

Aktuelles Branchenthema

# Einfluß der Heißgastemperatur auf die Verflüssigerleistung

Franz Summerer, Fürstenfeldbruck

Bei der Auslegung von Verflüssigern spielt neben der Verflüssigungs- und der Lufttemperatur auch die Heißgastemperatur eine Rolle. Über diese unter Fachleuten unumstrittene Tatsache wird in letzter Zeit jedoch viel Verwirrung erzeugt, so daß weniger erfahrene Kunden stark verunsichert werden. Tatsächlich folgt der Einfluß der Heißgastemperatur recht einfachen thermodynamischen Regeln und läßt sich deshalb genau so einfach bestimmen, vorausgesetzt man ermittelt die Leistung thermodynamisch und nicht über Umrechnungsfaktoren.

Grundsätzlich finden im Verflüssiger drei Teilprozesse statt, nämlich

1. Abkühlung des überhitzten Kältemittels (Heißgas) auf die Verflüssigungstemperatur
2. Verflüssigung des Kältemittels
3. Unterkühlung des flüssigen Kältemittels

Die Unterkühlung kann, wenn nicht spezielle Maßnahmen dafür vorgesehen werden, nicht reguliert werden und ist in der Regel kleiner als 1 Kelvin. Sie spielt

damit für die Gesamtleistung eine eher vernachlässigbare Rolle und soll deshalb nicht weiter betrachtet werden. Die Gesamtleistung des Verflüssigers besteht somit aus der Abkühlung des Heißgases (Enthitzung) und der Verflüssigung.

Wenn bei einem gegebenen Wärmetauscher bei gleich bleibender Verflüssigungstemperatur die Heißgastemperatur steigt, fällt mehr Enthitzungsleistung an, da das Heißgas um einen größeren Betrag abgekühlt werden muß. Dadurch steigt die für die Enthitzung benötigte Wärmetauscherfläche bzw. Rohrlänge, so daß weniger für die eigentliche Verflüssigung zur Verfügung steht (Bild 1). Die eigentliche Verflüssigungsleistung geht somit zwangsläufig zurück. Damit ist jedoch keineswegs

zum Autor

**Dr. Franz Summerer,**  
Leiter IT und  
Thermodynamik,  
Hans Güntner  
GmbH, Fürstenfeldbruck



klar, was mit der Gesamtleistung des Verflüssigers passiert – der für alle Leistungsangaben relevanten Größe.

