

## KOMMENTARE zu cbs-wetter 2024

### Oktober 2024 (Schwerpunkt: Windchill, Taupunkt und Feuchtkugeltemperatur)

Die Messung der Temperatur ist eine Sache - doch immer wieder hören wir im Zusammenhang mit der Temperatur etwas von Windchill, Taupunkt oder gar Feuchtkugel. Was bedeuten diese Begriffe und wie werden sie gemessen oder berechnet?

#### Windchill

Meteorologen bezeichnen die Windchill-Temperatur oft auch als „gefühlte“ Temperatur, da der Windchill eigentlich angibt, wie kalt es sich auf der Haut anfühlt. Das Wort Windchill deutet bereits darauf hin, dass also die Windstärke einen bedeutenden Einfluss darauf hat, wie wir eine bestimmte Temperatur empfinden. Dies liegt daran, dass der Wind die dünne warme Luftschicht über unserer Haut abstreift. Je stärker der Wind, desto mehr Wärme verliert der Körper und desto kälter fühlt es sich an. Bei schwachem Wind sind gefühlte und gemessene Temperatur oft identisch, wobei die relative Luftfeuchtigkeit auch noch einen gewissen Einfluss haben kann. Bei bitterkalten Winden ist die Gefahr von Erfrierungen wesentlich höher als bei Windstille! So kann es beispielsweise bei einer Lufttemperatur von minus 20 Grad und einer Windgeschwindigkeit von 24 km/h innerhalb von 10 Minuten zu Erfrierungen kommen.

Die Tabelle zeigt den theoretischen Zusammenhang von gemessener Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und gefühlter Temperatur.

Windgeschwindigkeit	Lufttemperatur					
	10 °C	5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C	-15 °C
0 km/h						
5 km/h	9,8	4,1	-1,6	-7,3	-12,9	-18,6
10 km/h	8,6	2,7	-3,3	-9,3	-15,3	-21,2
15 km/h	7,9	1,7	-4,4	-10,6	-16,7	-22,9
20 km/h	7,4	1,1	-5,2	-11,6	-17,9	-24,2
25 km/h	6,9	0,5	-5,9	-12,3	-18,8	-25,2
30 km/h	6,6	0,1	-6,5	-13,0	-19,5	-26,0
40 km/h	6,0	-0,7	-7,4	-14,1	-20,8	-27,4
50 km/h	5,5	-1,3	-8,1	-15,0	-21,8	-28,6

Wir können den Windchill aus der gemessenen Temperatur und der Windgeschwindigkeit mit folgender Formel berechnen:

$$w = 13,12 + 0,6215 \cdot t - 11,37 \cdot v^{0,16} + 0,3965 \cdot t \cdot v^{0,16}$$

w = gefühlte Temperatur, Windchill in °C, v = Windgeschwindigkeit in km/h, t = echte Temperatur in °C.

Beispiel: bei 5 Grad Celsius und einer Windgeschwindigkeit von 20 km/h ist die gefühlte Temperatur etwa 1°C.

Diese Angabe ist vor allem für eher *niedrige Temperaturen, unterhalb von etwa 10°C, sinnvoll*, sie ist ein subjektiver Wert für die Kälteempfindung. Bei Windstille gilt demnach die gemessene Temperatur auch als *gefühlte* Temperatur.

## Taupunkt

Der Taupunkt kann bei der Wettervorhersage nützliche und entscheidende Hinweise geben. So beispielsweise über die Wolkenuntergrenze, Schneefall, Minimaltemperatur, Schwülegrenze, Gewittertendenz, UV-Strahlung oder Nebelwahrscheinlichkeit.

