

**Anlage:**

Betriebsanleitung „Flüssigkeits-Glasthermometer“

**VERWENDUNG**

Das Aspirations-Psychrometer nach Assmann dient zur genauen Bestimmung der Temperatur und der Feuchtigkeit von Luft. Es kann, je nach Messbereich der eingebauten Thermometer, im Temperaturbereich von etwa -5...+60 °C bzw. von etwa -30...+40 °C eingesetzt werden. Sonnen- bzw. andere Wärmestrahlung beeinflusst die Messergebnisse nicht, wenn die Ansaugöffnungen der Hüllrohre zweckentsprechend gehalten werden. Messungen unter 0 °C sind mit besonderer Sorgfalt auszuführen. Vor anhaltendem Niederschlag ist das Gerät zu schützen.

**BESCHREIBUNG**

Als Messelement werden zwei Quecksilber-Glasthermometer mit möglichst gleichen Abmessungen verwendet. Über das Quecksilbergefäss des einen Thermometers ist ein Gewebedocht gezogen und beidseitig angebunden. Er kann so viel Wasser aufnehmen, wie zur Befeuchtung des Gefässes während der Dauer mindestens einer Messung erforderlich ist. Das zweite Thermometer wird dagegen stets trocken gehalten. Sein Quecksilbergefäss weist dementsprechend keinen Docht auf. Zwischen den Thermometern befindet sich das Mittelrohr. Es trägt kopfseitig den Aspirator und fussseitig, nach Aufteilung in zwei Schenkel mit der gleichen lichten Weite, zwei thermische Isolierringe. An diese sind coaxial je zwei dünnwandige und gegeneinander durch einen Zwischenring thermisch isolierte kurze Rohre angeschraubt, in die zentrisch die Gefässe der Thermometer hineinragen. Zwecks besserer Luftführung sind die äusseren Rohre unten trompetenförmig erweitert. Oben stehen alle vier Rohrstücke durch entsprechende Bohrungen mit dem Mittelrohr in Verbindung.

Der Aspirator enthält das vierflüglige Windrad und in einem getrennten Raum das das Windrad treibende Federkraftlaufwerk. Im Mantel des zylinderförmigen Aspiratorgehäuses befinden sich Ausbrüche, durch welche der Windflügel die angesaugte Luft herausschleudert. Das Psychrometer weist zu diesem Zweck im Gehäuse des Aspirators eine Sichtscheibe auf, durch welche das umlaufende Federgehäuse zu beobachten ist, so dass die Umdrehungszeit des Federgehäuses und damit die Luftgeschwindigkeit an den Thermometergefässen leicht festgestellt werden kann.

Die Thermometer werden gegen mechanische Beschädigungen und, in geringem Masse, gegen Wärmestrahlung durch zwei seitlich angebrachte, am unteren Ende verbundene Schienen geschützt. Diese Schienen greifen auch über die Hüllrohre der Thermometergefässe, ohne diese jedoch zu berühren, und bieten daher ebenfalls Schutz für die relativ leicht zerbrechlichen thermischen Isolierringe. Oben sind die Schutzschienen mit Schrauben am oberen Thermometerhalter befestigt. Alle Teile - ausser Aspiratorkopf und Doppelkniestück (weiss lackiert) - des Aspirations-Psychrometers nach Assmann sind hochglanzpoliert und verchromt, so dass zugestrahlte Wärme weitestgehend reflektiert wird.



**WIRKUNGSWEISE**

Grundlage der psychrometrischen Feuchtigkeitsmessung ist der ständige Wasserdampfaustausch zwischen Wasser bzw. Eis einerseits und der umgebenden Atmosphäre andererseits, wobei fühlbare Wärme in latente Wärme umgewandelt wird - Verdampfung -, oder umgekehrt latente Wärme in fühlbare Wärme - Kondensation -. Psychrometer sind also Feuchtigkeitsmessgeräte, welche auf thermodynamischer Grundlage arbeiten.

Sie weisen zwei Thermometer gleicher Wärmekapazität auf, von denen das eine trocken gehalten, das mit einem saugfähigen Gewebedocht überzogene Gefäss des zweiten Thermometers dagegen mit Wasser benetzt wird. Von der nasen Oberfläche geht, abgesehen von selten vorkommenden Extremfällen, Wasser in die gasförmige Phase über. Die hierzu benötigte Wärme wird der umgebenden Luft entzogen, und der befeuchtete Thermometerfühler kühlt sich ab. Seine Temperatur sinkt so lange, bis Gleichgewicht zwischen der durch die umgebende Luft herangeführten fühlbaren Wärmemenge und der mit dem Wasserdampf abgeführten latenten Wärmemenge erreicht ist. Der Gleichgewichtszustand ist also abhängig von der Verdampfungswärme des Wassers und von der Wärmekapazität der umgebenden Luft, d.h. von deren Wasserdampfgehalt, Temperatur und Druck. Die Verdampfungswärme des Wassers ist bekannt. Temperatur und Druck sind mit dem trockenen Thermometer bzw. mit einem Barometer messbar, so dass die sich am befeuchteten Thermometer einstellende Temperatur unter Berücksichtigung der anderen genannten Grössen ein Mass für den Wasserdampfgehalt der untersuchten Luft ist.

