

Taupunkt in Druckluft - häufig gestellte Fragen



Häufig gestellte Fragen

1. Was versteht man unter Taupunkt?
2. Was ist der Unterschied zwischen Taupunkt und Drucktaupunkt?
3. Welchen Einfluss hat der Druck auf den Taupunkt?
4. Warum sind Kenntnisse über den Taupunkt der Druckluft wichtig?
5. Welcher Taupunkt-Temperaturbereich ist typisch für Druckluft?
6. Welche Normen gelten für die Qualität von Druckluft?
7. Wie wird der Taupunkt in Druckluft zuverlässig gemessen?
8. Wodurch kündigt sich das Versagen eines Taupunktsensors an?
9. Wie oft sollte ein Taupunktsensor geprüft bzw. kalibriert werden?

1. Was versteht man unter Taupunkt?

Die Taupunkttemperatur ist ein Maß für den Wasserdampfgehalt in einem Gas. Wasser hat die Eigenschaft, unter ganz unterschiedlichen Bedingungen als Flüssigkeit, Feststoff oder Gas auftreten zu können. Um das Verhalten von Wasserdampf verstehen zu können, ist es zunächst hilfreich, das allgemeine Verhalten von Gasen zu betrachten.

In einem beliebigen Gasgemisch ist der Gesamtgasdruck die Summe der Partialdrücke der einzelnen Gaskomponenten. Dies wird auch als Daltonsches Gesetz bezeichnet und durch folgende Formel ausgedrückt:

$$P_{\text{total}} = P_1 + P_2 + P_3 \dots$$

Die Menge eines Gases in einem Gasgemisch kann als Druck angegeben werden. Die Hauptkomponenten von Luft sind Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf. Der gesamte Umgebungsdruck besteht somit aus den Teildrücken dieser drei Gase. Während Stickstoff und Sauerstoff in stabilen Konzentrationen vorliegen, unterliegt die Wasserdampfkonzentration großen Schwankungen und muss, um bestimmt werden zu können, gemessen werden.

Der maximale Partialdruck von Wasserdampf steht in einem festen Verhältnis zur Temperatur. So beträgt z. B. bei +20 °C der maximale Wasserdampfpartialdruck 23,5 mbar. Dieser Wert wird als sogenannter „Sättigungsdampfdruck“ bei +20 °C bezeichnet. Wenn in „gesättigter“ Umgebung bei +20 °C weiter Wasserdampf



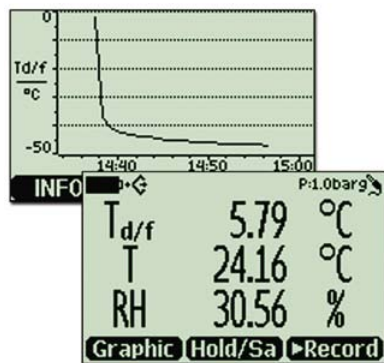
Vaisala DRYCAP® portables
Taupunktmessgerät

hinzugefügt wird, kommt es zur Kondensation. Dieses Phänomen der Kondensation kann genutzt werden, um den Wasserdampfgehalt zu messen. Ein Gas mit einer unbekanntem Wasserdampfkonzentration wird über eine temperaturgeregelte Fläche geleitet. Die Fläche wird nun solange gekühlt, bis Kondensation entsteht. Die Temperatur, bei der die Kondensation eintritt, wird als „Taupunkttemperatur“ bezeichnet. Da zwischen Temperatur und Sättigungsdampfdruck ein eindeutiger Zusammenhang besteht (zur Erinnerung: Der maximale Partialdruck von Wasserdampf, auch als Sättigungsdampfdruck bezeichnet, steht in einem festen Verhältnis zur Temperatur), handelt es sich bei der Messung der Taupunkttemperatur eines Gases um die Messung des Wasserdampfpartialdrucks. Ist die Taupunkttemperatur bekannt, lässt sich der entsprechende Sättigungsdampfdruck berechnen bzw. einer Tabelle entnehmen. In der nachstehenden Tabelle sind einige Temperaturen und der jeweils zugehörige Sättigungsdampfdruck aufgeführt:

Temperatur (°C)	Sättigungsdampfdruck (mbar)
+20	23,3
0	6,1
-10	2,8
-20	1,3
-40	0,2

2. Was ist der Unterschied zwischen Taupunkt und Drucktaupunkt?

Der Begriff „Drucktaupunkt“ wird verwendet, wenn die Taupunkttemperatur von Gasen bei Drücken über dem Umgebungsdruck gemessen wird. Es handelt sich dabei also um die Taupunkttemperatur eines unter Druck stehenden Gases. Dies ist von besonderer Bedeutung, da sich bei veränderndem Druck die Taupunkttemperatur des betreffenden Gases ändert.



