

AA.I.1

KÄLTEANWENDUNG BEI DER ORGANTRANSPLANTATION AM BEISPIEL DER NIERE

Dr. rer. nat. habil. Hänsgen, Herbert; Prof. Dipl.-Ing. Wobst, Eberhard;
Dipl.-Ing. (FH) Eichler, Wolfgang
Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden

Prof. Dr. med. Wirth, Manfred; OA Dr. med. Hakenberg, Oliver
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden

Organe, die für eine Transplantation vorgesehen sind, dürfen während der gesamten Zeit der Explantation, des Transports und der Implantation eine bestimmte Grenztemperatur nicht überschreiten. Der Transport der Transplantate erfolgt in speziellen Kühlbehältern, mit denen eine ausreichende Temperierung erzielt wird. Die Kühlung der Transplantate während der Präparation, vor und während der Implantationsoperation ist in derzeitiger klinischer Praxis nicht optimal. Die Kühlung der Transplantate erfolgt durch Auflegen von Eisbeuteln bzw. durch Übergießen mit kaltem Wasser. Diese Methoden sind umständlich und arbeitsintensiv.

Es wird ein Kühlgerät für die Organkühlung während der Operation vorgestellt, wobei der Kühlmittelkreislauf eine autarke sterile Baueinheit darstellt. Durch Kontaktkühlung wird das Kühlmittel abgekühlt und mit einer Schlauchpumpe durch eine flexible, formschlüssige Kühlmanschette als Organumhüllung gefördert. Die medizinische Erprobung des Kühlgerätes erfolgt in der Klinik und Poliklinik für Urologie des Universitätsklinikums Carl Gustav Carus Dresden.

Stichworte: Explantation, Implantationsoperation

AA.I.2

ENTWICKLUNG VON HERSTELLUNGSVERFAHREN FÜR KOLLAGENSCHWÄMME MIT MEDIZINISCHEN ANWENDUNGEN IM BE- REICH DES TISSUE ENGINEERING

I. Heschel¹, H. Schoof¹, M. Kuberka¹, D. v. Heimburg², E. M. Noah², F. Lassner²,
B. Brehmer³, and G. Rau¹

1) Helmholtz-Institute für Biomedizinische Technik an der RWTH Aachen,
Pauwelsstr. 20, 52074 Aachen

2) Klinik für Plastische Chirurgie, Hand- und Verbrennungschirurgie der RWTH

3) Urologische Klinik der RWTH Aachen,
Pauwelsstr.30, 52074 Aachen, Germany

In den letzten Jahren ist in der Medizin der eindeutige Trend zu beobachten, anstelle von synthetischen Biopolymeren erneut auf natürliche Materialien zurückzugreifen, um diese direkt als azelluläre Biomaterialien oder aber - im Falle des Tissue Engineering - zunächst für die Züchtung von vitalem Gewebe und erst anschließend zur Transplantation einzusetzen. Synthetische, resorbierbare Biopolymere sind zwar in vielerlei Festigkeiten und Verarbeitungsformen herstellbar, aber die Besiedelbarkeit

mit Zellen und die biologische Verträglichkeit der Abbauprodukte stellen sich oft als problematisch dar.

Aus diesem Grund wurden im Helmholtz-Institut neuartige Gefriertrocknungsverfahren zur Herstellung von Kollagenschwämmen mit definierter und einstellbarer Porenstruktur entwickelt, da Kollagen das häufigste natürliche Protein ist und somit für eine Vielzahl von Anwendung geeignet erscheint. Mittlerweile werden diese Kollagenschwämme in verschiedenen Tissue-Engineering-Forschungsprojekten mit unterschiedlichen Zellarten besiedelt, um ihre medizinische Eignung in vitro und im Tierversuch zu bewerten und zu verbessern.

Verfahrenstechnische Untersuchungen zur spezifischen Anpassung der Kollagenschwammstruktur durch das Erstarrungs- und Trocknungsverfahren bilden die Basis des Vortrags. Darauf aufbauend wird über den derzeitigen Stand der verschiedenen Kooperationsprojekte zur Züchtung von Weichgewebe (Haut, Fettgewebe), den Ansätzen zur Gefäßzucht in Kollagenschwämmen, zu Kollagenschwämmen als Leitstruktur zur Nervenregeneration und zum Ersatz der Blasenwand berichtet.

Die Studie wird von der DFG und verschiedenen BIOMAT-Projekten gefördert.

AA.I.3

COMPUTERGESTÜTZTES MONITORING-SYSTEM FÜR DEN EINSATZ IN DER KRYOCHIRURGIE

Dr.-Ing. Matthias Böhm, Dipl.-Ing. Uwe Herrmann, Dr.rer.nat. Bernhardine Schumann
Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH Dresden
Fachbereich Kryotechnik
Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden

Charakteristisch und notwendig für die kryochirurgische Therapie von krankhaften Gewebsveränderungen ist die Verknüpfung zwischen komplexen medizinischen Gerätschaften, die den manuellen Eingriff in optimaler Weise ermöglichen, mit Kontrollsystemen, die dem Arzt den verdeckt im Gewebe ablaufenden Therapievorgang visuell sichtbar und damit gezielt beeinflussbar machen.

Sowohl die Therapieplanung unter Berücksichtigung spezieller biochemischer Gewebs- und thermodynamischer Applikatoreigenschaften als auch die optische Kontrolle des Behandlungsablaufes im Gewebe wird mit einem vom ILK Dresden entwickelten computergestützten Monitoringsystem ermöglicht. Die zeitliche und örtliche Lage destruktionsbestimmender Gewebeisothermen und deren Bezug zur Tumorgeometrie werden maßstäblich in Form von (fortschreitenden) elliptischen Kurven auf dem Computerbildschirm visualisiert. Dabei dient eine einzige, in definierter Gewebeposition gemessene Referenztemperatur als Führungsgröße für das System. Durch umfangreiche Labortests an Simulationsmedien als auch an künstlich perfundierten Organen und durch experimentelle Untersetzung des zugrundeliegenden Rechenmodells konnte die Praxistauglichkeit dieses neuartigen Systems getestet werden. In Verbindung mit der kryogenen Ausrüstung steht für interessierte Lizenznehmer ein innovatives komplexes Medizinprodukt zur Fertigungsübernahme zur Verfügung.

Stichworte: Kryochirurgie, Kryoapplikator, Monitoringsystem

AA.I.4

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUR KRYOCHIRURGIE

Prof. Dr. Dr. med. Lutz Päßler
Klinik und Poliklinik für Mund und Gesichtschirurgie,
Universitätsklinikum der Technischen Universität Dresden

Die Enge der Mundhöhle, ihre Verbindung zu den oberen Luftwegen und das Vorhandensein von Zähnen mit der besonders temperaturempfindlichen Zahnpulpa erschweren die Kälteapplikation im Mund und bedingen ein erhöhtes Risiko für Schäden insbesondere durch das spray freezing. Iatrogene Schäden infolge Kryoapplikation im Gesicht wirken sich in funktioneller und ästhetischer Richtung aus. Wegen der vorzüglichen Durchblutung der orofazialen Region ist jedoch gerade hier das riskantere, aber thermisch verlustarme spray freezing dem Kontaktverfahren gegenüber grundsätzlich zu bevorzugen.

Durch Zugversuche konnten wir nachweisen, dass in der Mundhöhle eine Acrylat-Kappe, die mit Zyanoacrylat-Kleber an der Schleimhaut temporär befestigt wird, die gesunde Umgebung sicher vor dem flüssigen Stickstoff schützen kann. Weiter konnten wir experimentell belegen dass ein Spray freezing am Alveolarfortsatz bei benignen Prozessen die Vitalität der Zahnpulpen nicht gefährdet.

Tierexperimentell konnten wir demonstrieren, dass eine Verlegung der Atemwege durch das Ödem nach spray freezing am vorderen Teil der Zunge nicht eintritt. Wir konnten experimentell in vergleichenden Untersuchungen zur Zugfestigkeit und Dehnbarkeit von Haut und Schleimhaut zeigen und klinisch bestätigen, dass die Narben nach Kryochirurgie sowohl in der Mundhöhle, als auch im Gesicht zart sind und eine hohe Zugfestigkeit bei nahezu ausbleibender Schrumpfung aufweisen.

Stichworte: Kryoapplikation, spray freezing

AA.I.5

ZERSTÖRUNGSFREIE WERKSTOFFPRÜFUNG MIT SQUID'S - CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN

F. Schmidl, und P. Seidel
Institut für Festkörperphysik, Friedrich-Schiller Universität Jena
Helmholtzweg 5, 07743 Jena, Schmidl@ifk.uni-jena.de

SQUIDs (Superconducting Quantum Interference Devices) stellen die insbesondere im niederfrequenten Frequenzbereich empfindlichsten verfügbaren Magnetfeldsensoren dar.

Auf der Basis der neuen Hochtemperatursupraleiter-(Hoch- T_c) Materialien, wie z.B. $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$, lassen sich SQUID-Sensoren als Magnetometer oder Gradiometer ausgelegt herstellen, deren Arbeitstemperatur größer 78 K eine effiziente Kühlung mit flüssigem Stickstoff bzw. Kleinkühlern erlaubt.

Wir stellen Ergebnisse des Einsatzes von Hoch- T_c -DC-SQUID-Gradiometern auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Prüfung vor. Dabei diskutieren wir ausgehend von der erreichbaren rauschbegrenzten Feldgradientenauflösung der Sensoren mögliche Einsatzfelder für supraleitende Magnetfeldsensoren. Auf Fragen der Ortsauflösung (Warm-Kaltabstand) für unterschiedliche Sensor- und Messkonzepte bis hin zum Submillimeterbereich wird dabei ebenso eingegangen, wie auf Fragen des Einsatzes in un abgeschirmter Umgebung. Anhand der beim Einsatz in industrieller un abgeschirmter Umgebung auftretenden Probleme werden unterschiedliche Lösungskonzepte für Messsysteme miteinander verglichen. Dabei werden insbesondere Vergleiche mit konventionellen Magnetfeldsensoren, wie magnetoresistive (MR-) und Hall-Sensoren bei gekühltem und ungekühltem Einsatz, dargestellt.

Den Abschluss bilden einige exemplarische Beispiele für die Messung von permanenten oder induzierten magnetischen Gleich- und Wechselfeldern und deren mögliche Einsatzgebiete in der zerstörungsfreien Prüfung. Hierbei wird auf Praxisbeispiele unserer Industriepartner PolyOptik Bad Blankenburg, dem Institut für Maschinen, Antriebe und elektronische Gerätetechnik (IMG) Nordhausen und der Siemens AG Erlangen eingegangen.

Partiell gefördert durch BMBF (FKZ 13N7496, 13N6808A und 13N7497) sowie durch INTAS 97-0894.

AA.I.6

BAUWERKSINSPEKTION MIT EINEM LN₂-GEKÜHLTEN SQUID-ARRAY

H.-J. Krause und W. Wolf

Institut für Schicht- und Ionentechnik, Forschungszentrum Jülich

Superconducting Quantum Interference Devices (SQUID) sind nicht nur die empfindlichsten Magnetometer, sie besitzen auch den größten Dynamikbereich aller heute bekannten Magnetfeldsensoren. In einem vom BMBF geförderten Verbundprojekt wurde ein Vier-Kanal SQUID-System zur Detektion von Brüchen in Spannstahlbündeln von Brückenbauwerken entwickelt. Das System arbeitet mit der magnetischen Streufeldtechnik. Die Spannglieder werden mit einem vorbeifahrenden Jochmagnet aufmagnetisiert. Vier in der Mitte des Jochs angebrachte SQUID-Magnetometer messen das longitudinale Streufeld während des Magnetisierungsvorgangs bzw. das Restfeld nach der Magnetisierung. Die SQUIDs sind auf Saphir-Fingern im Vakuumbereich eines dafür speziell entwickelten lageunabhängigen Flüssig-Stickstoff-Kryostat montiert. Signale von Querbügeln der schlaffen Armierung werden einerseits durch eine Abmagnetisierungs-Prozedur, andererseits durch Signalanalyse-Methoden unterdrückt. Durch anschließende Korrelationsanalyse mit dipolaren Bruchsignalen werden eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für Spannstahlbrüche und zugehörige Bruchstärken bestimmt. Resultate von Bauwerksmessungen auf einer Autobahnbrücke werden vorgestellt. An drei Positionen wurden signifikant große Bruchsignalamplituden gefunden. Durch Öffnen des Betons an den bezeichneten Stellen wurden zwei Indikationen als Brüche einzelner Spanndrähte des Bündels verifiziert. Damit wurde gezeigt, daß SQUIDs zur Zustandsbeurteilung von Spanngliedern an Bauwerken geeignet sind.

Stichworte: SQUID-System

AA.I.7

GEOLOGISCHE ERKUNDUNG MITTELS HTSL-SQUID

T. Radic, TU Berlin, Th. Schurig, PTB Berlin

AA.I.8

EINSATZ EINES 6W @ 77K STIRLING LINEARKÜHLERS IN HTS-TELECOM-ANWENDUNGEN

Dipl.-Ing. Anderas Fiedler, Dipl.-Ing. Norbert Rolff, Dr.rer.nat. Hans-Ulrich Häfner
Leybold Vakuum GmbH, Bonner Straße 498, 50968 Köln

Die Benutzung von Hochtemperatur-Supraleitern (HTS) bei Receiver-Filtern der Kommunikationstechnik ist zunehmend auf dem Weg zu kommerziellen Anwendungen. Mit der Entwicklung eines 6W @ 77K Stirling Linearkühlers wurde bei Leybold in den letzten Jahren ein auf diese Belange zugeschnittenes Produkt realisiert, wobei die hohen Erwartungen an Lebensdauer und Betriebszuverlässigkeit jedoch erst auf Basis von Versuchen und Applikationserfahrung verifiziert werden müssen.

In dem Vortrag werden Aufbau und Daten des Kühlers vorgestellt und ein Überblick über interne Dauererprobungen zur Feststellung von Stabilitäts- und Lebensdauerfragen gegeben. Weitergehende Erfahrungen im direkten Einsatz in Mobilfunk-Basisstationen umfassen Versuche mit verschiedenen Technologiefirmen und Netzbetreibern in den USA sowie projektbezogene Verwendungen in Europa. In einer Spezialvariante wird der Kühler zur Zeit im Rahmen eines Verbundprojekts (unter Führung von Bosch Telecom) für den experimentellen Einsatz von HTS-Kommunikationstechnik an der „International Space Station“ (ISS) qualifiziert. Dieses Vorhaben wird gefördert durch das BMBF unter dem Titel 13 N 7393 / 5

AA.I.9

ADIABATISCHER ENTMAGNETISIERUNGS-REFRIGERATOR MIT PULSROHRKÜHLUNG ZUM BETRIEB HOCHAUFLÖSENDER RÖNTGENSPEKTROMETER

J. Höhne, M. Bühler, CSP GmbH, Ismaning
G. Thummes
Justus-Liebig- Universität, Zentrum für adaptive Kryotechnik und Sensorik

AA.I.10

UNTERSUCHUNGEN ZUM LANGZEIT-BETRIEBSVERHALTEN VON GM-PULSROHRKÜHLERN

Dr.-Ing. André Siegel, Dr.rer.nat Hans-Ulrich Häfner
Leybold Vakuum GmbH, Bonner Straße 498, 50968 Köln

Im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Pulsrohrkühler“ wurden zahlreiche experimentelle Untersuchungen zum Langzeit-Betriebsverhalten von zweistufigen Pulsrohrkühlern des Gifford-McMahon-Typs durchgeführt. Ein erster Schwerpunkt des Vortrages liegt in der Vorstellung der bei diesen Untersuchungen erhaltenen Meßergebnisse. Die Temperaturstabilität der ersten Stufe unterscheidet sich deutlich von der Stabilität der zweiten Stufe, und es wird versucht, die Ursachen dieses Verhaltens zu erläutern. Die verwendeten Pulsrohrkühler arbeiten sämtlich im sogenannten „Doppelinlaß-Betrieb“. Diese Betriebsweise hat einen großen Einfluß auf das Langzeit-Betriebsverhalten, weil es zu störenden Gasströmungen kommen kann, die in der Literatur als „DC-Flow“ bezeichnet werden. Im zweiten Teil des Vortrages wird auf Auswirkungen des „DC-Flow“ auf das Langzeit-Betriebsverhalten und auf Möglichkeiten zur Beeinflussung des „DC-Flow“ eingegangen werden. Dieses Forschungsvorhaben wird gefördert durch das BMBF unter dem Titel 13 N 7396 / 8

AA.I.11

AIM-KÜHLER FÜR RAUMFAHRT-ANWENDUNGEN

Th. Wiedmann und I. Rühlich
AEG INFRAROT-MODULE GmbH; Theresienstraße 2; 74072 Heilbronn

Für die Nutzung von Supraleitern, z.B. für Komponenten der Telekommunikation, werden in naher Zukunft Kryokühler mit langer Lebensdauer und Kälteleistungen zwischen 1W und 10W benötigt. Im Rahmen eines durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes entwickelt AIM solche Kühler für den Einsatz in Weltraum und für erdgebundene Anwendungen. Diese Kühler sollen eine Lebensdauer von >30000 Stunden und einen Carnotwirkungsgrad >12% besitzen. Für eine geplante Mission zur Internationalen Raumstation im Jahr 2003 wurden die bisher vor allem für die Kühlung von Infrarotdetektoren eingesetzten Kühler verbessert und an die Anforderungen der Raumfahrt angepaßt. Die aktuelle Kälteleistung beträgt 4,3W@77K bei einer Eingangsleistung von 96W. Die Weltraumqualifikation nach den Vorgaben der ESA wird im 3. Quartal 2000 beginnen. Vorgestellt werden aktuelle Leistungsdaten und Methoden zur Erhöhung von Lebensdauer und Wirkungsgrad.

AA.I.12

HIGH RELIABILITY COOLERS UNDER DEVELOPMENT AT SIGNAL-USFA - LONG LIFE SYSTEMS

Dipl.-Ing. Gerhard Asmus
ERT Refrigeration Technologie GmbH, Hamburg
T.Ver Beek, Signaal Usfa, Eindhoven, Niederlande

Since 1997, Signaal Usfa has been working on the development of high reliability cryocoolers. These coolers have been developed with the aim to eliminate determining factors of conventional cryogenic tactical coolers. The intention of this study was the development of a family of cryocoolers which could be used to cover a large range of cooling powers. Today, these developments have resulted in the new range of flexure bearing cryocoolers currently available at SignaalUsfa, with cooling performances between 0.5 and 3 W @ 80 K and estimated lifetimes of more than 20,000 hours MTTF.

The basis for the extended lifetime of these coolers is our unique flexure-bearing compressor with moving magnet technology. Inside the linear dual opposed piston compressor both moving pistons are fully supported at the back and front of the piston by optimised flexure bearings. With this flexure bearing suspension, side loads on the piston-seals are avoided. A proper alignment procedure ensures no contact between piston and cylinder during operation, resulting in absence of wear of the piston coating, which normally determines the lifetime of a cooler.

The moving magnet technology, as applied in our flexure bearing compressor, has several major advantages over moving coil linear motors as applied in most conventional linear compressors. First of all the coils, known to be a possible source for gas contamination, can be placed outside the hermetically sealed compressor housing containing the working gas. Avoiding any synthetic materials inside the cooler reduces the risk of gas contamination during the life of the cooler. The fact that the coils can be placed outside the hermetically sealed compressor also means that no glass feed-throughs are required. In this way, risks of glass feed-through leakage due to extreme temperature shocks or mechanical shocks are no longer present. Finally, the absence of moving coils in the compressor design also means that flying leads to supply power to the coils are no longer required.

Several qualification tests have been performed on flexure bearing cryocoolers with different sizes of coldfingers resulting in technical specifications currently available at Signaal Usfa on all presented cooler types in the above mentioned range. A flexure-bearing cooler for applications requiring over 6 Watts cooling power at 80 K is currently under development as well. Tests performed on a first prototype of this cooler have been successful. A cooling performance of more than 8 W @ 80 K for 23°C ambient temperature with 150 Watt input power has been measured.

AA.I.13

KRYOVENTILE MIT KALTEM ANTRIEB

Fridolin Holdener

WEKA AG, Schürlistrasse 8, CH-8344 Bäretswill, Schweiz

Gleich wie ein Standard-Kryoventil mit einer Spindelverlängerung kann ein Kryo- oder Tieftemperaturventil mit einem kaltem Antrieb (Cold Actuator Valve-CAV) sowohl Regel- als auch Absperrfunktionen übernehmen. Jedoch ist der pneumatische oder elektrische Antrieb bei 10K. Dies im Gegensatz zur Standardkonstruktion des Kryoventils mit einem manuellen, pneumatischen oder elektrischen Antrieb bei Raumtemperatur.

Den Vorteilen der kompakten Bauweise von Kryoventilen mit kaltem Antrieb und der damit großen Flexibilität in der Platzierung und einer somit einfacheren Leistungsführung sowie der minimierten Wärmeverluste stehen auf der anderen Seite ein aufwändigere Mess- und Regeltechnik im Betrieb des Ventils entgegen. Ein CAV wird als ganze Einheit in das Isolationsvakuum der mit Helium gekühlten Tieftemperaturanlage eingebaut. Aufgrund der geforderten Kühltemperaturen bis 1.8K wird als Kühlmittel ausschließlich Helium im flüssigen, suprafluiden und überkritischen, gasförmigen Zustand gebraucht. Beispiele für solche wissenschaftliche Geräte sind die immer größer bauenden supraleitenden Magnetspulen für die Fusionsforschung, auf Satelliten eingebaute Infrarot-Teleskope die zum Messen im Weltraum platziert werden und Partikeldetektoren mit supraleitenden Magnetspulen zur Suche von Anti-Materie oder schwarzer Materie die auf der geplanten Alpha-Space-Station aufgebaut werden sollen.

Aufgrund der beschriebenen speziellen Einsatzgebiete werden besondere Anforderungen an die Auslegung, Konstruktion, Fabrikation und Prüfung von Kryoventilen mit kaltem Antrieb gestellt. Verschiedene Lösungen werden beschrieben und diskutiert.

Stichworte: Kryoventil, Isolationsvakuum, Fusionsforschung

AA.I.14

BETRIEBSERFAHRUNGEN MIT TIEFTEMPERATURVENTILEN MIT KALTEM ANTRIEB

Dipl.Ing. (FH) Manfred Süßer

Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), Institut für Technische Physik (ITP)

D-76344 Eggenstein –Leopoldshafen

In den letzten Jahren werden verstärkt Tieftemperatur-Ventile (TT-Ventile) mit kaltem Antrieb (Cold Actuator Valve - CAV) in der Helium-Kryotechnik eingesetzt. Bei der bewährten, konventionellen Lösung des Ventilantriebs bei Raumtemperatur (Warm Actuator Valve - WAV) erfolgt die Betätigung des Kegels über eine Spindelverlängerung. Der pneumatische oder elektrische Ventilantrieb, mit Spindellängen bis zu 2 m, befindet sich außerhalb des Kryostaten bei Raumtemperaturniveau. Dagegen liegt die Arbeitstemperatur des pneumatischen Antriebes beim kaltem Antrieb im 10 K -Bereich. Als Antriebsmedium kommt deshalb nur GHe zum Einsatz. Das bedeutet eine tieftemperaturtaugliche Ausführung des Antriebs, der pneumatischen An-

steuerung und der Messung der Ventilstellung. Die Vorteile der CAVs liegen in der großen Flexibilität bei der Ventilinstallation und ermöglicht dadurch eine wesentlich einfachere Installation der kryogenen Versorgungsleitungen. Dadurch wird die Leitungslänge wesentlich reduziert und desweiteren werden die Wärmeverluste durch Wegfall der Verluste über den Ventilhals minimiert.

Bei der konventionellen Lösung (WAV) wird die Ventilstellung bei Raumtemperatur gemessen oder ist zumindest immer visuell kontrollierbar, dagegen ist dies bei CAVs nicht möglich. Eine zuverlässige Stellungsanzeige ist aber für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb unbedingt notwendig und deshalb muß die Messtechnik für die Ventilstellung auch bei extremen Arbeitsbedingungen (Temperatur, Magnetfeld, Vakuum) zuverlässig funktionieren. Während der Reifegrad der Ventilausführung als ausreichend betrachtet wird, hat die Zuverlässigkeit von Ansteuerung und Stellungsmelder noch nicht die Qualität der konventionellen Lösung erreicht. In den letzten Jahren wurden bei FZK / ITP vielfältige Erfahrungen, bei kryogen Großexperimenten wie beim POLO- Projekt, dem Test der LCT-Spule bei 1.8 K und dem Test der W7X –Modellspule, gemacht. Diese Betriebserfahrungen, hauptsächlich bezogen auf die MSR-Technik, werden detailliert beschrieben und diskutiert.

AA.I.15

SUPERISOLATION (SI) - DEREN QUALITÄT UND DEGRADIERUNG BEI ANWENDUNGEN IN DER KRYOTECHNIK

Dipl.-Ing. Wolfgang Lehmann

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH / Institut für Technische Physik
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Isolationsvakuum und darin angeordnete SUPERISOLATION ("Vakuumvielschichtisolation") sind Grundvoraussetzungen für eine verlustarme thermische Isolation in Kryoapparaten. Beträchtliche Abweichungen zwischen der theoretisch zu erwartenden und der tatsächlich ermittelten SI-Qualität sind auch 40 Jahre nach Einführung der SI in der Kryotechnik nicht selten. Der Grund liegt v.a. in der Anisotropie und schwierigen korrekten Verarbeitbarkeit der SI.

