



Deutsche Kälte-Klima-Tagung 2006

Dresden

22. - 24. November 2006

Kurzfassungen



Maritim Hotel & Internationales Congress Center Dresden
Ostra Ufer 2
D- 01067 Dresden
Telefon (0351) 21 60
Telefax (0351) 21 61 000

Veranstalter

**Deutscher Kälte- und
Klimatechnischer Verein e.V.**

Pfaffenwaldring 10, D-70569 Stuttgart
Telefon 0711 / 6856 32 00
Telefax 0711 / 6856 32 42

Email info@dkv.org
Homepage <http://www.dkv.org>

Inhaltsverzeichnis

Arbeitsabteilung I	3
Arbeitsabteilung II.1	14
Arbeitsabteilung II.2	26
Arbeitsabteilung III	39
Arbeitsabteilung IV	51

I.1

Wasserstoffproduktion und Logistik

J. Reijerkerk
Linde Gas, Höllriegelskreuth

I.2

Die TOTAL H2 Tankstelle in die Heerstrasse Beispiel für die Nutzung von LH2 im mobilen Bereich

Dipl.-Ing. Patrick Schnell
TOTAL Deutschland GmbH, Berlin

Im September 2003 wurde diese Partnerschaft zur Demonstration der Integration einer H2-Tankstelle in eine konventionelle Tankstelle vertraglich begründet.

Partner sind: ARAL/BP, DaimlerChrysler, BMW, GM/Opel, Ford, Linde, Hydro, Vattenfall Europe, Berliner Verkehrsbetriebe. Das Projekt ist für weitere Partner offen. TOTAL Deutschland GmbH ist seit Mai 2005 Partner und VW seit Juli 2006. Die Laufzeit des Projektes ist bis Ende 2007 vorgesehen, kann aber bei Einverständnis der Partner verlängert werden.

Die Clean Energy Partnership wird von der Bundesregierung gefördert und betreut. Intensiver Kontakt und Mitarbeit besteht auch durch die Deutsche Energieagentur (DENA).

Das Projekt „HyFLEET:CUTE“

Das Wasserstoffprojekt HyFLEET:CUTE wird von der Europäischen Kommission innerhalb ihres sechsten Forschungsrahmenprogramms gefördert. Es handelt sich um ein internationales Demonstrationsprojekt für den öffentlichen Nahverkehr in Europa, in dem sich 31 Partner aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik zusammengeschlossen haben, um die Wasserstofftechnologie voranzutreiben. Im Verlauf des Projekts, das auf eine Dauer von vier Jahren ausgelegt ist, werden zukunftsorientierte Antriebskonzepte in Stadtbussen sowie Technologien und Verfahren zur Herstellung und Verteilung von Wasserstoff aufgezeigt. Im Rahmen des Projekts HyFLEET:CUTE werden die Berliner Verkehrsbetriebe BVG in den kommenden zwei Jahren 14 MAN-Busse mit Wasserstoff-Verbrennungsmotoren erhalten. In dem von der EU-Kommission unterstützten Projekt sollen die Busse bis zum Jahr 2009 im Berliner Linienverkehr eingesetzt werden. Die BVG setzt seit Juni 2006 die ersten beiden der neu entwickelten Busse vom Typ MAN Lion's City im öffentlichen Verkehr ein.

Die TOTAL-Tankstelle, Berlin, Heerstrasse

Im März 2006 wurde die erste CEP-Wasserstoff-Tankstelle der TOTAL in Berlin an der Heerstrasse feierlich eröffnet. Die neue Tankstelle an der Heerstrasse baut auf dieser Zusammenarbeit mit der BVG im Rahmen den EU gefördertes Projektes HyFLEET:CUTE auf. Der Wasserstoff wird an dieser Tankstelle sowohl tiefkalt-flüssig als auch als Druckgas für Betankungen bis 350 bar bereitgestellt. Die Anlieferung von Wasserstoff flüssig erfolgt vom Linde-Wasserstoff-Verflüssiger in Ingolstadt mit Wasserstoff-Tankfahrzeugen. Es wurde eine Trennung der Bereiche von konventioneller Benzin- und Dieselbetankung und von Wasserstoff-Betankung angestrebt. Das bot sich an, da der Wasserstoff-Bereich jeweils über Zapfsäulen für GH2 und LH2 im öffentlichen und im angrenzenden BVG-Bus-Betriebshof verfügt. Damit ist die Möglichkeit gegeben sowohl PKW der CEP im öffentlichen Bereich zu betanken als auch Busse der Berliner Verkehrsbetriebe auf deren Betriebshof.

I.3

Entwicklung modularer L-H₂-Fahrzeugtanksysteme

Guido Bartlok,
MAGNA STEYR Fahrzeugtechnik AG & Co KG, Graz

Fahrzeuge mit Wasserstofftanks werden in absehbarer Zukunft aus verschiedenen Gründen nicht für den Massenmarkt angeboten werden können. Die Fahrzeuge selbst und damit die sie auszeichnenden Kraftstoffversorgungsanlagen werden somit bis auf weiteres ein Nischenprodukt bleiben, das allerdings ein großes Zukunftspotential hat. Die heute verfügbaren Wasserstoffspeicher erfüllen noch nicht alle hohen Anforderungen der Automobilindustrie und des Endkunden. Die Entwicklung effizienter und ‚sauberer‘ Wasserstoffspeichertechnologien für zukünftige Fahrzeuge ist daher ein Schlüssel zur Sicherung der individuellen Mobilität von morgen.

Kryogene Fahrzeugtanksysteme speichern Wasserstoff in flüssiger Form bei sehr tiefen Temperaturen (ca. 20 K, -253 °C). Heutige Flüssigwasserstoffspeichersysteme bestehen aus doppelwandigen zylindrischen Edelstahlbehältern. Sowohl die verwendeten Werkstoffe wie auch die minimalen Wandstärken des Behälters sind praktisch vorgegeben. Für die Speicherung von ca. 10 kg Wasserstoff ergibt sich so ein Tankgewicht von über 100 kg. Kryobehälter für flüssigen Wasserstoff erfordern einen niedrigen Funktionsdruck (verglichen mit Hochdrucksystemen) und bieten folglich das Potential für neue Speichergeometrien, die leichter an Fahrzeugbauräume angepasst werden können.

Die Entwicklung neuer Konzepte zur kryogenen Wasserstoffspeicherung zielt neben der Optimierung des zylindrischen Speichers auf leichte, modulare und freigeformte Fahrzeugtanksysteme ab. Die Entwicklungsmöglichkeiten für die automotive Speicherung von Flüssigwasserstoff und deren Aussichten stehen im Mittelpunkt dieses Vortrages. Für die konstruktive Realisierung derartiger Fahrzeugtanksysteme werden verschiedene in Frage kommenden Konzepte vorgestellt.

I.4

FIH2-Einspritzung in Verbrennungsmotoren

NN, BMW AG

I.5

Ionenverdichter – Neue Verdichtertechnologie am Beispiel Wasserstoff und Erdgas

Ing. Robert Adler
LINDE GAS GmbH, Erdbergstraße 197-199, 1030 Wien, Österreich

Das R & D Department der Firma Linde in Wien beschäftigt sich vorzugsweise mit thermodynamischen Problemstellungen. Seit ca. 5 Jahren werden bei uns alle gasförmigen Wasserstoffverdichtersysteme designed und gebaut. Diese Anlagen werden hauptsächlich für Wasserstoff - und Erdgasbetankungsanlagen eingesetzt. Speziell am Wasserstoff-Sektor werden für die Betankung extrem hohe Fülldrücke benötigt. Da Wasserstoff das kleinste Element ist, stellt die dynamische Abdichtung der Kolben von Hochdruckverdichtern eine besondere Herausforderung dar. Bei solchen Hochdruckverdichtersystemen haben die Wartungskosten einen erheblichen Anteil an den Produktkosten (Kraftstoffkosten). Um diesem Problem entgegen zu wirken, haben wir vor ca. 2 Jahren ein komplett neues

Verdichtersystem entwickelt – so genannte Ionenverdichter. Bei diesem Maschinentyp werden die mechanischen Kolben und Dichtungen eines Verdichters durch eine Flüssigkeit ersetzt. Bei dieser Flüssigkeit handelt es sich um eine ionische Flüssigkeit. Bei einem solchen System steht das flüssige Betriebsmittel in direktem Kontakt mit dem zu verdichtenden Gas und muss daher eine Reihe von Anforderungen erfüllen.

Erste Beta -Tester befinden sich im Feldeinsatz und zeigen vielversprechende Perspektiven für die Zukunft.

I.6

Auslegung von Kalten Zirkulationspumpen und Kompressoren für Kryogene Anwendungen

Stefan Bischoff
Linde Kryotechnik AG
Daettlikonerstrasse 5, Postfach, CH-8422 Pfungen / Switzerland

Es werden eine Methode zur Auslegung von Kalten Zirkulationspumpen und Kompressoren für Helium beschrieben und die relevanten Designkriterien nach PBS vorgestellt.

Die durchströmten Teile (Rad, beschaufelter Diffusor und Austrittsgehäuse) wurden aerodynamisch mit dem kommerziellen Strömungslöser FLUENT optimiert. Im Detail wurde die Gestaltung der Labyrinth-Dichtung am gedeckten Pumpenrad und der Einfluss der Wandrauheit der durchströmten Teile auf den Gesamtwirkungsgrad der Zirkulationspumpe näher untersucht.

Die Ergebnisse aus dieser Studie werden anhand von charakteristischen CFD-Darstellungen dargestellt.

Es wird eine Übersicht der durch die Linde Kryotechnik AG realisierten Maschinen präsentiert.

I.7

Kompakte Kryoverventile für Flüssigwasserstoff in Fahrzeugen Kryogene Komponenten im mobilen Einsatz

Dr. Ing. David Brütsch
Leiter Konstruktion & Entwicklung, WEKA AG

WEKA Kryo-Komponenten für tiefkalte flüssige Gase garantieren eine optimale Lösung bei außerordentlichen Betriebsbedingungen. Die meisten WEKA Kryo-Komponenten werden in kryogenen Prozessen bei Media Temperaturen $<70\text{K}$ (-203 °C) verwendet. Flüssig Wasserstoff (auch als LH2 bezeichnet) wird als Treibstoff in der Raumfahrt und immer mehr als alternative Energiequelle unter anderem auch für Automobile verwendet.

WEKA hat über 30 Jahre Erfahrung in der Entwicklung und Herstellung von Kryogenen Komponenten. Wichtige Referenzinstallationen wurden bereits in den späten 70-er Jahren ausgerüstet (Herstellung von D2 oder T3 in Kanada). WEKA Ventile für flüssig Wasserstoff arbeiten einwandfrei im Dauerbetrieb in Großanlagen (Raffinerien, Startrampen für Raketen). Seit den 90-er Jahren werden WEKA Ventile auch in Standard Verflüssiger und in Tankstellen eingebaut.

In den letzten drei Jahren hat WEKA ein kompaktes Tieftemperatur-Ventil mit pneumatischem oder hydraulischem Antrieb entwickelt. Die Einbauhöhe des Ventils beträgt lediglich 300mm. Das Ventil nimmt auf einer Länge von 130mm einen Temperaturgradienten von über 250 Grad auf. Um eine Vereisung auf der warmen Seite des Ventils zu vermeiden,

hat WEKA eine spezielle Spindel bestehend aus Verbundwerkstoff (G10) konstruiert. Aus Sicherheitsgründen ist das Ventil balgabgedichtet und mit einer zusätzlichen O-Ring-Dichtung gesichert.

Solche Ventile wurden bereits von Gas-Unternehmen (z.B. Linde) und OEM's bestellt und stehen heute im operativen Einsatz. Die Ventile sind Bestandteil eines LH2-Tanks der in einem OEM-Fahrzeug in Berlin im Stadtverkehr unterwegs ist. Mehrere Fahrzeuge mit solchen Ventilen an Bord haben die Deutsche Straßenverkehrszulassung erhalten und bereits mehr als 100'000 km zurückgelegt.

Weitere Informationen zu unserem Unternehmen finden Sie auf www.weka-ag.ch

I.8

Strategie zur Optimierung von Kryokonservierungsprotokollen

Inga Bernemann, Andreas Szentivanyi, Nicola Hofmann, Birgit Glasmacher
 Institut für Mehrphasenprozesse und Biomedizintechnik
 Leibniz Universität Hannover, Callinstr. 36, 30167 Hannover

Erfolgreiche Langzeitlagerung von suspendierten Zellen mittels Kryokonservierung erfordert eine Optimierung der Frier- und Auftauparameter. Allein dieses garantiert eine hohe Produktqualität und eine gute Zellausbeute nach der Rekultivierung der eingefrorenen Zellsubstrate. Jeder Zelltyp braucht spezielle Einfrier- und Auftaubedingungen, durch die der osmotische Stress auf die Zelle und eine unerwünschte Eiskristallbildung reduziert werden kann. Die Kryokonservierung von empfindlichen, teuren oder schwer zu beschaffenden Zellen stellt besonders hohe Anforderung an den Einfrier- und Auftauprozess, da hier hohe Zellüberlebensraten und uneingeschränkte Zellaktivität nach dem Auftauen besonders wichtig sind. Die Anpassung der Kühlraten und die Optimierung der Gefrierschutzmittelskonzentration tragen dazu bei zufriedenstellende Ergebnisse bei der Langzeitlagerung von Zellsuspensionen zu erhalten. In dieser vergleichenden Studie werden die Ergebnisse von Einfrierstudien und Prozessoptimierungen bei verschiedenen Zellarten miteinander verglichen.

Variierende Zellsuspensionen (293T- und HeLa-Zellen, humane primäre Fibroblasten, Keratinozyten, Epithelzellen, Adipozyten and CD34+-Stammzellen) werden unter verschiedenen Einfrierparametern eingefroren und die daraus resultierenden relativen Überlebensraten der Zellen nach dem Auftauen ermittelt. Kontrolliert eingefroren wird in Controlled-Rate-Freezern (CRF) – einem kommerziellen Gerät (CM 2000, Carbuos Metallicos/Airproducts, Spanien) oder einem Eigenbau (Frostomat). Die Untersuchung umfasst verschiedene Gefrierprotokolle, bei denen Ein- und Zweiphasenprotokolle (erste Phase: 4°C bis -30°C; zweite Phase: -30°C bis -80°C) mit jeweils variierenden Kühlraten (1–10 K/min) eingesetzt werden. Auch werden in parallelen Versuchsreihen verschiedene Konzentrationen von Gefrierschutzmitteln (DMSO, HES, PVP) gegeneinander getestet. Die Auswertung erfolgt durch Bestimmung der Zellvitalität. Diese wird nach dem standardisiertem Tauprozess mit Hilfe einer TrypanBlau-Färbung oder einer Ethium-Bromid Färbung bestimmt und ausgewertet.

I.9

Die Kryogenik für das europäische XFEL Röntgenlaserprojekt bei DESY

Bernd Petersen
DESY

Beim Deutschen Elektronen Synchrotron in Hamburg wird zu Zeit das europäische XFEL-Röntgenlaserprojekt vorbereitet. Als Quelle für einen im Röntgenwellenlängenbereich arbeitenden Freien Elektronen Laser (XFEL) wird dafür ein supraleitender Linearbeschleuniger mit einer Länge von ca. 1,7 km errichtet, der gepulste Elektronenpakete auf eine Endenergie von 20 GeV beschleunigt. Der aktive Teil des Linearbeschleunigers besteht aus ca. 1000 supraleitenden aus hochreinem Niob gefertigten Hochfrequenz-Resonatoren, die bei 1,3 GHz betrieben werden. Die Resonatoren werden in einem Bad mit flüssigem Helium II auf eine Betriebstemperatur von 2 K gekühlt und dazu in ca. 120 Kryostate von jeweils 12 m Länge eingebaut.

Es wird über das zum Aufbau und den Betrieb des supraleitenden XFEL Linearbeschleunigers benötigte kryogenische System berichtet, das u.a. eine Heliumkälteanlage mit einer Kühlkapazität von 2,5 KW bei 2 K beinhaltet.

I.10

Der Dauerstrich betriebene supraleitende Treiberlinac für den Freie Elektronenlaser bei BESSY

Dr. Wolfgang Anders

BESSY plant den Bau eines freie Elektronenlasers (FEL). Die Technik des supraleitenden Linearbeschleunigers (Linac) basiert auf der Linac Technologie der TESLA Kollaboration. Diese Technologie wurde für gepulsten Betrieb entwickelt. Im Gegensatz dazu ist bei BESSY ein CW-Betrieb geplant, der zu deutlich höheren kryogenischen Lasten führt. Das Projekt und die verwendete Technologie wird vorgestellt und die Besonderheiten durch den CW-Betrieb werden diskutiert.

I.11

Kryosystem für FAIR

Kauschke, Marion, Dr.-Ing.; Xiang, Yu, Dr.; Schroeder, Claus, Dipl.-Ing.(FH);
Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH
Planckstr. 1, 64291 Darmstadt

Die Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH (GSI) plant mit FAIR einen weiteren Ausbau ihrer bisherigen Beschleunigereinrichtung. FAIR (Facility of Antiproton and Ion Research) wird aus zwei Synchrotrons, vier Speicherringen und ca. 1.4 km Strahlführung bestehen. Weite Bereiche der Beschleunigerstruktur werden aus supraleitenden Magneten aufgebaut, die in einem Tunnel ca. 12 m unterirdisch aufgebaut werden, um die Erdabdeckung als Strahlenschutz zu nutzen. Die zu installierende Leistung beträgt 41 kW bei 4,4K. Die verschiedenen Betriebszyklen von FAIR verursachen eine dynamische Laständerung von 35%.

I.12

Der CSR (Cryogenic Storage Ring)- Ein Elektrostatischer Speicherring der nächsten Generation

von Hahn R., Crespo Lopez-Urrutia J. R., Fadil H., Grieser M., Haberstroh¹ Ch., Kühnel K.-U., Lange M., Orlov D. A., Repnow R., Rappaport² M., Sieber T., Schröter C. D., Schwalm D., Ullrich J., Quack¹ H., Wolf A. and Zajfman² D.

Max-Planck-Institut für Kernphysik, 69029 Heidelberg, Deutschland

¹ Technische Universität Dresden, Dresden, Deutschland

² Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel

Das Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg entwickelt und baut zur Zeit einen neuartigen elektrostatischer Speicherring für Experimente mit atomaren und molekularen Ionen der nächsten Generation. Im Gegensatz zu bisher existierenden elektrostatischen Ringen soll für den Betrieb die gesamte Vakuumkammer des CSR (Cryogenic Storage Ring) auf bis zu 2 K abgekühlt werden können. Der Vorteil dieser niedrigen Wandtemperatur liegt in der Reduktion der Hintergrundwärmestrahlung auf die gespeicherten Ionen. Damit werden nur noch die tiefsten Rotationseigenzustände der gespeicherten Moleküle besetzt, sodaß sich eine ganz neue Klasse von Experimenten eröffnet: die Untersuchung der Wechselwirkung zwischen extrem langsamen Elektronen und Molekülen in klar definierten Eigenzuständen wird nun erstmalig möglich. Darüber hinaus erzeugt die niedrige Kammertemperatur eine ideale Kryopumpe, mit der ein Restgasdruck von ca. 10^{-15} mbar erreicht werden soll. Dies führt zu Speicherzeiten der extrem langsamen Moleküle von bis zu einigen Minuten. In diesem Beitrag wird das Projekt mit Schwerpunkt auf die kryotechnische Auslegung vorgestellt.

I.13

Kryogenes Design der Tritiumquelle im Experiment KATRIN

S. Grohmann

Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technische Physik

Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Die Tritiumquelle im Experiment KATRIN (Engl.: Windowless Gaseous Tritium Source, WGTS) wird 10^{11} β^- -Zerfallselektronen pro Sekunde liefern. Der supraleitende Magnetkryostat besteht im Inneren aus einem 10 m langen Strahlrohr mit 90 mm Innendurchmesser, in das durch eine zentrale Injektionskammer 0.208 mbar l s⁻¹ molekulares Tritium (95 % Reinheit) bei einem Druck von 3×10^{-3} mbar injiziert wird (Aktivität 4.7 Ci s⁻¹). Das T₂ diffundiert anschließend zu den Rohrenden, wobei der Druck nahezu linear um einen Faktor 10⁻² abnimmt. Am Ende dieses Strahlrohres werden T₂- und ³He-Moleküle in einer ersten differentiellen Pumpstrecke (DPS1) mit Turbomolekularpumpen abgepumpt, wobei der Druck um eine weitere Größenordnung sinkt. Die β^- -Zerfallselektronen werden entlang der Magnetfeldlinien transportiert, die im Bereich des WGTS-Strahlrohres mit 3 Modulen von je 3 m Länge bei 3.6 T erzeugt werden. Hinzu kommen an beiden Enden je 2 Magnetmodule der DPS1 mit je 1 m Länge und 3.6 T bzw. 5.6 T.

Die systematische Unsicherheit der WGTS hängt entscheidend von der Säulendichte $\rho \times d = 5 \times 10^{17}$ Moleküle/cm² ab, die mit einer Genauigkeit von 0.1 % bekannt sein muss. Daraus ergibt sich eine geforderte Homogenität und Stabilität der Strahlrohrtemperatur von ± 0.1 % bzw. ± 0.1 % h⁻¹ bei Betriebstemperaturen von 30 K und 120 K. Diese Anforderungen sollen durch ein thermisches Design erfüllt werden, mit dem 90 % der Wärmelast (vorrangig Strahlung) durch diverse LN₂ und He-Wärmeübertrager in den Pumpkammern absorbiert werden. Das Strahlrohr selbst wird mit siedendem Neon/Argon (30 K/120 K) gekühlt, das von

einem quasi-stationären Flüssigkeitsspiegel in 2-Phasenrohren abdampft, welche als Teil eines Thermosiphons mit dem Strahlrohr wärmeleitend verbunden sind.

Der Magnetkryostat hat Abmessungen von 16 m Länge, 1.5 m Breite und 4 m Höhe und wiegt ca. 30 t. Er beinhaltet 11 kryogene Kreisläufe (2×He, 4×N₂, 3×Ne/Ar, 1×T₂, 1×Kr) mit ca. 400 Sensoren. In dem Beitrag werden die wesentlichen konstruktiven Merkmale der WGTS vorgestellt.

I.14

Erste Betriebserfahrungen mit der CMS Helium Kälteanlage

Dipl.-Ing. G. Perinić
Abteilung AT, CERN, CH-1211 Genf 23

Im CERN werden im Rahmen des Large Hadron Collider (LHC) Projekts vier neue Teilchendetektoren gebaut. Am Kollisionspunkt „point 5“ des LHC Beschleunigers, entsteht der Compact Muon Solenoid Detektor (CMS). Ein wesentlicher Bestandteil des CMS Detektors ist eine zylindrische supraleitende Spule von 12,5m Länge und 5,9m innerem Durchmesser, die im Betrieb ein Magnetfeld von 4T in ihrem Inneren erzeugt. Die Abkühlung des 225t schweren Spulenkörpers bis zur Betriebstemperatur von 4,45K sowie der Betrieb der Spule bei dieser Temperatur sind die Aufgaben einer neuen Helium-Kälteanlage. Die Helium-Kälteanlage liefert zur Abkühlung bis zu 30kW Kälteleistung und dann im Betrieb 800W bei 4,5K, 4500W zwischen 60K und 80K und 4g/s Verflüssigungsleistung zur Spulen- und Schildkühlung und zur Kühlung der Stromzuführungen. Bei Betriebsbedingungen erfolgt die Kühlung der Magnetspule unter Ausnützung der natürlichen Konvektion des flüssigen Heliums in Thermosiphon-Kreisläufen.

Die Spule wurde im Jahr 2006 zum ersten Mal auf Betriebstemperatur abgekühlt und getestet. Nach den Tests werden der Detektor und unter anderem die Cold Box der Kälteanlage an ihren endgültigen Aufstellungsort am Kollisionspunkt in 90m Tiefe umgezogen.

Der Vortrag berichtet über die Betriebserfahrungen bei der Abkühl-Kampagne sowie über die ersten Erfahrungen beim Betrieb der Spule während der magnetischen Tests und gibt einen Ausblick auf die nächsten Schritte.

Translation:

At CERN four new particle detectors are being constructed in the framework of the Large Hadron Collider (LHC) Project. At the collision point 5 of the LHC, the Compact Muon Solenoid Detector (CMS) is being built. An important component of the CMS detector is a superconducting coil of 12.5m length and with an internal diameter of 5.9m. In operation this coil will provide a magnetic field of 4T. The cool-down of the 225t heavy coil to its operating temperature of 4.45K and the operation at this temperature are the tasks of a new helium refrigeration system. The helium refrigeration system delivers up to 30kW for the cool-down and then in normal operation 800W at 4,5K, 4500W between 60K and 80K and 4g/s of liquefaction for cooling respectively the thermal shield and the current leads. At operation conditions the magnet is cooled by natural convection of the liquid helium in thermosiphon circuits.

In 2006 the coil has been cooled-down for the first time and it has been fully tested. After the tests, the detector and amongst others the refrigerator cold box will be moved to their final position at the collision point of the LHC, 90m underground.

