

Luchtvochtigheid

Luchtvochtigheid is belangrijk voor de groei. Een te hoge luchtvochtigheid betekent geringe verdampingsmogelijkheden voor de plant. De plant neemt dan niet zoveel water op en dus ook minder voedingsstoffen. Een te lage luchtvochtigheid kan betekenen dat de huidmondjes zich sluiten. De plant kan geen CO₂ meer opnemen en assimilatie is dan onmogelijk. Er zijn verschillende manieren om luchtvochtigheid te benoemen. De volgende begrippen laten de verschillen zien:

- absolute luchtvochtigheid;
- maximale luchtvochtigheid;
- relatieve luchtvochtigheid;
- vochtdeficit.

Absolute luchtvochtigheid (AV)

Het aantal grammen water per kilogram lucht dat op een bepaald moment in de kas aanwezig is. Dit is de heersende absolute luchtvochtigheid. Afkorting: AV.

Maximale luchtvochtigheid (VV)

Het aantal grammen water per kilogram lucht dat maximaal aanwezig kan zijn bij een bepaalde temperatuur. Bij een hogere temperatuur kan in dezelfde ruimte meer vocht aanwezig zijn dan bij een lage temperatuur. Vergelijk maar: bij afkoeling treedt condensatie op. Regen is niets anders dan verzadigde lucht die wordt afgekoeld. Door de afkoeling kan de lucht minder water bevatten, het water condenseert tot druppels en valt naar beneden. Je kunt dus nooit spreken over de maximale hoeveelheid vocht als je er niet een temperatuur aanduiding bij noemt. Als de luchtvochtigheid maximaal is, is de lucht geheel verzadigd met water. Daarom wordt de maximale luchtvochtigheid ook wel *verzadigingsvochtigheid* genoemd, afgekort tot VV.

Relatieve luchtvochtigheid (RV)

De absolute luchtvochtigheid is meestal lager dan de maximale luchtvochtigheid. Je kunt dan aangeven voor welk deel de lucht is verzadigd met water. Dit is de relatieve luchtvochtigheid. Lucht met een relatieve luchtvochtigheid van 50 procent kan dus nog een keer zoveel water bevatten voordat deze is verzadigd. Als in een kas een relatieve luchtvochtigheid van 80 procent heerst, kan er nog 20 procent water bij voordat de lucht is verzadigd, als de temperatuur tenminste gelijk blijft. Koelt deze verzadigde lucht af, dan gaat het water condenseren. De relatieve luchtvochtigheid

bereken je door de heersende luchtvochtigheid te delen door de maximale luchtvochtigheid en te vermenigvuldigen met 100 procent.

Afkorting: RV.

De formule luidt als volgt:

$$RV = (AV : VV) \times 100 \%$$

Vochtdeficit

Het vochtdeficit is de maximale luchtvochtigheid min de heersende luchtvochtigheid.

Deficit betekent: tekort. De formule ziet er zo uit:

$$\text{Vochtdeficit} = VV - AV$$

Hoe groter het vochtdeficit, hoe sneller het water in een kas verdampt. Het vochtdeficit is de drijvende kracht achter de verdamping.

Als we in de tuinbouw over luchtvochtigheid spreken, hebben we het meestal over de relatieve luchtvochtigheid (RV). De relatieve luchtvochtigheid is niet de meest ideale maat om de verdampingsmogelijkheden van een plant aan te geven. Het vochtdeficit is dan een betere meeteenheid, want dat getal geeft, onafhankelijk van de temperatuur, precies aan hoeveel water er nog bij kan.

