

Feuchtesensor AFS - HT 350 Funktionsbeschreibung

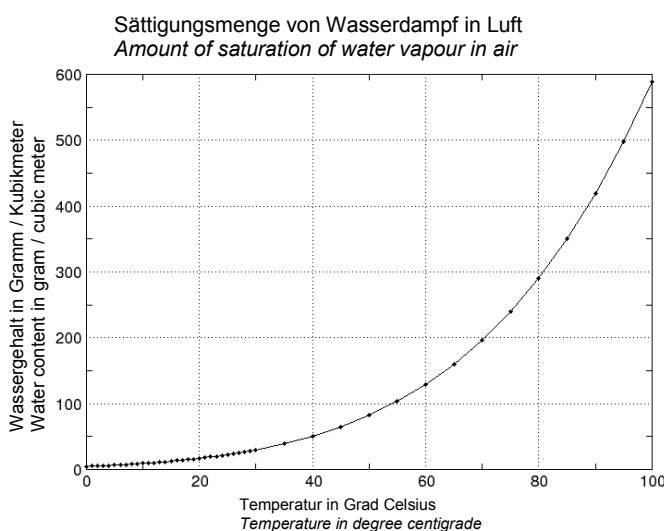
FEUCHTE - DEFINITIONEN

Die Luftfeuchtigkeit, oder kurz Luftfeuchte, bezeichnet den Anteil des Wasserdampfs am Gasgemisch der Erdatmosphäre oder in Räumen. Die Luftfeuchte ist eine wichtige Kenngröße für zahlreiche technische und meteorologische Vorgänge sowie für Gesundheit und Behaglichkeit.

Das geläufigste Maß für die Luftfeuchte ist die RELATIVE LUFTFEUCHTE, angegeben in %. Sie bezeichnet das Verhältnis des momentanen Wasserdampfgehalts in der Atmosphäre zum maximal möglichen Wasserdampfgehalt bei **derselben** Temperatur. Bei jeder Temperatur kann in einem bestimmten Luftvolumen nur eine Höchstmenge Wasserdampf enthalten sein. Diese im Wikipedia veröffentlichte

Definition der RELATIVEN FEUCHTE ist uns allen mehr oder weniger bekannt und begegnet uns in vielen Bereichen des täglichen Lebens wie Wetter, Raumbehaglichkeit, Klima, Schimmelbildung usw.

Etwas abstrakter wird es bei Betrachtung der ABSOLUTER FEUCHTE, deren Einheit g/m^3 ist womit die tatsächlich enthaltene Wasserdampfmenge in einem Kubikmeter Luft angegeben wird. Die Menge an Wasserdampf, die in der Luft enthalten sein kann, ist jedoch begrenzt. Je wärmer die Luft ist, desto mehr Wasserdampf kann in ihr enthalten sein. Bei Anstieg der Temperatur auf 250°C steigt der Wasserdampfgehalt auf über $18.000\text{ g}/\text{m}^3$ im Vergleich zu ca. $600\text{ g}/\text{m}^3$ bei 100°C .



Humidity Sensor AFS - HT 350 Functional Description

HUMIDITY— DEFINITIONS

Humidity is the amount of water vapour in the gaseous mixture in the atmosphere or in rooms. Humidity is an important characteristic for numerous technical and meteorological procedures as well as for health and comfort.

*In daily language the term "humidity" is normally taken to mean RELATIVE HUMIDITY and is defined in %. Relative humidity is defined as the ratio of the partial pressure of water vapour in a parcel of air to the saturated vapour pressure of water vapour at a **prescribed** temperature. At each temperature air volume can only hold a certain maximum on water vapour. This in Wikipedia published definition of the RELATIVE HUMIDITY is familiar to all of us and an*

important metric in our daily lives used in forecasting weather. Humidity indicates dew, fog, comfort in climate, mildew situations etc. Humidity may also be expressed as ABSOLUTE HUMIDITY and specific humidity which is defined in g/m^3 . Absolute humidity is the quantity of water vapour in a particular volume of air. Air is a mixture of gases of which

one is water vapour. The amount of water vapour air can hold is limited. The hotter the air the more water vapour in can hold. For example will at a temperature of 250°C water vapour content rise to over $18,000\text{ g}/\text{m}^3$ compared to about $600\text{ g}/\text{m}^3$ at 100°C .