The talk shall present the operation experience gained during the cool-down campaign as well as during the magnetic tests campaign and it shall give an outlook on the activities to come.

I.15

ELBE ein supraleitender Elektronenbeschleuniger

Dr. Christof Schneider
Forschungszentrum Rossendorf, Strahlungsquelle ELBE
Bautzner Landstraße 128, 01328 Dresden

Im Forschungszentrum Rossendorf (FZR) bei Dresden ist seit 2001 der supraleitende Elektronenbeschleuniger ELBE (**E**lektronen **L**inearbeschleuniger großer **B**rillanz und geringer **E**mittanz) in Betrieb. ELBE ist ein Experimentiergerät, das in unterschiedlichsten Anwendungen der Grundlagenforschung aus Physik, Chemie und Biologie genutzt wird. Im Vortrag wird eine Einführung zur Technik und zu Anwendungen des Beschleunigers gegeben. Besonders wird dabei auf die im Forschungszentrum Rossendorf entwickelten Kryostate zum Betrieb der supraleitenden Resonatoren und auf die kryogenen Aspekte im Betrieb mit der 1,8 K Heliumanlage eingegangen.

I.16

Große Luftzerlegungsanlagen für Energiewirtschaft

Dr. A. Alekseev
Linde AG, Geschäftsbereich Linde Engineering
Dr.-Carl-v.-Linde-Str. 6-14, 82049 Höllriegelskreuth

In letzten Jahren sind die Erdgas- und Rohölpreise deutlich gestiegen. In dieser Situation bieten einige Technologien wie GTL (Gas-to-Liquid) oder CTL (Coal-To-Liquid), die der Produktion von flüssigen Kohlenwasserstoffen aus Erdgas und Kohle dienen, wettbewerbsfähige Alternativen dar. Für diese Prozesse wird Sauerstoff benötigt, der mit Hilfe von Luftzerlegungsanlagen produziert wird.

In der Kraftwerktechnik stellt geforderte Reduzierung von CO₂-Emissionen die treibende Kraft für Entwicklung von neuen Prozessen dar. Dabei werden so genannte "Oxyfuel" und "IGCC" – Verfahren angehend untersucht. Für diese Prozesse werden ebenfalls Luftzerlegungsanlagen benötigt.

Die Hauptbesonderheit von allen diesen Anwendungen besteht in einem riesigen Bedarf an Sauerstoff (150,000 – 800,000 nm³/h). Die größten modernen Luftzerlegungsanlagen haben eine Leistung von ca. 100,000 nm³/h. Die Entwicklung von großen Luftzerlegungsanlagen mit der Produktion von 150,000 nm³/h und mehr kann die Wirtschaftlichkeit von diesen Anwendungen wesentlich verbessern. Deswegen werden neue Luftzerlegungs-Konzepte verstärkt untersucht.

Die Anforderungen an große Luftzerlegungsanlagen werden im Beitrag präsentiert und diskutiert.

I.17

SIMULATION GROSSER HELIUM-KÄLTEANLAGEN

A. Kutzschbach, Ch. Haberstroh, H. Quack
TU Dresden, Lehrstuhl für Kälte- und Kryotechnik, 01062 Dresden

Für den Betrieb von Teilchenbeschleunigern mit supraleitenden Kavitäten und Magneten sind Kälteanlagen mit dem Kältemittel Helium notwendig. Ziel des Programms ist es, ein dynamisches, numerisches Modell von Helium-Kälteanlagen und der dazugehörigen Verteilsysteme basierend auf einem kommerziellen Simulationsprogramm zu entwickeln. Mit dem Programm soll es möglich sein, schon in der Planungsphase einer solchen Kälteanlage verschiedene Betriebszustände (wie Abkühl- und Aufwärmphase oder Betriebsphasen mit veränderlichen Lasten) untersuchen zu können und optimale Steuerungskonzepte zu entwickeln.

Ein kommerzieller Helium Verflüssiger wurde simuliert, welcher aus einem Kompressor, einem Nachkühler, mehreren Gegenstrom-Wärmeübertragern, zwei Turboexpandern, Ventilen und einem Dewar-Speichertank besteht. Während für die stationäre Simulation nur die Wirkungsgrade der einzelnen Komponenten einbezogen, und Massen- und Energiebilanzen berechnet werden, müssen bei der dynamischen Berechnung auch die thermischen Massen und das Helium Inventar berücksichtigt werden. Transiente Massen- und Energiebilanzen müssen für viele kleine Elemente formuliert und gleichzeitig berechnet werden.

Mögliche Startpunkte für die Simulation sind Stillstand oder der statische Betrieb im Arbeitspunkt. Die Reaktion des Systems auf cool Down oder Stufen- bzw. zyklische Änderungen der Kälte- oder Verflüssigungsleistung wurden simuliert und charakterisiert.

Stichworte: He-Kälteanlagen, Simulation, Modellierung

I.18

**Heliumverflüssiger der neusten Generation
mit Leistungen bis 300 Liter pro Stunde**

Wilhelm H., Löhlein K., Ungricht T.
Linde Kryotechnik, Dättlikonerstr. 5, CH-8422 Pfungen

Hohe Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, sowie tiefe Betriebskosten und kurze Lieferzeiten werden für Gasverflüssiger für industrielle Anwendungen oder in der Forschung immer wichtiger. Durch Einsatz von standardisierten Komponenten können die Heliumverflüssiger der L-Serie von Linde Kryotechnik AG innert kurzer Zeit den spezifischen Kundenanforderungen angepasst werden. In diesem Manuskript wird diese neue Baureihe mit einer Verflüssigungsleistung von 20 bis 300 l flHe/h vorgestellt.

Verglichen mit Verflüssigern älterer Bauart konnten Wirkungsgrad, Verflüssigungsleistung und Zuverlässigkeit markant verbessert und Abkühlzeiten verkürzt werden. Dies ist vor allem auf den Einsatz von neu entwickelten Turbinen und optimierten Wärmetauschern zurückzuführen. Diese und weitere Komponenten werden vorgestellt und ihr Einfluss auf die Verflüssigungsleistung und die benötigte Antriebsenergie pro Liter produziertes Flüssighelium wird erläutert.

Bereits wurden mehrere Anlagen in Betrieb genommen. Gestützt auf die ersten Betriebserfahrungen werden die Leistungen dieser Anlagen mit den Leistungen der Verflüssiger älterer Bauart verglichen.

Kryotechnik, Heliumverflüssiger, Gasverflüssiger, L-Serie

I.19**Stand der Technischen Anwendung der „Hochtemperatursupraleitung“**

Sonja Schlachter, Wilfried Goldacker
 Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technische Physik,
 Hermann-von-Helmholtz-Platz 1,
 76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Nach der Entdeckung der Hochtemperatursupraleitung (HTS) im System Lanthan-Barium-Kupfer-Oxid mit einer Sprungtemperatur von 35 K durch Bednorz und Müller brach im Jahre 1986 weltweit eine wahre Supraleitungseuphorie aus. In den darauf folgenden Jahren wurden zahlreiche neue Materialien entdeckt, die Sprungtemperaturen bis zu 133 K aufwiesen und dadurch für Anwendungen mit kostengünstiger Kühlung durch flüssigen Stickstoff geeignet schienen. Die Herstellung von Drähten und Bändern aus den dafür geeigneten Materialien erwies sich jedoch als aufwändig und teuer, so dass bis heute zwar zahlreiche Anwendungen bearbeitet werden, die hohen Kosten für diese Supraleiter jedoch einen Einstieg in den Markt und eine breitere Anwendung noch verhindern.

Neue Hoffnungen auf ein preisgünstiges Supraleitermaterial für Anwendungen im Temperaturbereich um 20 K kamen im Jahr 2001 auf, als Supraleitung mit einer Sprungtemperatur von 39 K in Magnesiumdiborid entdeckt wurde. Bereits wenige Monate nach dieser Entdeckung gelang es mehreren Gruppen weltweit, erste Drähte und Bänder mit hoher Stromtragfähigkeit aus diesem Material herzustellen.

Trotz der langwierigen Entwicklungsarbeit, die nötig ist bis aus einem supraleitenden Material ein technischer Leiter wird, gibt es nunmehr 20 Jahre nach Entdeckung der HTS weltweit zahlreiche Projekte, in denen Prototypen für supraleitende Kabel, Motoren, Generatoren, Strombegrenzer, etc. entwickelt und getestet werden. Für Magnesiumdiborid liegen mögliche Anwendungen insbesondere im Bereich der Flüssigwasserstofftechnologie oder auch im Bereich der Raumfahrt. Der Vortrag gibt einen kurzen Überblick über die Verfügbarkeit verschiedener HTS-Materialien und den Stand der technischen Anwendung.

I.20**Ein Temperaturmesssystem für die Kryotechnik**

Christian Sackmann *, Manfred Süßer
 Forschungszentrum Karlsruhe, ITP, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen
 * ITK-Consulting, D-76863 Herxheim

Für die Kryotechnik wird auf dem Markt kein universelles Temperaturmesssystem angeboten, deshalb werden von den Anwendern Messsysteme mit unterschiedlichen Ausführungen eingesetzt. Für die Temperaturmessungen in verschiedenen Kryostaten mit badgekühlten Magneten wurde ein Messsystem entwickelt. Der Schwerpunkt liegt bei Betriebsmessungen im Temperaturbereich 4K – 300K, Kanalzahl etwa 100 mit unterschiedlichen Sensoren und einer Messfrequenz von kleiner 0,2 Herz. Eine wesentliche Eigenschaft des Systems ist die Verwendung von Standard-Hardwarekomponenten wie Digitalvoltmeter, Stromquellen und PC. Für die Software wurde Labview als Steuer- und Auswertesoftware verwendet. Der Datentransfer erfolgt mittels IEEE-Bus, OPC und Ethernet, ebenfalls mit Programmen die eine breite Einführung im Markt und eine gute Unterstützung gewährleisten. Die Einbindung in die Prozesssteuerung bzw. an das übergeordnete Prozessbedien- und Beobachtungssystem erfolgt mittels eines OPC-Servers. Der Beitrag beschreibt die gewählte Konfiguration diskutiert die systemspezifischen Eigenschaften.

I.21

Messgerät zur Bestimmung des Para Gehaltes in Wasserstoff

Andreas Rüegge Dipl. Ing. FH
Linde Kryotechnik AG
Daettlikonerstrasse 5, CH-8422 Pfungen

Vorstellung eines Messgeräts zur Bestimmung des Para-Gehalts in Wasserstoff, welches nach dem kalorischen Messprinzip arbeitet.

Der Para-Gehalt von flüssigem Wasserstoff ist eine wichtige Messgrösse sowohl für die Abnehmer wie auch für Lieferanten und Anlagenbetreiber.

Es werden das Messprinzip, der Aufbau und die Konstruktion dieser Neuentwicklung erläutert und die ersten Messergebnisse präsentiert.

I.22

Thermoakustische Oszillationen in H₂-Speichersystemen

Dipl.-Ing. Hartmut Winkler
Technische Universität Dresden
Lehrstuhl für Kälte- und Kryotechnik
D - 01062 Dresden

Viele Fahrzeughersteller entwickeln Automobile die Wasserstoff als Treibstoff verwenden. Um Wasserstoff für die mobile Anwendung zu speichern, stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung: die Speicherung in Druckgastanks bei Drücken bis 750 bar, die Speicherung mit Hilfe von Feststoffen und die Speicherung in flüssiger Form bei einem Sättigungsdruck von 1 bar...7 bar und der entsprechenden Siedetemperatur von 21 K...29 K.

Ein mögliches Problem bei der Speicherung flüssigen Wasserstoffs ist das Auftreten von thermoakustischen Oszillationen, zusammen mit einer dramatischen Zunahme des Wärmeeintrages in den Behälter. In der Heliumtechnik sind die Oszillationen gut bekannt, ebenso wie Maßnahmen dieses zu verhindern. Für Wasserstoffsysteme existieren gegenwärtig jedoch kaum Erfahrungen und Wissen über das Entstehen der Oszillationen.

In der präsentierten Arbeit wurden die für die reinen Gas-Oszillationen und für die Gas-Flüssigkeit-Oszillationen entscheidenden Parameter untersucht, die das Auftreten der Oszillationen beeinflussen. Neben der theoretischen Analyse wird auch ein für die experimentelle Untersuchung entwickelter Versuchsaufbau beschrieben und die Versuchsergebnisse dargelegt.

II.1.1

Messungen der Wirkungsgrade des Dresdner CO₂-Expander-Kompressors

J. Nickl, J. Riha, H. Quack
Technische Universität Dresden

Der Wirkungsgrad von CO₂-Kältemaschinen lässt sich bedeutend verbessern, wenn man das Drosselventil durch einen arbeitsleistenden Expander ersetzt. An der TU Dresden ist ein Freikolben-Expander-Kompressor entwickelt worden, bei welchem die bei der Expansion freigesetzte mechanische Arbeit in einer zweiten Kompressionsstufe verwendet wird. Solch ein Expander-Kompressor hat mehrere Wirkungsgrade, den der Expansion, den der mechanischen Energieübertragung und den der Kompression. Es wird über die Messung dieser Wirkungsgrade an einer ausgeführten Maschine berichtet.

II.1.2

Mikroverfahrenstechnik zur Kühlung von Prozessflüssigkeiten

Günter Rinke, Angela Ewinger, Klaus Schubert,
Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Mikroverfahrenstechnik

Im Forschungszentrum Karlsruhe werden u. a. Mikrowärmeübertrager durch mikromechanische Bearbeitung von Edelstahlfolien mit anschließendem Diffusionsschweißen hergestellt. Kleber oder Lote sind nicht erforderlich. Diese Bauteile können aufgrund ihres großen Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen enorme Wärmeleistungen übertragen. Ein Mikrowärmeübertrager mit einem nur 1 ccm kleinen Kernbauteil erlaubt die Übertragung einer thermischen Leistung von 20 kW bei einem Durchfluss von 700 kg/h pro Passage (Beispiel Wasser). Diese Bauteile sind bis zu vielen hundert bar druckfest und bis ca. 500 °C einsetzbar. Das Herstellungsverfahren wird kurz beschrieben und die Eigenschaften solcher Mikrowärmeübertrager anhand von experimentellen Ergebnissen näher erläutert. Als Beispiel wird neben der Wärmeübertragung Wasser gegen Wasser von ersten Experimenten mit Kältemittelverdampfung berichtet.

Die Mikrowärmeübertrager sind vielseitig einsetzbar in thermischen, chemischen und vor allem exothermen Prozessen. Eine industrielle Anwendung ist die Produktion von Chemikalien mit großem Durchsatz. Ein weiteres Beispiel ist die Kühlung von flüssigem Kohlendioxid bei 70 bar. In Zusammenarbeit mit einer Biodieselproduktionsfirma wurde Biodiesel innerhalb eines Verfahrensschrittes mit einer 4 kW Kälteanlage durch Verdampfung von R404a gekühlt. Diese Untersuchungen wurden durch Laboruntersuchungen im Forschungszentrum am Beispiel von R134a fortgesetzt. Andere mögliche Einsatzgebiete werden bei Kälteanlagen gesehen, die unter hohem Druck arbeiten wie transkritische CO₂ – Anlagen, z. B. für mobile Anwendungen.

II.1.3

Bachelor- und Masterstudiengänge – Was bringt die Zukunft?

R. Span,
Universität Paderborn

II.1.4

Posterpräsentation im Foyer

Prof. Dr.-Ing. Andrea Luke
Institut für Thermodynamik, TU Hannover

II.1.5

Die Optimierung der Kälteprozesse unter Berücksichtigung der Stoffeigenschaften der Kältemittel

Dr.-Ing. H. Förster – Magdeburg

Die Verdampfungswärme und der Isentropenexponent sind die entscheidenden kältetechnischen Stoffeigenschaften für Kältemittel neben der Dampfdruckkurve. Es wird gezeigt, wie sich diese Eigenschaften auf die Leistungsziffer des Kälteprozesses auswirken und mit welchen Maßnahmen der Prozess optimiert werden kann. Ferner werden Wege zur Kreislaufgestaltung aufgezeigt und auf die Auswahl geeigneter Komponenten hingewiesen, die dazu beitragen, den Forderungen der Kältetechnik für die Zukunft gerecht zu werden.

II.1.6

Korrelation des Phasenverhaltens fluider Kältemaschinenöl/CO₂-Mischungen mit Hilfe der Peng-Robinson Zustandsgleichung

Issam Swaid

Institut für Thermodynamik, Hans-Sommer Str. 5, Technische Universität Braunschweig

Das Phasenverhalten von fünf Kältemaschinenölen mit komprimiertem CO₂ wurde mit Hilfe der Peng-Robinson Zustandsgleichung (PR EoS) im Temperaturbereich 0 – 100 °C und bei Drücken bis 400 bar korreliert.

Die PR EoS wurde in der ursprünglichen Form in Kombination mit der quadratischen Form der Mischungsregeln für die Wechselwirkungsparameter a und b eingesetzt.

Ausgehend von einem experimentellen Gleichgewichtspunkt im unteren Temperaturbereich wurden die anpassbaren Parameter k_{12} und l_{12} der Kombinationsregeln für die binären Wechselwirkungsparameter a_{12} und b_{12} ermittelt. Für a_{12} und b_{12} wurden die üblichen geometrischen und arithmetischen Kombinationsregeln verwendet.

Bei den ausgewählten Ölen handelt es sich um verschiedene Poly- α -Olefine (PAO), Polyalkylenglykole (PAG) und Polyester (PE) unterschiedlicher mittlerer Molmassen (1000-2600 g/mol).

Die Ölkomponente wurde mit Hilfe der Normaldruck-Dichtedaten und der mittleren Molmasse durch die Ermittlung der kritischen Daten (p_c , T_c) und des azentrischen Faktors ω charakterisiert.

Die herangezogenen experimentellen Daten wurden der Literatur entnommen.

Der Einfluss der Wahl des Messpunktes auf die Berechnungsergebnisse sowie verschiedener Annahmen bei der Charakterisierung der Ölkomponente, insbesondere auf die Temperaturabhängigkeit des berechneten Phasenverhaltens, wurde demonstriert.

Das Phasenverhalten der pseudobinären Öl/CO₂-Mischungen konnte überwiegend zufriedenstellend wiedergegeben werden. Zudem ermöglicht das vollständig aufgestellte Phasenverhalten eine genauere Betrachtung des Einflusses verschiedener Faktoren auf die

gegenseitige Löslichkeit in diesen Mischungen, wie die chemische Struktur und die mittlere Molmasse der Ölkomponente.

Es besteht Bedarf für weitere Entwicklungsarbeiten auf der Seite der Charakterisierung der Ölkomponente und möglicherweise der Mischungsregeln, damit in bestimmten Fällen das experimentelle Phasenverhalten im unteren Temperaturbereich genauer wiedergegeben werden kann.

II.1.7

Gegenüberstellung heutiger Kältemittel mit Hinblick auf die Verluste des theoretischen Kälteprozesses und dem daraus abgeleiteten Verbesserungspotential

K. LAMBERS, J. SÜSS

Danfoss A/S, Nordborgvej 81, 6430 Nordborg, Denmark

Zur Verlustanalyse wird der Carnot-Gütegrad eines theoretischen trockenen Kälteprozesses in einen kältemittelabhängigen Expansions- und einen Rejektionsgütegrad zerlegt. Diese Gütegrade werden für die gängigen Kältemittel gegenübergestellt. Hieraus ergibt sich das kältemittelspezifische Verbesserungspotential der Systeme durch mehrstufige Verdichtung mit Zwischenkühlung, innerem Wärmeübertrager bzw. alternativen Entspannungsorganen.

Schlüsselwörter: Kältemittelvergleich, Carnot-Gütegrad, Expansionsverluste, Innerer Wärmeübertrager

II.1.8

Druckhaltung in geschlossenen Heizungs- und Kühlanlagen mit Wasser oder Wasser-Glykolegemischen verschiedener Mischungsverhältnisse

Dipl.-Ing. Oliver Stier

Planender Ingenieur; Hölkeringer Str. 13; 93080 Pentling

Technische Dichtheit in Kälteanlagen verhindert Kältemittelverluste aus diesen Anlagen nicht sicher. Aufgrund mangelnder Anlagenwartung werden so ständig Kältemittel freigesetzt.

Zur Begrenzung der Kältemittelfüllmengen in Kälteanlagen und der damit verbundenen Kältemittelverluste wird daher die Wärme auf andere Arbeitsfluide in geschlossenen Heizungs- und Kälteanlagen übertragen. Diese Arbeitsfluide müssen in ihrem flüssigen Aggregatzustand für verschiedene Temperaturbereiche geeignet sein und zur Verminderung der umgewälzten Fluidmenge eine möglichst hohe spezifische Wärmekapazität aufweisen. Für Kühlzwecke sind hierbei Temperaturen bis -45°C und für Heizzwecke bis $+180^{\circ}\text{C}$ notwendig. Hieraus ergibt je nach Einsatzbereich sich die Notwendigkeit das Arbeitsfluid Wasser mit anderen Fluiden, wie z.B. mit Glykolen zu mischen, um den geforderten Einsatzbereich abdecken zu können.

Zur Aufnahme der Volumenänderung sind hierbei geeignete technische Voraussetzungen zu schaffen und diese korrekt zu dimensionieren. Je nach Einbau der Einrichtungen ergeben sich in der Anlage unterschiedliche Druckverhältnisse denen Rechnung getragen werden muss.

Hierbei werden die Saug-, Mittel-, und Enddruckhaltung unterschieden. Bei nicht korrekter Dimensionierung der Druckhalteeinrichtungen, angepasst an deren Einbauort ergeben sich Funktionsprobleme bei Heizungs- und Kälteanlagen.

Stichworte: Saugdruckhaltung, Enddruckhaltung, Mitteldruckhaltung, Wasser – Glykol - Gemische

II.1.9

Einfluss der Ölviskosität auf den Wärmeübergang beim Behältersieden von Kältemittel/Öl-Gemischen

K. Spindler und H. Müller-Steinhagen
 Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart
 Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart

Bei Kompressionskälteanlagen kann der Wärmeübergang im Verdampfer durch das mitgeführte Kältemaschinenöl erheblich beeinflusst werden. In der Regel verringert sich der Wärmeübergang mit zunehmendem Ölanteil. In manchen Fällen kommt es bei geringen Ölanteilen auch zu einer Verbesserung des Wärmeübergangs. Dieser Effekt hängt stark von der Heizflächengeometrie sowie von dem verwendeten Öl ab.

Es werden Ergebnisse zum Wärmeübergang beim Behältersieden der Kältemittel R134a und R507 jeweils im Gemisch mit einem mittel-viskosen POE-Öl (55 cSt) und einem hochviskosen POE-Öl (170 cSt) an zwei horizontalen Verdampferrohren vorgestellt und diskutiert. Zum Vergleich werden Ergebnisse früherer Untersuchungen mit einem niedrig-viskosen POE-Öl (32 cSt) herangezogen. Als Verdampferrohre wurden ein feinsandgestrahltes Glattrohr ($d_a = 17,9$ mm) und ein Hochleistungsrohr GEWA-B ($d_a = 18,67$ mm) verwendet. Beide Verdampferrohre bestehen aus Kupfer. Die Messungen der Gemische mit dem hochviskosen POE-Öl wurden ausschließlich an einem Glattrohr durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten bei Siedetemperaturen zwischen $-28,6^\circ\text{C}$ und $+10,1^\circ\text{C}$ für Ölmassenanteile bis 5%. Es wurde bei fallender Wärmestromdichte zwischen ca. 80.000 W/m^2 und 1.000 W/m^2 gemessen.

Die Wärmeübergangskoeffizienten werden mit der Korrelation von Jensen & Jackmann verglichen. Die Berechnungen für die R134a/Öl-Gemische mit dem mittel-viskosen POE-Öl (55cSt) weichen von den Messergebnissen zwischen -40% und $+20\%$ ab. Für das hochviskose POE-Öl (170 cSt) weichen die berechneten von den gemessenen Wärmeübergangskoeffizienten zwischen -40% und $+50\%$ ab. Die gemessenen Wärmeübergangskoeffizienten der R507/Öl-Gemische können für Ölmassenanteile $w \leq 1\%$ mit der Korrelation von Jensen & Jackmann auf $\pm 20\%$ berechnet werden. Für höhere Ölmassenanteile sind die berechneten Wärmeübergangskoeffizienten bis zu 400% höher als die gemessenen Werte.

II.1.10

Verdampfung von Ammoniak und R 134 a in Plattenwärmeübertragern

Prof. S. Kabelac*, Dr. B. de Vries**

*Institut für Thermodynamik
 Helmut-Schmidt Universität der Bundeswehr Hamburg, 22039 Hamburg
 **GEA Ecoflex GmbH, Voss-Str. 11-13, 31157 Sarstedt

Plattenwärmeübertrager finden inzwischen auch in der Klima- und Kältetechnik weite Verbreitung als Verdampfer und Verflüssiger. Dennoch ist die Vorhersage der thermischen Leistung eines solchen Apparates und somit seine Auslegung mit großen Unsicherheiten verbunden, da keine hinreichend belastbaren Korrelationen zur Vorausberechnung des Wärmeübergangskoeffizienten bekannt sind.