Luchtvochtigheid en temperatuur

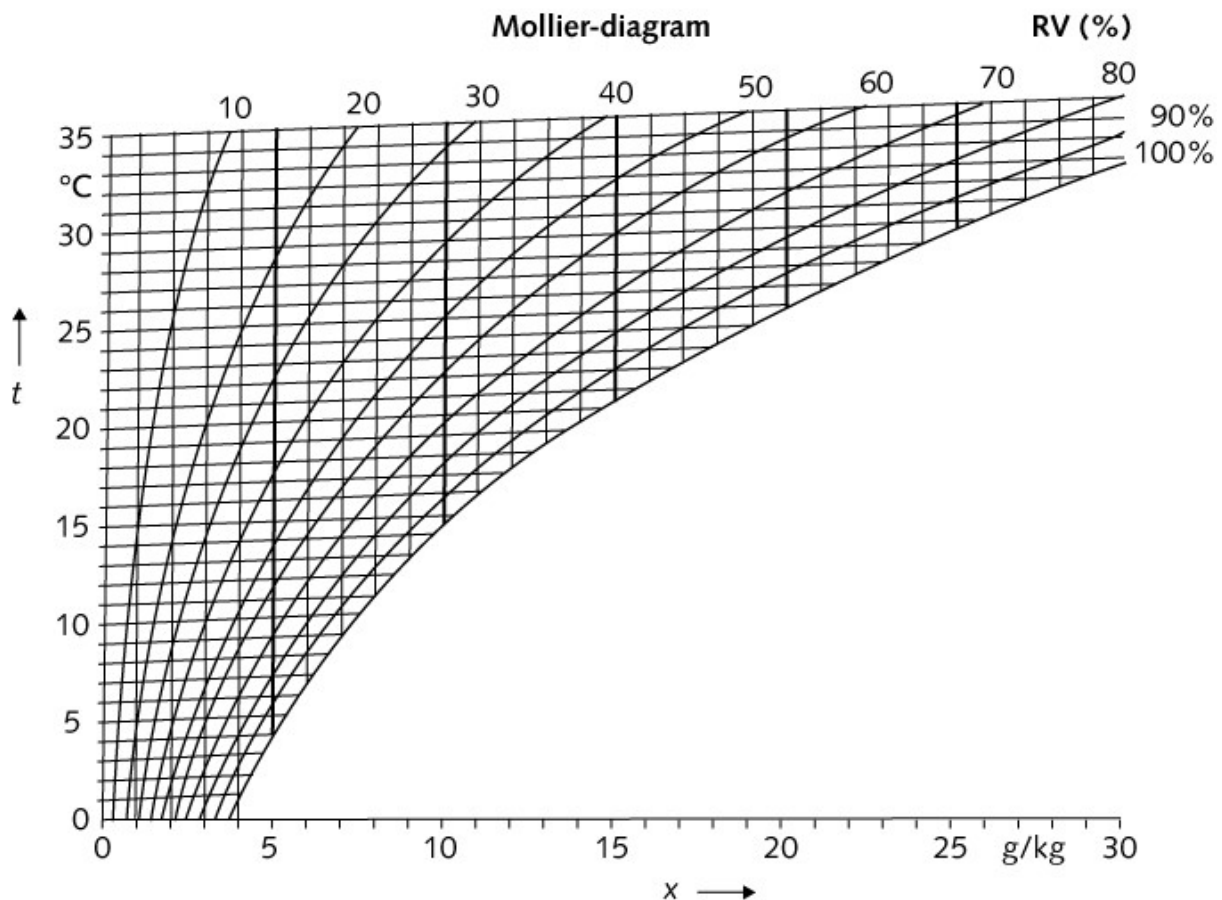
Een plant moet groeien. Voor die groei heeft de plant onder meer voedingszouten en water nodig uit de bodem of het substraat. De opname van voedingszouten en water gebeurt echter alleen als de plant verdampt. De verdamping van de plant is weer afhankelijk van de luchtvochtigheid in de kas. Maar de hoeveelheid waterdamp in de lucht houdt ook direct verband met een andere klimaatfactor: de temperatuur.

Mollierdiagram

De wetenschapper Mollier (spreek uit: Moljee) heeft het verband tussen luchtvochtigheid en temperatuur onderzocht. Hij heeft dit weergegeven in een diagram dat naar hem is vernoemd: het Mollierdiagram. Met behulp van het Mollierdiagram kun je de effecten van stoken, luchten, nevelen en verdampen van de plant en andere verschijnselen in een kas verklaren. *In figuur staat een vereenvoudigde versie van het Mollierdiagram*

afgebeeld.

