

Jahresbericht 2001, 04. Dezember 2001

Projekt

Wärmequelle Luft für Retrofitwärmepumpen

Autor und Koautoren	Th.Kopp, M.Deller, D.Trüssel, K.Eggenschwiler, K.Baschnagel
beauftragte Institution	Arbeitsgemeinschaft Hochschule Rapperswil, KWT Belp, EMPA Dübendorf
Adresse	Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil
Telefon, E-mail,	055 / 222 49 23
Internetadresse	tkopp@hsr.ch
BFE-Nummern	Projekt: 42398 Vertrag: 82308
Dauer des Projekts	vom 01.07.01 bis 31.05.02

Zusammenfassung

Das Projekt untersucht zwei Luftkühler für Wärmepumpen mit Heizleistungen von 11 kW bzw. 20 kW. Ein Rechenmodell „Luftkühler, Rohrleitung, Verdampfer“ berechnet den Druckverlust soleseitig und den Wärmeübergang, um ein geeignetes Wärmeträgermedium auszuwählen. Sieben verschiedene Wärmeträgermedien werden verglichen:

- Propylenglykol Aseol-Solera 81-72 (45 Vol-%)
- Tyfoxit F30
- Methanol-Wasser-Lösung (31 Vol-%)
- Monoethylenglykol (40 Vol-%)
- CaCl_2 -Wasser-Lösung (24 Vol-%)
- Ethanol-Wasser-Lösung (42 Massen-%)
- Temper -30

Aseol-Solera hat die schlechtesten Eigenschaften. Tyfoxit F30 und die CaCl_2 -Lösung sind bezüglich Korrosion sehr problematisch. Die beiden Alkohol-Lösungen können nur bedingt eingesetzt werden, da sie Flammpunkte im Bereich der Raumtemperatur aufweisen (Explosionsgefahr!). Temper -30 benötigt etwa 40 % bis 60 % weniger Pumpenleistung, als Aseol-Solera. Die Wärmeübertragungseigenschaften sind leicht besser. Eine Anlage wird mit Propylenglykol Aseol-Solera, die andere mit Temper -30 in Betrieb genommen. Für beide Maschinen wird für den Solekreislauf ein Rohr mit 50 mm Innendurchmesser verwendet.

Weiter wird ein Modell des vereisten Luftkühlers gebildet, um dessen Wärmedurchgangskoeffizient k in Funktion der Eisdicke und dessen Wärmeleitfähigkeit zu bestimmen. Ebenfalls wird der Druckverlust luftseitig in Funktion der Eisdicke berechnet. Wenn die Wärmeleitfähigkeit des Eises (Reifen) in dem vom Schnee- und Lawinenforschungsinstitut Davos (SLF) angegebenen Bereich liegt (0.5 W/mK bis 1.5 W/mK), hat sie keinen grossen Einfluss auf den k -Wert des Luftkühlers.

Die Ventilator Kennlinie (Volumenstrom- Saugdruck) wurde messtechnisch ermittelt.

Im Frühling 02 werden die Messungen der beiden Anlagen mit den theoretischen Berechnungen und Modellbildungen verglichen.

Projektziele

Im Zusammenhang mit dem Projekt „Swiss Retrofit Heatpump“ werden zwei Prototypen einer Luft-Wasser-Wärmepumpe für den Sanierungsmarkt gebaut. Die Heizleistungen dieser zwei Prototypen, die in der Heizsaison 2001/2002 getestet und ausgemessen werden sollen betragen 11 kW bzw. 20 kW. Das System „Wärmequelle Luft“ soll analysiert und optimiert werden. Bei diesen Anlagen wird ein Sekundärkreislauf verwendet, d.h. das Arbeitsmedium der Wärmepumpe (R407c) wird nicht direkt im Verdampfer, der ausserhalb des Gebäudes aufgestellt ist verdampft, sondern in einem maschinen-internen Verdampfer. Diesem Verdampfer wird Wärme über ein Wärmeträgermedium (Sole) zugeführt, das seinerseits durch den aussen aufgestellten Luftkühler erwärmt wird. Dieses System ist thermodynamisch nicht optimal, der Heizungsinstallateur muss aber keine Arbeiten am Arbeitsmediumkreislauf der Wärmepumpe ausführen.

