

Effizienzsteigerung an Verdampfern

Warum bereifen Verdampfer heute stärker als früher?

Seit Beginn des Einsatzes von luftbeaufschlagten Verdampfern haben unterschiedliche technische Änderungen zu Effizienzsteigerungen geführt. Bisher wurden diese effizienzsteigernden Maßnahmen häufig nicht bei der Verdampferauswahl berücksichtigt, was im Betrieb unerwünschte Auswirkungen mit sich bringen kann.

Die nachfolgenden Beispiele sollen die innovativen Weiterentwicklungen in der Verdampfer-technik und deren Auswirkungen auf die Komponentenauswahl erläutern. Die rote Linie in Abb. 1 symbolisiert den Temperaturverlauf zwischen wärmeübertragender Innenfläche und Außenoberfläche eines Verdampferrohres. Der sogenannte Wärmeübertragungskoeffizient α spielt hier eine entscheidende Rolle. Je steiler der Verlauf der Linie, desto schlechter ist der Wärmeübertragungskoeffizient, und je flacher sie verläuft, desto besser ist er.

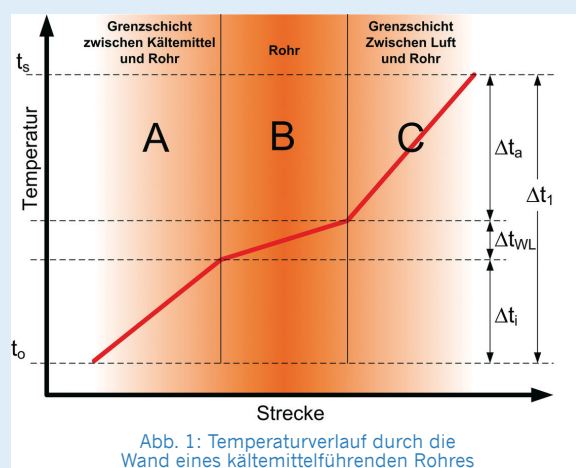


Abb. 1: Temperaturverlauf durch die Wand eines kältemittelführenden Rohres

Bereich A ist in der Abbildung die sogenannte thermische Grenzschicht zwischen Kältemittel und Rohr; Bereich C die thermische Grenzschicht zwischen Rohr und Kühlraumluft. B stellt die Wärmeleitung durch das Rohrmaterial selbst dar. Die Verbesserung der Wärme-

übertragungseigenschaften von Verdampfern wurde in der Vergangenheit hauptsächlich mit der Verbesserung des Wärmeübertragungskoeffizienten α_{innen} und $\alpha_{\text{außen}}$ ermöglicht.

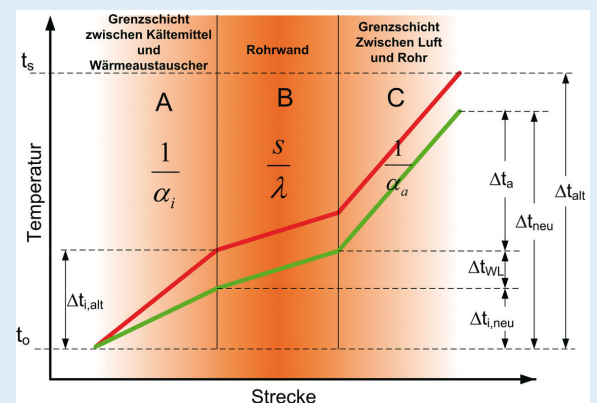


Abb. 2: Temperaturverlauf durch ein kältemittelführendes Rohr bei verbesserter innerer Wärmeübertragung

Einsatz innenberippter Rohre

Durch die Innenberippung der Verdampferrohre werden bei der Verdampfung des Kältemittels die Turbulenzen im Rohr erhöht. Dies führt zu besseren Wärmeübertragungseigenschaften und somit zu erhöhter Verdampferleistung. Gleichzeitig werden durch die Innenberippung der Rohre die wärmeübertragende Fläche vergrößert und eine deutliche Verbesserung von α_i erreicht (siehe grüne Temperaturlinie). Die Verbesserung von α_i wirkt sich allerdings ausschließlich auf die Temperaturdifferenz Δt_i aus, diese wird kleiner und der k-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) wird insgesamt größer. Der grün dargestellte Temperaturverlauf verläuft in den Bereichen B und C parallel zur rot dargestellten Temperaturlinie, und beide Temperaturdifferenzen sind in diesem Bereich gleich.

