

Vorbetrachtung

Feuchtigkeit wird meist sekundär gemessen, d.h. man setzt ein hygroskopisches Material der Feuchte aus und misst die Reaktion des Materials. Fast alle Feuchtigkeitsmessprinzipien basieren auf einer solchen "Sekundärmessung", beim Psychrometer durch Nass- und Trockenthermometer, beim Taupunktspiegel über die Betauung einer gekühlten Spiegeloberfläche, beim LiCl-Fühler durch einen Gleichgewichtsstrom über einer Salzlösung, beim kapazitiven Sensor über die Veränderung des Dielektrikums eines Polymers. Man kann sich leicht vorstellen, dass alle diese Feuchtigkeitsmessprinzipien unterschiedliche Vor- und Nachteile haben. Der Faden der GALLTEC-Sensoren zeichnet sich aus durch seine Robustheit, seine Unempfindlichkeit gegenüber Staub und Schmutz, seiner Langzeitstabilität und der Tatsache, dass das Messelement in normalem Wasser gereinigt werden kann.

Die Polymere von kapazitiven Sensoren sind ähnlich strukturiert wie das Polymer des GALLTEC-Fadens. Durch die extrem dünne Polymerschicht (ca 1µm) und die ebenfalls dünne Deckelektrode des kapazitiven Sensors erreicht man zwar eine schnelle Reaktion auf Feuchteänderungen, erkaufte sich aber diesen Vorteil durch eine nachteilige Empfindlichkeit gegenüber Schmutz und Stäube. Setzt man diese dünne Schicht ungeschützt z.B. dem Luftstrom einer Klimaanlage aus, wird die Polymerschicht schnell Schaden leiden. Schützt man diesen Sensor durch einen Filter, erhöht man zwar die Lebensdauer, begibt sich aber in Gefahr, dass der Filter durch Schmutz und Staub derart verstopft, dass Feuchtigkeitsänderungen vom eigentlichen Element nicht mehr erfasst werden.

Fazit: Wenn robuster Einsatz verlangt wird, und wenn der Messbereich 30...100%rF bei einer Reaktionszeit, die sich aus der Halbwertszeit von 1,2 min ergibt, ausreicht, oder wenn die zu messende Feuchte nahe 100%rF liegt, fahren Sie mit dem GALLTEC-Faden (Serie FG bzw. HG) am besten.

Wenn Sie aber auf eine schnelle Messung Wert legen, und wenn Sie Feuchtigkeit unter 30%rF messen müssen, sollte der kapazitive Sensor (Serie FK) von GALLTEC eingesetzt werden.

Der Verfasser möchte hier einen Feuchtesensor mit **Polymer-Kunststofffaser** vorstellen, der unter Berücksichtigung seines günstigen Preises in vielen Bereichen der Feuchtigkeitsmess- und Regeltechnik eingesetzt werden kann.

Beschreibung des Sensors:

Das Feuchtigkeitsmesselement, das unter dem Namen Polyga® hergestellt wird, besteht aus mehreren Kunststoffgewebefäden mit je 90 Einzelfasern, deren Einzeldurchmesser 0,003mm beträgt. Diese Kunststofffasern sind unbehandelt nicht hygroskopisch. Durch ein spezielles Verfahren erhalten diese Fasern hygroskopische Eigenschaften, d.h. die Kunststofffasern sind danach in der Lage Feuchtigkeit zu absorbieren. Die Molekularstruktur der einzelnen Faser ist in Längsrichtung angeordnet, so dass durch eine Wasseraufnahme die Molekularketten verändert werden. Eine Längenänderung ist der äußerlich messbare Effekt. Umgekehrt reagiert die Faser bei Wasserabgabe. Steht die Faser des Sensors im Gleichgewicht zur Luftfeuchtigkeit, findet keine Wasseraufnahme bzw. -abgabe statt. Die jetzt erreichte Länge gilt als Maß für die relative Luftfeuchtigkeit. Setzt man das Messelement einer Luftfeuchtigkeit von 100%rF aus, bildet sich ein Wasserfilm auf der Messelementoberfläche (Taupunkt). Physikalisch ist dies so, als ob das Messelement in Wasser eingetaucht sei. Das Messelement ist gesättigt. Durch diese Tatsache erhält man einen idealen Fixpunkt zur Justage oder Kontrolle der Sensoren. Die Messelemente sind wasserbeständig. Die dem Galltec-Messelement einmal eingegebenen hygroskopischen Eigenschaften bleiben konstant, d.h. die Empfindlichkeit bleibt solange erhalten, bis diese durch Fremdeinwirkung zerstört wird. Ein von den Haarelementen bekanntes Regenerieren ist hier nicht erforderlich, aber auch nicht schädlich.

