



**BOLDROCCHI T.E.**  
TECNOLOGIE EVAPORATIVE

## **Beeinflussung der Schwadenentstehung / Hybrid**

### **WINTERLICHE SCHWADENENTSTEHUNG AN KÜHLTÜRME**

Das Funktionsprinzip von Anlagen für die Abkühlung von Wasser durch Verdunstung ist bekannt. Die zu kühlende Flüssigkeit (Wasser) wird zu einem engen Kontakt mit einem erheblichen Luftstrom gezwungen. Ein Teil des Wassers verdunstet, wird also von der Luft aufgenommen und mit dieser fortgetragen. Am Auslass des Kühlturms ist die Luft erheblich wärmer, enthält wesentlich mehr Wasser und besitzt einen höheren Taupunkt. Vor allem in den Wintermonaten, wenn die Außentemperatur absinkt, erfährt der warme und mit Feuchtigkeit gesättigte Luftstrom eine unvermittelte Abkühlung, sobald er mit der Außenluft in Kontakt kommt; fällt nun seine Temperatur unter den Taupunkt, kondensiert ein Teil des in der Luft enthaltenen Wassers und es entstehen die charakteristischen sichtbaren Dampfschwaden, aus denen schwerere Tröpfchen herabfallen und zu einem leichten Niederschlag führen.

### **WIE LÄSST SICH DIE SCHWADENENTSTEHUNG BEEINFLUSSEN?**

Die vorstehenden Erläuterungen zur (wenn auch begrenzten) Entstehung der Dampfschwaden sind erforderlich, um die Prinzipien besser verständlich zu machen, die dem von uns angebotenen System zugrunde liegen.

Zunächst haben wir ein System zur Nacherwärmung der austretenden Schwaden erwogen, die über einen Wasser-Luft-Wärmetauscher am Luftauslass erreicht wird; als erwärmendes Fluid dient hier das zu kühlende Wasser vor dessen Abkühlung.

Der am Auslass befindliche Wärmetauscher erzeugt jedoch einen konstanten Lastverlust auf der Luftseite, wodurch die Ventilatoren im Sommer unnötigerweise mehr Strom verbrauchen, wenn dieses System theoretisch nicht erforderlich wäre. Daher müsste die Gesamtoberfläche notwendigerweise gering bleiben (2, maximal 4 Elemente).

Die bei dieser Lösung auftretenden Probleme sind vielerlei Art und werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

- a) Auch im Winter bei einer Lufttemperatur von 0 °C liegt die Schwadentemperatur zwischen den Temperaturen am Wassereintritt und Wasseraustritt (siehe Verlauf der Sättigungskurve auf dem psychometrischen Diagramm). Es wird nur eine begrenzte Wärmemenge an die Schwaden abgegeben und somit sind auch Temperaturerhöhung und Abstand zur Sättigungslinie gering. Der einzige reale Effekt ist der physische Widerstand gegen das Austreten der Schwaden, deren Kompaktheit somit verringert und deren Absorption in der Atmosphäre begünstigt wird.
- b) Welche Lösung soll man beim Wärmetauscher wählen? Verbleibt das Wasser bei stillstehenden Pumpen im Wärmetauscher, besteht die Gefahr von Frostschäden, da das Wasser in den Rohren des Wärmetauschers sehr viel rascher gefriert als das Wasser in der restlichen Anlage, einschließlich der Hauptrohre. Lässt man das Wasser ab, sobald der Tauscher nicht mehr benötigt wird, ist das Einströmen von Sauerstoff unvermeidlich und daher besteht Rostgefahr; ein Tauscher aus Edelstahl wäre eine perfekte, aber auch sehr kostspielige Lösung.

Wir haben daher einen anderen Weg beschritten. Ausgehend von der Tatsache, dass in der kalten Jahreszeit die für die Wärmeabfuhr erforderliche Luftmenge geringer ist, haben wir das nachstehend beschriebene System entwickelt:

- Die Ventilatorleistung bleibt im Winter unverändert bei 100 % und die Tautemperatur der Schwaden wird durch eine kontrollierte Zufuhr einer bestimmten Menge an Außenluft abgesenkt.
- Durch diese Absenkung verringert sich die Temperaturdifferenz zwischen der Außenluft und den Schwaden um rund die Hälfte, sodass die für die Abkühlung der Schwaden erforderliche Zeit zunimmt.

Ein Großteil der durch die abrupte Abkühlung der Schwaden bedingten Kondensation findet im Plenum statt, das Teil des Kühlturms ist.

