

Neue Luftkühlertechnologie von Küba

Lebensmittelkühlung muss keine trockene Angelegenheit sein

Peter Franke, Baierbrunn

Obst, Gemüse, Fleisch oder Wurstwaren verlieren während der offenen Lagerung Feuchtigkeit. Wird diesen Waren aber zu viel Feuchtigkeit entzogen, sinkt der Warenwert rapide ab. Mit dem Einsatz innenberippter Rohre und dem neuen „Temperature Equalizing System“ optimiert Küba die Luftkühler der Baureihe SG.C und sorgt für mehr Effizienz sowie eine schonendere Kühlung.

Bei der Küba Kältetechnik GmbH, Baierbrunn, ist die Entwicklung neuer Luftkühler immer mit der Anwendung neuer Technologien verbunden. Dies wurde jetzt bei der Neugestaltung der Luftkühler-Baureihe SG.C fortgesetzt.

Im Ergebnis entstand ein noch effektiveres Produkt für vielfältigste Anwendungsbereiche. Vor allem die Kühlung von sensiblen Waren, wie beispielsweise von nicht verpacktem Gemüse, Obst, Fleisch und Wurstwaren, wird damit noch sicherer

und schonender – unter anderem durch den Einsatz von innenberippten Rohren und des Küba Temperature Equalizing System.

Innenberipptes Rohr

Innenberippte Rohre (Bild 1) werden bereits seit Jahren in der Kältetechnik verwendet. Sie erhöhen den inneren Wärmeübergang bei Luftkühlern für Direktexpansion und somit deren Leistung. Diese Leistungssteigerung führt allerdings zu einer erhöhten Entfeuchtung der Raumluft.

Genau hier lag die Herausforderung: Bei verpackten Waren ist die erhöhte Entfeuchtung unproblematisch, da diese Waren keinen direkten Kontakt zur Raumluft haben und ihnen daher keine Feuchtigkeit entzogen werden kann. Kritisch war die Anwendung der innenberippten Rohre aber bislang bei sensiblen unverpackten Waren. Während der Lagerung wird dem Kühlgut nämlich Feuchtigkeit entzogen. Dies kann im Extremfall bis zum kompletten Warenverderb führen. Durch viele Messreihen, Prüfungen und Tests konnte Küba den Einsatz innenberippter Rohre nun so optimieren, dass im Bereich sensib-

zum Autor

**Dipl.-Ing.
Peter Franke,**
Produktmanager,
Küba
Kältetechnik GmbH,
Baierbrunn



ler Waren hohe Luftfeuchtigkeiten und damit nur eine geringe Entfeuchtung der offenen Waren, realisiert werden können.

Einfluss auf Leistung und Druckverlust

Das grundsätzlich innovative Moment innenberippter Rohre ist, dass der kältemittelseitige Druckverlust zu bestehenden Systemen halbiert werden kann. Dabei kommt es aber auf die richtige Auslegung an. Die Leistung des Wärmetauschers mit innenberipptem Rohr ist bei optimierter Auslegung größer als die eines Geräts mit Glattrohr; außerdem ist der Druckverlust insgesamt geringer (Bild 2 und Bild 3). Durch den besseren inneren Wärmeübergang kann nämlich die Anzahl der Einspritzungen optimiert werden.

In den Diagrammen ist zu erkennen, dass zum einen die Leistung des Wärmetauschers mit innenberipptem Rohr größer und gleichzeitig der Druckverlust insgesamt geringer ist. Beispielsweise hat ein bestimmtes Gerät bei einer Temperaturdifferenz $DT_1 = 9 \text{ K}$ eine Leistung von $Q_o = 5,1 \text{ kW}$ und dabei einen Druckverlust von $\Delta p = 0,1 \text{ bar}$ in der Ausführung mit Glattrohr. Dasselbe Gerät mit innenberippten Rohr hat bei derselben Temperaturdifferenz eine Leistung $Q_o = 6,2 \text{ kW}$ bei einem viel geringeren Druckverlust von $\Delta p = 0,04 \text{ bar}$. So ermöglichen innenberippte Rohre in den Grenzbereichen bei