In einem Versuchsaufbau an der Helmut-Schmidt-Universität können Verdampfer und Verflüssigen bis 100 kW thermische Leistung als Komponenten eines Kompressionskältekreislaufes mit unterschiedlichen Kältemitteln untersucht werden. Die Bestückung einzelner Platten mit mehreren Thermoelementen ermöglicht es, quasi-lokale

Wärmeübergangskoeffizienten als Funktion des Strömungsdampfgehalts und anderen Einflußgrößen zu messen.

Im Vortrag werden Messergebnisse des Wärmeübergangs bei der Verdampfung von Ammoniak und von R 134 a vorgestellt und diskutiert. Die Messergebnisse werden mit verschiedenen Korrelationen verglichen. Eine modifizierte Korrelation zur Berechnung des lokalen Wärmeübergangs in Plattenwärmeübertragern bei Verdampfung wird vorgeschlagen.

II.1.11

Verdampfung von alternativen Kältemittelgemischen an Stahlrohren

Dipl.-Ing. Olaf Kruck, Prof. Dr.-Ing. Andrea Luke
Institut für Thermodynamik, Leibniz Universität Hannover, 30167 Hannover

Siedevorgänge sind durch einen intensiven Wärme- und Stoffaustausch gekennzeichnet und werden daher in vielen kältetechnischen Prozessen angewendet. Selbst für reine Stoffe sind die physikalischen Grundlagen der Verdampfung noch weitgehend unbekannt. Diese Vorgänge sind sehr komplex und alle instationär. Eine alle physikalischen Details beschreibende geschlossene analytische Lösung der Mechanismen während der Keimstellenaktivierung und der Blasenwachstums und der Verknüpfung zum Wärmeübergang ist bisher nicht möglich. Für die Berechnung des Wärmeübergangs beim Sieden werden auf empirische bzw. halbempirische Korrelationen für die praktische Anwendung zurückgegriffen. Viele der bekannten Wärmeübergangsbeziehungen weisen jedoch den Nachteil auf, daß sie auf spezielle Fluide sowie auf Eigenschaften einer bestimmten Heizfläche bzw. -geometrie zugeschnitten sind. Experimente müssen weiterhin für die Beschreibung interessierender Größen, wie z.B. der Wärmeübergangskoeffizienten, mit Hilfe modernster Meßtechniken durchgeführt werden, von denen einige vorgestellt werden.

Neuere Ergebnisse zur gegenseitigen Beeinflussung der Blasen und der Überlagerungen von Verdampfungs- und Konvektionseffekten in siedenden Kohlenwasserstoffen in weiten Druckbereich an Stahlrohren mit unterschiedlichen Mikro- und Makrostrukturen werden erläutert. In der weitaus überwiegenden Anzahl von Arbeiten in der Literatur wurden fast nur mit Reinstoffen an speziellen Oberflächen experimentiert. Hier liegt in Zukunft noch ein erheblicher Forschungsbedarf, da in der Praxis häufig Gemischverdampfung vorliegt und die Bildung von aktiven Keimstellen durch lokale Konzentrationsunterschiede im Vergleich zum Reinstoff erheblich beeinflußt wird, und damit auch der mittlere Wärmeübergangskoeffizient des Gesamtapparates.

II.1.12

Untersuchung der dynamischen Verdampfungsvorgänge in den Oberflächenkavitäten von Re-Entrant-Hochleistungsverdampferrohren

F.Wondra¹⁾, P.Stephan¹⁾, A. Beutler²⁾

¹⁾ TU Darmstadt, Institut für Technische Thermodynamik, Petersenstrasse 30,
64287 Darmstadt

²⁾ Wieland Werke AG, Graf-Arco-Strasse 36, 89070 Ulm

Die hier vorgestellte Forschungsarbeit beinhaltet die experimentelle Untersuchung der lokalen Wärme- und Stofftransportvorgänge beim Behältersieden in den Kavitäten auf der Außenseite einer Re-Entrant-Hochleistungsverdampferrohrstruktur. Die Experimente im

Rahmen dieser Arbeit wurden unter Verwendung des Arbeitsmittels FC-72 und bei einem Systemdruck von 1 bar durchgeführt. Zur Visualisierung der Dampf/Flüssigkeit-Phasengrenze mit zeitlich veränderlicher geometrischer Ausprägung wurde eine optische Hochgeschwindigkeitsmessmethode eingesetzt. Die radiale Temperaturverteilung an der Kavitätswand wurde mittels einer in situ kalibrierten IR-Differenzthermografie-Methode vermessen. Gleichzeitig wurde die mittlere Wandtemperatur über eine konventionelle Thermoelementmessung bestimmt. Aus der anliegenden Wärmestromdichte im Bereich 2.500 W/m^2 - 50.000 W/m^2 und der Wandüberhitzung gegenüber dem Arbeitsmittel nahe der jeweils betrachteten Kavität wurde der lokale Wärmeübergangskoeffizient berechnet. Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung der Abhängigkeiten dieses lokalen Wärmeübergangskoeffizienten von den mit veränderlicher Wärmestromdichte verschieden ausgeprägten Verdampfungsvorgängen in der Kavität. Aus den Ergebnissen der durchgeführten Versuche konnten erste Schlussfolgerungen in Bezug auf die physikalischen Zusammenhänge zwischen der Fluktuationsfrequenz der Phasengrenze in der Kavität, der lokalen Temperaturverteilung an der Kavitätswand sowie dem Dampfanteil des Arbeitsmittels in der Kavität und dem lokalen Wärmeübergangskoeffizienten gezogen werden.

II.1.13

Anheben der Verdampfungstemperatur durch Einsatz eines Inneren Wärmeübertragers in Gleichstrombauweise

A. Tambovtsev, H. Quack
Technische Universität Dresden

Schaltet man stromabwärts des Verdampfers einer Kälteanlage einen inneren Wärmeübertrager und ordnet man den Temperaturfühler für das Thermostatische Expansionsventil stromabwärts dieses Wärmeübertragers an, so kann man das Ende der Verdampfung aus dem Verdampfer in den Inneren Wärmeübertrager verschieben. Dadurch wird es möglich, die Verdampfungstemperatur anzuheben, die Kälteleistung und die Leistungszahl steigen. Betreibt man den Inneren Wärmeübertrager in Gleichstrombauweise, so ergibt sich eine besonders stabile Regelung. Es wird über Experimente und eine numerische Simulation instationärer Betriebszustände berichtet.

II.1.14

Einstellung von Tropfenkondensation an metallischen Oberflächen durch Ionenimplantation

Michael H. Rausch, Andreas P. Fröba, Alfred Leipertz
Lehrstuhl für Technische Thermodynamik,
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Am Weichselgarten 8, 91058 Erlangen

Die Tropfenkondensation ist aufgrund ihres dynamischen Charakters mit ständig durch Tropfenablauffeffekte lokal kondensatfrei werdender Wandoberfläche der normalerweise an metallischen Oberflächen auftretenden Filmkondensation hinsichtlich der Wärmeübertragungsleistung deutlich überlegen. Bis in die Gegenwart zielen zahlreiche Forschungsaktivitäten darauf ab, die Tropfenkondensation an Metallen langzeitstabil einzustellen und somit für die technische Anwendung nutzbar zu machen. Hierzu werden überwiegend verschiedene Beschichtungsmethoden mit hydrophoben Materialien untersucht, welche aber durch ihre Abplatz- bzw. Abwaschneigung nur begrenzte Langzeitstabilität aufweisen und außerdem zusätzliche Wärmeleitwiderstände einbringen, die den positiven Effekt der Tropfenkondensation zumindest teilweise wieder kompensieren.

In diesem Beitrag wird der am LTT-Erlangen seit einem Jahrzehnt verfolgte Ansatz der Oberflächenmodifikation des metallischen Basismaterials durch Ionenimplantation vorgestellt. Dieser Ansatz besitzt den Vorteil, dass keine Beschichtung aufgebracht, sondern nur eine Veränderung der Oberflächeneigenschaften des Metalls bewirkt wird. Bislang konnte an Edelstahl, an Verchromungen und mit Einschränkungen auch an Aluminiumlegierungen langzeitstabile Tropfenkondensation von Wasserdampf erzielt werden. Wärmetechnische Untersuchungen an vertikalen Platten, Einzelrohren und Rohrbündeln zeigten eine beträchtliche Steigerung des Kondensationswärmeübergangskoeffizienten im Vergleich zur Filmkondensation. Weiterführende Arbeiten beschäftigen sich nun mit der Oberflächenmodifikation des für Wärmeübertrager wichtigen Basismaterials Kupfer, wobei dessen starke Oxidationsneigung ähnlich wie bei Aluminiumlegierungen berücksichtigt werden muss, sowie mit der Übertragung der gewonnenen Ergebnisse auf die Kondensation von Kältemitteldämpfen.

II.1.15

Wärmeübertragung in Rauchgasbeheizten Naturumlauf-Austreibern mit stehenden Siederohren

Christoph Kren¹, Stefan Plura¹, Mathias Schicktanz¹, Manfred Martin², Christian Schweigler¹,
Felix Ziegler³

¹ Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)

Walther-Meissner-Str. 6, 85748 Garching b. München

² Aermec GmbH, Im Tal 10, 87669 Rieden am Forggensee

³ Technische Universität Berlin, Institut für Energietechnik, BH 10
Ernst-Reuter-Platz 1, 10587 Berlin

Sowohl in direktbefeuerten Absorptionskältemaschinen als auch bei der Erzeugung von Kälte aus Abwärme von Motoren oder Gasturbinen lässt sich die Effizienz deutlich steigern, wenn die Wärme aus dem heißen Rauchgas nacheinander auf verschiedenen Temperaturniveaus in einen mehrstufigen Absorptionskälteprozess eingekoppelt wird. Verschiedene derartige Konzepte wurden bereits vorgestellt. Für die Realisierung entsprechender Anlagen sind jedoch sehr effiziente Wärmeübertrager erforderlich, da der zulässige Druckverlust im Rauchgassystem begrenzt ist und sich zudem eine Vergrößerung der Rauchgaswärmeübertrager negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt.

Somit stellt der rauchgasbeheizte Hochtemperaturaustreiber eine Schlüsselkomponente bei der Entwicklung von hocheffizienten Absorptionskältemaschinen mit Gasfeuerung und/oder Nutzung von Rauchgaswärme in Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungen dar. Die Ausführung als Naturumlaufkessel mit stehenden Siederohren ermöglicht dabei im Vergleich zu der bisher üblichen Ausführung als Rauchrohrkessel eine besonders kompakte Bauweise mit hohen Wärmeübergangswerten und geringen Druckverlusten auf der Rauchgasseite.

Es wird über Laboruntersuchungen an zwei Prototypen von rauchgasbeheizten Naturumlaufaustreibern für direktbefeuerte bzw. abgasbeheizte Absorptionskältemaschinen berichtet. Experimentelle Ergebnisse zu Wärmeübergängen, Druckverlusten, Rohrwandtemperaturen und zur Funktion des Naturumlaufs werden vorgestellt. Schlussfolgerungen für eine weitere Optimierung des Designs werden diskutiert.

Stichworte: Absorptionskältemaschine, Austreiber, Rauchgas, Wärmeübertragung, Druckverlust, Naturumlauf, Siederohrkessel, Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

II.1.16

„Aceton/Zinkbromid, ein neues Arbeitsstoffpaar für niedertemperaturbetriebene Absorptionskältemaschinen; Anwendungschancen und einige Untersuchungsergebnisse“

PD Dr.-Ing. habil. Salman Ajib
Dipl.-Ing. Wolfgang Günther
Dipl.-Ing. Ali Karno

Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau,
Fachgebiet Magneto- und Fluidodynamik, Postfach 100 565, D-98684 Ilmenau

Herkömmliche Arbeitsstoffpaare von Absorptionskältemaschinen sind Ammoniak/Wasser bzw. Lithiumbromid/Wasser. Zum effektiven Betrieb der Anlagen mit diesen Arbeitsstoffpaaren werden Antriebstemperaturen größer 80 °C benötigt. Diese Tatsache erschwert die Anwendung solarthermischer Energie, wie sie mit Hilfe preisgünstiger Flachkollektoren erzeugt werden kann.

Auf der Suche nach neuen, für den solarthermischen Antrieb von Absorptionskältemaschinen geeigneten, Arbeitsstoffpaaren, wurde im Rahmen der Forschungsarbeiten an der Technischen Universität Ilmenau ein neues Arbeitsstoffpaar untersucht, mit welchem sich Absorptionskälteanlagen mit Heiztemperaturen ab 55 °C effektiv betreiben lassen. Die wichtigsten thermischen und thermodynamischen Eigenschaften des Arbeitsstoffpaares und des neuen Kältemittels (Aceton) wurden durch theoretische und praktische Untersuchungen ermittelt und ausgewertet. Die Untersuchungsergebnisse haben die Anwendungsmöglichkeit dieses neuen Arbeitsstoffpaares nachgewiesen. Die Ergebnisse wurden durch Messungen an einer 10 kW Absorptionskältemaschine, die speziell für Untersuchungszwecke gefertigt wurde, gewonnen.

In diesem Beitrag wird das neue Arbeitsstoffpaar mit seinen wichtigsten physikalischen und thermodynamischen Daten vorgestellt. Weiterhin werden einige vergleichende praktische Untersuchungsergebnisse dargestellt.

II.1.17

Kompakte AbsorberWärmetauscher für Wasser/LiBr-Absorptionskälteanlagen

Elise Estiot, Stefan Natzer, Mario Harm,
Christoph Kren, Christian Schweigler

Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)
Walther-Meissner-Str. 6, 85748 Garching b. München

Absorptionswärmepumpen bzw. -kältemaschinen, speziell mit dem umweltfreundlichen Arbeitsstoffpaar Wasser/wässrige Lithiumbromidlösung, bieten ein großes Energieeinsparpotenzial beim Einsatz zur Gebäudebeheizung und -klimatisierung. Aktuell zeichnet sich eine Belebung der Nachfrage nach Anlagen kleiner Leistung (von etwa 10-30 kW Kälteleistung) ab, wie z.B. im Anwendungsfeld Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung oder solare Klimatisierung. Dieser Entwicklungsbereich hat ganz andere Anforderungen als es bei den etablierten Großkaltwassersätzen (Verdampferleistung über einigen hundert kW) der Fall ist. Speziell die Bauweise der Hauptwärmetauscher in großen Absorptionskältemaschinen kann nicht ohne weiteres auf den Leistungsbereich 10-30 kW herunterskaliert werden.

Entwicklungsziel sind eine Reduktion des Bauvolumens und des Gewichts der Wärmetauscher von Absorptionskältemaschinen sowie die Möglichkeit zur einer kostengünstigen Serienfertigung unter Verwendung von standardisierten Komponenten und Fertigungsmethoden. Eine Schlüsselkomponente in diesen Maschinen ist der Absorberwärmetauscher, dessen Effizienz für die Abmessungen und das Preis-Leistungs-Verhältnis der gesamten Anlage entscheidend ist. Die Verwendung von Lamellenwärmetauschern und Plattenwärmetauschern ermöglicht dabei im Vergleich zu der bisher üblichen Rohrbündelwärmetauscher-Geometrie eine besonders kompakte Bauweise. Konzepte und Abschätzungen zur Funktion der vorgeschlagenen Wärmetauscherkonfigurationen wurden bereits vorgestellt.

Es wird über Laboruntersuchungen verschiedener Absorberwärmetauscher in einer einstufigen Versuchskältemaschine berichtet. Dabei werden experimentelle Ergebnisse zu den Wärmeübergängen vorgestellt und daraus Aussagen über die mögliche Reduzierung des Bauvolumens und des Gewichts durch den Einsatz effizienterer Wärmetauschergeometrien gemacht. Die Beeinträchtigung der Absorberleistung durch Druckverluste auf der Kältemitteldampfseite sowie durch Anwesenheit von Restgasen wird diskutiert. Schlussfolgerungen für eine weitere Optimierung des Designs werden abgeleitet.

Stichworte: Absorptionskältemaschine, Wärmetauscher, Wärmeübertragung, Rieselfilm

II.1.18

„Simulation und Optimierung der Betriebsweise einer niedertemperaturbetriebenen Absorptionskältemaschine“

Dipl.-Ing. Ali Karno
PD Dr.-Ing. habil. Salman Ajib
Dipl.-Ing. Wolfgang Günther

Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau
Fachgebiet Magneto- und Fluidodynamik, Postfach 100 565, D-98684 Ilmenau

In diesem Beitrag werden rechnergestützte Verfahren zur Simulation und Optimierung der stationären Betriebsweise des Gesamtsystems einer solarthermisch betriebenen Absorptionskältemaschine, die mit niedrigen Antriebstemperaturen (ab 55 °C) betrieben werden soll, dargestellt. Dabei werden verschiedene Arbeitsstoffpaare berücksichtigt.

Die Motivation für diese Arbeit lag darin, dass alle heutzutage laufenden solarbetriebenen Absorptionskälteanlagen zur Kälteerzeugung und Raumklimatisierung höhere Antriebstemperaturen (höher als 75 °C) erfordern, um die Maschine zufriedenstellend bei Verdampfungstemperaturen über 4 °C betreiben zu können. Dadurch ist der Einsatz von kostengünstigen Flachkollektoren, die nur im Bereich des Niedertemperaturniveaus arbeiten, zum Antrieb solcher Maschinen nicht effektiv.

Zur Optimierung der Betriebsweise des Gesamtsystems wird die Anlage in verschiedene Teilelemente aufgeteilt. Dazu werden Bilanzbetrachtungen (Enthalpie- und Massenstrombilanzen) sowie Wärmeübertragungsanalysen um die einzelnen Elemente durchgeführt und ein EES- Rechenmodul anhand der abgeleiteten Komponentengleichungen erstellt. Die Simulationsmodelle werden an Messungen verifiziert und dann auf einige Problemstellungen angewendet. Die Simulationsergebnisse haben die Einsatzmöglichkeit des neuen Arbeitsstoffpaares Aceton/ Zinkbromid als Arbeitsmittel in der Niedertemperatur betriebener Absorptionskältemaschine bestätigt.

II.1.19

Solares Heizen und Kühlen mit Absorptionskälteanlage und Latentwärmespeicher

Christian Schweigler, Christian Keil, Holger Köbel,
Stefan Hiebler, Christoph Kren, Harald Mehling
Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)
Walther-Meissner-Str. 6, 85748 Garching b. München

In solaren Kühlsystemen werden Sorptionskälteanlagen zur Bereitstellung von Klimakaltwasser eingesetzt. Die Rückkühlung der Kälteanlagen erfolgt üblicherweise über Nasskühltürme. Der Einsatz trockener Rückkühler ist zum einen wegen des begrenzten Temperaturhubes der Sorptionskälteanlage kaum möglich und zum anderen steigt bei entsprechender Anhebung der Rückkühltemperatur auch die für den Betrieb der Kälteanlage erforderliche Antriebstemperatur. Dies ist wiederum mit einem Rückgang des Wirkungsgrades des Solarkollektors verbunden, so dass zur Bereitstellung einer bestimmten Kälteleistung eine entsprechend größere Solarkollektoranlage vorgesehen werden müsste.

Der Betrieb eines offenen nassen Rückkühlwerkes erfordert einen nicht unerheblichen Aufwand im Hinblick auf Wasseraufbereitung, Abschlämmung und Reinigung. Weitere kritische Punkte sind die Gefahr der Legionellenbildung im offenen Kühlwasserkreislauf sowie die Neigung zur Schwadenbildung bei kühlen Umgebungsbedingungen. Gerade bei Anlagen kleiner Leistung stellt der Betrieb eines Nasskühlturms daher eine erhebliche Komplikation dar, die eine Umsetzung energiesparender Klimakältesysteme erschwert.

Um den Einsatz kompakter Sorptionskältesysteme zu erleichtern, wird ein neuartiges Rückkühlsystem, bestehend aus einem trockenen Rückkühler in Verbindung mit einem Latentwärmespeicher, entwickelt. Auf diese Weise kann ein definiertes niedriges Temperaturniveau für die Rückkühlung der Kälteanlage – unabhängig von den während des Betriebs der Kälteanlage herrschenden Umgebungstemperaturen – angeboten werden. Das Temperaturniveau der Rückkühlung wird durch die Umwandlungstemperatur des Latentwärmespeichers festgelegt. Die vom Latentwärmespeicher während des Betriebs der Kälteanlage aufgenommene Wärme wird während der Nachtstunden über ein trockenes Rückkühlwerk an die Umgebung abgegeben, so dass die während der Nachtstunden herrschenden niedrigeren Umgebungstemperaturen für die Abgabe der Abwärme der Kälteerzeugung an die Umgebung genutzt werden können.

In Systemen, bei denen solarthermische Wärme im saisonalen Wechsel sowohl zum Antrieb einer Sorptionskälteanlage als auch zu Heizzwecken verwendet wird, kann der Latentwärmespeicher während der Heizperiode zusätzlich auch zur Pufferung der solarthermisch erzeugten Heizwärme eingesetzt werden.

Neben dem Systemkonzept werden erste Betriebsdaten des Latentwärmespeichers vorgestellt.

Stichworte: solare Klimatisierung, trockene Rückkühlung, Latentwärmespeicher, Heizen und Kühlen.

II.1.20

Biomassebetriebene Absorptions-Wärmepump-Anlage kleiner Leistung (BIOAWP)

Harald MOSER, René RIEBERER

Technische Universität Graz, Institut für Wärmetechnik
A 8010 Graz, Inffeldgasse 25 / B

Große Absorptionswärmepumpen bzw. Absorptionskältemaschinen (AWP) sind mehr oder weniger Stand der Technik. Kleine Absorptionswärmepumpen konnten sich bisher auf Grund hoher Investitionskosten und geringer Effizienz nicht auf dem Markt durchsetzen.

Im Projekt BIOAWP wird eine leistungsgeregelte, biomassegefeuerte Absorptionswärmepumpe für den kleinen Leistungsbereich (bis 17KW Heizleistung), welche für Heiz- und Kühlzwecke eingesetzt werden soll, entwickelt und getestet.

Die technischen Eckpunkte sind:

- Durch das Arbeitsstoffpaar $\text{NH}_3 / \text{H}_2\text{O}$ ist, im Unterschied zu z.B. $\text{H}_2\text{O} / \text{LiBr}$ Kühlung unter 0°C und z.B. die Verwendung von Eisspeichern möglich. Weiters kann die Anlage als Wärmepumpe für Heizzwecke eingesetzt werden.
- Der Prozess ist ein Single Stage-Prozess mit Kälte- und Lösungsmittelwärmetauscher.
- Alle verwendeten Wärmetauscher sind Standardplattenwärmetauscher. Dies verspricht eine wesentliche Kostenreduktion im Vergleich zu Spezialkomponenten.
- Der Austreiber wird indirekt mittels Wasser oder Wärmeträgeröl beheizt. Dadurch kann die Anlage mit unterschiedlichen Wärmequellen betrieben werden. Neben Biomasse ist auch Sonnenergie oder Prozesswärme denkbar.
- Zur Sicherstellung der Kältemittelqualität wird eine Rektifikationskolonne eingesetzt.
- Es ist eine stufenlose Leistungsregelung mit variablen Lösungskonzentrationen vorgesehen.

Der Beitrag beschreibt das Systemlayout, das Design und die Auslegung der einzelnen Komponenten sowie Simulationsergebnisse. Weiters sollen erste Messergebnisse präsentiert und mit Simulationsergebnissen verglichen werden.

II.1.21

Vakuumphaltesysteme für thermisch angetriebene Kälteanlagen und Wärmepumpen

Stefan Petersen¹, Felix Ziegler¹

¹ Technische Universität Berlin, Institut für Energietechnik, Ernst-Reuter-Platz 1, 10587 Berlin

Wird zur Kälteerzeugung Wärme als Antriebsenergie in Absorptions- und Adsorptionskälteanlagen genutzt, werden die Netzengpässe/-ausfälle in Zeiten hohen Kühlbedarfs reduziert und überschüssige Fern- und Abwärme sowie Wärme aus Solaranlagen kann genutzt werden.

Im Rahmen kleiner thermisch angetriebener Kälteanlagen spielen Komponenten, die als Serviceeinrichtungen für den Betrieb der eigentlichen Anlage benötigt werden unter energetischen, investiven und wartungsbezogenen Gründen eine große Rolle. Zu den intensiven Nebenaggregaten zählen unter anderem die Systeme für Rückkühlung und Vakuumerhaltung.

Am Institut für Energietechnik der TU Berlin sind die Auswirkungen des Vakuumverlusts bei einer einstufigen Wasser/LiBr-Absorptionskälteanlage qualitativ untersucht worden. Basierend auf den Ergebnissen dieser Untersuchung konnten verschiedene Vakuumphaltesysteme, wie Strahlpumpen, Hilfsabsorber und mechanische Vakuumpumpen im Einsatz getestet und analysiert werden. Für eine Neuentwicklung ist der Verzicht auf drehende Teile unter Einsatz einfachster Produktionstechnik mit einem wartungsfreien Betrieb als Ziel definiert worden. Ergebnis der aktuellen Forschung ist ein hydrodynamisches System, das an einer Absorptionskälteanlage mit 10 kW Kälteleistung getestet wurde und diese sowohl während des laufenden Betriebs als auch im Stillstand im gewünschten

Ausmaß luftfrei halten kann. Die Wartungsintervalle für die Kälteanlage in Bezug auf das Vakuumhaltesystem ergeben sich nur noch als Funktion der Größe des Sammel tanks für die Luft und der Leckrate der Anlage. An einem direkt ausblasenden Evakuierungssystem wird gearbeitet.