Messgeräte mit grafischer Anzeige sind besonders für die Überwachung des Taupunktes über längere Zeiträume hinweg geeignet.

3. Welchen Einfluss hat der Druck auf den Taupunkt?

Bei steigendem Gasdruck steigt auch dessen Taupunkttemperatur. Nachstehend wird dies am Beispiel von Luft bei Umgebungsdruck von 1013,3 mbar und einer Taupunkttemperatur von -10 °C erläutert. Gemäß vorstehender Tabelle beträgt der Wasserdampfpartialdruck (durch „e“ gekennzeichnet) 2,8 mbar. Komprimiert man nun diese Luft und verdoppelt den Gesamtdruck auf 2.026,6 mbar, verdoppelt sich nach dem Daltonschen Gesetz auch der Wasserdampfpartialdruck (e) auf einen Wert von 5,6 mbar. Diesem Wert von 5,6 mbar entspricht nun eine Taupunkttemperatur von etwa -1 °C. Somit steigt mit dem Luftdruck auch die Taupunkttemperatur der Luft. Umgekehrt sinken bei Ausdehnung eines komprimierten Gases auf Umgebungsdruck die Partialdrücke aller Gaskomponenten einschließlich dem des Wasserdampfs, sodass die Taupunkttemperatur des Gases sinkt. Die Beziehung zwischen dem Gesamtdruck zum Wasserdampfpartialdruck, e, lässt sich wie folgt beschreiben:

$$P_1/P_2 = e_1/e_2$$

Nach der Umwandlung der Taupunkttemperatur in den entsprechenden Sättigungsdampfdruck lässt sich leicht der Einfluss der Änderung des Gesamtdrucks auf den Sättigungsdampfdruck berechnen. Der errechnete Sättigungsdampfdruck kann dann wieder in die entsprechende Taupunkttemperatur umgewandelt werden. Diese Berechnungen können mithilfe von Tabellen erfolgen, werden aber auch durch eine Reihe von Programmen erledigt.



Eine Reihe von Probenahmezellen mit Schnellverschlüssen, sowie Kühlspirale und geschweißte Klemmringverschraubungen vereinfachen den Einbau eines Taupunktsensors in jedem Prozess.

4. Warum sind Kenntnisse über den Taupunkt der Druckluft wichtig?

Die Bedeutung der Taupunkttemperatur der Druckluft ist vom ihrem jeweiligen Verwendungszweck abhängig. In vielen Fällen kann die Frage nach dem Taupunkt unberücksichtigt bleiben (portable Kompressoren für Pneumatikwerkzeuge, Reifendrucksysteme an Tankstellen usw.). In manchen Fällen ist der Taupunkt nur wichtig, weil die Leitungen, durch die die Luft strömt, Temperaturen unter dem Gefrierpunkt ausgesetzt sind, bei denen ein zu hoher Taupunkt zum Gefrieren und Blockieren der Leitungen führen

kann. Viele moderne Industrieanlagen setzen Druckluft zum Betrieb diverser Systeme ein, deren Funktion bei Kondensatbildung an internen Teilen beeinträchtigt werden kann. Einige wasserempfindliche Prozesse, die mit Druckluft arbeiten (z. B. Spritzlackierung), können hohe Anforderungen an den Trocknungsgrad stellen. Für medizinische und pharmazeutische Prozesse können Wasserdampf oder andere Gase eine „Verunreinigung“ darstellen, sodass sehr hohe Reinheitsgrade gefordert sind.

5. Welcher Taupunkt-Temperaturbereich ist typisch für Druckluft?

Die Taupunkttemperaturen von Druckluft reichen von Umgebungstemperatur bis herab zu $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, in besonderen Fällen sogar noch darunter. Kompressorsysteme ohne Lufttrocknung neigen dazu Druckluft zu erzeugen, die bei Umgebungstemperatur gesättigt ist. Systeme mit Kältetrocknern leiten die Druckluft durch einen gekühlten Wärmetauscher, sodass die Feuchtigkeit aus dem Luftstrom kondensiert. Derartige Systeme erzeugen üblicherweise Druckluft mit einem Taupunkt nicht unter $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mit Trockenmittel arbeitende Trocknersysteme absorbieren den Wasserdampf aus dem Luftstrom und erreichen damit Taupunkte von $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ und darunter.

6. Welche Normen gelten für die Qualität von Druckluft?

Die ISO8573.1 ist eine internationale Norm für die Druckluftqualität. Qualitätsgrenzwerte werden in dieser Norm für drei Kategorien definiert:

- Maximale Größe und Dichte der Feststoffpartikel
- Maximal zulässiger Drucktaupunkt
- Maximaler Restölgehalt

In jeder Kategorie wird eine Zahl von 1 bis 6 für die Qualitätsklasse vergeben. Die Referenzwerte sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt. So erzeugt ein der ISO 8573.1 und der Klasse 1.1.1 entsprechendes System Luft mit einem Taupunkt von nicht höher als $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Alle in der Luft enthaltenen Restpartikel sind $0,1\text{ }\mu\text{m}$ oder kleiner und der maximale Restölgehalt beträgt $0,01\text{ mg/m}^3$. Eine von vielen weiteren Normen für die Druckluftqualität ist z. B. die ANSI/ISA- 7.0.01-1996 für Instrumentenluft.

