

[https://cci-dialog.de/wissensportal/technikwissen/kaeltetechnik/rueckkuehlung/grundlagen\\_trockenkuehlung\\_verdunstungskuehlung\\_wasserkuehlung.html](https://cci-dialog.de/wissensportal/technikwissen/kaeltetechnik/rueckkuehlung/grundlagen_trockenkuehlung_verdunstungskuehlung_wasserkuehlung.html)

Um diesen Artikel online sehen zu können, geben Sie bitte in der Suche die ID-Nummer cci30101 ein.

## Grundlagen: Trockenkühlung – Verdunstungskühlung – Wasserkühlung

**Trockenkühler mit Befeuchtung gelangen immer mehr in Mode. Allerdings gibt es sowohl bei Planern als auch bei ausführenden Firmen Informationsbedarf, was die technischen Hintergründe und damit die zusätzlichen Anforderungen betrifft.**



Abbildung 1: Ein Trockenkühler wird per Kran auf ein Dach gehoben.

Zur Abführung prozessbedingt anfallender Wärme technischer Systeme wird häufig Umgebungsluft verwendet. Waren vor Jahren für die Auslegung von Trockenkühlern in unseren Breiten aber noch Lufttemperaturen von 25 bis 28 °C die Regel, ist die Auslegungstemperatur mittlerweile auf bis 35 °C angestiegen. In derselben Zeit erhöhten sich die Anforderungen der zu kühlenden Aggregate, sodass auf der warmen Seite die Temperaturspreizung des Mediums von ehemals 45/40 °C auf jetzt 35/30 °C gesunken ist. Reizt man die Trockenkühlung bis zum letzten aus, benötigt man riesige Kühlanlagen, für die in den meisten Anwendungsfällen der Platz fehlt. Dies bewirkt, dass eine reine Trockenkühlung in immer mehr Fällen nicht mehr ausreichend ist. Aus diesen Gründen gelangen Trockenkühler mit Befeuchtung immer mehr in Mode.



Leider ist aber festzustellen, dass sowohl bei Planern als auch bei ausführenden Firmen die technischen Hintergründe und damit die zusätzlichen Anforderungen nicht hinreichend bekannt sind. So wird dem Endkunden durch Manipulieren in der Ausschreibung ein kleiner Rückkühler vorgegaukelt, indem dieser offiziell auf 33 °C Lufttemperatur ausgelegt wird. Erst im Kleingedruckten erfährt er, dass dieser Rückkühler seine Leistung lediglich bis zu einer Umgebungstemperatur von 16 °C ohne die zusätzliche Besprühung erreicht. Eine Umgebungslufttemperatur von 16 °C wird aber in vielen

Abbildung 2: Reizt man die Trockenkühlung bis zum letzten aus, benötigt man riesige Kühlanlagen.

Städten Deutschlands an mehr als 2.000 h/a überschritten, was dann zu erhöhten Kosten führt.

## **Platzeinsparung bei Rückkühlern durch Einsatz von Befeuchtungssystemen**

Systeme, die durch Befeuchtung den erforderlichen Platzbedarf für Rückkühlanlagen minimieren, werden von diversen Herstellern angeboten. Auch wenn sich die Verfahren und der damit verbundene anlagentechnische Mehraufwand teilweise erheblich voneinander unterscheiden, ist doch all diesen Verfahren gemeinsam, dass sie versuchen, das zu kühlende Medium weiter abzukühlen, als dies bei den aktuellen Umgebungsbedingungen durch reine Luftkühlung möglich ist.

### **Verfahren 1: Verdunstungskühlung ("Adiabate" Kühlung durch Luftbefeuchtung, "Adiabatik")**



Abbildung 3: Bei der Verdunstungskühlung wird entgegen der Luftrichtung der angesaugten Luft Wasser fein vernebelt. (Alle Abb. Thermal)

Der Zweck der Verdunstungskühlung ist es, die Temperatur der zur Medienkühlung verwendeten Luft abzusenken, um damit kühlere Luft zur Verfügung zu haben, als im Umfeld des Rückkühlers aktuell vorhanden ist.

Praktische Ausführung: Entgegen der Luftrichtung der angesaugten Luft wird Wasser fein vernebelt, mit dem Ziel, dadurch die Feuchtigkeit der Luft anzuheben und somit die Luft adiabatisch zu kühlen. Im Idealfall wird nur so viel Wasser vernebelt, wie die Luft imstande ist aufzunehmen. Damit kommt es weder zu einer Pfützenbildung um den Rückkühler, noch werden die Lamellen feucht.

