



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

# Fugt i trykluftsystemer – måling af dugpunkt

Jan Nielsen, Teknologisk Institut



## Disposition

- n Hvad er dugpunkt egentlig?
- n Hvad sker der med dugpunktet når trykket stiger?
- n Hvad hvis man vil måle i andet end luft?
- n Hvordan måler man fugt under tryk og hvad skal man være opmærksom på?
- n Hvad med kalibreringen?

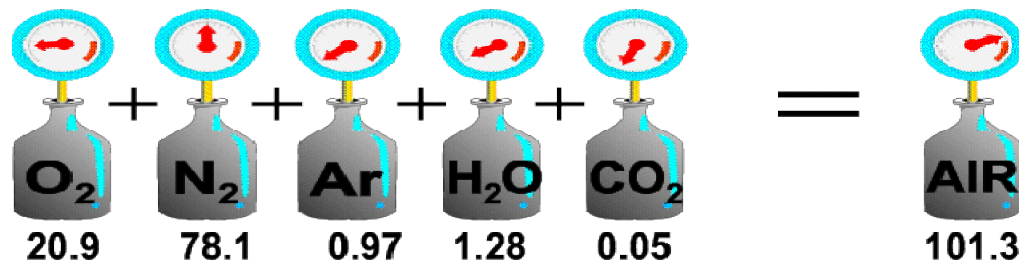


## Hvad er et dugpunkt? – vi tager en lille omvej

Atmosfærisk luft består af en række forskellige gasser fx:  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ , Ar, og  $H_2O$  (vanddamp)

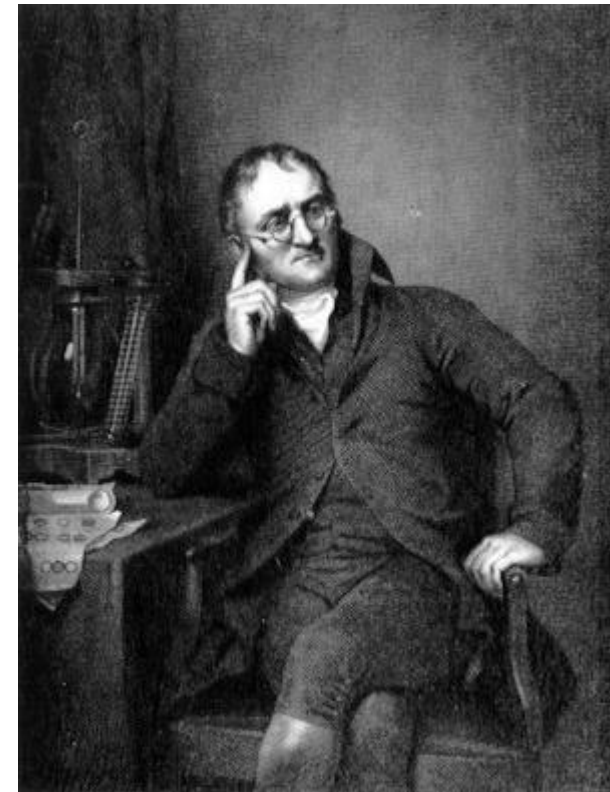
Da vandamp er en gas gælder Daltons lov:

$$P_{\text{total}} = P_{O_2} + P_{N_2} + P_{Ar} + P_{CO_2} + P_{H_2O}$$



En af de mest basale måder at udtrykke indholdet af vand i luft er ved det partiale tryk fra vanddampen – vanddamptrykket ( $e = P_{H_2O}$ )

