

# Tool W1 Mollierdiagram

Achtergrondinformatie

**KROPMAN**

<b>Auteur</b>	Steven Bax
<b>Datum</b>	4-juli-2024

De door mij ontwikkelde tool "Mollierdiagram" is ontworpen om eenvoudig de eigenschappen van vochtige lucht te analyseren door middel van een h-x diagram (Mollierdiagram). Deze tool maakt het mogelijk om direct de relevante luchtcondities te visualiseren door simpelweg temperatuur en luchtvochtigheid in te voeren.

### Het mollierdiagram bestaat uit

- De temperatuur ( $T_{db}$ ) van de lucht op de horizontale as
- De absolute vochtigheid ( $x$ ) op de verticale as
- De relatieve vochtigheid (**RH**) aangegeven door een curve
- De enthalpie ( $h$ ) (energie-inhoud) met diagonale lijnen.

### Dauwpunt ( $T_d$ )

Het dauwpunt is de temperatuur waarbij de lucht verzadigd is (100% RH) door warmte aan de lucht te onttrekken bij een gelijkblijvende absolute vochtigheid. Door het onttrekken van warmte, nemen de enthalpie en de temperatuur van de lucht af. Door in het Mollierdiagram vanaf de droge bol temperatuur de verticale lijn met constante absolute vochtigheid te volgen tot aan de verzadigingslijn (100% RH), wordt het dauwpunt verkregen.

### Vochtigheid

Er wordt onderscheid gemaakt tussen relatieve vochtigheid (RH) en absolute vochtigheid ( $x$ ). De absolute vochtigheid is het werkelijke aantal grammen vocht die zich in een kg lucht bevinden, de relatieve vochtigheid is een verhouding relatief naar de temperatuur.

### Relatieve vochtigheid (RH)

De relatieve vochtigheid van lucht is de verhouding tussen de dampspanning van water en de verzadigde dampspanning. Bij verzadigde lucht is de relatieve vochtigheid 100%. De dampspanning is hierbij immers gelijk aan de verzadigde dampspanning.

### Absolute vochtigheid (AH)

Absolute vochtigheid is het absolute vochtgehalte in de lucht. De absolute vochtigheid is, in de tool, weergegeven op de verticale as van het Mollierdiagram en kan worden berekend met de verhouding tussen de waterdampdruk en de druk van droge lucht.

### Dampspanning ( $p_{h_2O}$ )

De dampspanning (ofwel: dampdruk) is de partiële druk van water in lucht. De maximale dampspanning van water in lucht is de verzadigde (saturatie) dampdruk.

$$p_{h_2O} = RH * p_{h_2O,sat}$$

## Atmosferische druk ( $P_{\text{atm}}$ )

Dit is de kracht die de lucht boven een oppervlak uitoefent. De luchtdruk is afhankelijk van de opgegeven hoogte. Op zeeniveau  $h=0\text{m}$  is de atmosferische druk 101325 Pa.

## Enthalpie

De enthalpie is de energie-inhoud van lucht en wordt uitgedrukt in kJ per kg. De enthalpie van vochtige lucht is op te splitsen in de enthalpie van droge lucht en de enthalpie van waterdamp.

## Functionaliteiten

1. **Invoer van Temperatuur en Luchtvochtigheid:** De gebruiker voert de actuele temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de lucht in via een gebruiksvriendelijke interface.
2. **Automatische Plotting:** Na het invoeren van de gegevens plaatst de tool automatisch het bijbehorende punt op het Mollier diagram. Het diagram toont de enthalpie ( $h$ ) versus de specifieke vochtigheid ( $x$ ).
3. **Visualisatie van Luchtcondities:** De tool biedt een visuele weergave van de luchtcondities, inclusief belangrijke parameters zoals dauwpunt, vochtgehalte, en enthalpie.
4. **Gedetailleerde Analyse:** Naast de plot op het Mollier diagram, berekent de tool aanvullende luchtparameters die nuttig kunnen zijn voor verdere analyse en optimalisatie van HVAC-systemen.

## Toepassingsmogelijkheden

Deze tool is bijzonder nuttig voor HVAC-ingenieurs, thermodynamische analisten, en studenten die zich bezighouden met klimaatbeheersing en luchtvochtigheidsstudies. Door de mogelijkheid om snel de eigenschappen van vochtige lucht te visualiseren, ondersteunt de tool bij het ontwerpen, analyseren en optimaliseren van verwarmings-, ventilatie- en airconditioningsystemen.

## Beperkingen

- Je kan geen lijn trekken tussen twee punten dit is nog handmatig.

## Voorbeeldberekening

Laten we een voorbeeld nemen:

- Temperatuur van  $T_{\text{db}}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Relatieve luchtvochtigheid  $\text{RH} = 50\%$
- Op zeeniveau  $h = 0\text{m}$

Let op: onderstaande formules gelden voor temperaturen boven de 0 graden.

**Stap 1:** Bereken de atmosferische druk

$$P_{atm}(h = 0) = 101.325 * (1 - 2,25577 * 10^{-5} * h)^{5,256} = 101.325 Pa$$

**Stap 2:** bereken de verzadigde dampdruk

$$p_{h_2O,sat} = e^{\frac{C8}{T_{db}} + C9 + C10 * T_{db} + C11 * T_{db}^2 + C12 * T_{db}^3 + C13 * \log(T_{db})} = 2.339 Pa$$

**Stap 3:** Bereken de absolute luchtvochtigheid

$$AH = \frac{0,62198 * RH * p_{h_2O,sat}}{P_{atm} - RH * p_{h_2O,sat}} * 1000 = 7,26 g/kg$$

**Stap 4:** bereken de partiele druk/ dampspanning

$$p_{h_2O} = RH * p_{h_2O,sat} = \frac{P_{atm} * \frac{AH}{1000}}{(0,62198 + \frac{AH}{1000})} = 1169 Pa$$

**Stap 5:** Bereken dauwpunt:

$$T_d = C14 + C15 \log(p_{h_2O}) + C16 \log(p_{h_2O})^2 + C17 \log(p_{h_2O})^3 + C18 p_{h_2O}^{0.1984} = 9,3^\circ C$$

met  $p_{h_2O}$  in kPa

**Stap 6:** Bereken de enthalpie

$$H = \frac{(1006 * T_{db} + AH * (2500,77 + T_{db} * 1,82))}{1000} = 38,5 kJ/kg$$

**Stap 7:** bereken het specifieke volume en dichtheid

$$V = 0,2871 * \frac{T_{db}(1 + 1,6078 * AH)}{P_{atm}} = 0,84 m^3/kg$$

$$\rho = \frac{1}{V} = 1,2 kg/m^3$$

met  $T_{db}$  in K en  $P_{atm}$  in kPa

Onderstaande constanten zijn gebruikt in de formules van ASHREA Fundamentals handbook 1997 en Understanding Psychrometrics (Second edition).

Bij Tdb tussen -100 tot 0°C	
C1	-5,6745359E+03
C2	6,3925247E+00
C3	-9,6778430E-03
C4	6,2215701E-07
C5	2,0747825E-09
C6	-9,4840240E-13
C7	4,1635019E+00

Bij Tdb tussen 0 tot 200°C	
C8	-5,8002206E+03
C9	1,3914993E+00
C10	-4,8640239E-02
C11	4,1764768E-05
C12	-1,4452093E-08
C13	6,5459673E+00

Voor berekening dauwpunt	
C14	6,54
C15	14,526
C16	0,7389
C17	0,09486
C18	0,4569