

Vergleich von Flüssigkeitskühlsätzen mit Schraubenverdichtern für Klimaanlage mit Ammoniak und R134a

Für die Klimakälte sind Flüssigkeitskühlsätze mit indirekter Kühlung Standard. Der Kälteüberträger ist im Allgemeinen Wasser oder Kühlsole, das in einem Pumpenkreislauf durch die Verbraucher gefördert wird. In dieser Informationsschrift werden die Kältemittel R134a und Ammoniak miteinander verglichen.

In Deutschland dürfen Ammoniak-Kälteanlagen auch in öffentlich zugänglichen Gebäuden betrieben werden, wenn indirekt geschlossene Systeme verwendet werden (indirekte Kühlung) und alle kältemittelführenden Teile im Maschinenraum oder im Freien installiert sind. In den letzten Jahren hat sich die Kältemittelfüllmenge für Flüssigkeitskühlsätze mit Ammoniak durch den Einsatz von Plattenwärmetauschern und Rohrbündelwärmetauschern mit vergrößerten Oberflächen stark reduziert.

Für wassergekühlte Anlagen gelten als Richtwerte 0,060 kg/kW für trockene Verdampfung und 0,040 bis 0,100 kg/kW (abhängig vom Gerätetyp) für überflutete Verdampfung. Damit sind Flüssigkeitskühlsätze, die in öffentlich zugänglichen Räumen ohne separaten Maschinenraum installiert sind, mit weniger als 50 kg Ammoniak für einen größeren Anwendungsbereich zugelassen. Das mit Ammoniak betriebene Kälteaggregat unterscheidet sich konzeptionell nicht von Flüssigkeitskühlsätzen mit anderen Kältemitteln (siehe Abb. 1)

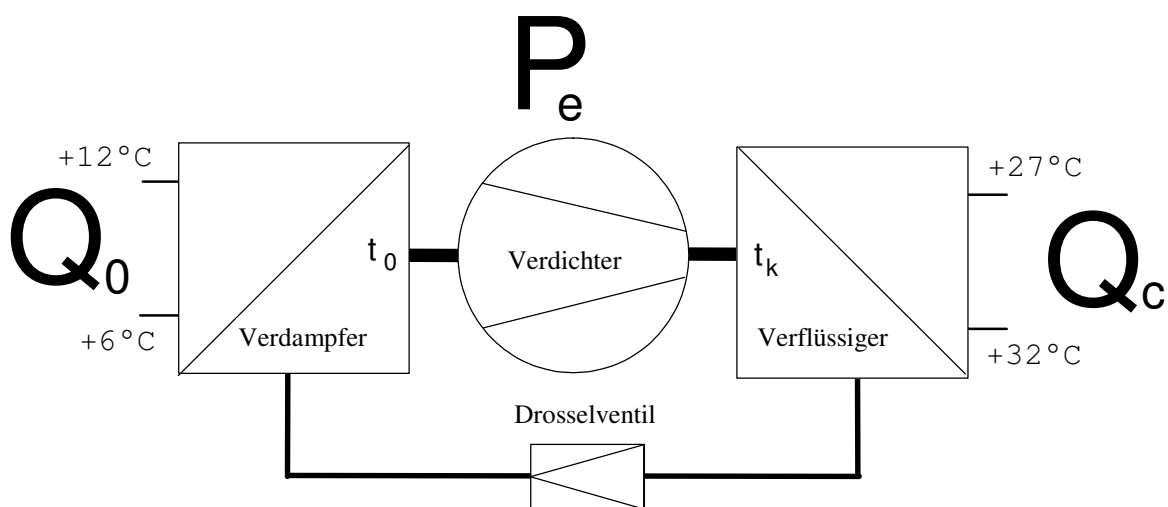


Abb. 1: Vereinfachtes Schema eines wassergekühlten Flüssigkeitskühlsatzes mit indirekter Kühlung

Wie bei jeder anderen Maschine entstehen auch bei Flüssigkeitskühlsätzen Betriebs- und Investitionskosten. Die Investitionskosten sind vergleichsweise geringer als die Betriebskosten. Für die Systemtauglichkeit ist es besonders erforderlich, die laufenden Kosten über einen bestimmten Zeitraum für die gewünschten Betriebsbedingungen zu planen.

Vergleich der Betriebskosten

Die Effizienz bei der Energieumwandlung von elektrischer Energie in Kälte hängt nicht ausschließlich vom Kältemittel ab, sondern auch von den Betriebsparametern des Verdichters und des Wärmetauschers. Es hat sich gezeigt, dass die Verringerung der Verdampfungstemperatur und die Erhöhung der Verflüssigungstemperatur zu höheren Betriebskosten führen. Für die Durchführung einer realistischen Energieanalyse von zwei Systemen mit unterschiedlichen Kältemitteln ist es von großer Bedeutung, dass die Endtemperaturen des gekühlten Wassers und des Kältemittels (Wasser oder Luft) gleich sind.