Verbesserter Verdampferaufbau durch versetztes Rohrsystem

Früher wurden Verdampfer ausschließlich mit fluchtendem Rohrsystem versehen, doch wurde durch die Entwicklung von versetzten Rohrsystemen der α_a -Wert erheblich verbessert. Beim versetzten Rohrsystem sind im Verhältnis mehr kältemittelführende Rohre auf der gleichen Fläche unterzubringen. Verstärkte Turbulenzen an der Rohraußenseite begünstigen dabei zusätzlich den Wärmetransport und verbessern den k-Wert.

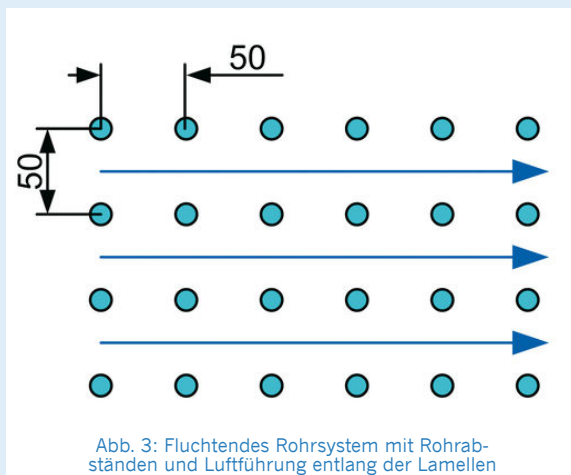


Abb. 3: Fluchtendes Rohrsystem mit Rohrständen und Luftführung entlang der Lamellen

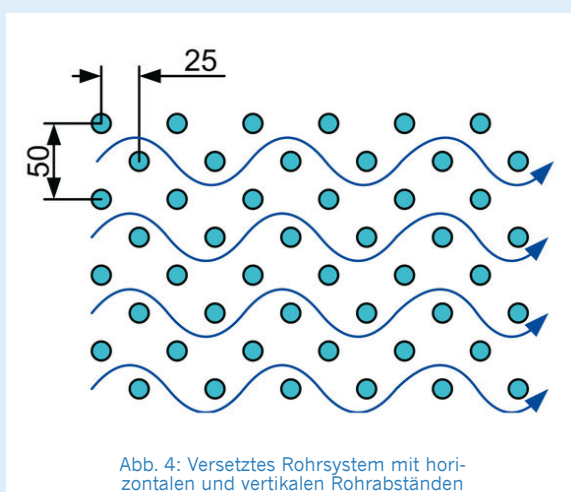


Abb. 4: Versetztes Rohrsystem mit horizontalen und vertikalen Rohrständen

Strukturierte Lamellen

Die Einführung strukturierter Lamellen trug wesentlich zur Leistungssteigerung von Verdampfern bei. Auch diese Veränderung wirkte

sich ausschließlich auf den äußeren Wärmeübertragungskoeffizienten α_a aus, wodurch der k-Wert von Verdampfern insgesamt beträchtlich stieg.

