

Kälteempfinden in feuchter kalter Luft

Feuchte und trockene kalte Luft

Häufig wird feuchte kalte Luft als kälter empfunden als trockene Luft.

„Nur über eines sind sich alle einig: Feuchtigkeit erhöht das Kälteempfinden“. [1]

„Der Aufenthalt in einer Kältekammer ist weniger unangenehm, als die Temperaturen von bis zu minus 120 Grad vermuten lassen. Der Grund ist die geringe Luftfeuchtigkeit, die eine schnelle Auskühlung verhindert.“ [2]

„Wo dieser Bereich liegt, hängt nicht bloß von der Lufttemperatur ab, sondern außerdem von der Strahlungstemperatur (z. B. Wärmestrahlung vom Kachelofen, Kältestrahlung von einer kalten Außenwand), der Luftfeuchtigkeit (bei hoher Luftfeuchtigkeit wird Kälte als kälter empfunden als bei geringer Luftfeuchtigkeit) und von der Windgeschwindigkeit (verstärkt das Kälteempfinden, vermindert meist, aber nicht immer das Wärmegefühl wegen der Verdunstungskälte).“ [3]

Der Meteorologe Prof. Dr. Ulrich Cubasch von der Freien Universität Berlin stellt jedoch genau das Gegenteil fest:

„Außerdem sei die Luftfeuchtigkeit für die gefühlte Kälte entscheidend. „Wenn es wie in diesen Tagen sehr trocken ist, nimmt die Luft mehr Feuchtigkeit von unserer Haut weg und kühlt sie so ab“, erklärte Cubasch.“ [4]

Wie ist dieser Widerspruch zu erklären? Zunächst stellt sich die Frage, was mit „Feuchtigkeit“ gemeint ist. In der Regel hat eine Person, die bemerkt, dass sie die Kälte wegen der „Feuchtigkeit“ stärker empfindet, nicht auf ein Hygrometer geschaut. Sie beurteilt die Luft als feucht, weil es leicht neblig ist. In dieser Situation ist es jedoch klar, wie es zu einem erhöhten Wärmeverlust kommt. Die Nebeltröpfchen, die auf die Haut treffen und dann verdunsten, entziehen der Haut Verdampfungswärme und bewirken dadurch das stärkere Kältegefühl. Das wird von der Medizinmeteorologin Christina Koppe vom Deutschen Wetterdienst erklärt:

„Hingegen gelangen bei nasser Kälte kleinste Wassertröpfchen auf die Gesichtshaut. Sie entziehen dem Körper bei leichtem Wind durch die Verdunstung zusätzliche Wärme. Dadurch empfinden wir die Temperaturen als noch kälter.“ [5]

Wärmeverlust durch Verdunstung von Nebeltröpfchen

Wenn eine Fläche A in der Richtung der Flächennormalen mit der Geschwindigkeit v durch eine Luftschicht bewegt wird, die n Wassertröpfchen pro Volumeneinheit enthält, treffen dN Tröpfchen im Zeitintervall dt auf die Fläche A :

$$dN = n A v dt. \quad (1)$$

Wenn diese Tröpfchen verdunsten, entziehen sie der Flächeneinheit die Wärmeleistung

$$\dot{Q}_V = \frac{1}{A} \frac{dN}{dt} \rho V_T \Delta Q_V. \quad (2)$$

ρ ist die Dichte des Wassers und ΔQ_V ist seine spezifische Verdampfungswärme. V_T ist das Volumen der Nebeltröpfchen:

$$V_T = \frac{4\pi}{3} r^3. \quad (3)$$

r ist der Radius der Tröpfchen. Einsetzen von (1) und (3) in (2) liefert

$$\dot{Q}_V = \frac{4\pi}{3} r^3 \rho n v \Delta Q_V. \quad (4)$$

Nebeltröpfchen haben einen Radius von etwa 10^{-5} m, die Dichte von Wasser ist 1000 kg/m^3 und die spezifische Verdampfungswärme des Wassers beträgt $2.265 \cdot 10^6 \text{ Jkg}^{-1}$.

In Nebel mit einer Sichtweite von 100 Meter beträgt die Tröpfchendichte $1.2 \cdot 10^8 \text{ m}^{-3}$. [6]
Für eine Gehgeschwindigkeit von $5 \text{ km/h} = 1.39 \text{ m/s}$ ergibt sich schliesslich aus (4):

$$\dot{Q}_V = \frac{4\pi}{3} \cdot 10^{-15} \cdot 10^3 \cdot 1.2 \cdot 10^8 \cdot 1.39 \cdot 2.265 \cdot 10^6 = 1580. \quad (5)$$

Der Wärmeverlust infolge der Verdunstung der auf der Haut niedergeschlagenen Nebeltröpfchen beträgt in der betrachteten Situation somit 1580 Wm^{-2} .

Dieser Wärmeverlust ist zu vergleichen mit den durch Leitung und Konvektion und durch Strahlung verursachten Wärmeverlusten:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_K &= \alpha (T - T_0) \\ \dot{Q}_S &= \sigma (T^4 - T_0^4). \end{aligned} \quad (6)$$

Für die Wärmeübergangszahl α kann $20 \text{ WK}^{-1}\text{m}^{-2}$ gesetzt werden. $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ WK}^{-4}\text{m}^{-2}$ ist die Stefan-Boltzmann-Konstante. Wird eine Umgebungstemperatur von $T_0 = 0^\circ \text{ C} = 273 \text{ K}$ und eine Hauttemperatur von $T = 28^\circ \text{ C} = 301 \text{ K}$ angenommen, ergibt sich aus (6):

$$\begin{aligned} \dot{Q}_K &= 20 \cdot (28 - 0) = 560 \\ \dot{Q}_S &= 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot (301^4 - 273^4) = 150. \end{aligned} \quad (7)$$

Die Wärmeverluste durch Leitung, Konvektion und Strahlung betragen also rund 700 W/m^2 . In der nebligen Luft ist somit der totale Wärmeverlust rund 2300 W/m^2 , d.h. mehr als 3 mal grösser als in nebelfreier Luft. Der Effekt hängt jedoch stark von der Tröpfchendichte und vor allem vom mittleren Tröpfchendurchmesser ab. Wenn die Tröpfchen nur einen halb so grossen Durchmesser haben oder die Tröpfchendichte zehn mal kleiner ist, als hier angenommen wurde, ist der durch den Nebelniederschlag verursachte Wärmeverlust nur 158 bis 198 W/m^2 . Das sind aber immerhin noch 22 bis 28 % der durch Leitung, Konvektion und Strahlung verursachten Verluste.

Die Beispiele zeigen jedenfalls, dass – auch leichter – Nebel einen nicht unbeträchtlichen Einfluss auf die Wärmeabgabe der unbedeckten Haut haben kann.

Literaturverzeichnis

- [1] [Zur Kälte](#)
- [2] [Kältekammer](#)
- [3] [Kälte oder Wärme](#)
- [4] [Gefühlte Kälte](#)
- [5] [Gefühlte Temperatur](#)
- [6] A. Ruh, Tröpfchendichte in einer Wolke, 2012.

16. Dezember 2016

A. Ruh