Figuur 8-1: Vereenvoudigde voorstelling van een Mollierdiagram. Op de horizontale as is de heersendeluchtvochtigheid afgebeeld, zoals gemeten met de natte bol. Op de verticale as staat de kastemperatuur. De dikke kromme lijnen verbinden de punten waarop dezelfde RV aanwezig is



Het Mollierdiagram brengt drie gegevens met elkaar in verband. Op de x-as is de *absolute luchtvochtigheid* (AV) uitgezet in grammen water per kg lucht. Op de y-as vind je de kastemperatuur in °C. De kromme lijnen verbinden de punten in stappen van 10 procent waarbij de *relatieve luchtvochtigheid* (RV) even groot is. Op de lijn RV = 10 is de relatieve luchtvochtigheid altijd 10 procent. Op de lijn RV = 70 is de relatieve luchtvochtigheid telkens 70 procent. Op de lijn RV = 100 is de kaslucht verzadigd met water. Je noemt dit de *verzadigingsvochtigheid* (RV = 100 procent = VV). Beneden deze lijn treedt condensatie op.

Gegevens aflezen uit het Mollierdiagram

Het Mollierdiagram stelt je in staat allerlei belangrijke gegevens af te lezen en het effect van veranderingen te voorspellen. De volgende gegevens kun je met behulp van een Mollierdiagram bepalen:

- de AV en de VV;
- de RV en het effect van RV-verandering;
- het vochtdeficit;
- het dauwpunt.

AV en VV

De AV (*absolute luchtvochtigheid*) is de hoeveelheid waterdamp die op een bepaald moment in de kas aanwezig is, uitgedrukt in grammen per kilogram lucht (g/kg). De VV (*verzadigingsvochtigheid*) geeft aan hoeveel grammen waterdamp de kaslucht maximaal kan bevatten bij een bepaalde temperatuur. Als het verzadigingspunt wordt overschreden, bijvoorbeeld, omdat er waterdamp wordt toegevoerd of omdat de temperatuur daalt, wordt een deel van de waterdamp omgezet in waterdruppels die uit de lucht verdwijnen. De AV en VV zijn basismaten voor allerlei berekeningen van de kaslucht.

Aflezen van de AV en VV in het Mollierdiagram

Stel, de temperatuur in een kas is 20 °C en de RV is 80 procent. Wat is de AV en de VV? Trek voor het bepalen van de AV een horizontale lijn naar rechts vanaf 20 °C. Deze lijn snijdt de RV-lijn van 80 procent. Ga vanuit dit punt loodrecht naar beneden. Lees nu de AV af (11,8 g/kg).

Trek voor het bepalen van de VV de horizontale lijn bij 20 °C door tot de RV-lijn van 100 procent en ga dan loodrecht naar beneden. Dit is de VV (14,7 g/kg).

Warme lucht kan veel waterdamp bevatten, koude lucht weinig. In de herfst kun je dit mooi zien. Overdag bevat de lucht een bepaalde hoeveelheid waterdamp. 's Nachts daalt de temperatuur en kan de lucht die hoeveelheid waterdamp niet meer 'vasthouden'. 's Morgens zie je dan *mist*. Mist bestaat uit kleine waterdruppeltjes en is dus geen waterdamp. Als de zon doorbreekt, gaan die druppeltjes door de temperatuurverhoging weer over in waterdamp. De mist verdwijnt dan, want waterdamp is onzichtbaar.

RV en het effect van RV-verandering

Voor veel gewassen ligt de gewenste RV tussen de 75 en 85 procent. In de meeste kassen is de RV te hoog en moet je haar verlagen. Dat kan op twee manieren: door te luchten en door de temperatuur te verhogen. Met het Mollierdiagram kun je de effecten van luchten of stoken al voorspellen, voordat je de handeling hebt uitgevoerd. Hoe dat gaat, lees je in de volgende voorbeelden.

RV verlagen door te stoken

Stel, de temperatuur in de kas is 18 °C en de RV is 70 procent. Wat gebeurt er met de RV als je de temperatuur twee graden verhoogt?

Zoek de kruising op tussen de lijn die behoort bij een luchttemperatuur van 18 °C en de kromme lijn die behoort bij een RV van 70 procent. Ga vanaf dit punt 2 °C omhoog en zoek de bijbehorende RV-waarde. Deze blijkt 63 procent te zijn. Je hoeft de waarde niet te berekenen, maar kunt deze aflezen uit het Mollierdiagram.

Het Mollierdiagram kun je ook gebruiken om af te lezen hoeveel de temperatuur omhoog moet om een bepaalde RV te krijgen. In het volgende voorbeeld is dit uitgewerkt.