Es soll untersucht werden welches **Wärmeträgermedium** für den Sekundärkreislauf am besten geeignet ist. Dabei ist eine möglichst kleine Umwälzpumpen-Leistung bei möglichst guten Wärmeübertragungs-Eigenschaften anzustreben.

Weiter ist der **Luftkühler** selbst zu analysieren. Im Moment handelt es sich um ein Standard-Aggregat das zur Wärmeabführung bei Klimaanlage eingesetzt wird. Diese Aggregate besitzen Ventilatoren, um die Luft durch die Wärmetauscher-Lamellenpakete zu fördern. Diese Ventilatoren müssen sehr langsam laufen, damit keine störenden Lärmemissionen auftreten. Dies führt zu grossen Luftkühlern. Hier stellt sich die Frage, ob die Schaufelgeometrie und die Montage der Ventilatoren verbessert werden kann, um damit die Lärmemissionen zu verringern.

Ebenfalls sollte der **optische Aspekt** nicht vernachlässigt werden, da diese Aggregate ja meistens in einem Garten aufgestellt werden.

Weiter soll die Problematik des **Vereisens** untersucht werden. Dabei sind mögliche Abtaukriterien zu suchen.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Mit einem Berechnungsmodell bestehend aus dem Verdampfer, der Rohrleitung und dem Luftkühler wird die Umwälzpumpenleistung für eine mittlere Soletemperatur von -3.5 °C und -15 °C berechnet. Weiter wird der Wärmeübergang im Luftkühlerrohr und der Wärmedurchgang im Verdampfer berechnet. Zur Berechnung des Sole-Volumenstroms wird eine feste Temperaturdifferenz zwischen Verdampfereintritt und -Austritt von 3 °C angenommen. Diese Berechnungen werden für folgende Wärmeträgermedien durchgeführt.

- Propylenglykol Aseol-Solera 81-72 (45 Vol-%)
- Monoethylenglykol (40 Vol-%)
- Tyfoxit F30
- CaCl_2 -Wasser-Lösung (24 Vol-%)
- Methanol-Wasser-Lösung (31 Vol-%)
- Ethanol-Wasser-Lösung (42 Massen-%)
- Temper -30

Die Charakteristik der Ergebnisse sieht für beide Maschinen ziemlich gleich aus. Die folgende Graphik (siehe Fig. 1) zeigt die Umwälzpumpenleistung der einzelnen Medien bezogen auf Aseol-Solera 81-72 (Propylenglykol).

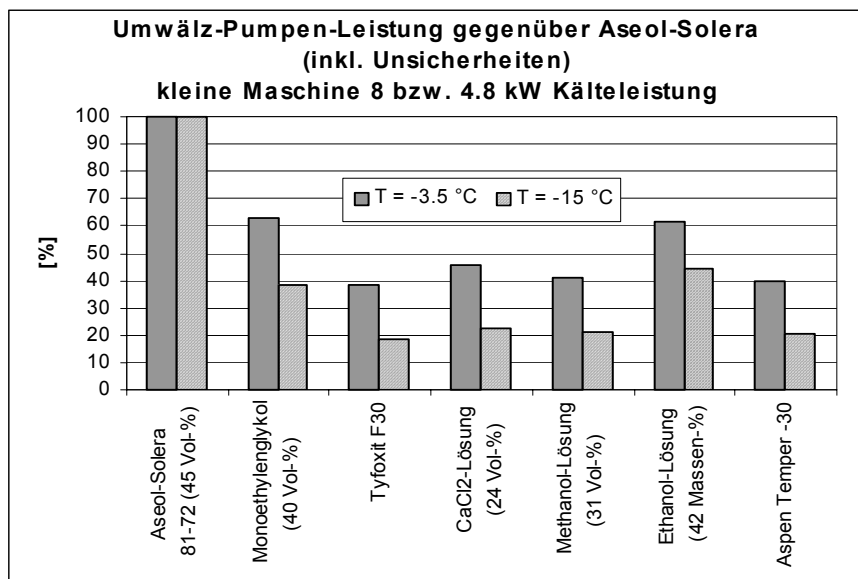


Fig. 1 Umwälzpumpen-Leistung der verschiedenen Wärmeträgermedien bei -3.5 °C bzw. -15 °C. Als Bezugsdient Aseol-Solera (Propylenglykol); kleine Maschine