II.1.22

CO₂-Prozesse mit ein- oder zweistufiger Verdichtung für die Kälteversorgung einer Klimaanlage

Prof. Dr.-Ing. Uwe Sievers

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Technik und Informatik
Forschungsschwerpunkt Brennstoffzellen und rationelle Energieverwendung
Fachgebiet Technische Thermodynamik, Anlagenbau und Kältetechnik
Berliner Tor 21, D-20099 Hamburg

Im Zusammenhang mit der Projektierung einer Fahrzeugklimaanlage mit dem Kältemittel R 744 werden thermodynamische Berechnungen des CO₂-Prozesses durchgeführt. Dabei werden verschiedene Schaltungen mit ein- bzw. zweistufiger Verdichtung des Kältemittels untersucht. Da die Anlage einfach aufgebaut sein soll, bleibt eine arbeitsleistende Expansion des Kältemittels unberücksichtigt. Die Prozessparameter werden für Verdampfungstemperaturen von 0 °C und 5 °C und Umgebungstemperaturen zwischen 15 °C und 55 °C systematisch variiert.

Die Ergebnisse der Berechnungen werden vorgestellt. Der Einfluss der Prozessparametervariation auf das Betriebsverhalten der Kälteanlage wird erläutert und diskutiert. Die ermittelten Werte können als Grundlage für die Auslegung und den Betrieb von CO₂-Kälteanlagen - nicht nur für die Kälteversorgung von Klimaanlage, sondern auch für andere Anwendungsfälle mit ähnlicher Verdampfungstemperatur - herangezogen werden.

II.2.1

Schraubenverdichteraggregate für die Chemieindustrie

Dr. Ole Fredrich, Ottomar Neuwirth, André Thiel

Grasso GmbH Refrigeration Technology, Holzhauser Straße 165, 13509 Berlin

Ölüberflutete Schraubenverdichter für die industrielle Kältetechnik weisen neben hohen Liefer- und Wirkungsgraden der Verdichtung prinzipbedingt eine hohe Ausfallsicherheit und nur wenige Verschleißteile auf.

Speziell die Gleitlagerung in den Schraubenverdichtern weist eine nahezu unbegrenzte Lebensdauer auf, so lange die Ausbildung eines hydrodynamischen Schmierfilms gewährleistet ist. Unzureichende Bedingungen im Schmierpalt äußern sich unmittelbar in einem signifikanten Temperaturanstieg. Daher ist die vorgestellte Lösung für eine Temperaturmessung an den Gleitlagern ein wesentlicher Beitrag zur Maschinenüberwachung und damit zur Erhöhung der Betriebssicherheit.

Die einzigen Verschleißteile der Grasso-Schraubenverdichter Baureihe LT sind die Gleitringdichtung und die Wälzlager zur Axialkraftaufnahme. Der Vorteil dieser Baureihe ist unter anderem, dass die Lagerspielüberprüfung mit geringem Aufwand durchgeführt werden kann und ein Axiallagerwechsel ohne Abbau des Verdichters vom Aggregat möglich ist.

Durch eine Überwachung der axialen Rotorposition „in situ“ kann eine weitere Verbesserung erreicht werden. Die Rotorposition und der Verschleiß der Axiallager werden kontinuierlich bis zu einem verdichterspezifischen Grenzwert überwacht. Diese prozessparallele Verschleißmessung ist somit ein Beitrag zur Verlängerung der Grenznutzungsdauer der Lager.

Verschiedene Ausführungsvarianten der doppelwirkenden Gleitringdichtung und die Anforderungen an die Ausführung des Sperrölkreislaufes werden erläutert.

Auf spezielle Kundenanforderungen bei der Aggregatgestaltung wird beispielhaft eingegangen.

II.2.2

Minimisation of pressure pulsations in the screw compressor discharge piping

Dr. Dmytro Zaytsev

R&D Engineer Screw Compressors
Grasso GmbH Refrigeration Technology
Holzhauser Strasse 165, 13509 Berlin, Germany

A problem of noise and vibration in the piping between the screw compressor and oil separator arises if the natural gas pulsations in the piping get in the resonance with the pulsations sent by the compressor.

Three typical piping geometries such as a short and a long pipe with the open end and a short pipe with agglomerator have been studied to evaluate the natural frequency of the gas column.

It was found that because of the wave reflection from the open pipe end the gas in such a pipe has several natural frequencies dependent on the sound speed and on the pipe length. Since the sound speed of various refrigerants differs significantly, the resonance pipe length will also vary strongly from one refrigerant to another. Hence, to avoid the resonance a separate examination for each refrigerant would be required at the compressor package design stage.

Unlike open ended pipes, in the pipe with agglomerator the wave reflection at the agglomerator side is eliminated. This allows to use one standard discharge pipe geometry resonance-free independent on the refrigerant.

II.2.3

VERGLEICH DER CHARAKTERISTISCHEN TEILLAST-WIRKUNGSRADE VON SCHRAUBEN- UND TURBOVERDICHTERN

Dr. Ing. Joost J. Brasz, Carrier Corporation Syracuse
Ing.(grad.) Klaus Hartmann, München

Verdichter werden für Vollast-Betriebsbedingungen ausgelegt, die normal als Kondition der maximal benötigten Kälteleistung und Förderhöhe definiert ist. Die meiste Zeit arbeiten die Verdichter jedoch mit geringerem Förderstrom und kleinerer Druckdifferenz als im Auslegungs-Vollastpunkt. Diese Teillastbedingungen bewirken immer eine verminderte Stromaufnahme des Verdichters, wobei die Tatsache übersehen wird, dass sich der Verdichtereffizienzgrad typischerweise im Teillastbetrieb verschlechtert.

Dieser Beitrag vergleicht den relativen Teillastwirkungsgrad von Schrauben- und Zentrifugalverdichtern bei konstanter und variabler Drehzahl. Die Teillastleistung der Verdichter wird in Form eines zweidimensionalen Verdichter-Kennfeldes dargestellt, mit der Förderhöhe auf der Ordinate als eine Funktion des Förderstromes und Wirkungsgradinseln auf der Abszisse, die Leistungszahlen für jede mögliche Förderhöhe/Förderstrom-Kombination anzeigen. Diese üblicherweise bei Zentrifugalverdichtern gewählte Darstellung der Verdichterleistung ist auch für Schraubenverdichter verwendet, um einen einfachen und direkten Vergleich des Teillastwirkungsgrades zu ermöglichen.

Der Vergleich der Verdichterkennfelder basiert auf dynamischem Flüssigkeitswirkungsgrad, d.h. ohne mechanische Verluste von Lagern, Transmission oder elektrischer Verluste aufgrund von Motor- Ueffizienz oder im Falle variabler Drehzahl die Unwirtschaftlichkeit der Kraftübertragung. Die Unterschiede der Linien gleichen Wirkungsgrades auf den Verdichterkennfeldern werden in Form relativer Variationen der Hauptverluste mit Änderungen in Förderhöhe und Förderstrom dargestellt und erläutert.

II.2.4

Ein neuer kompakter Mehrzylinder-Hubkolbenverdichter für CO₂ im transkritischen Anwendungsbereich

Dr. Harald Kaiser
BOCK Kältemaschinen GmbH, D-72636 Frickenhausen

Es wird ein neuer halbhermetischer Hubkolbenverdichter beschrieben, der die spezifischen Vorteile von CO₂ – als Kältemittel umsetzt. Hohe volumetrische Kälteleitung bedeutet, daß das Bauvolumen für das Triebwerk und die Zylinder bei entsprechender Konstruktion sehr kompakt ausgeführt werden kann.

Wählt man eine radiale Anordnung der Zylinder wird die Baugröße dann vorrangig durch die Antriebsmotorgröße vorgegeben.

Konstruktion und erste Erfahrungen dieses neuen Radialkolbenverdichters werden vorgestellt.

II.2.5

Medienverteilung bei Trockenverdampfung in Plattenwärmeübertragern

Dipl.-Ing. T. Eisel
ILK Dresden, Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden

Gemeinsam mit der Firma thermowave untersucht das ILK die Gesetzmäßigkeiten der Verteilungen der beiden wärmeübertragenden Medien bei der Trockenverdampfung in Plattenwärmeübertragern.

Ziel der Untersuchungen ist ein praxistaugliches, physikalisches Simulationsmodell zur Auslegung von Plattenverdampfern. Das Simulationsmodell iteriert mit Hilfe thermodynamischer Korrelationen die übertragene Kälteleistung des Plattenverdampfers und die Druckabfälle. Als Grundlage dienen vorgegebene Temperaturen der Medien und vorgegebene geometrische Größen des Plattenverdampfers.

Zur Prüfung und Verbesserung der physikalischen Ansätze (z.B. für Druckabfall, Wärmeübergangsverhalten, Verteilung, ...) wurden die Ergebnisse des Simulationsmodells mit Messdaten von realen Plattenverdampfern verglichen.

Es erfolgten umfangreiche vergleichende Messungen am ILK mit unterschiedlicher Plattenstruktur und verschiedenen Kältemitteln:

- Einkanalmessungen (1 Kältemittelkanal) mit Wärmeübergang
 - Trockenverdampfung
- Einkanalmessungen ohne Wärmeübergang
 - Messungen mit reiner Gasphase und Zweiphasenströmung mit unterschiedlichem Dampfmasseanteil
- Mehrkanalmessungen mit Wärmeübergang
 - 15 und mehr Kältemittelkanäle, Trockenverdampfung.

Die durchgeführten Messungen ermöglichen Aussagen zur

- Wärmeübertragung,
- Medienverteilung kältemittel- wie auch solesseitig und zu
- lokalen Druckänderungen.

Speziell die kältemittelseitigen Druckänderungen beeinflussen entscheidend die übertragene Kälteleistung.

Im Vortrag soll auf die durchgeführten Messungen und deren Ergebnisse eingegangen werden. Zusammenfassend wird die Praxistauglichkeit des Simulationsmodells zur Auslegung der Kälteleistung von Plattenverdampfern eingeschätzt. Dabei werden vorhandene Korrelationen zum Wärmeübergangsverhalten beurteilt.

II.2.6

Entwicklung eines Kombi-Verdampfers zur gleichzeitigen Nutzung von zwei Wärmequellen

Dipl.-Ing. (FH) Christian Bichler, Dr.-Ing. Andreas Bühring,
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg

In Wohngebäuden werden in Zukunft verstärkt Lüftungsgeräte zum Schutz der Bausubstanz eingebaut. Diese führen zu erhöhter Luftqualität, da der notwendige Luftaustausch automatisch sichergestellt wird. Durch die Nutzung der Abluftwärme zur Vorwärmung der Zuluft mittels Wärmerückgewinnung kann der Heizwärmebedarf gesenkt und somit Energie

eingespart werden. Die zunehmende Verwendung von Lüftungsgeräten ermöglicht einen wachsenden Einsatz von Abluftwärmepumpen. In Passivhäusern mit einem sehr geringen Heizwärmebedarf von 1000 – 2000 W genügt die Abluft als Wärmequelle weitgehend aus.

Ist der Heizwärmebedarf höher, z.B. in 3-Liter-Häusern oder den meisten KfW-40-Häusern, reicht die Abluft als Wärmequelle nicht mehr aus. Eine Nacherwärmung mit Gas oder ein hoher Einsatz elektrischer Energie in Widerstandsheizungen ist dann nötig. Um einen monovalenten Betrieb zu ermöglichen, muss die Kälteleistung der Abluftwärmepumpe erhöht werden. Dies kann durch den neu entwickelten Flüssigkeits-Luft-Kombiverdampfer erfolgen, so dass die Grundlast der Kälteleistung weiterhin aus der Abluft gewonnen werden kann und die Spitzenlast durch eine kleine, zusätzliche Erschließung einer zweiten Wärmequelle (z.B. ein kleiner Erdabsorber).

Ein herkömmlicher Luft-Verdampfer nutzt die Wärme eines Luftstroms und überträgt sie an verdampfendes Kältemittel. Der neue Flüssigkeits-Luft-Kombiverdampfer ist so konstruiert, dass ein zusätzlicher, i.a. von Wasser-Glykol-Gemisch durchströmter, Kreislauf eingebaut ist.

In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus einem Projekt vorgestellt, in dem ein erster Prototyp dieses Flüssigkeits-Luft-Kombiverdampfers entwickelt und getestet wird. Die Laufzeit des Projektes endet im Okt. 2006. Die Effizienz des Verdampfers in Verbindung mit einer Wärmepumpe wird im Labor getestet und auf dem Teststand für Lüftungs-Kompaktgeräte des Instituts gemessen. Mittels Strömungssimulationen unter Verwendung von neu entwickelten Modellen in Fluent für Zweiphasenströmungen werden genauere Erkenntnisse über den Verdampfungsprozess im Inneren des Kombiverdampfers gewonnen. Diese sollen einer späteren systematischen Optimierung des neuen Verdampfers dienen.

II.2.7

Umweltfreundliche Wärmetauscher CO₂-Anwendungen und innen geriffelte Rohre für Glykol-Luftkühler

Filippini
LU-VE Contardo

Alternative Lösungen zu traditionellen HFC-Anlagen werden immer gefragter, um den Kältemittelverbrauch und den Treibhauseffekt im allgemeinen zu reduzieren. Daher ist der Einsatz indirekter Systeme (wie Glykol Luftkühler) und natürlicher Kältemittel in der Kälteindustrie in den letzten Jahren bedeutend angestiegen.

Glykol-Luftkühler sind eine wohlbekanntete Technologie, die normalerweise in der Branche der Lebensmittelkonservierung und in Verarbeitungsräumen verwendet wird; jedoch stehen die Konstrukteure typischen Problemen dieser technischen Lösung wie z.B. niedrige Kühlleistung (aufgrund verringerter Wärmetauschkapazität) und hohem Pumpenenergieverbrauch gegenüber.

Die neue CO₂-Technologie stellt eine ausgezeichnete und umweltfreundliche Lösung dar mit einem GWP (Global Warming Impact)-Wert =1 (um die 1.000 - 2000 für HFC) und ODP=0. Sie ist ungiftig und nicht entflammbar, interessante Vorteile im Vergleich zu anderen natürlichen Kältemitteln wie Ammoniak und Kohlenwasserstoffen. Bezüglich des Treibhauseffektes ist es so, dass sich das reelle Ergebnis im Falle des direkten Impakts bei 0 auf den indirekten bezieht. Die effektive Herausforderung liegt darin, mit CO₂ den gleichen COP bestehender HFC-Anlagen zu erreichen oder diesen, wenn möglich, zu verbessern.

Diese Unterlage besteht aus 2 Teilen:

Der erste Teil beschreibt die neue einzigartige technische Lösung zur Erhöhung der Kühlerleistung, in der Tat stellt LU-VE eine neue Baureihe vor mit speziellen innen geriffelten

Rohren, die den internen Wärmeaustausch steigern und höhere Leistungsfähigkeit erreichen. Die innen geriffelten Rohre für HFC-Kühler wurden vor nunmehr fast 20 Jahren entwickelt und haben sich bewährt, jetzt ist eine vergleichbare Ausführung (jedoch mit ganz anderen Eigenschaften) auch für Glykol-Luftkühler verfügbar. In zahlreichen Versuchsreihen im Labor wurden spezielle Rohre entwickelt, die in der Lage sind, den internen HI auch bei sehr niedrigen Reynoldsschen Zahlen (zwischen 1800 und 3000) ohne internen Druckabfall zu steigern. Diese neue technische Ausführung löst das Problem der herkömmlichen niedrigen Leistungsfähigkeit der Glykol-Luftkühler.

Der zweite Teil beschreibt die Hauptparameter bei Ausführung von CO₂-Arbeitszyklen, mit besonderem Augenmerk auf den Beitrag, den effizient konstruierte Wärmetauscher liefern. Zuerst werden die Luftkühler analysiert. Auch wenn CO₂ sehr unterschiedliche Eigenschaften hat, reicht eine einfache Umformung der Batterie aus, um gute Leistungen zu erreichen, ohne dass ein vollkommen neues Modell erforderlich ist. Wichtig ist jedoch die besondere Beachtung des höheren Druckpegels.

Weitaus wichtiger ist die Konstruktion des Gaskühlers. Dieses Produkt kann nicht einfach als Umformung bestehender HFC-Verflüssiger gesehen werden und hier ist der Entwurf eines neuen Modells erforderlich.

Der Arbeitsdruck ist fast 4 mal höher und die Temperatur doppelt so hoch. Diese Eigenschaften verlangen eine unterschiedliche Bauweise, die in der Lage ist, die vollkommen unterschiedlichen Flüssigkeitseigenschaften auszunutzen. Die Wärmetauscher können sehr viel höhere Lufterwärmung in der Batterie verwenden, niedriger Luftfluss ist erforderlich mit folglich niedrigerer Motorleistung.

Die Auslegungsmethode der Wärmetauscher wurde bedeutend geändert zur korrekten Berechnung der Leistungen bei sehr variablem DT-Wert, der sich bei der Gaskühlung ergibt. Unter mechanischem Gesichtspunkt sind Sonderlösungen in Hinsicht auf Materialien und Wanddicke zur Gewährleistung des korrekten Betriebes erforderlich.

Effizienz der Gaskühler insbesondere im Sommer sind ausschlaggebend für die optimale Anlagenleistung. LU-VE stellt innovative Ausführungen vor, die die Aufgabe, entmineralisiertes Wasser auf die Batterieoberfläche zu sprühen, erfolgreich lösen.

II.2.8

Druckhaltung & Entgasung (Ursachen und Vermeidung von Luft- und Korrosionsproblemen im zirkulierenden Kühl- und Kaltwasserkreislauf)

H.F. Bernstein
KOREX GmbH, Herrsching

Die Statistik der Korrosionsschäden und Versalzungen in Wärmetauschsystemen im Bereich Kalt- bzw. Kühlwassersysteme ist alarmierend und zeigt zugleich die Bedeutung auf, welche diesen Problemen zukommen muss. Korrosive Vorgänge werden vielerorts ignoriert oder unterschätzt, sei es aus Unbekümmertheit oder mangelnder Kenntnis über die ursächlichen Zusammenhänge. Die Kenntnis über Ursachen der Korrosion und Versalzung erlaubt es, geeignete physikalische Gegenmaßnahmen zur Eindämmung ihrer Auswirkungen zu ergreifen und wirtschaftlich zu nutzen.

Gebietserfassung:

Auf dem Fachgebiet der Kühlung wird Wasser als Kälteüberträger genutzt. Wasser ist nicht nur das billigste und effektivste Kälteüberträgermedium, sondern es ist auch überall auf unserem Kontinent vorhanden. Wasser besitzt eine komplizierte Struktur und nimmt Lösungen aus der Umgebung auf, mit denen es in Berührung kommt. Wasser kann der Natur also nicht als reines H₂O entnommen werden. Neben den alkalischen Mineralien transportiert und absorbiert es Gase, wie z.B. Sauer- und Stickstoff. Das Befördern des Kälteüberträgermediums

Wasser übernehmen zum größten Teil Eisen- bzw. Stahlrohre. Stahl besteht ebenfalls aus einer komplizierten Struktur und reagiert an der Oberfläche mit Sauerstoff zu Eisenoxid, dem sogenannten Rost. Damit stehen sich zwei grundsätzliche „Feinde“ gegenüber, welche in Harmonie eine gemeinsame Funktion erfüllen sollen. Das Stahlrohr soll das Wasser zur Nutzungsstelle leiten. Außerdem bindet das Wasser, resp. Wasser mit Frostschutzmittel, die Luftblasen zu einer Emulsion, wodurch die Kälteübertragung reduziert und primär Energieaufwand sich wesentlich erhöht.

II.2.9

Optimierung der Akustik und der Effizienz von Axialventilatoren

Dipl.-Ing. (FH) Joachim Dietle
Produktmanagement Axialventilatoren
Fa. Ziehl-Abegg AG, Heinz-Ziehl Strasse, 74563 Künzelsau

An luftgekühlten Komponenten der Kältetechnik sind Ventilatoren meist die Hauptgeräuschquelle.

Die Hauptentstehungsmechanismen können in Strömungsgeräusche, mechanische und elektrische Geräusche unterschieden werden. Diese Geräuschquellen treten je nach Anwendung differenziert in Erscheinung. Anhand verschiedener Einflussfaktoren wird die Optimierung des Ventilators und des Gesamtsystems dargestellt.

II.2.10

Didaktisches Modell eines einfachen Kältekreislaufes für Personalcomputer

Dipl.-Ing. Lutz Boeck
Faiveley Transport Leipzig GmbH, Industriestr. 60, 04435 Schkeuditz
Dipl.-Ing. Hans Jochen Riedel
YOCIEL Klimatechnik, Stahmelner Höhe 47, 04159 Leipzig

Die moderne Computertechnik mit hoher Rechengeschwindigkeit ermöglicht sehr komplexe Rechnungen vorzunehmen, deren Ergebnisse sonst nur durch zeitintensive häufige Iterationen zustande kommen. Für den einfachen Kältekreislauf wird auf dieser Grundlage ein didaktisches Simulationsmodell vorgestellt. Schon im einfachen Kältekreislauf des vorgestellten Modells arbeiten 7 voneinander abhängige Komponenten zusammen: Verdichter, Enthitzer, Verflüssiger, Unterkühler, Expansionsventil, Verdampfer und Überhitzer.

Dies erklärt, warum i.a. das Durchschauen von Veränderungen des Betriebspunktes große Erfahrung erfordert. Mittels thermodynamischer Algorithmen werden diese Zusammenhänge berechnet und als quasi durchsichtiges Kreislaufschema mit den üblichen Messgeräten (Manometer, Thermometer, Hygrometer) sowie mittels theoretischer p-h- und h-x-Diagramme alle Kreislaufveränderungen in Abhängigkeit von 11 äußeren Parametern auf dem Bildschirm dargestellt. Man kann die unabhängigen Parameter (Kältemittelfüllmenge, Luftmengen, Temperaturen, Verdichter- und Expansionsventildaten) am in Betrieb befindlichen Gerät in weiten Bereichen variieren. Alle Änderungen werden sofort im Kreislauf sichtbar. Auch die theoretischen Diagramme ändern ihr Aussehen unmittelbar. Das Programm eignet sich neben der Lehrfunktion auch zur Unterstützung bei der Fehlersuche an realen Anlagen. Um mit besonderen Betriebsfällen vertraut zu werden, lassen sich 6 Spezialfälle wählen, bei denen der Kreislauf in Bewegung gezeigt wird: Beim Vortrag wird der Bildschirm mittels Beamer gezeigt, so dass alle geschilderten Einflüsse vom Auditorium unmittelbar verfolgt werden können.

II.2.11

Kleberverbindungen in der Kältetechnik

Knabe (ILK), Liebrecht (TU Dresden), Peters (BFS), Schenk (ILK), Wirsching (TEKO)

In vielen Bereichen der Technik werden hochbeanspruchte Verbindungen mittels Klebetechnik realisiert. Beispiele dafür finden sich u.a. im Flugzeug- und im Automobilbau. In der Kältetechnik sind derartige Verbindungstechniken bisher nicht gebräuchlich.

In einem gemeinsamen F/E-Projekt zwischen der TEKO Altstadt, der TU Dresden und dem Institut für Luft- und Kältetechnik, was von der Bundesfachschule Maintal koordiniert wird, wurden experimentelle Untersuchungen zur Herstellung stabiler Klebeverbindungen durchgeführt.

Diese Untersuchungen schlossen u.a. ein die

- Auswahl und Testung geeigneter Klebstoffe mit Kompatibilität von Kältemitteln (HFKW) und Ölen (POE-Öle)
- Klebetechnologie einschließlich Vorbehandlung
- Erprobung in Versuchsanlage bei TEKO
- Testung unter Wechselbelastung hinsichtlich Druck und Temperatur auf speziellem Versuchsstand im ILK Dresden
- Ermittlung der prinzipiellen Dichtfähigkeit mit He als Tracergas

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass auch in der Kältetechnik technisch sichere Klebeverbindungen herstellbar sind, die allen Anforderungen an die Anlagendichtheit und Zuverlässigkeit entsprechen.