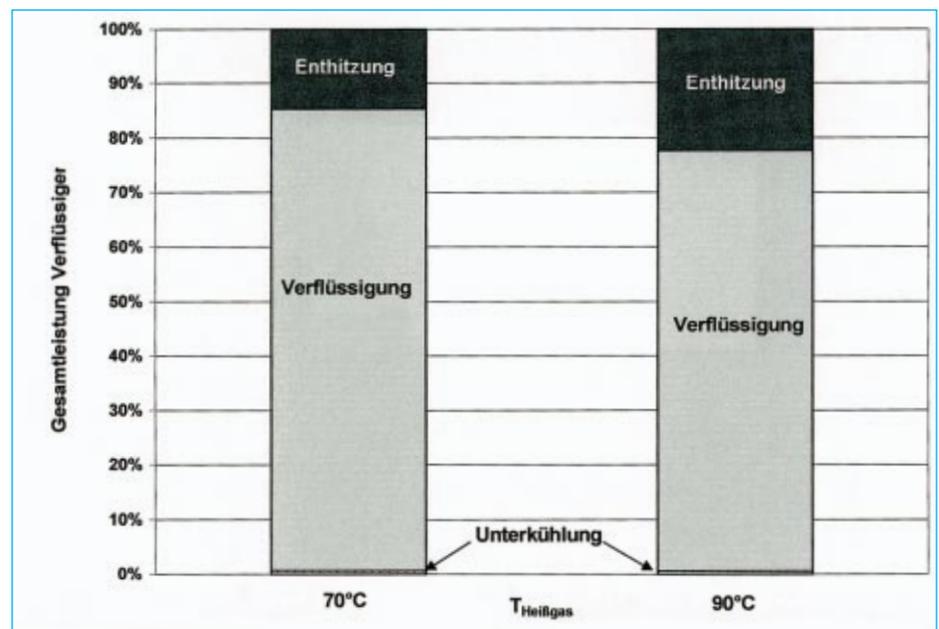


Bild 1 Aufteilung der Verflüssigerleistung auf die Teilprozesse

## Einfluß der Heißgastemperatur auf die Gesamtleistung

Durch eine Erhöhung der Heißgastemperatur kommen zwei gegenläufige Effekte zum Tragen. Zum einen findet eine Umschichtung der Leistungsabgabe von der niedrigeren Verflüssigungstemperatur zur höheren Heißgastemperatur statt. Die mittlere treibende Temperaturdifferenz steigt also an, was sich positiv für die Gesamtleistung auswirkt. Zum zweiten findet jedoch auch eine Umschichtung der Leistungsabgabe von einem relativ hohen inneren Wärmeübergang, nämlich dem der Verflüssigung, zu einem deutlich schlechteren, nämlich dem der Enthitzung statt. Dadurch sinkt der innere Wärmeübergang im Mittel, was sich natürlich negativ auf die Gesamtleistung auswirkt.

Beide Effekte hängen von sehr vielen Parametern ab. Betrachtet man jedoch einen definierten Wärmetauscher – d. h. Blockgeometrie, Luftmenge usw. sind fix – unter definierten Temperaturbedingungen, so ist der zweite Effekt, die Verschlechterung des Gesamtwärmeübergangs, hauptsächlich von der Strömungsgeschwindigkeit des Kältemittels bzw. von der Massendichte abhängig. Der Wärmeübergang ( $\alpha$ -innen) für die einphasige Enthitzung steigt nämlich mit zunehmender Kältemittelgeschwindigkeit wesentlich stärker an als der für die Verflüssigung. Somit nimmt auch das Verhältnis der Wärmeübergänge ( $\alpha$ -Enthitzung/ $\alpha$ -Verflüssigung) für beide Prozesse mit der Strömungsgeschwindigkeit bzw. mit der Massendichte zu, wie in Bild 2 zu sehen ist.

Die Verschlechterung des inneren Wärmeübergangs aufgrund der Leistungsumschichtung führt zu einer Verminderung des Gesamtwärmedurchgangs (k-Wert). Das Ausmaß dieser k-Wert-Verminderung hängt natürlich wieder von verschiedenen Parametern ab, wie etwa dem äußeren Wärmeübergangskoeffizienten. Betrachtet man jedoch wieder einen definierten Wärmetauscher, so ergibt sich ein klarer Zusammenhang zwischen der Änderung des k-Werts und der Massendichte des Kältemittels. Bild 3 zeigt dies für eine Änderung der Heißgastemperatur von 70 °C auf 90 °C bei einem R 22-Verflüssiger mit 40 °C Verflüssigungstemperatur.

Der gegenläufige Effekt – die Erhöhung der treibenden Temperaturdifferenz – hängt von sehr vielen Parametern ab, wie etwa von den Temperaturbedingungen, aber auch den Stoffdaten. Er ist jedoch weitgehend unabhängig von der Massendichte. Wenn man also wieder in einem definierten Verflüssiger unter defi-