Aus unvermeidbaren, durch den praktischen Aufbau der Psychrometer bedingten Gründen, geht auch die an den Thermometerfühlern herrschende Luftgeschwindigkeit in die Messergebnisse ein. Erst bei Luftgeschwindigkeiten von mehr als 2 m/s ist dieser Einfluss gleichbleibend, so dass er durch eine experimentell bestimmte Konstante in der zur Auswertung der Psychrometerablesungen aufgestellten Sprung'schen Formel berücksichtigt werden kann. Dieser Einfluss ist so bedeutend, dass bei exakten psychrometrischen Messungen sorgfältig auf die Einhaltung einer Mindestluftgeschwindigkeit von 2 m/s geachtet werden muss. Beim Aspirations-Psychrometer nach Assmann werden die Thermometergefässe ausreichend mit Hilfe des Aspirators künstlich belüftet. Er arbeitet nach dem Prinzip eines Fliehkraftlüfters. Das Federkraftlaufwerk versetzt das Windrad und damit die im Bereich des Windradflügels befindliche Luft in Drehung, so dass die Luft, der Fliehkraft folgend, aus dem Aspiratorgehäuse austritt. Das zwischen Aussenluft und Drehachse des Windrades auftretende Druckgefälle bewirkt, dass an den Thermometergefässen vorbei sowie auch zwischen den inneren und den äusseren Hüllrohren hindurch Luft mit einer Geschwindigkeit von mehr als 2 m/s in das Mittelrohr und dann in den Aspirator einströmt.

## **INBETRIEBNAHME UND MESSEN**

### **Wahl des Messplatzes**

Wegen seiner zweckentsprechenden Konstruktion können mit dem Aspirations-Psychrometer nach Assmann Luftfeuchtigkeitsmessungen an jedem Ort und unter allen in der Praxis vorkommenden Bedingungen - auch bei stärkster Wärmeeinstrahlung - ausgeführt werden. Es ist jedoch zu beachten, dass mit dem Instrument die Temperatur und die Feuchtigkeit derjenigen Luft ermittelt wird, die sich in nächster Umgebung der unteren Hüllrohröffnungen befindet. Aus diesem Grund muss sorgfältig vermieden werden, dass sich Körper von anderer Temperatur als der Umgebungstemperatur in der Nähe dieser Öffnungen befinden. Bereits die Körperwärme des Beobachters oder durch Sonneneinstrahlung erwärmte Gegenstände können zu unkontrollierbaren Messfehlern führen.

Bei Messungen im Freien und auch bei Messungen in Räumen, in denen ein gewisser Luftzug vorhanden ist, ist das Psychrometer gegebenenfalls unter Verwendung des als Zubehör erhältlichen Handgriffes, mit der ausgestreckten Hand dem Wind entgegenzuhalten. Es empfiehlt sich hierbei, das Gerät leicht zu neigen, so dass die Hüllrohröffnungen dem Wind etwas zugekehrt sind. Dadurch wird die Förderleistung des Aspirators unterstützt. Das Psychrometer Nr. 761 kann auch an der als Zubehör erhältlichen Baumschraube in Augenhöhe aufgehängt werden. Hier muss in gleicher Weise jede thermische Beeinflussung durch die Umgebung vermieden werden. Das Gerät wird deshalb auf der dem Wind zugekehrten Luvseite des Baumes oder Pfahles angebracht, während die Ablesung der Thermometer von der Leeseite erfolgen soll.