Man erkennt sofort, dass für Aseol-Solera bei weitem die höchste Pumpenleistung benötigt wird. Besonders bei tiefen Temperaturen ist der Unterschied sehr gross.

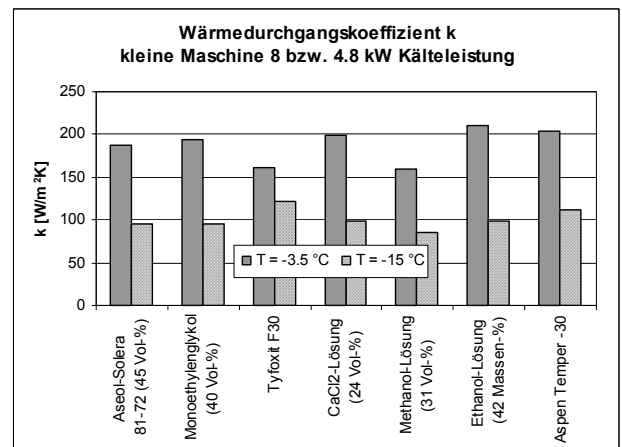
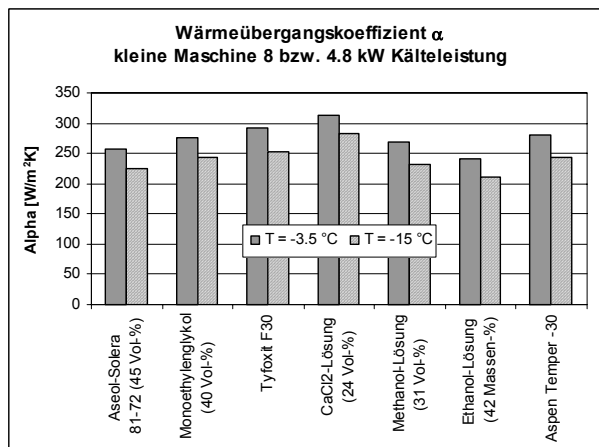


Fig. 2 Wärmeübertragungs-Eigenschaften der verschiedenen Wärmeträgermedien bei -3.5 °C bzw. -15 °C; kleine Maschine

Sowohl der Wärmeübergangskoeffizient α im Luftkühlerrohr, als auch der Wärmedurchgangskoeffizient k des Verdampfers (siehe Fig. 2) sind bei tieferen Temperaturen (-15 °C) kleiner, d.h. die Wärmeübertragung ist schlechter. Besonders auffallend ist dies beim k -Wert des Verdampfers, welcher bei tiefen Temperaturen noch etwa die Hälfte beträgt. Die Strömung im Luftkühlerrohr ist immer laminar, so dass der Wärmeübergang nicht stark ändert. Möglicherweise ändert beim Verdampfer das Strömungsregime (wegen des kleineren Volumenstroms) von turbulent (bei -3.5 °C) nach laminar (bei -15 °C), was eine starke Einbusse des Wärmeübergangskoeffizienten auf der Soleseite zur Folge hat. Einzige Ausnahme bildet Tyfoxit F30. Der k -Wert bei tiefen Temperaturen beträgt dort etwa 80% desjenigen bei hohen Temperaturen (-3.5 °C).