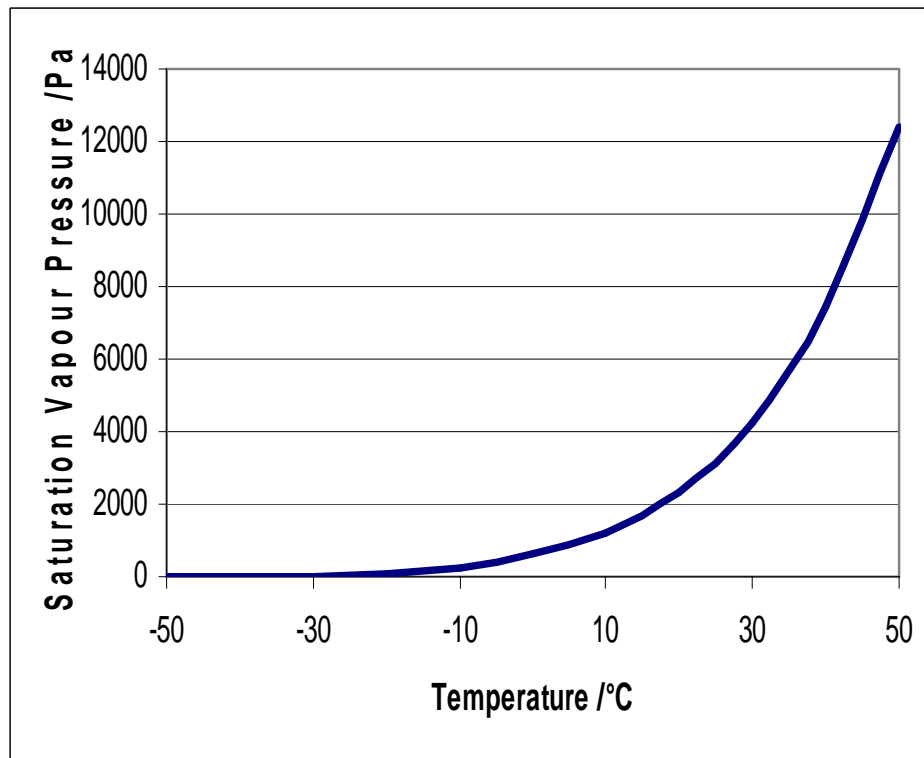
Og loven siger at hvis fx trykket fordobles, fordobles vanddamptrykket også.





## Hvad er et dugpunkt? – vi tager en lille omvej

- n Det maximale vanddamp tryk kaldes iøvrigt det mættede vanddamptryk ( $e_s$ ) og dette afhænger af temperaturen – jo højere temperatur, jo højere mættet vanddamptryk



n  $PV \propto T$





## Hvad er et dugpunkt?

En måde at måle vanddamptrykket på er altså ved at afkøle luften og måle den temperatur gassen kondenserer ved.

Denne temperatur kaldes dugpunktstemperaturen eller dugpunktet.

### **Surprise:**

Dugpunktet afhænger af vanddamptrykket!

Og sammenhængen er heldigvis tabellagt og udtrykt i formler ....**for luft**



# Trykafhængighed



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

Da dugpunktet er mål for vanddamptrykket vil trykændringer direkte indvirke på hvilket dugpunkt der måles.

## Eksempel 1

- n Der måles et dug- (frostpunkt) ved 7 bar atmosfærisk **luft** på **-20 °C**
- n -20 °C frostpunkt svarer til et damptryk på 104 Pa
- n Hvis man ekspanderer luften til atmosfæretryk bliver damptrykket  $1/7 \times 104 \text{ Pa} = 15 \text{ Pa}$
- n Hvis man efter ekspansionen måler dugpunktet ved atmosfæretryk ville man måle **-39 °C**

## Eksempel 2

- n Et trykdugpunkt ved 7 bar atmosfærisk **luft** på **-40 °C** (13 Pa) svarer til **-56 °C** ekspanderet til atmosfærisk tryk.

## Eksempel 3

- n Et trykdugpunkt ved 7 bar atmosfærisk **luft** på **-70 °C** svarer til **-82 °C** ekspanderet til atmosfærisk tryk.

1) Hvis man måler et dugpunkt ved et tryk forskelligt fra atmosfærisk fx i et trykluftsystem kaldes det tryk-dugpunktet.