Schmutzeinflüsse

Wie bei fast allen Feuchtesensoren sind Niederschläge, die letztlich einen wasserundurchlässigen Film über deren Oberfläche bilden, schädlich. So können solche Sensoren nicht eingesetzt werden z.B. bei der Holz Trocknung, da hier, je nach zu trocknender Holzart, Harzaerosole, die sich in der Umluft befinden, auf das Messelement niederschlagen. Ebenso verhält es sich bei Lackiertrocknungsanlagen, in deren Umluft sich Farbaerosole befinden.

Die Wasserbeständigkeit des Galltec-Feuchtesensors ermöglicht eine Reinigung in Wasser. Ein wichtiger Vorteil beim Einsatz der Sensoren in robuster Atmosphäre.

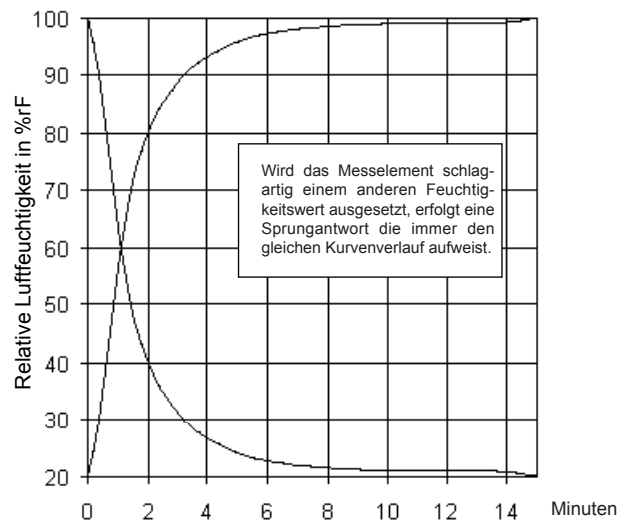
Alterung

Um eine gute Langzeitstabilität zu erhalten, ist es wichtig, dass die Messelemente künstlich gealtert werden. Ein Alterungsverfahren, auf das hier nicht näher eingegangen werden kann, bewirkt eine weitgehende Langzeitstabilität.

Reaktion des Sensors

Bedingt durch das Diffusionsgesetz wirkt bis zur Sättigung der Faser bei der Wasseraufnahme ein Zeitverhalten. Dies ist maßgebend bei der Ermittlung der Reaktionszeit. So kann bei einer Einzelfaser mit einem Durchmesser von 0,003 mm eine kurze Sättigungszeit (einige Sekunden) gemessen werden. Gebündelte oder gewobene Fasern, wie sie hier beim Galltec-Sensor vorliegen, ergeben, empirisch ermittelt, eine längere Zeit bis zu ihrer Sättigung. Der Grund ist darin zu sehen, dass sich die einzelnen Fasern bei der Wasseraufnahme bzw. -abgabe behindern, ein Feuchtigkeitsgleichgewicht tritt erst später ein. Messungen haben ergeben, dass bei einer Windgeschwindigkeit von 2m/sec die Halbwertszeit bei 1,2 min liegt. Dies entspricht einer Ausgleichszeit von ca 30-40min.

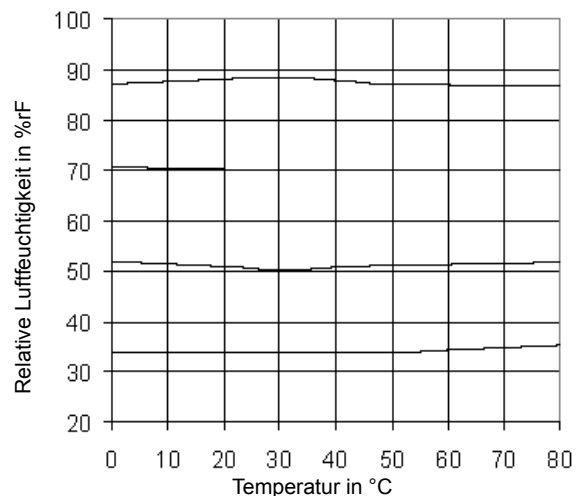
H



Sprungantwort des Messelementes zwischen 20 und 100%rF.