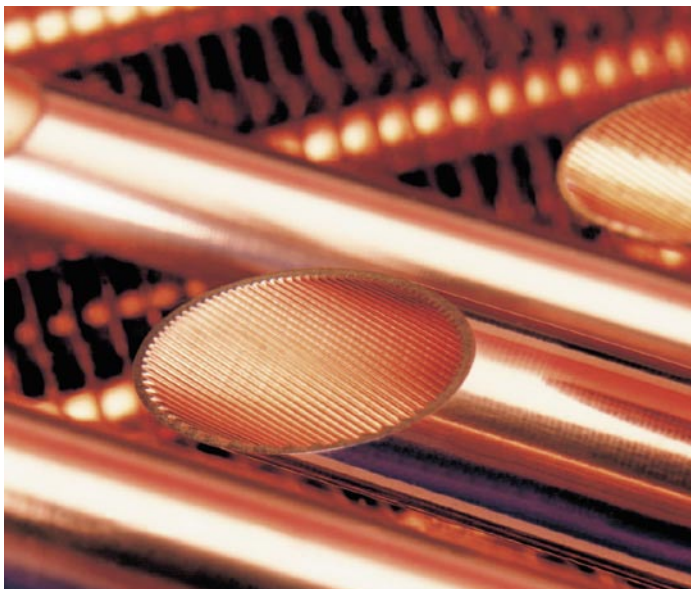


Bild 1 Schnitt durch ein innenberipptes Rohr

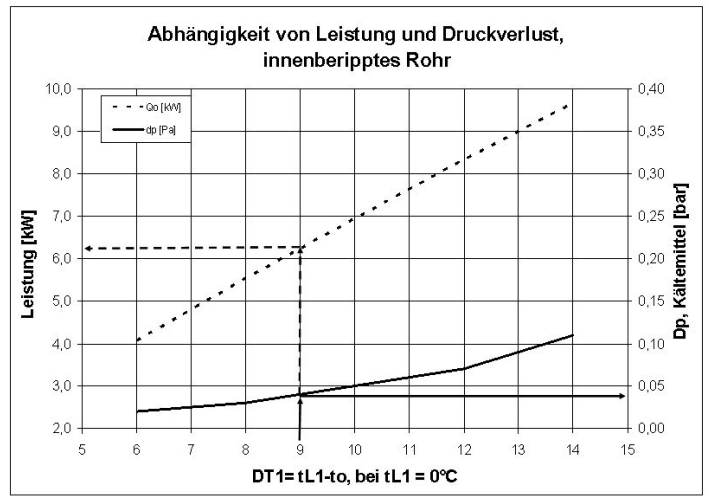
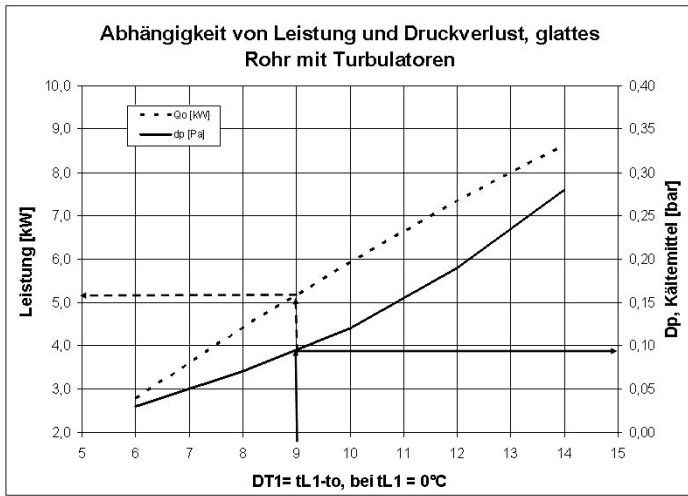


Bild 2 Druckverlust herkömmlicher Systeme

Bild 3 Druckverlust bei innenberippten Röhren

kleiner und hoher Temperaturdifferenz einen sicheren Einsatz der Geräte.

