

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



*Kühltürme werden als Teil industrieller HLK-Systeme zur Kühlung von Brauchwasser durch Verdunstung eingesetzt. Wann Verdunstungskühlung eintreten 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 Regelsystems verwendet, die Messgeräte sind genau und zuverlässig und werden regelmäßig vom Betreiber auf Messwertdrift geprüft.*

Mängel in einem dieser Bereiche können zu einem übermäßigen Einsatz der Kühltürme führen, was neben einem höheren Wasser- und Stromverbrauch auch zu einer kürzeren Lebensdauer von Lüftern und Pumpen führt.

### Verdunstungskühlung in Industrieanlagen

Die Funktion des Kühlturms besteht in der Kühlung von Brauchwasser, in diesem Fall von Kondenswasser, das zur Kühlung des Kältemittels im Kühlturmaggregat des HLK-Systems verwendet wird. Im Kühlturmaggregat findet eine Wärmeübertragung vom Kältemittel zum Kondenswasser statt. Durch diese Übertragung wird das Kältemittel heruntergekühlt, wobei sich das Kondenswasser erwärmt.

Bevor das Kondenswasser zusätzliche Kältemittelwärme aufnehmen kann, muss die Abwärme ausgeleitet werden. Das erwärmte Kondenswasser wird aus dem Kühlturmaggregat in einen Kühlturm und dort auf komplexe poröse Oberflächen geleitet. Unter verstärkter Luftzufuhr durch entsprechende Lüfter wird die

Verdunstung maximal erhöht und dadurch dem Kondenswasser die Wärme entzogen. Das abgekühlte Kondenswasser wird in das Kühlturmaggregat 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 Kondenswasser muss ersetzt werden. Außerdem wird beim Betrieb von Kühlturmlüftern und -pumpen Energie verbraucht. Ein Kühlturm mit einem automatisierten Regelsystem 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 Regelsystem betrieben, das den Betrieb anhand von Sollwerten reguliert. Die häufigsten

Sollwerte bei HLK-Systemen sind festgelegte Ober- und Untergrenzwerte für Temperatur und Luftfeuchte. Kühlturmregelsysteme basieren auf einem einzelnen Untergrenzen-Sollwert: der Feuchttemperatur der Außenluft.

Die Vorteile der Verdunstungskühlung fallen weg, wenn eine Kombination von Umgebungsvariablen – relative Feuchte, Sättigungsdampfdruck 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 Brauchwasser beim Verlassen des Kühlturms haben kann. Die Feuchttemperatur der Außenluft ist immer niedriger oder gleich der Trockentemperatur, die auch als Umgebungstemperatur bezeichnet wird.

„Kühltürme sind an einem bestimmten Standort für den Betrieb bei unterschiedlichen Feuchttempera-

turwerten ausgelegt. Kühlturbetreiber müssen daher genau wissen, wie hoch die Feuchttemperatur ist. Ist die Feuchttemperatur unbekannt, werden nicht die optimalen Daten für den Kühlturbetrieb verwendet“, 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 die Kondensatbildung einsetzt. Das ist die Temperatur, bei der die Luft vollständig mit Wasserdampf gesättigt wird, woraufhin sich flüssiges Kondensat bildet. Zur Verwendung bei Kühlturmregelsystemen ist die Taupunkttemperatur der zweitbeste Messwert neben der Feuchttemperatur, da die Temperatur beim Einsetzen der Kondensatbildung, nicht der Verdampfung, gemessen wird und mit der Menge an Wasserdampf in der Luft bei dieser Temperatur korreliert. Genau wie die Feuchttemperatur der Außenluft ist der Taupunkt immer niedriger oder genauso hoch wie die Trockentemperatur.

### Relativer Feuchtwert ist nicht ideal

Die relative Feuchte wird am häufigsten als Feuchtegröße verwendet. Die relative Feuchte ist das prozentuale Verhältnis zwischen der präsenten Menge von Wasserdampf und der maximal physikalisch möglichen Menge bei der jeweiligen Temperatur. Der Nachteil bei der Verwendung der relativen Feuchte ist die große Abhängigkeit von der Temperatur. Die Wasserdampfaufnahmefähigkeit der Luft hängt von der Temperatur ab. Ein 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 die Temperatur zur Berechnung der Feuchttemperatur verwendet werden.

### Messung der Feuchttemperatur

Früher wurde die Feuchttemperatur 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 Feuchttemperatur. Das Feuchttemperaturthermometer 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 Regelsysteme von Kühltürmen in Industrieanlagen erforderlich ist.

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

### Bewährte Verfahren für optimale Ergebnisse

Wilcox empfiehlt Kühlturbetreibern die Anwendung der folgenden vier Tipps zum bestimmungsgemäßen Betrieb der Kühltürme.

**Tipp eins:** Der Konstruktionsingenieur sollte bei der Konzeption die Vorprogrammierung des Regelsystems so festlegen, dass die Feuchttemperatur automatisch aus den Messergebnissen von rel. Feuchte und Temperatur berechnet wird. Die entsprechenden Formeln hierzu stehen sowohl online als auch in einem White Paper von Vaisala zur Verfügung

**Tipp zwei:** Der Systementwickler sollte auf qualitativ hochwertige und genaue Sensoren achten, die nicht anfällig für Messwertdrift sind und bei denen die Kalibrierung stabil ist. „Betreiber sind sich oftmals nicht über die erheblichen finanziellen Konsequenzen im Klaren, die durch die Verwendung qualitativ minderwertiger Sensoren entstehen“, sagt Wilcox. „Diese billigen, 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.“

**Tipp drei:** Bei der Inbetriebnahme sollte der Kühlturbetreiber prüfen, dass die Sensoren und die Programmierung des Regelsystems den Spezifikationen entsprechen. **Tipp 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 zur Berechnung oder Umwandlung der rel. Feuchte, des Tau-/Frostpunkts, der absoluten Feuchte, des Wassergehalts, des Mischungsverhältnisses, des Wasserdampfdrucks, der ppm-Konzentration sowie der Feuchttemperatur zur Verfügung.

Ein entsprechendes White Paper mit den wichtigsten Feuchte-Umrechnungsformeln für digitale Vaisala Messgeräte steht unter [www.vaisala.de](http://www.vaisala.de) (Stichwort: Berechnungsformeln für Feuchte) zum Abruf bereit.

Online- und herunterladbare Rechner stehen für zahlreiche Feuchtegrößen 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. Der Rechner ist abrufbar unter [www.vaisala.de/feuchterechner](http://www.vaisala.de/feuchterechner)

# VAISALA

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

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



Code scannen für  
mehr Informationen

Ref. B211232DE-A ©Vaisala 2012

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 den vorliegenden Unterlagen in jeglicher Form ist ohne die schriftliche Zustimmung von Vaisala verboten. Alle Spezifikationen, einschließlich der technischen, können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Der vorliegende Text ist eine Übersetzung aus dem Englischen. Bei Widersprüchen zwischen Übersetzung und Original ist die englische Fassung des Textes maßgebend.