erfordern häufige Feuchtemessungen während des Bauens als auch im etwaigen Schadensfall nach Fertigstellung.

Für uns als Hersteller von Feuchtemessgeräten ist dies Grund genug, einmal eine grundsätzliche Darstellung der verschiedenen Messmethoden und der geeigneten Messgeräte zur Erfassung des Feuchtigkeitsgehaltes in Baustoffen vorzunehmen.

Gravimetrische Meßmethode (= Darr-Methode)

Die Vornahme einer Messung nach der Darr-Methode besteht darin, dass ein Probestück des zu messenden Materials entnommen wird, das anschließend gewogen, über einen längeren Zeitraum (bis zu 24 Stunden) hinweg bis zur Gewichtskonstanz ausgetrocknet und dann nochmals gewogen wird. Aus der festgestellten Gewichts Differenz errechnet sich der ursprüngliche Feuchtigkeitsgehalt nach folgender Formel:

$$\frac{(\text{Nassgewicht} - \text{Trockengewicht}) \times 100}{\text{Trockengewicht}}$$

Bereits an dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass ausschließlich Messergebnisse in Gewichtsprozenten, also auf das Trockengewicht bezogen, als wissenschaftlich korrekt anzusehen sind.

Das in der Theorie sehr genaue Messverfahren leidet in der Praxis darunter, dass es wegen seiner Zerstörungswirkung nur begrenzt anwendbar ist und dass sich bei der Entnahme von Proben, beim Transport und bei der Beurteilung des Feuchtigkeitsergebnisses zahlreiche versteckte Fehlerquellen einschleichen können.

Bei der Gewinnung der Messproben werden häufig Proben entnommen, die sowohl Oberflächen- wie Kernfeuchte enthalten und deshalb keinerlei Aussage über die wichtige Frage etwaiger Feuchtigkeitsunterschiede zwischen Materialinnen- und -aussenzone zulassen. Die an sich notwendige Entnahme von Schichtproben ist bei Anwendung der gravimetrischen Methode nur schwer durchführbar, die notwendige Messung der Maximalfeuchte aus der sog. „unteren Estrichkappe“ (VOB) ist so schwer zu realisieren, dass sie in der Praxis wegen der hiermit verbundenen großen Zerstörungen so gut wie nicht durchgeführt wird.

Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass der verfälschende Einfluss durch Materialerwärmung bei der Probenentnahme um so größer ist, je kleiner die Probenmenge ist.

Blatt 2

Eine noch größere Verfälschung bei der Ermittlung des tatsächlichen Feuchtigkeitsgehaltes ergibt sich durch die in der Praxis ebenso zu beobachtende Entnahme von Bohrmehl, das mittels „normaler“ Schlagbohrmaschinen gewonnen wird. Hier ist der verfälschende Einfluss durch die Materialerwärmung und unmittelbare Austrocknung bei der Probenentnahme so groß, dass über die Sinnfälligkeit und Zweckmäßigkeit eines solchen Vorgehens nichts weiteres gesagt werden muss.



Eine weitere erhebliche Fehlerquelle liegt im Transport und in der Aufbewahrung der entnommenen Messprobe begründet. Notwendig wäre die sofortige Verpackung der entnommenen Schichtprobe in luftdichte Plastikbeutel o. ä. und schnellste anschließende Austrocknung. In der Praxis häufig zu beobachten ist das Einsortieren der Messproben in größere Transportbehälter mit einer längeren Wartezeit bis zur Vornahme der Austrocknung. Die Folgen sind viel zu niedrige Feuchtigkeitsergebnisse, weil während des Transports und der Lagerung eine ungewollte Abtrocknung des Probematerials stattgefunden hat.

Ein Gesichtspunkt, der bei Anwendung der gravimetrischen Methode beachtet werden muss, ist auch die Tatsache, dass bei der notwendigen Hochtemperatur-Austrocknung nicht nur das in der Probe enthaltene freie Wasser, sondern auch andere Inhaltsstoffe wie z. B. mineralische Fette und Öle sowie Kristallwasser, die sich bei der Austrocknung verflüchtigen, beseitigt werden und das Messergebnis verfälschen. Zu berücksichtigen sind außerdem unterschiedliche Trocknungstemperaturen, z.B. für gipshaltige Stoffe max. 40°C und für Zementestriche 103°C. Ein ebenfalls nicht zu vernachlässigender Faktor ist die lange Zeit zwischen Probenentnahme und Feststellung der Ergebnisse, welche durch die Trocknung ca. 12 bis 48 Stunden betragen wird.

