

## Feuchttemperatur der Außenluft – der entscheidende Messwert für den Kühlturbetrieb



Kühltürme werden als Teil industrieller HLK-Systeme zur Kühlung von Betriebswasser durch Verdunstung eingesetzt. Wann eine Verdunstungskühlung auftreten kann, basiert auf gewissen Umgebungsvariablen am Standort. Diese können allein durch die Messung der Feuchttemperatur der Außenluft bestimmt werden.

Unter folgenden Bedingungen kann der Kühlturbetrieb Spitzenwirkungsgrade erreichen: Die Feuchttemperatur der Außenluft wird als Grundlage für den Sollwert des Steuerungssystems verwendet, die Messgeräte sind genau und zuverlässig und werden regelmäßig von den Kühlturbetreibern auf Messwertabweichungen geprüft. Mängel in einem dieser Bereiche können zu einem übermäßigen Einsatz der Kühltürme führen, was neben einem höheren Wasser- und Stromverbrauch auch eine kürzere Lebensdauer von Lüftern und Pumpen zur Folge hat.

### Verdunstungskühlung in Industrieanlagen

Die Funktion des Kühlturms besteht in der Kühlung von Betriebswasser, in diesem Fall von Kondensatorwasser, das zur Kühlung des Kältemittels im Kühlaggregat des HLK-Systems eingesetzt wird. Im Kühlaggregat findet eine Wärmeübertragung vom Kältemittel zum Kondensatorwasser statt. Diese Übertragung kühlt das Kältemittel und erwärmt das Kondensatorwasser.

Bevor das Kondensatorwasser zusätzliche Kältemittelwärme aufnehmen kann, muss die Abwärme ausgeleitet werden. Das erwärmte Kondensatorwasser wird aus dem

Kühlaggregat in einen Kühlturm und dort auf komplexe poröse Oberflächen geleitet. Unter verstärkter Luftzufuhr durch entsprechende Lüfter wird die Verdunstung maximiert und dadurch dem Kondensatorwasser die Wärme entzogen. Das abgekühlte Kondensatorwasser wird in das Kühlaggregat zurückgeführt, damit es erneut Wärme aus dem Kältemittel aufnehmen kann.

### Kosten für Wasser, Energie und Geräte

Wasser- und Energieverbrauch sind zwei Kostenfaktoren beim Betrieb eines Kühlturms. Die verdampfte Menge an Kondensatorwasser muss ersetzt werden. Außerdem wird beim Betrieb von Kühlturmlüftern und -pumpen Energie verbraucht. Ein Kühlturm mit einem automatisierten Steuerungssystem ist zum Erreichen von Spitzenwirkungsgraden sowie dafür konzipiert, die Betriebs-, Wartungs- und Reparaturkosten für Lüfter und Pumpen zu verringern.

### Sollwert auf Grundlage der Feuchttemperatur

Genau wie das übrige HLK-System wird der Kühlturm über ein Steuerungssystem betrieben, das den Betrieb anhand von

Sollwerten reguliert. Die häufigsten Sollwerte bei HLK-Systemen sind festgelegte Ober- und Untergrenzwerte für Temperatur und Feuchte. Kühlturmsteuerungen basieren auf einem einzelnen Untergrenzsollwert: der Feuchttemperatur der Außenluft.

Die Vorteile der Verdunstungskühlung fallen weg, wenn eine Kombination von Umgebungsvariablen – relative Feuchte, Wasserdampf-sättigungsdruck und Temperatur – einen Punkt erreicht, an dem Wasser nicht mehr in der Luft verdunsten kann. Die Feuchttemperatur der Außenluft ist die niedrigste Temperatur, die allein durch Verdunstungskühlung erreicht werden kann, und zugleich die tiefstmögliche Temperatur, die das Betriebswasser beim Verlassen des Kühlturms aufweisen kann. Die Feuchttemperatur ist immer niedriger oder gleich der Trockentemperatur, die auch als Umgebungstemperatur bezeichnet wird.

„Kühltürme sind an einem bestimmten Standort für den Betrieb bei unterschiedlichen Feuchttemperaturwerten ausgelegt. Kühlturbetreiber müssen daher genau wissen, wie hoch die Feuchttemperatur ist. Wenn die Feuchttemperatur unbekannt ist, werden keine optimalen Messdaten für den Kühlturbetrieb genutzt“, so Tim Wilcox von WPI, einem internationalen Beratungsunternehmen für Energieeffizienz mit Sitz in den USA.

## Taupunkttemperatur als mögliche Option

Als Taupunkt wird die Temperatur bezeichnet, bei der Kondensation einsetzt. Das ist die Temperatur, bei der die Luft vollständig mit Wasserdampf gesättigt wird, woraufhin sich flüssiges Kondensat bildet. Zur Verwendung bei Kühlturmsteuerungssystemen ist die Taupunkttemperatur der zweitbeste Messwert neben der Feuchtttemperatur, da die Temperatur beim Einsetzen der Kondensation, nicht der Verdampfung, gemessen wird und mit dem Wasserdampfgehalt in der Luft bei dieser Temperatur korreliert. Genau wie die Feuchtttemperatur ist der Taupunkt immer niedriger oder genauso hoch wie die Trockentemperatur.

## Relative Feuchte ist nicht ideal

Die relative Feuchte wird am häufigsten als Feuchtemesswert genutzt. Sie ist das prozentuale Verhältnis zwischen dem vorhandenen Wasserdampfgehalt und dem physikalisch maximal möglichen Gehalt bei der jeweiligen Temperatur. Der Nachteil bei der Nutzung der relativen Feuchte ist die große Abhängigkeit von der Temperatur. Die Wasserdampfaufnahmefähigkeit der Luft hängt von der Temperatur ab. Beispiel: Beträgt die Temperatur 18 °C und die relative Feuchte 96 %, sinkt bei einem Anstieg der Temperatur um nur 2 °C die relative Feuchte auf 85 %.

