

2 Zustandsänderungen

Für die Praxis sind Zustandsänderungen, d. h. die Veränderung der Temperatur und/oder des Feuchtegehaltes durch Heizen, Kühlen, Be- und/oder Entfeuchten von Bedeutung. Diese Änderungen können rechnerisch auf der Grundlage der beschriebenen Beziehungen analysiert werden.

Für die praktische und ingenieurtechnische Anwendung bietet das Mollier-h,x-Diagramm die Möglichkeit, diese Prozesse schnell und übersichtlich in grafischer Form darzustellen und somit ein Grundverständnis über die ablaufenden Prozesse zu gewinnen.

Für die Darstellung wird eine spezielle Form des Mollier-h,x-Diagrammes verwendet. Dieses ist auf die wesentlichen Informationen konkret auf die Zustandsänderung und den Wertebereich reduziert. Dadurch bleibt der Überblick gewahrt.

Für die spätere konkrete Nutzung sollte auf das h,x-Diagramm in der hinteren Einstecktasche zurückgegriffen werden.

Im Mollier-h,x-Diagramm sind die Größen Enthalpie h und Feuchtegehalt x auf die trockene Luft bezogen. Konkret bedeutet das einen Bezug auf eine Masse der trockenen Luft von 1 kg. Daher ist die Darstellung der Zustandsänderung unabhängig von dem Luftmassenstrom $\dot{m}_{L,tr}$. Die Umrechnung auf Wärmeströme oder Wasserdampfmassenströme hat in einem separaten Schritt zu erfolgen.

2.1 Heizen

Das Erwärmen (Heizen) von Luft ist eine Zustandsänderung, die auf einer Isotache bei $x = \text{konst.}$ erfolgt, d. h. der Feuchtegehalt x bleibt konstant.

Als Wärmequellen kommen sowohl technische Geräte (Beispiele siehe Abb. 2.1-2 und Abb. 2.1-3), die im Folgenden als **Heizer** bezeichnet werden, wärmeabgebende Flächen, Kompressionswärme beim Ventilator als auch die von Menschen und Tiere abgegebene Wärme infrage.

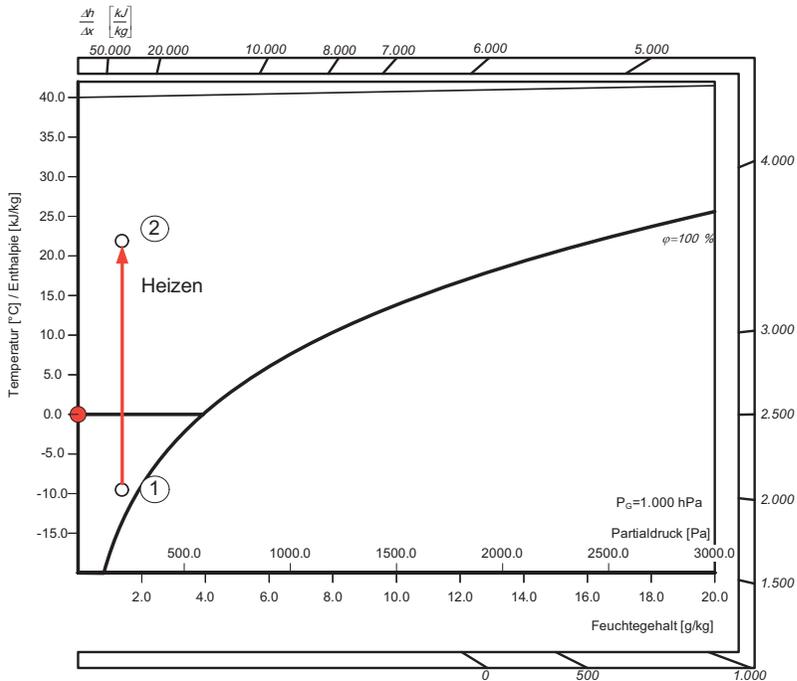


Abb. 2.1-1 Schematischer Zustandsverlauf beim Erwärmen (Heizen) eines Luftzustandes 1 zum Luftzustand 2

Beim Erwärmen der Luft vom Zustand 1 zum Zustand 2 ergeben sich folgende Zusammenhänge:

Veränderliche Größen	Konstante Größen
Temperatur t (steigt) \uparrow relative Feuchte φ (sinkt) \downarrow spezifische Enthalpie h (steigt) \uparrow Rohdichte der Luft ρ_L (sinkt) \downarrow	Feuchtegehalt x

Das bedeutet:

Mit dem Erwärmen der Luft vom Zustand 1 zum Zustand 2 ist die Luft in der Lage, mehr Wasserdampf (Feuchtigkeit) aufzunehmen.

Die notwendige Heizleistung \dot{Q}_{LH} , um die Erwärmung der Luft vom Zustand 1 auf den Zustand 2 zu realisieren, ergibt sich zu:

$$\dot{Q}_{LH} = \dot{m}_{L,tr} \cdot \Delta h = \dot{m}_{L,tr} \cdot (h_2 - h_1) \text{ bzw.} \quad (2-1)$$

$$\dot{Q}_{LH} = \dot{m}_{L,tr} \cdot c_{p,L} \cdot \Delta t = \dot{m}_{L,tr} \cdot c_{p,L} \cdot (t_2 - t_1) \quad (2-2)$$

Zu beachten ist:

Nur beim Erwärmen (Heizen) darf die Heizleistung mit der spezifischen Wärmekapazität $c_{p,L}$ berechnet werden. Die Definition der Enthalpie der feuchten Luft

$$h_{1+x} = c_{p,L} \cdot t + x \cdot (\Delta h_V + c_{p,D} \cdot t)$$

nach Gleichung (1-27) zeigt jedoch, dass es sich bei dieser Festlegung um eine Näherung handelt. Der Anteil des Wasserdampfes ($x \cdot c_{p,L} \cdot t$) wird dabei vernachlässigt. Für technische Prozesse ist diese Vorgehensweise akzeptabel. Bei allen anderen Prozessen (Zustandsänderungen), bei denen eine Veränderung des Feuchtegehaltes x zu erwarten ist, muss zwingend die spezifische Enthalpie h verwendet werden.

Generell ist für alle Zustandsänderungen zu empfehlen, mit der spezifischen Enthalpie h zu arbeiten.

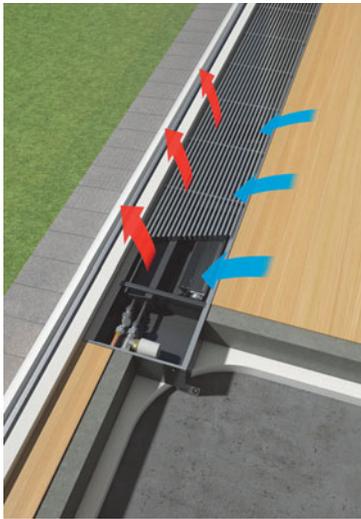


Abb. 2.1-2 Fußbodendurchlass, Konvektor (Wirkprinzip) (Werkbild Fa. EMCO)



Abb. 2.1-3 Lamellenwärmeübertrager, (Werkbild Fa. Howatherm)

Beispiel 2.1-1:

gegeben:

Luftzustand 1:

$$t_1 = -5 \text{ °C}; \quad x_1 = 2 \text{ g/kg} \quad p_G = 1.000 \text{ hPa}$$