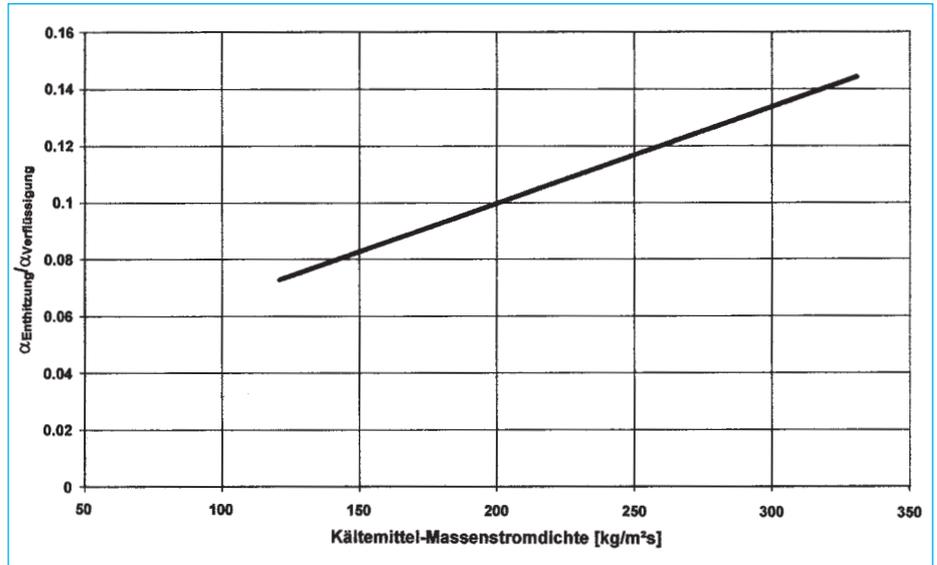


Bild 2 Verhältnis der inneren Wärmeübergangskoeffizienten

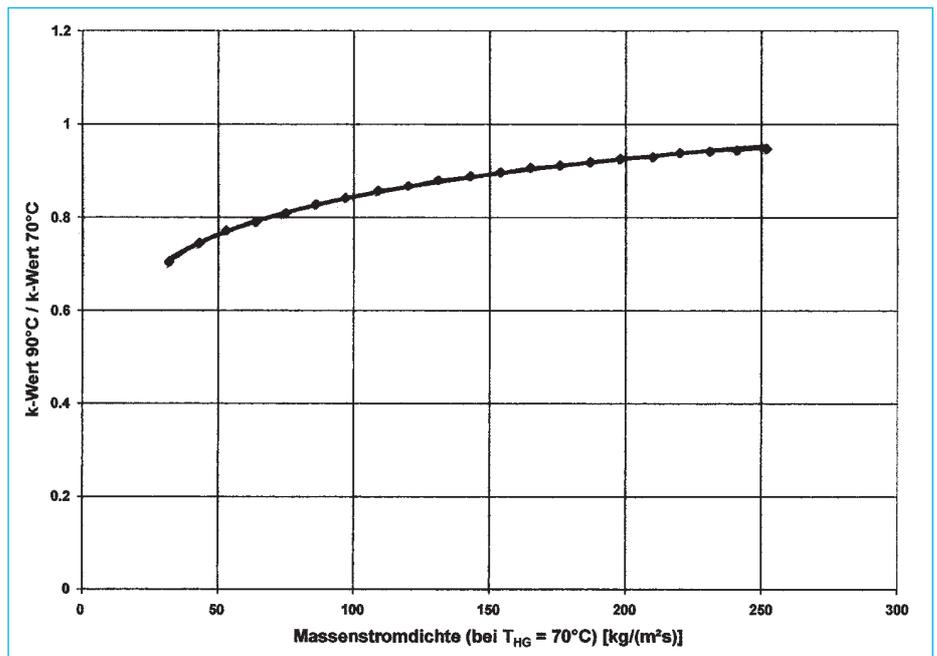


Bild 3 k-Wert-Minderung in Abhängigkeit der Massendichte

nierten Bedingungen nichts außer die Massendichte verändert, indem man die Paßzahl erhöht, so wird sich der k-Wert entsprechend Abbildung 3 verhalten, die Änderung der effektiven Temperaturdifferenz dagegen bei einem konstanten Wert liegen, für den genannten Fall bei genau 20 %. Somit ergibt sich für die Leistungsänderung der in Bild 4 er-

sichtliche Verlauf: Je nach Massendichte kann es bei einer Erhöhung der Heißgastemperatur zu einer Leistungssteigerung, aber auch zu einer Leistungsminde- rung kommen.

