

Wie funktioniert die kapazitive Feuchtemessung?



Es gibt eine Vielzahl an verschiedenen Messverfahren um die Materialfeuchte, bzw. den Wassergehalt von Schüttgütern zu bestimmen. Hier wird das kapazitive Funktionsprinzip näher erläutert, das unter anderem für Online-Feuchtemessungen (Messung direkt im Produktionsprozess) eingesetzt wird.

Grundlegend wird nach direktem und indirektem Verfahren zur Feuchtemessung (Wassergehalt von Schüttgütern) unterschieden.

Direkte Messverfahren sind beispielsweise die Karl-Fischer-Titration oder das Austrocknen von Materialien, z.B. mittels Trockenschrank (Wasserverlust durch Trocknung) - was sicherlich das am häufigsten angewandte Verfahren darstellt.

Zu den **indirekten Messverfahren** zählen Systeme und Sensoren, die unter anderem nach dem kapazitiven Prinzip Rückschluss auf den Wassergehalt in Schüttgütern erlauben. Weiter wären hier die Feuchtemessarten per Mikrowellen, Infrarot und über den Leitwert zu nennen.

Bei indirekten Feuchtemessverfahren wird nicht direkt das vorhandene Wasser im Schüttgut ermittelt, sondern es werden physikalische Eigenschaften erfasst, die sich durch die Aufnahme oder Vermischung von Wasser mit dem Trägermaterial (z.B. Sand, Kies, Salz, etc.) verändern.

Weil indirekte Messverfahren auf Änderungen physikalischer Eigenschaften aus Trägermaterial und mehr oder weniger Wasseranteil zurückgreifen, müssen Feuchtesensoren dieser Verfahren entsprechend auf das Material kalibriert werden.

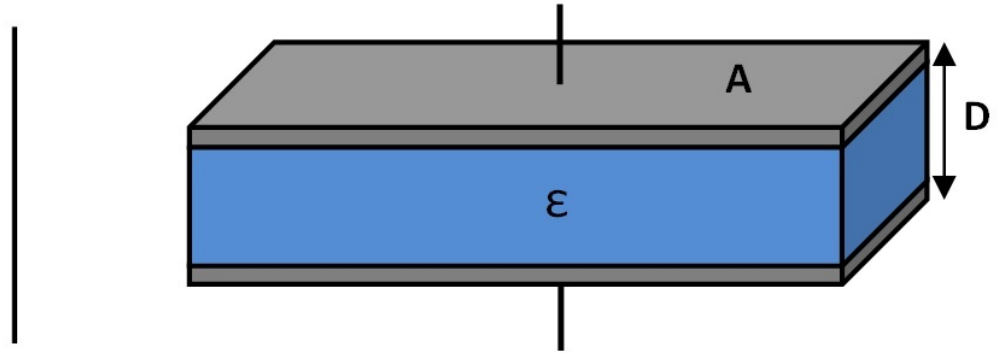
Weitere Blogartikel:

[Übersicht aller gängigen Messverfahren](#) & [Übersicht generelles zur Feuchtemessung](#)

Wie funktioniert das kapazitive Messprinzip?

Das kapazitive Feuchtemessprinzip basiert auf dem [Funktionsprinzip eines Kondensators](#). Ein Kondensator baut bei angelegter Spannung ein elektrisches Feld zwischen zwei Kondensatorplatten auf. Als Kapazität (C) wird die Fähigkeit eines Kondensators bezeichnet, Ladung (in Abhängigkeit der Spannung) zu speichern (Einheit: Farad). Diese Kapazität wird einmal durch die Kondensatorfläche (A), dem Abstand dieser zueinander (D) und durch das Isolationsmaterial, auch Dielektrikum (ϵ) genannt, bestimmt.

