

Apparate und Methoden zur Messung der relativen Luftfeuchte für den praktischen Gebrauch

Zusammenfassende Übersicht von L. Hübschen

Laboratorium der Wilh. Quester Maschinenfabrik, Köln

1. DIE WÄGEMETHODE

Man erhält den absoluten Wassergehalt in g/m^3 , wenn man ein gemessenes Volumen der Luft bekannter Temperatur durch eine mit Chlorkalzium, Schwefelsäure oder Phosphorpentoxid gefüllte oder mittels Kältebad abgekühlte Röhre saugt und das absorbierte bzw. ausgefrorene Wasser wägt.

2. DIE TAUPUNKTMETHODE

Die Bestimmung des Taupunktes von wasserdampfhaltigen Gasen bietet den Vorteil, daß man durch die Messung einer einzigen Temperatur unmittelbar eine den Feuchtezustand des Gases kennzeichnende Größe angeben kann, ohne Apparatekonstante, Barometerstände und andere Größen einrechnen zu müssen. Ist die Temperatur des Gases zusätzlich bekannt, dann kann man auch die relative Feuchte über die Wasserverdampfdruckkurve bestimmen.

3. DIE VERDUNSTUNGSMETHODE

Eine freie Wasseroberfläche gibt je nach dem vorhandenen Feuchtigkeitsgrad der Luft Wasserdampf ab. Es ist möglich, die in einer bestimmten Zeit verdunstete Wassermenge als Maß für den Feuchtigkeitsgehalt heranzuziehen (sogenannte Verdunstungsmesser). Bei dieser Bestimmung hat der Bewegungszustand der Luft entscheidenden Einfluß.

4. DIE PSYCHROMETRISCHE METHODE

Das psychrometrische Meßverfahren — auch als Trocken- und Feuchte-Thermometer-Verfahren bekannt — erlaubt eine genaue, zuverlässige Bestimmung der Feuchte in Gasen. Es nutzt den Abkühlungseffekt aus, der beim Vorbeistreichen eines nicht mit Wasserdampf gesättigten Gasstromes durch

Verdunsten an einem feuchten Thermometer auftritt. Bei der praktischen Verwendung von Psychrometern muß man die Nebeneffekte, die auf den psychrometrischen Effekt Einfluß haben, beachten. In erster Linie ist hier eine ausreichende Windgeschwindigkeit zu nennen. Wie durch zahlreiche Versuche festgestellt wurde, liefern Geschwindigkeiten über 2 m/sec. brauchbare Werte. Es sind zwar Eichungen für geringere Geschwindigkeiten möglich, bei Geschwindigkeitsschwankungen ist dann jedoch mit größeren Meßfehlern zu rechnen. Es ist besser, durch eine künstliche Ventilation für eine definierte Gasgeschwindigkeit zu sorgen, wobei darauf zu achten ist, daß der Ventilator die Temperatur des Gases vor der Messung nicht erhöht. Gänzlich abzulehnen ist die Verwendung eines Psychrometers in ruhendem Gas. Die Thermometer sind mit einem geeigneten Strahlungsschutz zu versehen, der auch eine gegenseitige Beeinflussung der beiden Thermometer verhindert.

5. DIE HYGROSKOPISCHE METHODE

Für die praktische Durchführung eignen sich feste Materialien, die ihre Länge mit der Feuchte ändern. Als Meßelemente dienen bei diesen Hygrometern entfettete und in besonderer Weise präparierte Haare. Die Anzeige ist nur wenig temperaturabhängig, weil der thermische Ausdehnungs-Koeffizient dieser Haare sehr gering ist. Man kann sie bis zu Temperaturen von etwa 50° C anwenden. Von Herrn Lorenz, B.A.T., Hamburg, wurden Kunststoffolien-Hygrometer erwähnt, die eine Genauigkeit von etwa 2–3 % rel. Luftfeuchte gewährleisten. Auf die Notwendigkeit der Regenerierung und der Staubanfälligkeit sei besonders hingewiesen. Auch Nitrozellulose und Gelatine-Filme sind als Feuchte-Indikatoren bekannt. Nur für ruhende Luft geeignet.

6. DAS DIFFUSIONS-HYGROMETER

Seine Arbeitsweise beruht auf der unterschiedlichen Diffusionsgeschwindigkeit von Luft und Wasserdampf. Es hat bis jetzt keine weite Verbreitung gefunden.

7. DIE ÄNDERUNG DER FARBE VON OBERFLÄCHEN

nach Tränkung mit Kobaltchlorür-Lösungen

Die Feuchtigkeit kann nur größenordnungsmäßig etwa in Stufen von 10 zu 10 % rel. Luftfeuchtigkeit angegeben werden.