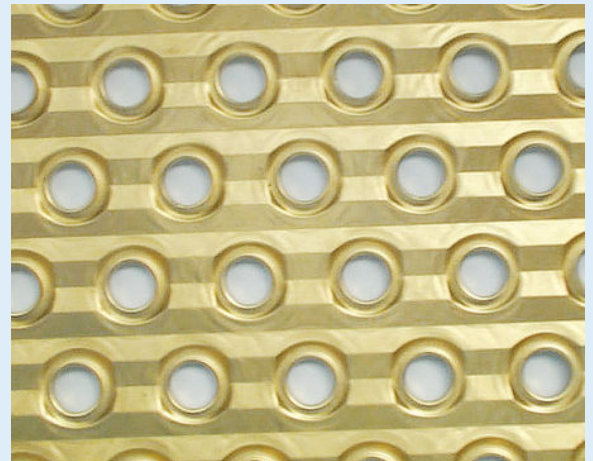


Abb. 5: Strukturierte Lamelle

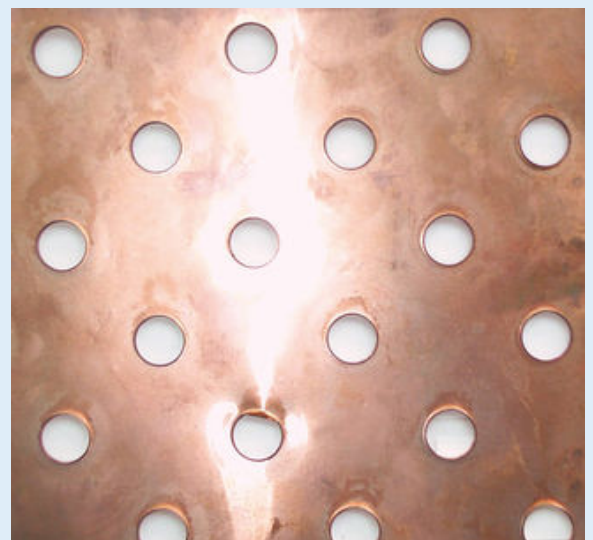
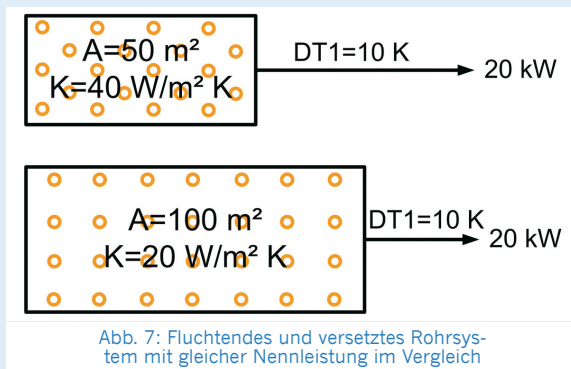


Abb. 6: Glatte Lamelle

Der Einfluss von Verdampferoberfläche auf Entfeuchtung und Bereifung

Abb. 7 zeigt zwei Möglichkeiten, die gleiche Kälteleistung mit unterschiedlicher Verdampferoberfläche auszulegen.



Für beide gilt:

$$Q_0 = A \times k \times \Delta T \text{ in W}$$

Q_0 = Kälteleistung

A = Verdampferoberfläche

k = Wärmedurchgangskoeffizient

ΔT = mittlere log-Temperaturdifferenz (Δt_m)

ΔT_1 = Lufteintrittstemperaturdifferenz

Im oberen Beispiel werden mit versetztem Rohrsystem und dem daraus resultierenden guten k-Wert von 40 W/m² K insgesamt 20 kW Nennleistung erreicht. Hingegen wird beim fluchtenden Rohrsystem aufgrund des schlechteren Wärmeüberganges an der Rohraußenwand nur ein k-Wert von 20 W/m² K erzielt, und man benötigt die doppelte Verdampferoberfläche, um die gleiche Nennleistung bei gleichem DT1 zu erreichen.

Bei gleichem DT1 (Temperaturdifferenz zwischen Verdampfungstemperatur und Lufteintrittstemperatur) von 10 Kelvin bereift der Verdampfer mit der größeren Rohroberfläche und dem fluchtenden System aufgrund des schlechteren k-Wertes und der daraus resultierenden höheren Oberflächentemperatur etwas weniger als der mit versetztem Rohrsystem.