2) tallene ovenfor svarer til klasse 3, 2 og 1 fra iso 8573

# Udstyr

Udstyret skal kunne måle lave dugpunkter

- à Spejlhygrometer:
  - à Måler dugpunktet direkte
  - à fundamentalt
  - à pålideligt
  - à nøjagtigt



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



- à Kapacitiv føler
  - à Pas på! de fleste kan ikke klare "tørken"
  - à Temperatur afhængige (måler egentlig relativ fugtighed)
  - à Trykafhængige –måske???
  - à Nemme at bruge





## Problemstillinger ved kalibreringen

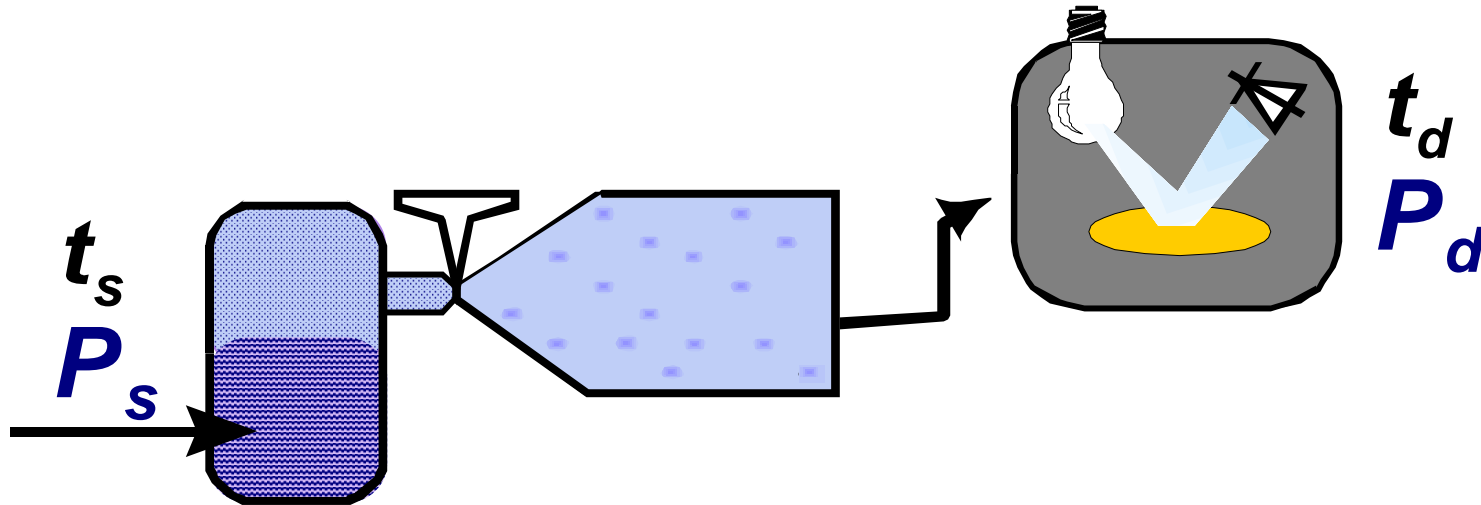
- n Kalibreringen af sensorer i trykluftsystemer sker bedst on-site "under tryk"
- n De to sensorer der sammenlignes skal være ved samme tryk, eller der skal matematik til
- n Samplelines skal være af rustfrit stål eller teflon (ned til -50 °C dugpunkt)  
– aldrig plastik eller gummi
- n Undgå dødvolumen
- n Undgå lynkoblinger og leaks
- n Kalibreringen af referencesensoren bør ske under tryk.....

kan man det?





## Kalibrerings set-up til høje tryk



- n Frostpunkt / Dugpunkt Range:  $-95$  to  $+10$  °C
- n Trykdugpunkt v/ 7 bar (forventet)  $-75$  °C
- n Usikkerhed ?  $0,2$  °C i bedste fald (spec.)