Der Bedarf an Außenluft ist umso größer, je niedriger die Außentemperatur liegt, also immer dann, wenn die für den Kühlturm erforderliche Luftmenge geringer ist. Daher wird die Zufuhr an Außenluft über servogesteuerte Öffnungsklappen geregelt.

In der Praxis lässt sich dieses System vorteilhaft an Verdunstungskühlungsanlagen einsetzen, die mit Saugzugventilatoren einen Luftstrom erzeugen.

Das Plenum befindet sich möglichst zwischen dem System zur Wasserverteilung und den Tropfenabscheidern oder zwischen den Abscheidern und dem Ventilator und verfügt über servogesteuerte Öffnungsklappen.

Während der Sommermonate bleiben diese Klappen geschlossen und sind keine Stellgröße des Regelungssystems; in den Wintermonaten regelt ein die Wassertemperatur

kontrollierender proportionaler Thermostat die Klappenöffnung und veranlasst bei vollständiger Klappenöffnung auch ein Abschalten der Ventilatoren, soweit dies erforderlich ist.

Darüber hinaus lässt sich das System durch zusätzliche Wasser-Luft-Wärmetauscher an den Öffnungsklappen weiter ausbauen.

Bei dieser Lösung ist die Temperaturdifferenz zwischen dem zu kühlenden Wasser und der Außenluft höher, was die folgenden Vorteile bietet:

- a) Erhöhung der Schwadentemperatur ebenso wie der Tautemperatur (größerer Abstand zur Sättigungskurve);
- b) Entzug von Wärme durch Trockenkühlung, die somit nicht mehr über Verdampfung abgeführt werden muss.
- c) Ungelöst bleiben jedoch die bereits angesprochenen Probleme durch Frostschäden und Korrosion.

## **DAS PHÄNOMEN DER WINTERLICHEN SCHWADENENTSTEHUNG AN KÜHLTÜRME**

Wie es allgemein unter Fachleuten bekannt ist, ermöglichen die Anlagen zur thermischen Aufbereitung von industriellem Kühlwasser, die auch als Kühltürme oder Verdunstungstürme bezeichnet werden, eine Abkühlung auch erheblicher Wassermengen zu relativ geringen Kosten mittels der Verdunstung eines kleinen Teils des Wassers (üblicherweise 2–3 % der Wassermenge). Ein kräftiger, von den im oberen Turmbereich befindlichen Ventilatoren erzeugter Luftstrom begünstigt die Verdunstung, sodass die Luft und das zu kühlende Wasser in engen Kontakt miteinander treten. Der aus den Türmen austretende Luftstrom ist für gewöhnlich wärmer und sehr viel feuchter als die umgebende Atmosphäre. Heutzutage sind einige Landschaften von den weithin sichtbaren, jedoch unschädlichen Dampfschwaden gekennzeichnet, die aus den Kühltürmen von Industrieanlagen aufsteigen. Dieses wie gesagt absolut unschädliche Phänomen bleibt zwar im Sommer ohne größere Folgen, im Winter hingegen kann es Anlass zu Kontroversen mit den Anrainern geben, deren Immobilien kontinuierlich von der Feuchtigkeit beeinträchtigt werden und deren Grundstücksflächen rutschig sind oder vereisen. Zudem müssen die für den Straßenverkehr zuständigen Behörden einschreiten, wenn das Phänomen sich auf die Verkehrswege auswirkt, und in jüngerer Zeit auch die Umweltschutzstellen, die mit zunehmender Zahl der Fälle zu einer nicht immer positiven Bewertung der Auswirkungen des weithin sichtbaren Phänomens auf die Umgebung tendieren. Die Frage, die die Technikabteilung unserer Firma sich daher gestellt hat, war folgende: Ist es zu vertretbaren Kosten möglich, das störende Phänomen der winterlichen Dampfschwaden an Kühltürmen zu beseitigen oder zumindest zu reduzieren? Heute können wir diese Frage in weiten Teilen bejahen. Es ist möglich, das Phänomen drastisch zu reduzieren und dies auch mit relativ geringem finanziellen Aufwand, sowohl hinsichtlich der Investitionen als auch der Betriebskosten. Die außergewöhnliche Lösung für eine partielle Reduzierung der winterlichen Dampfschwaden basiert auf bekannten und anerkannten Prinzipien, sie behindert den Luftstrom auf der Druckseite der Ventilatoren nicht (was den Kühlturm in den Sommermonaten beeinträchtigen würde) und benötigt über die für den normalen Betrieb erforderliche Menge hinaus keine zusätzliche Energie. Bedauerlicherweise ist eine Nachrüstung bestehender Kühltürme nicht möglich, während für alle Neuanlagen von Boldrocchi T.E. dieses System angefragt werden kann.