ANSI/ISA-7.0.01-1996 für Instrumentenluft

Qualitäts- klasse	Partikel- größe (μm)	Taupunkt / $^{\circ}\text{C}$	Taupunkt $^{\circ}\text{F}$	Ölgehalt (mg/m^3)
1	0.1	-70	-94	0,01
2	1	-40	-40	0,1
3	5	-20	-4	1
4	15	3	37	5
5	40	7	45	25
6	–	10	50	–

7. Wie wird der Taupunkt in Druckluft zuverlässig gemessen?

Bestimmte Prinzipien der Taupunktmessung gelten unabhängig vom Hersteller für alle Typen von Messgeräten:

- Wählen Sie ein Gerät mit dem richtigen Messbereich: Einige Messgeräte eignen sich nur zur Messung hoher Taupunkttemperaturen, und umgekehrt gibt es Geräte, mit denen sehr niedrige Taupunkttemperaturen gemessen werden können, die jedoch bei hohen Taupunkten nicht einwandfrei arbeiten.
- Berücksichtigen Sie die Druckempfindlichkeit des Taupunktmessgeräts: Manche Messgeräte sind nicht für den Einsatz unter Prozessdruck geeignet. Sie können montiert werden, um die Druckluft zu messen, nachdem diese auf Umgebungsdruck entspannt wurde. Soll jedoch der Drucktaupunkt gemessen werden, muss der gemessene Taupunktwert nachträglich korrigiert werden.
- Korrekte Sensormontage: Folgen Sie den Empfehlungen des Herstellers. Der Einbau von Taupunktsensoren sollte nicht am Ende von Stutzen oder sonstigen Rohrenden erfolgen wo die Luft nicht zirkulieren kann.

Vaisala stellt eine Familie von Messgeräten her, die sich ideal zur Messung der Taupunkttemperatur in Druckluft eignen. Die DRYCAP®-Sensortechnologie ermöglicht schnelle Taupunktmessungen mit einer Genauigkeit von $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ über einen Messbereich hinweg, der bei der Umgebungstemperatur beginnt und bis zu einem Taupunkt von $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ reicht. Zusätzlich zu den vorstehend genannten Prinzipien sollten Sie auch folgende Gesichtspunkte bei der Wahl und der Montage eines Vaisala Taupunktmessgeräts berücksichtigen:

- Im besten Fall wird der Taupunktsensor von der Druckluftleitung isoliert eingebaut. Dies wird durch die Montage des Sensors in einer Probenahmezelle erreicht, die wiederum über ein T-Stück mit der Druckluftleitung am Messpunkt verbunden ist. So wird stets eine geringe Menge Druckluft am Sensor vorbeigeführt. Die Zelle sollte aus Edelstahl bestehen und über eine Rohrleitung ($1/4''$ oder 6 mm) mit dem T-Stück verbunden werden. Empfehlenswert ist die Montage eines Absperrventils zwischen Zelle und Druckluftleitung. Damit wird der Ein- und Ausbau des Sensors erheblich erleichtert.
- Die Verwendung eines Durchflussbegrenzers ist sinnvoll, um den Luftstrom durch den Sensor kontrollieren zu können. Der notwendige Volumenstrom liegt bei nur 1 l/min . Zur Durchflussbegrenzung kann sowohl eine Ablassschraube als auch ein Ventil vorgesehen werden. Um den Drucktaupunkt messen zu können, wird die Durchflussbegrenzung nach dem Sensor angeordnet, damit nach dem Öffnen des Absperrventils der Sensor dem Prozessdruck ausgesetzt ist. Zur Messung des Taupunkts bei Umgebungsdruck sollte sich die Durchflussbegrenzung vor dem Taupunktsensor befinden.

- C. Der empfohlene Volumenstrom darf nicht überschritten werden. Bei der Messung des Drucktaupunkts führt eine erhöhter Volumenstrom zu einem lokalen Druckabfall am Sensor. Da die Taupunkttemperatur druckabhängig ist, kommt es dadurch zu einem Messfehler.
- D. Das optimale Material für die Rohrleitung ist rostfreier Edelstahl. Nichtmetallische Rohre können Wasserdampf ab- und desorbieren und verursachen damit eine Verzögerung bei den Messergebnissen. Stehen keine Edelstahlrohre zur Verfügung, bieten sich PTFE oder andere Materialien an, die kein Wasser absorbieren. Durchsichtige Kunststoffrohre oder gelbe Gummischläuche sollten nicht verwendet werden.
- E. Durch eine Installation direkt in eine Druckluftleitung lassen sich bei fest eingebauten Taupunktmessgeräten Kosteneinsparungen bei der Montage erzielen. In diesen Fällen sollten Sie darauf achten, dass Sie für den Sensor eine Stelle mit ausreichendem Luftstrom finden und die Temperatur der Druckluft nahe oder gleich der Umgebungstemperatur ist.