Entfeuchtung

Nun galt es, die Entfeuchtung, die durch innenberippte Rohre ausgelöst wird, zu reduzieren.

Die Entfeuchtung während des Kühlbetriebs spielt gerade bei sensiblen Waren eine ausschlaggebende Rolle. Die während der Lagerung entzogene Feuchtigkeit bei Obst, Gemüse, Fleisch und Wurstwaren kann dem Kühlgut später nie wieder zugeführt werden. Wird diesen offenen Waren zu viel Feuchtigkeit entzogen, sinkt der Warenwert rapide ab und kann bis zum kompletten Warenverderb führen. Der Grad der Entfeuchtung während des Kühlbetriebes ist von folgenden Einflussfaktoren abhängig:

- Wärmetauscherfläche
- Temperaturdifferenz DT1 zwischen Luft-eintrittstemperatur tL1 und Verdampfungstemperatur to (DT1 = tL1 - to)

Um die Entfeuchtung der beiden Geräte vergleichen zu können, ergeben sich zwei Vorgehensweisen:

1.) Vergleich bei gleicher Temperaturdifferenz

Zwei baugleiche Geräte mit Glattrohr und innenberipptem Rohr werden verglichen bei gleicher Temperaturdifferenz (Bild 4).

Die beiden Wärmetauscher haben dieselbe Fläche von 108,3 m² und arbeiten bei der gleichen Temperaturdifferenz DT1 = 8K. Dabei ist zu sehen, dass das Gerät mit innenberippten Röhren eine um 22% höhere Leistung hat, als das Gerät mit Glattrohr. Da nun bei gleicher Fläche die Leistung höher ist, ist die Entfeuchtung während des Kühlprozesses ebenfalls höher.

Einem Raum wird immer eine gewisse Energie entzogen, dabei benötigt das Gerät mit innenberipptem Rohr und 22% Mehrleistung nun auch 22% weniger Zeit um diese Last abzuführen. Dies ist bei der Berechnung der Entfeuchtung einzurechnen, wie Bild 4 zeigt. Somit ist die Entfeuchtung

bei gleicher Temperaturdifferenz DT1 geringfügig höher bei dem innenberippten Rohr im Vergleich zum Glattrohr.

2.) Vergleich bei gleicher Leistung

Vergleicht man nun die baugleichen Geräte bei gleicher Leistung Q₀, so kann die Verdampfungstemperatur bei dem Gerät mit innenberipptem Rohr angehoben werden. Die Temperaturdifferenz DT1 reduziert sich somit um 2K, wie in Bild 5 dargestellt.

Die beiden Wärmetauscher haben nun in etwa dieselbe Leistung von Q₀=14,2 kW bei einer Fläche von 108,3 m². Das Gerät mit dem innenberippten Röhren arbeitet jedoch bei einer Verdampfungstemperatur von to = -4°C und nicht bei to = -6°C wie das Gerät mit Glattrohr. Durch die gleiche Leistung benötigen beide Geräte dieselbe Zeit, um die Kühllast aus dem Raum zu führen. Wegen der kleineren Temperaturdifferenz von 2K bei gleicher Leistung ist aber die Entfeuchtung bei dem Gerät mit innenberipptem Rohr um 0,49 l/h geringer

Vergleich 1:	Luftkühler mit Glattrohr	Luftkühler mit Innenberipptem Rohr	Differenz Δ
- Gleiche Temperaturdifferenz			
- Unterschiedliche Leistung			
- Gleicher Luftkühler			
- Gleiche Fläche			
Wärmetauscherfläche A =	108,3 m ²	108,3 m ²	0 %
Luft-eintrittstemperatur tL1 =	+2 °C	+2 °C	0 K
Verdampfungstemperatur to =	-6 °C	-6 °C	0 K
DT1 = tL1 - to =	8 K	8 K	0 K
Leistung Q ₀ =	14,1 kW	17,16 kW	22 %
Entfeuchtung Δx, bei gleicher Laufzeit der Anlage =	5,26 l/h	7,14 l/h	1,88 l/h
Entfeuchtung Δx, bei gleicher Wärmeabfuhr, d.h. die Laufzeit bei innenberippten Rohr ist 22% geringer, da sie Leistung 22% höher ist	5,26 l/h	5,57 l/h	0,31 l/h