Es muß an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich betont werden, daß dieser Verlauf nur für einen ganz bestimmten Wärmetauscher unter klar definierten Bedingungen gilt. Ändert man beispielsweise nur die Temperaturbedingungen, so ergibt sich ein ganz anderer Verlauf. Wählt man gar ein anderes Kältemittel, etwa R 404A,

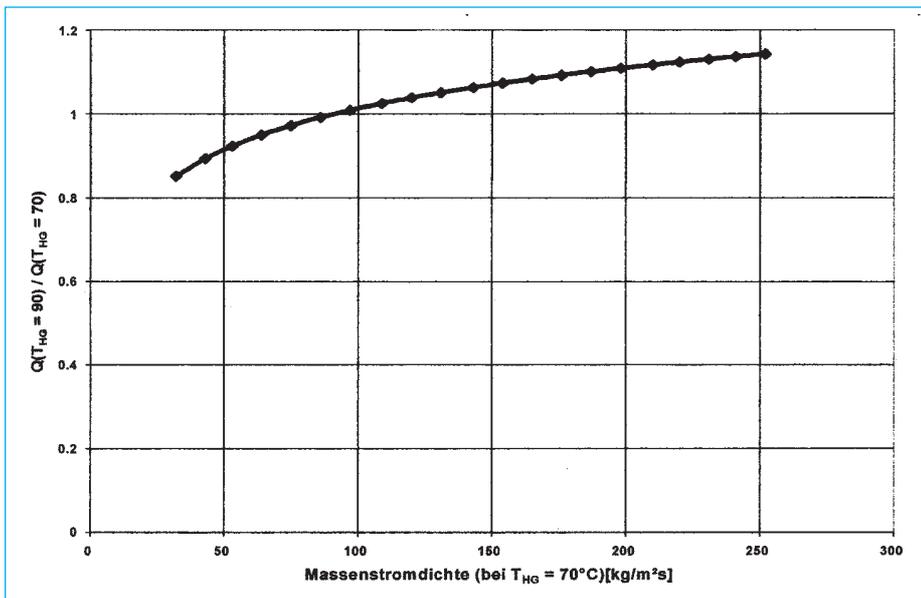


Bild 4 Leistungsänderung in Abhängigkeit der Massenstromdichte

so ist bei sonst gleichen Bedingungen die Erhöhung der effektiven treibenden Temperaturdifferenz deutlich höher, weil die spezifische Wärme und damit der Wärmegehalt des Heißgases bei gleicher Enthitzung wesentlich höher sind. Berücksich-

tigt man, daß zusätzlich die Massenstromdichte bei R 404A wesentlich höher ist als bei R 22 (wegen der geringeren Verflüssigungswärme), so findet man heraus, daß der Einfluß je Kelvin Heißgastemperaturänderung auf die Leistung bei R 404A

fast doppelt so hoch ist wie bei R 22. Dafür sind insgesamt natürlich die Heißgastemperaturen bei R 404A und auch der Spielraum, in dem man sich hier bewegt, wesentlich kleiner.

