

I.1 / III.1

BASISFORSCHUNG UND ENTWICKLUNGSTRENDS AUF DEM GEBIET DER KRYOMEDIZIN

Dr. sc. nat. Ralf Herzog
Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden

Die Medizin ist ein exponiertes und vor allem sich entwickelndes Anwendungs- und Marktfeld für die Kältetechnik und Tieftemperaturtechnik, insbesondere durch Weiterentwicklungen von Methoden, Geräten und Anlagen für Kältetherapien. Die Kryochirurgie spielt dabei eine wichtige Rolle. Die moderne Kryochirurgie stellt heute unter Berücksichtigung ihrer Vor- und Nachteile eine geeignete Ergänzung, Bereicherung und Alternative zur konventionellen Chirurgie dar. Internationale Entwicklungen, insbesondere in den USA und Japan, aber auch in Europa, sind darauf gerichtet, blutarme, minimal-invasive Kryotherapien

- mit miniaturisierten Hochleistungskryoapplikatoren
- mit effizienter, lokal begrenzender, tumorzerstörender Kälteeinwirkung
- sowie mit simultaner Verifizierung der Therapieparameter, dem „controlled freezing“

einzuführen. Über eigene Dresdner Entwicklungen wird berichtet. Neueste Erkenntnisse auf dem Gebiet der Kälteanwendung in der Medizin wurden 1998 und 1999 auf Tagungen der *International Society of Cryosurgery*, der *International Society of Cryobiology*, des *International Institute of Refrigeration* und der *Deutschen Arbeitsgruppe Kryochirurgie* vorgestellt.

I.2 / III.2

KRYOCHIRURGIE IN DER DERMATOLOGIE: STAND DER TECHNIK UND NEUE METHODEN

Priv.-Doz. Dr. med. Christos C. Zouboulis
Klinik und Poliklinik für Dermatologie, Universitätsklinikum Benjamin Franklin
Freie Universität Berlin

Die Kryochirurgie ergänzt das therapeutische Spektrum in der Dermatologie. Ihre Vorteile sind die einfache Anwendungsweise bzw. Handhabung, ambulante Anwendbarkeit, kurze Behandlungsdauer. Sie ist bei älteren und inoperablen Patienten und bei anatomisch ungünstiger Lokalisation der Hautveränderungen möglich, beliebig oft wiederholbar, ohne Lokalanästhesie durchführbar, kostensparend, schont wichtige anatomische Gewebsstrukturen und erzielt gute kosmetische Resultate.

Die Methode ist heute verfeinert und die Techniken standardisiert. Zu einer optimalen Kryochirurgie wird ein Temperaturminimum im Gewebe von -40°C bei der Behandlung von Hauttumoren und -25°C bei der Behandlung anderer Dermatosen benötigt. Durch eine hohe Gefriereschwindigkeit von ca. 100°C pro Minute kommt es zur intra- und extrazellulären Eiskristallbildung, die eine irreversible Schädigung der Zellen verursacht. Eine geringe Auftaugeschwindigkeit von ca. 10°C pro Minute führt zur massiven intrazellulären Wasseraufnahme, die eine Ruptur der Zellmembran nach sich zieht und additiv auf die Zerstörung der Zellen wirkt. Die Wiederholung des Vereisungszyklus erlaubt die Zerstörung tieferer Gewebeschichten. Eine hohe Gefriereschwindigkeit und die Wiederholung des Vereisungszyklus sind insbesondere bei der Behandlung von Hauttumoren erforderlich. Zwei bis drei Tage nach der Behandlung kommt es zu einer lokalen Gefäßthrombose, die die zweite Phase der Kälteeinwirkung darstellt. Eine dritte,

immunologische Phase ist noch ungewiß.

Eine Fülle von gut funktionierenden Kältegeräten mit den unterschiedlichsten Ausstattungen finden heute Einsatz in der Dermatologie. Die Auswahl ist groß und reicht von den klassischen Watteträgern über die Thermoskanne zu komplizierten Kryogeräten. Zur Verfügung stehen zwei Anwendungsmethoden. Beim Kontaktverfahren finden metallische Sonden Anwendung, die nach dem Prinzip des Wärmeaustausches funktionieren und die von Gefriermaterial unter Verdampfung durchströmt werden. Beim Sprayverfahren wird mit offenem Kühlsystem über vereisungssichere Ventile direkt auf die Haut gesprüht. Standardmoulagern, individuell hergestellte Moulagern aus Plastik oder andere Materialien werden zum Schutz des benachbarten gesunden Gewebes angewendet.