Vergleich der Energiekosten für Schraubenverdichter in einem Flüssigkeitskühlsatz mit 500 kW Kälteleistung

Der Untersuchung liegen zwei verschiedene Verdampfungstypen zugrunde: überflutete und trockene Verdampfung (Dry Expansion, DX). Der luftgekühlte Verflüssiger hat eine größere Temperaturdifferenz als der wassergekühlte. Im vorliegenden Vergleich werden beide Verflüssigertypen berücksichtigt.

1. Überflutete Verdampfer

In Abb. 2 ist eine vereinfachte Version eines Rohrleitungsschemas für einen luftgekühlten Flüssigkeitskühlsatz mit einem überfluteten Verdampfer zu sehen (schwerkraftgesteuerter Kühlkreislauf).

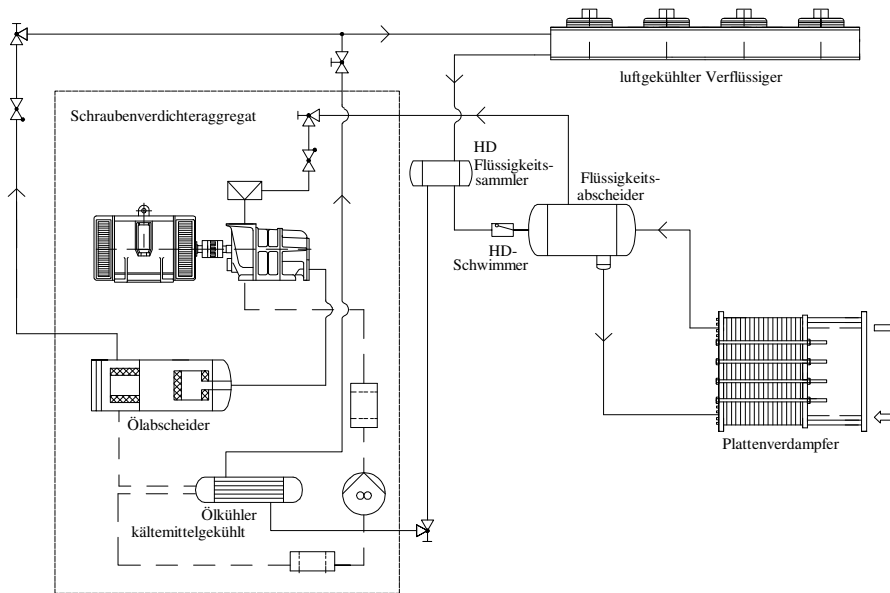


Abb. 2: Schema eines luftgekühlten Flüssigkeitskühlsatzes mit überflutetem Verdampfer und Ammoniak

Technisches Konzept:

- Schraubenverdichter
- kältemittelgekühlter Ölkühler
- luftgekühlter Verflüssiger
- Hochdruckschwimmerregelung
- Niederdruckabscheider
- minimierte Kältemittelfüllung
- Kältemaschinenöl: Mineralöl (nicht ammoniaklöslich)

Parameter:

<u>wassergekühlt</u>		<u>luftgekühlt</u>	
Kaltwassertemperaturen	= 12/6 °C	Kaltwassertemperaturen	= 12/6 °C
Kühlwassertemperaturen	= 27/32 °C	Außenlufttemperatur	= 32 °C
Verdampfungstemperatur t_0	= 3 °C	Verdampfungstemperatur t_0	= 3 °C
Verflüssigungstemperatur t_k	= 35 °C	Verflüssigungstemperatur t_k	= 45 °C
Gleiche Δt_m an den Wärmeübertragern für NH ₃ und R134a		Gleiche Δt_m an den Wärmeübertragern für NH ₃ und R134a	