### Fazit

Die Heißgastemperatur hat zweifelsfrei einen Einfluß auf die Gesamtleistung des Verflüssigers. Je nach Situation kann dieser Einfluß jedoch sehr unterschiedlich sein und sowohl positiv als auch negativ ausfallen. Eine korrekte Bestimmung der Leistung ist deshalb nur möglich, wenn diese nicht wie häufig anzutreffen über Umrechnungsfaktoren berechnet wird, sondern thermodynamisch, wie etwa im Güntner-Auswahlprogramm. Hier können alle relevante Daten, u. a. auch die Heißgastemperatur, eingegeben und korrekt berücksichtigt werden. Programme, die dies nicht können, sollten deshalb keine Eingabemöglichkeit für die Heißgastemperatur haben, sondern klar und deutlich angeben, für welche Bedingung die ausgegebene Leistung gültig ist, so daß erfahrene Benutzer abschätzen können, in welcher Größenordnung die Abweichungen bei anderen Heißgastemperaturen liegen können. □

### Frost & Sullivan

## Studie über den europäischen Klimamarkt

In ihrer neuesten Studie „The European Market for Commercial Air Conditioning“ untersuchte die Unternehmensberatung Frost & Sullivan, Frankfurt, den europäischen Markt für gewerblich, kommerziell und öffentlich genutzte Klimaanlageanlagen. Nach Einschätzung des Unternehmens wird sich der Umsatz von 2,92 Mrd. US-\$ im Jahr 1999 auf 4,36 Mrd. US-\$ im Jahr 2006 fast verdoppeln. Die wichtigsten Impulse gehen vom wachsenden Bewußtsein für die Vorteile von Klimaanlageanlagen, von der leichten Bedienbarkeit und den niedrigen Installationskosten aus. Weitere Wachstumsfaktoren sind die verbesserte Leistung der Anlagen, die Liberalisierung des Energiemarktes und die zunehmende Luftverschmutzung.

Positiv auf die Nachfrage wirkt sich nach Björn Larsen, Research Analyst bei Frost & Sullivan, der Trend zu Großraumbüros aus. Wo viele Menschen auf engem Raum arbeiten und zahlreiche elektronische Geräte konzentriert sind, sind Maßnahmen zur Kühlung und Luft-

verbesserung erforderlich. Auf Büros entfällt mit 59 Prozent der Umsätze im Jahr 1999 der größte Marktanteil unter den verschiedenen Abnehmergruppen. Dahinter folgen Einzelhandel, Freizeitindustrie und Institutionen.

Der Markt für Split- und Multisplit-Anlagen wird laut Studie erheblich an Bedeutung gewinnen. Wegen der sinkenden Installationskosten und der hohen Flexibilität der Systeme erschließen sich hier zahlreiche neue Anwendungsgebiete. Der Anteil am Gesamtmarkt soll sich demnach von 39,7 Prozent im Jahr 1999 auf 47,5 Prozent im Jahr 2006 erhöhen. Entsprechend wird in der gleichen Zeit der Markt für Anlagen mit zentraler Kälteerzeugung von 60,3 auf 52,5 Prozent zurückfallen. Dazu gehören Klimakontrollen, Lüftungseinheiten und Kältemaschinen.

### Deutschland auf Platz 3

Bei den Ländermärkten führen basierend auf den Zahlen von 1999 nach den Recherchen von Frost & Sullivan Großbritannien und Irland (22,2 %), die zusammengefaßt wurden, gemeinsam das Feld an. Dahinter folgen Deutschland (20,5 %), Italien (16,6 %) und Frankreich (16,5 %).

Italien, Spanien und Portugal sowie die Benelux-Länder werden im Prognosezeitraum voraussichtlich erhebliche Marktanteile hinzugewinnen, wobei Italien bis 2006 sogar auf die Spitzenposition vorrücken soll.

Jahr	Umsätze (in Milliarden US-Dollar)	Umsatzwachstumsrate (in Prozent)
1996	2,58	-
1997	2,59	0,8
1998	2,76	6,5
1999	2,92	5,7
2000	3,12	6,9
2001	3,33	6,6
2002	3,54	6,5
2003	3,77	6,5
2004	4,01	6,2
2005	4,17	4,1
2006	4,36	4,4

Europamarkt der Klimaanlageanlagen für gewerblich, kommerziell oder öffentlich genutzte Gebäude