II.2.12

Schaltschrank-Kühlgeräte mit Nanolack beschichteten Verflüssigern

Dr.-Ing. Joachim Maul, Dipl.-Ing. Heinrich Styppa
Rittal RSC, Rudolf Loh Str. 2; 56477 Rennerod

Als Hersteller von Kühlgeräten für die Schaltschrank-Klimatisierung liefert Rittal in viele Applikationen weltweit, z.B. an Lieferanten von Bearbeitungszentren. Viele dieser Anwendungen haben eine verschmutzte Arbeitsumgebung gemeinsam, die die Wirksamkeit der Kühlgeräte auf Dauer durch verschmutzte Verflüssigerlamellen reduziert. Zu den am meisten vorkommenden Verschmutzungen zählen Schleifstaub, Öl verschmutzte Luft, Lackpartikel etc. Abb. 1 zeigt exemplarisch die Verschmutzung des Lufteintritts im Aussenkreislauf eines Wandanbau-Kühlgerätes. Um die Lamellen des Kühlgerätes vor Verschmutzung zu schützen, werden üblicherweise Filtermatten, bestehend aus Flies, oder Metallgitter verwendet. Diese müssen je nach Grad der Verschmutzung in regelmässigen Abständen getauscht bzw. gereinigt werden.

Um die Wartungsintervalle deutlich zu verlängern werden bei Kühlgeräten Verflüssiger mit einer Nanobeschichtung eingesetzt. Hierzu werden die Wärmetauscher mit einem speziellen Nanolack beschichtet, der das Absetzen von Schmutz auf den Lamellen nachweislich reduziert. Abbildung 2 zeigt einen halbseitig beschichteten Wärmetauscher, der von dem Gerät aus Abb. 1 stammt. Es wurden im vergangenen Jahr zahlreiche Labor- und Feldversuche durchgeführt, die beispielhaft präsentiert werden.

II.2.13

Verschiedene Verfahren der Drehzahlveränderung von Ventilatoren in der Kältetechnik mit einer Betrachtung möglicher Anwendungsfälle.

Jürgen Albig

Leiter System-und Regeltechnik, Geschäftsbereich Lufttechnik
Fa. Ziehl-Abegg AG, Heinz-Ziehl Strasse, 74563 Künzelsau

Verschiedene Arten der Drehzahlveränderung von Ventilatoren erlauben eine Anwenderorientierte Effizienzsteigerung bei Axialventilatoren in der Kältetechnik.

Über die Wirtschaftlichkeit eines Ventilators entscheiden neben dem Wirkungsgrad des Antriebsmotors auch die Investitionskosten der möglichen Systeme zur Drehzahlveränderung. Der eigentliche Ventilatorwirkungsgrad bleibt bei dieser Betrachtung unberücksichtigt.

Es werden die in der Lufttechnik am häufigsten verwendeten Systeme. Spannungssteuerung, Frequenzsteuerung und die EC-Technologie gegenübergestellt.

Um für den Bedarfsfall das optimale Ergebnis mit geringstem Aufwand zu erzielen muß schon im Vorfeld eine geeignete Lösung ausgewählt werden. Dazu müssen aber auch die jeweiligen Vor- und Nachteile der jeweiligen Lösung, abhängig von der Anwendung, bekannt sein.

Beispielhaft wird für verschiedene Applikationen eine Empfehlung vorgestellt und die beschriebenen Systeme zur Drehzahlveränderung werden hinsichtlich Ihres Antriebswirkungsgrades und der Investitionssumme verglichen.

II.2.14

GEBÄUDELEITTECHNIK IN SUPERMÄRKTEN

Erwin Roither

HAUSER GmbH, Kühlmöbel & Kältetechnik, Am Hartmayrgut 4-6, A-4040 Linz

Die grundlegende Funktion der Gebäudeleittechnik besteht in der zentralen Erfassung und Steuerung diverser Bereiche eines Gebäudes, zB. Kühlung, Klimatisierung, Beleuchtung, Lüftung, Heizung. Die zu erfassenden Daten, abgestimmt auf die jeweiligen Anforderungen der Kunden, sind dabei abhängig von der Art des Projektes.

So werden etwa Temperaturen und Drucke der Heizungsanlage, die verbrauchte Energie des Marktes, diverse Störungsmeldungen, etc. erfasst. Ziel und fundamentale Aufgabe der Gebäudeleittechnik ist eine umfassende Optimierung der Energiekosten durch die Optimierung der einzelnen Teilbereiche im Gebäude. Desweiteren werden durch diese Technik frühzeitig Alarme erkannt.

Im Gegensatz zu großen industriellen Anlagen, wo die Datenerfassung unmittelbar vor Ort erfolgt, sind die Daten der Gebäudeleittechnik über das www oder über eine eigene Software verfügbar. Seit einem Jahr setzt Firma Hauser die Gebäudeleittechnik erfolgreich in österreichischen Supermärkten ein. Firma Hauser erarbeitete dieses Konzept in Kooperation mit Firma Wurm, dem Vorreiter in der Regelungstechnik.

II.2.15

Intelligentes Energiemanagement durch LON Kommunikation

Dipl.-Ing. Christoph Leja
Kriwan Industrie-Elektronik GmbH, Allmand 11, D-74670 Forchtenberg

Sind die Regler einer Kälteanlage über LON vernetzt, kann einfach ein intelligentes Energiemanagement realisiert werden. Dazu wird keine zusätzliche Masterstation benötigt, sondern es werden wie bisher üblich, über ein externes Signal Verdichter gesperrt. Durch die Kommunikation der Regler untereinander wird trotzdem gewährleistet, dass die Anlage im gewünschten Sollwertbereich bleibt. Dieses funktioniert sogar Herstellerübergreifend.

Schwerpunkte des Vortrags:

Erläuterung des Prinzips

Vorstellung einer realisierten Anlage

Erläuterung der weiteren Vorteile der LON Kommunikation wie Warenschutz,

Verdichterlaufoptimierung und Abschalten der Magnetventile

Einbindung der Regler in eine übergeordnete Leittechnik

II.2.16

Funktion des neuen CCC-Kühlers mit Außenluftteil zur freien Kühlung, UV-Entkeimung und Latentwärmenutzung im Kühlbetrieb

S. Plücker oder Hr. Gessler, Fa. GEA Happel Klimatechnik, Herne
J. Stein, Fa. Bära, Leichlingen

Der bereits anlässlich der Deutschen Kälte- und Klimatagung 2004 in Bremen vorgestellte CCC-Kühler befindet sich nunmehr seit 2 Jahren im Feldeinsatz. Im Laufe dieser Betriebszeit wurden zusätzliche Wünsche der Kunden umgesetzt und in die Serie eingearbeitet. Hier wurden weitere Zusatzmodule entwickelt, die die z.B. eine „Freie Kühlung“ mit dem CCC-Kühler ermöglichen.

Des Weiteren wurde die Ionisierung durch eine UV-Entkeimung ersetzt, um die Auflagen der Arbeitsstättenrichtlinien einzuhalten.

In dem Vortrag werden die wirtschaftlichen und hygienischen Vorteile gegenüber den ersten Versionen des CCC-Kühlers und gegenüber dem Stand der Technik herausgestellt. Unter anderem wird hier auch aufgezeigt, wie durch intelligente Platzierung einzelner Systemkomponenten die Abtauung und die erreichbare Raumtemperatur optimiert werden können.

Weiterhin wird über die Gehäuseoptimierung gegenüber den ersten Modellen berichtet, die eine weitere Verbesserung der Hygienebedingungen und eine weitestgehende Vermeidung von Kältebrücken ermöglicht.

Auf Grund der vielfältigen Vorteile werden derzeit in Schneiderräumen der Fleischindustrie diese Kühler eingesetzt, obwohl die Investitionskosten dieser Kühler ein Mehrfaches der herkömmlichen Arbeitsraumkühler betragen. Die Mehrkosten amortisieren sich auf Grund der optimierten Nutzung der Schneidelinien in 3-6 Monaten. Hierzu werden die entsprechenden Grundlagen und Amortisationsberechnungen dargestellt.

II.2.17

Luft- und Oberflächenhygiene bei Dauerbetrieb des CCC-Kühlers, Innovative Eisdetektion an Industrieluftkühlern mit großen Blocktiefen

M. Moje, BFEL Kulmbach
J. Lessing, PEP Nürnberg

Anlässlich der Kulmbacher Woche 2005 wurde eine mikrobiologische Untersuchungsreihe an den CCC-Kühlern durchgeführt. Dabei wurden hygienische und mikrobiologische Werte von einer derartigen Güte erreicht, dass bei den gemessenen keimbildenden Einheiten pro m³ Luft in diesen Räumen selbst Hüftoperationen durchgeführt werden könnten. Nach nunmehr 2 Jahren Betrieb (51 Wochen pro Jahr, 6 Tage 24 Std. Betrieb, 1 Tag 20 Std. Betrieb + 4 Std. Reinigung), wurde eine zweite Messreihe erstellt. Zusätzlich wurde ein Vergleich zwischen der anfangs eingesetzten Ionisierung und der später verwendeten UV-Entkeimung gezogen. Hier wurden im Besonderen die Einflussfaktoren hinsichtlich der Hygiene und der Thermodynamik gemessen und anschließend bewertet.

Anhand der Vergleichswerte von Räumen, die mit konventionellen Arbeitsraumkühlern ausgestattet sind, kann deutlich aufgezeigt werden, dass hier ein neuer, wesentlich verbesserter Hygienestandard geschaffen wurde.

Im Rahmen dieser Messungen wurde auch eine neue, innovative Eisdetektion an den Kühlern entwickelt, um die Kühler mit den großen Blocktiefen von 60 – 80 cm und den Abmessungen von 3 m Breite und 2,5 m Höhe, hinsichtlich der Vereisung überwachen zu können. Durch diese Analysemöglichkeiten können mittels einer speicherprogrammierbaren Steuerung die Luftfeuchtwerte im Raum, sowohl durch die Kältemittelsteuerung des Verdampfers, als auch über die Gegenheizungen, in die gewünschten Bahnen geregelt werden.

Im zweiten Teil des Vortrags wird auf die verschiedenen Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Luftfeuchtigkeit eingegangen und verschiedene Programmvarianten werden aufgezeigt, die über die integrierte Steuerung gefahren werden können.

II.2.18

Automatisierte Generierung von schalltechnischen Emissionsmodellen von Maschinen

Klaus Goldemund
ACCON GmbH
Ingenieurbüro für Schall- und Schwingungstechnik
Gewerbering 5, D - 86926 Greifenberg

Nach der Richtlinie 2000/14/EG sind für die zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräte und Maschinen die Geräuschemissionswerte zu ermitteln. Der Maschinenhersteller erlangt einen Wettbewerbsvorteil, wenn er darüber hinaus seinem Vertrieb bzw. seinen Kunden noch umfassendere Informationen zur Prognose der Geräuschemission zur Verfügung stellen kann. Dies betrifft z.B. das Frequenzspektrum und die Richtwirkung der Abstrahlung. Möglich ist dies durch die Entwicklung eines parametrisierten Computermodells, das auf Messungen einzelner Maschinentypen und definierter Parameterkombinationen beruht. Die Emissionskenndaten für alle nicht vermessenen Parameterwerte werden durch Interpolation und Regression ermittelt. An der Produktreihe eines Luftkühlers wird gezeigt, wie durch eine derartige „schalltechnische Variantenkonstruktion“ ca. 3000 zur Immissionsprognose geeignete Emissionsmodelle dieses Produktes erzeugt und verwendet werden.

II.2.19

Detaillierte Schallausbreitung von ventilatorbelüfteten Verflüssigern/Rückkühlern bei Außenaufstellung

Peter Roth
Hans Güntner GmbH

Mit Hilfe von experimentell ermittelten und parametrisierten Schalldruckpegelverteilungen (Goldemund, Automatisierte Generierung von schalltechnischen Emissionsmodellen von Maschinen) von im Freien aufgestellten ventilatorbestückten Wärmeaustauschern stehen für die schalltechnische Planung neue, sehr detaillierte Auslegungsgrundlagen zur Verfügung. Inhomogene Abstrahlcharakteristiken waren bisher unbekannt und konnten unter anderem dazu führen, dass Grenzwerte an relevanten Emissionsorten überschritten wurden, obwohl die normgerecht gemittelten Angaben ausreichend gewesen wären.

An ausgewählten theoretischen und experimentellen Beispielen wird demonstriert, wie man mit den räumlich aufgelösten Schalldruckpegelverteilungen sowohl die Art und Anzahl der erforderlichen Geräte, als auch die Aufstellposition erheblich optimieren kann.

II.2.20

Aspekte der Kältemittelentsorgung in der EU

Felix Flohr, Christoph Meurer
Solvay Fluor GmbH
Dr. Hans Jürgen Korte
Solvay S.A., Brüssel

Mit der Verabschiedung der F-Gas Verordnung ist der kontrollierten Entsorgung fluoriertes Gase eine wichtige Rolle in der Minimierung von Treibhausgasemissionen zugeordnet worden. Wie dies umgesetzt werden kann, wird in dem folgenden Beitrag behandelt.

Einleitend wird das rechtliche Umfeld aus der EU-Gesetzgebung mit einer Analyse der verschiedenen Quellen beschrieben, aus denen zu entsorgende F-Gase anfallen. Als Beispiel seien hier Entsorgungsmengen genannt, die bei der Entsorgung von Elektrogeräten und Altfahrzeugen im Rahmen der WEEE und der EU-Altfahrzeugrichtlinie entstehen.

Anschließend wird die Situation bei der nationalen Umsetzung der EU-Vorgaben in den verschiedenen EU-Mitgliedstaaten (EU-MS) beleuchtet. Bestehende Strukturen werden vorgestellt, Unterschiede herausgearbeitet und mögliche Hürden einer harmonisierten Lösung identifiziert.

Abschließend werden aus Sicht eines Kältemittelherstellers die Minimalanforderungen an ein EU-MS übergreifendes System zur Entsorgung fluoriertes Treibhausgase beschrieben, welches die Vereinbarkeit mit bestehenden Entsorgungssystemen berücksichtigt und den Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsabfallgesetzes mit dem Vorzug der Vermeidung vor Wiederverwertung und Beseitigung folge leistet.

II.2.21

Weiterführende Untersuchungen der Kältemittelfüllmengen in Wärmeübertragern und Möglichkeiten der Füllmengenreduzierung

Michael Stalter
TWK GmbH, Floridastr. 1, 76149 Karlsruhe

In der 2005 vorgestellten Untersuchung über Füllmengen in Wärmeübertragern in Abhängigkeit der Wärmeübertragerschaltung und unterschiedlicher Betriebsbedingungen, konnten, sowohl am Verflüssiger wie am Verdampfer, nur sehr geringe Füllungsgrade festgestellt werden.

Aufbauend auf dieser Untersuchung galt es zu prüfen, ob diese Ergebnisse verallgemeinerbar sind. Dabei sind die fluchtende Rohrschaltung, andere Kältemittel und geringere Massestromdichten betrachtet worden.

Zudem wird fortführend das Phasentrennungsverhalten des Kältemittelsammlers in Abhängigkeit des verwendeten Kältemittels, der Bauform, des Füllungsgrades und der Einbausituation betrachtet.

II.2.22

Produkthaftung und Dokumentation für Hersteller und/oder Inverkehrbringer von Waren

Dra. Dagmar Schwarz,
geschäftsführende Gesellschafterin der Fourpeople GmbH, Lindau/Bodensee
Dr. Stefan Gall,
Geschäftsführer Dr. Gall Consulting, Wasserburg/Bodensee

Geschäftsführer haften für die Gesetzeskonformität ihrer Produkte. Dies schließt neben der produktseitigen Haftung ebenso den Bereich der Technischen Dokumentation, wie im GSPG 2004, gem. GmbHG und EU-Gesetzen verankert, ein. Hierbei wurde die Haftungsgrenze von EUR 20 Millionen aufgehoben. In den vergangenen Jahren haben sich zahlreiche Veränderungen der Rechtslage ergeben, die teilweise komplex sind und den zuständigen Redaktionen der Unternehmen nicht allesamt bekannt.

Daraus ergeben sich Abweichung zu den gesetzlichen Vorgaben und möglicherweise Probleme im internationalen Warenverkehr. Bereits im Mai 2004 hat die Bundesregierung das Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG) beschlossen, mit dem das bisherige Gerätesicherheitsgesetz und das Produktsicherheitsgesetz zu einem Gesetz für technische Produkte zusammengefasst werden. Demnach dürfen seit 2004 nur sichere Produkte in Verkehr gebracht werden. Zum sicheren Produkt gehört die fehlerfreie Gebrauchsanweisung, die den sicheren Gebrauch des Produkts ermöglicht. Im Schadensfall kann der Hersteller dann sogar für Instruktionsfehler genauso haftbar gemacht werden, wie für Produktfehler. Folgerichtig müssen die Informationen in einer verständlichen und lesbaren Form vorliegen.

Auf der Basis des gesetzlichen Hintergrundes und den abgeleiteten Anforderungen an Technische Dokumentation wird ein kostengünstiges und effizientes Vorgehen für die betriebliche Praxis gezeigt. Dies umfasst die internen Arbeitsabläufe zur Erstellung der Technischen Dokumentation ebenso wie eine möglichst korrekte und rechtssichere Sprache sowie effizientes und kostengünstiges Übersetzen durch die Verwendung von Textbausteinen/standardisierten Texten und Nutzung von Translation Memories. Anhand von aktuellen Praxisbeispielen aus der Kältetechnik und weiteren Branchen werden Probleme

benannt und Lösungen aufgezeigt. Zudem eignen sich Anleitungen in der Zusammenarbeit mit Marketingabteilungen oder Presseagenturen zur Darstellung von Kompetenz und Qualität des Herstellers, die zu einer klaren Wiedererkennung der Marke beim Käufer führt.

Der Vortrag richtet sich – neben der Geschäftsführung - an alle, die Technische Dokumentationen verfassen, obwohl es nicht ihre Kernkompetenz ist! Angesprochen sind Entwickler, Konstrukteure, Produktmanager und Marketingverantwortliche aus Unternehmen, die Hersteller und/oder Inverkehrbringer von Waren im Sinne des GSPG 2004 sind.

III.1

Supermarktkälte auf dem Weg zur Nachhaltigkeit

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Horst Kruse
Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH
Weidendam 12-14, 30167 Hannover

Ausgehend von den umwelttechnischen Herausforderungen an die Kältetechnik, nämlich der Ozonzerstörung und den Treibhausgasemissionen, die zum Montreal Protokoll 1987 einerseits und zum Kyoto Protokoll 1997 andererseits führten, ergab sich für die Kältetechnik bereits in Überprüfung des Montreal Protokolls 1990 die Aufgabe, Ersatzstoffe mit geringem Einfluss auf die globale Erwärmung zu definieren. Dies führte bereits sehr früh auch zu einer energetischen Betrachtung des Einflusses der Ersatzstoffe infolge der dadurch verursachten CO₂-Emission in Kraftwerken, bei der die natürlichen Kältemittel in den Vordergrund der Betrachtung rückten, da das stoffliche Treibhauspotential bei diesen Stoffen gering ist.

Während der stoffliche Einfluss bei der Kälteerzeugung mit H-FKW- und P-FKW-Kältemitteln in Deutschland insgesamt nur 11% und der energetisch bedingte Einfluss 89% ausmachen, ist eine Betrachtung des Primärenergiebedarfs zur technischen Erzeugung von Kälte in Deutschland von wesentlich größerer Bedeutung.

Hier stellen die Bereiche der Nahrungsmittelproduktion und -kühlung sowie der Klimatisierung die größten Anteile am Energiebedarf dar. Bei der Nahrungsmittelkette dominieren die Supermärkte im Energiebedarf.

Im Vortrag wird die bisherige technische Entwicklung im Bereich Supermarkt basierend auf oben aufgezeigten umwelttechnischen Herausforderungen dargestellt. Hierbei werden die unterschiedlichen Systeme, die eingesetzten Kältemittel und die Auswirkungen auf den Energiebedarf bzw. die CO₂-Emissionen dargestellt. In einem Ausblick werden die notwendigen Abschätzungen der Systeme und der eingesetzten Stoffe mit Hilfe der Ökoeffizienz - Betrachtung angesprochen, um den tatsächlichen Fortschritt auf dem Weg zur Nachhaltigkeit der Supermarktkälte auf-zuzeigen.

Stichworte: Supermarkt, Montreal Protokoll, Kyoto Protokoll, Global Warming, Primärenergiebedarf, CO₂-Emissionen, Ökoeffizienz, Nachhaltigkeit,

III.2

Ein Beitrag zu Marktentwicklung von Supermärkten

Dr.-Ing. Rainer M. Jakobs
Informationszentrum für Wärmepumpen und Kältetechnik IZW e.V.
Welfengarten1A, 30167 Hannover

Im Bereich der technischen Kälteerzeugung in Deutschland hat die Supermarktkälte eine bedeutende Größe, sowohl was den Energieverbrauch betrifft als auch für die wirtschaftliche Bedeutung in der Kältebranche.

Der Begriff Supermarkt ist zum Synonym für den Lebensmitteleinzelhandel geworden.

Eine Kurzbeschreibung der verschiedenen Formen im Lebensmittelhandel wird der Marktentwicklung vorangestellt. Seit Mitte der 60er Jahre hat sich die Struktur im Handel kontinuierlich verändert. Allein in den letzten 10 Jahren hat sich eine absolute Vormachtstellung der Discounter herausgebildet. Es wird insbesondere die Entwicklung in Deutschland betrachtet, aber auch europäische und globale Aspekte angesprochen.

Diese Entwicklungen hatten und haben Einfluss auf die Kälteerzeugung, die Systeme und die Kühlkette.

Derzeit arbeitet das IZW e.V., in Kooperation mit dem Projektträger Energie im Forschungszentrum Jülich, im Rahmen der Internationalen Energie Agentur IEA (IEA Heat Pumping Programme) in einem internationalen Projekt unter dem Titel "Advanced Modelling and Tools for Analysis of Energy Use in Supermarket Systems" mit. Deutschland bringt die Ergebnisse des derzeitig laufenden Projektes „Supermarkt-Kälteanlagen mit reduziertem Energiebedarf“ unter Beteiligung der Industrie und Forschungseinrichtungen in dieses internationale Projekt ein.

Der Vortrag wird über die Bedeutung und die Entwicklung des Lebensmittelhandels in Deutschland berichten und insbesondere Aspekte für die Kälteerzeugung herausstellen. Die Ergebnisse dieser Markt Betrachtung dienen u.a. dazu, für die oben genannten Projekte Basisinformationen bereitzustellen.

Stichworte: Supermarkt, Strukturen des Lebensmittelhandels, Konzentration im Lebensmittelhandel, Kältebedarf, Kälteerzeugung im Supermarkt, Kühlkette,

III.3

Entwicklung von Supermarkt-Kälteanlagen mit reduziertem Energiebedarf

Dipl.-Ing. (FH) Carsten Heinrich, Prof. Dipl.-Ing. Eberhard Wobst
Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH,
Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden

Im Bereich der technischen Kälteerzeugung in Deutschland hat die Supermarktkälte entsprechend der Ergebnisse der Energiestudie von 2002 (DKV Statusbericht Nr. 22) eine bedeutende Größe, was den Energieverbrauch betrifft. In dem vorgestellten Forschungsvorhaben soll die dynamische Simulation von kältetechnischen Supermarktausrüstungen einschließlich experimenteller Verifizierung durchgeführt werden. Die Möglichkeit zur Durchführung experimenteller Untersuchungen ist an ausgeführten Anlagen stark eingeschränkt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, als Grundlage für energetische Optimierung geeignete Computermodelle zu schaffen, die als Emulator mit Schnittstellen zur Hardware geeignet sind.

Die Bearbeitung des Projektes erfolgt in einem Verbund von Partnerunternehmen, die aus zwei Forschungseinrichtungen und zwei Industriefirmen bestehen.

Die Zielsetzung ist, dass die Ergebnisse des Projektes zur Optimierung von Betriebsparametern von Kälteanlagen, z. B. für Supermärkte, genutzt werden können. Damit soll eine Möglichkeit geschaffen werden, den Energiebedarf für die Kälteerzeugung und damit die CO₂-Emissionen zu senken. Die Zielsetzung des Projektes steht im Einklang mit der Selbstverpflichtung der Bundesregierung zur Reduzierung der CO₂-Hausgasemissionen. An ausgeführten Kälteanlagen ist es in den meisten Fällen nicht möglich, die Energieeffizienz mit der erforderlichen Genauigkeit nachzuweisen. Das zeigte sich nicht zuletzt bei der Datenerfassung für die erwähnte Energiestudie. Ursachen sind zum Teil nicht separat erfasste Elektroenergieaufnahme, nicht exakt messbare Kälteleistung und die sich ständig ändernden Betriebsbedingungen. Die Erfahrungen aus der Bearbeitung der gewerblichen Projekte zeigen, dass unter Verwendung geeigneter Regeltechnik Komponenten und Anlagenschaltungen Einsparungen von über 10 % mit vergleichsweise geringem Aufwand realisierbar sind. Der Vortrag wird die Zielsetzung des Vorhabens, die Vorgehensweise und erste Ergebnisse aufzeigen.

Stichworte: Supermarkt, Energiebedarf Kälteerzeugung, CO₂-Emissionssenkung, Emulator, Optimierung der Gesamtanlage.