2. Trockener Verdampfer (Dry Expansion, DX)

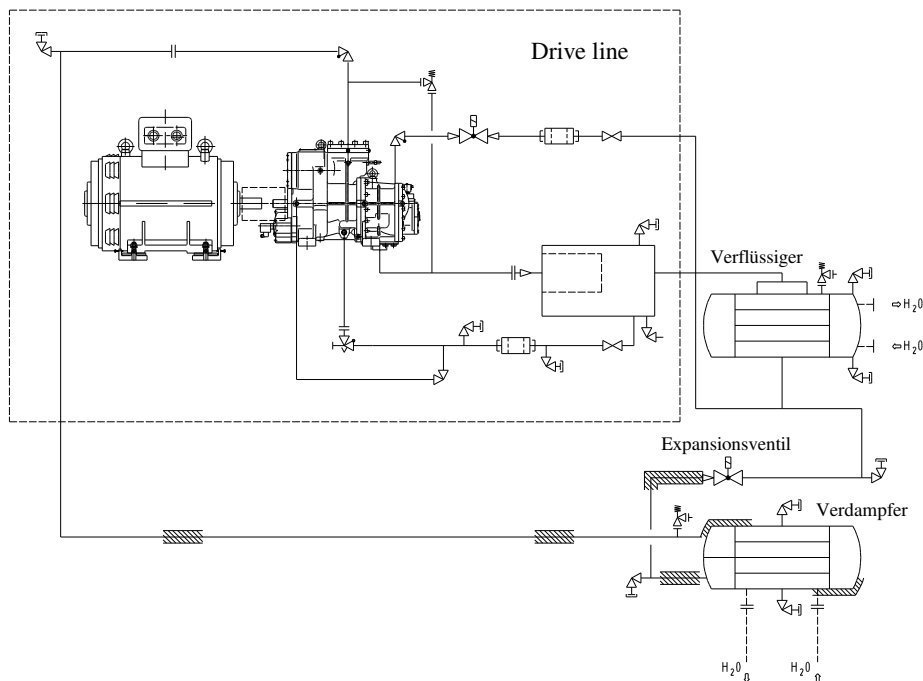


Abb. 3: Schema eines wassergekühlten Flüssigkeitskühlsatzes mit trockener Verdampfung und Ammoniak

Technisches Konzept:

- Schraubenverdichter
- Elektromotor und Ölabscheider
- kein Ölkühler
- Kältemitelein-spritzung
- wassergekühlter Rohrbündelverflüssiger
- Rohrbündelverdampfer mit Innenverdampfung
- magnetventilgesteuerte Verdampferregelung
- minimierte Kältemittelfüllung
- Kältemaschinenöl: Polyglykol (ammoniaklöslich)

Parameter:

wassergekühlt		luftgekühlt	
Kaltwassertemperaturen	= 12/6 °C	Kaltwassertemperaturen	= 12/6 °C
Kühlwassertemperaturen	= 27/32 °C	Außenlufttemperatur	= 32 °C
Verdampfungstemperatur t_0	= 0 °C	Verdampfungstemperatur t_0	= 0 °C
Verflüssigungstemperatur t_k	= 35 °C	Verflüssigungstemperatur t_k	= 45 °C
Gleiche Δt_m an den Wärmeübertragern für NH ₃ und R134a		Gleiche Δt_m an den Wärmeübertragern für NH ₃ und R134a	

COP-Werte und Energiekostenberechnung

Die Leistungsparameter und Betriebskosten gelten für beide Kältemittel bei gleichen Verdampfungs- und Verflüssigungstemperaturen. Die COP-Werte (Coefficient of Performance) können bei konstanten Kaltwassertemperaturen verbessert werden, wenn die mittleren logarithmischen Temperaturunterschiede bei einem oder bei beiden der Wärmetauscher reduziert werden. Eine Anhebung der Verdampfungstemperatur um 1 K erhöht den Leistungskoeffizienten in wassergekühlten Flüssigkeitskühlsätzen um 2,8 % bei Ammoniak und 3,3 % bei R134a. Jedoch steigt dadurch die Größe des Wärmetauschers, was zu höheren Produktionskosten führt. Den Leistungskoeffizienten auf diese Weise zu steigern ist ein Standardverfahren, d. h. die Effizienzunterschiede zwischen den Kältemitteln Ammoniak und R134a, wie in Abb. 3 und 4 gezeigt, müssen in real vorhandenen Flüssigkeitskühlsätzen nicht in diesem Ausmaß auftreten.