Verschiedene Gefriermaterialien finden bis heute Anwendung. Zur erfolgreichen Kryochirurgie bietet sich die Verwendung von Kohlendioxidschnee (-79°C), von flüssigem Stickoxydul (-86°C) und insbesondere von flüssigem Stickstoff (-196°C) an. Neu ist die Erzeugung von Temperaturen von -32 bis -42°C mittels der Anwendung eines Peltier-Elements ohne den Einsatz von Gefriermaterial. Während Temperaturen bis -86°C zur Behandlung einiger Läsionen geeignet sind, ist die Temperatur von -196°C zum Erzielen der notwendigen hohen Gefriergeschwindigkeit bei der Behandlung der Hauttumoren zu bevorzugen.

Um eine kontrollierte Kryochirurgie der Hauttumoren zu erzielen, bedient man sich Thermosonden (25G), die von der Seite her auf verschiedene Hautebenen aufgesetzt werden. Eine davon wird an die Tumorbasis geschoben. Dadurch kann man die Temperatur (Pyrometer-Methode) oder die elektrische Resistenz (Resistenz-Methode) im Gewebe während des Kryochirurgieprozesses messen. Neuerdings wird mit einem Ultraschallsender im Zentrum der metallischen Kryosonden versucht, die Tiefe der Läsion und das Fortschreiten der Kälteapplikation intraoperativ zu visualisieren.

Während der Kryochirurgie tritt im Anschluß an die weißliche Gefrierphase ein starkes Erythem auf, das langsam abklingt. Im weiteren Verlauf entsteht ein Ödem, eine Blasenbildung mit Exsudation und anschließender Mumifikation. Nach Abfallen der Kruste innerhalb von 7-21 Tagen ist der Herd abgeheilt. Eine sichtbare Narbenbildung ist selten.

Die Kryochirurgie ist die Therapie der Wahl bei Keviden und hypertrophen Narben, Granuloma anulare und Säuglingshämangiomen. Bei weiteren Hautkrankheiten stellt sich die Kryochirurgie als wertvolle Alternative dar: Als unerwünschte Reaktionen sind Schmerzen während und kurz nach der Therapie, Odembildung, Wundinfektion, Blutung, Hyper- oder Hypopigmentierung, Bildung von atrophischen Narben, Milien und reversible Neuropathie zu erwähnen. Als absolute Kontraindikationen gelten die Kälteurticaria, die Kryoglobulinämie, die Kryofibrinogenämie und der M. Raynaud. Relative Kontraindikationen sind Läsionen an den Extremitäten älterer Patienten, am behaarten Kopf, bei Perforation des Knorpels und bei dunkel pigmentierter Haut.

I.3 / III.3

KRYOCHIRURGIE IN DER VETERINÄRMEDIZIN – STAND UND PERSPEKTIVEN

Dr. Jens Siebert, Dr. Andrea Behrens
Kleintier- und Pferdepraxis Hamersleben

Prof. Dr. Lutz-Ferdinand Litzke
Justus-Liebig-Universität Gießen

Die Kryochirurgie ist in der Veterinärmedizin ein anerkanntes Verfahren zur gezielten Beseitigung pathologisch veränderten Gewebes.

Bei einigen Erkrankungen sind die therapeutischen Ergebnisse denen anderer

Verfahren deutlich überlegen. Hierzu zählen beispielsweise spezifische Hauttumoren des Pferdes (Equines Sarkoid), Augenlidtumoren, gutartige Tumoren der Mundhöhle und bösartige Tumoren der äußeren Haut. Bei der Anwendung in der Tiermedizin erweisen sich eine Reihe von Anwendungseigenschaften der Kryochirurgie als sehr vorteilhaft. Da hier die gegebenen Umstände ein korrektes medizinisches Vorgehen oft unmöglich machen, sind das schmerz- und blutungsarme Arbeiten und die geringe Infektionsgefahr bedeutsame Eigenschaften der Kältechirurgie. Durch den Einsatz transportabler Handapplikatoren ist eine Behandlung erkrankter Tiere nahezu überall möglich.

Beispielhaft wird ein Ausblick auf eine Erweiterung des Indikationsspektrums (chronisch-entzündliche Hauterkrankungen, Autoimmundermatosen) gegeben. Eine neuentwickelte Einstich-Sonde (fa. Funke – Medingen) zur Vergrößerung des Gefrierzonenradius wird vorgestellt und erste Ergebnisse besprochen.