8. Wodurch kündigt sich das Versagen eines Taupunktsensors an?

- Das Messgerät zeigt am Display oder Analogausgang unverändert den gleichen Messwert an.
- Das Messgerät zeigt stets den niedrigst möglichen Wert an.
- Das Messgerät ist unbeständig und zeigt über einen weiten Wertebereich schnell wechselnde oder zufällige Werte an.
- Das Messgerät zeigt unsinnig hohe oder niedrige Taupunktwerte an.

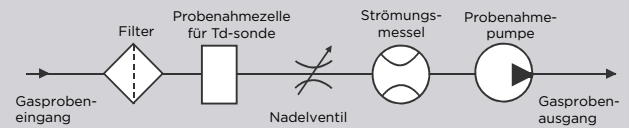


Durch die Möglichkeit mit dem vollintegrierten Probenahmesystem DSS70A Messungen auch von anderen, drucklosen Prozessen durchzuführen, wird die Vielseitigkeit des Taupunktsensors erweitert.

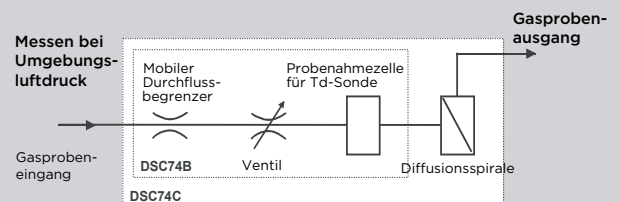
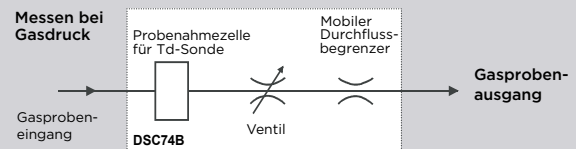
9. Wie oft sollte ein Taupunktsensor geprüft oder kalibriert werden?

Es sollten immer die Empfehlungen des Herstellers befolgt werden. Je nach Messgerät empfiehlt Vaisala ein Kalibrierintervall von ein oder zwei Jahren. Manchmal genügt eine einfache Vor-Ort-Prüfung mit einem kalibrierten portablen Messgerät, um den einwandfreien Betrieb anderer Messgeräte zu überprüfen. Detaillierte Angaben zur Kalibrierung finden Sie im Benutzerhandbuch, das mit jedem Gerät geliefert wird. Wenn Zweifel an der korrekten Arbeitsweise eines Taupunktmessgerätes bestehen, sollte zunächst der Kalibrierzustand überprüft werden.

DSS70A Probenahmesystem und DSC74B/C Probenahmezellen



Das Probenahmesystem DSS70A enthält einen Filter zur Reinigung verschmutzter Gasproben und ein Nadelventil zur Steuerung der Durchflussmenge mittels Strömungsmesser. Bei Prozessen unter Umgebungsdruck wird die Gasprobe mit einer Pumpe abgesaugt.



Mit der Probenahmezelle DSC74B kann die Gasprobe je nach Gasein- und ausgang entweder bei Gasdrücken bis 10 bar oder Umgebungs-luftdruck gemessen werden.

Die DSC74C entspricht der DSC74B, hat jedoch eine zusätzliche Kühlschleife zur Vermeidung von Rückdiffusion (Umgebungsfeuchte) bei Taupunktmessungen unter Umgebungs-luftdruck.

Weitere Informationen über die Vaisala Taupunktmessgeräte finden Sie unter www.vaisala.com/dewpoint.

VAISALA

Weitere Informationen erhalten Sie auf unserer Webseite unter www.vaisala.de oder senden Sie eine Nachricht an sales@vaisala.com

Ref. B210991DE-A ©Vaisala 2010

Das vorliegende Material ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte hierfür liegen bei Vaisala und ihren jeweiligen Partnern. Alle Rechte vorbehalten. Alle Logos und/oder Produktnamen sind Markenzeichen von Vaisala oder ihrer jeweiligen Partner. Die Reproduktion, Übertragung, Weitergabe oder Speicherung von Informationen aus den vorliegenden Unterlagen in jeglicher Form ist ohne die schriftliche Zustimmung von Vaisala verboten. Alle Spezifikationen, einschließlich der technischen, können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.