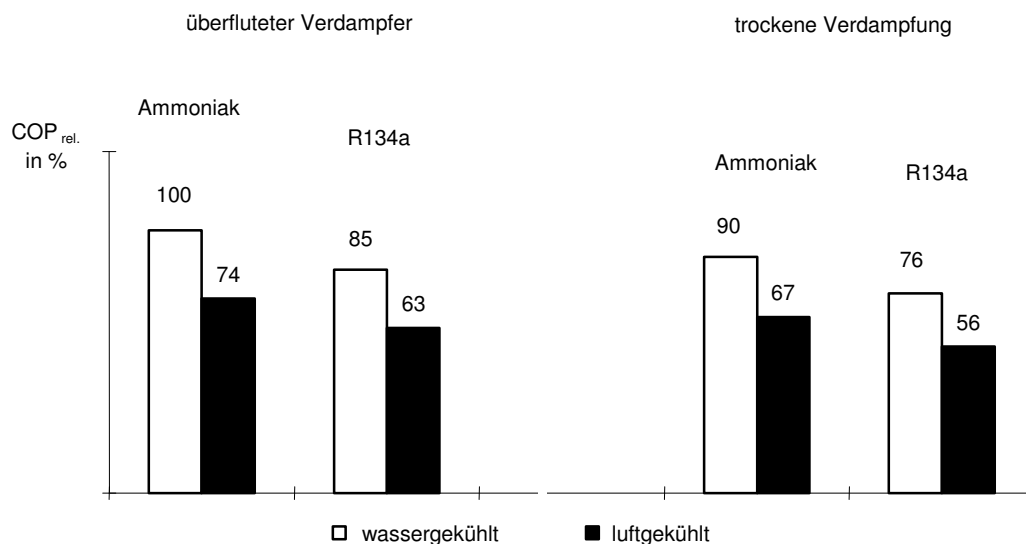


Abb. 4: Vergleich der COP-Werte von Schraubenverdichtern in Flüssigkeitskühlsätzen verschiedener Bauart mit Ammoniak und R134a

Ein Anstieg der COP-Werte kann ebenfalls sowohl durch die Reduzierung des Druckabfalls zwischen der Verdampfer- und der Verdichteransaugseite als auch durch die Verdampfungskontrolle in trockenen Verdampfungssystemen mit der kleinstmöglichen Überhitzung erreicht werden. Verdichterkontrollgeräte mit PI-Kontrolle erlauben eine geringere Überhitzung (3 K sind möglich) als herkömmliche, durch Regelabweichung gesteuerte Expansionsventile (Überhitzung).

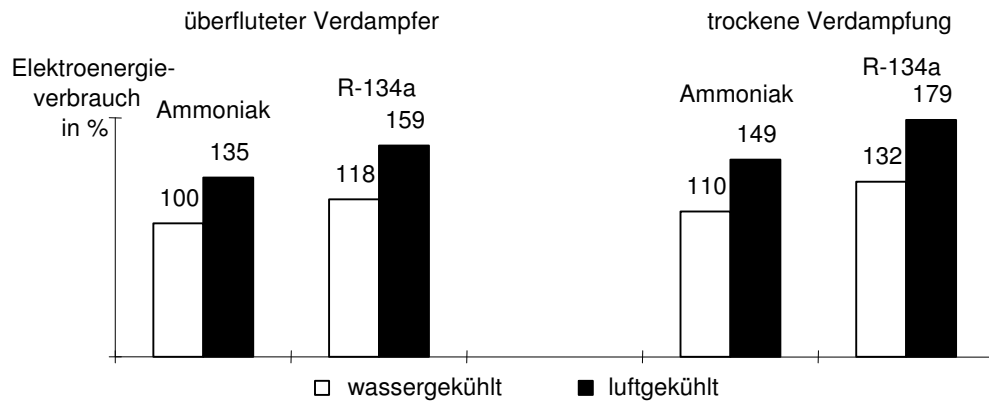


Abb. 5: Vergleich des Energieverbrauchs von Schraubenverdichtern in Flüssigkeitskühlsätzen verschiedener Bauart mit Ammoniak und R134a (bitte Vergleichsbedingungen beachten; mit Schraubenverdichter)

Die Entscheidung für die eine oder andere Art von Flüssigkeitskühlsätzen hängt von den Investitionskosten, den tatsächlichen Bedingungen am Installationsort und der erwarteten Anzahl der jährlichen Betriebsstunden ab. Die Berechnung der Gesamtkosten unter Berücksichtigung der Investitions- und Energiekosten erlaubt aus ökonomischer Sicht eine quantitative Entscheidung.

Der Einsatz eines Kolbenverdichters anstelle eines Schraubenverdichters macht, wie oben gezeigt, keinen großen Unterschied beim Energieverbrauch.

Oft verhindert der Standort des Maschinenraums den Einsatz eines wassergekühlten Aggregats. Daher muss in solchen Fällen der höhere Energiebedarf eines luftgekühlten Flüssigkeitskühlsatzes akzeptiert werden. Die Entscheidung für das eine oder andere Kältemittel kann durch die Berechnung der auf den Betriebsstunden basierenden Gesamtkosten getroffen werden, wenn die Investitionskosten des Flüssigkeitskühlsatzes zu den reinen Betriebskosten hinzugerechnet werden. In jedem Fall zeigt diese Untersuchung, dass die Energiekosten bei Verwendung des Kältemittels Ammoniak im Vergleich zu R134a wesentlich geringer sind. Die Anforderungen an eine umweltfreundliche technische Lösung können erfüllt werden, wenn man den TEWI-Wert (Total Equivalent Warming Impact) für den Entscheidungsprozess mit berücksichtigt, da der indirekte Teil dieses Kennwertes direkt mit dem Energieverbrauch verbunden ist.

Herausgegeben von *eurammon*
Postfach 71 08 64 ♦ D-60498 Frankfurt
Telefon +49 69 6603 1277 ♦ Fax +49 69 6603 2276
e-mail: karin.jahn@eurammon.com
<http://www.eurammon.com>