Bepaalde RV verkrijgen

De temperatuur in de kas is 20 °C en de RV is 90 procent. De gewenste RV is 80 procent. Hoeveel graden moet je de temperatuur verhogen?

Trek een horizontale lijn vanaf 20 °C naar rechts tot de RV-lijn van 90 procent. Ga vanuit dit punt omhoog tot de lijn van 80 procent. Ga vanuit het laatste snijpunt horizontaal naar links en lees de temperatuur af (= 22 °C). De temperatuur moet je tot 22 °C verhogen om een RV van 80 procent te realiseren. Controleer dit in het Mollierdiagram.

Buitenlucht is relatief gezien meestal droger dan kaslucht. De RV van de kaslucht kun je dus verlagen door te luchten. Het verlagen van de RV door te luchten heeft een dubbel effect: de temperatuur daalt en er verdwijnt vocht door de luchtramen. De AV daalt dus ook.

Zoals blijkt uit het volgende voorbeeld kun je met behulp van het Mollierdiagram voorspellen welk effect luchten heeft op de RV.

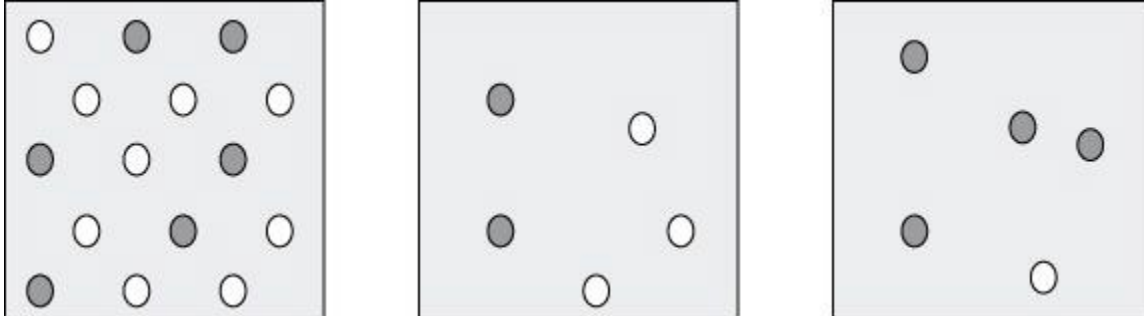
RV verlagen door te luchten

De kastemperatuur is 20 °C en de RV is 90 procent. De teler brengt de RV door te luchten naar 80 procent. De temperatuur daalt met 2 °C en er verdwijnt 2,9 g/kg waterdamp. De nieuwe situatie wordt: 18 °C en een RV van 80 procent. Controleer dit in het Mollierdiagram.

