

Taupunkt bei technischen Gasen

Feuchte in technischen Gasen kann zum Problem werden. Doch nicht immer ist die Qualität des Gases verantwortlich. Oft kommt es vor, dass Feuchtigkeit über ein unsachgemäß ausgelegtes Leitungsnetz nachträglich ins Gas gelangt. Hersteller technischer Gase geben die Restfeuchte der Gase in Form des Taupunktes an. Oft sind auch Angaben in ppm zu finden. Doch was ist der Taupunkt eigentlich.

Der Taupunkt wird als Maß für die Feuchtigkeit eines Gases verwendet. Der Feuchtegehalt drückt aus, dass es sich um ein Gemisch aus dem eigentlichen Gas (oder Gasgemisch) und Wasserdampf handelt. Ist der Feuchtegehalt sehr gering, also der Wasseranteil sehr klein, werden meist Werte in ppm (parts per million [1/1000000] bzw. $1 \cdot 10^{-6}$) angegeben.

Allgemein kann gesagt werden, dass der Taupunkt der Punkt ist, wo das Gas / Dampfgemisch mit dem Dampf gerade gesättigt ist. Bei Abkühlung, also unterhalb dieser Temperatur, tritt Kondensation ein. Zur individuellen Ermittlung des Taupunktes werden seitens der Industrie verschiedenste Taupunktmessgeräte angeboten. Ein Funktionsprinzip ist z.B. die Abkühlung einer Spiegeloberfläche bis zu der Temperatur, wo der Spiegel anfängt zu beschlagen was der Taupunkttemperatur entspricht.

Für ein ungesättigtes feuchtes Gas gilt das Daltonsche Gesetz:

Die Summe der Teildrücke entspricht dem Gesamtdruck eines Gasgemisches.

$$P_{\text{ges}} = p_{\text{gas}} + p_{\text{wasserdampf}}$$

Die relative Feuchte φ gibt die im Gas enthaltene Wasserdampfmenge an.

$$\varphi = p_{\text{wasserdampf}} / p_{\text{sättigung}}$$

Die Absolute Feuchtigkeit wird berechnet mit:

$$p_{\text{wasserdampf}} = p_{\text{wasserdampf}} / (R_{\text{wasserdampf}} * T)$$

$R_{\text{wasserdampf}}$: spezielle Gaskonstante für Wasserdampf= 461,5 KJ/kgK

$p_{\text{wasserdampf}}$: Dichte von Wasserdampf in Kg/m³

Der Feuchtegehalt x wird berechnet mit:

$$x = \left(\frac{R_{gas}}{R_{wasserdampf}} \right) * \left(\frac{\varphi * p_{sättigung}}{p - \varphi * p_{sättigung}} \right)$$

R : Spezielle Gaskonstante [J/kgK]

p : Druck [N/m²]

In der Literatur wird zur Berechnung des Sättigungsdruckes auf die Gleichung von Clausius-Clapeyron verwiesen. Diese Gleichung ist jedoch mit mehr oder weniger großen Ungenauigkeiten behaftet.

Wir verwenden zur Bestimmung des Sättigungsdruckes für Wasserdampf im Bereich +100°C bis -100°C folgende Funktion:

$$p_{sättigung} = 10^{-4} * 61 * e^{\left(\frac{17,1 * t}{235 + t} \right)}$$

mit :

$p_{sättigung}$: Wasserdampfdruck Sättigungszustand in [bar]

t : Temperatur bei Sättigungszustand in [°C]

Die Tabelle zeigt den Feuchtegehalt von Gasen mit verschiedenen Taupunkten. Werte unterhalb 0°C wurden mit dem Dampfdruck über Eis gerechnet:

Taupunkt [°C]	Taupunkt [K]	Feuchte [vpm]	Feuchte [mg/m ³]
-100	173,15	0,014	0,011
-90	183,15	0,095	0,076
-80	193,15	0,537	0,432
-70	203,15	2,568	2,064
-60	213,15	10,620	8,535
-50	223,15	38,709	31,109
-40	233,15	126,371	101,559
-30	243,15	374,474	300,948
-20	253,15	1018,868	818,818
-10	263,15	2571,019	2066,211
0	273,15	6072,440	4880,144
10	283,15	12276,041	9865,695
20	293,15	23641,308	18999,444
50	323,15	138832,892	111573,679
80	353,15	878734,507	706198,946
99	372,15	27457471,083	22066320,369