Bei einer zusammenfassenden Beurteilung der gravimetrischen Meßmethode ist deshalb anzuführen, daß diese Methode unter labortechnischen Bedingungen und bei entsprechend penibler Anwendung genaue Ergebnisse erbringen kann, bei Anwendung in der Praxis jedoch unter zahlreichen versteckten handhabungstechnischen Fehlerquellen leidet und außerdem wegen der mit ihr zwangsläufig verbundenen Materialzerstörung nur bedingt anwendbar ist. Sie ist aus den genannten Gründen vor allem für den Handwerker ungeeignet und wird ganz überwiegend für spezielle Laboruntersuchungen angewendet.

CM-Meßmethode

Auch bei der Gewinnung einer Messprobe nach der sog. CM-Messmethode ist es zunächst notwendig, eine Probe des zu untersuchenden Materials zu entnehmen. Das Probestück muss anschließend in Einzelstücke zerkleinert werden, die einen Durchmesser von weniger als 2 mm aufweisen müssen. Das derart vorbereitete Messgut muss dann abgewogen und zusammen mit Carbidkapseln und Stahlkugeln in eine Stahlflasche abgefüllt werden, die fest verschlossen wird. Heftiges Schütteln der Flasche bewirkt die Zerstörung der Carbidampulle mittels der eingebrachten Stahlkugeln, und ausgelöst durch die entstehende chemische Reaktion baut sich innerhalb der Flasche ein bestimmter Druck auf, der über ein eingebautes Manometer abgelesen werden kann und Rückschlüsse auf die Feuchtigkeit der in der Flasche befindlichen Materialprobe ermöglicht.

Blatt 3

Eine gewissenhaft durchgeführte CM-Messung setzt voraus, dass die Materialprobe nicht aus dem meist schon abgetrockneten Oberflächenbereich, sondern aus der unteren Estrich-Kappe entnommen wird.

Darüber hinaus ist pro Messung ein relativ hoher Zeitaufwand von ca. 30-45 Minuten zu berücksichtigen, der den Gerätebenutzer dazu verleiten könnte, die Zahl der Messungen auf ein absolutes Minimum

zu beschränken. Gerade bei größeren Flächen könnte dies zu völlig falschen Schlussfolgerungen führen.

Zur Bestimmung der Materialfeuchte sind je nach Werkstoff Auswertungstabellen notwendig, die sog. "CM-Prozente" ausweisen. Es ist hierbei zu beachten, dass diese CM-Prozentwerte nicht identisch sind mit Gewichtsprozenten, da nur das absolut freie Wasser berücksichtigt wird, nicht jedoch das im Material gebundene Wasser. Die Bezeichnung "CM-Prozente" ist, deshalb wissenschaftlich ungenau, da sie nicht klar definierbar sind.

Auch die vielfach in der Praxis zu beobachtenden Fehler bei der Auswahl der Probenentnahme und beim Einwiegen des Messgutes, die Verwendung falscher oder zu weniger Kugeln oder eine mangelnde Dichtheit der Flasche führen zu falschen Messwerten, welche die gesamte Messung angreifbar machen.

Das CM-Messverfahren wird in der Praxis häufig angewandt, erreicht jedoch schon vom theoretischen Ansatz her sicherlich nicht die mit der Darr-Methode unter optimalen Bedingungen erzielbare Messgenauigkeit. Die Nachteile und möglichen verfälschenden Einflüsse sind praktisch identisch mit jenen der Darr-Methode (unerwünschte Materialzerstörung, z. B. an Gipswänden und Estrichböden, Schichtproben nur schwer erfassbar, Verfälschungseinfluss durch Zerkleinerung des Messgutes usw.). Da bei fast allen Estrichen heute verschiedene Zuschlagstoffe verwendet werden und z. B. bei Anhydrid-Estrichen eine Vielzahl von Anhydrid-Rohmaterialien zum Einsatz kommen, können hierdurch verursachte zusätzliche Messfehler nicht ausgeschlossen werden.

Widerstands- Messmethode

Die in der messtechnischen Praxis im Bereich Holz und Baumaterialien häufig anzutreffende Messmethode zur Erfassung der vorhandenen Materialfeuchte ist die sog. Widerstands-Messmethode. Sie beruht auf der Tatsache, dass sich der elektrische Widerstand nahezu jedes Feststoffes je nach vorhandener Feuchtigkeit verändert. Bei geringer Materialfeuchte erhöht sich der elektrische Widerstand, mit zunehmender Materialfeuchte wird er geringer. Feuchtigkeitsmessgeräte, die nach dem Widerstands-Messverfahren arbeiten, messen also in Wirklichkeit den elektrischen Widerstand eines bestimmten Materials und bringen diesen entweder direkt oder umgerechnet in Feuchteprozente (d. h. Gewichtsprozente) zur Anzeige.