Vochtdeficit

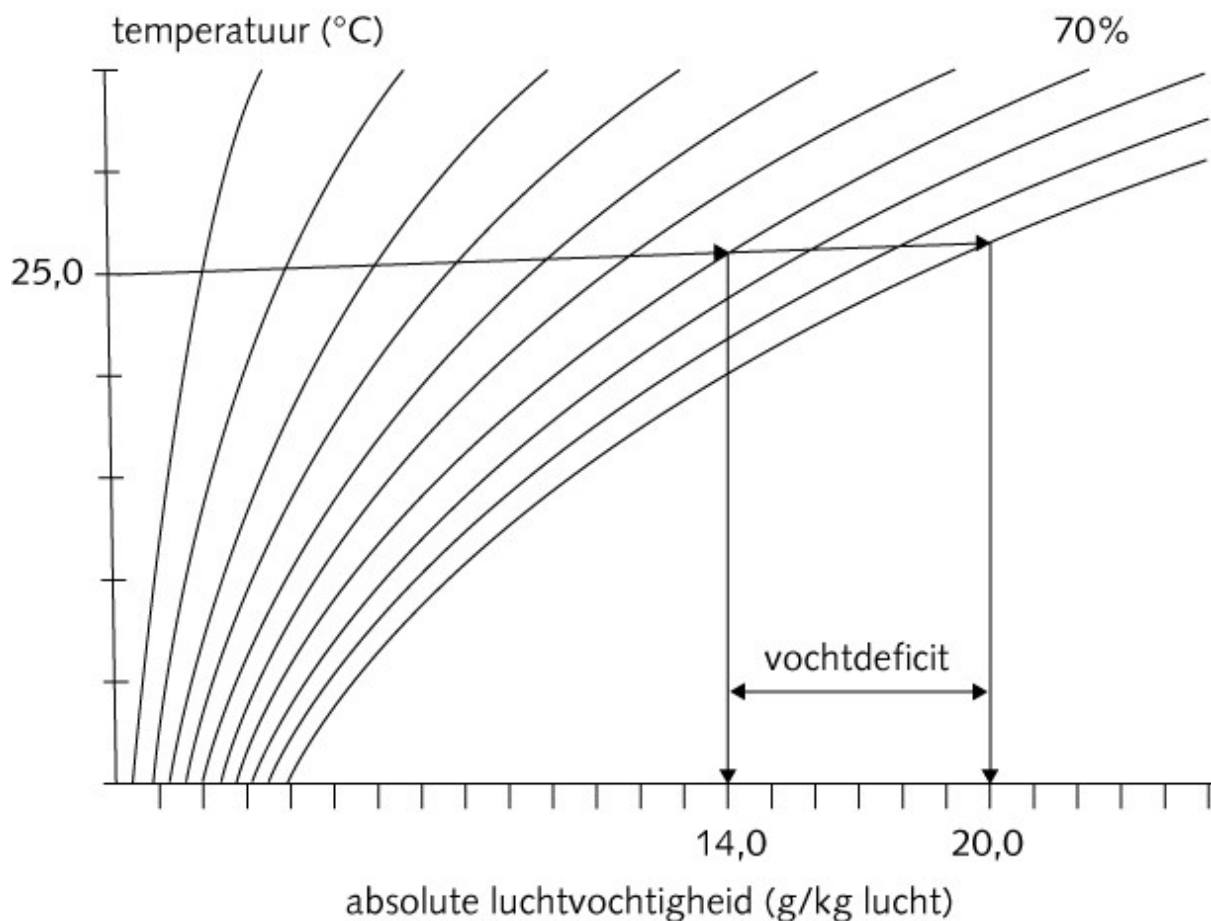
Het verschil tussen de absolute luchtvochtigheid (AV) en de verzadigingsvochtigheid (VV) noem je het vochtdeficit. Het vochtdeficit geeft aan hoeveel waterdamp de lucht nog kan opnemen voordat de lucht is verzadigd. Het vochtdeficit druk je uit in gr/kg lucht. *In figuur zijn drie situaties van vochtdeficit afgebeeld.* De maximale luchtvochtigheid is uitgebeeld door alle bolletjes bij elkaar te nemen. De lucht in het eerste figuur kan dus meer gram waterdamp bevatten dan de twee volgende situaties. De dichte bolletjes geven aan hoeveel damp er daadwerkelijk aanwezig is. De witte bolletjes geven de resterende vochttruimte aan. Dit is het vochtdeficit.

Drie situaties van vochtdeficit. Alle bolletjes samen geven aan hoeveel waterdamp de lucht maximaal kan bevatten. De dichte bolletjes geven aan hoeveel eenheden waterdamp de lucht feitelijk bevat. De open bolletjes geven aan hoeveel dampeenheden de lucht nog kan opnemen voordat de verzadigingsvochtigheid is bereikt. Deze open bolletjes geven het vochtdeficit aan.



Bij een vochtdeficit van 0 is de heersende luchtvochtigheid gelijk aan de maximale luchtvochtigheid: de lucht is geheel verzadigd van vocht. In het Mollierdiagram kun je het vochtdeficit aflezen. Daarvoor moet je twee gegevens hebben. Je moet weten hoeveel g/kg de verzadigingsvochtigheid (VV) is bij een aangegeven temperatuur. De VV kun je aflezen door een lijn te trekken vanuit de temperatuur aanduiding en de RV-lijn van 100 procent. Als je vanuit dit punt een lijn naar beneden trekt, kom je bij de bijbehorende VV uit. Verder moet je weten wat de heersende luchtvochtigheid (AV) is. De AV kun je aflezen door het kruispunt tussen de temperatuurlijn en de RV-lijn op te zoeken en van daaruit naar beneden te gaan. $VV - AV$ geeft dan het vochtdeficit. *Als illustratie gebruiken we een sterk vereenvoudigde voorstelling van het Mollierdiagram, afgebeeld in figuur*

Het vochtdeficit bepalen met het Mollierdiagram. Je kijkt eerst hoeveel gr/kg de verzadigingsvochtigheid is bij de gegeven temperatuur. Daarna lees je af wat de absolute luchtvochtigheid bij deze temperatuur is in gr/kg. Het verschil tussen de VV en AV is het vochtdeficit.