### Definition (gemäss Deutschem Wetterdienst)

*"Der Taupunkt definiert die Temperatur, auf die ein ungesättigtes Luftquantum über einer ebenen, chemisch reinen Wasserfläche abgekühlt werden muss, um zur Sättigung zu gelangen. Im Sättigungszustand beträgt die relative Luftfeuchte 100 Prozent, folglich sind Taupunkt und Temperatur dann gleich. Im Falle einer Übersättigung ist die Luft nicht mehr in der Lage zusätzliche Feuchte aufzunehmen, womit sich der überschüssige Wasserdampf in Form von Dunst und Nebel bemerkbar machen würde. Da konform der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) die Temperatur standardmäßig in zwei Metern Höhe gemessen wird, liefert die Feuchtemessung im gleichen Niveau den dazugehörigen Taupunkt. Die Differenz wird als sogenannter "Spread" (engl.: Spanne) bezeichnet. Unter Meteorologen hört man dann zum Beispiel auch gerne kurz und knapp: "Oh, Berlin hat schon zehn über minus zehn." Das bedeutet, dass in Berlin aktuell die Lufttemperatur in zwei Metern zehn Grad beträgt bei einem gleichzeitigen Taupunkt von minus zehn Grad (Spread = 20). Die relative Luftfeuchte würde in diesem Fall nur rund 23% betragen, die Luft ist also sehr trocken."*

### Wovon hängt die Taupunkttemperatur ab?

Vereinfacht gesagt, sind es drei Parameter:

- Umgebungstemperatur
- Relative Luftfeuchtigkeit
- Luftdruck

Mit diesen Variablen kannst du also den Taupunkt ermitteln. Es ist nun aber alles andere als einfach, dies in eine Berechnungsformel zu packen. Grundlage der Berechnungen ist die Näherungsformel für den Sättigungsdampfdruck, die sogenannte *Magnusformel*. Die gesamte Herleitung der Näherungsformeln ist sehr komplex und würde hier den Rahmen sprengen. So kommt noch dazu, dass es darauf ankommt, ob die Temperatur  $\leq 0$  oder  $> 0$  ist. Allgemein werden folgende zwei Formeln (wobei gilt: temp=Temperatur, hum=rel. Luftfeuchtigkeit) verwendet.

Schreibweise in JAVA-Script:

```
function Taupunkt() {  
  
    if (temp <= 0 ) {  
T=272.62*(22.46*temp)/(272.62+temp)+Math.log(hum/100)/((22.46*272.62)/(272.62+temp)-  
Math.log(hum/100)); document.formS.zeige2.value=T.toFixed([1]);  
    }  
    else {  
T=252.02*((17.62*temp)/(243.12+temp)+Math.log(hum/100))/((17.62*243.12)/(234.12+temp)-  
Math.log(hum/100)); document.formS.zeige2.value=T.toFixed([1]);  
    }  
}
```

## Feuchtkugeltemperatur

Die Feuchtkugeltemperatur wird auch als *Kühlgrenztemperatur* bezeichnet. Sie verbindet die Temperatur der trockenen Luft (wie man sie normalerweise auf dem Thermometer ablesen kann) mit der Luftfeuchtigkeit. Die Kühlgrenztemperatur wurde spezifisch dazu definiert, um als Mass des Hitzestresses beim Menschen zu dienen. Etwas kompliziert formuliert handelt es sich dabei um die tiefste Temperatur, die sich durch Verdunstung und Abkühlung in einer bestimmten Umgebung erreichen lässt. Schaut man sich die Messung der Feuchtkugeltemperatur an, wird das Ganze etwas besser verständlich.

### Messung

Die Feuchtkugeltemperatur wird mit einer Art Thermometer gemessen, dem sogenannten Psychrometer (psychrós ist Griechisch und bedeutet so viel wie frostig, kühl oder kalt). Der Psychrometer besteht aus einem normalen und einem anderen Thermometer, der in ein feuchtes Tuch gehüllt ist. Weil die Feuchtigkeit an diesem Material konstant verdunstet und weil Verdunstung eine kühlende Wirkung hat, kühlt die zu messende Luft so konstant ab. Die Feuchtigkeit verdunstet schneller, je trockener die Umgebungsluft ist. Daraus folgt: je tiefer die Luftfeuchtigkeit, desto grösser der Unterschied zwischen Lufttemperatur und Feuchtkugeltemperatur. Die Kühlgrenztemperatur liegt deshalb immer unter der Lufttemperatur – ausser, es besteht eine relative Luftfeuchte von 100 Prozent.