Um eine möglichst geringe Entfeuchtung der Raumtemperatur und somit des Kühlgutes zu gewährleisten, werden heute nach neuesten Forschungsergebnissen Verdampfer mit großem k-Wert, jedoch mit möglichst kleinem DT1 (siehe Beispiel Abb. 8, DT1 = 5 K) eingesetzt.

Die Auslegung des Verdampfers mit nur 5 Kelvin DT1 birgt nicht nur bei der Entfeuchtung erhebliche Vorteile, sondern auch bei der Auslegung des Verdichters.



Die Verdichterauswahl

Kleinerer Verdichter

Bei der Verdichterauswahl wird man feststellen, dass man ggf. mit einem kleineren Verdichter die neu errechnete, niedrigere Kälteleistung erzeugen kann.

Bsp. 1: $t_0 = -10 \text{ °C}$, $t_c = 40 \text{ °C}$, $\Delta T_1 = 10 \text{ K}$
 $Q_0 = 20 \text{ kW}$
 ⇒ Bitzer Verdichter 4VCS-6.2Y-40P: 3.711 €

Bsp. 2: $t_0 = -5 \text{ °C}$, $t_c = 40 \text{ °C}$, $\Delta T_1 = 5 \text{ K}$
 $Q_0 = 20 \text{ kW}$
 ⇒ Bitzer Verdichter 4DCS-5.2Y-40S: 2.585 €

Geringere Stromaufnahme des Verdichters

Durch Anhebung der Verdampfungstemperatur von -10 °C auf -5 °C erhöht sich der Carnot'sche Gütegrad des Verdichters (s. Berechnung), wodurch sich seine elektrische Stromaufnahme um 13 % verringert.

$$COP_{-10^{\circ}C} = \frac{T_0}{T_c - T_0} \cdot \eta_{ise} = \frac{(273 - 10)}{(273 + 35) - (273 - 10)} \cdot 0,5 = 2,92$$

$$COP_{-5^{\circ}C} = \frac{T_0}{T_c - T_0} \cdot \eta_{ise} = \frac{(273 - 5)}{(273 + 35) - (273 - 5)} \cdot 0,5 = 3,35$$

Geringere Entfeuchtung → weniger Abtauungen

Durch Anhebung der Verdampfungstemperatur verringert sich die Kondensatmenge am Verdampfer, und daher fällt bei negativen Verdampfungstemperaturen weniger Reif an, der abgetaut werden muss. Die Abtauzeiten werden kürzer, und die Abtauintervalle können reduziert werden. Dies spart Abtauenergie und somit auch Geld.

Geringere Entfeuchtung der Raumluft → weniger Gewichtsverlust unverpackter Lebensmittel

Bei niedrigen Verdampfungstemperaturen steigt die Entfeuchtung der Kühlraumluft und somit gleichzeitig die Entfeuchtung unverpackter Lebensmittel im Kühlraum. Unverpackte Lebensmittel wie z. B. Fleisch, Obst, Gemüse und Käse werden ebenso wie die Raumluft entfeuchtet und verlieren neben ihrem natürlichen Aussehen auch an Gewicht.

Zusammenfassung

Der Kühlraumbetreiber muss demnach neben erhöhten Energiekosten für Verdichterbetrieb und Abtauenergie auch Gewichtsverluste und schlechtes Aussehen der Ware kompensieren.

Die eventuell höheren Anschaffungskosten für einen großzügig ausgelegten Verdampfer oder ein Modell aus unserer GHFB-Bio-Baureihe wird der versierte Kälteanlagenbauer ganz sicher dem Endkunden als rundherum lohnende Investition darstellen können, und somit neben seiner fachlichen Kompetenz auch seine Umsicht und sein Energiebewusstsein unter Beweis stellen.

Bei Rückfragen steht Ihnen unser Verkaufsteam jederzeit gerne zur Verfügung!