I.4 / III.4

TIEREXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUR KRYODEVITALISATION AM UNTERKIEFER

M. Hlawitschka ¹, A. Böhm ², K. Ullmann ¹, M. Herzog ², R.U. Eckelt ¹

¹) Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der TU Dresden

²) Institut für Luft und Kältetechnik Dresden

Ausgehend von Untersuchungen zur Kryodevitalisation des tumorbefallenen Unterkiefers (Schagus 1977) mittels eines von Flüssigstickstoff durchströmten Silikonschlauches, der in zirkulären Windungen den Knochen umgibt (Eckelt 1980) bestand die Aufgabe, eine neue Kühlkammer zu entwickeln. Diese soll die Forderung nach einer verbesserten Kälteleistung, einer einfachen Handhabung und einer verbesserten thermische Isolation zum umgebenden Weichgewebe erfüllen. Die physikalischen Parameter sollten am durchbluteten Unterkiefer des Mischweines überprüft und die biologische Wirksamkeit der Kryodevitalisation beobachtet werden.

Material und Methode

Grundlage der verwendeten Kryokammer bildeten zwei aneinander geklebte Silikongummischläuche mit einem Durchmesser von 13 mm und einer Wandstärke von 1,5 mm, die von beiden Seiten des Unterkiefers aufgelagert wurden. Die physikalischen Parameter Kühlgeschwindigkeit und Temperatur wurden erfaßt. Die Meßeinheit am Schweinekiefer beinhaltete 4 mm in den Knochen eingebohrte und in cm-Abständen aneinandergereihte Thermomeßelemente. Es kommt ein Folienheizer als Isolator zum Einsatz. Mit dieser Kühlkammer ist bei 4 Mischweinen der Unterkiefer im Seitzahngebiet unterkühlt worden. Der längste klinische Nachuntersuchungszeitraum betrug 11 Wochen. Die Kühlung des Kieferabschnittes im Seitzahngebiet erfolgte bis zum Erreichen der minimalen Temperatur und wurde dann 10 min gehalten. Nach einer Auftauphase wurde ein zweiter Kühlzyklus durchgeführt. Die Auswertung der Tierversuche erfolgte anhand einer klinischen und röntgenologischen Untersuchung.

Ergebnisse

Die auswertbaren Kühlkurven zeigten $-142\text{ }^{\circ}\text{C}$ als tiefste Temperatur und 60 K/min als größte Gefriereschwindigkeit. In allen Fällen konnte eine Knochende vitalisation erreicht werden. Die Sektion und röntgenologische Untersuchung ergaben eine Sequesterbildung in der Kühlzone ab der vierten Woche und pathologische Frakturen der kryodevitalisierten Kieferabschnitte in der fünften Woche. In einem Fall lies sich ab der 11. Woche eine klinische Besserung der Wundverhältnisse beobachten Die Knochende vitalisation ist mit dem untersuchten Kammer system und den erreichten physikalischen Parametern möglich. Für die biologische Regeneration des Knochen ist jedoch eine verbesserte Isolation des umgebenden Weichgewebes Voraussetzung.

I.5 / III.5

TEST KRYOCHIRURGISCHER GERÄTE AN PERFUNDIERTEN ORGANEN

Dr.-Ing. M. Böhm, Dr.rer.nat. B. Schumann, Dr.rer.nat. A. Binneberg
Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH Dresden, Fachbereich Kryotechnik

Die vorklinische Evaluierung kryochirurgischer Applikatoren und die Optimierung der erforderlichen Gerätschaften zum Monitoring des Therapieverlaufes sind Voraussetzungen für einen zunehmenden Einsatz dieser Methode. Neben der Dokumentation von in-vitro-Ergebnissen an Simulationsmedien ist der Nachweis der Effizienz der Therapie und die Dokumentation charakteristischer Therapieparameter an extrahierten und künstlich perfundierten Extremitäten eine praxisnahe Testmöglichkeit.