Vergleich 2:	Luftkühler mit Glattrohr	Luftkühler mit Innenberipptem Rohr	Differenz Δ
- Unterschiedliche Temperaturdiff.			
- Gleiche Leistung			
- Gleicher Luftkühler			
- Gleiche Fläche			
Wärmetauscherfläche A =	108,3 m ²	108,3 m ²	0 %
Luft-eintrittstemperatur tL1 =	+2 °C	+2 °C	0 K
Verdampfungstemperatur to =	-6 °C	-4 °C	-2 K
DT1 = tL1 - to =	8 K	6 K	2 K
Leistung Q ₀ =	14,1 kW	14,2 kW	1 %
Entfeuchtung Δx, bei gleicher Laufzeit der Anlage =	5,26 l/h	4,82 l/h	-0,44 l/h
Entfeuchtung Δx, bei gleicher Wärmeabfuhr, d.h. die Laufzeit bei innenberippten Rohr ist 1% geringer, da sie Leistung 1% höher ist	5,26 l/h	4,77 l/h	-0,49 l/h

Bild 4 Vergleich bei gleicher Temperaturdifferenz und unterschiedlicher Leistung

Bild 5 Vergleich bei gleicher Leistung und unterschiedlicher Temperaturdifferenz

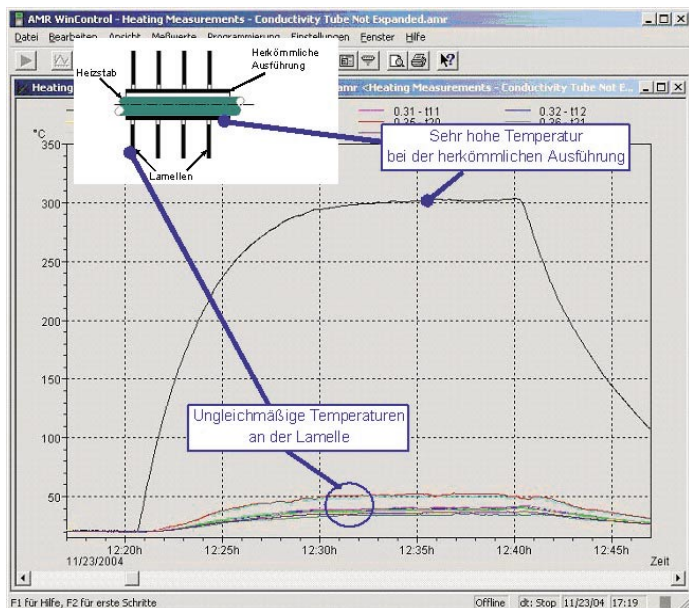


Bild 6 Herkömmliche Ausführung: Elektrischer Heizkörper in einem einfachen Rohr, $t_{max} = 300^{\circ}\text{C}$