Blatt 4

Da die beschriebene Veränderung des elektrischen Widerstandes im unteren Feuchtigkeitsbereich erheblich ist, jedoch im höheren Feuchtebereich (bei Holz z.B. Feuchtwerte über 60 %) stark abnimmt, ergibt sich für das Verfahren der Feuchtigkeitsmessung nach der Widerstands-Messmethode zwangsläufig die Konsequenz, dass alle Messwerte im niederen Feuchtebereich mit guter Genauigkeit erfasst werden können, dass jedoch die Messwerte ab einer bestimmten Obergrenze, die materialabhängig und deshalb nicht fest definierbar ist, wesentlich ungenauer werden. Die genannte Materialabhängigkeit ist darin begründet, dass die beschriebene Veränderung des elektrischen Widerstandes nicht nur von der Materialfeuchte, sondern auch von zusätzlichen Nebenfaktoren, wie Materialtemperatur, chemischer Materialzusammensetzung und (in geringerem Maß) Materialdichte abhängig ist.



Um diesen unterschiedlichen Einflüssen je nach vorliegender Baustoff- oder Holzart Rechnung zu tragen, sind moderne Feuchtigkeitsmessgeräte, die nach dem Widerstands-Messverfahren arbeiten, mit unterschiedlichen Sorteneinstellungen und Temperaturkompensation ausgerüstet. Im Bereich der meisten Baustoffe werden von den führenden Geräte-Herstellern üblicherweise Umrechnungstabellen mitgeliefert, die dem Benutzer eine Umsetzung des abgelesenen Skalen- oder Digitalwertes in Feuchtigkeitsprozente (= Gewichtsprozente) je nach Werkstoff ermöglichen. Sehr viel weniger Aussagewert haben Geräteversionen die lediglich mit einer Farbskala, Leuchtdiodenanzeige o. ä. ausgerüstet sind und die sehr unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit der einzelnen Baustoffe unberücksichtigt lassen.

Gegenüber der Darr- und der CM-Meßmethode hat die Widerstands-Meßmethode eine Reihe von Vorteilen, die für die praktische Handhabung wichtig und sicherlich dafür ausschlaggebend sind, dass bei den unterschiedlichen Anwendern Geräte dieser Bauart bevorzugt benützt werden: Die mit der Durchführung eines Messvorganges verbundene Materialzerstörung ist unerheblich, es können deshalb an jedem Messort praktisch beliebig viele Einzelmessungen durchgeführt werden, der Benutzer erfährt das Messergebnis schnell, so dass beliebig viele Vergleichsmessungen je nach örtlichen Gegebenheiten und an besonders kritischen Stellen vorgenommen werden können.

Ein sehr wesentlicher Vorteil, der vor allem in der gutachterlichen Praxis im Baubereich und bei der Holzverarbeitung eine oft entscheidende Rolle spielt, ist die Tatsache, dass mit der Widerstands-Messmethode durch entsprechende konstruktive Ausgestaltung der Messelektroden die Vornahme von Schichtmessungen problemlos möglich ist, so dass der Benutzer sich noch am Messort ein sehr aufschlussreiches Bild über den Feuchtigkeitsverlauf von der Materialoberfläche bis in tiefere Schichten (z. B. untere Estrichkappe nach VOB) bzw. die Kernzone machen kann.

Blatt 5

Ein nicht zu leugnender Problemgesichtspunkt bei der Anwendung der Widerstands-Meßmethode ist die Tatsache, dass der Einfluss unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung und der Materialdichte nicht bei jeder Baustoffart gleich exakt ermittelt werden kann, so dass nicht für jeden Baustoff exakte Korrektur-tabellen verfügbar sind. Auch hier kann sich jedoch der Anwender durch Vergleichsmessungen innerhalb derselben Materialart ein zutreffendes Bild über unterschiedliche Feuchteverhältnisse machen, und er hat selbstverständlich die Möglichkeit, die ermittelten Messergebnisse unter Zuhilfenahme eines alternativen Messverfahrens im Einzelfall zu überprüfen. Bei versalzten Baustoffen ist durch die elektrische Leitfähigkeit der Salze eine erhöhte Anzeige zu verzeichnen, die nicht mit der tatsächlichen Feuchte übereinstimmt. In diesem speziellen Fall sollte die Messung durch eine Darr-Vergleichsmessung mit Salzanalyse verifiziert werden.



Kapazitive Messung

In den letzten Jahren hat ein weiteres Messverfahren enorm an Bedeutung gewonnen, welches eine zerstörungsfreie Feuchtigkeitsmessung gestattet und deshalb von der Handhabung her nahezu ideal ist. Dieses sog. Kapazitive Messverfahren beruht auf dem Messprinzip des elektrischen Feldes. Das Messfeld bildet sich zwischen dem aktiven Teil, das z. B. in Kugelform ausgeführt ist und der zu beurteilenden Untergrundmasse aus. Die Veränderung des elektrischen Feldes durch Material und Feuchte wird erfasst und auf dem Messgerät angezeigt. Die Messung ist eine relative Messung, d. h. es wird der Unterschied zwischen dem trockenen und dem feuchten Baustoff angezeigt. Ein Rückschluss auf die absolute Feuchte in Gewichtsprozenten oder auf die Feuchte nach CM-Prozenten ist bei normalem Austrocknungsverlauf mit Hilfe einer Tabelle jedoch möglich.