Temperaturverhalten

Die mittlere Abweichung des Temperaturverhaltens beträgt ca 4%rF. Die Sensoren sind bei 23 °C abgeglichen.



Als Maximalwert der Temperatur sind 80°C vorgegeben. Höhere Temperaturen können nur kurzzeitig in Kauf genommen werden. Auf Dauer ergeben sich Veränderungen der Molekularstruktur, die dann einen bleibenden Fehler hervorrufen. Die Maximaltemperatur von 80°C gilt jedoch nur, wenn keine schädlichen Substanzen (Säuren, Lösungsmittel usw.) im Medium vorhanden sind.

Verhalten bei Temperaturen unter 0°C

Im Minus-Temperaturbereich sind keine zerstörende Auswirkungen zu erwarten. Eine für ein Messsignal brauchbare Längenänderung ergibt sich hier jedoch nicht. Betrachtet man das hx-Diagramm für feuchte Luft, so ist zu erkennen, dass die Feuchtekurven im Minus-Temperaturbereich zusammenlaufen. Bezogen auf den absoluten Wassergehalt der Luft ergibt sich für den Bereich 0%rF und 100%rF eine äußerst kleine Wassermenge die noch in 100 Teile (0...100%rF) aufzuteilen ist. Bei -20°C Lufttemperatur beträgt die Wassermenge 0,8g/kg tr Luft und 100%rF also bei gesättigter Luft. Teilt man nun diese 0,8g Wasser in 100 Teile, bekommt man 0,008g Wasser bezogen auf 1%rF. Dies ist eine zu kleine Wassermenge, um das Messelement anzusprechen und eine wirksame Längenänderung hervorzurufen. Das Messelement kann aber unbeschadet Temperaturen von -40°C ausgesetzt werden.

Charakteristik des Messelementes

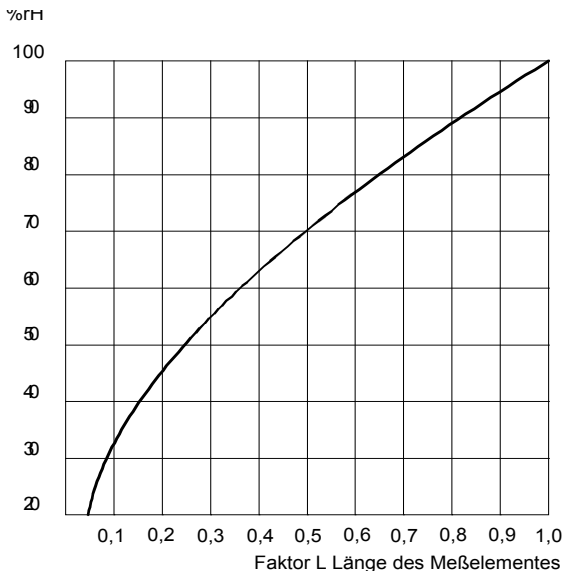
Das Absorptionsverhalten des Galltec-Messelementes bezogen auf die Luftfeuchtigkeit ist nicht linear, d.h. die Längenänderungen des Elementes hängen vom Luftfeuchtigkeitsbereich ab. Bei hohen Feuchtigkeitswerten reagiert das Messelement mit einer großen, bei niedrigen Feuchtigkeitswerten mit einer kleinen Längenänderung. Die Kennlinie ist ähnlich eines Parabelabschnittes.

Die Formel dieser Kennlinie ist wie folgt:

$$\Delta L = E \cdot 3,7 \cdot 10^{-3} (A \cdot [\varphi + D]^2 - C)$$

wobei:

- ΔL = Längenänderung in mm bezogen auf $l_0=100\text{mm}$
- E = Empfindlichkeit in mm des Messelementes bezogen auf $l_0=100\text{mm}$ zwischen 0 und 100%rF
- A = 0,02583
- C = 0,1317
- D = 2,2581
- φ = Luftfeuchtigkeit in %rF