Basierend auf Untersuchungen und Erfahrungen bei kryotechnischen Anwendungen für die Supraleitungstechnologie werden die Hauptverursacher für Qualitätsdegradierungen der SI und mögliche Maßnahmen zur Minimierung derselben betrachtet.

Außerdem werden Daten zu heute erreichbaren SI-Qualitäten in Testapparaten und in ausgeführten großen Kryosystemen angegeben.

AA.I.16

LEISTUNGSDATEN UND OPTIMIERUNG EINER STIRLING-KÄLTEMASCHINE BEI TEMPERATUREN DER KÄLTBEREITSTELLUNG UNTERHALB VON -30°C

Dipl.-Ing. Holger Schikora, Dipl.-Ing. Markus Mai, Prof. Dr.-Ing. Fritz Steimle
Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik
Universität GH Essen, Universitätsstraße 15, 45141 Essen

In einem BMWi-geförderten Forschungsvorhaben, das am Ende dieses Jahres ausläuft, wird eine Solo 161 Stirling-Kältemaschine bei Temperaturen der Kältebereitstellung unterhalb von -30°C experimentell untersucht. Im Rahmen der DKV-Tagung 1999 wurden erste Meßergebnisse präsentiert und Schwachstellen der ersten Maschinenversion erläutert. Inzwischen wurden zahlreiche Optimierungsmaßnahmen durchgeführt, so daß in diesem Jahr die Auswirkungen der einzelnen Optimierungsschritte durch erheblich verbesserte Ergebnisse dargestellt werden können. Weiterhin soll ein Vergleich der gemessenen Daten mit Simulationsrechnungen und mit Leistungsdaten von Kaltdampf-Kältemaschinen erfolgen. So soll gezeigt werden, daß die untersuchte Solo 161 Stirling-Kältemaschine im Vergleich mit Kaltdampf-Kältemaschinen durchaus konkurrenzfähig sein kann.

AA.I.17

NEUE ENTWICKLUNGEN FÜR LHE-TRANSPORTBEHÄLTER

Bernd Gottlich, Th. Pelle
Messer Cryotherm GmbH, Kirchen-Euteneuen

Die Flüssig-Heliumversorgung von MR-Tomographen und LHe-Kryostaten ist oftmals mit vielfältigen Schwierigkeiten und Gefahren verbunden und erfordert gut ausgebildetes Personal. Neue Entwicklungen bringen hier Vorteile:

Ein integrierter elektrischer Druckaufbau ersetzt die aufwendige und umständliche Hebegasanlage mittels He-Druckflasche. Mittels optimierter Heizung wird Helium gezielt verdampft und überhitzt.

Durch die integrierten LHe-Transferheber entfällt die Montage/ Demontage der Transferheber. Durch ein spezielles Anti-Ozillationssystem werden thermoakustische Schwingungen unterdrückt und die Verdampfungsrate bleibt auch bei eingebautem Heber gering.

Zum sicheren Umgang ist die Optimierung des Behältergewichts eine wichtige Maßnahme. Durch das geringe Gewicht des Mediums bleibt der Handlingsvorteil eines leichten Transportbehälters auch im vollen Zustand erhalten.

Durch die Maximierung des LHe-Füllinhaltes bei vorgegebenen Außenabmessungen (Ein Transportbehälter muss durch möglichst jede Tür passen) lässt sich die Versorgung von großen Verbrauchern optimieren.

Konstruktive Maßnahmen am Transportbehälter ermöglichen den Einbau von Testeinrichtungen direkt in den Transportbehälter, wodurch der LHe-Umfüllvorgang und ein Kryostat eingespart werden können.

Eine optimierte Abgaskühlung von Halsrohr, Strahlungsschilden, Superisolation und Einbauten garantieren niedrige Verdampfungsraten.

Die Gefahr einer Halsrohrblockade durch eingedrungene Luft kann durch konstruktive Maßnahmen minimiert werden.

Stichworte: LHe-Transportbehälter, LHe-Transferheber, Anti-Ozillationssystem

AA.I.18

LIQUID HYDROGEN TANK AND FILLING SYSTEMS FOR VEHICLES

Joachim Wolf
LINDE GASE AG, München

More than 100 years ago James Dewar succeeded in the first liquefaction of Hydrogen. Liquid Hydrogen (LH₂), a deep cold fluid with the cryogenic temperature of 21 Kelvin (minus 252°C), is produced and distributed by the gas industry for all kinds of industrial needs since more than 70 years in a safe and reliable manner. 20 years ago car manufacturers started the implementation of LH₂ applications on prototype cars. The expected public use of cryogenic fuels like LH₂ or LNG will require suitable, safe and reliable storage and filling facilities especially a safe and easy handling of filling equipment comparable to conventional gas stations. But the public use of LH₂ or LNG for passenger cars, urban busses and trucks requires more - the shape of the cryogenic storage system, the cryostat itself, have to be fitted to the restricted available space.

The paper points out the advantage in use of Liquid Hydrogen (LH₂) compared with Compressed Hydrogen Gas (GH₂) for vehicle application.

Based on the experience of several projects (e.g. passenger cars, urban busses, locomotives and cryogenic fuel stations) comprehensive cryogenic storage & filling systems will be presented considering commercial aspects and the different boundary conditions of fuel cells or combustion engines.

Main features are the minimisation of losses during storage, conditioning and transfer. A hermetic clean break coupling for filling/refilling of cryogenic fuel systems will be presented which enables safe and easy handling, extreme short filling and coupling times as well as a high rate of filling sequences. The indispensable basic element of the worlds first public LH₂ Filling Station on Munich Airport, the robot application of this coupling, will be pointed out.

Lightweight cryogenic storage systems purpose designed for passenger cars, urban busses or trucks will be introduced.

AA.I.19

BETRIEBSERFAHRUNGEN MIT DEM HELIUMVERFLÜSSIGER DER TU DRESDEN

Ch. Haberstroh
TU Dresden, Lehrstuhl für Kälte- und Kryotechnik

Die zentrale Heliumanlage der TU Dresden besteht erst seit einigen Jahren. Planung, Installation und Inbetriebnahme erfolgten unter Verantwortung des Lehrstuhls für Kälte- und Kryotechnik, an welchen die Anlage jetzt auch organisatorisch angeschlossen ist.

Unter anderem erlaubt die Einrichtung, alle interessierten Nutzer der TU Dresden, z. T. auch benachbarter Institute, mit Helium flüssig zu versorgen. Das Heliumgas wird hierbei fast vollständig zurückgewonnen.

Im nunmehr vierten Jahr des Versorgungsbetriebs ist inzwischen eine gewisse Routine eingeleitet. Berichtet wird – neben einer kurzen Vorstellung der Anlage – über die Organisation der einzelnen Abläufe, über technische Erfahrungen und über bisher erfolgte Störfälle.

AA.I.20

AUTARKES KÜHLSYSTEM MIT GESCHLOSSENEM LN₂-KREISLAUF

Dr. A. Binneberg, Dr. G. Kaiser, Dr. B. Schumann
Institut für Luft- und Kältetechnik Gemeinnützige Gesellschaft mbH
Fachbereich Kryotechnik, Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden

Im Rahmen des Verbundprojektes "Mobile SQUID-Messsysteme für die Flugzeuginspektion" wurde die Entwicklung eines mobilen Kühlsystems in Angriff genommen, das aus den vier Komponenten

- Integral - Stirling - Kühler (Entwicklung ILK Dresden, Hersteller AWT Annaberg, Leistung 15W bei 80K)
- flexibles Transfersystem zur Übertragung der Maschinenkälte
- Kaltkopf mit Meßfinger
- Vakuumpumpstand zur Erzeugung des Isolationsvakuums besteht.

Die Stirlingeinheit dient der maschinellen Verflüssigung von Stickstoffgas in ein an die Kaltfläche gekoppeltes Kondensatorvolumen.

Der Flüssigkeitstransfer erfolgt mittels einer miniaturisierten Flüssigkeitspumpe über eine flexible Leitung von ca. 3m Länge in den Verdampfer des Kaltkopfes. Nach Verdampfen an der Kaltfläche erfolgt in einem geschlossenen Kreislauf der Rücktransport des Stickstoffgases in das Kondensatorvolumen.

Der Antrieb der Flüssigkeitspumpe wird hierbei von einer Membranpumpe übernommen, die bei Zimmertemperatur betrieben wird.

Der Verdampfer des Kaltkopfes trägt den Kühlfinger für die Ankopplung des SQUID-Sensors. Im Vortrag werden die Ergebnisse eines Prototypes des genannten Kühlsystems vorgestellt. Das betrifft solche Leistungsgrößen wie Lageabhängigkeit, Abkühlzeiten, Störeinflüsse, Temperaturstabilität usw.

Stichworte : Mobiles Kühlsystem, Stirling-Kühler, Flüssig-Stickstoffpumpe

AA.I.21

**ENTWICKLUNG UND OPTIMIERUNG EINER TEMPERATURREGELUNG MIT
DYNAMISCHER LEISTUNGSANPASSUNG FÜR DEN AWT-STIRLINGKÜHLER
SCA15**

DR. ROLAND W. RIES, AWT KRYOTECHNIK, ADAM RIES STR. 16, 09456 ANNA-
BERG-BUCHHOLZ

Ein nicht unwesentlicher Anteil von Anwendungen für Kryokühler erfordert eine Regelung bzw. Anpassung der zur Verfügung gestellten Temperatur an das Experiment. Oft sind dabei erreichbare Temperaturintervalle zwischen Basistemperatur und Raumtemperatur – oder sogar darüber – erwünscht.

Die Temperaturregelung kann dabei auf zwei prinzipiell verschiedenen Wegen realisiert werden:

- Die überschüssige Kälteleistung wird durch einen elektrischen Heizer kompensiert, der über einen Regelkreis gesteuert wird. Bei relativ kleinen Heizleistungen kann so eine zufriedenstellende Regelgenauigkeit erreicht werden. Sollen größere Temperaturintervalle abgedeckt werden, sind aber hohe Heizleistungen erforderlich, die sich auf Grund der hohen Wärmeströme in großen Temperaturgradienten am Kaltfinger äußern. Zudem verschlechtert sich der Wirkungsgrad des Gesamtsystems beträchtlich.
- Alternativ kann die Kühlleistung direkt beeinflusst werden. Bei periodisch arbeitenden Maschinen kann man dies durch die Veränderung der Zykluszeit erreichen. Das hat in der Regel den Vorteil, dass mit geringerer Kühlleistung auch die Eingangsleistung sinkt, der Wirkungsgrad also maximal bleibt. Nachteilig bei dieser Variante ist aber die oft zu „lange“ Regelstrecke, die instabile Temperaturen zur Folge hat. Ebenso sind diese Regelkreise nur schwer in der Lage auf schnelle Änderungen der Verlustleistung des Gesamtsystems zufriedenstellend zu reagieren.

In diesem Beitrag wird beschrieben, wie sich durch die Vereinigung beider Regelprinzipien die Vorteile kombinieren und die Nachteile eliminieren lassen.

AA.I.22

165K MICROCOOLER DEMONSTRATOR WITH SORPTION COMPRESSOR AND MICROMACHINED COLD STAGE

H.J.M. ter Brake, J.F. Burger, H.J. Holland, M. Elwenspoek, H. Rogalla
Universität Twente, Niederlande

AA.II.1.1

ABLAGERUNGSBILDUNG IN WÄRMETAUSCHERN

Prof. Dr.-Ing. H. Müller-Steinhagen
Institut für Thermodynamik und Wärmelehre, TU Stuttgart

AA.II.1.2

ENTWICKLUNG VON HERMETISCHEN AMMONIAK-SOLEKÜHLERN KLEINER LEISTUNG FÜR DIE GEWERBEKÄLTE

Dipl.-Ing. Uwe Benda, Dipl.-Ing. Nils P. Halm, Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Horst Kruse
FKW Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen
Weidendam 14, 30167 Hannover, Germany

Es werden die Ergebnisse eines durch die Deutsche Bundesumweltstiftung (DBU) geförderten Forschungsprojektes vorgestellt. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Ammoniak-Solekühler kleiner Leistung entwickelt. Im besonderen wurden folgende Teilbereiche untersucht:

- Einsatz von Platten-Wärmeübertragern
- Einsatz von elektronischen Expansionsventilen zur trockenen Verdampfung
- Einsatz von mit Ammoniak mischbaren Ölen
- Einsatz von Rohren aus Aluminium
- Einsatz von nicht-hygroskopischen Flußmitteln beim Löten von Aluminiumrohren
- Entwicklung von Absperr-Ventilen aus Aluminium
- Entwicklung von halb-hermetischen Verdichtern
- Entwicklung einer geeigneten Sammler-Verdampfer-Einheit zur überfluteten Verdampfung
- Sicherheitsfragen

Der Beitrag geht auf Ergebnisse in den genannten Teilbereichen des Vorhabens ein . Zwei Prototyp-Anlagen für trockene bzw. überflutete Verdampfung, die im Ergebnis des Vorhabens erstellt wurden, werden vorgestellt.

AA.II.1.3

WEITERENTWICKLUNGEN UND ERGEBNISSE ZUR KÄLTE - WÄRME - KOPPLUNG MIT NEUEN WÄRMEÜBERTRAGERN

Dr. H. Förster, IFM Magdeburg, Prof. Dr. H. Rainer, FH Merseburg
Dipl.-Ing. St. Scheunemann, Merseburg

Ziel wirtschaftlicher Tätigkeit ist die Erhöhung der Effektivität durch höhere Erlöse oder niedrigere Eigenverbräuche. In der Kältetechnik ist die Nutzung der abzuführenden

Wärme noch wenig ausgeschöpft, durch die man aus Gutschriften der nutzbaren Wärme eine Kostenentlastung der Kälteerzeugung realisieren kann. Für kleine und mittlere Anlagen gibt es bereits Systeme, mit denen Wärmeträger auf 55°C vorgewärmt werden können. Mit dem Ringkanal-Wärmeübertrager ist auch die Enthitzungswärme mit hohen Wärmeträgertemperaturen nutzbar, wobei mit organischen Kältemitteln ein großer Anteil der abzuführenden Wärme bei hohen Wärmeträgertemperaturen nutzbar gemacht werden kann.

Die organischen Kältemittel und Ammoniak wurden untersucht. Bei den organischen Kältemitteln bringt der innere Wärmetausch gegenüber der Economizer-Schaltung im Sinne der Erhöhung des Temperaturniveaus der nutzbaren Wärme Vorteile. Für Ammoniak als Kältemittel sind hohe Temperaturen auch ohne inneren Wärmeaustausch verfügbar. Sowohl für den inneren Wärmetausch als auch für die Enthitzung der Dämpfe stehen neue Typen von Wärmeübertragern zur Verfügung.

Die Kostenentlastung der Kälteerzeugung durch Gutschriften aus der Wärmenutzung und die Rücklaufzeiten für die Gesamtinvestitionen werden behandelt und zeigen überraschend günstige Resultate.

AA.II.1.4

EINFLUß DER WÄRMEÜBERTRAGERAUSLEGUNG AUF DIE OPTIMIERUNG EINER CO₂-PROZEßWÄRMEPUMPE ZUR KÄLTE-WÄRME-KOPPELUNG IN EINER PRODUKTIONSANLAGE

Prof. Dr.-Ing. U. Sievers

Fachgebiet Technische Thermodynamik und Anlagenbau,
Fachbereich Maschinenbau und Produktion, Fachhochschule Hamburg

Seit einigen Jahren besteht wieder Interesse an Kältemaschinen und Wärmepumpen mit dem Kältemittel R744 (CO₂). Die im Vergleich zu anderen Kältemitteln geringere Belastung der Umwelt durch CO₂ ist ein Grund dafür. Die Wärmeabgabe des CO₂ mit gleitender Temperatur bei überkritischem Druck erweist sich in Wärmepumpen als Vorteil, der sich beim Einbinden der Wärmepumpe in einen Produktionsprozeß nutzen läßt. Eine CO₂-Prozeßwärmepumpe kann in einer Kälte-Wärme-Kopplung gleichzeitig die Aufgabe des Kühlens und des Heizens in der Produktionsanlage übernehmen.

In Hochdruckextraktionsanlagen mit unterkritischer Abscheidung besteht sowohl die Aufgabe des Kühlens als auch die des Heizens des Extraktionsmittels CO₂. Falls zum Kühlen kein Kühlwasser mit ausreichend niedriger Temperatur in der erforderlichen Menge zur Verfügung steht, kann eine Kälte-Wärme-Kopplung durch Einsatz einer CO₂-Prozeßwärmepumpe sinnvoll sein.

Thermodynamische Berechnungen verschiedener Wärmepumpenprozesse liefern die zur Bewertung relevanten Größen und bilden die Basis für die Auswahl optimaler

Betriebsparameter von CO₂-Wärmepumpen. Wie unter Beachtung der durch eine Hochdruckextraktionsanlage vorgegebenen Randbedingungen optimale Betriebsparameter der Wärmepumpe ausgewählt werden können, wird im Vortrag gezeigt. Dabei wird auch die Größe der Wärmeübertrager berücksichtigt. Möglichkeiten der Einbindung einer Wärmepumpe in die Hochdruckextraktionsanlage werden vorgestellt. Die hierfür benötigten Wärmeübertrager werden ausgelegt.

AA.II.1.5

WÄRMEÜBERGANG BEIM SIEDEN VON GEMISCHEN BEI ZWANGSKONVEKTION IM HORIZONTALLEN VERDAMPFERROHR

Dr.-Ing. M. Wettermann
Seeger GmbH, Postfach 160, D - 73651 Plüderhausen

In Klima- und Kälteanlagen sind Kältemittelverdampfer eine der wichtigsten Anlagenkomponenten. Aufgrund steigender Anforderungen hinsichtlich Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit werden als Einsatzstoffe oft Kältemittelgemische verwendet. Deshalb benötigt der Anwender für die Auslegung von Kältemittelverdampfern zuverlässige Wärmeübergangskoeffizienten. Im Vergleich zu Reinstoffen tritt beim Strömungsverdampfen von Kältemittelgemischen je nach eingestellten Betriebsgrößen eine *Verminderung* des Wärmeübergangskoeffizienten auf. Da in der Kältetechnik meist azeotrope bzw. engsiedende Kältemittelgemische verwendet werden, ist zu prüfen, wie sich die Mischung auf den Wärmeübergang auswirkt. Da die Effekte bei engsiedenden Gemischen im Vergleich zu weitsiedenden Gemischen nicht besonders ausgeprägt sind, wurden in der vorliegenden Untersuchung *weitsiedende* Gemische ausgewählt. Diese erlauben eine eindeutige Zuordnung der meßbaren Effekte zur Zusammensetzung bzw. dem Temperaturgleit. In Abhängigkeit der eingestellten Betriebsgrößen läßt sich eine mehr oder weniger ausgeprägte Reduzierung des Wärmeübergangs als Funktion der Flüssigkeitszusammensetzung feststellen. Eine geringe Reduzierung in Abhängigkeit vom Temperaturgleit liegt vor, wenn die gemessenen Wärmeübergangskoeffizienten dem Bereich *Konvektion bei Zweiphasenströmung (Verdampfung ohne Blasenbildung)* zugeordnet werden können, also bei kleinen Wärmestromdichten. Im Gegensatz dazu, tritt im Bereich *Strömungssieden (Verdampfung mit Blasenbildung)* eine Reduzierung des Wärmeübergangskoeffizienten auf, die so beachtlich sein kann, daß bei hohen Massenstromdichten und bei einem großen Temperaturgleit bzw. bei einem großen Unterschied zwischen Dampf- und Flüssigkeitszusammensetzung unbedingt der konvektive Anteil des Wärmeübergangs zu berücksichtigen ist. Bei der Auslegung von Gemischverdampfern kann somit die nachteilige Verminderung des Wärmeübergangskoeffizienten bei Gemischen durch Erhöhen der Massenstromdichte reduziert werden.

Um die Vorgänge beim Strömungsverdampfen untersuchen zu können, wurden Messungen des Wärmeübergangs und Druckverlustes an den Kältemittelgemischen R116 / R134a und R116 / R846 / R134a durchgeführt. Die Messungen erfolgten mit einer speziellen Meßtechnik. Hiermit konnte der lokale Wärmeübergang am Rohr-

umfang unter der Randbedingung konstanter Wandtemperatur im horizontalen Verdampferrohr ermittelt werden. Weiterhin werden die berechneten Ergebnisse verschiedener Gleichungen zur Bestimmung der Wärmeübergangskoeffizienten mit den Meßergebnissen verglichen. Die für die Anwendung wichtigen Ergebnisse werden in der Veröffentlichung [1] erscheinen.

Stichworte: Wärmeübergang, Strömungsverdampfen, Stoffübergang, Kältemittelgemische, Zweiphasenströmung

[1] Wettermann, M., Steiner, D.: Einfluß der Zusammensetzung und des Temperaturgleit auf den Wärmeübergang beim Strömungsverdampfen von Kältemittelgemischen (zur Veröffentlichung eingereicht). KI Luft- und Kältetechnik, 11/2000.

AA.II.1.6

WÄRMEÜBERGANGSKOEFFIZIENTEN BEI DER VERDAMPFUNG VON AMMONIAK UND AMMONIAK-DIMETHYLETHER-GEMISCH IM GLATTROHR UND INNENBERIPPTEN ROHR

Hans Lippold; Hans Thießen
Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden

Zur Messung der Wärmeübergangskoeffizienten bei der Verdampfung von Ammoniak wurde ein Kälteanlage verwendet, deren Verdampfer aus coaxialen Rohren besteht. Das Kältemittel verdampft im Rohr, im Mantelraum fließt eine Kältesole. Der Verdampfer besteht aus 6 Rohren, die je 2 m lang sind. Am Eintritt, Austritt und nach 4 und 8 m Verdampferlänge sind Glasbausteine zur Beobachtung der Strömung eingesetzt. Die Wärmeübergangskoeffizienten können abschnittsweise aus den Sole- und Kältemitteltemperaturen berechnet werden. Da die letzte Rohrreihe im wesentlichen für die Überhitzung des Kältemittels benötigt wird, werden pro Meßpunkt 5 Werte für den Wärmeübergangskoeffizienten bei verschiedenen Dampfgehalten erhalten. Es wurden Messungen an Ammoniak und am azeotropen Ammoniak-Dimethylether-Gemisch ausgeführt. Als Öl wurde ein Mineralöl und ein ammoniakteillösliches PAG-Öl verwendet. Ersteres weist eine etwas verbesserte Löslichkeit mit dem Gemisch auf, das zweite ist mit ihm vollständig mischbar. Es wurden glatte und innenberippte Cu-Rohre mit einem Innendurchmesser von 9,52 mm verwendet. An den Rohren waren keine Korrosionsschäden nach den Versuchen zu erkennen. Die Verdampfungstemperaturen wurden zwischen -10 und $+5$ °C eingestellt, die Drehfrequenz des Antriebsmotors zwischen 40 und 60 Hz variiert und damit auch die spezifische Wärmebelastung der Rohre. Die Messungen ergaben, daß der Öleinfluß auf die Wärmeübergangskoeffizienten größer ist als der Unterschied der beiden Kältemittel. Vergleichsweise sehr groß waren die Wärmeübergangskoeffizienten bei den innenberippten Rohren, und zwar größer als man durch die innere Flächenvergrößerung, die zwischen 60 und 100% lag, erwarten würde. Das traf

überraschend auch für das unlösliche Öl mit Ammoniak zu. Es ist zwar am Ein- und Austritt deutlich eine Ölphase zu erkennen, die aber nicht im Bereich der intensiven Verdampfung zu beobachten ist. Man muß also daraus schließen, daß kein Ölfilm die Innenrippen zusetzt, sondern durch die hohe Turbulenz die Rippen weitgehend wirksam sind. Besonders bemerkenswert ist es, daß die kleinstmögliche Überhitzung sowohl vom Kältemittel als auch von der Rohrart abhängt. Aussagen zum Druckabfall können über die Verdampfungstemperaturveränderung gemacht werden.

AA.II.1.7

WÄRMEÜBERGANG BEIM BEHÄLTERSIEDEN EINES R410A/ÖL-GEMISCHES - VERGLEICH GLATTROHR – HOCHLEISTUNGSROHR -

K. Mohrlök, K. Spindler und E. Hahne
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. Zur Reduzierung der Apparategröße und damit der Füllmenge werden in überfluteten Rohrbündelverdampfern meistens Hochleistungsrohre eingesetzt.

Für den Kälteanlagenbetrieb ist im allgemeinen eine gute Mischbarkeit von Kältemittel und Öl erforderlich. Neue Öle auf der Basis von Polyolester (POE) und Polyalkylenglykol (PAG) wurden für die chlorfreien Ersatzkältemittel entwickelt, um eine gute Löslichkeit im gesamten Temperaturbereich zu erzielen.

Der Einfluß eines niedrig-viskosen POE- Kältemaschinenöles auf den Wärmeübergang beim Behältersieden von R410A wird anhand von Versuchsergebnissen diskutiert. Es wurde sowohl ein feinsandgestrahltes Glattrohr als auch ein Hochleistungsrohr untersucht. Der Parameterbereich umfaßt Wärmestromdichten bis 75.000 W/m^2 , Ölmassenanteile bis 10 % für Siedetemperaturen zwischen -30°C und $+20^\circ\text{C}$.

An beiden Rohren wurden in Abhängigkeit von Ölmassenanteil und Siedetemperatur vor allem Verminderungen des Wärmeübergangs festgestellt. Bei tiefen Siedetemperaturen und ca. 1% Ölmassenanteil wurden an beiden Rohrgeometrien auch geringe Verbesserungen im Wärmeübergang gegenüber dem reinen R410A gemessen. Anhand der Meßergebnisse soll auch der Einfluß der Löslichkeit des POE-Öls in dem Kältemittelgemisch R410A auf den Wärmeübergang diskutiert werden.

AA.II.1.8

DRUCKVERLUST UND WÄRMEÜBERGANG VON SCHMIERÖL BEI EINSATZ STATISCHER MISCHER IN DEN ROHREN VENTILATORBELÜFTETER ÖLRÜCKKÜHLER

Dr.-Ing. Herbert Hieke, Dipl.-Ing. (FH) Martin Beermann
Abteilung Forschung und Versuch
Hans Güntner GmbH, Industriestr. 14, D-82256 Fürstenfeldbruck

Luftbeaufschlagte Ölrückkühler für die Abkühlung von Schmierölen kristallisieren sich als Alternativlösung in Regionen mit unzureichendem Kühlwasserangebot und bei ansteigenden Kühlwasserpreisen heraus. Infolge des geringen ölseitigen Wärmeüberganges, der die Geräteleistung maßgeblich bestimmt, wirken sich die kleinen Wärmedurchgangskoeffizienten ungünstig auf die Abmessungen der Kühler und auf deren Preis aus. Diese Untersuchung richtet sich auf mögliche Verbesserungen durch bestimmte Einbauten, in Form von Mischern oder Turbulatoren, in den Rohren.

Zur Steigerung der Kühlleistung bei vertretbarem Druckverlust werden Mischer vom Kenics-Typ und Drallstreifen in den innen glatten Kernrohren von zwei unterschiedlichen Kühlern mit Turbinen-Schmieröl VG 46 für Öltemperaturen bis 75 °C im REYNOLDS-Bereich von 70 bis 900 bei PRANDTL-Zahlen zwischen 180 und 1000 experimentell untersucht. Aus den Versuchsdaten der einzelnen Mischer sind, durch Analyse des Wärmedurchgangskoeffizienten und der einzelnen thermischen Teilwiderstände, Kennzahlgleichungen zur Berechnung des ölseitigen Druckverlustes und des Wärmeüberganges ermittelt. Durch Einführen einer modifizierten REYNOLDS-Zahl kann der Wärmeübergang von 3 Mischern des Kenics-Typs mit einer Gleichung beschrieben werden.

Gegenüber dem innen glatten Leerrohr ermöglichen die untersuchten Mischer bis zu 5fach höhere Wärmeübergangskoeffizienten, das entspricht bis zu 3.5fach größeren Wärmedurchgangskoeffizienten. Die Steigerungsraten lassen erkennen, daß ergänzende Untersuchungen von Drallstreifen zum Einsatz in Glykolrückkühlern mit großen Stranglängen unter dem Gesichtspunkt ökonomischer Fertigungs- und Betriebskosten zweckmäßig sind.

Stichworte: Wärmeübergang, Druckverlust, statischer Mischer, Drallstreifen, Turbinen-Schmieröl VG46

AA.II.1.9

DIN EN 378 – NEUE REGELUNGEN FÜR DEN KÄLTEANLAGENBAU AUSGEWÄHLTE BEISPIELE FÜR DIE PRAXIS

Dr.-Ing. Matthias Schmitt (Bundesfachschule), Dipl.-Ing. Manfred Giebe
(Bundesfachschule), Dr. Albert Hövel (DIN)^{*}, Dipl.-Ing. Bernhard Schrempf (TÜV)^{*}

Bei Bau und Ausrüstung von Kälteanlagen müssen gemäß Unfallverhütungsvorschrift VBG 20 anstatt der Beschaffenheitsanforderungen dieser UVV die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen des Anhanges I der EG-Maschinen-Richtlinie erfüllt werden. Diese Anforderungen der Maschinen-Richtlinie – 1995 durch das Gerätesicherheitsgesetz in nationales Recht eingeführt – können erst mit Verbindlichkeit der DIN EN 378 nach technischen Regeln umgesetzt werden, die einheitlich in der EG anzuwenden sind.

Die aus vier Teilen bestehende DIN EN 378 löst in großen Teilen die DIN 8975 und die VBG 20 ab, bringt erwartungsgemäß nicht nur günstigere Regelungen zur sicherheitstechnischen Ausrüstung von Kälteanlagen, sondern auch eine ganze Reihe von Änderungen bzw. Verschärfungen gegenüber unserem bisherigen Regelwerk.

Im Vortrag werden zu ausgewählten Punkten wie ^{**})

- Konstruktionstemperaturen und Prüfdrücke
- Schutz der Kälteanlage
- Schutz von Kältemittelverdichtern
- Rohrleitungsverbindungen
- Wiederholungsprüfungen

diese Änderungen angesprochen und Konsequenzen bei ihrer Umsetzung erläutert.

AA.II.1.10

MSR-SCHUTZEINRICHTUNGEN AN AMMONIAK-KÄLTEANLAGEN

Hans-Peter Wolf
TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb, München

Die für die elektrischen Einrichtungen von Ammoniak-Kälteanlagen wichtigsten Grundlagen in der Reihenfolge Gesetze, Verordnungen, Vorschriften und Normen bzw. Bestimmungen werden im Einzelnen behandelt und sollen so einen übergreifenden Zusammenhang zwischen den einzelnen Grundlagen aufzeigen. Dabei werden Grundlagen, insbesondere die Errichtung, der Betrieb und die Prüfungen erläutert.

AA.II.1.11

EINSATZ DER THERMOGRAPHIE IN DER KÄLTE- UND KLIMATECHNIK

Peter Wohlmuth
TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb, München

Thermographieaufnahmen werden schon seit längerer Zeit bei elektrischen Prüfungen als berührungslose Methode zur Erkennung von lokalen Erwärmungen zum Beispiel bei hohen Übergangswiderständen eingesetzt. Der Vortrag gibt einen kurzen Einblick in das Funktionsprinzip einer Thermographiekamera. An einigen Beispielen werden die Einsatzmöglichkeiten in der Kälte- und Klimatechnik dargestellt. Auch die Schwierigkeiten und Einsatzgrenzen beim Einsatz einer Thermographiekamera werden erläutert.

AA.II.1.12

NEUES VERFAHREN ZUR RAUMKLIMAMESSUNG: DRESSMAN (DUMMY REPRESENTING SUIT FOR SIMULATION OF HUMAN HEATLOSS)

Dr. rer. nat. Erhard Mayer
Fraunhofer-Institut für Bauphysik, D-83601 Holzkirchen, Postfach 1152

Die Resultant Surface Temperatur (RST) ist die Temperatur, die sich auf der Oberfläche einer mit konstanter elektrischer Leistung beheizten ca. 1 cm² großen Scheibe einstellt. Das im Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) entwickelte RST-Meter simuliert die menschliche Haut hinsichtlich des trockenen Wärmeaustauschs mit der Umgebung („künstliche Haut“). Die im IBP durchgeführten Untersuchungen zeigen eine gute Korrelation der Klimasummengröße RST mit der subjektiv empfundenen thermischen Behaglichkeit.

Eine Weiterentwicklung zu einem Meßsystem, mit dem der Wärmeaustausch eines gesamten menschlichen Körpers möglich ist, stellt ein Overall dar, auf dem bis zu 32 „künstliche Häute“ an beliebiger Stelle mit Klettverschluß angebracht werden können. Weitere Eigenschaften und Vorteile dieses DRESSMAN (Dummy Representing Suit for Simulation of huMAN heatloss) sind:

- Overall kann von Meßpuppen oder Personen (z.B. Fahrer, Pilot) getragen werden
- Overall ist in beliebigen Konfektionsgrößen erhältlich
- drahtlose Datenübertragung von den Sensoren zur Elektronik

DRESSMAN verbindet die Vorteile einer beheizten Klimapuppe und einzelner Meßfühler (kurze Ansprechzeit).

AA.II.1.13

MODELLIERUNG VON KOMPRESSIONS- UND ADSORPTIONSKÄLTEMASCHINEN ZUR SIMULATION REALER LASTANFORDERUNG

Dipl.-Ing. Claus Decker, Universität Dortmund

In der Literatur finden sich Modelle für Adsorptionskältemaschinen mit unterschiedlichen Modellansätzen, Schaltungsvarianten und Stoffpaaren. Doch dienen diese entweder zum Nachweis der prinzipiellen Durchführbarkeit einer Schaltungsvariante oder zur Validierung experimenteller Versuchsanlagen kleiner Leistung. Modelle für Kälteleistungen im Bereich praxisrelevanter Adsorptionskältemaschinen finden sich in der Literatur nicht. Mit dem in diesem Artikel vorgestellten erweiterten Modell der Adsorptionskältemaschine ist es möglich, das Betriebsverhalten realer Kältemaschinen unter instationärer Kältelast zu beschreiben. Ausgehend von einem physikalisch-thermodynamischen Modell einer Adsorptionskältemaschine wurde das Modell um Adsorptionskältemaschinen praxisrelevanter Kälteleistungen und mit einer Leistungsregelung über die Zykluszeit erweitert, um deren Betriebsverhalten bei instationärem Kältebedarf nachzubilden. Dieses gibt Temperaturverläufe, Kälteleistungen und Kältezahlen der real ausgeführten Adsorptionskältemaschinen gut wieder.

AA.II.1.14

ENTWICKLUNG UND ERSTE BETRIEBSERFAHRUNGEN EINER NEUEN MULTI- EFFEKT-ABSORPTIONSKÄLTEMASCHINE

Dr. Ing. Alexander Pietsch, Dr. Ing. Peter Albring
ILK Dresden GmbH, Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden

Von den Energiewirtschaftlern wird Kälteenergie, ebenso wie Elektroenergie und Wärme, zunehmend als ein vermarktbare Produkt erkannt. Die Möglichkeit Kälteenergie auch aus Abwärme der Elektroenergieerzeugung zu produzieren, verbessert die Wirtschaftlichkeit jeder KWK. Gerade im Sommer, der Zeit eines geringen Heizwärmebedarfes besteht der größte Klimakältebedarf. Kältebedarf bei tieferen Temperaturen ist zusätzlich und im allgemeinen unabhängig von der Außentemperatur, über längere Benutzungszeiträume vorhanden. Aus diesem Grunde wurde im ILK Dresden an Entwicklungen zur Anpassung der bekannten Absorptionskältemaschinen an neue Einsatzbedingungen gearbeitet. Sie sollen mit niedrigeren Heiztemperaturen, deutlich unter 100 °C angetrieben werden und dabei größere Auskühlung des Heizwärmestromes ermöglichen. Spezielle Forderungen

unterschiedlicher Heizsysteme, z. B. Fernwärmenetz, Motor- BHKW, Brennstoffzelle oder solare Wärmequelle werden berücksichtigt.

Über Entwicklung, Experimente und erste Betriebserfahrungen mit einer speziell zur Verwertung von BHKW- Abwärme konzipierten 100 kW Multi- Effekt -LiBr- Absorptionskälteanlage wird berichtet. Dieser Anlagentyp erreicht Heizzahlen zwischen 0,9 und 1,0. Außerdem erlaubt das Gestaltungskonzept eine kostengünstige Herstellung auch kleinerer Anlagen.

AA.II.1.15

DER NEUE YORK-ABSORBER – HEIZEN UND KÜHLER MIT EINEM AGGREGAT

Dipl.-Ing (FH) Christoph Scholte
York International GmbH, Gottlieb-Daimler-Straße 6, 68165 Mannheim

In einer Zeit steigenden Umweltbewußtseins hat YORK mit einem neuen direkt befeuerten Absorber YMPC eine interessante Alternative zu herkömmlichen Kompressionskältemaschinen auf dem europäischen Markt im kleineren Leistungsbereich eingeführt. Dieser Absorber wurde für die Versorgung von kleineren und mittleren Gebäude mit Kaltwasser und Heizwasser entwickelt. Er wird im Bereich von 106 kW bis 352 kW Kälteleistung (86 kW bis 286 kW Heizleistung) in 7 Größen angeboten. Er kann sowohl im alternativen Heiz- und Kühlbetrieb als auch im Nur-Kühlbetrieb eingesetzt werden. Der YMPC eignet sich besonders für alle Einsatzfälle, in denen die Medienverteilung durch ein Zweileitersystem erfolgt. Während der Heizperiode kann somit der Spitzenlastkessel entfallen.

Der YMPC Absorber ist von kompakter Bauart und wird komplett zusammengebaut, evakuiert und gefüllt vom Werk geliefert. Der zweistufige YMPC Absorptionskreislauf arbeitet mit dem bewährten Stoffpaar Wasser (Kältemittel) und Lithiumbromid (Absorptionsmittel). Als Korrosionsinhibitor wird Lithiummolybdat verwendet, so daß alle Betriebsstoffe umweltfreundlich sind. Durch die Zweiteilung des Flüssigkeitsstromes (ParaFlow-System) werden die derzeit höchsten Wirkungsgrade erreicht.

Der Absorbers arbeitet vollautomatisch und zeichnet sich durch eine hohe Betriebssicherheit aus. Selbst das periodische Entlüften erfolgt automatisch und mit Überwachung gegen erhöhte Inertgaswerte ohne Zutun des Betreiberpersonals. Zum Betreiben des Gerätes ist kein speziell geschultes Personal erforderlich. Neben den Betriebskosten werden so auch die Wartungskosten reduziert.

AA.II.1.16

**THERMOPHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN
DER KÄLTEMITTELGEMISCHE R507 UND R404A
AUS DER DYNAMISCHEN LICHTSTREUUNG**

Dipl.-Phys. Andreas P. Fröba und Prof. Dr.-Ing. Alfred Leipertz
Lehrstuhl für Technische Thermodynamik (LTT), Universität Erlangen-Nürnberg

Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse für Temperaturleitfähigkeit, Schallgeschwindigkeit, kinematische Viskosität und Oberflächenspannung der Kältemittelgemische R507 (R125/ R143a) und R404A (R125/143a/R134a) aus der Dynamischen Lichtstreuung vorgestellt. Für beide Gemische, denen aktuell als langfristige Alternative zu ozonzerstörenden Arbeitsstoffen in Neuanlagen der Kälte- und Klimatechnik große Bedeutung zukommt, wurden die genannten Stoffeigenschaften unter Sättigungsbedingungen über einen weiten Temperaturbereich von 240 K bis an den kritischen Punkt heran untersucht.

Neben einem Beitrag zur Erweiterung der bestehenden Datenlage für beide Gemische, bietet sich für die vorliegenden Untersuchungen ein weiterer interessanter Aspekt im Vergleich der experimentellen Datensätze zu Berechnungsmodellen basierend auf den Stoffdaten der Gemischkomponenten. So konnte in der vorliegenden Arbeit sowohl für das binäre Gemisch R507 als auch für das ternäre Gemisch R404A aufgezeigt werden, daß mit Hilfe einer einfachen Berechnungsmethode basierend auf den Daten der Reinstoffe als Funktion der reduzierten Temperatur eine gute Beschreibung der Gemischeigenschaften über einen weiten Temperaturbereich bis in die Nähe des kritischen Punktes erzielt werden kann.

Stichworte: Kinematische Viskosität, Oberflächenspannung, R507, R404A, Schallgeschwindigkeit, Temperaturleitfähigkeit.

AA.II.1.17

**THERMO- UND FLUIDDYNAMIK VON SCHMIERSTOFFEN MIT DEM
KÄLTEMITTEL KOHLENDIOXID BEI TRANSKRITISCHEN
BEDINGUNGEN**

Alexander Hauk, Jörg Fahl (Fa. Fuchs-Dea), Eckhard Weidner
Lehrstuhl für Verfahrenstechnische Transportprozesse, Ruhr-Universität Bochum

Um einen zuverlässig arbeitenden CO₂-Kältekreislauf zu entwickeln, sind thermo- und fluiddynamische Kenntnisse, wie Phasenverhalten, Dichte und Viskosität des binären Systems aus Schmierstoff und Kohlendioxid erforderlich.

Diese Stoffdaten werden anhand von ausgewählten Beispielen in einem Temperaturbereich von 5 °C bis 100 °C bei Drücken bis zu 150 bar vorgestellt. Die qualitative Beobachtung des Phasenverhaltens erfolgt in einer Hochdrucksichtzelle, deren gesamtes Innenvolumen optisch erfaßt wird. Die gegenseitige Löslichkeit sowie

die Viskosität des CO₂ gesättigten Schmierstoffes wird mit Hilfe einer speziellen Hochdruckapparatur ermittelt, wobei die Messung der Viskosität direkt in der Substanz erfolgt.

Die untersuchten Schmierstoffe können abhängig von ihrem Phasenverhalten mit CO₂ in verschiedene Typen eingeteilt werden. Die gegenseitige Löslichkeit beeinflusst stark die Viskosität des Schmierstoffes, die für eine ausreichende Schmierung im Verdichter Grundvoraussetzung ist. Andererseits ist eine gute Fließfähigkeit vor allem bei tiefen Temperaturen im Kreislauf zur Rückführung des Schmierstoffes notwendig. Die Viskositätsverläufe verschiedener Schmierstoffe werden vorgestellt und miteinander verglichen. Hierzu werden die Schmierstoff-CO₂ Systeme bei ausgewählten Betriebspunkten im Kältekreislauf dargestellt.

AA.II.1.18

ZUR BEURTEILUNG DER KORROSIVITÄT VON KÜHLSOLEN (Teil 2)

H.Jaunich, Glykol & Sole Forschung & Vertrieb GmbH, Alsdorf
M.Kaiser, Pro Kühlsole GmbH, Alsdorf
G.Reinhard, EXCOR Korrosionsforschung GmbH, Dresden

In der Kältetechnik werden zur Wärmeübertragung in Sekundärkreisen Wärmeträger auf Wasserbasis eingesetzt, in der Literatur auch als Kühlsole bezeichnet. Man unterscheidet nach der gefrierpunktniedrigende Komponente, wofür Glykole, anorganische und organische Salze oder Verbindungen bekannt und üblich sind. Wichtigste funktionale Eigenschaft der Kühlsole-Typen ist eine geringe Korrosivität gegenüber im Anlagenbau verwendeten Werkstoffen. Gesicherte Korrosionsinhibitorsysteme für Glykol-Wasser-Gemische sind bekannt, ebenso Prüfverfahren. In konzentrierten Elektrolyten, wie sie dagegen organische Salsolen darstellen, unterliegt die Korrosivität – zumindest teilweise – anderen Gesetzmäßigkeiten. Es besteht noch Aufklärungsbedarf und die Messmethodik ist zu diskutieren und festzulegen.

Der Vortrag knüpft an Ausführungen auf der letzten Tagung an und informiert über neue Erkenntnisse.

AA.II.1.19

UNTERSUCHUNGEN ZUM WASSERDAMPFTRANSPORT IN ISOLIERUNGEN VON FLUGZEUGKABINEN

Dipl.-Ing. Matthias Witschke, EADS Airbus GmbH, Hamburg
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmitz, Technische Universität Hamburg-Harburg

Vom Arbeitsbereich Technische Thermodynamik der TU Hamburg-Harburg werden im Rahmen eines mehrjährigen Forschungsvorhabens Maßnahmen zur Erhöhung der

Luftfeuchtigkeit in Flugzeugkabinen entwickelt. Die Luft in Flugzeugkabinen ist in der Regel sehr trocken und liegt in der ersten Klasse teilweise unter 10% rel. Luftfeuchte. Der verbleibende Wasserdampf in der Luft führt dennoch zu Problemen. Während des Fluges diffundiert Wasserdampf durch die Isolierung und kondensiert in den kälteren Bereichen oder gefriert sogar, da die Außenhauttemperaturen bei ca. -30°C liegen. Taut dieses Eis beim Landeanflug wieder auf, kommt es zu unkontrollierten Wasserbewegungen und es regnet z.B. von der Kabinendecke oder elektrische Leitungen werden gestört.

Es wird daher an der Entwicklung neuartiger Isolationskonzepte gearbeitet, die möglichst viel Wasserdampf in der Kabine halten, bei denen aber gleichzeitig der Wasserdampf, der in die Isolierung eingedrungen ist, gezielt wieder abgeführt wird. Die Notwendigkeit zur Entwicklung neuer Isolierungen ergibt sich auch aus der Forderung nach dem Ersatz der Glaswolle als Isoliermaterial, die möglicherweise in nächster Zeit aus kanzerogenen Gründen ersetzt werden muss.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde ein mathematisches Modell geschaffen, mit dem der Wärme- und Feuchtetransport durch Flugzeugisolierungen berechnet werden kann. Als Feuchtetransportphänomene werden Gesamtdruckunterschied und Diffusion berücksichtigt, außerdem werden Kondensation / Verdampfung und Adsorption / Desorption erfaßt. Die Umsetzung in ein Programm erfolgte in der Programmierumgebung MATLAB. Es wurde eine Möglichkeit geschaffen, mit Hilfe dieser Umgebung auch auf Flighttest-Daten zuzugreifen und diese als Randbedingung für die Simulationsrechnungen zu verwenden.

Mit Hilfe des mathematischen Modells wurde ein Isolierungsaufbau gewählt, der in Bezug auf die Feuchteaufnahme optimal ist. Dieser Aufbau besteht aus Polyimid mit einer Stärke von 100 mm, der so montiert wird, daß er auf den Stringern aufliegt, so daß zur Außenhaut ein Luftspalt bleibt. Das Isolierungsmaterial soll zur Kabine in wasserdampfundurchlässige Folie eingehüllt und zur Außenhaut für Wasserdampf möglichst gut durchlässig sein. Damit ergibt sich in der Berechnung bei einer Kabinentemperatur von 24°C , einer Temperatur auf der Außenhaut während des Fluges von -30°C und einer Temperatur am Boden von 10°C oder 20°C eine trockene Isolierung. Der Isolationsaufbau wurde zwischenzeitlich von Airbus zum Patent angemeldet, an dem die TUHH beteiligt ist.

Die theoretischen Ergebnisse konnten im Experiment weitgehend bestätigt werden. Allerdings wurden durch die Versuche an einer einfachen Klimakammer bestimmte Zustände aufgezeigt, die auch bei dem optimierten Wandaufbau zu einer Durchfeuchtung der Isolierung führen. Hierbei handelt es sich um Zustände am Boden, bei denen die Isolierung mit Luft hinterlüftet wird, deren Taupunkt über der Außenhauttemperatur am Boden liegt.

In den zur Zeit laufenden Arbeiten soll das Programm daher um die Möglichkeit erweitert werden, auch die Hinterlüftung der Isolierung zu erfassen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund interessant, dass erste Voruntersuchungen ergeben haben, dass bei geeigneter Konditionierung der hinter der Isolierung strömenden Luft z.B. mit Hilfe von Adsorptionsrädern, eine Trocknung der Isolierung während der

Bodenphasen sichergestellt werden kann. Im Flugfall könnten diese Adsorptionsräder zur Befeuchtung der Kabinenluft verwendet werden.

AA.II.1.20

EIN OBJEKTORIENTIERTE SIMULATIONSUMGEBUNG FÜR KÄLTE-, KLIMA- UND WÄRMEPUMPENSYSTEME

W. Tegethoff, N. Lemke, F. Magnani, J. Köhler
Uni Braunschweig, Konvekta AG, Uni Recife

Das Paper stellt eine anwenderspezifische dynamische Simulation zur Optimierung von thermischen Systemen als eine objektorientierte Alternative zu Matlab/Simulink und EES vor.

Für die detaillierte Auslegung und Optimierung von Kälte-, Klima- oder Wärmepumpensystemen mit unterschiedlichen Verschaltungen und Kältemitteln sind computerunterstützte Verfahren unentbehrlich geworden. In diesem Beitrag wird eine objektorientierte Simulationsumgebung mit einer Klassenbibliothek der gängigen Bauteile aus der Klimatechnik vorgestellt. Die Verschaltung der Bauteile basiert auf neu eingeführten Fluid-Informationsfluß-Diagrammen, welche die zeitabhängigen Algebra-Differentialgleichungen des zu modellierenden Systems repräsentieren. Dem Benutzer der Plattform stehen weitere Klassenbibliotheken für Wärmeübergangs- und Druckabfallsbeziehungen, thermophysikalischen Stoffdaten und numerischen Methoden zur Verfügung. Selbst komplizierte Wärmeübertrager lassen sich als Aggregat ortsabhängiger algebraischer Differentialgleichungssysteme, abgeleitet aus verschiedenen Modellen für Fluidströme und Wände, beschreiben. Es werden Anwendungsbeispiele zu unterschiedlichen Anlagen vorgestellt, die Kohlendioxid als Kältemittel nutzen.

Autoren:

Dr.-Ing. Wilhelm Tegethoff, Universität Braunschweig, Institut für Thermodynamik
Dipl.-Phys. Nicholas Lemke, Konvekta AG, Schwalmstadt,
Dr. Fábio Magnani, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasilien
Prof. Dr. Jürgen Köhler, Universität Braunschweig, Institut für Thermodynamik

AA.II.1.21

**NUMERISCHE SIMULATION DES INSTATIONÄREN VERHALTENS
EINES ABSORBERS/DESORBERS EINER MIT MOTORABGAS
BETRIEBENEN, TROCKENEN ABSORPTIONSKÄLTEANLAGE**

W. Hünemörder*, K. Spindler und E. Hahne
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart

* Arbeit durchgeführt am ITW, jetzt bei DENSO AUTOMOTIVE Deutschland GmbH

In der Transportkühlung werden bisher Kompressionskälteanlagen eingesetzt. Die Antriebsenergie muß von einem vom Verbrennungsmotor angetriebenen Generator oder von einem zusätzlichen Dieselmotor bereitgestellt werden. Durch den Einsatz einer Absorptionskälteanlage kann die ungenutzte Abgaswärme des Motors zum Antrieb verwendet werden. Dadurch kann der Treibstoffverbrauch des Motors reduziert werden. Es wird ein Beitrag zur Schadstoffreduzierung und zur Energieeinsparung geleistet.

Aufgrund des Einsatzes im Strassenverkehr ist der zum Antrieb der Absorptionskälteanlage verwendete Abgaswärmestrom starken Schwankungen unterworfen. Ausserdem wird der Abgasmassenstrom im Absorber/Desorber so stark abgekühlt, daß der Temperaturgradient in Längsrichtung des Absorbers/Desorbers nicht vernachlässigt werden kann. Der Absorber/Desorber stellt einen zusätzlichen Strömungswiderstand im Abgasstrang des Motors dar. Um die Motorleistung nicht zu verringern, muß der zusätzliche Druckverlust möglichst gering gehalten werden.

Zur Auslegung des Absorbers/Desorbers wurde ein Programm entwickelt, mit dem das dreidimensionale, instationäre Temperaturfeld sowie der Druckverlust berechnet werden kann. Auf der Basis der gemessenen Verläufe von Abgastemperatur und Abgasmassenstrom können verschiedene Bauarten ausgelegt und optimiert werden. Zum Einsatz kommt ein Salz als Absorbens und Ammoniak als umweltfreundliches Kältemittel.

Es werden die Ergebnisse der Simulationsrechnungen vorgestellt und diskutiert.

AA.II.1.22

**ANWENDUNG EINES GLEICHUNGEN LÖSENDEN PROGRAMMES
ZUR BERECHNUNG VON KÄLTEPROZESSEN AM BEISPIEL EINER
DIFFUSIONS-ABSORPTIONS-KÄLTEANLAGE**

T. Brendel, K. Spindler und E. Hahne
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart

Die Berechnung von Kälteprozessen „per Hand“, ohne Verwendung von Computern, ist ein aufwendiges Verfahren. Variantenvergleiche und Optimierungen sind nur mit einem

hohen Arbeitsaufwand möglich. Im Gegensatz dazu hat professionelle Software, die meist speziell für einen Anwender entwickelt wird, einen hohen Preis.

Die Anwendung des Gleichungen lösenden Programms EES (Engineering Equation Solver) bietet neue Möglichkeiten und Vorteile. Wird das Programm EES mit einem Stoffwerte-Programm ergänzt, bildet es ein leistungsfähiges Werkzeug zur Berechnung von Kälteprozessen. Das Programm EES vereinfacht die Programmierung von technischen Prozessen deutlich. Gegenüber herkömmlichen Compiler- bzw. Interpreter-Sprachen gibt es keinen Quellcode mehr. Das Erlernen einer Programmiersprache ist nicht erforderlich. Mathematische Gleichungen können direkt eingegeben werden. Das Auflösen der Gleichungen nach der oder den Unbekannten sowie das Vereinbaren von Ein- und Ausgabegrößen entfällt.

Am Beispiel einer Absorptions-Diffusions-Kälteanlage soll die Anwendung des Programmes EES beschrieben werden. Über Bilanzen der Stoff- und Wärmeströme der einzelnen Bauteile erreicht man die Darstellung des gesamten Prozesses. Das Programm EES ermöglicht über Variation der Eingabegrößen eine Optimierung bzw. eine Bestimmung des Betriebsverhaltens der Kälteanlage. Dabei kann die Berechnung beliebig erweitert bzw. verfeinert werden. Über verschiedene Arten der Ausgabe bis hin zum Prozessschaubild werden die Ergebnisse übersichtlich dargestellt. Somit ergibt sich für die Auslegung einer Kälteanlage für verschiedene Betriebszustände ein einmaliger aber deutlich reduzierter Aufwand.

AA.II.2.1

FORT- UND WEITERBILDUNG IN DER KÄLTE- UND KLIMATECHNIK

M. Seikel, D. Schittenhelm, J. Peters
Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik, Maintal

AA.II.2.2

AA.II.2.3

**NATIONALE UND EUROPÄISCHE PROGRAMME UM
TREIBHAUSGASEMISSIONEN ZU REDUZIEREN IN HINBLICK AUF
HFKWS . EIN STATUSBERICHT UND AUSBLICK AUF MOEGLICHE
ZUKUNFTIGE ENTWICKLUNGEN.**

P. Schubert
Du Pont de Nemours Deutschland GmbH, Bad Homburg

Im Rahmen des Kyoto Programs zur Reduzierung von Treibhausgasen, hat sich Europa verpflichtet seine Treibhausgas- emissionen um 8 % bis zum Jahre 2010 zu reduzieren bezogen auf das Jahr 1990 bzw 1995. Als Treibhausgase wurden CO₂, N₂O , CH₄ und HFKWs , PFKWs,SF₆ benannt , wobei die drei letzt genannten Gase insgesamt nach Einschätzung vieler Experten nur einen geringen Beitrag zur Klimaerwärmungen haben werden.

Insbesondere HFKWs sind unverzichtbar um FCKWs und HFCKWs zu ersetzen, deren Einsatz und Produktion durch das Montreal Protokoll limitiert bzw. langfristig verboten ist. In der Regel wird diese wichtige Funktion der HFKWs von den meisten Ländern akzeptiert.

Die Klimarelevanz von HFKWs im Vergleich zu CO₂, soll in dem Beitrag dargestellt werden. Ferner welche Massnahmen von der europäischen Kommission als auch von den Ländern in Europa in Betracht gezogen werden um HFKW-Emissionen zu reduzieren und welche Zusammenarbeit von Seiten der Industrie angeboten wird.

AA.II.2.4

**DIE NEUE EU-VERORDNUNG UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE
KÄLTETECHNIK IN EUROPA**

Ewald Preisegger
Solvay Fluor und Derivate GmbH

Bisher werden Produktion, Inverkehrbringen und Anwendung ozonabbauender Substanzen in Europa durch die Verordnung EG 3093/94 geregelt. Diese Verordnung wird mit Wirkung vom 01.10.2000 durch eine neue Verordnung ersetzt, die vor allem für HFCKW stark verkürzte Ausstiegsfristen vorsieht. Da HFCKW in der Kältetechnik in Form des Kältemittels R 22 und HFCKW-haltiger Drop-In-Kältemittelgemische zumindest in vorhandenen Anlagen noch große Bedeutung haben, aber auch noch FCKW-Altanlagen in Betrieb sind, wird die Auswirkung der neuen EU-Verordnung auf den vorhandenen Anlagenbestand näher untersucht.

Zusätzlich wird auf Ausnahmeregelungen für die Herstellung zum Export bestimmter Fertigerzeugnisse eingegangen. Ein kritischer Vergleich mit den kältetechnisch relevanten Bestimmungen der in Deutschland auch nach Inkrafttreten der neuen EU-Verordnung weiterhin gültigen FCKW-Halon-Verbotsverordnung rundet die Betrachtung ab.

AA.II.2.5

CO₂ ALS ALTERNATIVER KÄLTETRÄGER - AM BEISPIEL EINER KÄLTEANLAGE FÜR EINE KUNSTEISBAHN -

Alfred Erhard, Andreas Rindisbacher, Werner Ehrle
Sulzer Industriekälte, Lindau

In vielen Fällen in denen Ammoniak nicht als Kältemittel für weitverzweigte Netze eingesetzt werden durfte, wurde bisher häufig eine Kälteversorgung mit einem Kälte-träger ohne Phasenwechsel (Sole) angewendet. Die dabei auftretenden Nachteile - z.B. Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf oder größere umzuwälzende Menge - wurden akzeptiert.

Die besonderen Anforderungen an die Qualität des Eises können mit direktverdampfendem Ammoniak in hervorragende Weise erreicht werden. In wie weit diese Anforderungen mit indirekten Systemen erreicht werden können wird dargestellt.

Vergleiche zwischen verschiedenen Kälte-trägern für indirekte Systeme werden aufgezeigt. Ergebnisse und Beobachtungen aus dem Betrieb von Eisbahnanlagen mit CO₂ als Kälte-träger werden dargestellt.

AA.II.2.6

SUPERMARKT MIT DIREKTVERDAMPFENDEM KOHLENDIOXID IN DER TIEFKÜHLUNG UND PROPAN/SOLE IN DER NORMALKÜHLUNG

Dr.-Ing. Michael Kauffeld, Dipl.-Ing. Kim Gardø Christensen, Dänisches
Technologisches Institut, Kälte- und Wärmepumpentechnik, Aarhus, Dänemark

Um eventuelle zukünftige Probleme mit immer neuen synthetischen Kältemitteln vorzubeugen, sollte man möglichst natürliche Kältemitteln einsetzen. Beim Einsatz von natürlichen Kältemitteln muß jedoch immer durch eine Lebenszyklusanalyse sichergestellt werden, daß die Umweltbelastung durch einen eventuellen Energiemehrverbrauch letzten Endes nicht höher wird als mit synthetischen Kältemitteln. Für die Gewerbekälte bietet sich die Kombination von Propan in einem zentralen Kältemaschinenraum und die Verteilung der Kälte durch einen Kälte-träger für die Normalkühlung sowie der Einsatz von verdampfendem Kohlendioxid für die Tiefkühlung an.

Im Rahmen eines mit der Industrie gemeinsam durchgeführten Demonstrationsprojektes ist im Mai 2000 in Dänemark der erste Supermarkt mit Kohlendioxid in Direktverdampfung in Betrieb gegangen. Dazu sind vorab am Dänischen Technologischen Institut (DTI) in Aarhus entsprechende Versuchsanlagen aufgebaut

worden. Es werden sowohl diese Versuchsanlagen und die damit erzielten Ergebnisse beschrieben, sowie erste Betriebserfahrungen und Meßergebnisse vom Supermarkt vorgestellt.

Es handelt sich bei dem Supermarkt um einen bestehenden Supermarkt kleinerer Größe, welcher im Rahmen einer Modernisierung eine neue Kälteanlage erhalten hat. Vor dem Umbau bestand die Kälteversorgung aus einer R12-Kälteanlage von 10 kW Kälteleistung für die Normalkühlung sowie einer R 502-Kälteanlage mit 7 kW Kälteleistung für die Tiefkühlung. Es wurden vor dem Umbau Energieverbrauchs-messungen durchgeführt.

Nach dem Umbau verfügt der Supermarkt über eine zentrale Propankälteanlage, welche das Propylenglykol für die Normalkühlung abkühlt, und welche in einem Plattenwärmeaustauscher das CO₂ der Tiefkühlung verflüssigt. Für den CO₂-Kreislauf kam ein halbhermetischer Kolbenverdichter zum Einsatz.

Nach dem Umbau wird zur Zeit der Energieverbrauch der neuen Anlage ermittelt, und es werden im Vortrag beide Energieverbräuche (vor und nach dem Umbau) gegenübergestellt.

AA.II.2.7

CARBON DIOXIDE/AMMONIA CASCADE SYSTEMS

Dr. SF. Pearson
Star Refrigeration Ltd, Glasgow, UK

This paper describes a system providing air temperatures in the range -30°C to -50°C for large freezing duties without pumping ammonia through production areas. Carbon Dioxide is compressed to about -20°C from evaporation temperatures as low as -55°C , and a packaged ammonia plant is used to condense the carbon dioxide before re-expansion. The key benefits are a more compact and efficient installation, particularly with much smaller carbon dioxide compressors, and with small pipes in the production area, and more efficient operation at the low temperatures. The ammonia charge is significantly smaller than would be required for a two-stage ammonia system, and consequently the regulatory requirements for a large facility are simplified. The paper includes a technical evaluation of a current project, and the operational and financial benefits provided by the cascade system.

AA.II.2.8

**UMRÜSTUNG DER KÄLTEVERSORGUNG EINES GROSS-TIEFKÜHLLAGERS VON CFC AUF CO₂/NH₃:
GRÜNDE - TECHNISCHES KONZEPT - ERSTE
BETRIEBSERFAHRUNGEN**

Holm Gebhardt
Nestec GmbH, Vevey, Schweiz

Der Lebensmittel-Konzern Nestlé betreibt weltweit zahlreiche Grosskälteanlagen - Leistungsbereich 1000/10.000 kW mit Verdampfungstemperaturen zwischen -30/-55 °C. Gemäss gültiger Konzernstrategie werden natürliche Kältemittel bei Neuanlagen oder Ersatzprojekten bevorzugt.

Das im obengenannten Leistungsbereich am häufigsten verwendete Kältemittel ist R-717(NH₃). Dabei sind Füllmengen von 10 t bis 1000 t erforderlich. Dies führt zu sicherheitstechnischen Konsequenzen. Als Stichworte seien genannt: Störfallverordnung, zeitraubende Genehmigungsverfahren, notwendige Risikoanalyse und sich daraus ergebende adequate Sicherheitsvorkehrungen einschliesslich Notfallplanung u.s.w.

Um diesen Nachteilen zu begegnen, wurde der kombinierte Einsatz der natürlichen Kältemittel R-717 und R-744(CO₂) als alternative Lösung technisch-ökonomisch bewertet. Eine Kaskadenanlage mit R-717 auf der Hochtemperaturseite und R-744 auf der Niedertemperaturseite bietet verschiedene Vorteile:

- Die erforderliche R-717 Füllmenge wird drastisch reduziert
- R-717 nur im Maschinenraum; nicht in der Produktion(Personal!), nicht in Kühlräumen(Produkt!)
- Mit R-744 und Verdampfungstemperaturen unterhalb -34°C wird Vakuumbetrieb vermieden d.h. Infiltration von Fremdgasen wird praktisch vermieden

Der kombinierte Einsatz von R-717 und R-744 mittels Kaskadenschaltung ist auf zwei Arten realisierbar:

- R-744 wird lediglich als Kälteträger eingesetzt (mit oder ohne Verdampfung)
- R-744 Kompressionskreislauf

Nachstehend wird ein ausgeführtes Projekt gemäss erstgenanntem Konzept(NH₃/CO₂-Kaskadenanlage mit R-744 als verdampfenden Kälteträger) vorgestellt

Aufgrund geltender CFC-Gesetzgebung musste ein Gross-Tiefkühlager(2 x 40.000m³) von R13-B1 auf ein anderes Kältemittel umgerüstet werden. Die R13-B1 Kälteanlage (1971) mit einer installierten Kälteleistung von ca. 1200kW bei -35°C Verdampfung hatte eine Füllmenge von ca 7,5 t. Vier verschiedene Lösungen wurden bewertet:

a) R-717 , b) R-717/ CaCl₂-Sole, c) R-717/R-744-Kaskade mit R-744 als verdampfenden Kälteträger und d) R-717/R-744-Kaskade mit R-744 Kompressionskreislauf

Lösung c) wurde als bestgeeignet bewertet(November 1998) und installiert (Inbetriebnahme August 2000 abgeschlossen)

Im November-Vortrag werden Angaben gemacht bezüglich:

Anlagenkonzept(Prinzip-Schalt-schema); Auslegungsdaten: Leistungen, Temperaturen, Drücke; R-744 Anlagenkomponenten: Kaskaden-Wärmeübertrager R-717/R-744, Flüssigkeitsverteilung(Pumpsystem), Luftkühler mit Abtausystem

Erste Betriebsergebnisse:

Die gewählte Lösung c) hat gegenüber der Vergleichslösung a) folgende Vorteile:

- 1,4 t NH₃/ 5,0 t CO₂ anstatt 6,5 t NH₃ !
- Damit NH₃ unterhalb "Störfallgrenze" von 1,5 t (---> F)
- Komplexes Genehmigungsverfahren vermieden
- Schnelle Projektrealisierung
- Kein NH₃ im Tiefkühlager
- Installations- und Betriebskosten von c) gegenüber a) praktisch

gleich bzw unwesentlich höher

Lösung d) gegenüber c) energetisch günstiger - jedoch nicht gewählt wegen CO₂/Kompressoröl-Problematik

Erfolgreiche Inbetriebnahme und Anlagenübergabe.

Detaillierte technische Auswertung(CO₂-Wärmeübergang, Prozesswirkungsgrad, Abtau-Optimierung) läuft.

Die letzte CFC-Grosskälteanlage im Konzern eliminiert.

Zukünftiger Trend für ähnliche Anwendungen(Neuanlagen oder HCFC-Ausstiegsprojekte) geht in Richtung Lösung d).

AA.II.2.9

UNTERSUCHUNGEN AN EINEM KOMBINIERTEN WÄRMEPUMPEN - KÜHLER TESTSTAND FÜR GLEICHZEITIGE HEIZ - UND KÜHLANWENDUNGEN

G. Dheeraj, G. Venkatarathnam, S. Srinivasa Murthy

Refrigeration & Air Conditioning Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Madras, Chennai- 600036 (Indien)

L.R. Oellrich

Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik
Universität Karlsruhe (TH), 76128 Karlsruhe

Bei vielen Anwendungen werden gleichzeitige Heizung und Kühlung gefordert, sei es z.B. in der Lebensmittel-, der Milch verarbeitenden Industrie, in Hotels, Krankenhäusern, etc. In wärmepumpenunterstützten Trocknungsprozessen wird Kühlung bei der Entfeuchtung (Verdampfer) und Erwärmung im Luftewärmer (Kondensator) benötigt. Für all diese Anwendungen können kombinierte Wärmepumpen - Kühler (HP-C) hohe Gesamtliefergrade erzielen.

Es wird über die Ergebnisse berichtet, die an einem am IIT Madras errichteten HP-C mit den Arbeitsstoffen R 134a und R507 (Azeotrop aus R125 und R143a) erzielt wurden. Vergleichend wurden auch für R22 Untersuchungen angestellt. Für R134a wurden Experimente bei Verdampfungstemperaturen von +10 bis +40 °C und Kondensationstemperaturen von etwa +40 °C bis 80 °C durchgeführt. Die Überhitzung lag bei 5 und 10 K, die Unterkühlung bei etwa 3 K. Die entsprechenden Werte für R507 lagen bei -20 °C bis +10 °C (Verdampfer) bei 10 K Überhitzung und etwa 35 bis 60 °C (Kondensator) bei 3 K Unterkühlung. In den meisten Fällen wurde

die maximale Kondensationstemperatur durch den maximal möglichen Betriebsdruck von 25 bar begrenzt.

Die Ergebnisse für die hohen Verdampfertemperaturen sind z.B. bei Einsatz von Niedertemperaturabwärme, Sonnenenergie oder auch von Umgebungsluft von Bedeutung.

Es ist beabsichtigt, im Rahmen des Vortrags auch über die Ergebnisse zu berichten, die mit R407C erzielt wurden. Die experimentellen Untersuchungen werden derzeit in Chennai abgeschlossen.

Die relevanten Parameter wie Leistungszahl (einzeln und kombiniert), Heiz- und Kälteleistung (auch volumetrische), volumetrische und isentrope Wirkungsgrade, erreichte Verdichtertemperaturen werden vorgestellt und verglichen.

AA.II.2.10

ÖLKONZENTRATIONSBESTIMMUNG IN KÄLTEANLAGEN DURCH MESSUNG DER SCHALLGESCHWINDIGKEIT

G. Ahnefeld, R.Heide,
ILK Dresden GmbH, Dresden

Für Leistungsmessungen, eine exakte Auslegung und Optimierung von Kälteanlagen und deren Bauteilen sowie für die Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Kälteanlagen ist die Bestimmung des im Kältekreislauf zirkulierenden Ölanteiles erforderlich. Das in DIN 8977 (Leistungsprüfung von Kältemittelverdichtern) beschriebene diskontinuierliche Verfahren zur Ölkonzentrationsbestimmung (Entnahme einer Flüssigkeitsprobe aus der Flüssigkeitsleitung mit anschließendem Ausdampfungsvorgang und gravimetrischer Auswertung) ist sehr zeitaufwendig und für die Untersuchung instationärer Vorgänge im Kältekreislauf ungeeignet.

Eine kontinuierliche Messung des Ölgehaltes setzt ein geeignetes Meßverfahren voraus. Bekannt sind refraktometrische Messungen. Da die Schallgeschwindigkeit der Öle ungefähr dreimal so groß ist wie die der Kältemittel, ist es auch möglich, die Konzentrationsbestimmung auf die Messung der Schallgeschwindigkeit des flüssigen Kältemittel-Öl-Gemisches zurückzuführen und noch Ölgehalte kleiner als 1 M% nachzuweisen. Voraussetzung ist, daß ein druckfester Schallgeschwindigkeitssensor, der in das Rohrleitungssystem der Kälteanlage integriert werden kann, verfügbar ist, und daß die Abhängigkeit der Ölkonzentration von der Schallgeschwindigkeit bekannt ist.

Vorgestellt werden die notwendigen Laboruntersuchungen zur Eichung des Schallgeschwindigkeitssensors sowie die Versuchsergebnisse in einem Kältekreislauf mit den Kältemitteln R22 und R407C bei Anfahrvorgängen und stationärem Betrieb.

AA.II.2.11

UNTERSUCHUNG DER ÖLRÜCKFÜHRUNG MIT R 22 UND R 407C

Dipl.-Ing. M. Schwiegel¹, Dipl.-Ing. M. Paulus², Dipl.-Ing. C. Meurer¹

¹ Solvay Fluor und Derivate GmbH, Hannover

² Solvay Research and Technology, Brüssel

Bei Umrüstungen von FCKW und HFCKW Anlagen auf Ersatzstoffe werden in der Regel Ölwechsel erforderlich. Nach gewonnenen Erfahrungen für FCKW Systeme wird die Branche mit dem R22 Ausstieg vor die nächste Herausforderung gestellt. Darüber hinaus haben die gewonnenen Erkenntnisse zu einer teilweisen Neubewertung des Öl- Kältemittel Systems geführt. So sind beispielsweise heute kompakte Klimageräte mit unlöslichen Kältemittel/Öl-Paaren (z.B. R134a / Mineralöl) am Markt verfügbar.

Um festzustellen wie R22 Ersatzstoffe mit alternativen Schmiermitteln im Hinblick auf die Betriebsstabilität, die Leistung und die Energieeffizienz reagieren, wurden Ölrückführungsuntersuchungen mit R22 und R407C in Verbindung mit verschiedenen Schmierstoffen durchgeführt.

Die Kältemittel/Öl Kombinationen R22/Mineralöl, R22/Alkylbenzolöl, R407C/Polyolesteröl, R407C/Alkylbenzolöl (additiviert) sowie R407C/Polyvinylether wurden in einem Versuchsstand getestet.

Zur Ermittlung von Leistungsdaten und Betriebsstabilität wurden Tests bei 40°C Kondensationstemperatur und verschiedenen Verdampfungstemperaturen durchgeführt. Ferner wurden definierte Ölmengen direkt in den Verdampfer injiziert, um die Ölrückführungseigenschaften der Schmiermittel zu bestimmen. Der kurzfristige Einfluss dieser Ölinjektion auf die Verdampferleistung und auf die Kälteleistungszahl wurde ermittelt. Ferner wurden die im Anschluß an diese Einspritzversuche im Verdampfer verbliebenen Ölmengen bestimmt.

Über eine Sichtstrecke in der Saugleitung sowie eine Glassammler in der Flüssigkeitsleitung konnten Erkenntnisse über das Strömungsverhalten sowie das Mischungsverhalten im Betrieb gewonnen werden.

Zusätzliche statische Öl-Löslichkeitsuntersuchungen ergänzen die Ergebnisse.

Die minimalen Verdampfungstemperaturen betragen -30°C. Die Betriebsstabilität war auch mit der unlöslichen Kältemittel/Öl Paarung R407C/AB gewährleistet. Einflüsse des Schmierstoffes auf das Leistungsverhalten werden deutlich.

AA.II.2.12

Erdwärmesysteme Direktverdampfung / Direktkondensation für Gewerbehallenheizung

Karl Ochsner, Ochsner Wärmepumpen GmbH, Linz/Österreich

Erdwärmesysteme erfreuen sich steigender Beliebtheit zur Beheizung von privaten und gewerblichen Objekten.

Fußbodenheizungen sind durch die niedrige benötigte Vorlauftemperatur generell wirtschaftlicher als andere Wärmeabgabesysteme. Weiters wird die Wärme dort abgegeben, wo der Benutzer sie benötigt.

Hauptvorteile sind die niedrigen Betriebskosten, welche deutlich unter der Hälfte herkömmlicher Heizsysteme liegen.

Weitere Vorteile sind die Emissionsminderung, sowie die Servicefreundlichkeit dieser Anlagen.

Das System Direktverdampfung / Direktkondensation wird seit Jahren erfolgreich eingesetzt, ist aber immer noch wenig bekannt. Es bietet den Vorteil hoher Energieeffizienz und absoluter Wartungsfreiheit.

Der modulare Aufbau wird in dem Vortrag ebenso beschrieben, wie die Abgrenzung zu anderen ähnlichen Heizsystemen.

AA.II.2.13

WIRKUNGSGRADSTEIGERUNG BEI KALTDAMPFKOMPRESSIONSSMASCHINEN DURCH ENERGIERÜCKGEWINNUNG AUS DEM DROSSELUNGSPROZEß: DER EXPRESSOR

Ing.(grad.) Klaus Hartmann
Carrier GmbH, Einsteinstr. 7, D-85716 Unterschleissheim

Da die Wirkungsgrade der Einzelkomponenten von Kaltdampfkomppressionskälteanlagen auf ihre oberen Grenzwerte zugehen, kommt den innerhalb des Prozesses auftretenden Drosselverlusten eine immer größere Bedeutung zu. Im Anschluß an einen kurzen Überblick über die Bemühungen zur Herstellung von Zweiphasenexpansionsmaschinen, die als Drosselventilersatz und zur Energiegewinnung genutzt werden könnten, werden Einzelheiten einer umfassenden Untersuchung von Schraubenexpansionsmaschinen für diesen Zweck erörtert.

Beschrieben wird die Kopplung einer Schraubenexpansionsmaschine mit einer typischen industriellen Großkälteanlage mit Radialverdichter bei Einsatz von R134a als Arbeitsmittel in einem sogenannten Expressor-Hermetikaggregat. Dieses eignet sich für Neuanlagen und auch als Drosselventilersatz für Nachrüstungen.

Abschließend werden die Ergebnisse von Computersimulationen der Expressorleistung in einer Turbokältemaschine vorgestellt. Dabei wird der Nachweis erbracht, daß der Expressor unter allen Betriebsbedingungen stabil funktioniert und eine positive Leistungsabgabe erzeugt. Die Steigerung der Leistungszahl beträgt bei Minimallast 2,5% und am Auslegungspunkt 7,5%, wenn von einer Unterkühlung im Verflüssiger von 5K ausgegangen wird, bzw. zwischen 3,5% und 10,3% ohne Unterkühlung.

Das Versuchsprogramm hat gezeigt, das es möglich ist, Zweiphasen-Schraubenexpansionsmaschinen mit adiabaten Wirkungsgraden über 70% zu produzieren, die einfach im Aufbau und niedrig in den Herstellungskosten sind.

Stichworte: Expressor, Drosselverlustrückgewinnung, Zweiwellige Zweiphasenexpansionsmaschine, Wirkungsgradsteigerung.

AA.II.2.14

EXPANSIONSMASCHINEN FÜR KOHLENDIOXID AUF BASIS VON MODIFIZIERTEN HUBKOLBENMASCHINEN

Dipl.-Ing. Rudolf Heidelck, Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Horst Kruse
FKW Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen
Weidendam 14, 30167 Hannover, Germany

Expansionsmaschinen können die Effizienz von Kältemaschinenprozessen mit dem Kältemittel CO₂ erheblich steigern. Die Autoren favorisieren den Einsatz von modifizierten Hubkolbenmaschinen.

Von zentraler Bedeutung ist dabei die Steuerung der Fluidströme in und aus der Maschine. Im Gegensatz zu Hubkolbenverdichtern, bei denen selbsttätige Ventile eingesetzt werden können, müssen bei Expansionsmaschinen weggesteuerte Systeme verwendet werden.

Es wird ein Konzept zur Realisierung von solchen Expansionsmaschinen vorgestellt, die auf der Modifikation bestehender Axialkolbenmaschinen mit Steuerscheibe basieren und sich durch eine einfache Konstruktion ohne elektronische Hilfsmittel auszeichnen. Das System kann als Verdichter-Expander-Einheit ausgeführt werden, um kompakte und wirtschaftliche Lösungen zu erhalten.

Keywords: Kohlendioxid, Expansionsmaschine, Hubkolbenmaschine, Verdichter-Expander-Einheit

AA.II.2.15

EXPANSION IM TRANSKRITISCHEN CO₂-PROZEß

Jürgen Süß
Danfoss A/S, DK-6430 Nordborg

Im Rahmen der anhaltenden Diskussion um umweltverträgliche Technologien zur Kälteerzeugung wird die Verwendung von Kohlendioxid (CO₂) als Kältemittel für Kompressionskälteanlagen erwogen, da Kohlendioxid das einzige unbrennbare und nicht toxische nahezu umweltneutrale natürliche Kältemittel ist, das sich auch für Kaltdampfprozesse eignet. CO₂ kann daher eine Alternative für bestimmte Anwendungen darstellen, sofern sich mit vertretbarem Aufwand mindestens die Prozeßgüte der bislang etablierten Technologien erreichen läßt.

Die Expansion auf den Verdampfungsdruck eines Kaltdampfprozesses kann je nach der gewählten Technologie mit und ohne Nutzung der Expansionsenergie realisiert werden. Eine Expansion mit Energienutzung ist generell vorteilhaft für die Güte des kältetechnischen Prozesses; sie ist aber in der Regel technologisch aufwendiger zu realisieren, als eine isenthalpe Entspannung mit Hilfe von Ventile.

Der Vortrag beschreibt unterschiedliche Konzepte zur Regelung des transkritischen CO₂-Prozesses und es wird auf die Ausführungen und Funktion geeigneter Expansionsventile eingegangen. Weiterhin werden die Möglichkeiten und Potentiale einer Expansion mit Energienutzung dargestellt.

AA.II.16

EINIGE MERKMALE HOCHENTWICKELTER KOLBENVERDICHTER IM VERGLEICH ZU SCHRAUBE UND SCROLL

Dipl.-Ing. Wolfgang Sandkötter
Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH, Sindelfingen

Betrachtet man den Markt kleinerer Verdrängerverdichter in der Kälte- und Klimatechnik, so kann man in den Klimaanwendungen einen Trend zu rotierenden Verdichtern feststellen, während die Kälteanwendungen nach wie vor von Hubkolbenverdichtern dominiert werden. Die allgemein zunehmenden Anforderungen hinsichtlich Umweltverträglichkeit, einfacher Handhabung, Einsatz neuer Kältemittel und Energieeffizienz verschärfen dabei die Wettbewerbssituation. Am Beispiel einer neuen Baureihe halbhermetischer Kolbenverdichter wird gezeigt, wie mit einfachen Mitteln hochgesteckte Ziele aus den heutigen Marktanforderungen erreicht werden. Dabei ist es interessant festzustellen, welche Parameter durch Neu- und Weiterentwicklung beeinflussbar sind und welche prinzipbedingt fest sind. Einige prinzipbedingte Unterschiede zu den Bauarten Scroll- und Schraubenverdichter werden hinsichtlich ihrer Wirkung in den verschiedenen Anwendungsbereichen erläutert.

AA.II.2.17

MODERNE 2-STUFIGE KÄLTEANLAGEN MIT DEM KM AMMONIAK

Dipl.-Ing. Thies Hachfeld
Grasso GmbH, Holzhauserstr. 165, 13509 Berlin

Die Anwendungen der industriellen Kältetechnik umfassen zu einem großen Teil Temperaturen, die wirtschaftlich nur mit 2-stufigen Kälteanlagen erzeugt werden können. Prämissen der Anlagen sind neben einer hohen Betriebssicherheit, ein hoher COP in Voll- und Teillast, niedrige Investitionskosten und ein geringer Wartungsaufwand. In den letzten Jahren sind solche Anlagen mit Kälteleistungen >100kW überwiegend mit Schraubenverdichtern ausgerüstet worden. Diese Maschinenlösung erfüllt zwar die meisten o.g. Anforderungen, bedingt aber beim Einsatz von einer geringen Anzahl von Verdichtern einen nur durchschnittlichen Teillast COP. Die Gründe liegen in der Teillastcharakteristik des Schraubenverdichters. Vorwiegend werden diese Anlagen mit offenen Mitteldruckbehältern konzipiert.

Moderne 2-stufige Kolbenverdichter mit einer großen Anzahl von Teillast-Stufen arbeiten im Vollast und in Teillast mit vergleichbaren Wirkungsgraden. Die Teillastcharakteristik kann durch den Einsatz einer Frequenzregelung sogar noch erheblich verbessert werden. Systembedingt kann der Kolbenverdichter allerdings im Teillast unterschiedliche Fördervolumen-Verhältnisse der HD zu ND Zylinder erzeugen. Dies lässt die Mitteldrucktemperatur ebenfalls schwanken und erschwert den Einsatz einer offenen Mitteldruckflasche. Vermeiden lässt sich dies nur mit einer flexiblen Kombination von HD zu ND Zylindern, die aber in der Regel die Teillast-Stufen etwas beschränken.

Soll eine breite Anzahl von Teillast-Stufen möglich sein, müssen Verdichterlösungen gewählt werden, die mitteldruckseitig nicht miteinander verbunden sind. Hier kommt das Prinzip der Zwischenkühlung zwischen den HD und ND Zylindern zum Einsatz. In Verbindung mit einem Flüssigkeitsunterkühler ermöglicht diese Lösung einen sehr hohen COP in

Voll- und Teillast und generiert niedrigste Investitionskosten, da der Mitteldruckteil mit seinem Behälter, Ventilen und Rohrleitungen komplett entfallen kann.

Diese Systeme bedingen eine Konzeption des Niederdruckteils der Kälteanlage, die sich von der bei Schraubenverdichterlösungen gebräuchlichen etwas unterscheidet. Ebenfalls sind bei Verbundlösungen mehrerer Verdichter einige Kleinigkeiten zu beachten.

Summary:

2-stufige industrielle Kälteanlagen mit dem KM NH₃ sind heute für Kälteanwendungen bei Verdampfungstemperaturen unter -15°C das ideale und auch gebräuchlichste Anlagenkonzept. Die Anwendung von 2-stufigen Kolbenverdichtern in solchen Anlagen generieren sehr niedrige Investitionskosten, bieten eine hohe Betriebssicherheit und einen

hervorragenden COP in Voll- und besonders im Teillast. Zwischenkühlensysteme, die integraler Bestandteil des Verdichters sind, ermöglichen eine interessante Reduzierung der Anlagenkosten. 2-stufige Kälteanlagen mit modernen Kolbenverdichtern, bei denen innovative Werkstoffe in den Verschleißteilen zum Einsatz kommen, erzeugen außerdem einen niedrigen Wartungsaufwand an der Anlage, der durchaus vergleichbar mit Schraubenverdichter-Anlagen ist.

AA.II.2.18

SCHALLABSTRAHLUNG VON SCROLL-KOMPRESSOREN - ENTSTEHUNG UND MAßNAHMEN ZUR GERÄUSCHMINDERUNG

N. Kämmer, R. Rajendran, M. Mezache
Copeland Europe GmbH, Welkenraedt, Belgien

Die verschiedenen Mechanismen der Geräuscentstehung in Scroll-Verdichtern werden dargestellt, ebenso die Wege der Schallübertragung innerhalb des Verdichters und die Gebiete der stärksten Schallabstrahlung. Aus der Analyse der Entstehungs- und Übertragungsmechanismen ergeben sich Möglichkeiten, die Geräuscentwicklung zu beeinflussen und die Schallabstrahlung zu reduzieren. Diese Möglichkeiten und ihre praktische Realisierbarkeit werden diskutiert und beispielhaft dargestellt. Das Potential für zukünftige Produktverbesserungen im Bereich der Schalleistungswerte wird aufgezeigt für Scroll-Kompressoren und Kälte- und Klimaanlageanwendungen und durch Messergebnisse untermauert.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der äußeren Schalldämmung am Kompressor, die mit Auswirkungen auf das Kompressorverhalten und seine Anwendungsgrenzen verbunden ist. Die Anwendbarkeit dieser Methode als kurzfristige Maßnahme wird ebenfalls aufgezeigt.

AA.II.2.19

UNTERSUCHUNG DER EFFIZIENZVERBESSERUNG VON ÖLABSCHEIDERN DURCH DEN EINSATZ INNOVATIVER WERKSTOFFE UND KONSTRUKTIONSTECHNIKEN.

Wolfgang Zaremski
TEKO GmbH, Altenstadt

Die Wirksamkeit von Ölabscheidern ist aus der Sicht von Anwendern und Betreibern bei Anlagen mit besonderen Anforderungen an die Regelgüte des Gesamtkreislaufes von außerordentlicher Bedeutung.

Besonders bei Rippenrohr-Verdampfern kann es durch Öblagerungen im Innenrohr zur starken negativen Einflüssen auf die Wärmeübertragung und daraus resultierenden Leistungseinbußen kommen.

Im Rahmen dieses Vortrages werden Meßmethoden und Untersuchungsergebnisse von Ölabscheidermessungen präsentiert. Aufgezeigt werden die Abscheidgeradwerte von innovativen Oilstar Coalescent Ölabscheidern im Vergleich zu konventionellen Ölabscheidern. Besonders untersucht wurde der Abscheidgrad im Teillastbetrieb bei Verbundanlagen.

Basierend auf diesen Ergebnissen werden die Praxiswerte von existierenden Anlagen mit besonderen Anforderungen an den Abscheidgrad der dort eingesetzten Ölabscheider vorgestellt.

AA.II.2.20

DAS INTERNET ALS STANDARD FÜR DIE FERNWIRKTECHNIK

Dipl.-Ing. A. Diehl
Transferstelle für Kältetechnik, Universität Kaiserslautern
Postfach 3049, D-67653 Kaiserslautern

Bei vielen autark automatisierten Prozessen ⁽¹⁾ wie beispielsweise bei der Supermarktautomatisierung besteht die Notwendigkeit der Fernüberwachung, Ferndiagnose sowie des Fernwirkens zum aktiven Beeinflussen des Prozesses. Einerseits lassen sich dadurch kostenintensive Vororteinsätze für Diagnose, Wartung und Instandhaltung reduzieren und andererseits können die Fehlererkennungszeiten durch die „rund um die Uhr-Überwachung“ auch ohne Bedienpersonal vor Ort deutlich gesenkt werden. Die Anbindung eines Leit- und Maintencesystems an den Prozess mit zugehörigem Automatisierungssystem wird in der Regel via Modem realisiert. Durch die zunehmende Verbreitung sowie durch die ständig wachsende Leistungsfähigkeit des Internets gilt es zu prüfen, ob die Anbindung der Fernwirk-/ Fernleittechnik künftig über das Internet realisiert werden kann. Neben der Frage der Sicherheit müssen auch Flexibilität, Funktionalität und Möglichkeiten der Standardisierung berücksichtigt werden.

In dem Beitrag werden zunächst die Dienste und Funktionen des Internets beschrieben. Darauf aufbauend wird eine Möglichkeit der Standardisierung vorgestellt mit deren Hilfe sowohl die Visualisierung, Diagnose als auch die Beeinflussung des Prozesses (z.B. Kühlstellen eines Supermarkts) mit Hilfe eines Standard-Internetbrowsers weltweit möglich ist. Zur Datenübertragung werden Dienste des Internets wie beispielsweise SMTP verwendet und in geeigneter Weise

modifiziert. Die Anbindung an den Prozess, bzw. das zugehörige Automatisierungssystem erfolgt über sehr preiswerte Scheckkartengrosse Mini-PCs (embedded WebServer). Das Kommunikationsprotokoll ist XML-basiert. Ziel der derzeitigen Forschungsarbeiten ist die Definition eines standardisierten, plattformunabhängigen Kommunikationsprotokolls für die Internettechnologie in der Leittechnik. Darauf aufbauend soll ein Profil für den Bereich der Supermarktautomatisierung definiert werden. In dem Beitrag wird der derzeitige Stand der Forschungsarbeiten vorgestellt.

AA.II.2.21

NEUE CHANCEN IM ENERGIEMANAGEMENT VON LEBENSMITTELMÄRKTEN DURCH ÜBERGREIFENDE REGELUNG UND STEUERUNG DER KÄLTE- UND GEBÄUDETECHNIK MIT FELDBUSKOMPONENTEN

Dr. -Ing. Horst Peter Wurm
G. Wurm GmbH & Co, Hohenbirker Str. 1, 42855 Remscheid

Kleine und mittlere Verkaufsflächen von Lebensmittelketten wurden in der Vergangenheit meist nach den Gewerken Heizung, Lüftung, Beleuchtung und Kältetechnik getrennt vergeben und damit auch mit autarken Steuer- und Regelsystemen ausgestattet. Lediglich die so genannte Maximumüberwachung, die zur Begrenzung von Leistungsspitzen diente, war mit gewerkeübergreifenden Steuersignalen ausgestattet, jedoch ohne auf die prozeßspezifischen Belange insbesondere der Kälteanlage Rücksicht nehmen zu können.

Neue Lösungswege sind mit feldbusvernetzten Steuer- und Regelsystemen möglich. Der Beitrag zeigt die gewählten Optimierungsstrategien und die möglichen Einsparpotentiale auf.

AA.II.2.22

UMRICHTERSTEUERUNG ÜBER FELDBUS BEI R718 KALTWASSERSÄTZEN

Dipl.-Ing. Günter Ulbrich, ILK GmbH, Dresden
Dipl.-Ing. Hans-Jörg Krause, Omron Electronics GmbH, Hilden

Am Beispiel der von der Firma Aqua Turbo Kältetechnik GmbH gefertigten zweistufigen Kaltwassersätze, deren Entwicklung am Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden erfolgte, wird zunächst das Regelkonzept der Gesamtanlage dargestellt. Die notwendige Betriebsweise der beiden Frequenzumrichter wird zunächst mit konventioneller Technik erläutert.

Am Beispiel der eingesetzten Frequenzumrichter vom Typ 3G3FV der Firma OMRON werden die grundsätzlichen Möglichkeiten des Betriebes über Feldbus und die damit verbundenen Vorteile, wie z.B. das Auslesen aller Umrichterdaten aus der die Umrichter ansteuernden SPS über Modern, dargelegt. Die mit Device Net realisierte Variante wird ausführlich erläutert.

AA.II.2.1/AA.III.1

FORT- UND WEITERBILDUNG IN DER KÄLTE- UND KLIMATECHNIK

M. Seikel, D. Schittenhelm, J. Peters
Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik, Maintal

AA.III.2

KÄLTETECHNISCHE ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN VON TURBO KALTWASSERSÄTZEN MIT WASSER ALS KÄLTEMITTEL

Dr. Ing. Peter Albring, Dipl. Ing. Rainer Rudischer
ILK Dresden GmbH, Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden

Nach der vorangegangenen Forschungs- und Experimentierphase zur Ermittlung von Grundlagen des Einsatzes von Wasser als Kältemittel in Kompressionskälteanlagen gibt es nunmehr die ersten Erfahrungen mit praktischen Installationen. Kernstück der neuen Kältetechnologie ist ein Turboverdichter mit Grenzleistungseigenschaften. Durch verbesserten Wirkungsgrad und größeres Druckverhältnis können die zunächst auf geringen Temperaturhub beschränkte Anwendung von Wasser als Kältemittel für alle üblichen Klimakälteanwendungen unter Europäischen Bedingungen erweitert werden. Eine weitere Besonderheit sind direkt arbeitende Wärmeübertrager als Verdampfer, Zwischenkühler und Kondensator. Berichtet wird über die Besonderheiten der Einbindung von Kälteanlagen mit Wasser als Kältemittel in Kalt- und Kühlwasserkreisläufe, über energieeffektive Einsatzbedingungen und über Entwicklungspotentiale.

AA.III.3

SPRAY-CHILLER IN DER KÄLTETECHNIK

Dipl.-Ing. Rainer Dalibor
APL Apparatebau GmbH, Robert-Bosch-Str. 22, 41541 Dormagen

Der Spray-Chiller oder Berieselungsverdampfer verbindet die Vorteile des klassischen überfluteten Verdampfers in Rohrbündelbauform mit den Vorteilen des Trockenexpansionsverdampfers in Bezug auf geringe Kältemittelfüllung. Bei dieser Bauform wird das Kältemittel in genau definierter Menge über Hochleistungsprühdüsen über dem Rohrbündel verteilt. Der Kältemittelfilm tropft von Rohrreihe zu Rohrreihe und verdampft dabei. Die überschüssige, flüssige Kältemittelmengende wird unten im Apparat abgezogen und dem Kreislauf erneut zugeführt. Abhängig von der Apparatebauform wird das verdampfte, gasförmige Kältemittel im integrierten oder übergebauten Abscheider von eventuell mitgerissenen Flüssigkeitstropfen gereinigt und dem Verdichter zugeleitet. Die Vorteile dieser Bauart liegen in der leichten Reinigbarkeit der Kälte-trägerseite, ohne daß die Kältemittelseite geöffnet werden muß. Aufgrund der geringen, auf den Rohren befindlichen Kältemittelmengende, tritt bei Lastschwankungen nur geringes Nachverdampfen auf. Dies ermöglicht die Betriebsweise nahe am Gefrierpunkt des Kälte-trägers.

Der Vortrag vertieft die Apparatekonzeption und stellt Berechnungsmethoden für die Bestimmung des kältemittelseitigen Wärmeübergangskoeffizienten in Abhängigkeit verschiedener Einflußgrößen dar.

AA.III.4

EISPEICHERTECHNOLOGIE IM JAHRE 2000 UND DANACH

H. de Vries, Vritherm GmbH, Leinfelden-Echterdingen

Die Eisspeichertechnologie betrifft im Prinzip ein Randgebiet der Kälte- und Klimatechnik. Die Hauptursache liegt darin, dass die Kosten für eine Eisspeicheranlage bei einem Komplettsystem nur rund 10 % des gesamten Betrages ausmachen. Aus diesem Grunde kann bei der Eisspeichertechnologie von einem, wenn auch wichtigen Randgebiet gesprochen werden.

Dennoch hat die Vergangenheit gezeigt, dass gerade solche Randgebiete einen enormen Einfluss auf die Wirksamkeit und die Wirtschaftlichkeit eines Kälte- und Klimasystems haben. Vor allem soll dargelegt werden, welches nun eine effektive Eisspeicherkapazität ist und was unter Abschmelz- und Abtauleistung wirklich zu verstehen ist.

Es sollen insbesondere direkte und indirekte Eisspeichersysteme Vergleich und erörtert werden. Unter Anwendung eines modernen Informationssystems sollen Eisspeichersysteme gezeigt werden, die auf Grund von vorgeplanten „Abnahmemengen“ oder auf Grund der Wettervorhersage eine „Laufzeit“ vorprogrammiert bekommen (bei Klimaanlage), damit die richtige Energiemenge, die durch das Eis gespeichert ist, zur Verfügung gestellt werden kann.

Diverse praktische Anwendungsbeispiele zeigen, dass die Eisspeichertechnologie in Zukunft eine wesentlich wichtigere Rolle im Bereich der Kälte- und Klimatechnik spielen wird.

AA.III.5

SAUGDRUCKOPTIMIERUNG UND FEHLERDIAGNOSE KOMMERZIELLER KÄLTEANLAGEN

Christian Bendtsen
Danfoss A/S, DK-6430 Nordborg

Einsparungen von Energie und Erhöhung der Zuverlässigkeit gewinnen besonders im Bereich der kommerziellen Kältetechnik zunehmend an Bedeutung. Im Vortrag werden Ergebnisse experimenteller Untersuchungen betrachtet, die an zwei Supermarktkälteanlagen durchgeführt wurden. Die Regelung des Saugdruckes beider Anlagen erfolgte dabei nach der am stärksten belastenden Kühlstelle.

Weiterhin werden im Vortrag Möglichkeiten dargestellt, die Kälteanlage zentral zu überwachen und anhand von in Kombination auftretenden Meßgrößen Fehler im Betrieb frühzeitig zu diagnostizieren. Dadurch wird es möglich, notwendige Schritte einzuleiten, bevor die Anlage über längere Zeit ineffektiv betrieben wird, die erforderli-

che Leistung nicht mehr erreicht wird oder die Anlage schließlich ganz ausfällt, was in der Regel den Verlust der eingelagerten Ware bedeutet.

AA.III.6

ENERGETISCHE RICHTIGE PLANUNG ZUR NUTZUNG DER HOL-LÄNDISCHEN STIMEK INDUSTRIE REGELUNG

B. Ernens, Ing. Büro Ernens Consult, Rolde/Niederlande

Die STIMEK Industrie Regelung gibt Möglichkeiten bei einem Neubau 20 bis 40% Energie zu sparen.

In Zusammenarbeit mit TNO-MEP aus Apeldoorn wird einen STIMEK Industrie Orientationsprüfung gemacht.

Das Project für den Vortrag ist einen NH₃ Pumpenanlage geplant für langfristige Obstlagerung. Diese Lager wird jetzt gebaut und soll im September 2000 in Betrieb gehen.

Die Komponenten der Anlage werden beschrieben.

- 5 Kompressoren mit einer gesamt Leistung von 1250 kW bei -5°C und + 40°
- 3 Verflüssiger mit einer Gesamtleistung von 1716 kW bei + 40°C mit energiesparende Ventilatoren.
- 45 Luftkühler: Leistung 25 kW To -5,9°C und TLuft eintritt 0°C mit einer Luftleistung von 25.070 m³/h. (5 ventilatoren)
- 6 Luftkühler: Leistung 30 kW To -6°C und TLuft eintritt 0°C mit einer Luftleistung von 30.000 m³/h. (6 ventilatoren)

Dargestellt werden soll in diesem Vortrag am Beispiel dieser Anlage die Berechnungen der Energiesparung gegenüber konventionellen Frigen Direct Expansionssystemen.

AA.III.7

PROBLEME BEI DER KÜHLUNG VON LEBENSMITTELN WÄHREND DER LAGERUNG UND DEM TRANSPORT

Dipl.-Ing. (FH) Birgit Brunnhuber
TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb, München

Der Weg der Lebensmittel vom Erzeuger zum Konsumenten ist lang. Damit der Endverbraucher eine hochwertige Ware in Händen hält, ist ein sorgfältiger Umgang mit den Produkten erforderlich.

In verschiedenen Untersuchungen hat es sich immer wieder gezeigt, daß in den unterschiedlichen Bereichen zur Kühlung von Lebensmitteln während der Lagerung und dem Transport, die vorgeschriebenen Temperaturen nicht eingehalten werden.