III.4

Warenpräsentation im Supermarkt

Jan Drescher

AICHINGER GmbH, Ahornallee 44a, 23689 Pansdorf

Gute Produkte, kompetent präsentiert steigern die Kaufbereitschaft und damit die Möglichkeit auf Renditeoptimierung in einem sonst durch Preisdiskussion beherrschten Markt. „Wir lieben Lebensmittel“, „Markt der Lebensfreude“ – Klare Aussagen für mehr Qualitätsanspruch aber auch Verpflichtung gegenüber dem Kunden. Der Werbeslogan ist dabei einfach formuliert. Das tägliche Leben nach dieser Maxime ist häufig weit schwieriger als angenommen. Doch der Weg ist klar aufgezeigt: Der Anbietermarkt in Deutschland spaltet sich in „Discount und Premium“ und dies in der Zukunft weit verschärfter als heute vielfach vermutet. Die Frage für die Zukunft bleibt: Wie differenziert sich der Premium-LEH weiter vom „LEH-Fastfood“?

Frische ist eines der wenigen Merkmale eines LEH-Betriebes mit der er sich heute von der Vielzahl der Wettbewerber, gerade auch im Discountbereich abgesetzt werden kann. Die schon von vielen Einkäufern tot geglaubte Frischetheke „segelt wieder unter frischen Wind“. Erste Betriebe revidieren ihre Entscheidung, weg von der Verkäuferin als Ansprechpartnerin, hin zur reinen SB-Theke. Warum? Hat der Kunde vielleicht doch anders reagiert? War das frische Steak in der Kühltheke vielleicht doch mehr Kundenmagnet als man bisher zugeben mochte.

Sicher, leicht ist das Geschäft mit der Frische nicht. Aber genau darin liegt die große Chance. Wenn, ja wenn

man nicht alles falsch macht. Will heißen: Premium geht nicht, wenn man sich nur „Discount-Gedanken“ macht!

Einflussfaktoren hinsichtlich Sortiment, Warengruppen, Umgebungsambiente, Farben, Klimatechnik, Licht, Thekentyp sind immer in Kombination zu sehen. Fehler werden hier gerne gemacht. Theken- / Truhen- und Regallieferanten sind dann oft neben den Kältetechnikern die Ansprechpartner der Kunden, die mit dem Gesamtzusammenhängen häufig überfordert sind. Hier gilt es vorzubeugen und Wissen zu vermitteln.

Eine ausgewogene Beleuchtung, die eine attraktive Stimmung schafft, ohne dabei die Ware zu schädigen ist häufig schon eine kaum lösbare Aufgabe. Aktuelle Objekte sind geprägt durch das Verständnis der Betreiber, die Kunden mitzunehmen auf eine Reise durch eine Einkaufswelt. Gerade aus diesem Grund wird es immer früher nötig als Ladenbauer und Fachplaner in diesem Segment mit „ins Boot“ geholt zu werden. Entscheidung müssen gefällt werden, die teilweise, auf die Hochbaugewerke Einfluss nehmen.

- Lassen Sie sich darstellen wie aus unserer Sicht die Warenpräsentation in den Frischethekenbereich gestaltet werden kann.
- Stellen Sie fest, zu welchem Zeitpunkt mit dem Kunden bereits über die richtige Präsentationsform gesprochen werden muss.
- Erleben Sie die besonderen „Regeln“ der Frischetheke und entdecken Sie gemeinsam mit uns Philosophien der Verkaufsformen

III.5

HEIZEN UND KÜHLEN MIT DEM ENERGY-SAVING-SYSTEM

Peter Breitenfellner

HAUSER GmbH, Kühlmöbel & Kältetechnik, Am Hartmayrgut 4-6, A-4040 Linz

Unsere Kunden sehen sich mit einem steigenden Energieverbrauch und den damit verbundenen steigenden Energiekosten konfrontiert.

Die Firma Hauser nahm diesen Umstand zum Anlass, um Optimierungspotenziale in diesem Bereich eingehender zu analysieren und daraus Konzepte zur effizienteren Nutzung zu entwickeln. Neben der Reduktion der Energiekosten sollte dabei auch die ökologische Komponente Berücksichtigung finden.

Für dieses Projekt konnte mit der Firma M-TEC Mittermayr aus Arnreit in Oberösterreich ein wertvoller Partner gewonnen werden. Die Firma M-TEC beschäftigt sich bereits seit 25 Jahren mit Wärmepumpenheizungen und ist auf diesem Gebiet federführend.

Nach einem Jahr Entwicklungszeit wurde im Jahr 2003 das Hauser Energy-Saving-System kurz ES-System auf dem Markt eingeführt. Dieses Konzept basiert auf bestmöglicher Nutzung der Abwärme, effiziente Abdeckung des Restwärmebedarfs und Optimierung des Stromverbrauches der Kühlanlagen. Diese Faktoren tragen zu einer maximalen Einsparung der Betriebskosten wesentlich bei.

Mit diesem Konzept wird eine maximale Energieeinsparung erreicht.

Seit der Markteinführung wurden neben dem Projekt Sutterlüty Dornbirn weitere 30 Projekte erfolgreich in ganz Österreich realisiert. In einem nächsten Schritt wird die Expansion innerhalb Europa angestrebt. Derzeit befinden sich bereits Projekte für Rumänien und Slowenien in Vorbereitung.

III.6

Effektive und kostengünstige Kühlung von sensiblen Lebensmitteln

Dr.-Ing. Franz Summerer
Hans Güntner GmbH, Industriestraße 14, D-82256 Fürstenfeldbruck

Bei der Kühlung von unverpackten Lebensmitteln, insbesondere bei vielen Obst- und Gemüsesorten, sollte die Luftfeuchte möglichst hoch sein, damit die Waren nicht austrocknen und an Qualität und Gewicht verlieren. Dies erfordert Luftkühler, die möglichst wenig entfeuchten. Die Entfeuchtung wird bei Luftkühlern bestimmt durch die Bauform, die Luftmenge und vor allem durch die Differenz zwischen Verdampfungs- und Lufttemperatur: Vor allem bei der Temperaturdifferenz gibt es jedoch regelungstechnische und wirtschaftliche Grenzen. In diesem Beitrag wird gezeigt, wie man mit relativ geringen Investitionskosten zu sehr guten Ergebnissen kommen kann.

III.7

Aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der Gär-, Kühl- und Gefriersysteme

Michael Hase
Heinen Freezing GmbH, Varel

1. Überblick Heinen Freezing GmbH

- Baureihen
- Produktleistung
- Kälteleistung

2. Allgemeine Kälteträger für kontinuierliche Gäranlagen, Kühl- und Gefriersysteme

- Sole
- Freon
- Ammoniak

2.1 Besondere Kälteträger für kontinuierliche Gäranlagen, Kühl- und Gefriersysteme

- Frigen / Frigen*
- Ammoniak / CO₂*

(*am Beispiel der Tieftemperaturtechnik)

3. Abtaussysteme

- Luft
- Wasser
- Warmsole
- Elektroabtauung
- Heißgas

4. Anwendung Tieftemperaturkälte

III.8

Kälteanwendung in Druckereien

NN

III.9

Fixdrosseln für CO₂ – Messergebnisse und Simulationsmodell

K. Martin

Kompetenzzentrum – Das virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft mbH (vif)
Inffeldgasse 21 / A, A-8010 Graz, Österreich

R. Rieberer

Technische Universität Graz, Institut für Wärmetechnik
Inffeldgasse 25 / B, A-8010 Graz, Österreich

Das Expansionsventil ist ein wichtiges Bauteil einer Kälteanlage. Oftmals kommen Drosseln mit fixem Querschnitt zum Einsatz, da diese günstig, sehr verlässlich und einfach zu handhaben sind.

In der verfügbaren Literatur sind einige Modelle für Fixdrosseln verfügbar, allerdings konzentrieren sich die meisten auf Wasser oder „herkömmliche“ Kältemittel wie R22, R134a oder R410a. Für CO₂, das wesentlich andere Stoffdaten besitzt, gibt es nur sehr wenige geeignete Messdaten und Modelle zur Berechnung des Massenstroms durch Fixdrosseln.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden verschiedene Drosselgeometrien untersucht. Die Untersuchungen wurden für Randbedingungen durchgeführt, wie sie „typischer“ Weise in einem PKW-Klimaanlagensystem mit CO₂ auftreten, d.h. der Eintrittsdruck in die Drossel wurde im Bereich zwischen 75 und 130 bar und die Eintrittstemperatur im Bereich zwischen 15 und 40°C variiert. Alle Eintrittszustände waren folglich im einphasigen Gebiet.

Diese Veröffentlichung beschreibt experimentelle Ergebnisse und ein Modell zur Berechnung des Kältemittelmassenstroms. Es werden zunächst experimentelle Untersuchungen zur blockierten Strömung gezeigt, die belegen, dass sich für den relevanten Bereich ein maximaler Massenstrom einstellt, d.h. dass der Massenstrom unabhängig vom Austrittsdruck ist. Weiters werden die verschiedenen Einflussgrößen auf den Massenstrom diskutiert. Abschließend wird ein semi-empirisches Modell vorgestellt, das zur Simulation des Drosselventils in Kältekreisläufen verwendet werden kann.

III.10

CO₂-Kältekreislauf für PKW-Klimatisierung mit optimierten Inneren Wärmetauschern (IHX) unterschiedlicher Bauart

Prof. Dr.-Ing. Lutz Mardorf, Dipl.-Ing. Peter Menger
 Fachhochschule Osnabrück, Labor für Angewandte Thermodynamik

Die Lage des Betriebspunktes am Gaskühleraustritt im log p, h – Diagramm für CO₂ ist maßgeblich für die erreichbare spezifische Kälteleistung verantwortlich. Bei hohen Temperaturen wird schnell die obere Druckbegrenzung erreicht, so dass eine weitere Steigerung der Kälteleistung durch Druckerhöhung nicht mehr möglich ist. Da mit Steigerung der IHX Länge und somit ab einer gewissen Wärmetauscherleistung, sowohl die Kälteleistung als auch der COP nicht weiter gesteigert werden, muss eine optimale Länge für vorgegebene Umgebungsbedingungen gefunden werden.

Die Messergebnisse von drei unterschiedlichen IHX-Bauformen im Komponentenprüfstand einer CO₂ Kälteanlage für PKW Klimatisierung haben zu modifizierten Nusselt-Gleichungen und einer Simulation mit Auslegung der Wärmetauscher geführt. Ziel ist es, unter Vorgabe von Umgebungsbedingungen und somit von unterschiedlichsten Klimaszenarien, den IHX optimal auszulegen. Bei der Untersuchung des Prozesses zeigte sich, dass die Maxima des COP und der Kälteleistung bei identischen Umgebungsbedingungen nicht zusammen fallen. Aus den vorgegebenen Umgebungsbedingungen wird für den vorhandenen CO₂ Kältekreislauf ein Maximum beim COP ermittelt. Aus dieser Berechnung kann eine optimale Länge für drei verschiedene Bauarten des IHX abgeleitet werden. Mit der dann festgelegten optimalen Länge des IHX in Abhängigkeit seiner Bauart kann der COP-Verlauf und die Kälteleistung für den gesamten Bereich der äußeren Umgebungsbedingungen dargestellt werden.

Die optimale Länge kann auf ein Maximum des COP im häufigsten Anwendungsfall ausgelegt werden, wobei für eine begrenzte Länge des jeweiligen IHX im Idle Test die erforderliche Kälteleistung erreicht wird. Bei genauer Kenntnis der äußeren Einsatzbedingungen und Häufigkeiten kann die Länge des IHX auch auf ein Maximum des COP im Jahresverlauf ausgelegt werden. Es werden drei IHX-Bauformen gezeigt, die mit Hilfe der messtechnischen Untersuchung und des Simulations- und Auslegungsprogramms sowohl zu einer Prozessoptimierung als auch zu einer wirtschaftlichen Optimierung geführt haben.

III.11

Potenziale des inneren Wärmetauschers in mobilen R134a-Klimaanlagen

B. Leisenheimer, S. Welle, P. Klug
 Eaton Fluid Power GmbH, Engineering Center Europe

Einleitung

Nicht erst seit der intensiven Untersuchung von Klimaanlagen mit dem alternativem Kältemittel CO₂ ist bekannt, dass durch Einsatz eines Inneren Wärmetauschers die Kälteleistung eines Kältekreislaufs nicht unerheblich gesteigert werden kann. Frühere Arbeiten indizierten bereits, dass Verbesserung des COP von über 5% [Rademacher, University Maryland] zu erreichen sind. Insbesondere nach Inkrafttreten verschiedener gesetzlicher Regelungen (EU Richtlinie zur Emissionsminderung von fluorierten Kohlenwasserstoffen, Altautoverordnung, etc) sowie der signifikant gestiegenen Energiepreise in Europa und USA wird die Einführung solcher Wärmetauscher in Mobilen

Kälteanlagen auch in heutigen R134a Systemen diskutiert und bereits sowohl theoretisch als auch experimentell untersucht.

Grundlagen

Die thermodynamische Wirkungsweise des Inneren Wärmetauschers beruht auf einer zusätzlichen Unterkühlung der Flüssigphase nach Austritt aus dem Kondensator bei nahezu konstantem Druck, sodass sich der Eintrittszustand des Verdampfers im Nassdampfgebiet weiter zu höheren Flüssiganteilen verschiebt. Die der Flüssigphase entzogene Wärmemenge wird dem saugseitigen „kalten“ Kältemittelstrom zugeführt, wodurch sich die Eintrittstemperatur am Verdichter erhöht, falls man die Regelung des Kreislaufs nicht weiter verändert. Hierdurch steht dem Verdampfer eine größere Flüssigkeitsmenge für den Verdampfungsprozess bei nahezu unverändertem Massedurchsatz zu Verfügung, wodurch sich die Kälteleistung erhöht.

Vor- und Nachteile

In der vorliegenden Arbeit werden die Vor- und Nachteile hinsichtlich Thermodynamik, Package sowie Wirtschaftlichkeit gegenübergestellt. Es werden unterschiedliche Applikationen diskutiert sowie Designparameter beschrieben.

III.12

Riemenscheibe mit integriertem Getriebe zur Drehzahlregelung des Klimakompressors

Prof. Dr.-Ing. P. Tenberge, Dipl.-Ing. R. Baumgart
TU Chemnitz, Institut für Konstruktions- und Antriebstechnik, 09126 Chemnitz
Dipl.-Ing. M. Webner, Dipl.-Ing. J. Gebhardt
VTAT GmbH, St. Egidien

Die Nebenaggregate von Kfz-Verbrennungsmotoren werden heute meist noch über einen Poly-V-Riemen mit konstanter Übersetzung von der Kurbelwelle angetrieben. Die Aggregate und die Riemenübersetzungen sind so ausgelegt, dass auch bei geringer Motordrehzahl der Leistungsbedarf der Verbraucher gedeckt wird. Die erforderliche Antriebsleistung steigt jedoch in den meisten Fällen mit der Motordrehzahl weiter an. Die zunehmende Forderung zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauches zwingt die Automobilhersteller zur Erschließung neuer Maßnahmen zur Energieeinsparung. Der Nebetrieb von Verbrennungsmotoren zeigt dafür sehr hohes Potential. Eine interessante Möglichkeit für den bedarfsgerechten Antrieb der Nebenaggregate wird durch den Einsatz des so genannten Riemenscheibengetriebes dargestellt. Dieses Getriebe ist fast vollständig in die Riemenscheibe des Aggregates integriert und verfügt über zwei Gänge. Der Antrieb erfolgt dabei über einen Poly-V-Riemen von der Kurbelwelle zur Riemenscheibe mit dem integrierten Getriebe. Somit kann in Abhängigkeit der Motordrehzahl und des Nutzleistungsbedarfes eine günstige Übersetzungsstufe gewählt werden. Das Riemenscheibengetriebe kann problemlos an bereits vorhandene Aggregate, wie z.B. den Klimakompressor, adaptiert werden und beansprucht keinen weiteren Bauraum.

Dieses Getriebe wird derzeit von der VTAT GmbH in enger Zusammenarbeit mit der TU Chemnitz entwickelt und getestet (Bild 1). Im Rahmen dieser Zusammenarbeit wurde das Verbesserungspotenzial durch den Einsatz eines Riemenscheibengetriebes im Antrieb eines Kfz-Klimakompressors untersucht. Im Vortrag wird das Konzept des Riemenscheibengetriebes und die konstruktive Ausführung (inkl. Hardware) erläutert. Außerdem werden die Simulationsmodelle und die Ergebnisse vorgestellt.

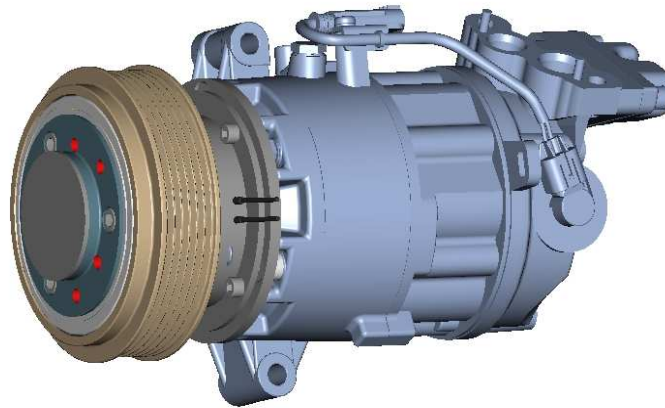


Bild 1: Klimakompressor mit Riemenscheibengetriebe

III.13

Potenzialstudie verschiedener Wärmerekuperationskonzepte in Kraftfahrzeugmotoren

Prof. Dipl.-Ing. Arno H. Klose

FH Hannover, Labor für Strömungsmaschinen, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover

Dipl.-Ing. Jens Kitte

IAV GmbH, Vorentwicklung Dieselmotor, Carnotstr. 1, 10587 Berlin

Dipl.-Ing. Reinhold Bals

IAV GmbH, Vorentwicklung Ottomotor, Nordhoffstr. 5, 38518 Gifhorn

Dipl.-Ing. Daniel Jänsch

IAV GmbH, Vorentwicklung Dieselmotor, Carnotstr. 1, 10587 Berlin

Auch moderne Kraftfahrzeugmotoren weisen lediglich niedrige Wirkungsgrade auf. Dies bedeutet, daß nur ein geringer Anteil der im Kraftstoff enthaltenen Energie in Antriebsleistung und ein sehr großer Anteil in Wärme umgesetzt wird. In der hier dargestellten Untersuchung werden vier verschiedene Konzepte untersucht, die Abwärme in nutzbare elektrische Energie umzusetzen. Die Umsetzung in elektrische Energie könnte bei Hybridantrieben vorteilhaft sein. Die vier untersuchten Konzepte sind Thermogenerator (TEG), Stirling- Motor, sowie Sekundärkreisläufe als Gas- oder Dampfturbinenprozeß. Zur Abschätzung der Potenziale dieser vier Rekuperationsansätze wurden Berechnungen für ein Fahrzeug mit 1,6l- Ottomotor durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die aktuell verfügbaren TEG-Module mit einem Wirkungsgrad von ca. 5% einen geringen Kraftstoffverbrauchsvorteil in den betrachteten, stationären Fahrzyklen erzielen. Für zukünftige TEG-Generationen werden weitaus höhere Wirkungsgrade erwartet, wodurch sich entsprechend größere Vorteile ergeben.

Auch offene Joule-Prozesse basierend auf gasförmigen Energieträgermedien stellen keine angemessene Rekuperationsstrategie für derzeitige Motoren- bzw. Antriebskonzepte dar. Obwohl dieses Konzept aufgrund der einfachen Struktur einen erheblichen Vorteil gegenüber geschlossenen Carnot-Prozessen aufweist.

Der Dampfprozess zeigt ebenso wie der Stirlingprozess ein gutes Potenzial zur Rekuperation der Wärme des Verbrennungsmotors. Aufgrund der geringen Wärmeübergangskoeffizienten erscheint es künftig sinnvoll, flüssige Medien mit hohen spezifischen Wärmekapazitäten einzusetzen, auf Basis dampfförmiger Phase am Arbeitskolben und flüssiger Phase am Plungerkolben. Dadurch sind kompaktere Komponenten bei besserem Wirkungsgrad möglich. Das modifizierte Stirlingkonzept lässt verschiedene Arbeitsmedien zu. Tendenziell ist der Wirkungsgrad des Stirlingmotors

günstiger als der von Dampfprozessen. Bei Einsatz eines anderen Energieträgermediums können die Bauelemente weitaus kompakter gestaltet werden.

Der Aufwand zur Integration in das Fahrzeug bewegt sich bei allen Rekuperationskonzepten auf einem hohen Niveau. Zwischen den einzelnen Verfahren sind allerdings deutliche Unterschiede erkennbar. Im Maximalfall ist für die Integration eine gesamthafte und verknüpfte Modellierung aller relevanten Energiesysteme des Fahrzeugs in Verbindung mit klaren Anforderungsprofilen erforderlich, um die Potenziale im Fahrzeug wirksam werden zu lassen.

III.14

Auslegung eines Abwärmekraftwerks (Mini-GuD) im Fahrzeug - Vergleich verschiedener Kreislaufmedien-

Prof. Dr. Andreas Huster

FH Koblenz, FB Ingenieurwesen/Maschinenbau, Konrad-Zuse-Str. 1, 56075 Koblenz

Dipl.-Ing. Heiko Schulz-Andres

Hyvatec Hückeswagen GmbH, Industriestr. 8, 42499 Hückeswagen

Um den Gesamtwirkungsgrad von Fahrzeugen (PKWs und NKWs) weiter zu steigern, wird in diesem Bericht die Möglichkeit eines in den Abgasstrang integrierten Dampfkraftwerks zur Erzeugung weiterer mechanischer Leistung aus der noch vorhandenen thermischen Abgasenergie vorgestellt. Als Kreislaufmedien werden Wasser und alternativ R114a untersucht. Ausgehend von den Betriebsdaten eines PKWs findet zunächst eine erste thermodynamische Auslegung des Dampfkreislaufs für einen Gas- und Dampfprozess (Mini-GuD) statt.

Die Berechnung des Dampfkreislaufs ergibt, je nach Kreislaufmedium, eine mittlere Abgastemperatur am Dampferzeugeraustritt von ca. 150 bis 190°C, die auf Grund der erforderlichen Temperaturdifferenzen innerhalb des Dampferzeugers nicht weiter gesenkt werden kann. Daraus folgt aber auch, dass die Nutzung weiterer Wärmepotenziale innerhalb des Verbrennungsmotors, wie Kühlwasser oder Abgasturbolader, bei den untersuchten Kreislaufmedien wegen der niedrigeren Temperaturen der anderen Wärmequellen nicht, oder nur mit erheblichem technischen Aufwand, möglich ist.

Problematisch sind die im NEDC ständig wechselnden Abgastemperaturen und – massenströme, die quasi keinen stationären Betrieb ermöglichen. Die gesamte resultierende theoretische Leistungssteigerung bzw. Kraftstoffeinsparung im NEDC von maximal 7,9% berücksichtigt noch nicht, dass auch Wärmeenergie zunächst zum Aufheizen der Apparate und Maschinen des Mini-GuDs benötigt wird. Die Aufheizenergie für das gesamte Kleinkraftwerk liegt, nach einer ersten Grobdimensionierung der wesentlichen Komponenten, deutlich über 50%. Im Extremfall ist sogar zu befürchten, dass im NEDC ein Mini-GuD nicht effektiv in Betrieb geht. Im stationären Betriebsfall einer Autobahnfahrt sind hingegen Wirkungsgradverbesserungen von über 11% zu erwarten, sofern alle Bauteile betriebswarm sind. Das bedeutet, dass ein Mini-GuD im Nutzfahrzeugbereich wahrscheinlich wirtschaftlich eingesetzt werden könnte, da auf Grund der üblichen Nutzung hier solche Betriebsbedingungen vorliegen.

Im Messzyklus (NEDC) wird keine, oder zumindest stark Zeit verzögert, zusätzliche Wellenleistung geliefert, so dass der Investitionsaufwand, bestehend mindestens aus 2 Wärmetauschern (Dampferzeuger und Kondensator), 2 Maschinen (Pumpe und Motor), 1 Regelventil, Rohrleitungen und sonstigen Armaturen, selbst ohne exakte Rechnung, unrentabel erscheint. Erschwerend kommen das erhöhte Fahrgewicht und die beengten Raumverhältnisse im PKW-Bereich hinzu, die hier noch nicht näher untersucht wurden.

Grundsätzlich verfügt Wasser als Kreislaufmedium über Eigenschaften, um eine Prozessführung unter den gegebenen führenden thermischen Randbedingungen, wie Abgas- und Umgebungstemperatur, mit hinreichenden Wirkungsgraden zu ermöglichen. Kritisch ist jedoch der Winterbetrieb, bei dem bei längerem Stillstand die Gefahr des

Einfrrierens besteht. Weiterhin wäre eine bessere Ausnutzung der im Abgas vorhandenen thermischen Energie wünschenswert, so dass für die endgültige technische Umsetzung ein alternatives Fluid oder entsprechende Isolierungsmaßnahmen erforderlich sind.