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r * \frac{A}{D}$$

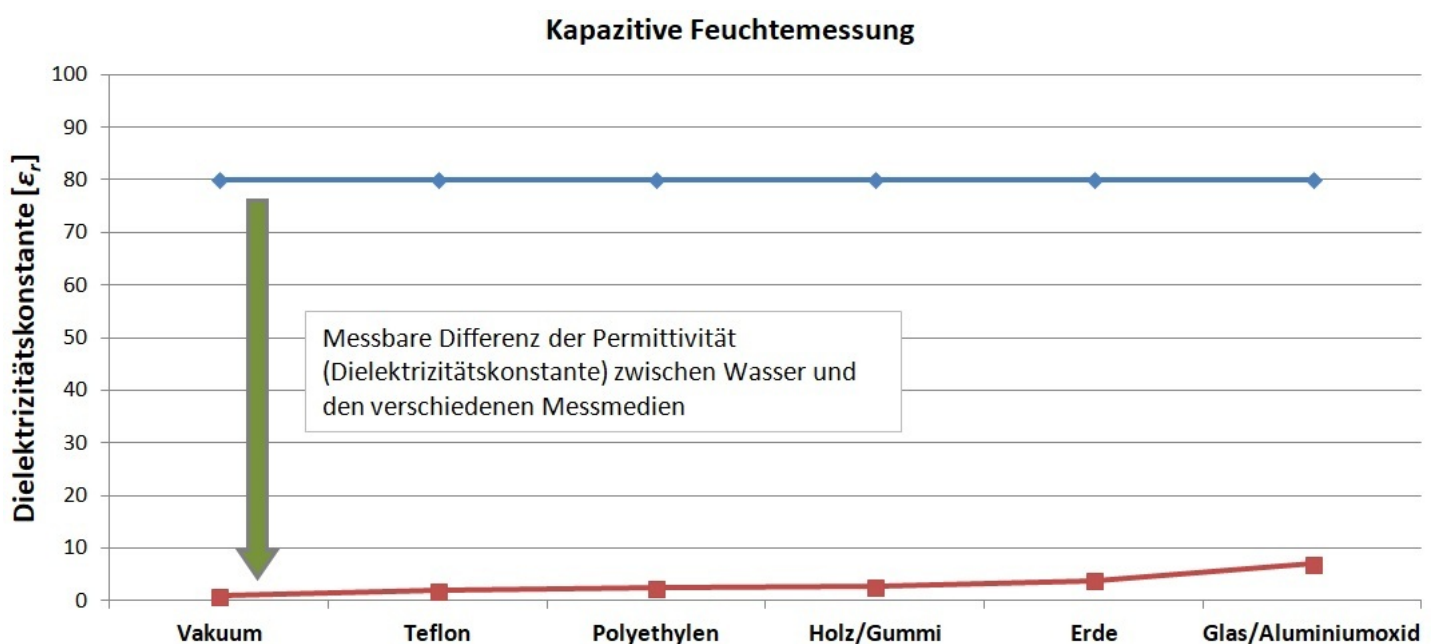


Kapazitives_Feuchtemessverfahren_Kondensator.jpg#asset:1289

Je nach Isolationseigenschaften des Dielektrikums resultiert eine andere relative **Permittivität** (ϵ_r). Dabei charakterisiert die Permittivität die Durchlässigkeit eines Materials für elektrische Felder. Andere Begriffe für Permittivität sind Dielektrizitätskonstante oder auch dielektrische Funktion.

Der Abstand der Platten (D) und die Kondensatorfläche (A) sind beim kapazitiven Feuchtesensor stets konstant. Dadurch kann über die Änderung der Permittivität, Rückschluss auf dem Wasseranteil im Messmedium erfolgen.

Wie in der unten stehenden Abbildung zu erkennen ist, hat Wasser eine relative Permittivität (ϵ_r) von ca. 80 (bei normalen Umgebungsbedingungen). Viele Schüttgüter haben eine relative Permittivität (ϵ_r) im Bereich zwischen zwei und zehn. Die hohe Differenz ermöglicht es über das kapazitive Messprinzip eine Rückmeldung auf den Wasseranteil im Trägermaterial zu erhalten.



Diagramm_kapazitives_Feuchtemessverhalten_Permittivitaet.jpg#asset:1111

- Vakuum: $\epsilon_r = 1$
- Messmedium: $\epsilon_r = 2$ bis 10
- Wasser: $\epsilon_r = 80$
- [Tabelle verschiedener relativer Dielektrizitätskonstanten von Schüttgütern](#)

Das kapazitive Materialfeuchtemessverfahren ist sehr vielseitig und flexibel anwendbar. So können Wassergehalt bzw. die Produktfeuchte vieler Schüttgüter wie beispielsweise Sägespäne, Hackschnitzel, Kakaobohnen, Gips und vielen weiteren Materialien fast über den gesamten Feuchtebereich, bestimmt werden ([Übersicht weiterer messbarer Materialien](#)).

Das Messprinzip kommt allerdings bei Schüttgütern mit hoher Leitfähigkeit (z.B. Metalle) an seine Grenzen. Hiervon kann mittels kapazitivem Prinzip keine Messung der Feuchte erfolgen. Prinzipiell kann man sich das ähnlich vorstellen, als wenn ein Kurzschluss zwischen den beiden Kondensatorplatten bestehen würde. Der Wassergehalt von Metalloxiden, beispielsweise Aluminiumoxid, ist allerdings gut messbar, aufgrund der geringen Leitfähigkeit. [Weitere Infos zur kapazitiven Feuchtemessung findet Sie im Induux-Wiki.](#)

Wie funktioniert ein kapazitiver Feuchtesensor?

Auf der Frontseite eines Feuchtesensors befinden sich ein Streufeldkondensator, meist durch eine Verschleißschutzscheibe geschützt, der ein elektrisches Feld generiert. Das zu messende Material wird nun vor dem Feuchtesensor durch das elektrische Feld geführt (Beispiel Anwendung: Hüttensand - Schlittenmontage). Hierdurch wird der Streufeldkondensator beeinflusst. Nachdem der Sensor auf das Material kalibriert wurde (die Referenzwerte werden mittels Austrocknungsverfahren bestimmt) kann per analogem Normsignal (4...20mA / 0...10V) oder ggf. auch per Profibus DP das Messsignal an eine SPS oder andere Steuerungen übertragen werden. **Messtiefe des elektrischen Feldes:**

Die Feldstärke und folglich auch die Messtiefe des elektrischen Feldes hängen bedeutend von der Größe des Streufeldkondensators und zu messenden Material selbst, sowie dessen Verdichtung ab. Bei einem ACO Sensor mit einem Durchmesser von 76mm beträgt die maximal Eindringtiefe des elektrischen Feldes ca. 150 mm.

Sie möchten den Feuchtegehalt für Ihr Schüttgut durch eine Feuchtemessung ermitteln?

Nutzen Sie unseren [Produktgenerator für Feuchtemessungen](#)!

Anwendungsbeispiele für eine Feuchtemessung
für Schüttgüter: