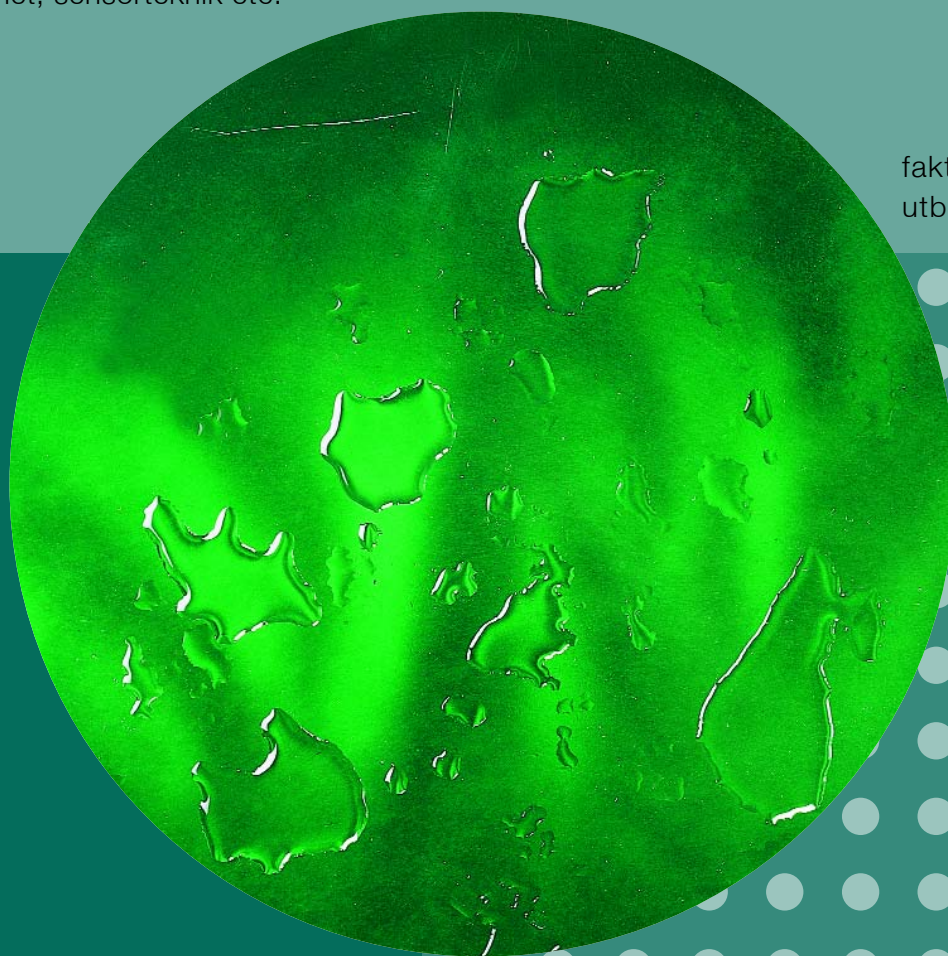


Kortfattad fuktfakta - olika mätmetoder,  
mollier-diagrammet, sensorteknik etc.



fakta - kunskap -  
utbildning - support

**Krav**

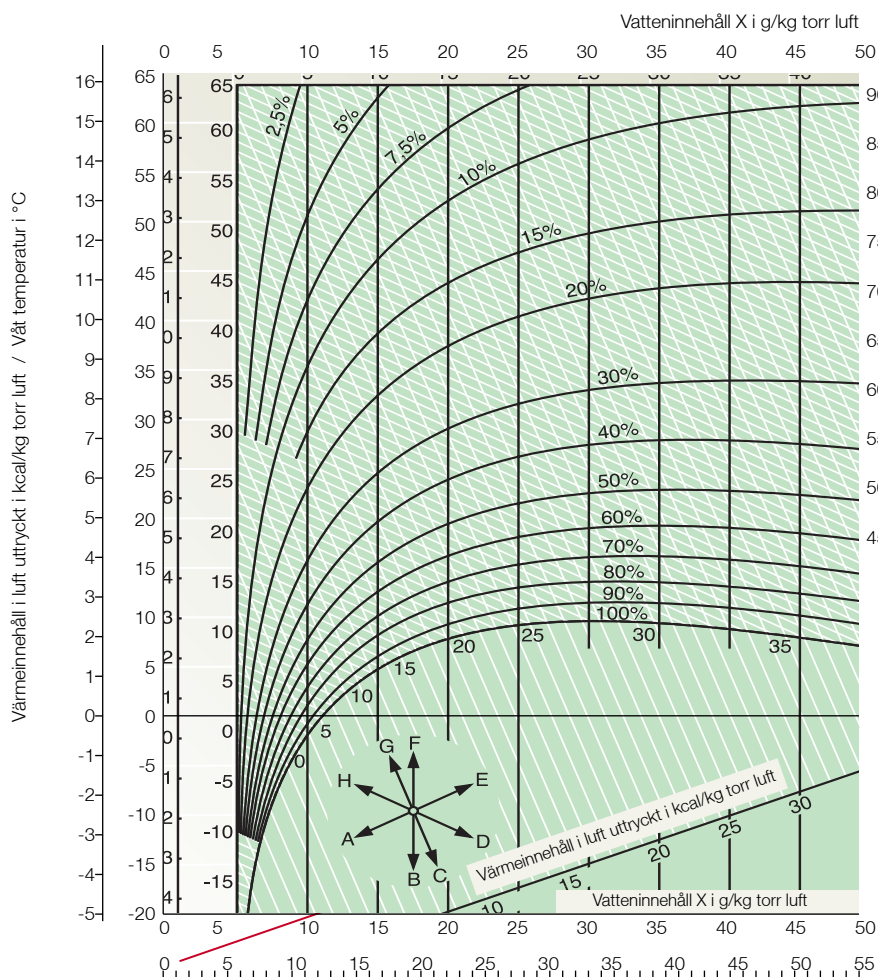
Mätning av gas- eller luftfuktighet blir allt viktigare. Ständiga förbättringar av de tekniska processerna och högre krav på kvalitet och energibesparingar erfordrar en noggrann, stabil och prisvärd mätprocedur för att mäta luftfuktighet.

**Olika mätmetoder**

Hårhygrometer	Psykrometer	Daggpunktsspegel	Kapacitiv fuktsensor
Hårhygrometern är en av de äldsta metoderna som används för att mäta fukt. Hårstrånas längd ändras beroende på omgivande fuktighet. Denna förändring indikeras på mekanisk väg som relativ fuktighet.	En temperaturgivare täckt med en fuktig bomullsstrumpa svalnar på grund av avdunstning. En andra temperaturgivare mäter omgivande temperatur. Den omgivande fuktigheten kan bestämmas med hjälp av temperaturskillnaden.	En spegel kyls ned tills kondens uppstår, efter att daggpunktstemperaturen erhållits. Kondenseringen på spegeln övervakas och därefter mäts daggpunkten.	En kondensator ändrar sin kapacitans beroende på den omgivande fuktigheten.
Fördelar	Fördelar	Fördelar	Fördelar
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Enkel att använda, mätteknik med låga installationskostnader</li> <li>– Lågkostnadsapplikationer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Med noggranna förberedelser är mätningar på 2 till 3 %RH möjliga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stort mätområde</li> <li>– Högnoggrann</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Prisvärd, snabb och noggrann mätning (upp till <math>\pm 1</math> %RH)</li> <li>– Stort mätområde (0 ... 100 %RH, -40 ... +180°C)</li> <li>– Långtidsstabil</li> <li>– Liten och bärbar</li> </ul>
Nackdelar	Nackdelar	Nackdelar	Nackdelar
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Höga underhållskostnader</li> <li>– Ofta förekommande regenerering av hårelement</li> <li>– Kan enbart användas från 15 % till 85%RH och upp till max. 50 °C</li> <li>– Mycket onoggrann, ej definierbar</li> <li>– Långsam mätning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kan inte användas för flerpunktsmätningar</li> <li>– Tidsödande hantering (måste fuktas med destillerat vatten före nästan varje mätning)</li> <li>– Temperaturen måste anpassas till omgivningstemperaturen före alla viktiga mätningar och strumpan bör bytas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tidsödande, dyr metod</li> <li>– Ej batteridrivna</li> <li>– Tung (ej portabelt mätinstrument)</li> <li>– Högnoggranna temperaturmätningar krävs</li> <li>– Lång anpassningstid</li> <li>– Stora ej bärbara instrument</li> </ul>	<p><b>Förr ...</b> kapacitiva sensorer betraktades tidigare som otillförlitliga och instabila.</p> <p><b>Idag...</b> Testo's kapacitiva fuktsensorer har testats över hela världen och har etablerat sig inom industriell mätteknik (i laboratorier, stabilitetsprovning – se sida 102/103).</p>

## Olika mätmetoder

### Mollier-diagram



Vattenångtryck i torr

A = Nedkyllning och avfuktning	D = Befuktning	G = Uppvärmning och avfuktning
B = Nedkyllning	E = Uppvärmning och befuktning	H = Avfuktning
C = Kylning och befuktning	F = Förbränning	

Alla parametrar från Mollier-diagrammet visas automatiskt av testo 650.

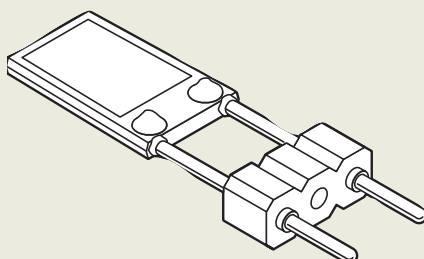
### Testo's fuktsensor

Med sin fuktsensor har Testo framgångsrikt utökat användningsområdet för kapacitiva sensorer:

- Arbetstemperaturer upp till +180 °C
- Daggpunktmätning från -50 till +100 °C
- Långtidsmätningar under extrema förhållanden.
- Högnoggrann inom det höga fuktområdet (>95%RH)

Testo's fuktsensor har följande enastående egenskaper:

- Precision
- Långtidsstabil
- Temperaturbeständighet
- Robust



### Ånghalt, g/m<sup>3</sup>

Ånghalt är ett mått på hur många gram vatten det finns i en kubikmeter luft eller gas.

### Relativ luftfuktighet, %RH

Relativ luftfuktighet är ett procentvärde som anger hur många procent av den maximala mängden vattenånga som för närvarande finns i luften. Den maximala mängden beror i huvudsak på temperaturen. Relativ fuktighet hänför sig alltid till en temperatur.

### Psykrometisk våt temperatur, °C

Förångning orsakar nedkyllning. Temperaturen i en termometer sjunker om den placeras i en fuktig trasa, beroende på förångningens nedkyllande verkan. Förångningen varierar beroende på omgivande relativ fuktighet och lufthastighet. Från en andra termometer, som mäter torr temperatur, kan differens-temperaturen erhållas.

Enhet: [°C, °F]

### Vatteninnehåll X

Vatteninnehållet X definieras som vikt-förhållandet mellan vatten och luft (torr gas).

Enhet: [g/kg]

### Daggpunktstemperatur, td

Daggpunkten är ett temperaturvärde som uttrycks i °C. Efterhand som temperaturen sjunker minskar luftens eller gasens förmåga att binda vatten. Daggpunkten är den temperatur då vatten kondenseras.

### Partiellt tryck i vattenånga, pas

Totalt tryck i ett rum som kan bestämmas med hjälp av vattenånga. Enhet: [mbar, hPa]

### Entalpi, värmeinhåll, i

Värmeinhållet är den värmeenergi som den fuktiga luften har lagrat.

Energien ställs till 0 vid 0°C.

Entalpi är viktig vid beräkning av kylnings- och uppvärmningskapacitet. Differensmätningar t.ex. före och efter värmeväxlare är av särskilt intresse.

### Stabilitetstester

Mer än 100 sensorer utsattes för de testförhållanden som anges nedan. Mätningar utfördes på sensorerna i klimatkamrarna före och efter testerna.

Varför välja fuktmatrare från Testo

1. 24 timmar i kyl (20 °C) rökgas vid 90 %RH: Rökgas från en oljebrännare ( $O_2 = 5,9\%$ ,  $CO = 45\text{ ppm}$ ,  $NO_x = 50\text{ ppm}$ ,  $SO_2 = 70\text{ ppm}$ ) extraherades från ugnen och leddes till en behållare med sensorer och kylades sedan automatiskt.
2. 2 timmar i rök från 3000 cigaretter/ $m^3$
3. 5 minuter i kranvatten
4. 12 månader i en klimatanläggning, juli -90 ... juli -91
5. 5 minuter nedsänkt i isopropylalkohol
6. 3 månader i silikagel vid 20°C/0,1 % RH
7. 3 månader vid -25 °C/95 %RH
8. 3 månader i 92 %RH (vid 20 °C)
9. Chocktest: 16 tim. vid -20 °C > 10 min kokande vatten -> fortf. våt i -20 °C under 1 tim. -> varmluftsugn vid +125 °C under 3 tim. -> kylning i vatten vid +4 °C under 5 min. -> uppvärmning under 5 min vid 125 °C
10. 9 månader i ett ostmejeri: 7 °C/70 %RH
11. 9 månader i ett hönshus: 15 °C/80 %RH
12. 9 månader i en svinstia: 17 °C/70 %RH
13. 5 timmar i en varmluftsugn: 150 °C/10 %RH
14. 30 dagar i hög luftfuktighet: 20 °C/98 %RH
15. 7 dagar i en trätorkningsprocess: 20 ... 80 °C / 90 ... 15 %RH

Stabilitetstesterna ovan påverkade inte visningen med mer än  $\pm 1\%$  RH.

### Användningsområden

Över 100 000 fuktsensorer från Testo används över hela världen i portabla handhållna instrument, i dataloggrar och i stationära transmittar för följande tillämpningar:

- Tobaksindustri
- Övervakning av förhållanden i databehandlingsrum
- Lagring av känsliga produkter
- Handelsträdgårdar, växthus
- Livsmedelssektor
- Skogsbruk
- Läkemedelsindustri
- Torkprocesser och mycket mer...

### Mätning av daggpunkt (td):

- I tryckluft
- I  $CO_2$
- I naturgas
- I  $O_2$

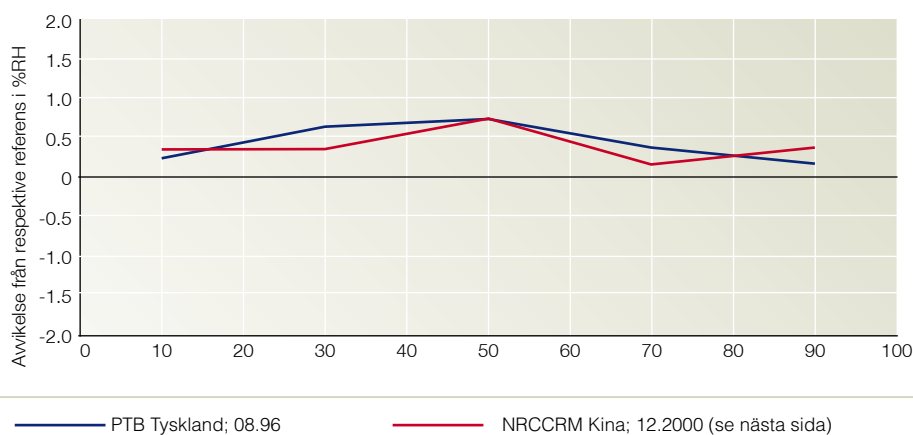
### Referensfuktgivare med högsta precision

- Noggrannhet  $\pm 1\%$  RH
- 2 års garanterad långtidsstabilitet under normala förhållanden

### Tekniska data

Mätområde:	0 ... 100 %RH
Temperaturområde:	-40 ... +180 °C
Hysteres	
(3-timmarscykel	<1,0 %RH
15 ... 90 ... 15 %RH):	< 15 sekunder
Svarstid t90:	0,03 %RH/°C
Temp.beroende:	-50 °C ... +100 °C
Daggpunkt td:	< 0,3 %RH
Repeterbarhet:	< 0,3 %RH

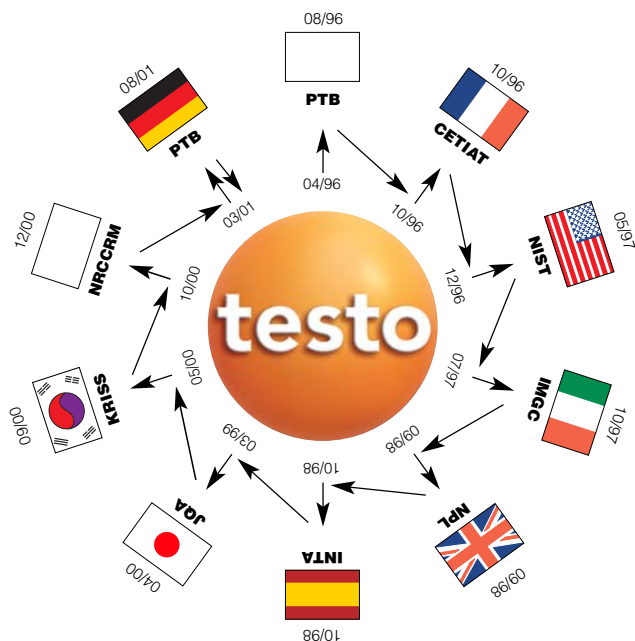
Långtidsstabilitet hos Testo's fuktsensor



### Testade i flera laboratorier

Tre precisionsgivare har utsatts för omfattande laboratorietester av PTB i Berlin, NIST i USA, det franska nationella institutet CETIAT, det italienska institutet IMGC, det engelska nationella institutet NPL, det spanska nationella institutet INTA, JQA i

Japan, KRISS i Korea, NRCCRM i Peking och i Testo's laboratorium för ACK-kalibreringar. Mätresultaten bekräftar en noggrannhet på  $\pm 1$  %RH, vilket Testo anger.



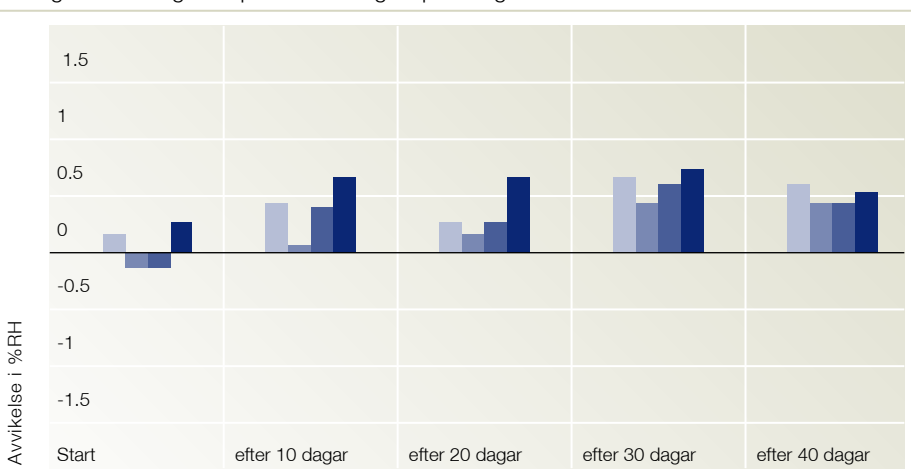
PTB:	Physikalisch Technische Bundesanstalt, Berlin, Dr. G. Scholz, Test nr. PTB-3.12-1210.96
CETIAT:	Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques, Villeurbanne, B. Cretinon, Test nr. 96 1066 1A
NIST:	National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Dr. P. Huang, Test No. H-4608
IMGC:	Istituto Di Metrologia "G. Colonetti", Torino, Antonio Actis, test nr. 556/97
NPL:	National Physical Laboratory UK, M. Stevens, test nr. 08C043/98020
INTA:	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, Madrid, Dr. R. Benyon, test nr. 0048/0049
JQA:	Japan Quality Assurance Organization, Tokyo, Takashi Sugiyama, test nr. 138-0003
KRISS:	Korea Research Institute of Standards and Science, Seoul, Dr. H. Nham, test nr. 02491-001
NRCCRM:	National Research Center for Certified Reference Materials, Peking, Yi Hong, test nr. 2000-039-292

### Referensfuktgivare i tester

Referens %RH	Referens °C	Faktisk fukt		Faktisk temperatur	
		Givare 1	Givare 2	Givare 1	Givare 2
10,19	25,06	9,8	10,1	25,1	25,0
30,08	25,01	30,0	30,3	25,1	25,0
49,90	25,03	49,9	50,2	25,1	25,0
69,82	25,01	69,7	70,1	25,1	25,0
89,68	25,03	89,8	90,3	25,1	25,0

Utdrag från NIST-rapporten (National Institute of Standards & Technology, test nr. 4608)

### Fuktgivare för höga temperaturer i långtidsprovning



Fyra fuktgivare för höga temperaturer i långtidsprovning vid +80°C och 90 %RH  
Testresultat efter 10 dagars långtidsanvändning:  
maximal avvikelse < 1 %RH!

**Nordtec 031-704 10 70**