III.15

Möglichkeiten alternativer Heizungs- und Klimatisierungskonzepte für alternative Fahrzeugantriebe

Christof Böttcher
VOLKSWAGEN AG, Fahrzeugforschung, Gesamtfahrzeug – Aufbau
Brieffach 1777, K-GEFFB/A, 38436 Wolfsburg

In Kraftfahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotorantrieb ist die Kälteerzeugung und die Bereitstellung der Heizleistung direkt mit dem Motor gekoppelt. Bei alternativen Antrieben ist der Verbrennungsmotor während der Fahrt nicht mehr kontinuierlich im Betrieb oder wird vollständig durch einen elektrischen Antrieb ersetzt. Um den thermischen Komfort im Fahrzeuginnenraum jederzeit aufrecht zu erhalten, müssen daher unterschiedlich lange Stillstandsphasen des Verbrennungsmotors überbrückt oder andere Energiequellen für Heizung und Kühlung gefunden werden. Alternative Heiz-/Klimakonzepte können nur dann effizient sein, wenn abhängig von den Randbedingungen das passende Konzept gewählt wurde.

Da durch alternative Heiz-/Klimakonzepte vielfach nicht die gleichen Größenordnungen von Kälte- und Heizleistung wie bei konventionellen Systemen erzielt werden können, müssen unabhängig vom gewählten Konzept Lösungen zur Reduzierung des Leistungsbedarfes gefunden werden.

III.16

Photoakustische Methode zur Messung von Kältemittel-Leckageraten

T. Knauf
INNOVA

Bei der **photoakustischen Spektroskopie (PAS)** wird das zu messende Gas mit pulsierendem Infrarotlicht einer spezifischen Wellenlänge bestrahlt. Die Gasmoleküle absorbieren einen Teil der Lichtenergie, dehnen sich aus und erzeugen so ein lineares akustisches Signal, welches von Mikrofonen detektiert wird. Durch die verwendeten Präzisionsmikrophone stellt PAS eine sehr stabile Messmethode dar. PAS bietet sehr niedrige Nachweisgrenzen, hohe Reproduzierbarkeit und eine sehr kleine Nullpunktdrift.

Die Nullpunktdrift ist ein entscheidendes Eignungskriterium für Langzeituntersuchungen. Das über einen Bereich von 1 zu 10^4 lineare Ausgangssignal ermöglicht einen großen Messbereich.

Aufgrund dieser Eigenschaften eignet sich PAS sehr gut für die Konzentrationsmessung von Treibhausgasen wie R134a, R152 und R744, da diese Gase starke Infrarot-Absorber sind und sich somit bereits in niedrigen Konzentrationen nachweisen lassen. Auch die zur Zeit diskutierten alternativen neuen Kältemittel lassen sich so erfassen.

Photoakustisches Prinzip

Wird ein Gas mit pulsierendem Licht einer gasspezifischen Frequenz bestrahlt, können die Gasmoleküle einen Teil der Lichtenergie aufnehmen. Einige der Gasmoleküle werden dadurch auf ein höheres Energieniveau gebracht, d.h. sie schwingen bei gleich bleibender Frequenz mit einer größeren Amplitude. Wird das IR-Licht mit einer definierten Frequenz moduliert, verläuft der Druckanstieg im Gas periodisch mit der Anregungsfrequenz. Das so entstandene akustische Signal wird mit geeigneten Mikrofonen erfasst.

Hauptvorteile der photoakustischen Spektroskopie

Die stabilen Präzisionsmikrophone gewährleisten niedrige Nachweisgrenzen, hohe Stabilität und einen großen Dynamikbereich (Messbereich). Die automatische „Wasserdampf-Kompensation“ ist eine weitere wichtige Voraussetzung für genaue Konzentrationsmessungen.

Photoakustische Spektroskopie in der Praxis

Der „Filter basierte“ PAS Detektor besteht aus einer IR-Lichtquelle, die in einem parabolischen Spiegel angebracht ist um eine möglichst hohe Lichtintensität in die Messzelle einzubringen. Das „Chopper-Rad“ dreht sich mit einer genau definierten Frequenz und erzeugt dadurch Lichtimpulse, die in die Messzelle eintreten. Optische Filter sorgen dafür, dass nur Licht mit der für die zu messende Gasart spezifischen Wellenlänge in die Messzelle gelangt. Befindet sich das zu messende Gas in der Messzelle, wird IR-Licht absorbiert und das Gas beginnt mit der Frequenz der Lichtimpulse zu oszillieren. Dieses akustische Signal wird von Mikrofonen gemessen.

III.17

GLOBAL ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF INTRODUCING R744 MOBILE AIR CONDITIONING

A. HAFNER

SINTEF Energy Research, 7465 Trondheim, Norway.

Life Cycle Climate Performance (LCCP) of mobile air-conditioning (MAC) systems are estimated for different locations in Asia, where the car market is growing very fast.

The test data from *SAE AR CRP*¹ have reconfirmed that the COP is no argument against R-744. Fuel use of R-744 systems is significantly lower than with HFC-134a, even in the warm climates considered in the present comparison. Another benefit of R-744 is the potential for compact system design and the good properties R-744 offers for using the system as a heat pump in reversed mode.

R-744 systems represent a very good and sustainable alternative for mobile AC systems in the near future.

If the current HFC-134a systems would be replaced by R-744 systems in 2008 instead of 2012, between 38 and 93 x 10⁶ metric tons of GHG emissions could be avoided in China. The same scenario would give a saving between 13 and 31 x 10⁶ metric tons of GHG emissions.

III.18

DuPont Next Generation Refrigerant – MAC Global Industry Solution

W. Sorg,
DuPont de Nemours, Had Homburg

III.19

Erste Erfahrungen mit Fluid-H

B. Zeitvogel
Sanden Technical Center Europe, Bad Nauheim

Im Rahmen der von der EU beschlossenen Kältemittelumstellung im Fahrzeugklimabereich wurde von der Firma **Honeywell** ein alternatives Ersatzkältemittel (**Fluid-H**) zu CO₂ (Kohlendioxid) vorgestellt, dessen Dampfdruckkurve sich mit der von R134a nahezu deckt. Die Umstellung sieht Kältemittel vor, deren GWP (**G**lobal **W**arming **P**otential) unter 150 liegt. Während das GWP von R134a 1300 beträgt, liegt Fluid-H mit einem GWP von <10 weit darunter und wäre aufgrund der tatsächlich notwendigen, geringen Änderungen der bestehenden Systeme, von großem Vorteil für die Automobilindustrie; da beispielsweise im Servicebereich enorme Vorkehrungen getroffen werden müssten, sollte CO₂ sich komplett durchsetzen.

Im Vortrag werden erste Untersuchungsergebnisse an Fahrzeugklimakompressoren und Fahrzeugklimasystemen vorgestellt.

IV.1

Einsatz von Latentwärmespeichern in der Gebäudetechnik

Alexander Hoh, Timo Haase, Thomas Tschirner, Dirk Müller:
Technische Universität Berlin, Hermann-Rietschel-Institut, Marchstr. 4, 10587 Berlin

Latentwärmespeicher sind in Form von Eisspeichern Stand der Technik und dienen zur Kompensation von Schwankungen der Kühllast. Neu entwickelte Latentmaterialien auf Paraffin- und Salzhydratbasis, so genannte PCMs (Phase Change Materials), haben Eigenschaften die das Einsatzgebiet von Latentwärmespeichern erweitern können. Unter dem Gesichtspunkt der Minimierung des Energie- und Exergiebedarfs für die Raumheizung und -kühlung werden derzeit am Hermann-Rietschel-Institut Untersuchungen zu aktiven Speichersystemen durchgeführt.

In einem aktuellen Projekt (BMW) werden makroskopische Materialeigenschaften von PCMs, wie beispielsweise die Hysterese und die Langzeitstabilität, anhand von Messungen analysiert. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen zur Entwicklung und Validierung von Latentwärmespeichermodellen für die gekoppelte Gebäude- und Anlagensimulation mit Modelica. Parallel wird in speziellen Versuchsräumen die Kombination aus Latentwärmespeicher, Kapillarrohmatte und Außenwärmeübertrager experimentell untersucht. Erste Ergebnisse aus den Messungen und den Berechnungen zeigen die Einsatzmöglichkeiten von aktiven Latentwärmespeichern in der Gebäudetechnik.

Förderung: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMW, 0327370A)

Stichworte: Latentwärmespeicher, PCM, Hysterese, Langzeitstabilität, Modelica, Kapillarrohmatte

IV.2

Kühlen ohne Kältemaschine Einsatz von PCM in dezentralen Lüftungsgeräten

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Detzer

Wärmespeicherprozesse in Gebäuden sind geeignet, in der warmen Jahreszeit den Einsatz von Energie zur Kälteversorgung zu reduzieren. Als Speichermodule dienen im Allgemeinen die Baumassen des Gebäudes, insbesondere Betondecken, die seit einiger Zeit mit integrierten Wassersystemen zur Entspeicherung ausgerüstet werden.

Als Speichermaterialien eignen sich jedoch auch Materialien, die in einem nutzbaren Temperaturbereich eine Phasenumwandlung von fest nach flüssig durchlaufen und die zur Phasenumwandlung notwendige Energie dem Umgebungsmedium entziehen, bzw. nach außen abgeben können. Bei diesen Phase-Change-Materials (PCM) handelt es sich vorrangig um Paraffine und Salzhydrate, deren Schmelztemperatur im Bereich von 20 °C liegen kann.

Da die Wärmekapazität durch den Phasenumwandlungsprozess ein Vielfaches der Wärmekapazität fester oder flüssiger Stoffe erreicht, wird es möglich, mit relativ geringen Speichermassen im Tagesverlauf entstehende Wärme im Gebäude zu speichern und in den Nachstunden bei tiefen Außentemperaturen wieder abzuführen.

Im Bereich Forschung und Entwicklung der Firma Imtech in Hamburg wurden mit diesen Materialien dezentral im Raum anzuordnende Lüftungsgeräte entwickelt, mit denen sowohl die Lüftererneuerung im Raum mit Außenluft als auch die im Raum freiwerdende Wärme über Tag gespeichert werden kann.

Das Speichermodul ist als Plattenpaket ausgebildet und wird mit Raumluft oder Außenluft durchströmt.

In den Nachtstunden wird das Speicherelement mit kühler Nachtluft beaufschlagt und die aufgenommene Wärme wieder abgeführt.

Die Geräte wurden in einer Referenzanlage in der Hauptverwaltung der Firma Imtech Deutschland GmbH & Co. KG in Hamburg installiert. Dabei sieht das Konzept vor, dass jede Raumachse des Gebäudes mit einem Raumgerät ausgerüstet ist und einen Außenluftanschluss besitzt. Jedes zweite Gerät dient der Einbringung der erforderlichen Außenluft, und die übrigen Geräte werden als Umluftgeräte zur Kühllastabfuhr im Raum genutzt.

In den Nachtstunden laufen alle Geräte als Außenluftgeräte, um die im PCM-Modul gespeicherte Wärme an die kühle Nachtluft abzuführen.

In dem Beitrag werden der Anlagenaufbau sowie das Regelkonzept erläutert und erste Erfahrungen im Betrieb dargestellt.

IV.3

Funktionsweise und Ausführungsbeispiele multifunktionaler Kühlkonvektoren

R. Joneleit

Trox GmbH, Neukirchen-Vluyn

Bis Ende der 80er Jahre wurden zur Klimatisierung von Gebäuden „Nur-Luft-Anlagen“ eingesetzt. Der Wärmetransport über das Medium Wasser war den Fan-Coils vorbehalten.

Die verschärften Anforderungen an die thermische Behaglichkeit und gestiegene Kühllasten führten zur Entwicklung der Kühldecke. Mit diesem System konnte man die Aufgaben Kühlen und Frischluftversorgung entkoppeln. Die Zuluftversorgung konnte auf das erforderliche hygienische Maß reduziert werden, die kleineren Luftmengen führten zu deutlich reduzierten Betriebskosten und geringerem Platzbedarf wegen der kleineren Luftkanäle.

Auf Grund der begrenzten Leistung der Kühldecken (Taupunkt) mussten große Flächen (ca. 70 % der Deckenfläche) aktiviert werden, so dass die Investitionskosten gegenüber „Nur-Luft-Systemen“ deutlich stiegen.

Eine konsequente Weiterentwicklung stellen die „aktiven Beams“ dar, die nach dem Induktionsprinzip arbeiten und durch die Kühlung der Sekundärluft mittels Luft-Wasser-Wärmeaustauschern größere spezifische Leistungen abführen können. Die Frischluftversorgung und Wasserkühlung sind in einem kompakten Gerät vereint, so dass neben anderen Vorteilen die Investitionskosten deutlich reduziert werden konnten.

Der Erfolg dieser Systeme führte zur Entwicklung der s. g. „Multi Service Chilled Beams“, in die neben den klassischen Aufgaben Kühlen und Lüften weitere Funktionalitäten integriert wurden, wie z. B. Beleuchtung, Sprinkler, Lautsprecher, IR-Bewegungsmelder etc.

Diese multifunktionalen Kühlkonvektoren können in abgehängte Decken integriert oder auch freihängend installiert werden. Die freihängende Installation ermöglicht den Einsatz der Beams in Sanierungsprojekten mit geringen Raumhöhen bzw. die Realisierung von Neubauprojekten mit geringeren Geschosshöhen und Nutzung von Betonkernaktivierung.

Die Vorteile dieser Multi Service Chilled Beams sind neben den bereits aufgeführten allgemeinen Vorteilen der Luft-Wasser Systeme vor allem die hohe Qualität, sowie die Reduzierung der Schnittstellen und Verringerung der Bauzeiten durch den hohen Vorfertigungsanteil und die einfache „Plug and Play“ Installation vor Ort.

IV.4

Die Betriebslüftung des Gotthard-Basistunnels Strategien für den Ereignis-, Erhaltungs- und Normalbetrieb

Dr.-Ing. Ralf Wetzel
Pöyry Infra AG, Hardturmstrasse 161, CH-8037 Zürich

Mit der Eröffnung des Gotthard-Basistunnels (GBT) wird im Jahr 2016 der weltweit längste Tunnel dem Eisenbahnverkehr übergeben. Aus aerodynamischer Sicht besteht der Tunnel nicht nur aus den beiden 57 km langen Tunnelröhren, die über 178 Querschläge und 4 Spurwechsel miteinander verbunden sind sondern auch aus den beiden Multifunktionsstellen (MFS) Sedrun und Faido. Die MFS wiederum sind komplexe Systeme aus verschiedenen Stollen und Schächten für Zu- und Abluft, Kavernen, in denen sich die technischen Räume für die Bahntechnik befinden, Anschlüsse an die Nothaltestellen in beiden Tunnelröhren und Lüftungsbauwerke, in denen die Ventilatoren für die Betriebslüftung untergebracht sind.

Um bei einem Ereignis die Personensicherheit im GBT zu maximieren, werden verschiedene vorbeugende und ausmassmindernde Massnahmen umgesetzt. Die Betriebslüftung des GBT stellt in diesem Zusammenhang eines der wichtigsten Sicherheitssysteme zur Ausmassminderung dar. Neben der Personensicherheit bei einem Ereignis wird mit der Betriebslüftung auch die Betriebssicherheit der Bahntechnik aufrechterhalten.

Erhaltungsarbeiten im Tunnel finden in der Regel an zwei Nächten pro Woche statt. Hierbei wird eine Tunnelröhre für 8 Stunden vollständig für den Zugverkehr gesperrt. Bei Erhaltung besteht die primäre Aufgabe Betriebsventilatoren in der Abfuhr und Verdünnung der im Tunnel freigesetzten Schadstoffe. Darüber hinaus leistet die Lüftung einen Beitrag zur Kühlung der Erhaltungsabschnitte. Als Option kann sie auch einen Beitrag zur Kühlung des Tunnels während des Normalbetriebs leisten.

Der Präsentation und der Artikel zur DKV-Tagung 2006 beschreiben die auf dem Sicherheitskonzept des GBT basierenden Lüftungsstrategien bei einem Brand auf einem Reisezug und die Lüftungsstrategien für den Erhaltungsbetrieb. Darüber hinaus werden die besonderen Anforderungen und Randbedingungen aus dem Normal-, Erhaltungs- und Ereignisbetrieb beschrieben, die bei der Dimensionierung des Lüftungssystems berücksichtigt werden mussten.

IV.5

Basisgeruchsmodell für die Bewertung der empfundenen Luftqualität

Dipl.-Ing. J. Panaskova, Prof. Dr.-Ing. D. Müller
Hermann-Rietschel-Institut der Technischen Universität Berlin
Marchstraße 4, 10587 Berlin

Die bekannten Messverfahren zur Bestimmung der empfundenen Luftqualität in Innenräumen arbeiten entweder mit großen Probandengruppen (> 25 Personen), die für Felduntersuchungen ungeeignet sind, oder es werden kleinere Probandengruppen (ca. 8 - 12 Personen) verwendet, die mit einem Vergleichsmaßstab die Geruchsintensität bewerten. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass die Probandengruppen nicht die empfundene Luftqualität sondern die Intensität eines Geruchseindrucks bestimmen, wenn sie einen Geruchsmaßstab verwenden. Bisher kann diese empfundene Geruchsintensität nicht für beliebige Gerüche in die empfundene Luftqualität umgerechnet werden.

Ziel eines laufenden Forschungsvorhabens (DFG) ist die Ermittlung der fehlenden Übertragungsfunktion zwischen der mit einer kleinen Probandengruppe messbaren empfundenen Geruchsintensität und der empfundenen Luftqualität für verschiedene

Basisgerüche. Unbekannte Gerüche werden dann in einem zweistufigen Verfahren anhand ihrer Intensität (1. Stufe) und ihrer Geruchscharakteristik (2. Stufe) bewertet.

Durch den begleitenden Einsatz von Multigassensoren wird zusätzlich ein Beitrag zur Entwicklung eines elektronischen Messsystems für die empfundene Luftqualität geleistet. Auch bei den elektronischen Messverfahren wird eine zweistufige Auswertung der Messsignale durchgeführt. Die Intensität eines Geruches wird anhand der Amplituden der einzelnen Sensorsignale ermittelt. Die Charakteristik des Geruchs ergibt sich aus dem Signalmuster eines Mehrsensorsystems.

Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG MU 2315/1-1)

Stichworte: Empfundene Luftqualität, Geruchsintensität, Hedonik, Basisgerüche, Vergleichsmaßstab, Multigassensensorsysteme, elektronische Nase

IV.6

Messung an dezentralen Lüftungsgeräten gemäß FLT/VDMA 24390- Richtlinie (Entwurf)

Gregor Baumeister
Dr. Thomas Sefker
TROX Technik

Dieses VDMA- Einheitsblatt beschreibt einheitliche Prüfverfahren und Bewertungskriterien für Lüftungsgeräte mit Fassadenanschluss. Der Einbauort dieser Komponenten kann

- im Boden
- an der Brüstung
- im Deckenbereich oder
- im Pfostenbereich der Fassade

sein.

Einrichtungen zur natürlichen Lüftung fallen laut Definition im Geltungsbereich dieses Entwurfs eindeutig nicht unter die angeführten Prüfverfahren, da mindestens ein Ventilator integriert sein muss.

Der zeitliche und gerätetechnische Aufwand zur Durchführung der geforderten Messungen ist durch diese Richtlinie zwar erheblich gewachsen, aber das Ziel der Vergleichbarkeit rechtfertigt dieses durchaus. Letztendlich wird dem Kunden sowie dem Bauherrn mit diesem Leistungsnachweis ein wichtiges Entscheidungskriterium an die Hand gegeben und dem Lieferanten Ärger und Kosten durch gerechtfertigte oder ungerechtfertigte Gewährleistungsansprüche weitgehend erspart bleiben.

In diesem Vortrag wird über Erfahrungen aus der Forschung und Entwicklung mit Prüfungen nach dem aktuellen Entwurfsstand dieser VDMA- Richtlinie berichtet.

Die aus diesen Erfahrungen resultierenden Verbesserungsvorschläge und Vereinfachungen werden zusammengefasst.

IV.7

Umbau von Versuchskammern für die Pflanzenforschung; Testergebnisse

Prof. Dr.-Ing. Hans Rudolf Engelhorn, Butzbach (Vortragender)
 NN, Justus Liebig Universität Gießen; Interdisziplinäres Forschungszentrum (IFZ)
 NN, Fa. Weiss Umwelttechnik GmbH (WUT), Lindenstruth

Das Vortragsthema betrifft eine Forschungseinrichtung für die Pflanzenzüchtung, den Pflanzenschutz und die Pflanzenernährung. Die Untersuchungen finden in Klimakammern statt. Von insgesamt vorhandenen 22 Kammern wurden in einer ersten Phase 12 Kammern umgebaut. Die Maßnahmen dienen dazu, die derzeit bestehenden Untersuchungsbedingungen grundlegend zu verbessern.

Der zu untersuchende Temperaturbereich reicht von +5°C bis +40° C, der Bereich der relativen Feuchte von 40% bis 95%. Die zulässigen Toleranzen betragen ± 1 K, $\pm 5\%$ r. F. Die Kammerluft wird vollklimatisiert. Zur Entfeuchtung bei niedrigen Werten des Taupunktes dienen sich kontinuierlich regenerierende Sorptionsentfeuchter, für mittlere Taupunktbereiche Oberflächenkühler. Für Kammerzustände, bei denen befeuchtet werden muss, kommen Dampfbefeuchter zur Anwendung.

Für die Kälteerzeugung dient eine Verdampfungskälteanlage mit einer maximalen Kälteleistung von 300 kW. Die Kälteversorgung der Klimakammern erfolgt mittels eines Kälte-trägerkreislaufes mit einem Glykol/Wassergemisch. Zur Pufferung von Lastschwankungen dient ein im Kälte-trägerkreislauf befindlicher Speicher mit einem Volumen von 5 m³.

Nach nunmehr abgeschlossenem Umbau fanden Tests bei unterschiedlichen Klimaszenarien statt. Es zeigte sich, dass die geforderten Werte mit großer Genauigkeit und guter Beharrung erreicht werden. Der Anlagenaufbau und die Messergebnisse werden präsentiert.

IV.8

NEUE SOMMERLICHE AUSLEGUNGSWERTE UND DIE KONSEQUENZEN FÜR DIE DIMENSIONIERUNG DER LUFTKÜHLER IN RLT-ANLAGEN

Prof. Dr.-Ing. Karl-Josef Albers
 Hochschule Esslingen, Fakultät Versorgungstechnik und Umwelttechnik

Für die Dimensionierung der Luftkühler in RLT-Anlagen wird bereits seit langem für ganz Deutschland mit Ausnahme der Küstengegend der Auslegungszustand ($t_{AU} = 32$ °C, $\varphi_{AU} = 40$ %) verwendet. Eine Recherche hat ergeben, dass dieser Auslegungszustand auf den meteorologischen Daten des Zeitraums 1881 bis 1930 basiert. Eine Untersuchung der meteorologischen Daten der letzten zehn Jahre hat neue, für die einzelnen Klimazonen der DIN 4710 differenzierte Auslegungswerte ergeben. Neben der Vorstellung der neu ermittelten Auslegungswerte werden im Vortrag die Konsequenzen für die Dimensionierung der Luftkühler in RLT-Anlagen aufgezeigt.

Stichworte: Sommerliche Auslegungswerte; RLT-Anlagen; Luftkühler; Dimensionierung

IV.9

Verbesserung des COP bei Luft-Wasser-Wärmepumpen mit Scroll-Verdichtern, Unterkühlungstechnik und Dampfeinspritzung

Dipl.-Ing. Reiner Bertuleit
BERTULEIT & BÖKENKRÖGER GmbH, Wallbaumstr. 15, 31785 Hameln

Durch den Einsatz dieser Technik kann das typische Abfallen der Heizleistung bei sinkenden Außenlufttemperaturen gebrochen werden. Desweiteren sind Verbesserungen des COP möglich. Somit gibt es hier interessante Aspekte für den Einsatz im Wärmepumpenbereich und im Speziellen für Luft-Wasser-Wärmepumpen.

IV.10

Zwei Feldmessungen neuer Wärmepumpen gestartet

Dr.-Ing. Andreas Bühring, Dipl.-Ing. Marek Miara, Dr. Christel Russ,
Dipl.-Ing. (FH) Christian Bichler, Rainer Becker,
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg

In diesem Beitrag werden zwei neue große Feldmessungen von Wärmepumpen vorgestellt, die im Laufe des Jahres 2006 gestartet wurden. In beiden Projekten wird jeweils eine große Anzahl von Wärmepumpen im realen Einsatz vermessen. Dabei werden mit hoher zeitlicher Auflösung Volumenströme, Temperaturen, Wärmemengen und Stromverbräuche erfasst und per Datenfernabfrage täglich am Fraunhofer ISE gespeichert und ausgewertet. Aus den Messergebnissen werden Kennwerte, das Systemverhalten, Gütegrade und Korrelationen zu Anlagenstammdaten abgeleitet. Zu den Schwerpunkten der beiden Projekte:

Im Projekt „Wärmepumpen-Effizienz“ werden insgesamt 140 Wärmepumpen von 7 Herstellern vermessen. Davon gehen 77 Anlagen im Jahr 2006 in Betrieb. Schwerpunkt der Untersuchung sind Wärmepumpen kleiner Leistung zwischen 5 bis 10 kW Wärmeleistung mit den Wärmequellen Außenluft und Erdreich. Ziel ist die Untersuchung der Effizienz bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen und bei verschiedenen Anlagenkonzepten und die Ableitung von Entwicklungskonzepten für kleinere Wärmepumpen für den Gebäudestandard von neu gebauten Niedrigstenergiehäusern (KfW-40, KfW-60 und 3-Liter-Häusern). Damit soll die Lücke geschlossen werden zwischen den vorhandenen Wärmepumpen und den Lüftungs-Kompaktgeräten mit Abluftwärmepumpe für Passivhäuser. Außerdem werden bei einigen Anlagen die Kältemittelverluste im realen Einsatz über einen Zeitraum von 4 Jahren bestimmt. Die Ergebnisse des Projektes fließen unter anderem in den neuen IEA Heat Pump Programme Annex 32 „Economical heating and cooling systems for low energy houses“ ein. Gefördert wird das Projekt durch Eigenmittel der sieben Hersteller, durch die Energieversorger EnBW und E.ON sowie durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.