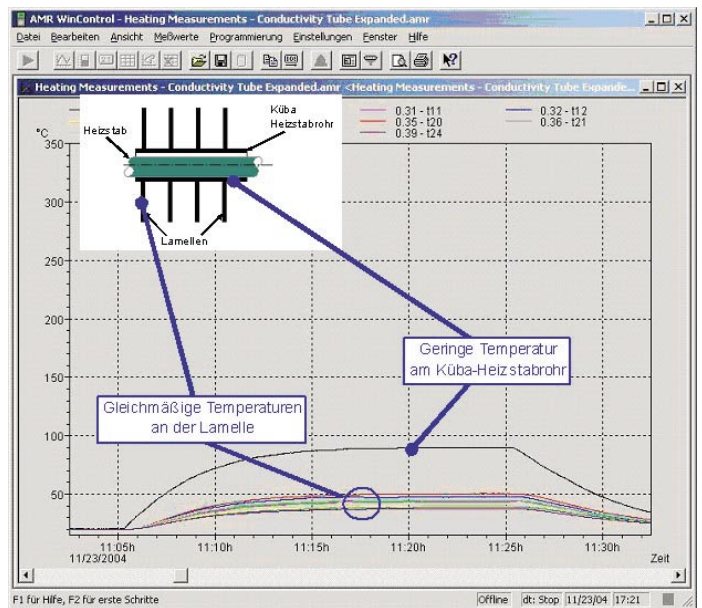


Bild 7 Rohrheizkörper im Küba Wärmeleitrohr, $t_{max} = 90^{\circ}\text{C}$

als bei dem Gerät mit Glattrohr. Aufgrund der geringeren Entfeuchtung im Kühlbetrieb kann damit eine hohe Raumluftfeuchte erreicht werden. Somit sind die hohen Anforderungen bei der Lagerung sensibler Waren erfüllt.

Abtauung mit Küba TES

Neben dem optimierten Einsatz innenberippter Rohre weist die Baureihe SG.C mit dem neuen Küba Temperature Equalizing System, kurz TES, eine weitere Neuheit auf. TES optimiert die Abtauung. Darauf ist bei der Neuentwicklung von Luftkühlern stets zu achten. Mit TES wird die unerwünschte Dampfschwadenbildung während der Abtauung vermindert und so die Eisbildung reduziert. TES steht für zwei Neuerungen:

- Reduzierung der Oberflächentemperaturen in der Nähe der Heizstäbe, um ein Verdampfen des Tauwassers zu verhindern.
- Anordnung der elektrischen Heizstäbe für eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Wärmetauscher.

Gleichmäßige Oberflächentemperaturen

Zum Hintergrund: Normalerweise entstehen während der Abtauung durch die Erwärmung des Wärmetauschers Dampfschwaden. Diese feucht-warme Luft setzt sich im Kühlraum in Form von Eis ab, es

kommt zu den gefürchteten „Tropfsteinhöhlen“. Zudem ist die Dampfschwadenbildung ein sichtbares Zeichen für die Ineffizienz der Abtauung. Ganz verhindern lässt sich die Dampfschwadenbildung nicht, da während der Abtauung immer ein Temperaturgefälle zwischen Umgebungsluft und Wärmetauscher besteht. Dies ist kein Wunder, schließlich werden bei der elektrischen Abtauung die Heizstäbe bis zu 350°C warm. Wenn während der Abtauung ein Kondenswassertropfen auf einen solchen Heizstab trifft, wird der Tropfen verdampfen. Leitet man nun die am Heizstab entstehende Wärme geschickt auf die umgebende Lamelle, so ist es keine punktuelle Erwärmung am Heizstab, sondern eine gleichmäßige Erwärmung über die Lamellenoberfläche.

Wird die Wärme über eine größere Fläche verteilt, ist das Ergebnis eine gleichmäßige Oberflächentemperatur bei geringem Temperaturniveau. Fließt dann ein Kondensattropfen über diese Fläche, wird dieser nicht verdampfen.

Um diese theoretische Betrachtungsweise zu untermauern, wurden im Küba eigenen Forschungs- und Entwicklungslabor Versuchsreihen gestartet. Es wurden unter anderem unterschiedliche Verfahren geprüft:

- Herkömmliche Ausführung: Elektrischer Heizstab in einem Rohr
- Küba-Ausführung: elektrischer Heizstab in einem Wärmeleitrohr

Die Ergebnisse sind in den Bildern 6 und 7 zusammengefasst.

Im ersten Versuch sind die Rohrheizkörper in der herkömmlichen Weise angebracht und es entstehen in der Nähe der Heizstäbe, (Bild 6) Temperaturen bis zu 300°C . Trifft nun während der Abtauung Kondenswasser an diese Stellen, wird dieses zwangsläufig verdampfen, und der entstehende Dampf wird sich in Form von Eis im Kühlraum absetzen.