8. VERFAHREN MIT ELEKTRISCHER LEITFÄHIGKEITSMESSUNG

Die elektrische Leitfähigkeit einer Elektrolytlösung ist konzentrationsabhängig. Bringt man eine dünne Schicht eines hygroskopischen, elektrolytisch leitenden Stoffes, z. B. Lithiumchlorid oder Schwefelsäure, in eine Wasserdampf enthaltende Gasatmosphäre, so stellt sich im Gleichgewicht ein bestimmter Feuchtigkeitsgehalt und damit eine entsprechende elektrische Leitfähigkeit der Elektrolytschicht ein. Änderungen der Gasfeuchte bewirken infolge Verschiebung des Gleichgewichtes zugehörige Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit. Es ist zu beachten, daß sich die elektrische Leitfähigkeit eines Elektrolyten auch mit der Temperatur ändert. Seit einigen Jahren sind jedoch auf diesem Prinzip beruhende Feuchtemeßelemente bekannt geworden, bei denen dieser Nachteil, von der prinzipiell vorhandenen Temperaturabhängigkeit abgesehen, anscheinend vermieden wird. Es sind hier die Elemente von Siemens, der AEG, Honeywell — um nur einige zu erwähnen — zu nennen. Das Honeywell-Meßelement ist in Form eines quadratischen Kunststoffplättchens von etwa 4 cm Kantenlänge ausgebildet. Die aus Gold bestehenden gitterförmigen Elektroden sind aufgedruckt. Ein aus mehreren Einzelementen zusammengesetzter Meßfühler umfaßt den Bereich von 35–95 % rel. Feuchte, wobei die Anzeige zwischen 20 und 25° C mittels einer Kompensationsschaltung temperaturunabhängig ist. Die Temperaturgrenzen für die Anwendung werden mit +4° und +54° C angegeben.

9. DIE GASKONZENTRATIONSMESSER

(z. B. Ionoflux der BASF)

Das Gerät eignet sich sehr gut zur Messung geringer Wasserdampfmengen in Luft, z. B. bei der Kontrolle von Lufttrocknungsanlagen. Der kleinste Meßbereich beträgt Null bis $0,1 \text{ g/m}^3$, der größte Null bis Sättigung.

10. DIE THERMOFLUX=GASKONZENTRATIONSMESSER

Bei dieser Meßmethode wird die Temperaturänderung gemessen, die bei Absorption der Gasfeuchtigkeit in einer hygroskopischen Flüssigkeit infolge der Wärmetönung des Lösungsvorganges auftritt.

An weiteren Methoden, deren Anwendung jedoch nur auf Sonderfälle beschränkt bleibt, seien noch erwähnt die Messung der *Ultraschall-Absorption*, der *Wärmeleitfähigkeit* und der *Gasdichte*. Bei der Anwendung dieser Verfahren muß jedoch sichergestellt sein, daß der beobachtende Meßeffect nur vom Wasserdampfgehalt des Gases herrührt und nicht bei Gasgemischen durch Änderung der übrigen Komponenten beeinflusst wird.

DISKUSSION

In der ausführlichen Diskussion über die in der Praxis angewandten Methoden berichtete *Herr Lorenz*, daß sich im Laboratorium der B.A.T. ein mit einer Kunststoffolie ausgestattetes und im Prinzip eines Haarhygrometers arbeitendes Gerät außerordentlich bewährt habe. Diese Hygrometer sind als Deckel eines Probengefäßes von etwa $\frac{1}{2}$ l Inhalt ausgebildet, so daß sofort mit mehreren Behältern Feuchtegleichgewichtskurven aufgestellt werden können, da die Tabakprobe im geschlossenen Behälter verbleibt. Die Feuchtigkeit dieser Tabakprobe wird im Trockenschrank oder sonst irgendwie bestimmt. Die dazu gehörende relative Luftfeuchtigkeit kann sofort abgelesen werden. Im Laboratorium der B.A.T. werden solche Kunststoffolien-Hygrometer auf 3 Eichpunkte kontrolliert, nämlich über Zinkchlorid mit 10% rel. Luftfeuchte, bei der normalen Luftfeuchtigkeit des Raumes, die exakt mit dem Assmannschen Psychrometer bestimmt wird und über gesättigter Wasseratmosphäre. Diese 3 Eichpunkte seien vollkommen ausreichend und gäben eine Genauigkeit dieser Instrumente von etwa 2–3% rel. Feuchte an.

Dr. Häusermann schlug die Gaschromatographie vor. *Herr Hjern* berichtete über eine Methode, die unter Erfassung der Kernresonanz bei Philip Morris angewendet wird. *Dr. Häusermann* schlug die Titration als Kontrollmethode vor.

Herr Hübschen berichtet über Untersuchungen im Laboratorium der Firma Quester mit einer Kunststoffolie, wobei der elektrische Widerstand in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte gemessen werden sollte. Bei diesen Untersuchungen hat sich gezeigt, daß die Methode aufwärts, d. h. von niederen zu höheren Luftfeuchtigkeiten sehr gut und schnell arbeitet, daß aber bei abwärts gehenden Luftfeuchtigkeiten ein sehr langsames Abklingen zu verzeichnen ist.

Prof. Cuzin kam bei ähnlichen Untersuchungen, die mit Zelluloseazetatfolien durchgeführt wurden, zu dem gleichen Ergebnis, es wurde gut aufwärts aber schlecht abwärts angezeigt.