Betrachtet man bei einer Temperatur die α -Werte und die k-Werte der verschiedenen Medien, so fällt kein sehr grosser Unterschied auf. Man kann sagen, dass die Wärmeübertragungseigenschaften von allen Medien etwa gleich sind. Als entscheidendes Kriterium kann also die Pumpenleistung herangezogen werden. Am besten schneidet Tyfoxit F30 gefolgt von Temper -30, Methanol-Lösung und der CaCl_2 -Lösung ab (siehe Fig. 1). Monoethylenglykol und die Ethanol-Lösung sind etwa gleich gut, wobei Monoethylenglykol bei tiefen Temperaturen noch etwas weniger Pumpenleistung benötigt. Beide Medien benötigen jedoch deutlich weniger Pumpenleistung, als Aseol-Solera (ca. 60 % von Aseol-Solera).

Es zeigt sich, dass das Wärmeträgermedium (Fluid), welches ursprünglich eingesetzt werden sollte (Aseol Solera 81-72) die schlechtesten Eigenschaften aufweist. Tyfoxit F30 und die CaCl_2 -Lösung sind bezüglich Korrosion sehr problematisch. Die beiden Alkohol-Lösungen können nur bedingt eingesetzt werden, da sie Flammpunkte im Bereich der Raumtemperatur aufweisen (Explosionsgefahr!). Es wird vorgeschlagen das Fluid Temper -30 der Firma Aspen zu testen.

Um mehr über das Verhalten eines vereisten Luftkühlers aussagen zu können, wird ein Rechenmodell gebildet, welches den Wärmedurchgang in Funktion der Eisschichtdicke erfasst. Hierbei wird auch die Änderung der Strömungssituation zwischen den Lamellen des Luftkühlers infolge der Eisschicht berücksichtigt. Da durch die Eisschicht auch der luftseitige Druckverlust ändert, wird sich ein anderer Betriebspunkt (Volumenstrom- Druck) einstellen. Dieser Betriebspunkt ist aber abhängig von der Charakteristik des Ventilators. Da vom Hersteller diese Angaben nicht geliefert werden (geheim), musste der Ventilator ausgemessen werden.

Ein weiterer entscheidender Faktor stellt die Wärmeleitfähigkeit der Eisschicht dar. Es ist nicht exakt bekannt, welche physikalischen Eigenschaften die Eisschicht aufweist. Nach Schätzungen des Schnee und Lawinenforschungs- Institutes in Davos (SLF) liegt die Wärmeleitfähigkeit zwischen 0.5 W/mK und 1.5 W/mK. In diesem Bereich ist der Einfluss auf den k- Wert des Luftkühlers recht gering. Nach Untersuchungen von Dr. H. Egolf [1] liegt die Wärmeleitfähigkeit jedoch deutlich unter 0.5 W/mK (ca. 0.035 W/mK). Diese kleine Wärmeleitfähigkeit könnte eine Verschlechterung des k- Wertes zur Folge haben.

Nationale Zusammenarbeit

Diese Projekt wird in Zusammenarbeit mit dem BFE und den Firmen KWT, Gabathuler AG und Roschi und Partner durchgeführt. Die akustischen Untersuchungen werden von der EMPA durchgeführt.

Eine gute technische Zusammenarbeit besteht mit den Firmen KWT und Gabathuler AG.

Internationale Zusammenarbeit

In diesem Projekt fand keine internationale Zusammenarbeit statt.

Bewertung 2001 und Ausblick 2002

Die Auswahl eines Wärmeträgermediums konnte erfolgreich durchgeführt werden. Es muss sich nun im Betrieb zeigen, wie sich Temper –30 bezüglich Korrosion verhält und ob die berechneten Druckverluste mit der Realität übereinstimmen.

Die Untersuchungen über das Vereisen und das Abtauverhalten konnten noch nicht abgeschlossen werden, da die Kennlinie des Ventilators vom Hersteller nicht bekannt gegeben werden (geheim). Aus diesem Grund musste der Ventilator ausgemessen werden. Die Auswertung dieser Messungen und entsprechende Schlüsse über das Vereisen und das Abtauverhalten werden Thema der nächsten Phase sein. Die optischen Aspekte werden ebenfalls in dieser Phase behandelt.

Referenzen

- [1] H. Egolf: **Grundlagen zur experimentellen Bestimmung der Bereifung von Luftkühlern**, Diss. ETH Nr. 7509 (1984)