Informationen/Vertrieb — Information/Sales

T.M.S. • Lärchenweg 17b • D-78112 St. Georgen / Germany
Tel.: +49 7724 858 4243 • Fax +49 03212 858 4244
Email: info@technologymarketingsupport.de

Hersteller — Manufacturer

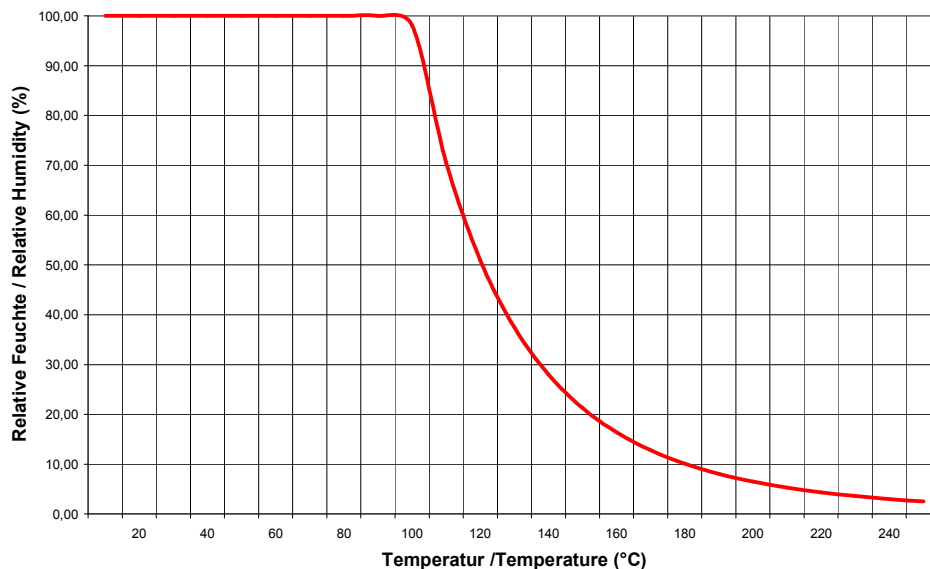
Vereta GmbH • D-37574 Einbeck / Germany
www.vereta.com

Feuchtesensor AFS - HT 350 Funktionsbeschreibung

RELATIVE — ODER ABSOLUTE FEUCHTE?

Die relative Luftfeuchtigkeit gibt an, wie viel Prozent des maximalen Wasserdampfgehaltes die Luft im Augenblick enthält. Da der maximale Wasserdampfgehalt mit steigender Temperatur ansteigt, fällt die relative Luftfeuchtigkeit mit steigender Temperatur (und umgekehrt).

Folgendes Diagramm zeigt den Verlauf der Relativen Feuchte ausgehend vom maximal möglichen Wert, also 100%, bei steigender Temperatur



Es ist klar zu erkennen dass die RF-Werte bei höheren Temperaturen soweit absinken, dass eine messtechnisch sinnvolle Nutzung nicht mehr möglich ist. Bei Temperaturen oberhalb 100 °C ist deshalb die Messung der Absoluten Feuchte die in g/m³ definiert und in Vol% angegeben wird sinnvoll. Nebenstehende Tabelle zeigt, ausgehend von einer RF von 80% bei 80 °C, dass die Messung der Absoluten Feuchte bei höheren Temperaturen die besseren Resultate ergibt, da diese Werte unabhängig von der Temperatur sind.

Temperatur Temperature (° C)	Relative Feuchte Relative Humidity (%)	Absolute Feuchte Absolute Humidity (Vol%)
80	80	37
250	0,7	37

Humidity Sensor AFS - HT 350 Functional Description

RELATIVE — OR ABSOLUTE HUMIDITY?