Anhand von Beispielen können die Schwachstellen aufgezeigt werden und somit bereit bei der Planung, beim Bau und auch beim Betrieb von stationären und mobilen Anlagen zur Kühlung von Lebensmitteln grundsätzliche Mängel vermieden werden.

AA.III.8

GEKÜHLT HALTBARE FERTIGGERICHTE

Dr. med.vet. M. Benner
KIN Lebensmittelinstitut , Neumünster

Der Verbraucher fordert heute verstärkt Lebensmittel gehobener Qualität. Gleichzeitig steigen aber auch die Ansprüche an den Convenience Grad der Lebensmittel und die Produktsicherheit.

Eine Möglichkeit, das Bedürfnis des Verbrauchers nach qualitativ hochwertigen, frischen Produkten zu befriedigen, stellen gekühlt haltbare Fertiggerichte dar. Die Haltbarkeit derartiger Produkte liegt in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren wie Ausgangskeimgehalt, Produktzusammensetzung, Art der Haltbarmachung und Lagerbedingungen zwischen einigen Tagen und mehreren Wochen.

Durch die schonende Herstellung lassen sich je nach Produktart im Vergleich zu sterilisierten Produkten deutliche Qualitätsverbesserungen erwarten, wodurch die Absatzchancen auf dem Lebensmittelmarkt verbessert werden. Demgegenüber stehen aber hohe Anforderungen an die Produktlogistik und Produktsicherheit. Möglicherweise sind sogar neue Vertriebswege für diese Produktgruppe notwendig, die dann allerdings eine im Vergleich zu heutigen marktüblichen Produkten deutlich höhere Preissegmentierung voraussetzen.

AA.III.9

PROGNOSE DER EMISSIONEN VON R 134A AUS FAHRZEUGKLIMAAANLAGEN BIS 2010

Winfried Schwarz
Öko-Recherche, Frankfurt am Main

Von den mobilen oder Fahrzeug-Klimaanlagen sind 95% in Pkw eingebaut. Bei Kältemittel-Bestand, -Verbrauch und -Emissionen dominieren die Pkw-Anlagen mit jeweils 95% Anteil. Nach unserer für das Umweltbundesamt vorgenommenen "Business-as-Usual" (BaU)-Prognose werden im Jahr 2010 über 29 500 t HFKW in Mobilklimaanlagen enthalten sein, davon 28 000 t in Pkw-Klimaanlagen, fast so viel wie in allen anderen Kälte- und stationären Klimaanlagen (30 000 t HFKW).

Die Prognose der R134a-Emissionen bis zum Jahr 2010 (BaU) erfordert ein Modell mit dynamischen Annahmen. Diese sind für Pkw-Klimaanlagen u.a. folgende:

1. Die AC-Quote der Neuzulassungen erreicht bei inländischen Marken 90% im Jahr 2001 und bleibt danach konstant. Bei ausländischen Marken beträgt der entsprechende Plateau-Wert 80% ab 2005.
2. Die Klimaanlagen-Sättigung liegt bei 75%-iger Ausstattung des gesamten inländischen Fahrzeugbestands.
3. Die durchschnittliche Füllmenge neuer Klimaanlagen sinkt wie bisher jährlich um 1%: von 0,88 kg (1995) auf 0,76 kg (2010) bei inländischen und von 0,75 auf 0,66 kg bei ausländischen Marken.

4. Die Lebensdauer einer neuen Klimaanlage beträgt 12 Jahre.
5. Die laufende Emissionsrate beträgt konstant 10% auf den jeweiligen Bestand.
Dies ist ein Schätzwert. Solide Messungen sind bislang leider nicht vorhanden.
6. Die Rückgewinnungsverluste bei der Altautoverschrottung betragen konstant 30%.

Nach diesem BaU-Szenario betragen die laufenden Emissionen in 2010 rd. 2792 t. Dazu kommen Entsorgungs-Emissionen von 626 t. Beide zusammen bilden 3418 t Gesamtemissionen. Bezogen auf den Kältemittelbestand in den Autoklimaanlagen (28 022 t) beträgt deren Rate 12,2%.

Die in CO₂-Äquivalenten ausgedrückten direkten Gesamtemissionen aus Mobilklimaanlagen steigen 1995-2010 von 0,15 auf 4,44 Mio. t. Das ist im Jahr 2010 deutlich weniger als im Bereich der Kälte- und stationären Klimatechnik, nicht weil weniger (metrische) Tonnen emittieren, sondern weil das GWP von HFKW-134a (1300) niedriger ist. (Unter Zugrundelegung des von der WMO 1998 für R134a nach oben revidierten GWP von 1600 emittieren in 2010 allerdings 5,47 Mio. t CO₂-Äquivalente oder 0,6% des gesamten deutschen Beitrags zum Treibhauseffekt).

Die Chance, die für 2010 vorausgesagten hohen HFKW-Emissionen einzudämmen, gründet sich vor allem auf innovative Ingenieurleistungen. Kommt es allgemein zu CO₂-Systemen, dann werden die treibhauswirksamen Emissionen bis 2010 zwar erst um weniger als 20% sinken, zehn Jahr später aber ganz verschwunden sein.

AA.III.10

KALTLUFT-ANLAGE ZUR FAHRZEUG-KLIMATISIERUNG

Dipl.-Ing. Michael Schmitz, Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H. Kruse
FKW Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen
Weidendamm 14, 30167 Hannover

Der Kaltluft-Kreislauf kann für Anwendungen bei niedrigen Temperaturen (< 60°C) mit dem Kaltdampf-Prozeß vergleichbare energetische Güte aufweisen. Bei Klimaanwendungen ist die Kälteleistungszahl des Luftprozesses im Vergleich zum Kaltdampf-Prozeß jedoch gering. Da die energetische Effizienz des Kaltluft-Prozesses hauptsächlich von den jeweiligen Gütegraden der eingesetzten Kompressions- und Expansionsmaschinen bestimmt wird, muß beim Entwurf einer Kaltluft-Anlage diesen Komponenten besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Obwohl Gründe wie Größe, Gewicht und Leckage für die Wahl einer Kaltluft-Anlage zur Klimatisierung in bestimmten Anwendungen sprechen, bleibt der Energieverbrauch weiterhin ein wesentlicher, zu bedenkender Aspekt. Der Beitrag stellt die Untersuchungen eines Kaltluft-Prozesses unter Einsatz einer Druckwellenmaschine zur möglichen Klimatisierung von beispielsweise Lkw-Fahrerkabinen vor.

Der Vorteil des Einsatzes eines solchen Kreislaufes für z.B. Lastkraftwagen ist, daß die Antriebsleistung des hierbei nötigen zusätzlichen Verdichters dem Abgas des Verbrennungsmotors des Fahrzeugs entnommen werden könnte. Die Abgas-Energie könnte hierzu mit Hilfe eines Abgas-Turboladers genutzt werden.

AA.III.11

DIE KLIMATISIERUNG VON EISENBAHNEN

Dipl.-Ing. Peter Fiedler
Alstom LHB GmbH, Salzgitter

Die Klimatisierung von Eisenbahnen hat im letzten Jahrzehnt auch in Ländern mit gemäßigttem Klima, wie z. B. Deutschland, große Fortschritte gemacht. Die Ursache ist in dem Bestreben nach höherem (Reise-)Komfort, insbesondere im regionalen und innerstädtischem Verkehr, aber auch an die Steigerung der Fahrgeschwindigkeiten im Hochgeschwindigkeitsverkehr zu suchen.

Aus den Einsatzbedingungen der verschiedenen Schienenfahrzeuge ergeben sich die Auslegungsparameter der Klimaanlage. Innerhalb des Fahrzeugs sind Behaglichkeitsparameter zu gewährleisten, die durch Temperatur, Luftgeschwindigkeit, Schalldruck, Luftqualität und ggf. Druckänderungsgeschwindigkeit beschrieben werden.

Die Bauart und spezielle Ausführung eines Eisenbahnklimagerätes wird wesentlich von der Zug- bzw. Wagenkonzeption beeinflusst und teilweise direkt bestimmt. Neben den durch die Geräte bestimmten mechanischen Schnittstellen (Befestigungspunkte und -art, Krafteinleitung, Abdichtung, ...) und den elektrischen Schnittstellen (Energieversorgung, Spannungen und Stromstärken mit Toleranzen, Spitzenwerten sowie ggf. Unterbrechungen, Steckerbedingungen, Leitungsführung- und -typen, Schutzmaßnahmen, ...) sind auch das Gewicht (Auswirkungen auf Rohbau, Traktionsenergie sowie Bremsdimensionierung, Energiebereitstellung über zweckmäßig auszuwählende Hilfsbetriebeumrichter, ...) und natürlich die Investitionskosten eine wesentliche Rolle.

AA.III.12

SIMULATION DER INNENRAUMSTRÖMUNG IN SCHIENENFAHRZEUGEN

Dipl.-Ing. Tim Berlitz, Frank Michelberger, Dipl.-Ing. Gerd Matschke
Forschungs- und Technologiezentrum der Deutschen Bahn AG
Abteilung Aerodynamik und Klimatechnik, FTZ , Völckerstraße 5, 80939 München

Für die thermische Behaglichkeit der Passagiere in modernen Reisezugwagen sind nicht nur Druck, Temperatur und Feuchte der eingeblasenen Luft wichtig, sondern auch technische Parameter wie der Ort, die Geschwindigkeit und die Richtung mit der die Zuluft in den Innenraum eingeblasen wird.

Der Nachweis der Einhaltung der thermischen Behaglichkeitsparameter und damit der Funktionsfähigkeit der klimatechnischen Einrichtungen gemäß UIC553 und anderen technischen Spezifikationen erfolgt bei fast allen Schienenfahrzeugen erst durch Messungen am fertigen Fahrzeug im Klima-Wind-Kanal.

Durch den Einsatz von computergestützten fluiddynamischen Berechnungen (CFD) kann man die Klimatisierung des Innenraumes vorab simulieren, so dass nicht nur eine frühzeitige Optimierung der Klimatechnik im Entwurfsprozess der Fahrzeuge möglich wird, sondern auch die anschließenden Nachweise im 1:1-Versuch über die Anforderungen der UIC553 hinaus optimal kunden- und anforderungsgerecht erfol-

gen können. Nach der notwendigen Verifizierung des verwendeten Berechnungsverfahrens und des numerischen Modells durch 1:1-Messungen bekommt man so ein sehr vielseitiges und kostengünstiges Instrument für Parametervariationen und die Auslegung und Konstruktion klimatechnischer Komponenten an die Hand. Eingeschränkt wird die Verwendung durch die Genauigkeit bzw. Kenntnis der Randbedingungen und die zur Verfügung stehenden Rechnerkapazitäten.

Die Innenraumströmung in einem Nahverkehrszug der Bahn wurde numerisch simuliert. Messungen der thermodynamischen und strömungsmechanischen Parameter für die Validierung wurden durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen die Eignung numerischer Simulationen für Parametervariationen und die Vorhersage der thermischen Behaglichkeit. Verschiedene Einsatzmöglichkeiten und die Grenzen des Einsatzes von CFD werden aufgezeigt.

Stichworte: Numerische Simulation mit CFD, Klimatisierung, Innenraumströmung, thermische Behaglichkeit, Schienenfahrzeuge

AA.III.13

SIMULATION IN DER FAHRZEUG KLIMATISIERUNG

Dieter Schlenz, BMW AG München

- Ziel der Simulation ist die Reduzierung der Entwicklungszeit und der Kosten für Prototypen.
- Beschreibung Klimatisierungssystem
- Strömungssimulation im Luftführungssystem
- Optimierung von Luftkanälen und Klimagerät
- Defrostsimulation
- Strömungsanalyse Luftführungssystem komplett
- Strömungssimulation Fahrgastkabine
- Simulation Kältekreislauf und Wärmebilanz der Kabine
- Simulation Heizkreislauf
- Ausblick

AA.III.14

EINSATZ VON CFD ZUR DETAILOPTIMIERUNG VON LUFTAUSLÄSSEN IN DER NUTZFAHRZEUG-KLIMATISIERUNG

Dipl. Ing. Bertram Seydell
Volkswagen Nutzfahrzeuge, Wolfsburg

Der Einsatz der Strömungsberechnung erfolgt bei der Volkswagen Nutzfahrzeugentwicklung in der frühen Konzeptphase. Die Schwerpunkte liegen hier bei der Fahrzeugumströmung, Motorraumdurchströmung und Klimatisierung. In der Klimatisierung werden Volumenströme, Druckverteilungen und Geschwindigkeitsverteilungen in den einzelnen Luftführungen bestimmt. Die Luftführungen werden nun so opti-

miert, daß eine gewünschte Luftverteilung erzielt werden kann, bevor die ersten Prototypenteile erstellt werden.

Über das übliche Vorgehen hinaus werden Detailuntersuchungen in Bereichen durchgeführt, bei denen es aufgrund von Lücken in der Turbulenzmodellierung zu Abweichungen zwischen Messung und Rechnung kommen muß.

Zum einen kommt es bei einer Ablösung der Luftströmung an gedrehten Lamellen der Personenanströmer zum Zusammenbruch des Auftriebes an diesen und somit zur Verminderung der Umlenkung des Luftstrahles. Dieses Phänomen läßt sich mit üblichen Turbulenzmodellen nicht zufriedenstellend berechnen. Ein Vergleich der Messung mit der Rechnung zeigt dies. Bis zum kritischen Anstellwinkel stimmen Rechnungen und Messungen gut überein. Dieses Wissen kann man nutzen, eine Detailoptimierung an den Lamellen vorzunehmen.

Zum anderen können die physikalischen Phänomene, die zu einer großen Aufweitung von Luftstrahlen an Wänden führen, z.B. Luftstrahl zur Beschlagfreihaltung der Seitenscheibe, nur durch eine neue, eigene Turbulenzmodellierung erfaßt werden. Durch diese neue Modellierung können die sonst auftretenden Abweichungen von Messung und Rechnung (>30%) vermieden werden. Hiermit kann die Aussagekraft der Rechnung deutlich verbessert werden.

AA.III.15

SIMULATION VON KFZ-KLIMAAANLAGEN IM RAHMEN DES FAHRZEUG-WÄRMEMANAGEMENTS

Josef Hager, Roland Marzy, Thomas Anzenberger
STEYR DAIMLER PUCH AG

ENGINEERING CENTER STEYR, Schönauer Straße 5, A-4400 Steyr AUSTRIA

Die Integration von Klimaanlage in das „Gesamtsystem Fahrzeug“ ist ein aufwendiger Prozess, der zur Zeit noch überwiegend im Versuch durchgeführt wird, da es an geeigneten Simulationswerkzeugen mangelt. Es wird ein Simulationsverfahren vorgestellt, das sowohl die Klimaanlage als auch das Wärmemanagement für alle relevanten Fahrzeug-Subsysteme, wie Motor, Getriebe und Hilfsaggregate abdeckt.

Bei der Simulation des Klimakreislaufes wird auf die genaue Erfassung des Kältemittels in der Flüssigkeits-, Misch- und Dampfphase und dessen Auswirkung auf Strömungswiderstände und Wärmeübergänge großer Wert gelegt. Durch den Einsatz beliebig verzweigter Netzwerke wird ein hoher Genauigkeitsgrad bei der Berechnung der Luftmassenströme erreicht. Die große Flexibilität des erstellten Simulationswerkzeuges erlaubt auch die Integration von 3-D CFD Daten zur Erhöhung der Simulationsgüte. Die Erstellung eines Gesamtmodells ermöglicht die Erfassung von Abhängigkeiten zwischen den Teilsystemen.

Da das Simulationsmodell aus einzelnen Modulen aufgebaut ist, die einfach austauschbar sind, können Variantenuntersuchung sehr effizient durchgeführt werden. Die betriebspunktorientierte Simulation ermöglicht neben der Beurteilung der Maximalanforderungen auch die Optimierung in beliebigen Teillastpunkten. Durch die Untersuchungen mit Hilfe der Simulation können im Vorfeld wesentlich mehr Varianten erfasst werden, als dies im Versuch mit teureren Prototypen möglich wäre. Das

Simulationsverfahren wird anhand eines konkreten Beispiels für einen Pkw demonstriert. Dabei wird speziell auf die Auswirkung der Klimaanlage auf die Motorkühlung eingegangen.

AA.III.16

ERSATZKÄLTEMITTEL FÜR FAHRZEUGKLIMAAANLAGEN
- Eine Übersicht von dem SAE-Phoenix-2000 Symposium -

Dipl.-Ing. M. Konz, Prof. Dr.-Ing. H.Holdack-Janssen
Institut für Fahrzeugbau Wolfsburg

Zukünftiges Kältemittel für Fahrzeugklimaanlagen wird aus Sicht der europäischen Autoindustrie Kohlendioxid sein.

Zum dritten Mal fand im Juli das 3 tägige SAE Symposium „Alternative Refrigerant Systems“ in Phoenix, AZ, statt. Neben den technisch-wissenschaftlichen Beiträgen konnte auch wie in den Jahren zuvor der aktuelle Stand der Entwicklung anhand von Testfahrten mit CO₂-klimatisierten Fahrzeugen von den Teilnehmern erfaßt werden.

Wie der subjektive Eindruck zeigt, sind die CO₂-Klimaanlagen in Bezug auf Kälteleistung und Abkühlgeschwindigkeit den serienmäßigen R134a-Anlagen ebenbürtig.

Der Entwicklungsstand der Anlagen ist somit auf einem hohen Niveau und aus dieser Sicht könnte eine Umsetzung in die Serie rasch erfolgen. Bezüglich der Besonderheiten von CO₂ fehlen aber derzeit noch benötigte Standards und Vorschriften, die einen weltweiten Einsatz erlauben. Weitere Untersuchungen zur Sicherheit der Anlagen und Verfahren sowie Regeln und Anleitungen für den Service sind notwendig. Auf Vorschlag des SAE soll hierfür ein Komitee eingesetzt werden, um diese Arbeiten zu koordinieren. Hierüber wird in dem Vortrag berichtet.

In Ländern wie beispielsweise Australien werden umfangreiche Entwicklungsarbeiten mit brennbaren Kältemitteln in Fahrzeugklimaanlagen durchgeführt. Über die dort vorliegenden Erfahrungen soll ebenfalls berichtet werden.

AA.III.17

CO₂-KLIMASYSTEME IN PKW APPLIKATIONEN

U. Nitzsche, M. Reiser
Valeo Klimasysteme GmbH, Bad Rodach

Als einer der führenden Hersteller von Heiz-Klimasystemen im Automobilbereich ist die Entwicklung und Applikation alternativer Kältekreissysteme ein zentrales Vorentwicklungsprojekt der Valeo Klimasysteme GmbH. Mittelpunkt dieser Anstrengungen steht die Entwicklung von CO₂-Klimasystemen. Der Einsatz des natürlichen Kältemittels CO₂ stellt besondere Anforderungen an die Auslegung des Systems, die Kältekreis Komponenten und deren Regelung.

Sowohl durch eine gezielte Entwicklung und Validierung der Einzelkomponenten als auch durch Erfahrungen aus verschiedenen Fahrzeugapplikationen haben sich Lösungsansätze zur Auslegung und Implementierung der Komponenten und deren Systemfunktionen gebildet.

Eine detaillierte Vorstellung des Aufbaus und der Funktion einer Applikation im Fahrzeug zeigt mögliche Lösungsansätze und Werkzeuge zur Entwicklung eines CO₂-Klimasystems im Fahrzeug.

Darüber hinaus geben Vergleichsuntersuchungen und Potentialanalysen aus den Fahrzeugapplikationen einen Ausblick auf die nächsten Entwicklungsschwerpunkte.

AA.III.18

DER KÄLTEMITTELVERDICHTER FÜR CO₂ - IST EIN ELEKTRISCHER ODER MECHANISCHER ANTRIEB SINNVOLL?

Roland Cäsar, Jan Gärtner
DaimlerChrysler AG, Sindelfingen

DaimlerChrysler hat in den vergangenen 10 Jahren die Kältemittelverdichtenterwicklung maßgeblich beeinflusst. Auf dem Stand der Technik aufbauend ist eine neue Generation von Verdichtern mit variablem Hubvolumen mitentwickelt worden. Die Randbedingungen hierfür sind:

- Regelung
 - Verbrauch
 - Gewicht
 - Packaging
 - Herstellkosten
- { intern
extern kupplungslos

Im Falle von R134a sind heute die Leistungsgrenzen durch das Packaging gegeben. Innerhalb des zur Verfügung stehenden Bauraums der Anlage sind keine Leistungssteigerungen mehr möglich. Die Größe des Verdichters ist eine limitierende Komponente. Bei großen Fahrzeugen liegt das Kältemittelverdichterhubvolumen bei einem Axialkolbenverdichter heute bei ca. 170 ccm. Ein vergleichbarer Verdichter für Kohlendioxyd benötigt für dieselbe Kälteleistung nur ca. 33ccm. Der Grund hierfür liegt in der achtfach höheren volumetrischen Kälteleistung von Kohlendioxyd gegenüber R134a. Auf der anderen Seite läßt sich im Bauraum eines 170 ccm Kolbenverdichters für R134a ein 45 ccm Kältemittelverdichter für Kohlendioxyd darstellen. Hieraus resultiert eine wesentlich verbesserte Kühlleistung mit demselben Packaging und vergleichbaren Kosten. Kohlendioxyd weist noch zwei weitere Vorteile auf. Erstens haben Messung einen verringerten Verbrauch im NEFZ-Zyklus ergeben. Zweitens läßt sich Kohlendioxyd durch seine vergleichsweise hohe Dichte bei niedrigen Temperaturen gut mit einer Wärmepumpe zur Zuheizung kombinieren.

Durch die mögliche Einführung des Startergenerators ist man in der Lage Nebenaggregate in großem Umfang elektrisch und damit bedarfsgerecht zu betreiben. Hierzu zählt auch der Kältemittelverdichter. Erstmals steht in Fahrzeugen eine für diesen Zweck ausreichend starke elektrische Energieresource zur Verfügung. Gerade der überkritische Prozeßverlauf mit Kohlendioxyd verlangt hohe Anforderungen bezüglich der Regelung, die sich mit einem elektrischen Antrieb darstellen lassen würden. Auf der anderen Seite ist man mit einem solchen Kältemittelverdichter in der Lage eine

Standklimatisierung darzustellen. Das Argument gewinnt entscheidend an Bedeutung bei Start/Stopp-Systemen, um Benzin zu sparen. In diesem Fall braucht man aber die entsprechende Energieresource in Form einer Brennstoffzelle oder einer Hochleistungsbatterie. Weiterhin muß auch unter Verbrauchsgesichtspunkten eine genaue Betrachtungen der Wirkungsgradketten gemacht werden, um einen optimalen Antrieb auszuwählen.

AA.III.19

VERBRAUCHSMESSUNGEN AN EINEM FAHRZEUG MIT CO₂-KLIMAAANLAGE

Ullrich Hesse, Zexel GmbH, Ludwigsburg
Kenji Iijima, Zexel Valeo Climate Control Corp., Konan, Japan

An einem Pkw wurden Kraftstoff-Verbrauchsmessungen zunächst mit der serienmäßigen R134a-Klimaanlage auf einem Rollenprüfstand im Klimawindkanal durchgeführt. Anschließend wurde die serienmäßige Klimaanlage durch eine Klimaanlage mit dem Kältemittel CO₂ im transkritischen Prozeß ersetzt und die Versuche wiederholt. Es wurden jeweils gleiche Temperaturen in der Fahrgastkabine eingestellt. Die Ergebnisse der Versuche und vergleichende Berechnungen zum Jahres-Kraftstoffverbrauch werden vorgestellt.

AA.III.20

UNTERSUCHUNGEN ZUM PERMEABILITÄTSVERHALTEN VON CO₂ IN ELASTOMEREN FÜR DIE AUTOKLIMATISIERUNG

B. Leisenheimer¹⁾, T. Fritz¹⁾, L. Oellrich²⁾

¹⁾Aeroquip GmbH, 76461 Muggensturm, ²⁾ITTK, Universität Karlsruhe (TH)

Aufgrund seiner Eigenschaften (Löslichkeit, Transportgrößen) zeigt CO₂ in Kontakt mit Elastomeren im Vergleich zu Alkanen, herkömmlichen Kältemitteln und selbst zu Helium eine stark erhöhte Permeationsrate. Der Einsatz von Kohlendioxid als alternatives Kältemittel in zukünftigen Klima- und Kälteanlagen erfordert somit gegenüber den voll- und teilhalogenierten Kohlenwasserstoffen erhöhte Aufmerksamkeit bei der Auswahl geeigneter Dichtungsmaterialien, da diese in vielfältiger Weise in Form von z.B. O-Ringen (Kompressor, Befüllventil, Rohrverbindungen) oder Schlauchverbindungen in solchen Anlagen zum Einsatz kommen. Durch die Lage der kritischen Temperatur und des hohen kritischen Drucks ist es beim Einsatz von CO₂ erforderlich, einen transkritischen Prozeß einzusetzen. Die Betriebsdrücke sind mit deutlich über 100 bar sehr hoch, wodurch allein schon erhöhte Leckageverlusten zu erwarten sind.

Damit kommt der richtigen Auswahl des Materials größte Bedeutung zu, da sich Kältemittelverluste aufgrund der geringeren Füllmenge im Kreislauf weit stärker bemerkbar machen würden, als das bei R134a der Fall ist.