Vorteil: Die reine Verdunstungskühlung benötigt den geringsten gerätetechnischen Zusatzaufwand und hat zugleich den geringsten Wasserverbrauch. Des Weiteren erfordert sie, auch bei Berücksichtigung weiterer Umweltauflagen (wie die VDI 2047 Teil 2), keine zusätzliche Wasseraufbereitung.

Nachteil: Die relative Luftfeuchtigkeit der angesaugten Luft kann mit Hilfe der Verdunstungskühlung auf maximal 80 bis 85 % angehoben werden. Damit wird bei normalen

Umgebungsbedingungen (Luft: 30 bis 35 °C, 30 bis 40 % r.F.) eine Abkühlung der angesaugten Luft um 7 bis 8 K erreicht.

Reales Ergebnis: Die um 7 bis 8 K abgekühlte Luft kann zur Auslegung des Rückkühlers berücksichtigt werden kann. Die erreichte Lufttemperatur ist aber immer höher als die zu den Ausgangsbedingungen gehörende Feuchtkugel-Temperatur. Das bedeutet, eine 100-prozentige Wassersättigung der Luft kann mit diesem System nicht erreicht werden.

### **Verfahren 2: Hybridkühlung (Kühlung mit Luft-Wasser-Gemisch)**

Der Zweck der Hybridkühlung besteht im Gegensatz zur Verdunstungskühlung darin, die Luft zu 100 % zu befeuchten, um so die Feuchtkugel-Temperatur als Auslegungsgröße verwenden zu können.

Vorteil: Zur Geräteauslegung kann die Feuchtkugeltemperatur verwendet werden.

Praktische Ausführung: Es erfolgt keine Sprühbefeuchtung der Luft, sondern durch ein geeignetes Wasserverteilsystem wird das komplette Wärmeübertrager-Paket mit Wasser beaufschlagt. Dieses Verfahren ist immer mit einem Überschuss an Wasser verbunden, das in einer Sammelwanne unter dem Rückkühler aufgefangen werden muss. Abhängig vom verwendeten System wird das überschüssige Wasser nach Aufbereitung dem Besprühungssystem wiederum zugeführt (Umlaufsystem) oder aber die Besprühung wird komplett mit Frischwasser durchgeführt, das hinterher abgeleitet wird. Der Vorteil des Umlauf-Systems besteht in einem geringeren Wasserverbrauch im Vergleich zum zweitgenannten System. Diesem Vorteil steht jedoch eine aufwändigere Wasseraufbereitung gegenüber.

Nachteil: Der gerätetechnische Aufwand ist höher als bei rein adiabatischer Befeuchtung und es wird im

Vergleich zu dieser mehr Wasser verbraucht. Des Weiteren erfordert das Verfahren mit Wasserumlauf zusätzlichen apparatetechnischen Mehraufwand für die Wasseraufbereitung.

### **Verfahren 3: Hybridkühlung mit zusätzlicher Wasserkühlung des Wärmeübertragerpakets**

Einige Unternehmen gehen in ihrer Auslegung noch weiter. Sie nutzen durch Erhöhung der Besprühungs-Wassermenge noch einen weiteren Effekt: Neben der eigentlichen Kühlung der angesaugten Luft (Abkühlung auf Feuchtkugel-Temperatur), erfolgt eine zusätzliche Wasserkühlung des Wärmeübertragerpakets.

Daher wird es möglich, bei der Geräteauslegung auf Lufttemperaturen zurückzugreifen, die noch unterhalb der eigentlichen Feuchtkugeltemperatur liegen.

Vorteil: Es wird die kleinstmögliche Geräteausführung im Vergleich der zuvor beschriebenen Verfahren erreicht.

Nachteil: Der Wasserverbrauch ist im direkten Vergleich am größten, da mit einem erheblichen Überschuss an Wasser gearbeitet werden muss. Die geringe Gerätegröße wird dadurch erkauft, dass bereits bei erheblich geringeren Umgebungslufttemperaturen mit der Besprühung begonnen werden muss und somit die effektiv notwendige jährliche Besprüh-Dauer weit oberhalb der Zeit für die Verfahren 1 und 2 liegt.

#### **Autor**

Dr.-Ing. Frank Alicke, Thermal Wärmetauscher-Systeme GmbH, Landsberg