### **Benetzen des feuchten Thermometers**

Mit Hilfe der jedem Gerät beigelegten Befeuchtungseinrichtung ist vor Beginn der Messung das mit einem Docht umhüllte, rechte Thermometergefäss zu benetzen. Zu diesem Zweck wird mit der linken Hand der Quetschhahn der mit destilliertem Wasser nahezu gefüllten Befeuchtungseinrichtung geöffnet und dann der Gummiball mit der rechten Hand so lange zusammengedrückt, bis das Wasser

in der Glasröhre zu einer unterhalb ihrer Öffnung angebrachten Strichmarke emporgestiegen ist. Nun ist der Quetschhahn zu schliessen, so dass die Wassersäule in der Röhre abgesperrt ist. Eventuell übergelaufenes Wasser muss von der äusseren Wandung des Glasrohres abgewischt werden, da andernfalls nicht nur das Thermometergefäss, sondern auch das innere Hüllrohr befeuchtet würde. Die Glasröhre der Befeuchtungseinrichtung wird jetzt bis zu dem durch einen Wulst des Rohres gebildeten Anschlag in das innere Hüllrohr des feuchten Thermometers eingeführt. Nach einigen Sekunden hat sich der Docht am Gefäss des feuchten Thermometers voll Wasser gesaugt, und es ist, ohne das Rohr herauszuziehen, der Quetschhahn wieder zu öffnen, so dass das überflüssige Befeuchtungswasser in den Gummiball zurücktritt. Schliesslich ist das Glasrohr aus dem inneren Hüllrohr herauszuziehen. Der durch den Docht festgehaltene Wasservorrat reicht bei Messungen in trockener Luft mit normaler Temperatur zur Benetzung des Thermometergefässes während der Dauer von ca. 15 Minuten. Ist der Docht ausgetrocknet, was sich durch plötzliches, schnelles Ansteigen der Feuchttemperatur bemerkbar macht, muss die Befeuchtung wiederholt werden. Das ist bei hohen Temperaturen im allgemeinen öfter notwendig als bei niedrigen Temperaturen.

### **Messen**

Durch Rechtsdrehen des Aufzugsschlüssels wird die Feder des Aspirators gespannt. Damit ist das Psychrometer messbereit.

Hatte das Psychrometer schon vorher eine der Lufttemperatur naheliegende Eigentemperatur, so kann 3 Minuten nach Anlaufen des Aspirators die erste verwertbare Ablesung ausgeführt werden. Besitzt dagegen das Psychrometer eine von der umgebenden Luft erheblich abweichende Temperatur, so muss zunächst anhand einiger Probeablesungen festgestellt werden, ob eine weitere Änderung der Thermometerstände nicht mehr stattfindet. Die ersten verwertbaren Temperaturen können dann im allgemeinen erst nach ca. 5 Minuten abgelesen werden. Die gleiche Zeitspanne ist auch bei Feuchttemperaturen unter 0 °C zu berücksichtigen.

Beim Ablesen der Thermometer ist zu vermeiden, dass Atemluft des Beobachters an die Öffnungen der Hüllrohre gelangt. Es ist zweckmässig, während der Dauer der Ablesung, bei der eine Annäherung an das Gerät unumgänglich ist, eine Pappe vor Mund und Nase zu halten. Beide Thermometer müssen innerhalb der nutzbaren Ablaufzeit des Aspirators unmittelbar hintereinander und parallaxfrei dann abgelesen werden, wenn sie einen festen Stand erreicht haben. Die nutzbare Ablaufzeit des Aspirators, d.h., die Zeit, während der an den Thermometergefässen eine Luftgeschwindigkeit von mehr als 2 m/s herrscht, ist auf dem jedem Gerät beigelegten Prüfschein angegeben. Nach Ablauf dieser Zeit ist die Feder des Laufwerkes wieder zu spannen. Bei Aussenmessungen mit dem Psychrometer empfiehlt es sich, den Schlüssel stecken zu lassen, da durch seinen überfassenden Rand das Eindringen von Staub und Regen in das Laufwerk verhindert wird.

Etwa ab Windstärke 3 - schwache Briesse, Blätter und dünne Zweige in dauernder Bewegung - ist der Windschutz (als Zubehör erhältlich) aufzusetzen. Er soll sich auf der Luvseite über den Luftaustrittsöffnungen des Aspirators befinden.

**Besonderheiten bei Temperaturen des feuchten Thermometers unter 0 °C**

Eingangs wurde bereits darauf hingewiesen, dass für Messungen bei Temperaturen des feuchten Thermometers unter 0 °C besondere Sorgfalt aufzuwenden ist. Das ist darauf zurückzuführen, dass in die Sprung'sche Formel, mit deren Hilfe die psychrometrischen Messungen ausgewertet werden, der Sättigungsdruck des Wasserdampfes bei der Temperatur des befeuchteten Thermometers eingeht. Der Sättigungsdruck über einer unter 0 °C unterkühlten Wasserfläche ist aber höher als der über einer Eisfläche gleicher Temperatur. Bei vereistem Docht ist also ein anderer Sättigungsdruck zu berücksichtigen als bei mit unterkühltem Wasser benetztem Docht. In beiden Fällen unterscheidet sich auch die in der Auswerteformel enthaltene Psychrometerkonstante. Aus diesem Grund ist während oder anschliessend an Messungen, bei denen die Temperatur des feuchten Thermometers unter 0 °C absinkt, festzustellen, ob sich das Befeuchtungswasser in fester oder flüssiger Phase befunden hat.