Im Projekt „Ersatz von Ölheizkesseln im Wohngebäudebestand durch Wärmepumpen“ werden im realen Einsatz 100 Wärmepumpen aller führenden Hersteller vermessen, die aufgrund höherer Vorlauftemperaturen geeignet sind für den Einsatz in nicht aufwändig sanierten Bestandsgebäuden. Die Sensorik und die Messwerterfassung sind vergleichbar intensiv wie in o.g. Projekt. Schwerpunkt ist der Vergleich mit einem alternativ angenommenen Ersatz durch einen neuen Ölkessel unter den Hauptaspekten Wirtschaftlichkeit und Treibhausgasemissionen. Das Projekt wird im Auftrag der E.ON Energie AG durchgeführt.

IV.11

Erfahrungen mit Wärmepumpen im Altbau -Ein Beitrag zu Energieeinsparung und Klimaschutz-

Prof. Dr.- Ing. H.J. Laue
Informationszentrum für Wärmepumpen und Kältetechnik IZW e.V.
Welfengarten1A, 30167 Hannover

Die ständig steigenden Preise für Erdgas und Heizöl und das Streben nach Energieeinsparung und Klimaschutz auch im privaten Bereich haben das Augenmerk der Bürger auf die Sanierung von Gebäuden gerichtet. Grundsätzlich kommen dafür zwei Möglichkeiten in Betracht.

Einmal kann durch die Sanierung der Außenhülle des Gebäudes, z.B. bessere Wärmedämmung, und/oder der Heizungsanlage der Wärme- und damit der Brennstoffbedarf vermindert werden.

Zweitens kann der Wärmebedarf in erheblichem Umfang durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Neben Solarenergie und Biomasse spielt dabei die Wärmepumpe eine immer größere Rolle.

Während bisher Wärmepumpen vor allen in neuen Ein- und Zweifamilienhäusern zum Einsatz kamen, gewinnt heute der weitaus größere Sanierungsmarkt immer mehr an Bedeutung.

Am Beispiel eines 80 Jahre alten, denkmalgeschützten Hauses ("Bauhaus") werden die Möglichkeiten und Grenzen des Einbaus einer Wärmepumpe und die damit erreichten energetischen und wirtschaftlichen Vorteile dargestellt.

Aus Denkmalschutzgründen kommen eine Wärmedämmung der Außenwand und eine Erneuerung des Wärmeverteilsystems zur Niedertemperaturheizung mit ca. 35 °C Vorlauftemperatur nicht in Frage. Auf Grund der notwendigen Heizleistung gibt es Bedenken der Eigentümer bei der Nutzung von Erdwärmesonden und der damit verbundenen "Zerstörung" der Gartenanlage, da die untere Wasserbehörde nur Bohrungen bis zu 35-40 m erlaubt, da in dieser Tiefe die Basis des jungquartären Grundwasserleiters liegt und die dort vorhandene Tonschicht nicht durchbohrt werden kann.

Als Ergebnis der Voruntersuchungen und unter Abwägung aller Möglichkeiten wurde das folgende Wärmepumpensystem als günstigste Lösung ermittelt:

Wasser / Wasser Wärmepumpe mit 19,7 kW Heizleistung, modifizierter einstufiger Kältekreis mit Dampfeinspritzung, R 407C als Kältemittel. Man kann davon ausgehen, dass mit diesem System auch bei einer maximalen Vorlauftemperatur von 65 °C noch ein energetisch günstiger Betrieb gewährleistet ist.

Nach einem Erfahrungsbericht über die Vorbereitung und Berechnung der Anlage, Herstellung der Brunnenanlagen und die Probleme beim Einbau der Wärmepumpe werden erste Betriebserfahrungen wiedergeben.

Stichworte: Wärmepumpen Altbau, Maßnahmen Sanierung Altbau, Wasser-Wasser Wärmepumpe, Vorlauftemperatur 65 °C, Energieeinsparung, Emissionsminderung

IV.12

Betriebsweisen von Wärmepumpen im Altbau

Dipl.-Ing. Peter Göricke
Informationszentrum für Wärmepumpen und Kältetechnik IZW e.V.
Welfengarten1A, 30167 Hannover

Erdreichwärmepumpen werden fast ausschließlich monovalent eingesetzt. In den meisten Regionen Deutschlands funktioniert ein derartiger Betrieb auch mit Außenluft als Wärmequelle. Gleichwohl kann es sinnvoll sein, einen elektrischen Heizstab vorzusehen.

Diese „monoenergetisch“ genannte Betriebsweise, die für einen Energieträger, Strom, aber zwei Wärmeerzeuger steht, bietet den Vorteil, dass die Wärmepumpe deutlich leistungsschwächer und damit kostenmindernd dimensioniert werden kann.

Bei monoenergetisch betriebenen Anlagen steigt der Anteil der ohmschen Direktheizung an der Jahresheizarbeit mit sinkender Wärmeleistung der Wärmepumpe. Bei sehr kleiner Nennwärmeleistung haben Erdreichanlagen trotz der günstigeren Wärmequelle einen insgesamt höheren Strombedarf als Luftanlagen. Ursache ist, dass Luftanlagen bei kleinem Leistungsanteil überwiegend bei günstigen Bedingungen, - hohe Temperatur der Wärmequelle und gleichzeitig niedrige Vorlauftemperatur der Heizung -, betrieben werden. Daraus resultiert mit fallender Nennwärmeleistung zunächst auch ein geringer werdender Gesamtstrombedarf.

Der monoenergetische Betrieb hat Auswirkungen auf die Wärmepumpenanlage. Die jährliche Laufdauer des Geräts nimmt zu, das wirkt sich erfahrungsgemäß positiv aus.

Der monoenergetische Betrieb führt für die Stromversorgungsunternehmen zu einer verschlechterten Strombezugscharakteristik. Es zeigt sich jedoch, dass nur an 16 Stunden des Jahres Einschränkungen im Betrieb nötig werden, soll dieselbe Anzahl an Volllaststunden eines konventionellen Hauses mit Kesselheizung erzielt werden. Durch Eingriffe einer zentralen Laststeuerung lässt sich die Abnahmecharakteristik deutlich verbessern, denn insbesondere eine Fußbodenheizung kann aufgrund der Speichermasse des Bodenaufbaus ohne Einbuße an Komfort für mehrere Stunden täglich unterbrochen werden. Eine bewährte, effektive und leicht umsetzbare Möglichkeit zur Verbesserung stellt eine über Rundsteuerung oder gleich wirkende Technik unterbrechbare Lieferung dar. Extreme Lastspitzen sind damit weitgehend vermeidbar.

Der Vortrag berichtet über die Betriebsweisen von Wärmepumpen im Altbau und über den sinnvollen Einsatz eines zusätzlichen Elektroheizstabs bei monoenergetischer Betriebsweise.

Stichworte: Wärmepumpen zum Heizen, Wärmepumpeneinsatz im Altbau; Monovalente Betriebsweise, Monoenergetische Betriebsweise, Vergleich von Wärmequelle Erdreich und Luft, EVU - Laststeuerung

IV.13

Wärmepumpen zum Einsatz im Gebäudebestand

Dr.-Ing. Rainer M. Jakobs

Informationszentrum für Wärmepumpen und Kältetechnik IZW e.V.

Welfengarten1A, 30167 Hannover

Im Jahre 2005 haben sich mehr als 18.000 bundesdeutsche Bauherren für die energiesparende und umweltfreundliche Wärmepumpe (WP) zum Heizen entschieden, wobei der stetig wachsende Markt vor allem auf den Neubau von Ein- und Zweifamilienhäusern konzentriert ist. Da gegenwärtig pro Jahr nur ca. 150.000 Ein- und Zweifamilienhäuser gebaut werden, entspricht dies in etwa einem Wärmepumpenanteil von ca. 10-12 %. Im Vergleich zu Schweiz, Schweden und Österreich haben wir jedoch in Deutschland nach wie vor einen weit geringeren, auf die Einwohner bezogenen WP-Anteil. Noch wichtiger für die Verbreitung der WP ist jedoch die Tatsache, daß die WP (Ausnahme S und CH) in nahezu allen europäischen Ländern in den wesentlich größeren Sanierungsmarkt nur sehr zögernd Einzug hält.

Die Möglichkeiten werden durch die Statistik verdeutlicht: in Deutschland gibt es z.B. mehr als 17,5 Mill. Wohngebäude mit ca. 35 Mill. Wohnungen, davon ca. 14 Mill. Ein- und Zweifamilienhäuser. Ca. 40% davon werden ölbeheizt und ca. 60% wurden vor dem

1.10.1978 erstellt. Man kann davon ausgehen, daß in Deutschland pro Jahr ca. 650.000 Heizungsanlagen ausgewechselt werden müssen.

Mit dem Einbau von WP in Altbauten könnte vor allem die Forderung der Reduzierung des Primärenergieverbrauchs und der damit verbundenen CO₂- Emissionen beim Heizen erfüllt werden. WP können jedoch nur dann eine entscheidende Rolle bei der Sanierung von Heizungsanlagen spielen, wenn die notwendigen technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Bedingungen erfüllt sind.

Derzeit wird vom IZW e.V., in Zusammenarbeit mit dem Projektträger Energie im Forschungszentrum Jülich, im Rahmen des Wärmepumpenprogramms der Internationalen Energie Agentur IEA (IEA Heat Pump Programme) ein internationales Projekt unter dem Titel "Retrofit Heat Pumps for Buildings" unter Beteiligung der Industrie und Forschungseinrichtungen aus Europa (Niederlande, Frankreich, Schweden, Deutschland) durchgeführt. Neben einem Überblick über die Verfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Ökologie und möglichen F&E Trends von WP als Ersatz von Heizungsanlagen mit hohem Energieverbrauch in vorhandenen Wohngebäuden soll es einen Beitrag zur Überwindung der wirtschaftlichen und technischen Schwierigkeiten für den Einsatz von Wärmepumpen bei der Gebäudesanierung leisten.

Der Vortrag soll über die Bedeutung des Einsatzes von Wärmepumpen im bestehenden Gebäudebestand berichten, die derzeitigen und künftigen Anforderungen an WP darstellen und bisherige Entwicklungen und mögliche Lösungen aufzeigen.

Stichworte: Wärmepumpen zum Heizen, Wärmepumpeneinsatz im Altbau, Energiebedarf in Wohngebäuden, CO₂-Emissionsminderung

IV.14

CO₂ EXHAUST AIR HEAT PUMP WITH COMBINED HIGH-PRESSURE SUPERHEATING CONTROL AND ADVANCED WATER HYDRAULIC

S. OTT

Stiebel Eltron GmbH & Co. KG, Dr. Stiebel-Str.,
Holzminden, 37603, Germany

The continuing interest in CO₂ is motivated by the idea to replace halocarbon refrigerants by natural refrigerants like CO₂, Propane or Butane. Based on the global warming potential (GWP) and the f-gas regulation, reasons for the use of CO₂ will be presented.

The prototype of an exhaust air heat pump for combined space and hot water heating using CO₂ as refrigerant has been set up and tested.

To obtain good efficiencies in a common transcritical CO₂ cycle an active control of the high-side pressure is needed. The modified dimensioning and design of the heat pump is the result of a new control strategy, controlling high-side pressure and superheating simultaneously. An electronic expansion valve is used to achieve the optimum high pressure, while the superheating may float within a predefined range. Optimum high-side pressure is equal to the high-side pressure of the maximum COP (dCOP/dp=0).

For further improvement of the COP an enhanced water hydraulic is needed. Using two mass-flow adjustable pumps and a brazed plate heat exchanger the water hydraulic provides optimum heat rejection in the gas cooler and enables temperature layering in the hot water storage tank while the heat pump is operating in the water heating mode. A third mass-flow adjustable pump is used to obtain an optimal mass-flow during space heating.

First experimental results will be shown and compared with a heat pump produced in series using R290 as refrigerant.

IV.15

Mobile Klimageräte

Klaus Fitzner
KLIMAKONZEPT Ingenieurgesellschaft, Berlin

Klimakonzept hat im Auftrag Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin verschiedene mobile „Klimageräte“ (im Prinzip Raum-Kühlgeräte) untersucht. Dabei wurden Einschlauch-, Zweischlauch- und Splitgeräte gemessen und ihre Handhabung beurteilt. Die sensible Kühlleistung und die entsprechende Leistungszahl, die A-Schalleistung, Luftgeschwindigkeits- und Temperaturverteilung vor dem Auslass wurden ermittelt und mit den Herstellerangaben verglichen. Sie sollen eine Basis für die Auswahl und Anwendung der Geräte im Bürobereich sein.

IV.16

Einfluss des vertikalen Temperaturgradienten auf den Auftriebsvolumenstrom über einer zylinderförmigen Wärmequelle

cand. Ing. Robert Rank, Dipl.-Ing. Rita Streblov, Prof. Dr.-Ing. D. Müller
Hermann-Rietschel-Institut der Technischen Universität Berlin
Marchstraße 4, 10587 Berlin

Bei einem Quellluftsystem wird die Zuluft bodennah und impulsarm mit einer geringen Untertemperatur in den Raum eingebracht. Die Wärmequellen im Raum fördern dabei durch ihre Auftriebsströmungen die Frischluft nach oben. Die thermischen Auftriebsvolumenströme sind somit entscheidend für die Auslegung des Systems. Am Hermann-Rietschel-Institut der TU Berlin wird der Einfluss des vertikalen Temperaturgradienten im Raum auf das Förderprofil der Wärmequelle untersucht.

Das instationäre Verhalten der Auftriebsfahne wird mit Hilfe heliumgefüllter Seifenblasen und thermographischer Aufnahmen eines über der Wärmequelle montierten Wabengitters visualisiert. Aus diesen Untersuchungen werden die Randbedingungen für Geschwindigkeitsmessungen mittels des Laser-Doppler Verfahrens (LDA) abgeleitet. Durch Integration der Geschwindigkeitsprofile wird der Fördervolumenstrom bestimmt. Die Messungen werden unter Variation der Wärmequellengröße und des Temperaturgradienten durchgeführt.

Förderung: Heinz-Trox-Stiftung

Stichworte: Raumluftströmungen, Quellluft, Temperaturgradient, Auftriebsvolumenstrom, LDA-Messungen

IV.17

TELEFONIEDÄMPFUNG VON LUFTDURCHLÄSSEN Grundlagen, Hallraum- und Realraum-Messungen

Dipl.-Ing. Thomas Wolters,
Forschung&Entwicklung, TROX GmbH, Heinrich Trox Platz, D-47504 Neukirchen-Vluyn

Vorliegender Beitrag zeigt einen Überblick über die verwendeten Begriffe bei der Messung und Bewertung der Luftschalldämmung.

Dämpfungswerte verschiedener Luftdurchlässe wurden gemäß ISO7235 im Hallraum ermittelt und in Diagrammform dargestellt. Geometrisch ähnliche Luftdurchlässe haben

danach ähnliche Dämpfungswerte. Ein Vergleich zwischen Katalogangaben verschiedener Hersteller und normgerechten Messungen wird ebenfalls angestellt. Diese Ergebnisse zeigen keinerlei Übereinstimmung mit den Herstellerangaben, die offensichtlich nach einer nicht normgerechten Methode bestimmt wurden. Hier besteht ein Bedarf sich auf eine einheitliche Messvorschrift zu einigen.

Die Übertragung der Schallenergie über Rohrleitungen der Klimaanlage wird unter Verwendung verschiedener Luftdurchlässe in zwei realen Besprechungsräumen messtechnisch untersucht. Die Wirkung von Anbauschalldämpfern konnte nachgewiesen und eine Schwächung des Trennwandsystems durch den Luftweg aufgezeigt werden.

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) wurde im Rahmen eines FLT - Projektes nach Wegen gesucht, mit vorhandenen Komponenten-Kennwerten verschiedene Raum zu Raum Situationen zu berechnen. Einige Beispiele zeigen recht gute Übereinstimmungen zwischen Messung und Berechnung.

Stichworte: Telefonie ; Durchgangsdämpfung ; Schalldämmmaß ; Luftdurchlass

IV.18

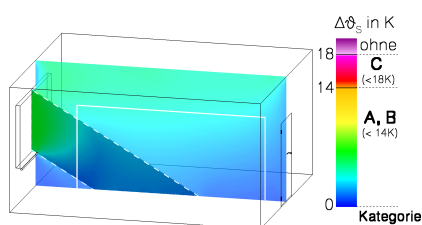
Zur Bewertung bau- und anlagentechnischer Lösungen aus wärmephysiologischer Sicht

Richter, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing.

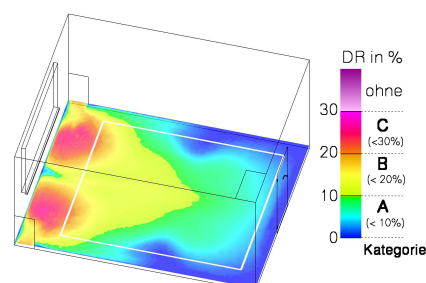
TU Dresden, Institut für Thermodynamik und TGA, 01062 Dresden

Inwieweit verringert sich die thermische Behaglichkeit mit zunehmendem Fensterflächenanteil? Besitzen wir bei Gebäuden mit hohem Wärmeschutzniveau einen „Freiheitsgrad“ bei der Auswahl bzw. Anordnung anlagentechnischer Komponenten? Diese und andere Fragestellungen bedürfen einer eindeutigen Klärung, da neben finanziellen, funktionellen und energetischen Gesichtspunkten zunehmend auch die thermische Behaglichkeit als Auswahlkriterium bei der Beurteilung gebäude- und anlagentechnischer Lösungen Verwendung findet.

Mit den Untersuchungen von FANGER liegen umfangreiche Berechnungsgleichungen zu deren Analyse vor. Für den Anwender besteht allerdings das Problem, dass er mit Hilfe der üblichen Planungsunterlagen und -werkzeuge keine Möglichkeit hat, für den von ihm bearbeiteten Fall die jeweils zu erwartenden vorliegenden Behaglichkeitsverhältnisse zu prüfen, um gegebenenfalls Änderungen an der Bau- und Anlagentechnik vornehmen zu können. Die im Vortrag vorgestellten Untersuchungsergebnisse basieren auf einem Simulationsverfahren, bei dem das thermische Verhalten der Umfassungsflächen, die Raumluftströmung und das Betriebsverhalten der Anlagentechnik miteinander gekoppelt wird.



Maximale Strahlungsasymmetrie
- Strahlungskühldecke -



Zugluftisiko
- Quelllüftung -

Kriterien der therm. Behaglichkeit - ausgewählte Beispiele für sommerliche Verhältnisse -

IV.19

Thermische Behaglichkeit bei freier Lüftung im Winterfall

Prof. Dr.-Ing. D. Müller, Dipl.-Ing. Jürgen Wildeboer
Hermann-Rietschel-Institut der Technischen Universität Berlin
Marchstraße 4, 10587 Berlin

Fassadenöffnungen für die freie Lüftung sollen sowohl einen hygienischen Mindestluftwechsel als auch die Abfuhr thermischer Lasten aus Innenräumen ermöglichen, ohne dass die Grenzen der thermischen Behaglichkeit für Luftgeschwindigkeit, Turbulenzgrad und Temperatur nach DIN EN 13779 überschritten werden. Am Hermann-Rietschel-Institut der TU Berlin werden dazu in einem Versuchsaufbau unter stationären Bedingungen die Raumluftrömung bei der Verwendung von spaltförmigen Fassadenöffnungen untersucht. Die Ergebnisse werden mit Messdaten, die mit dem Einsatz eines Kippfensters ermittelt worden sind, verglichen.

Neben der Ermittlung der Anwendungsgrenzen für die freie Lüftung im Winterfall werden die aus Experimenten gewonnenen Ergebnisse mit Hilfe einer einfachen Systematik für die Bewertung von Luftführungssystemen eingeordnet, die auf den Beurteilungskriterien der Lüftungseffektivität des REHVA basiert. Diese Systematik kann sowohl für die freie Lüftung als auch für maschinelle Lüftungssysteme verwendet werden, so dass ein Vergleich der Strömungsstrukturen in Hinblick auf die Lüftererneuerung und den Abtransport der Schadstoffe möglich ist.

Stichworte: Raumluftrömungen, freie Lüftung, Fassadenöffnungen, Kippfenster, thermische Behaglichkeit, Lüftungseffektivität

IV.20

Die ATEX-Richtlinie und Besonderheiten bei RLT-Geräten

Dipl.-Ing. Hermann Reif
Referatsleiter Klima- und Lufttechnik im Center of Competence für Kälte- und Klimatechnik
TÜV SÜD Industrie Service, München

Die seit Juni 2003 uneingeschränkt gültige ATEX-Richtlinie (94/9/EG) gibt als europäische Richtlinie den Rahmen für die Betrachtung aller Produkte, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden sollen, vor.

Die in verschiedenen europäischen, nationalen Normen, Vorschriften, Verordnungen und Richtlinien umgesetzten Bestimmungen bedürfen einer durchdachten Sortierung, um für den speziellen Anwendungsfall bei RLT-Geräten zu einer praxistauglichen und betriebssicheren Ausgestaltung zu kommen.

Seit nun drei Jahren sind davon auch alle „nicht-elektrischen“ Produkte, Bauteile und Komponenten betroffen.

Es wird nun auch in der RLT-Branche bekannt, dass damit auch Anforderungen im Speziellen an raumluftechnische Geräte und Komponenten zu stellen sind und eine übliche Standardbauform nur in wenigen begründeten Ausnahmefällen verwendet werden kann.

Als erstes gilt es, um zu einer geeigneten Bauform zu kommen, die möglichen Ex-Zonen zu bestimmen, die für den Einsatzbereich eines RLT-Gerätes zutreffen, damit darüber eine Risikoanalyse unter den zu erwartenden Rahmenbedingungen erstellt werden kann. In der Regel kann bei raumluftechnischen Geräten von einer Zuordnung in der Kategorie 2 ausgegangen werden.

Diese Risikoanalyse gibt den Herstellern der Geräte und Komponenten erste Anhaltspunkte, für bestehende Gefahrenpotentiale oder durch die Wechselwirkung möglichen Gefahrenpunkte.

Zudem wird erörtert welche Folgen eine eventuell auftretende Explosion hervorrufen kann. Gemeinsam können dann Maßnahmen entwickelt werden, die zur Verringerung oder Vermeidung des Risikos beitragen. Eine komplette Entfernung potentieller Zündquellen aus dem explosionsgefährdeten Bereich ist anwendungsbedingt jedoch nicht möglich. Aus diesem Grund werden entsprechende Anforderungen an den Entwurf und die Ausführung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten gestellt.

Basierend auf den Erkenntnissen der Risikoanalyse und der Entwicklung der geeigneten Maßnahmen am Gerät, ergibt sich meist eine besondere Ausführungsvariante eines RLT-Gerätes, welches auf die Anforderungen je nach zu erwartender explosionsgefährlicher Atmosphäre zugeschnitten ist. Bei der richtigen Auswahl spielen viele Faktoren, wie zu erwartende Atmosphären, Gasgruppen oder auch Staubatmosphären, die Umgebungstemperaturen, das geförderte Medium u.v.m.

Daraus ergeben sich schnell eine Vielzahl von möglichen Kombinationen raumluftechnischer Komponenten zu den verschiedensten Gerätevariationen.

Diese Gerätevarianten oder Sonderbauformen sind einem Konformitätsbewertungsverfahren zu unterziehen, mit dem die Verwendbarkeit alle Bauteile, Einzelkomponenten und letztendlich der gesamten Baugruppe für die Ex-Zonen und der Eingruppierung der zu erwartenden Gasgruppen bescheinigt wird.

Über dieses Verfahren erhält der Hersteller von RLT-Geräten eine gute Ausgangslage qualitativ und entsprechend den sicherheitstechnischen Erfordernissen ausgestattete Geräte für den entsprechenden Einsatzbereich zu bauen.

Mit diesem Vortrag sollen wesentliche Punkte angesprochen werden, die bei der Konstruktion eines „ATEX-Gerätes“ grundlegend zu berücksichtigen sind.

Eine detaillierte Analyse und Vorstellung aller möglichen Spielarten würde den Rahmen jedoch sprengen.