Bei schneller Druckentlastung (z.B. möglich bei Wartungsarbeiten oder im Schadensfall) tritt bei einigen Elastomermaterialien zusätzlich das Phänomen der explosiven Dekompression auf, bei dem das unter Druck gelöste CO₂ sehr schnell entwei-

chen muß und hierbei die Elastomermatrix aufgrund nicht ausreichender Diffusionsgeschwindigkeiten bis hin zu einem Versagen verändern kann.

Es wird über vergleichende experimentelle Untersuchungen über das Permeationsverhalten von CO₂ in typischen, für den zukünftigen Einsatz in der Autoklimatisierung in Frage kommenden Elastomeren berichtet und die Auswirkungen der explosiven Dekompression auf diese Elastomere beschrieben. Hierbei wurde besonderes Augenmerk auf den Einfluss der Temperatur auf die Permeationsrate gerichtet, wobei die Messungen in einem weiten Bereich des jeweils treibenden Druckgefälles durchgeführt wurden.

AA.III.21

CO₂ IN FAHRZEUGKLIMAAANLAGEN – WAS BEDEUTET DIES FÜR DIE KOMPONENTEN DER VERBIN- DUNGSTECHNIK?

Dipl.-Ing. Manfred Berg, Dipl.-Ing. Martin Hoffmann
Armaturenfabrik Hermann VOSS, 51688 Wipperfürth

Aus Gründen des Umweltschutzes (Treibhauseffekt, Abbau der Ozonschicht) wird verstärkt ein dauerhafter Ersatz herkömmlicher Kältemittel durch umweltverträgliche Alternativen angestrebt.

Eine Alternative stellt die Verwendung von Kohlendioxid (CO₂) dar, das ein vernachlässigbar kleines Treibhauspotential besitzt und nicht zum Abbau der Ozonschicht beiträgt. Durch die besonderen Stoffeigenschaften von CO₂ werden an alle Komponenten im Kältekreislauf von Fahrzeugklimaanlagen besondere Anforderungen gestellt.

Die Umsetzung der geforderten Parameter, wie z.B. die geringe Leckagerate oder der hohe Arbeitsdruck im System, stellen derzeit eine besondere Herausforderung für die Verbindungstechnik dar. Um Erfahrungen über die Auswirkung der relevanten Einflußgrößen zu gewinnen, wurden entsprechende Untersuchungen durchgeführt.

Ein Hauptproblem der Verbindungstechnik ist es, den geeigneten Dichtwerkstoff für die geforderten Eigenschaften zu finden. Denn aufgrund des betriebsbedingten hohen Systemdrucks und der geringen Gaszähigkeit weist CO₂ ein bemerkenswertes Diffusionsvermögen durch Elastomere auf. Die Diffusion ist ca. 10 mal höher als die von Luft oder Stickstoff.

Gerade dieser hohe Arbeitsdruck begünstigt die Diffusion durch die Verbindungsmedien und kann darüber hinaus noch zu einem weiteren Problem führen: der explosiven Dekompression.

Erste Lösungsansätze zur Verminderung der Permeabilität werden diskutiert.

Abschließend wird auf Sicherheits- und Geräuschaspekte der Verbindungstechnik sowie die Gestaltung der Montage eingegangen.

IV.1

ENTWICKLUNG EINES INTEGRIERTEN NIEDRIGENERGIEKONZEPTE FÜR DEN SOZIALEN WOHNUNGSBAU

Prof. Dr.-Ing. Klaus Sommer
Lehrgebiet und Laboratorium für Heizungstechnik
Fachbereich Versorgung- und Entsorgungstechnik, Fachhochschule Köln

Aufgabe des vorliegenden F&E-Projektes war es, ein Konzept für die Niedrigenergiebauweise im sozialen Wohnungsbau zu entwickeln, das den Kostenrahmen des sozialen Wohnungsbaus von 1.800 DM/m² Wohnfläche einhält, also keine Mehrkosten verursacht. Dieses, für Einfamilienhäuser bereits in der Literatur häufig dargestellte Thema, wurde in dieser Studie jedoch erstmals zum einen auf mehrgeschossige Gebäudetypen angewandt und zum anderen in einer integralen Betrachtungsweise bearbeitet. Das Gebäude und die Haustechnik wurden gemeinsam von Architekten und Ingenieuren verschiedener Fachrichtungen erarbeitet unter besonderer Einbeziehung von Wohnungsbau-gesellschaften.

Um die Parameter der Niedrigenergiebauweise zu verdeutlichen, wurde zunächst ein fiktives Gebäude – das Testhaus – entwickelt, an dem allgemeingültige Anforderungen der Niedrigenergie-Bauweise aufgezeigt wurden. Anschließend erfolgt eine Umsetzung der daraus gewonnenen Erkenntnisse in einem konventionell erstellten Gebäude. Es entstand die Idee, einen Leitfaden zu entwickeln, den die Wohnungsbaugesellschaften und Bauträger als Hilfestellung zur Realisierung der zukünftigen Bauweise nutzen können.

Es zeigt sich, dass Niedrigenergiehäuser im sozialen Wohnungsbau verwirklicht werden können, wenn mit Hilfe eines integralen Planungsansatzes und einer detaillierten Kostenübersicht für gezielte Preisverhandlungen gearbeitet wird. Allerdings ist hierfür Voraussetzung, dass die Bereitschaft zu integraler Planung bei allen Planungsbeteiligten besteht und geeignete Planungssoftware für integrale Planung mit dem dazugehörigen Anwender-know-how vorliegt. Der im Rahmen dieses F&E-Vorhabens erarbeitete Leitfaden kann hierfür gut Dienste leisten.

AA.IV.2

ERDGASBETRIEBENE VUILLEUMIER-WÄRMEPUMPE FÜR DIE HAUSHEIZUNG MIT HELIUM ALS ARBEITSMEDIUM

Dr.-Ing. Klaus Heikrodt
Viessmann Werke, 35107 Allendorf (Eder)

Zu den regenerativen Gaskreisprozessen zählt neben dem relativ bekannten Stirling-Prozess auch der Vuilleumier-Prozess. Während der Stirling-Prozess als mechanisch angetriebene Kältemaschine oder Wärmepumpe einsetzbar ist, wird eine Vuilleumier-Wärmepumpe thermisch angetrieben. Ein Gasbrenner mit Luftvorwärmung erzeugt den erforderlichen Antriebswärmestrom auf hohem Temperaturniveau.

Im Rahmen eines mehrjährigen, mit Mitteln des BMBF geförderten Forschungsvorhabens wurde nachgewiesen, dass eine Vuilleumier-Wärmepumpe für die monovalente Wohnungsbeheizung und Trinkwassererwärmung - insbesondere im Wohnungsbestand mit Vorlauftemperaturen bis 75°C - hervorragend geeignet ist. Die erforderliche Heizleistung für Ein- und Mehrfamilienhäuser liegt in den meisten Fällen zwischen 15 kW und 35 kW. Als Wärmequelle für den Wohnungsbestand wird überwiegend die Außenluft benutzt mit Temperaturen zwischen - 15°C und + 15°C, die Vuilleumier-Wärmepumpe muss für diese Bedingungen konstante Heizleistung erbringen.

Im Rahmen des Vortrags wird der Vuilleumier-Prozess und die Konstruktion der Versuchsmaschinen erläutert. Die erzielte Versuchs- und Dauerlaufergebnisse werden dargestellt und diskutiert und daraus die Einsatzmöglichkeiten der Vuilleumier-Wärmepumpe abgeleitet. Messungen des Normnutzungsgrades in Anlehnung an DIN 4702/8 mit Außenluft als Wärmequelle ergaben je nach Heizungssystem Werte zwischen 152% und 168%, Dauerlaufergebnisse von über 10.000 h liegen vor.

AA.IV.3

TECHNISCHE UND RECHTLICHE GRUNDLAGEN DER HEIZKOSTENABRECHNUNG

Dr.-Ing. Günter Mügge
Viterra Energy Services AG, Essen

Seit fast 2 Jahrzehnten werden in Deutschland die Heizkosten auf Grundlage der Heizkostenverordnung abgerechnet. Die heute überwiegend eingesetzten Systeme –Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip und elektronische Heizkostenverteiler– sind europaweit genormt. Die verursachungsgerechte Abrechnung der Heizkosten hat zu einer erheblichen Energieeinsparung geführt und findet inzwischen breite Akzeptanz bei Nutzern und Gebäudeeigentümern. Durch mehrfache Novellierungen der Wärmeschutz- und der Heizungsanlagenverordnung haben sich die Randbedingungen für die Durchführung der Heizko-

stenabrechnung verändert. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über den Inhalt und Hintergründe der Verordnung und der Normen und diskutiert die aktuelle Entwicklung.

AA.IV.4

DIE NEUE GASINNENINSTALLATIONSTECHNIK – VERBRAUCHERFREUNDLICH, KOSTENGÜNSTIG UND SICHER

Dr.-Ing. Heiner Hüppelshäuser
Ruhrgas AG, Dorsten

Im Wettbewerb mit anderen Energieträgern sind Kostensenkungsmaßnahmen an allen Komponenten des haushaltlichen Gasheizungssystems, also auch an der Gasinstallation durchzuführen. Für die Marktakzeptanz haushaltlicher Kleinverbraucher wie Gasherd und Gas-Wäschetrockner sind einfache und kostengünstige Gasanschlüsse eine zwingende Voraussetzung. Die hier vorgestellte Gasinneninstallationstechnik besteht aus Kunststoffverbundrohren sowie neuentwickelten Steckdosen und Sicherheitselementen. Das flexible Leitungsmaterial ermöglicht durch die einfache Verlegetechnik (geringe Arbeitskosten) gegenüber konventionellen Installationsverfahren deutliche Kosteneinsparungen. Zur Absicherung im Brandfall sowie zur Manipulationsabwehr werden Gasströmungs- und Rückstauwächter als neuentwickelte Sicherheitselemente eingesetzt. Die Gassteckdosen sind vom Endverbraucher ähnlich einfach wie Stromsteckdosen zu bedienen.

In dem Beitrag werden die Installationstechnik und das Sicherheitskonzept erläutert, Ergebnisse der Branduntersuchungen sowie Praxiserfahrungen aus ersten Demonstrationsobjekten vorgestellt und über den Status des allgemeinen Zulassungsverfahrens berichtet.

AA.IV.5

STAND DER ENTWICKLUNG BEI DER SENSORISCHE BESTIMMUNG DER LUFTQUALITÄT IN INNENRÄUMEN

Prof. Dr.-Ing. Klaus Fitzner
Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik

Es haben sich durch die verschiedenen Untersuchungsverfahren, die zur Ermittlung der empfundenen Luftqualität erprobt werden, inzwischen drei, etwas unterschiedliche Verfahren herausgebildet, die zur sensorischen Ermittlung der Empfindenen Luftqualität benutzt werden können. Wenn das VDI-Verfahren, das zur Ermittlung der Außenluftqualität angewendet wird, mitgezählt wird, sind es sogar vier.

Die verschiedenen Verfahren und die Möglichkeit, ihre Ergebnisse, soweit ihre Zahlenwerte unterschiedlich sind, ineinander umzurechnen, sollen beschrieben werden. Solange die empfundene Luftqualität in dezipol gefragt ist, lässt sich das leicht durchführen.

Anders sieht es aus, wenn die Quellstärke in olf aus den Dezipol-Werten ermittelt werden soll. Die Gründe für die Schwierigkeiten und die Aussichten, das Problem zu lösen, sollen dargestellt werden. Sobald diese Lösung existiert, wird das Thema schnell an Bedeutung gewinnen, weil sich dann die Verunreinigungslasten im Raum ähnlich wie thermische Lasten berechnen lassen werden.

AA.IV.6

POLLUTION SOURCE CONTROL AND VENTILATION IMPROVE HEALTH, COMFORT AND PRODUCTIVITY

Pawel Wargocki, David P. Wyon and P. Ole Fanger
International Centre for Indoor Environment and Energy
Technical University of Denmark

Control of indoor pollution sources and ventilation are both means of improving indoor air quality. Three independent experiments have recently documented that removing a pollution source or increasing the ventilation rate will improve perceived air quality, reduce the intensity of several Sick Building Syndrome (SBS) symptoms and improve the productivity of office workers. In these experiments, the performance of simulated office work (text typing, addition and proof-reading, all typical office tasks requiring concentration) improved monotonically as the proportion dissatisfied with the air quality was reduced by either measure. The quantitative relationship was 1.1% change in performance per 10% dissatisfied, in the range 25-70% dissatisfied, or 0.5% change in performance per 1 decipol (dp), in the range 2-13 dp. Significant performance improvements occurred only when the intensity of general SBS symptoms such as headache and difficulty in thinking clearly were significantly reduced, which implies that this was the mechanism of causation. The performance of simulated office work increased monotonically with decreasing pollution load, a 1.6% increase in performance for each two-fold decrease of pollution load in the range 0.3-2 olf/m²floor, and with increasing outdoor air supply rate, a 1.8% increase in performance for each two-fold increase in the outdoor air supply rate in the range 0.8-5.3 L/s per olf. As these results clearly justify increased initial and operating costs, future developments in HVAC technology may include "personalized air", new ways of improving the quality of supply air (e.g., by filtration), more extensive use of heat recovery from exhaust air and systematic selection of low-polluting building and furnishing materials.

AA.IV.7

BEWERTUNG DER GERUCHABGABE EINER KLIMAAANLAGE

Dipl.-Ing. Frank Bitter, Prof. Dr.-Ing. Klaus Fitzner
Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik
Technische Universität Berlin

Ein Teil der Luftverunreinigungen in Büroräumen wird durch Raumluftechnische Anlagen eingebracht. Daher soll eine Anlage entwickelt werden, die eine geringe Geruchsbelastung für die Zuluft in Innenräumen darstellt. Die Geruchsabgabe der Anlagen wird am Hermann-Rietschel-Institut in einem Forschungsvorhaben „LOW-OLF-Klimaanlage“ untersucht. Das Vorhaben wird unterstützt von der Stiftung Industrieforschung. Das Klimagerät und die Komponenten werden durch die beteiligten Firmen bereitgestellt.

In der Planungsphase der Anlage wurden im Luftqualitätslabor Proben der in der Anlage verwendeten Materialien untersucht. Die Probenuntersuchungen werden in Messgläsern, die mit nahezu geruchsneutraler Luft durchspült werden, durchgeführt. Die Luft wird hierbei durch einen Ventilator in ein 3l Glas gedrückt, in dem sich die Probe befindet. Die verunreinigte Luft entweicht über einen Messtrichter. Die Bewertung der empfundenen Luftqualität durch Testpersonen erfolgt am oberen Rand der Messtrichter.

Im Gebäude des HRI wird für das Forschungsvorhaben eine Versuchsklimaanlage installiert. Basis der Versuchsanlage bildet eine Klimaanlage in Hygieneausführung aus dem Herstellerprogramm des Gerätebauers. Die Voruntersuchungen im Labor werden dazu genutzt, stark riechende Materialien durch geruchsärmere zu ersetzen. So kann die Geruchsbelastung der Klimaanlage gegenüber den Standardgeräten reduziert werden.

In der Anlage sind Messöffnungen zum Absaugen der Testluft aus dem Gerät vor und nach jeder Komponente vorgesehen. So können die Geruchsbelastungen der einzelnen Komponenten analysiert und die Geruchsquellen und Geruchssenken im Gerät lokalisiert werden. Die Untersuchungen werden sowohl im Betrieb als auch im Stillstand der Anlage durchgeführt. Durch konstruktive Änderungen der Anlagenkomponenten und durch Änderung der eingesetzten Materialien sollen die aufgedeckten Geruchsquellen minimiert werden. Die verbesserten Bauteile werden in die Versuchsanlage eingesetzt und erneut untersucht. In einem iterativen Prozess entsteht so eine geruchsarme Klimaanlage.

AA.IV.8

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUR EMISSION UND WAHRNEHMUNG VON GERUCHSSTOFFEN AUS LÜFTUNGSGERÄTEN

Dipl.-Ing. Olaf Böttcher, Prof. Dr.-Ing. Klaus Fitzner
Hermann-Rietschel-Institut der TU Berlin

Neben den Personen und den verwendeten Baumaterialien stellen die raumlufttechnischen Anlagen eine der Hauptquellen für Luftverunreinigungen in maschinell belüfteten Räumen dar. Zur Herstellung einer guten Luftqualität in den Räumen werden die vorhandenen Quellen mit großen Luftvolumenströmen verdünnt. Dies treibt sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten einer RLT-Anlage in die Höhe und führt zwangsläufig zu Unmut bei den Nutzern des Gebäudes. Der wesentlich effizientere Weg ist die Vermeidung von Verunreinigungsquellen. Dazu müssen jedoch die einzelnen Quellen identifiziert sowie ihre Stärke bestimmt werden und man benötigt Kenntnisse über das Zusammenwirken verschiedener Geruchsquellen. Das Hermann-Rietschel-Institut wurde von der FLT (AIF 11777 N) beauftragt, experimentelle Untersuchungen zur Emission und Wahrnehmung von Geruchsstoffen aus Lüftungsgeräten durchzuführen. Um das Verunreinigungspotential von RLT-Anlagen bestimmen zu können, sind geruchstechnische Bewertungen sämtlicher Einzelkomponenten, vom Vorfilter bis zum Zuluftfilter, und der Luftleitungen erforderlich. Außerdem müssen Additionsregeln gefunden werden, mit denen man die Quellstärke von Geruchsstoffgemischen aus den Werten für einzelne Gerüche bestimmen kann. Rechenergebnisse mit der von Fanger vorgeschlagenen linearen Addition sind nur stark eingeschränkt in die Praxis übertragbar. Untersuchungen zur menschlichen Geruchswahrnehmung lassen auf eine logarithmische Normalverteilung bei der Bewertung einzelner Materialproben durch eine Gruppe von Personen schließen. Dabei ist die Standardabweichung in den Bewertungen abhängig vom untersuchten Material. Demgegenüber besitzen die Kennlinien der untersuchten Materialien, also der Zusammenhang zwischen der Konzentration des Stoffes und der Empfundene Luftqualität, über einen weiten Bereich den gleichen exponentiellen Verlauf. Demnach müßte eine materialunabhängige Rechenregel zur Addition von Gerüchen existieren.

AA.IV.9

UNTERSUCHUNG ZUR VERSCHMUTZUNG IM NAHBEREICH VON DECKENLUFTDURCHLÄSSEN

Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Heiko Timmer, Prof. Dr.-Ing. Manfred Zeller
Lehrstuhl für Wärmeübertragung und Klimatechnik, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Eilfschornsteinstraße 18, 52056 Aachen

Dipl.-Ing. Frank Jordan, Dipl.-Ing. Siegfried Neumann, Prof. Dr.-Ing. Heinz Fissan
Fachgebiet Prozeß- und Aerosolmeßtechnik, Gerhard-Mercator-Universität Duisburg,
Bismarckstraße 81, 47048 Duisburg.

Im Nahbereich von Linearluftdurchlässen, die zur Erzielung einer Mischlüftung in die Raumdecke integriert sind, lagern sich Teilchen aus der Umgebungsluft in charakteristischen Mustern ab, welche die Decken verschmutzen und somit Reinigungs- und Renovierungskosten verursachen. Zu den Mechanismen, welche die Abscheidung der aus der Raumluft stammenden Teilchen verursachen, existieren bisher lediglich Hypothesen. Es fehlen deshalb gezielte Maßnahmen zur Vermeidung der Ablagerungen.

Für eine systematische experimentelle und numerische Untersuchung der Vorgänge werden Informationen über die Eigenschaften der Teilchen und die Strömungsdaten im Lufteintrittsbereich benötigt. Daher wurden in einem laufenden Vorhaben zunächst an ausgeführten Anlagen sowohl Ablagerungen als auch die in der Raumluft vorhandenen Teilchen nach ihrer Größe, Form und Stoffzusammensetzung untersucht, um daraus die aerodynamischen Parameter der Teilchen abzuleiten. Der höchste Anteil abgeschiedener Teilchen besitzt einen projizierten Durchmesser von unter 3 μm . Die sichtbaren Deckenverschmutzungen werden jedoch hauptsächlich von Teilchen mit projizierten Durchmessern von über 20 μm , d.h. mit deutlich größerer Oberfläche. Diese Teilchen sind größtenteils schuppenförmig und verhalten sich in der Luftströmung wie kleinere kugelförmige Partikel bei Einheitsdichte, ihr aerodynamischer Äquivalentdurchmesser ist also signifikant kleiner als ihr projizierter Durchmesser.

Das mit der Laser-Doppler-Anemometrie gemessene Strömungsfeld im Nahbereich des verwendeten Linearluftdurchlasses weist Gebiete erhöhter Turbulenz und kleinskalige Wirbelablösungen im Nachlaufbereich der Stege des Luftdurchlasses auf, in denen sich erfahrungsgemäß die meisten Teilchen abscheiden. Ferner bilden sich größere Wirbelstrukturen unterhalb des in den Raum eintretenden Luftstrahls. Diese begünstigen offenbar den Transport von Teilchen durch den Strahl zur Decke.

Wie Strömungssimulationsrechnungen zeigen, bei denen im errechneten Strömungsfeld Partikel mit äquivalent zu den in der Realität gefundenen Eigenschaften ausgesetzt werden, treffen die Partikel bevorzugt in diesen Bereichen hoher Turbulenz auf die Decke.

AA.IV.10

MESSGENAUIGKEIT THERMISCHER ANEMOMETER ZUR MESSUNG VON RAUMLUFTSTRÖMUNGEN

VERBESSERUNG DES DYNAMISCHEN VERHALTENS THERMISCHER ANEMOMETER

Dr. Ing. Th. Sefker , Dipl. Ing. Th. Wolters
Gebr. Trox GmbH, Heinrich Trox Platz, D-47504 Neukirchen-Vluyn

Ziel eines EU-Forschungsprojekts war die Verbesserung des dynamischen Verhaltens thermischer Anemometer. Im Rahmen dieses Projekts wurden handelsübliche und im dynamischen Verhalten verbesserte Messgeräte gleichen Typs untersucht. Diese Untersuchungen wurden unter anderem für verschiede-

ne Raumströmungsarten, Luftwechsel und Raumlasten im Modellraum durchgeführt.

Die Bestimmung von Messgenauigkeiten für bestimmte Randbedingungen war ein weiteres Ziel der Untersuchungen. Dazu wurden mögliche Fehlerquellen untersucht und in einem mathematischen Modell zusammengefasst, welches über eine Software erlaubt den zu erwartenden Messfehler zu bestimmen.

Dieser Beitrag stellt die Resultate der Messungen im Modellraum vor, zeigt die Verbesserung des dynamischen Verhaltens und präsentiert Empfehlungen für Anforderungen an die Messgenauigkeit von thermischen Anemometern für zukünftige Normen.

Stichworte: Raumluftströmung – thermische Anemometer – Forschungsprojekt
- Messgenauigkeit

AA.IV.11

ENERGIEEINSPARUNG IN KLIMA- UND KÄLTEANLAGEN DURCH EINSATZ ELEKTRONISCH GEREGLER PUMPEN

Dr. Horst-Georg Schmalfuß, Detlef Ipach
WILO GmbH, Nortkirchenstr. 100, 44263 Dortmund

Geregelte Pumpen werden nach dem heutigen Stand der Technik in Klima- und Kälteanlagen nur selten eingesetzt. In Heizungsanlagen hat sich die Pumpe mit integrierter Drehzahlregelung von 20 W bis 15 kW weitgehend durchgesetzt und zu erheblichen Einsparungen an elektrischer Antriebsenergie geführt, insbesondere wegen des hohen Zeitanteils des Teillastbetriebes.

Bei vielen Klima- und Kälteanlagen finden wir ebenfalls einen hohen Zeitanteil von Teillastbetrieb und damit bei „intelligenter“ Leistungsanpassung und Reduzierung von hydraulischem Drosselbetrieb die Chance wesentlicher Energieeinsparung.

Grundsätzlich kann man zwei Arten der Energieeinsparung definieren:

1. Einsparung elektrischer Pumpenantriebsenergie im Teillastbereich des Kälte-trägerkreislaufes.
2. Einsparung elektrischer Pumpenantriebsenergie im Teillastbereich des Rückkühlkreislaufes.

Es wird über beide Möglichkeiten berichtet. Ebenso werden technische Lösungen für Pumpen mit integrierter Regelung und die entsprechenden Regelalgorithmen dargestellt.

AA.IV.12

Wirtschaftlichkeitsvergleich von Operationsraum- Klimatisierungskonzepten

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Külpmann,
Technische Fachhochschule Berlin, FB IV: Architektur, Versorgungs- und
Energietechnik, Luxemburger Str. 9, 13353 Berlin
Robert Meierhans
Meierhans & Partner AG, Talgartenstr. 2, CH-81117 Fällanden/Zürich

Die Anforderungen an RLT-Anlagen für Operationstrakte in Krankenhäusern und weitgehend auch die möglichen Konzepte werden im wesentlichen in der DIN 1946/4 beschrieben. Danach sind insbesondere die Mindeststaußen- und -zuluftvolumenströme in Abhängigkeit von der OP-Raumklasse vorgegeben, nicht aber die Art der Zuluft einbringung. Aus vielen Untersuchungen ist aber bekannt, dass mit sog. Laminarflow-Zuluftdecken (LAF-Decken) die besten Luftqualitätsverhältnisse im OP-Bereich zu erzielen sind. Diese Systeme zeichnen sich durch erheblich höheren Zuluftstrombedarf aus, als es die Mindestanforderungen vorgeben (2400m³/h). Vielfach werden daher diese Systeme in Deutschland aus Kostengründen nicht in der hygienisch gebotenen Größe eingesetzt.