Aufgrund ihrer Bekanntheit wird die relative Feuchte oft für den Kühlturbetrieb eingesetzt. Allerdings handelt es sich hierbei nicht um die Temperatur, bei der die Wirkung der Verdunstungskühlung aussetzt. Trotzdem

sollten die von Sensoren gemessene relative Feuchte und Temperatur zur Berechnung der Feuchtttemperatur genutzt werden.

## Messung der Feuchtttemperatur

Früher wurde die Feuchtttemperatur mit einem Thermometer gemessen, das mit einem nassen Tuch (oder einem nassen Strumpf) umwickelt und einem Luftstrom ausgesetzt wurde. Ein Schleuderpsychrometer ist ein Gerät mit zwei Thermometern: Das eine dient zur Messung der Umgebungstemperatur (Trockentemperatur), das andere zur Messung der Feuchtttemperatur. Das Feuchtttemperaturthermometer ist in ein feuchtes Material gehüllt und wird an einer Schnur oder einem Handgriff herumgeschleudert, um die notwendige Ventilation und Verdunstungskühlung zu erreichen. Diese Messgeräte mit geringer Messgenauigkeit müssen manuell betrieben werden und sind nicht so präzise und zuverlässig, wie es für Kühlturmsteuerungssysteme in Industrieanlagen erforderlich ist.

Heutzutage wird die Feuchtttemperatur anhand von Messungen der relativen Feuchte und der Temperatur mit genauen und zuverlässigen Geräten bestimmt. Diese Berechnungen können in das Steuerungssystem einprogrammiert werden, um manuelle Berechnungsfehler zu vermeiden.

## Bewährte Verfahren für optimale Ergebnisse

Tim Wilcox empfiehlt Kühlturbetreibern die Anwendung der folgenden vier bewährten

Verfahren zum bestimmungsgemäßen Betrieb der Kühltürme.

Verfahren eins: Konstruktionsingenieur\*innen sollten bei der Konzeption die Vorprogrammierung des Steuerungssystems so festlegen, dass die Feuchtttemperatur automatisch aus den Messergebnissen von relativer Feuchte und Temperatur berechnet wird. Die entsprechenden Formeln hierzu stehen sowohl online als auch in Whitepapers von Vaisala zur Verfügung.

Verfahren zwei: Systementwickler\*innen sollten auf hochwertige und genaue Sensoren achten, die nicht anfällig für Messwertabweichungen sind und bei denen die Kalibrierung stabil bleibt. „Kühlturbetreiber sind sich oftmals nicht über die erheblichen finanziellen Konsequenzen im Klaren, wenn sie sich auf kostengünstige Sensoren von geringer Qualität verlassen“, sagt Tim Wilcox. „Diese günstigen fehleranfälligen Sensoren können letztendlich fünfstellige Beträge durch Energieverschwendung und Geräteschäden aufgrund übermäßiger Nutzung verursachen, wenn der Sensor ungenaue Messergebnisse ausgibt und anzeigt, dass Verdunstungskühlung auftreten kann, obwohl dies nicht der Fall ist.“

Verfahren drei: Bei der Inbetriebnahme sollte der Kühlturbetreiber prüfen, dass die Sensoren und die Programmierung des Steuerungssystems den Spezifikationen entsprechen. Verfahren vier: Kühlturbetreiber sollten die vom Hersteller empfohlenen routinemäßigen Wartungsarbeiten am Sensor durchführen, um langfristig zuverlässige und genaue Messergebnisse zu gewährleisten.

## Feuchteformeln: Umrechnung einfach gemacht

Vaisala stellt kostenlose Tools bereit, etwa zur Berechnung oder Umwandlung der relativen Feuchte, des Tau-/Frostpunkts, der absoluten Feuchte, des Wassergehalts, des Mischungsverhältnisses, des Dampfdrucks, der ppm-Konzentration sowie der Feuchtttemperatur.

Ein technisches E-Book mit den wesentlichen Formeln zur Umrechnung der Feuchte finden Sie unter [www.vaisala.com/de/ip/make-your-job-easier-humidity-conversion-formulas](http://www.vaisala.com/de/ip/make-your-job-easier-humidity-conversion-formulas).

Online- und herunterladbare Rechner stehen für zahlreiche Feuchteparameter zur Verfügung. Nach der Eingabe eines bekannten Werts können Größen schnell umgewandelt und so die Auswirkungen von Veränderungen bei Umgebungsbedingungen wie Temperatur oder Druck eingeschätzt werden.

Sie finden den Rechner unter [www.vaisala.de/humiditycalculator](http://www.vaisala.de/humiditycalculator).

# VAISALA

Kontaktieren Sie uns unter [www.vaisala.com/contactus](http://www.vaisala.com/contactus)

[www.vaisala.com](http://www.vaisala.com)



Scannen Sie den Code, um weitere Informationen zu erhalten.

Ref. B211232DE-B ©Vaisala 2021

Das vorliegende Material ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte hierfür liegen bei Vaisala und ihren jeweiligen Partnern. Alle Rechte vorbehalten. Alle Logos und/oder Produktnamen sind Markenzeichen von Vaisala oder ihrer jeweiligen Partner. Die Reproduktion, Übertragung, Weitergabe oder Speicherung von Informationen aus dieser Broschüre in jeglicher Form ist ohne schriftliche Zustimmung von Vaisala nicht gestattet. Alle Spezifikationen, einschließlich der technischen Daten, können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.