Aflezen van het vochtdeficit

Wat is het vochtdeficit bij een kastemperatuur van 25 °C en een RV van 70 procent?

Trek een horizontale lijn vanaf 25 °C totdat je de kromme van de RV van 70 procent snijdt. Trek de lijn door

tot RV 100 procent. Laat vanuit de snijpunten met de beide RV-lijnen loodlijnen naar beneden lopen. Vanuit

het snijpunt met de RV-lijn van 70 procent lees je een AV af van 14 g/kg. Vanuit het snijpunt met de RV-lijn

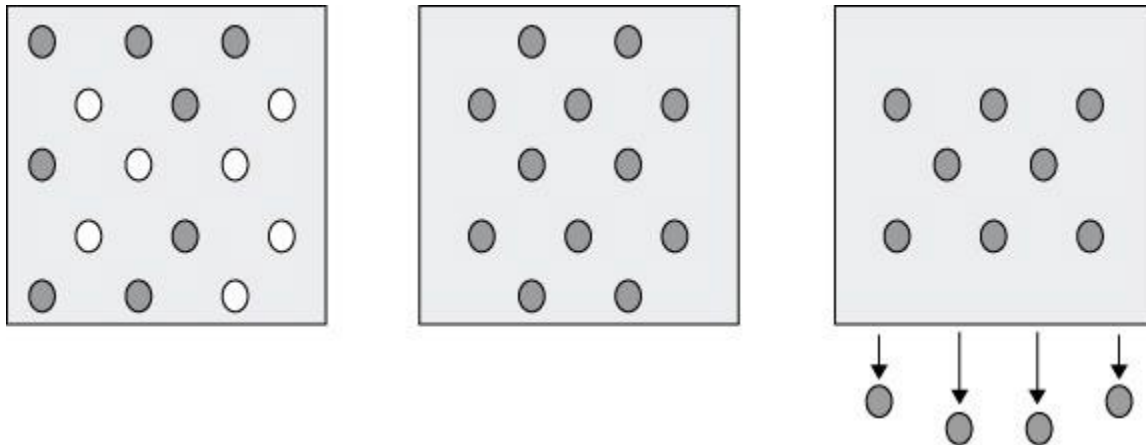
van 100 procent lees je de VV af van 20 g/kg. Het vochtdeficit is dan $20 - 14 = 6$ g/kg.

Dauwpunt

Koude lucht kan minder waterdamp bevatten dan warme lucht. Als de temperatuur daalt, kan de lucht niet meer alle waterdamp vasthouden en treedt er condensatie op. Het dauwpunt geeft aan bij welke temperatuur condensatie optreedt. *Dit proces zie je weergegeven in figuur*. Hierin worden drie vochtsituaties afgebeeld. In de eerste situatie is er nog een vochtdeficit: de verzadigingsvochtigheid is nog niet bereikt. In de tweede situatie