Bei dem Betrieb von LAF-Decken mit minimalem Außenluftvolumenstrom und mit raumweiser Umluftführung sind jedoch Zuluftvolumenströme von z.B. 4000 m³/h möglich, ohne dabei das Gesamtkostenniveau von traditionell ausgeführten Anlagenkonzepten nach DIN 1946/4 zu erreichen. Dieses und andere Ergebnisse zeigt eine umfassende Wirtschaftlichkeitsuntersuchung, bei der zwei verschiedene Anlagenkonzepte hinsichtlich ihrer Gesamtkostenentwicklung (Investitions- und Betriebskosten) verglichen werden.

AA.IV.13

UNTERSUCHUNGEN ZUM EINSATZ DER BAUTEILAKTIVIERUNG IN WOHNGEBÄUDEN

Dr.-Ing. Stefan Wirth, Prof. Dr.-Ing. H. Trümper *, Dr. Ing. K. Hain *
WIRTH-Ingenieure, Bahnhofstr. 6, 76137 Karlsruhe
* Uni Dortmund

Der niedrige Heizenergiebedarf moderner Wohngebäude resultiert zum einen aus einer hochwärmedämmten Gebäudehülle. Zum anderen setzt man in diesen Gebäuden konsequent die Prinzipien der passiven Solararchitektur ein. Durch diese Maßnahmen wird die Heizlast so weit gesenkt, dass die massiven Raumumschließungsflächen zur Gebäudebeheizung in Form von Wand-, Fußboden- und Deckenstrahlungsheizungen in bisher nicht möglicher Weise eingesetzt werden können. Darüber hinaus ist im Sommer nicht nur eine Nutzung der massiven Bauteile als passive Wärmespeicher, sondern auch als aktive Kühlelemente möglich. Für die Kälteerzeugung können Absorptions- und Kom-

pressionskältemaschinen oder auch die Erdwärme genutzt werden. Wegen der niedrigen Systemtemperaturen im Heizfall ist auch ein Einsatz der Kältemaschinen mit Umkehrschaltung während der Heizperiode als Wärmepumpen möglich.

Zur Abschätzung der Notwendigkeit einer Bauteilaktivierung im Sommer werden zuerst konventionelle Maßnahmen des sommerlichen Wärmeschutzes (z.B. temporärer Sonnenschutz oder Nachtkühlung durch freie Lüftung) auf ihre Wirksamkeit untersucht. Mit diesen Maßnahmen lassen sich jedoch nicht immer thermisch als behaglich empfundene Raumlufttemperaturen erreichen. Erst durch die aktive Nutzung der Raumumschließungsflächen zur Gebäudekühlung können die Raumlufttemperaturen so weit gesenkt werden, dass sie als behaglich empfunden werden. Abschließend werden die im Wohnungsbau einsetzbaren Systeme zur Bauteilaktivierung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit dargestellt sowie die technischen und physiologischen Einsatzgrenzen aufgezeigt.

AA.IV.14

EIN BEITRAG ZUR BETONKERNAKTIVIERUNG TEIL 1: GEBAUTE BEISPIELE UND MESSERGEBNISSE

Dr. Bjarne W. Olesen, Holmer Deecke, Dipl.-Ing., Jens Alester, Dipl.-Ing.
D.F. Liedelt velta GmbH

Viele Berichte haben sich den letzten Jahren mit dem Thema „Betonkernaktivierung“ beschäftigt. Die meisten waren theoretische Überlegungen, grundlegende Diskussionen, Ergebnisse von Computersimulationsberechnungen oder Ergebnisse von Labor-Messungen. Seit einigen Jahren sind auch die ersten Gebäude in Deutschland in Betrieb genommen. Dieser Bericht präsentiert einige Bauvorhaben mit den ersten Betriebsverfahren und auch einige Bauvorhaben, die sich noch in der Bauphase befinden.

Es werden einige Erfahrungen des praktischen Verlaufs der Bauphase und Montagetechniken erläutert.

In einigen Gebäuden sind auch Messungen von Raumklima und Systemparametern über einige Wochen gemessen worden. Die Messergebnisse werden in diesem Bericht präsentiert und diskutiert.

AA.IV.15

Ein Beitrag zur Betonkernaktivierung - Teil 2: Regelungsstrategien

Dipl.-Ing. Tobias Brunner, Honeywell; Dr. Bjarne W. Olesen
D.F. Liedelt velta GmbH;
Prof. Dr. Klaus Sommer, Fachhochschule Köln

Mit Hilfe eines Büro-Raummodells und der Computersimulation (TRNSYS) in Stunden-schritten über ein Jahr werden verschiedene Regelungsstrategien für die Betriebsbereitschaftszeit der Betonkernaktivierung und deren Pumpenlaufzeiten untersucht. Als Bewertungskriterien für die verschiedenen Regelungsstrategien kommen die thermische Behaglichkeit und die tatsächlich erforderliche Pumpenlaufzeit (als ein Maß für den Energiebedarf) zum Einsatz.

Die Simulationsergebnisse werden in diesem Bericht präsentiert und diskutiert.

AA.IV.16

NUTZUNGSANGEPASSTE VOLUMENSTROMREGELUNG IM LABOR

Dipl.- Ing.Gregor Baumeister
Gebrüder Trox GmbH

Laborabzüge und –räume wurden in der Vergangenheit fast ausschließlich mit konstanten Volumenströmen gefahren. Das war aufgrund der damals geltenden Norm erstens vorgeschrieben und zweitens auch technisch kaum anders zu verwirklichen.

In der Industrie ist in den letzten Jahren die Anzahl der Laborabzüge pro Raum gestiegen. Außerdem werden an bestehende Lüftungsanlagen zusätzliche Laborabzüge angeschlossen, z.B. um in den Universitäten den Studenten mehr Laborplätze anbieten zu können. So kann heute nicht mehr auf eine bedarfsgerechte Luftstromdosierung und -verteilung verzichtet werden.

Das war allerdings erst nach Inkrafttreten der Neufassung der DIN 12924 aus dem Jahr 1991 zu verwirklichen. Danach werden Laborabzüge auf Schadstoffrückhaltung geprüft und keine Volumenströme vorgegeben.

Vorgestellt werden moderne Regelsysteme, die Vorteile wie schnelle und stabile Regelvorgänge sowie auch z.T. die Überwachung der lufttechnischen Funktion des Laborabzuges beinhalten.

An den Laborzuluft- Regler und auch an die Zuluftdurchlässe werden in diesem Zusammenhang ebenfalls hohe Anforderungen gestellt. Raumdruckregelung oder Volumenstrom-Differenzregelung: Rauchdichte Labortüren stellen erhöhte Anforderungen an die Regeltechnik.

AA.IV.17

DAS SCHICHTENLAGER

Dipl.-Ing. (FH) Manfred Wolf

M+W Zander Facility Engineering GmbH, Rollnerstraße 111, 90408 Nürnberg

- Kalt und warm ohne Trennwand?
- Vorbild Natur - Inversion
- Vision, Theorie, Versuche und Ergebnisse
- Partnerschaft und Patentierung
- Umsetzung in die Realität
- Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Praxis

AA.IV.18

ÜBERBLICK ÜBER DIE KLIMA- UND KÄLTETECHNIK IM BERG- UND TUNNELBAU

Dr. Wolfgang Schlotte

Deutsche Montan Technologie GmbH, GB ProTec/ProTec Division
Am Technologiepark 1, D-45307 Essen

Folgende Themen sollen im Vortag behandelt werden:

- Aufgaben der Klimatechnik im Berg- und Tunnelbau
- Klimaplanung
- Luftkühlsysteme
- Regelung von Luftkühlsystemen
- Leistungsnachweise an Komponenten von Luftkühlsystemen

AA.IV.19

WIRTSCHAFTLICHE LUFTVERSORGUNG VON GEPARKTEN FLUGZEUGEN MITTELS PRE-CONDITIONED-AIR (PCA) SYSTEMEN

D. Makulla

Krantz TKT GmbH, Bergisch-Gladbach

Flugzeuge werden heute auf nahezu allen Flughäfen während der Standzeit an der Passagierbrücke mit externer elektrischer Energie versorgt. Die Versorgung der Passagiere mit konditionierter Luft wird jedoch auf den meisten Flughäfen noch über die Bordklimaanlage vorgenommen, obwohl externe Systeme an der Passagierbrücke diese Aufgabe wesentlich wirtschaftlicher und mit erheblich geringerer Umweltbelastung erfüllen könnten.

Der Vortrag erläutert die unterschiedlichen Möglichkeiten der Luftversorgung von geparkten Flugzeugen und zeigt deren Vorteile auf. Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsberechnung wird gezeigt, daß Amortisationszeiten von 3 – 4 Jahren erzielbar sind, wobei die Kosten für die Fluggesellschaften nicht höher sind als beim Betrieb der bordeigenen Klimaanlage.

AA.IV.20

REENGINEERING EINES ALTEN KÜHLPRINZIPS

Dipl. Ing. ETH Patrik Sprecher, Dr.sc. tech. ETH Joachim Borth
Sulzer Infra Lab AG, Zürcherstr. 19/15, CH-8401 Winterthur

Dipl. Ing. Roland Niessen
Sulzer Escher Wyss Lindau, Kemptener Str. 11-15, D-88103 Lindau

Mit Kühldecken kann mit relativ hohen Wassertemperaturen um 20°C eine grosse Kühlwirkung im Raum erzeugt werden. Es ist deshalb naheliegend zur Kühlung des Wassers, soweit es die Aussenluftbedingungen erlauben, das Prinzip der „freien Kühlung“ anzuwenden. Im Rahmen des von der EU geförderten Forschungsprojektes „EcoCool – Ecological cooling for buildings by combining a closed wet cooling tower with chilled ceilings“ werden die Möglichkeiten und Grenzen der Verwendung eines geschlossenen Nasskühlturms zur freien Kühlung im Zusammenhang mit Kühldecken untersucht. Da es bei dem Projekt um die Anpassung eines schon lange bekannten Kühlbetriebs an die spezifischen Bedingungen des Kühldeckenbetriebs geht, sprechen wir von einem Reengineering. Der Reengineering-Prozess und die Anwendungsgrenzen des Systems werden Anhand von Labor-Messungen an einem Prototypen, von dynamischen Gebäudesimulationen und von Messungen an einer installierten Anlage erläutert. Die Ergebnisse zeigen, dass bereits mit dem Prototypen hohe COP-Werte von über 6 erzielt werden. Darüber hinaus besteht ein grosses Optimierungspotential für eine weitere Steigerung des COP-Werts bei der Auswahl und Auslegung der Kühlturmkomponenten.

AA.IV.21

NEUE LÜFTUNGSKONZEPTE MIT ERWÄRMETAUSCHERN UND ATRIEN

Dipl.-Ing Udo Keller
Zibell Willner & Partner, An der Münze 12-18, 50668 Köln

Der Wunsch der Bauherrn und Architekten nach Transparenz und offenen Kommunikationsflächen hat zu einer Renaissance der Atrien und überdachten Foren geführt.

Durch die Einbringung von luftführenden Kanälen ins Erdreich ist die Möglichkeit gegeben, auf sehr effiziente Art, je nach Jahreszeit eine Vorwärmung- bzw

Vorkühlung der Außenluft zu erzielen.

Anhand von Projektbeispielen wird aufgezeigt, wie die Thematiken Atrium und Erdwärmetauscher mit Hilfe von thermischen Strömungssimulationen integriert worden sind und zu völlig neuen Konzepten der natürlichen Be- und Entlüftung von Gebäuden geführt haben.

AA.IV.22

NEUE WEGE IN DER KLIMATECHNIK: LUFTENTFEUCHTUNG MIT WÄßRIGEN SALZLÖSUNGEN

Dipl.-Ing. Biel, Sönke; Prof. Dr.-Ing. Steimle, Fritz
Universität Essen, Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik
Universitätsstr. 15; 45141 Essen

Klimaanlagen bei denen die Luftentfeuchtung mit sorptiven Materialien und die Temperaturabsenkung durch Verdunstungskühlung erfolgt, ermöglichen eine Reduzierung der Betriebskosten. Die Substitution der Kältemaschine erfordert eine präzise Auswahl der Komponenten und die Kenntnis der auf den Zuluftzustand wirkenden Parameter.

Es werden Meßergebnisse und die funktionalen Zusammenhänge einer Versuchsklimaanlage mit einer Luftleistung von 1200 m³/h vorgestellt. Diese Anlage arbeitet mit flüssigen Sorptionsmitteln. Die Temperaturabsenkung und Wärmeabfuhr erfolgt ausschließlich durch Verdunstungskühlung. Dabei kann auf eine Kältemaschine oder einen Zuluftbefeuchter zur Temperaturabsenkung verzichtet werden.

Das vorgestellte System erreicht die in der Klimatechnik geforderten Leistungsdaten und stellt somit eine Alternative zur Luftkonditionierung unter Einsatz einer Kältemaschine dar. Die Vorteile liegen in einer deutlichen Reduzierung der elektrischen Leistung im Sommer und einem verringertem Energiebedarf gegenüber Systemen mit Taupunktunterschreitung.

Als Antriebsenergie für den sorptiven Entfeuchtungsprozeß wird Wärme auf niedrigem Temperaturniveau benötigt. Eine Einbindung von Solarenergie ist somit möglich. Ein großer Vorteil der flüssigen Sorbentien ist die Möglichkeit der verlustfreien Speicherung von konzentrierter Sole.

V.1

WÄRMEPUMPEN IN GEWERBE UND INDUSTRIE – EIN ÜBERBLICK

Dipl.-Ing. R. Heidelck, Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H. Kruse, Prof. Dr.-Ing. H.-J. Laue,
IZW e.V., Hannover

In Industrie und Gewerbe besteht vielfältiger Bedarf an Heiz- und Prozesswärme bis Temperaturen von ca. 150°C, die bei geeigneter Wärmequelle durch eine Wärmepumpenanlage bereitgestellt werden kann. Die auftretenden Temperaturen der Wärmesenken- und Wärmequellenseite und die erforderlichen Wärmeleistungen variieren sehr viel stärker als in der Haushaltsbeheizung. Dies führt dazu, dass die Anlagen individueller geplant werden und die betriebenen Anlagen eine große Vielfalt aufweisen.

Der Wärmebedarf in Gewerbe und Industrie ist sehr hoch, so dass bei konsequenter Nutzung der Wärmepumpentechnik erhebliche Mengen an Energie eingespart und an Treibhausgasemissionen vermieden werden können.

Der Vortrag gibt einen Überblick über die Einsatzbereiche von Wärmepumpen in Gewerbe und Industrie, technische Ausführungen und zeigt exemplarisch einige Beispiele.

V.2

WÄRMEPUMPEN IN INDUSTRIE UND GEWERBE – EIN INTERNATIONALER ÜBERBLICK

J. Bouma, M.Sc.,
Heat Pump Centre der International Energy Agency,
Sittard, Niederlande

Heat pump technology is increasingly being used for heating and cooling of residences and commercial/institutional buildings. The main thrust behind this market growth is the need for energy efficient heating and cooling systems and renewable energy technologies to reduce global warming. However, the use of heat pumps in industrial processes, agriculture/horticulture and trade is limited, despite their substantial potential in these sectors. The market growth rate observed in the building sector (more than 10% annually) is not likely to happen in the process industry sector. However, some growth may be expected here too. The main reason for the lack of market growth is return on investment. Current energy prices for large industrial energy consumers do not justify applying a heat pump system. Exceptions are specific mechanical vapour recompression applications and product drying. The use of renewable energy sources in industry is still in its infancy. In some countries voluntary agreements between governments and industry have been established and they aim to stimulate the accelerated use of efficient and renewable energy technologies.

In this paper an international market overview is presented for Europe as a whole, followed by a description of the industrial heat pump status in major markets. The market sector is evaluated in terms of number of installations and an indication is

given of the environmental benefits of industrial heat pumps. At the end of 1996 around 11,000 industrial heat pumps were installed, whereas the annual market growth in Europe was around 200 installations.

V.3

INDUSTRIAL HEAT PUMPS IN THE NETHERLANDS, EXCEEDING THE ONE-PLANT LEVEL (INDUSTRIEWÄRMEPUMPEN IN DEN NIEDERLANDEN)

S. Lobregt, P. Oostendorp, S.M. van der Sluis

TNO, Apeldoorn, Niederlande

Industrial heat pumps in the Netherlands are gaining a place in the Industry landscape mainly in applications where a simultaneous demand for cooling and heating is available.

TNO-MEP, department of refrigeration and Heat pump technology has been involved in a number of situations where heat pump applications have been realised for individual industries, integrated with the primary production process. Typical Dutch applications of heat pumps are found in the drying of tulip bulbs and the storage of cheese.

A new trend is stimulated, where heating and cooling demands from a number of industries on one site are integrated, whereby surpluses from one industry are used by others, and central storage of thermal energy is considered. This approach leads to more complex analyses of heating and cooling demands varying in time, temperature, capacity and must include the aspect of reliability of demands - and possible back-ups. Special software, like Cycle-Tempo, are indispensable tools.

TNO's expertise, including not only refrigeration and heat pump technology, but also industrial safety & reliability and system innovation is used over the full width to provide cost effective solutions with mutual benefits. We help the industry for the technical solutions to be competitive tomorrow.

V.4

SORPTIONS-WÄRMEPUMPEN FÜR GEWERBE UND INDUSTRIE

Dr.-Ing. C. Schweigler, Dr.-Ing. habil F. Ziegler

ZAE Bayern, München

Bei Sorptions-Wärmepumpen wird der mechanische Verdichter durch einen Lösungskreislauf ersetzt, der aus einem Absorber, einer Lösungspumpe, einem Lösungswärmetauscher, einem Generator und einem Lösungsexpansionsventil besteht. Als Antrieb wird überwiegend Wärmeenergie und nur ein geringer Anteil an mechanischer Energie für die Lösungspumpe benötigt. Als Arbeitsstoffpaar wird überwiegend Ammoniak/Wasser und Wasser/Lithiumbromid eingesetzt.

Der Antrieb durch Wärme bietet im gewerblichen und industriellen Bereich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere wenn Abwärme als Antriebsenergie genutzt werden kann.

Wird der Sorptionsprozess im umkehrter Richtung als Wärmetransformator betrieben, das heißt Wärmezufuhr bei mittleren Temperaturen, Wärmeabfuhr bei niedrigen Temperaturen, wird bei hohen Temperaturen ein Nutzwärmestrom bereitgestellt.

Der Vortrag gibt einen Überblick über die technischen Möglichkeiten im Bereich des Gewerbes und der Industrie, gibt Ausführungsbeispiele an und zeigt Entwicklungstendenzen auf.

V.5

NUTZUNG INDUSTRIELLER ABWÄRME DURCH WÄRMEPUMPEN MIT KALTWASSER-NAHWÄRME

Dipl.-Ing. R. Bertuleit,

Art-Bertuleit, Bielefeld

Die Leistungszahl des Wärmepumpenprozesses wird durch folgende Größen beeinflusst:

- Konstruktive Auslegung (Wärmetauscherdimensionierung, Druckverluste...)
- Temperaturniveau der wärmeabgebenden Seite (Heiz-Brauchwassersystems)
- Temperaturniveau der Wärmequelle

Gerade dieses Temperaturniveau ist in der Regel naturgegeben und nicht beeinflussbar. Soll die Leistungszahl wesentlich verbessert werden, so muss die Wärmequellentemperatur und somit die Verdampfungstemperatur erhöht werden.

Wir sind oftmals von Wärmequellen mit niedrigen Temperaturniveau (z.B. + 20°C) umgeben. Die Industrie verfügt über große Abwärmepotenziale die nutzlos abgeführt werden.

Im nachfolgenden Bericht werden Nahwärmeprojekte beschrieben, in denen industrielle Abwärme als Wärmequelle dient.

Die Heizung und Brauchwasserbereitung in den Gebäuden erfolgt durch Wärmepumpen. In den Siedlungen werden bis zu 110 1-50 Familienhäuser versorgt. Zwischenzeitlich liegen mehrjährige Erfahrungswerte vor. Es werden weitergehende Möglichkeiten der Wärmequellennutzung betrachtet.

V.6

GROßWÄRMEPUMPE IN EINER MÜLLVERBRENNUNGSANLAGE

Dipl.-Ing. Peter Bailer

Sulzer Friothersm, Winterthur, Schweiz

Umea Energi AG in Umea Nordschweden hat eine neue Müllverbrennungsanlage für eine Müllmenge von 20t/h gebaut. Die Müllverbrennung erfüllt strengste Umweltanforderungen und ist vermutlich die wirtschaftlichste Müllverbrennungsanlage der Welt.

Die Verbrennung wird kombiniert mit der Erzeugung von Strom- und Heiz-Energie. Als wichtiger Teil in dieser Anlage ist der Einsatz von zwei Sulzer Friothersm Großwärmepumpen UNITOP28 mit einer gesamten Heizleistung von 14MW, bei einer Heizwassertemperatur 75°C, mit R134a als Kältemittel. Das durch die Rauchgaswäsche feuchte Rauchgas wird kondensiert und dient als Wärmequelle.

Die Wärmerückgewinnung durch die Wärmepumpen erhöht den Gesamtwirkungsgrad der Anlage von 94% auf 107% --- somit ein Perpetuum mobile??!

V.7

GASMOTOR-WÄRMEPUMPEN IN GEWERBE UND INDUSTRIE

Dipl.-Ing. Horst Jacobowsky

YORK-INTERNATIONAL, Mannheim

Die Gasmotor-Wärmepumpe spielt bei der Diskussion um eine effektive und umweltfreundliche Heizmethode eine immer wichtigere Rolle. Damit werden der Primärenergieeinsatz reduziert und weniger Treibhausgase an die Atmosphäre abgegeben. Diese Technologie ist dadurch ein Instrument, um die hohen Reduktionsraten an CO₂ zu erreichen, zu der sich die Bundesrepublik vertraglich verpflichtet hat.

Allerdings kann die Gasmotor-Wärmepumpe nicht wie ein konventioneller Heizkessel überall eingesetzt werden, sondern nur dort, wo auch die Voraussetzungen für den Einsatz gegeben sind. Mit der Gasmotor-Wärmepumpe wird Niedertemperaturwärme auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Eine Energiequelle ist damit die wichtigste Voraussetzung um den Einsatz einer Gasmotor-Wärmepumpe zu untersuchen. Wie bei der Kraft-Wärme-Kopplung durch Blockheizkraftwerke werden auch bei den Gasmotoren der Wärmepumpen die Motor- und Abgaswärme zu

Heizzwecken genutzt. Abgaskatalysatoren ermöglichen eine hervorragende umweltfreundliche Qualität der Abgase. Je kleiner die Differenz zwischen der Abwärmequelle und der Heiztemperatur ist, je niedriger sind die spezifischen Investitionskosten und umso besser ist die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Deshalb ist es empfehlenswert, bei Wärmepumpen allgemein Niedertemperaturheizsysteme einzusetzen.

Die Technik der Gasmotor-Wärmepumpe ist in den letzten Jahren ständig verbessert worden. Die Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit der Gasmotoren im automatischen Betrieb ist erheblich gesteigert. Am Beispiel von ausgeführten Anlagen werden die Fortschritte dieser Technologie und der aktuelle Stand der Technik erläutert.

V.8

HOCHTEMPERATUR-WÄRMEPUMPEN FÜR INDUSTRIE UND GEWERBE

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H. Kruse

FKW Forschungszentrum für Wärmepumpen und Kältetechnik, Hannover

Industrielle und gewerbliche Wärmepumpen werden vorwiegend im höheren und hohen Temperaturbereich eingesetzt, um Prozessabwärmen zu nutzen bzw. Wärme für industrielle und gewerbliche Zwecke, aber auch Gebäudebeheizung bereit zu stellen. Hierfür wurde in der Vergangenheit im wesentlichen FCKW 12 bis ca. 80 °C verwendet, und darüber FCKW R114 bis etwa 120 °C. In diesem Temperaturbereich lassen sich die meisten Anwendungen in zwei Klassen hinsichtlich der Verdampfungs –und Kondensationstemperatur einordnen, nämlich bei ca. 40 °C/90 °C und 60 °C/120 °C. Hierfür wurden die Eigenschaften der potentiellen organischen und anorganischen Kältemittel, einzeln oder im Gemisch im Hinblick auf Leistungszahl und volumetrische Heizleistung theoretisch untersucht. Hieraus wurden zwei bevorzugte Stoffkombinationen abgeleitet, nämlich eine bestehend aus synthetischen Sicherheitskältemitteln und die andere bestehend aus anorganischen Stoffen, die nur geringe lokale Sicherheitsmaßnahmen erfordern. Für die letztere Lösung wurden bereits experimentelle Voruntersuchungen im Rahmen eines EG-Projektes durchgeführt, so daß nunmehr diese Lösung in einem Demonstrationsprojekt in der gewerblichen Anwendung erprobt werden soll, ebenso wie die Lösung mit Sicherheitskältemitteln mit einem Hochtemperatur HFKW Kältemittel, daß erst kürzlich auf dem Markt erschienen ist.

Beide Lösungen weisen ein interessantes Potential für industrielle und gewerbliche Wärmepumpen auf, das bisherige Kältemittel FCKW 114, welches durch das Montrealprotokoll verboten ist, in Hochtemperaturwärmepumpen zu ersetzen.