Die Messtiefe ist abhängig von der Rohwichte des zu messenden Baustoffes. Unter günstigsten Bedingungen, dies trifft zu für sehr leichte Baustoffe, erreicht die Messtiefe 10 - 12 cm, mit steigendem spezifischem Gewicht (z.B. Beton) verringert sie sich allerdings auf z. B. nur 2 - 3 cm.

Ideal für die Feuchtigkeitsmessung in Estrichen, Beton usw. ist z. B. ein Messgerät, mit dem sowohl die elektrische Widerstandsmessung wie auch die kapazitive Messung mit Hilfe einer sog. Aktiv- Elektrode praktiziert werden kann. Das Bild 2 zeigt eine solche Aktiv-Elektrode zur zerstörungsfreien Feuchtigkeitsmessung, bei der die Kugel nur auf die Oberfläche aufgesetzt wird. Die kapazitive Messung bringt zwar größere Streuwerte als die elektrische Widerstandsmessung, hat jedoch den großen Vorteil, dass man diese Messungen zur Orientierung an einer Vielzahl von Messstellen ausführen kann, man sozusagen ein zweidimensionales Feuchteprofil erstellt und somit sehr rasch kritische Punkte lokalisiert.

Messung über Sorptionsisothermen

Zunehmend an Bedeutung gewinnt die in Skandinavien und Groß-Britannien bereits stark vorbereitete Messung der Luftfeuchte im Bohrloch zur Ermittlung der Baufeuchte über die Sorptionsisothermen. Hierbei wird ein dünner Luftfeuchtesensor in ein Bohrloch eingelassen. Nach entsprechender Angleichzeit wird die Feuchtigkeit im Bohrloch gemessen und über die Sorptionsisothermen des jeweiligen Baustoffes umgerechnet.

Ergänzende Messwert-Ermittlung für die bauliche und gutachterliche Praxis



Neben der Erfassung der reinen Materialfeuchte ist im Baubereich und in der gutachterlichen Praxis die Erfassung verschiedener ergänzender Messwerte erforderlich, wie z. B. Lufttemperatur, Luftfeuchte und Material-Oberflächentemperatur. Die Erfassung dieser Messwerte ermöglicht u. a. die Feststellung von Kältebrücken (Wärmelecks, Isolationsdefekte) und die Errechnung von Taupunktbedingungen unter verschiedenen Feuchtigkeits- und Klimaverhältnissen. Zur Erfassung dieser Einzelmesswerte sind eine ganze Reihe von Spezialmessgeräten erhältlich. Ideal für die Verwendung im gesamten Baubereich ist sowohl unter Kosten- wie unter technischen Gesichtspunkten ein kombiniertes Vierfach-Messgerät, das sowohl die Erfassung der Materialfeuchte nach dem Widerstands- Messverfahren und nach dem kapazitiven Messverfahren, wie auch die Ermittlung der geschilderten ergänzenden Messwerte ermöglicht.

Ein besonderer Gesichtspunkt bei der Erstellung von bautechnischen Gutachten ist, dass im Einzelfall die Vornahme von Einzel- und Stichprobenmessungen nicht ausreicht, sondern dass für die Ermittlung bestimmter Sachverhalte die Durchführung von Dauermessungen einschließlich Registrierung und Auswertung der Messwerte notwendig ist. Hierbei ist außerdem zu berücksichtigen, dass die Kenntnisse und Anforderungen an einen Sachverständigen anders gesehen werden müssen, als bei einem am Bau unter Baustellenbedingungen tätigen Handwerker. Vor allem aber ist zu berücksichtigen, dass zur Beurteilung eines Verlege- oder Bearbeitungszustandes nicht nur ein bestimmtes Messverfahren gehört, sondern dass sowohl die persönliche Erfahrung wie auch differenzierte Kenntnisse mit dem Umgang des jeweils eingesetzten Messgerätes von Bedeutung sind.

Die GANN Mess- und Regeltechnik GmbH führt eine breite Palette an Messgeräten mit den oben erwähnten Messverfahren, welche mit entsprechendem Zubehör auf die speziellen Belange des Anwenders angepasst werden können. Gerne beraten wir Sie bei der Auswahl eines für Sie in Frage kommenden Messgerätes einschließlich Zubehör.