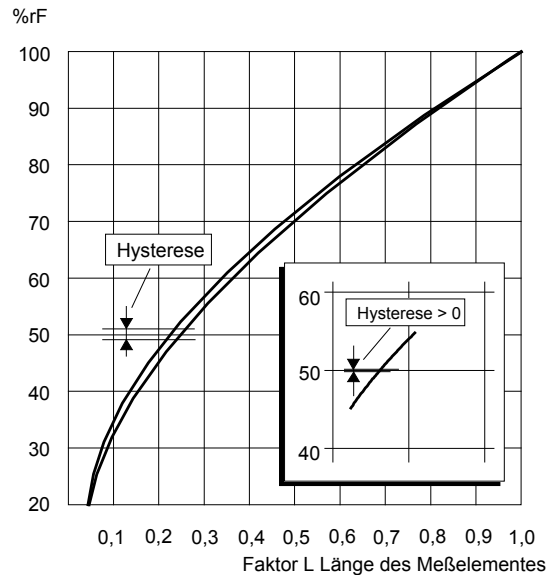
Kennlinie der Galltec-Messelemente der Längenänderung in Abhängigkeit zur relativen Luftfeuchtigkeit.

Messgenauigkeit der Sensoren

Bedingt durch das zuvor beschriebene Absorptionsprinzip des Messelementes und seiner Einflussfaktoren errechnet sich eine Messunsicherheit, deren Wert mit zunehmender Feuchte abnimmt. Dies ist schon dadurch ersichtlich, dass die Sensoren mit dem Fixpunkt 100%rF (Wasser) justiert werden und durch die Tatsache, dass der Temperaturkoeffizient bei hoher Feuchtigkeit klein ist. So ergibt sich eine Messgenauigkeit im Bereich 40...100%rF von $\pm 2,5\%rF$ und im Bereich 20...40%rF von $\pm 3,5\%rF$. Unter 20%rF sollte mit diesen Sensoren nicht gemessen werden.

Hystereseverhalten der Sensoren

Zwischen Wasseraufnahme und Wasserabgabe der Messelemente besteht physikalisch eine Umkehrspanne die als Hysterese auftritt. Nachstehender Kurvenverlauf zeigt die Hysterese beim Durchlauf von 0...100%rF und von 100...0%rF.



Je größer die Durchlaufspanne ist, um so größer wird auch die Hysterese. Da jedoch derart große Feuchtigkeitsspannen in der Praxis selten vorkommen, geht die Hysterese bei kleinen Feuchtigkeitsschwankungen gegen > 0 . Sensoren die mit Reglern verwendet werden, zeigen eine äußerst kleine Hysterese. Bei einer PID-Regelung z.B. bleibt die zu regelnde Feuchtigkeit nahezu konstant.

Kalibrierung

Werkseitig sind die Geräte mit Galltec-Sensoren korrekt bei einer Raumtemperatur von 23°C und 50%rF eingestellt.

Sollte dennoch eine Nachjustage notwendig sein, muss folgende Vorgehensweise beachtet werden:

- * Stellen Sie sicher, dass die Umgebungfeuchtigkeit sowie die Umgebungstemperatur konstant sind.
- * Verwenden Sie zur Überprüfung nach Möglichkeit einen Psychrometer.
- * Lassen Sie den Prüfling für mindestens 1 Stunde im **konstanten** Prüfklima.
- * Alle Galltec-Sensoren sind mit einer Justiereinrichtung ausgeführt. In den meisten Fällen handelt es sich hierbei um eine Schraube, die mit Schraubensicherungslack fixiert ist. Nach Entfernen des Lackes kann die Justierschraube verstellt werden. Nach erfolgter Kalibrierung ist die Justierschraube wieder zu sichern.

Einfluss der relativen Luftfeuchtigkeit

bei einer Temperaturschwankung von $\pm 1^\circ\text{C}$ bezogen auf verschiedene Raumtemperaturen.

	10°C	20°C	30°C	50°C
10%rF	$\pm 0,7\%rF$	$\pm 0,6\%rF$	$\pm 0,6\%rF$	$\pm 0,5\%rF$
50%rF	$\pm 3,5\%rF$	$\pm 3,2\%rF$	$\pm 3,0\%rF$	$\pm 2,6\%rF$
90%rF	$\pm 6,3\%rF$	$\pm 5,7\%rF$	$\pm 5,4\%rF$	$\pm 4,6\%rF$

Es ist deshalb außerordentlich wichtig, dass bei Messungen der relativen Luftfeuchtigkeit die Temperatur konstant ist. Die Luft muss homogen sein, also konstante Feuchtigkeit und konstante Temperatur für die gesamte Dauer der Messung.