Unterkühlung des Befeuchtungswassers ist daran zu erkennen, dass die Temperatur des feuchten Thermometers sinkt, ohne bei 0 °C einen gewissen Zeitraum zu verharren. Erreicht die Temperatur einen festen Stand, so können beide Thermometer abgelesen werden. Verharrt dagegen die Temperatur des feuchten Thermometers wegen Abgabe der Schmelzwärme des Wassers zunächst bei 0 °C oder sinkt sie ständig unter 0 °C, steigt dann aber wieder bis zum Gefrierpunkt an, um erst dann erneut zu sinken, so ist das Wasser am Docht erstarrt. Es ist mit der Ablesung auch hier abzuwarten, bis eine konstante Temperaturanzeige erreicht ist. Der benötigte Zeitraum ist dann jedoch wegen der höheren Wärmeträgheit der Eishülle entsprechend grösser. Aus diesem Grunde ist auch die weitere Befeuchtung mit entsprechender Vorsicht auszuführen. War während der Messung nicht festzustellen, ob sich Eis am feuchten Thermometer gebildet hat, so muss anschliessend der Docht mit einem nicht schmutzenden Gegenstand (Nadelspitze, Grashalm) berührt werden. Steigt hierbei die Temperatur plötzlich auf 0 °C an, so war das Wasser unterkühlt. Diese Feststellung kann auch ohne Berühren des Dochtes getroffen werden, wenn unter das Ansaugrohr des feuchten Thermometers die Hand gehalten wird. Bei Vorhandensein von unterkühltem Wasser am Docht steigt die Temperatur stetig über den Gefrierpunkt an. Bei vereistem Docht verharrt sie dagegen zunächst bei 0 °C.

Bei gefrorenem Docht gibt das feuchte Thermometer bis zu ca. 0,3 ° höhere Temperaturen an als das trockene Thermometer, wenn der Dampfdruck der Luft seinen Sättigungswert bezogen auf Wasser aufweist. In einem solchen Fall kondensiert wegen des niedrigeren Sättigungsdruckes über Eis Wasserdampf am feuchten Thermometer. Die damit verbundene Umwandlung von latenter Wärme in fühlbare Wärme führt zur Temperaturerhöhung des feuchten Thermometers.

Es muss hier noch darauf hingewiesen werden, dass die sich einstellende psychrometrische Differenz, das ist der Unterschied zwischen Trocken- und Feuchttemperatur, mit sinkender Temperatur immer kleinere Werte annimmt. Zur Erzielung gleichwertiger Messergebnisse ist deshalb mit sinkender Temperatur steigende Sorgfalt bei der Ablesung erforderlich.

**Auswerten der Messergebnisse**

Aus abgelesener Trocken- und Feuchttemperatur wird der herrschende Dampfdruck mit Hilfe der Sprung'schen Formel errechnet:

$$e = E' - A (t - t') \cdot \frac{b}{1006,6} \quad (\text{mbar})$$

Die relative Feuchte ist:

$$U = \frac{e}{E} \cdot 100 \quad (\%)$$

Es bedeuten:

- e = gesuchter Dampfdruck (mbar)
- E = maximaler Dampfdruck über Wasser bei der Temperatur des trockenen Thermometers (mbar)
- E' = maximaler Dampfdruck über Wasser oder über Eis bei der Temperatur des befeuchteten Thermometers (mbar)
- A = Psychrometerkonstante = 0,66 bei Wasser, 0,57 bei Eis am feuchten Thermometer
- t = Temperatur des trockenen Thermometers (° C)
- t' = Temperatur des befeuchteten Thermometers (° C)
- b = Luftdruck (mbar)
- U = relative Feuchte (%)