Relative humidity defines how much percent of the maximum water vapour the air contains. As the maximum water vapour content increases at rising temperature the relative humidity will decrease and subsequently increase at falling temperatures. The following diagram shows the development of the relative humidity at rising temperatures starting from the value of 100 %.

It can be seen clearly that the relative humidity drops to such a small figure that using those values for measuring purposes does not make sense. For this reason absolute humidity measuring for temperature above 100 °C which is defined in g/m³ and shown in Vol% gives the better results. The adjoining table show that, when starting measurement at a relative humidity of 80% at 80 °C at increasing temperature measuring of the absolute humidity is the better choice as those values are independent of temperature.

Informationen/Vertrieb — Information/Sales

T.M.S. • Lärchenweg 17b • D-78112 St. Georgen / Germany
Tel.: +49 7724 858 4243 • Fax +49 03212 858 4244
Email: info@technologymarketingsupport.de

Hersteller — Manufacturer

Vereta GmbH • D-37574 Einbeck / Germany
www.vereta.com

Feuchtesensor AFS - HT 350 Funktionsbeschreibung

EINSATZANFORDERUNGEN

Neben diesen physikalischen und messtechnischen Betrachtungen sind folgende praktischen Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

1. **Eignung für Messungen bis 350 °C**
Funktionsprinzipien und Materialien die für die Messung von Relativer Feuchte bis 100°C erfolgreich entwickelt und eingesetzt werden, eignen sich in der Regel nicht für Temperaturen in den darüber liegenden Bereichen.
2. **Einsatz bei Staub und aggressiven Medien**
In der Prozesstechnik wird häufig Unempfindlichkeit gegenüber Staub- und Schmutzpartikel sowie aggressiven Gasen gefordert.
3. **Keine Messung außerhalb Prozessraumes**
Verfahren bei den die Prozessluft abgesaugt wird und die Messung außerhalb des Prozessraums erfolgt sind aufwändig und für eine direkte Prozessregelung nicht geeignet.
4. **Wartungsfrei**
Ein weiteres Kriterium ist der wartungsfreier Betrieb ohne Austausch von Filtern bei denen es kaum möglich ist den Verschmutzungsgrad in der Praxis zu erkennen.

STAND DER TECHNIK

Für die Messung der Absoluten Feuchte in Luft wird häufig das klassische Psychrometer, das Taupunktspiegel-Prinzip oder auch das kapazitive Messprinzip eingesetzt. Diese Verfahren sind aufwändig und erfüllen die oben beschriebenen Zielvorgaben nur sehr unzureichend oder gar nicht.

Aus den oben aufgeführten Gründen wurde für die Feuchtemessung in Prozessen bis zu 350 °C der auf der folgenden Seite beschriebene robuste Sensor entwickelt der alle geforderten Kriterien für den praktischen Einsatz in der Prozesstechnik erfüllt.

Humidity Sensor AFS - HT 350 Functional Description

PRACTICAL REQUIREMENTS

Besides the discussed physical and measurement points the following practical requirements have to be considered:

1. **Suitability for measuring up to 350 °C**
Functional principles and materials which have been used successfully for measuring of relative humidity up to 100 °C are normally not suitable for higher temperatures.
2. **Operation at dust and aggressive media**
In process technology often ruggedness towards dust and polluted air as well as aggressive air contents are required.
3. **No measuring outside the process area**
Measuring methods where process air is extracted from the process area are time consuming and costly and can not be used for an immediate process control.
4. **Maintenance free**
Another important criteria is an maintenance free operation without exchange of filters who's percentage of pollution anyhow is difficult to determine.

STATE OF THE TECHNOLOGY

For measuring of the absolute humidity in air the classical psychrometer, the cooled mirror dew point hygrometer or capacitive principle are often used. Those principles are however costly and meet the above mentioned criteria only partly or not at all.

In order to meet the abovementioned requirements for processes at temperatures of up to 350 °C a new at the following page described robust sensor for practical applications in the process industry has been developed.