Ziel der Untersuchungen an Klemmapplikatoren und Trigeminussonden sind

- Untersuchung und Optimierung der thermischen Effizienz und Erprobung des Systemhandling am durchbluteten Gewebe unter Umgehung von Tierversuchen
- Realisierung eines Monitoring-Systems zur on-line-Darstellung relevanter Therapieparameter auf dem Bildschirm (u.a. Lage der -40°C -Isotherme im Gewebe)
- Analyse der gemessenen ortsabhängigen Gewebetemperaturen
- Untersuchungen zur geometrischen Ausbreitung der Destruktionszone im Gewebe durch Histologie und Abgleich der Berechnungsmodelle

Stichworte: Kryochirurgie, Kryoapplikator, Perfusion, vorklinische Tests, Monitoring

I.6 / III.6

MUSKELTONUSSENKUNG AM MENSCHEN MITTELS KRYOTHERAPIE

A. Lange, G. Krumpolt, R. Schneider
Zentrale Physiotherapie Universitätsklinikum TU Dresden;

W. Eichler, H. Hänsgen, E. Wobst
Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden

Bei Muskelverspannungen im Schulter-Nackebereich ist ein tonussenkender Effekt dann zu erwarten, wenn innerhalb des Muskels eine Temperatur von unter 31 vorherrscht. Diese Temperatursenkung in der Tiefe ist mit herkömmlichen Kühlkompressen am Stamm nicht zu erreichen. Es wurde daher ein Kühlgerät mit wasserdurchströmter Kühlkomresse entwickelt.

An 30 Probanden wurden die Temperaturverläufe an der Hautoberfläche unter der Komresse und in 13 mm Tiefe im M. trapezius mit Thermoelementen gemessen.

Es ergab sich während einer 60minütigen Kälteapplikation ein exponentieller Abfall der Hauttemperatur von 32,8⁰C auf 18,3⁰C. Im Muskel wurde eine Temperaturabsenkung von 36,1⁰C auf 27,8⁰C erzielt. Danach wurde die Kühlkomresse entfernt und die Wiedererwärmung beobachtet; sie erfolgte ebenso exponentiell und nach 60 Minuten wurden die Ausgangstemperaturen noch nicht ganz wieder erreicht.

Außerdem wurde das Abkühlungsverhalten der Probanden in Abhängigkeit vom body-mass-Index (Körpergewicht in Kilogramm/[Körperlänge in Meter]²), d.h., vom Ausprägungsgrad der Fettleibigkeit betrachtet.

I.7 / III.7

KRYOKONSERVIERUNG VON BLUTZELLEN DES MENSCHEN

W Gebauer, E. Gebauer, F. Schunter

DRK BSD Oldenburg, Brandenburger Str. 21, 26133 Oldenburg

Zunehmend von Bedeutung in der Transfusionsmedizin ist der Einsatz der Kryotechnik sowohl im Rahmen analytischer als auch präoperativer Verfahren.

Einerseits gelingt die Kryokonservierung roter Blutzellen für analytische Prozeduren bei der Temperatur flüssigen Stickstoffs mit relativ einfachen Mitteln, wobei neben anderen Parametern die analytische Durchflußzytometrie die Qualität der Zellen vor und nach Kryokonservierung zu beschreiben mag.

Andererseits kann mit rechnergesteuerten Einfrierapparaturen die Kryokonservierung menschlicher Blutvorläuferzellen (BVZ) und Blutstammzellen durchgeführt werden, die im Rahmen der Knochenmark- und BVZ-Transplantationen nach einer hochdosierten Chemotherapie dem Patienten eine zügige Erholung seines Blutbildes ermöglichen. Angesichts der hohen Bedeutung der Qualität der BVZ für Gesundheit und Leben des betreffenden Menschen im Rahmen seiner Behandlung sind an die benutzte Kryotechnik entsprechende Anforderungen zu stellen.

Qualitätssicherung der Kryotechnik bei unterschiedlicher Auswahl von Behältnissen und Volumina kryokonservierter Blutstamm- und –vorläuferzellpopulationen neben immunologischer Techniken sowie Einsatz der Zellkultur zeigen gegenwärtigen Stand der Technik und in unserem Institut durchgeführte weitergehende Untersuchungen zur Sicherheit von Blutprodukten.

I.8 / III.8

TIEFKÜHLKONSERVIERUNG KOMPLEXER BIOLOGISCHER SYSTEME: AUFGABEN FÜR DIE KRYOBIOLOGIE BEIM TISSUE ENGINEERING

I. Heschel, H. Schoot, J. Pasch, G. Rau

Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik an der RWTH Aachen
Pauwelsstr. 20, 52074 Aachen

In der Kryobiologie wird traditionell untersucht, wie sich natürliche biologische Systeme durch Anwendung tiefer Temperaturen konservieren lassen. Vor allem bei isolierten Zellen werden dabei beachtliche Erfolge erzielt. Beim Übergang zu Geweben und Organen gelingt die Kryokonservierung allerdings nur in Einzelfällen. Dies ist in der dreidimensionalen Ausdehnung und der Komplexität der Systeme hinsichtlich Struktur und Zellvielfalt begründet.