Der Sättigungsdruck des Wasserdampfes ist einschlägigen Tabellen zu entnehmen. Zweckmässiger ist jedoch die Auswertung der Ergebnisse anhand der jedem Gerät beigefügten graphischen Psychrometertafel. Es kann dann die meist interessierende relative Luftfeuchtigkeit unmittelbar abgelesen werden. Die Tafeln wurden unter Berücksichtigung eines Luftdruckes von 1006,6 mbar erstellt. Bei diesem Luftdruck nimmt die Sprung'sche Formel eine besonders einfache Form an:

$$e = E' - A (t - t') \quad (\text{mbar})$$

Die Vernachlässigung des Luftdruckes führt bei Messungen in Meereshöhe und bis zu 200 m über NN bei den normalerweise vorkommenden Luftdruckschwankungen zu Fehlern, die kleiner als 3 % relative Feuchtigkeit sind, wenn die Temperaturen über 10 °C liegen. Bei hiervon abweichenden Druck- und Temperaturwerten sowie auch bei höheren Ansprüchen an die Messgenauigkeit ist die Luftdruckkorrektur rechnerisch einzubeziehen, oder es ist zur Auswertung die graphische Psychrometertafel nach D. Sonntag, Nr. 768 G zu verwenden. Sie gibt die Luftdruckkorrektur in einem gesonderten Nomogramm an.

## WARTUNG

Es ist wesentlich, dass zur Befeuchtung des Psychrometerdochtes stets nur destilliertes Wasser verwendet wird. Regenwasser ist im allgemeinen nicht zu empfehlen, da es, besonders in der Nähe von Industrieanlagen, alle möglichen Beimengungen enthält, die eine Verschiebung des Sättigungsdruckes hervorrufen. Kalkhaltiges Wasser führt zum Verkrusten des Dochtes und damit zur Verminderung seiner Saugfähigkeit. Verschmutzte Dochte sind zu erneuern.

Die hochglänzende Oberfläche des Psychrometers muss in allen Teilen, besonders aber an den Hüllrohren der Thermometer erhalten bleiben. Das Gerät ist dementsprechend nach jedem Gebrauch mit einem weichen Lappen zu säubern. Mechanisch oder chemisch angreifende Reinigungsmittel sind nicht zu verwenden.

Zur Aufbewahrung des Psychrometers dient ein Kunststoffkoffer. Nach Gebrauch sind die Instrumente in diesem Behälter unterzubringen. Für dauernden Aufenthalt im Freien sind sie nicht bestimmt. Die Aufbewahrung erfolgt im Winter zweckmässigerweise in einem trockenen und unbeheizten Raum. Auf diese Weise wird Tauniederschlag am Gerät vermieden, der sich bilden kann, wenn das kalte Instrument in einen warmen Raum transportiert wird.

Soll die Bestrumpfung (siehe Bild) des feuchten Thermometers erneuert werden oder ist ein Thermometeraustausch erforderlich, so ist zunächst der Aspirator vom Mittelrohr abzuschrauben. Die Thermometer können dann, gegebenenfalls nach Lösen der seitlichen Befestigungsschrauben der Schutzschienen, leicht nach oben herausgenommen werden. Die Montage erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.

In bestimmten von der Häufigkeit der Benutzung des Psychrometers abhängigen Zeiträumen soll die Umdrehungsgeschwindigkeit des Federgehäuses nachgeprüft werden. Sie ist ein Mass für die Luftgeschwindigkeit an den Thermometergefässen. Zu diesem Zweck wird beim Psychrometer das Uhrwerk aufgezogen und die am Federhaus angebrachte Kennmarke durch das Kontrollfenster in ihrer Umlaufzeit überwacht. Sobald die pfeilartige Kennmarke des Federhauses am Kontrollfenster sichtbar wird, kann durch



vorsichtiges Einschieben eines Papierstreifens in die Öffnungen des Aspirators die Geschwindigkeit des Aspiratorflügels verlangsamt werden. Der Flügel ist dann bei Übereinstimmung der vertikalen Striche zum Stillstand zu bringen. Das Uhrwerk wird wieder aufgezogen, und nach Entfernen des Papierstreifens ist die Zeit zu messen, die das Federhaus während seines Ablaufes jeweils für eine volle Umdrehung benötigt. Beträgt die Zeit weniger als 90 Sekunden, ist die erzeugte Ventilationsgeschwindigkeit ausreichend. Massgebend ist jedoch in jedem Fall die im Prüfschein angegebene Kontrollzeit. Verändert sich diese wesentlich, dann ist eine Reinigung und Ölung der Lagerstellen erforderlich.



Quality System certified by DQS according to  
DIN EN ISO 9001 Reg. No. 3748

Änderungen vorbehalten

07610\_b-d.pmd

39.00

**MessCom GmbH**  
**Augustinusstraße 11c**  
**50226 Frechen**  
**Germany**

Tel +49-(0)2234-96 41-0  
Fax +49-(0)2234-96 41-10  
E-Mail [info@messcom.de](mailto:info@messcom.de)  
Internet [www.messcom.de](http://www.messcom.de)