Feuchtesensor AFS - HT 350 Funktionsbeschreibung

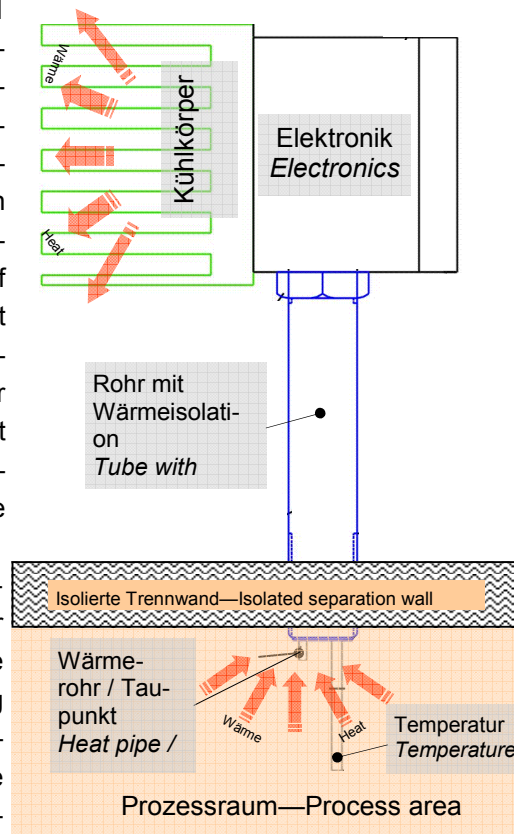
FUNKTIONSPRINZIP

Der Sensor besteht aus einer Heatpipe die in einer definierten Länge in den Prozessraum ragt, einem Temperaturfühler der die Prozesstemperatur misst und einem Teil, welcher außerhalb des Prozessraums installiert ist, in dem sich die Kühleinrichtung und die Auswerteelektronik befindet. Als Maß für die Zusammensetzung der feuchten Luft wird üblicherweise die sog. Wasser(dampf)beladung geführt :

$$X_m = \frac{mW}{mL} = \frac{\text{Masse des Wassers}}{\text{Masse der trockenen Luft}}$$

Die Besonderheit dabei ist, dass als Bezugsgröße nicht(!) die Gesamtmasse gewählt wird (dann würde stets ein Wert zwischen 0 und 1 vorliegen), weil in vielen Prozessen die Masse des Wassers veränderlich ist und dann keine unveränderliche Bezugsgröße vorliegen würde. Aus demselben Grund werden auch alle spezifischen Größen feuchter Luft auf die Masse der trockenen Luft (mL) und nicht auf die Gesamtmasse (mL+mW) bezogen. Der Energiegehalt von feuchter Luft wird bestimmt durch den Wasserdampfbeladung X_m und die Temperatur im Prozessraum.

Diese physikalische Gegebenheit wird zur Bestimmung der Feuchte genutzt. Die Heatpipe wird durch die Kühleinrichtung abgekühlt. Die Auswerteelektronik bestimmt die Kühlleistung die so bemessen ist, dass der Taupunkt an der Heatpipespitze im Prozessraum immer unterschritten wird.



Humidity Sensor AFS - HT 350 Functional Description

FUNCTIONAL PRINCIPLE

The sensor consists of a heat pipe which is inserted in the process room at a defined length, a temperature probe measuring the process temperature and a part outside the process area which contains the cooling section and the control electronics. As a measure for the composition of the humid air the load of water vapour is defined by:

$$X_m = \frac{mW}{mL} = \frac{\text{mass of water}}{\text{mass of dry air}}$$

The particular here is that for the reference parameter not (!) the total mass pipe has been selected (in this case the value would be always between 0 and 1) because in many processes the mass of the water changes and then no stable reference is given. Out of this reason all references for the specific values of the humid air are the dry air (mL) and not the total mass (mL+mW). The energy content of dry air is determined by the load of water vapour X_m and the temperature in the process area. This physical condition is used to determine humidity. The heat pipe will be cooled down by the heat sink. The evaluation electronics determines the cooling energy which has been designed in such a way that the heat pipe tip will always be below the dew point.