### Warum ist sie wichtig?

Der Mensch reguliert seine Körpertemperatur über die Schweissabgabe. Dort spielt die Feuchtkugeltemperatur eine wichtige Rolle: Erreicht sie eine kritische Schwelle, können wir durch das Schwitzen keine Wärme mehr in die Umgebung abgeben. Damit ist die Grenze der menschlichen Anpassungsfähigkeit an extreme Hitze erreicht. Wenn wir den Bedingungen nicht entkommen können, kann die Temperatur unseres Körpers über den überlebensfähigen Bereich hinaus ansteigen und die Organe versagen. Der Mensch vermag also nur eine begrenzte maximale Feuchtkugeltemperatur über sechs Stunden auszuhalten. Die Wissenschaft ist sich nicht ganz einig, ob dies nun um die 31,5°C oder 35°C Feuchtkugeltemperatur sei (dies würde 40°C bei 75% rel. Luftfeuchtigkeit bedeuten).

Diese Werte sind jedoch in mehreren Regionen der Erde in den letzten Jahren, begünstigt durch die Klimaerwärmung, mehrmals erreicht worden.

### Feuchtkugeltemperatur und Wetter

Manche Werte liefern auch Anhaltspunkte für die Wetterentwicklung. So gilt als Faustformel, dass man mit Schneefall rechnen kann, wenn die Feuchtkugeltemperatur kleiner 2°C ist. Ist sie kleiner 0°C, bleibt der Schnee auch liegen.

### Berechnung

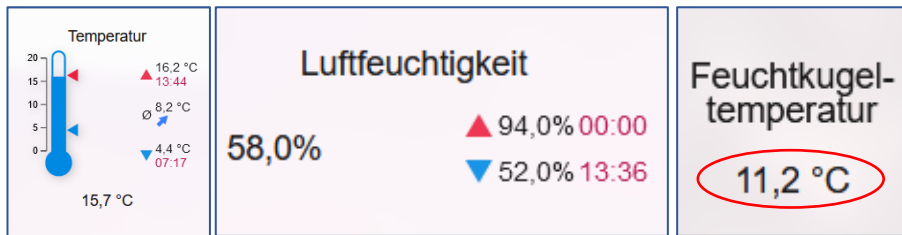
Du wirst vermutlich kein Psychrometer zur Verfügung haben, kannst aber die Feuchtkugeltemperatur durch eine Berechnung bestimmen. Dazu gibt es eine Näherungsformel, die sehr zuverlässige Ergebnisse liefert (sie stimmen bei mir jeweils exakt mit den Angaben der Wetterdienste überein).

$$t_{FK} = -5,809 + 0,058 * \varphi + 0,697 * t_{Luft} + 0,003 * \varphi * t_{Luft}$$

$t_{FK}$  = Feuchtkugel-Temperatur (°C)

$\varphi$  = relative Luftfeuchtigkeit (%)

$t_{Luft}$  = Lufttemperatur (°C)



Kleiner Hinweis: Bei gleichen Bedingungen herrscht eine Feuchtkugeltemperatur von 11,2 °C, jedoch eine Windchill-Temperatur von 15,7 °C. Der Windchill hat seine Anwendung bei kühlen und kalten Temperaturen, Hitzeindex und Feuchtkugeltemperatur zieht man bei hohen Temperaturen hinzu.

Windchill  
15,7 °C

Die Feuchtkugeltemperatur wird direkt gemessen. Die gefühlte Temperatur (Windchill) wird hingegen im Hitzeindex abgebildet. Dieser ist ein Mass dafür, wie sich die Lufttemperatur für unseren Körper anfühlt, wenn man die relative Luftfeuchtigkeit mit einbezieht. Er wird für schattige Bereiche berechnet und gibt an, wie angenehm/unangenehm es für uns ist. Es ist ein konstruierter Index, der in verschiedenen Ländern andere Versionen haben kann. Aus diesem Grund wählen Klimawissenschaftler zunehmend lieber die Feuchtkugeltemperatur.

Einen [Onlinerechner](#) für alle besprochenen Spezialtemperaturen findest du auf dieser Website.