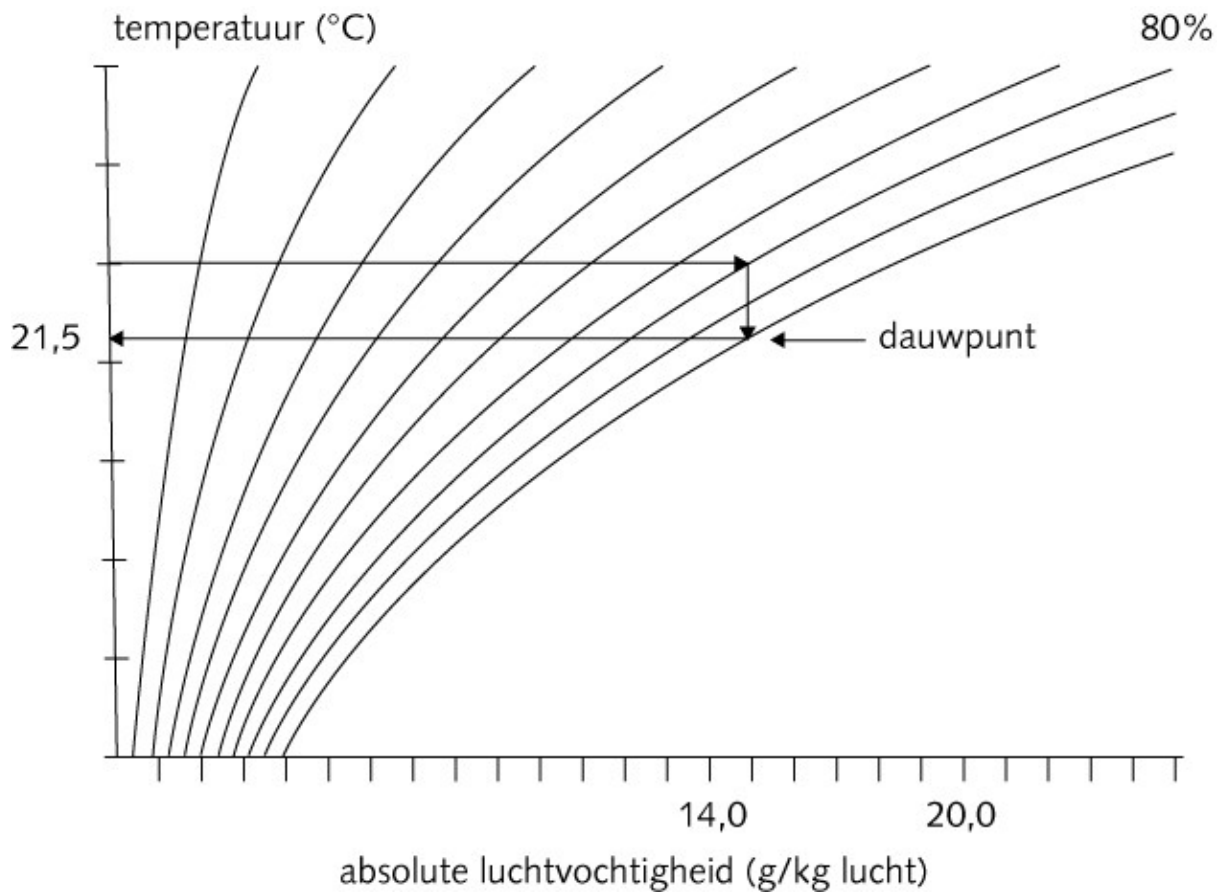
is sprake van verzadigingsvochtigheid: de lucht kan geen nieuwe waterdamp meer opnemen. In de derde situatie wordt de verzadigingsvochtigheid overschreden. Dat kan doordat er nieuwe damp wordt toegevoegd of doordat de verzadigde lucht afkoelt. Nu zet de lucht een deel van de waterdamp om in waterdruppeltjes.

Als het vochtdeficit wordt overschreden, treedt het dauwpunt op: de waterdamp condenseert



Condenseren is een ongewenste situatie in een kas, omdat dit een ideale situatie is voor bepaalde schimmels. Tuinders moeten dus goed weten waar het dauwpunt ligt. Gelukkig kun je het dauwpunt ook aflezen uit het Mollierdiagram. *Dit wordt uitgelegd aan de hand van figuur.*

Het Mollierdiagram kun je gebruiken om het dauwpunt te bepalen. Je bepaalt eerst de RV bij de huidige temperatuur van de kas. Vanuit dit punt trek je een lijn loodrecht naar beneden totdat je de kromme van 100 procent snijdt. Bepaal dan de temperatuur die bij dit snijpunt hoort. Dit is het dauwpunt.



Aflezen van het dauwpunt

Hoe moet je het dauwpunt aflezen als de kastemperatuur 25 °C en de RV 80 procent is? Bepaal het punt waarop de lijn van 25 °C en de RV-lijn van 80 procent elkaar snijden. Ga dan loodrecht naar beneden tot je de RV-lijn van 100 procent snijdt. Ga vanaf dit snijpunt naar links naar de temperatuur. Je komt uit bij 21,5 °C. Het dauwpunt is dan 21,5 °C.