Durch die hohen Temperaturen entsteht ein hoher konvektiver Anteil der Abtauenergie, der den Abtauwirkungsgrad sinken lässt.

In einem weiteren Versuch wird das Küba-Wärmeleitrohr unter denselben Bedingungen untersucht. In Bild 7 ist zu erkennen, dass sich die maximale Temperatur in der Nähe des elektrischen Heizstabes drastisch senkt auf maximal 90°C . Des Weiteren sind die Temperaturen auf der Lamelle sehr gleichmäßig verteilt. Durch diese geringen Temperaturen, selbst in der Nähe der kritischen Bereiche, wird das abtropfende Wasser nun nicht mehr verdampfen und somit wird die Schwadenbildung während der Abtauung drastisch reduziert.

Mit dem Wärmeleitrohr erfolgt die Abtauung von innen heraus, sprich durch Erwärmung der Lamelle. Dies ist der

Grund, wieso die Effizienz der Abtauung gesteigert wird. Das Ergebnis ist eine effektive Abtauung mit wenig Dampfbildung und geringer Vereisung im Kühlraum.

Anordnung der Heizstäbe

Ein Übriges, um die Abtauung zu verbessern und die Eisbildung zu verhindern, tut die Anordnung der Heizstäbe. Die richtig angeordnete elektrische Abtauung zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- Gleichmäßige Abtauung über den gesamten Wärmetauscher
- Sicheres Abtauende durch Erzeugen eines kältesten Punktes während der Abtauung zur Positionierung des Abtauendefühlers

Durch viele Messungen und Versuche wurde die Heizstabanordnung so optimiert, dass eine gleichmäßige und schnelle Abtauung erfolgt und für die Anordnung des Abtauendefühlers klare Positionen angegeben werden können. Dies wird erreicht, indem durch die Heizstabanordnung ein kältester

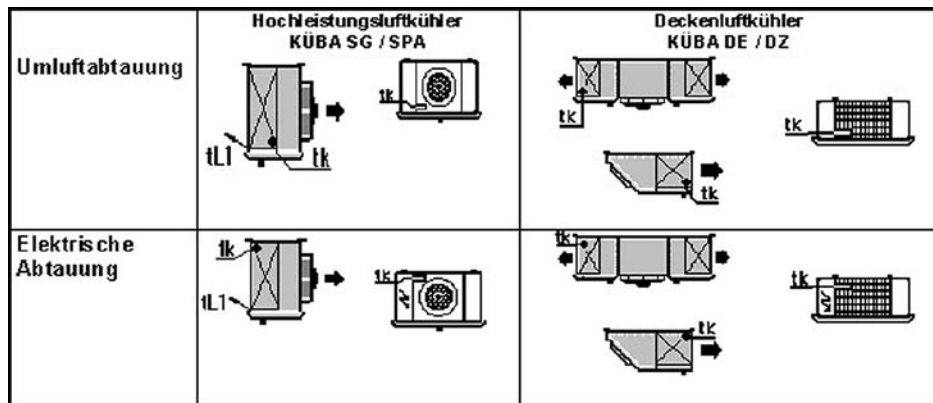


Bild 8 Position t_k des Abtauendefühlers bei Küba-Luftkühlern

Punkt während der Abtauung erzwungen wird. Wird an diesem Punkt das Abtauende ermittelt, ist sichergestellt, dass am restlichen Luftkühler kein Eis mehr vorhanden ist. Ein weiterer Eisaufbau von Eisresten ist somit nicht möglich.

Eine sichere Positionierung des Abtauendefühlers führt zu einer sicheren Abtauung der Luftkühler. Zusammen mit der bewährten Ausstattung, wie CAL[®]-Verteiler für eine gleichmäßige Kältemittelverteilung oder dem Küba-Luftgleichrichter für gleichmäßige Warentemperatur, sind die neuen Luftkühler nun für noch mehr Anwendungsbereiche geeignet. ■