### cbs-Spezialtemperatur-Rechner

Lufttemperatur:  in °C

Windgeschwindigkeit:  in km/h

rel. Luftfeuchtigkeit:  in %

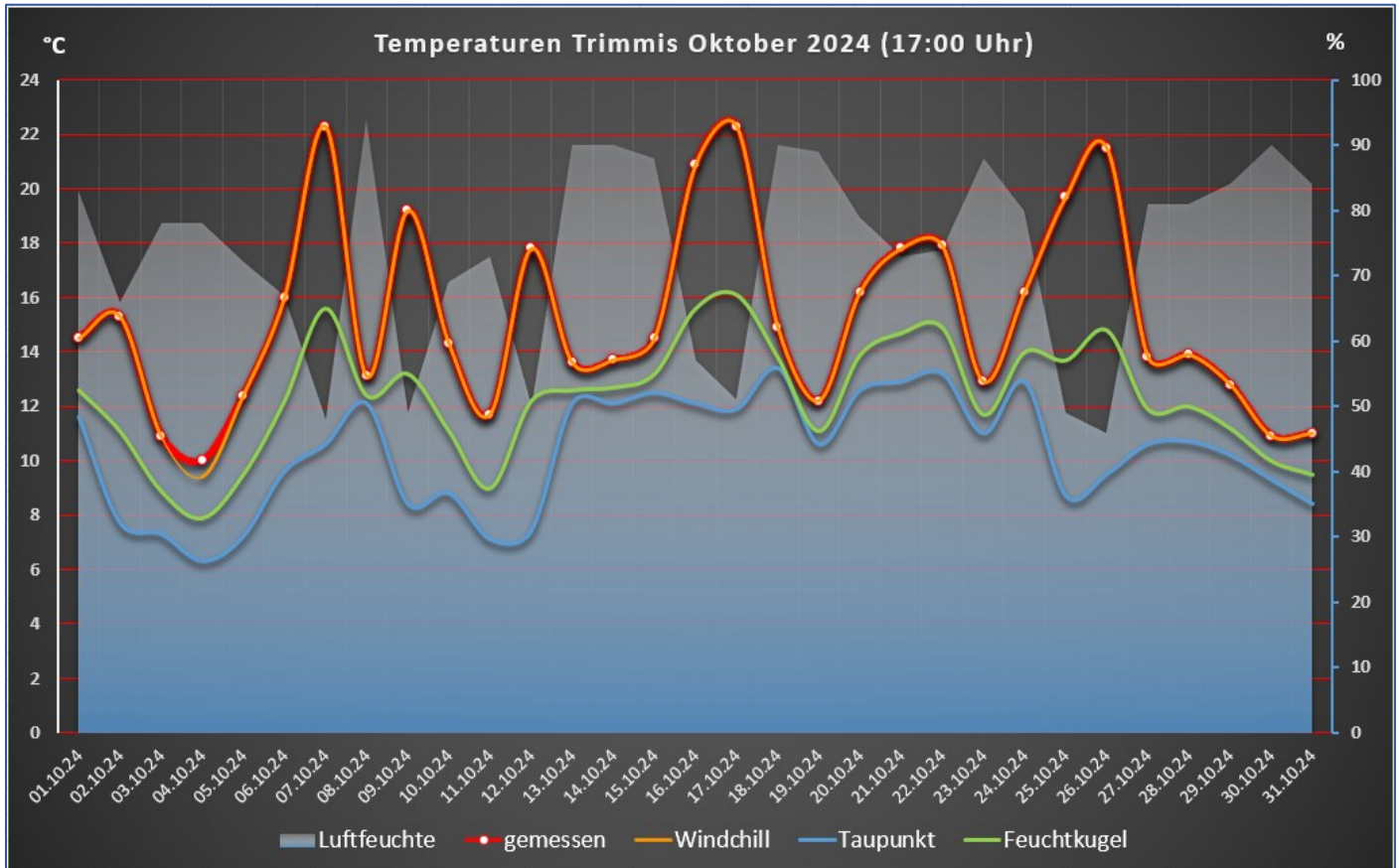
Windchilltemperatur  °C

der Taupunkt liegt bei  °C

Feuchtkugeltemperatur  °C

[Hilfe?](#)

## Die Messungen des Monats Oktober



Die Messresultate des Oktobers 2024 sind recht abwechslungsreich. Auffällig sind drei starke Föhnphasen mit Temperaturen um 22°C nachmittags, 17:00 Uhr. Dann ist auch die Luftfeuchtigkeit entsprechend tief und es ist leicht erkennbar, dass die Kurven von gemessen, Feuchtkugel und Taupunkt sehr weit auseinander liegen. Ganz anders sieht das Bild bei hoher Luftfeuchtigkeit und eher niedriger Lufttemperatur aus. Warum das so ist, lässt sich alles mit vorangegangener Theorie erklären.