Informationen/Vertrieb — Information/Sales

T.M.S. • Lärchenweg 17b • D-78112 St. Georgen / Germany
Tel.: +49 7724 858 4243 • Fax +49 03212 858 4244
Email: info@technologymarketingsupport.de

Hersteller — Manufacturer

Vereta GmbH • D-37574 Einbeck / Germany
www.vereta.com



Feuchtesensor AFS - HT 350 Funktionsbeschreibung

Da auch die Temperatur an der Heatpipe gemessen wird gilt bei gleich bleibender Temperatur:

$$T(\text{Heatpipe}) \approx X_m$$

Durch die Heatpipe wird immer die gleiche Leistung aus dem Prozessraum entzogen. Der Energiegehalt im Prozessraum ist aber je nach Wasserbeladung unterschiedlich. Deshalb stellt sich je nach Wasserdampfbeladung eine spezifische Temperatur an der Heatpipe ein. Bei unterschiedlichen Temperaturen wird von der Auswertelektronik mit Hilfe des Prozessraumtemperaturfühlers der veränderte Energiegehalt kompensiert. Dafür bedarf es lediglich einer linearen Funktion. Da bei Prozesstemperaturen von 100 °C bis 350 °C die maximale Taupunkttemperatur immer 100 °C beträgt, ist der Messwert der für die maximale Vol. Feuchte über den gesamten Temperaturbereich 100 Vol.% . Somit ist das Ausgangssignal über den Temperaturbereich von 100 °C bis 350 °C kalibriert.

Bei Temperaturen unterhalb 100 °C ist die maximale Taupunkttemperatur variabel, Der Energiegehalt wird nicht durch eine lineare Funktion, sondern nur durch eine höherer Ordnung mit mehreren Stützstellen definiert. Um den Sensor auch in diesem Bereich einzusetzen, muss eine Fallunterscheidung > oder < 100 °C eingeführt werden. Die maximale Vol.% Feuchte z.B. bei 50 °C ist dann nur noch ca.8 Vol.% (bei 100% rel. Feuchte). Durch die Berücksichtigung dieser Zusammenhänge bei der Programmierung kann der Sensor auch im Temperaturbereich unterhalb von 100 °C eingesetzt werden.

Für die korrekte Funktionsweise des Hochtemperaturfeuchtesensors ist darauf zu achten, dass sich lediglich die Messspitzen für Taupunkt und Prozess-temperatur im Prozessraum befinden und diese nach unten zeigen damit das Kondensat abtropfen kann. Weiterhin ist auf freie Luftzirkulation am Kühlkörpern zu achten.

Humidity Sensor AFS - HT 350 Functional Description

As the temperature at the heat pipe is also measured at constant temperature the following is valid:

$$T(\text{Heatpipe}) \approx X_m$$

The heat pipe always extracts the same energy of the process area. As the energy content in the process area depends on the load of water vapour a specific temperature at the heat pipe will be given. The effect of different temperatures in the process will be compensated by the electronics based on the measurement of the integrated process room temperature . For this compensation only a linear function is required. As for process temperatures between 100 °C and 350 °C the maximum dew point temperature is always 100 °C the measuring value for this temperature range will be always 100 Vol.%. Thus the output signal for the temperature range of 100 °C to 350 °C is calibrated.

At temperatures below 100 °C the maximum dew point temperature is variable. Further more the energy content can not be described by a linear function but with one of a higher-order and multiple supporting points. In order to use the sensor also for those conditions a case differentiation > or < 100 °C is necessary. So is for instance the maximal Vol.% humidity at 50 °C only approx. 8 Vol.% (at 100 % relative humidity). Considering those effect when programming the sensor the unit can also be used at temperatures below 100 °C.

For the accurate function of the high temperature humidity sensor care has to be taken that only the tips for dew point and process temperature are in the high temperature process area and are phasing downwards enabling the condensate to trip off. Furthermore care should be taken that air can circulate freely at the heat sink.

Informationen/Vertrieb — Information/Sales

T.M.S. • Lärchenweg 17b • D-78112 St. Georgen / Germany
Tel.: +49 7724 858 4243 • Fax +49 03212 858 4244
Email: info@technologymarketingsupport.de

Hersteller — Manufacturer

Vereta GmbH • D-37574 Einbeck / Germany
www.vereta.com