Im Bereich des „Tissue Engineering“ werden neuerdings dreidimensionale biologisch aktive Systeme gezüchtet, die beim Menschen klinisch zum Einsatz kommen sollen. Beispiele sind: Knorpel- und Knochenzucht, Hautersatz, bioartefizielle Leber und Bauchspeicheldrüse, biologisch aktive Implantate. Zur Lösung logistischer Probleme (Transport, Differenzierungsstadium der Zellen, Operationsfähigkeit des Patienten, sofortige Verfügbarkeit in großen Mengen, Sicherheit, etc.) müssen für diese „Engineered Tissues“ geeignete Kryokonservierungsverfahren entwickelt werden. Da es sich dabei um künstliche Gewebe mit einfacherem Aufbau als dem biologischen Vorbild handelt und zudem nicht mehr als ein bis zwei Zellarten gemeinsam konserviert werden müssen, sind die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Kryokonservierung dieser Systeme deutlich größer.

Der Vortrag wird nach einer generellen Einführung zum „Tissue Engineering“ einen Überblick über unsere derzeitigen Arbeiten zur Kryokonservierung von „Engineered Tissues“ geben. Den Schwerpunkt werden dabei die ingenieurwissenschaftlichen Aspekte der Prozeßführung bilden.

I.10

KURZVORTRAG ZUR CEC/ ICMC CONFERENCE IN MONTREAL

Dr. rer. nat. A. Binneberg

ILK Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH Dresden

Die CEC/ ICMC ist die bedeutendste und größte Konferenz (778 Teilnehmer), auf der die Entwicklungen der Tieftemperaturtechnik und die Ergebnisse der Erforschung der Materialeigenschaften bei tiefen Temperaturen vorgestellt und erörtert werden.

Im Vordergrund der Materialuntersuchungen stehen die Arbeiten zur Herstellung der Hochtemperatursupraleiter, zur Realisierung verbesserter thermischer Isolierstoffe und zur gezielten Entwicklung von Kunststoffen für den Tieftemperatureinsatz. Der Entwicklungsstand der HTSL ist so weit, daß erste Erzeugnisse mit diesen Materialien vorgestellt werden (Ganzkörpertomografen, Spulen zur Hochfelderzeugung, Strombegrenzer, Motoren, Testkabel).

Im Mittelpunkt der Arbeiten auf dem Gebiet der Tieftemperaturtechnik stehen die Arbeiten zur Kühlerentwicklung und dabei an erster Stelle die Arbeiten zur Entwicklung der Pulsationsrohrkühler (Pulse-Tube-Cooler).

Wobei dabei drei Hauptziele verfolgt werden:

- Kühler zur He-Rückkondensation
- Kühler für die störarme, langlebige Sensorkühlung
- Kühler für Kryo- Weltraumanwendungen (TWR).

Daneben werden nach wie vor auch Entwicklungen von Stirling- und G-M-Kühlern und von Spezialkryostaten vorgestellt.

Stichworte: Kryotechnik, Kryokühler, Kryostate

I.11

ERSTE MEßERGEBNISSE EINER V-161 STIRLING-KÄLTEMASCHINE BEI TEMPERATUREN DER KÄLTBEREITSTELLUNG UNTERHALB VON -30°C

Dipl.- Ing. A. Siegel, Dipl.- Ing. H. Schikora, Prof. F. Steimle

Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik Universität GH Essen

Im Rahmen eines ablaufenden BMBF-Forschungsvorhabens wurde mit Hilfe von Simulationsrechnungen gezeigt, daß Stirling-Kältemaschinen in bestimmten Anwendungsgebieten eine Alternative zu Kaltdampf-Kältemaschinen sein könnten. In dem Anschlußvorhaben mit dem Titel „Auslegung, Bau und experimentelle Untersuchung einer Stirling-Kältemaschine für die Tiefkühlung in Supermärkten“ (Beginn: 01.01.1998, Förderkennzeichen 0327213) sollen diese theoretischen Betrachtungen durch Messungen an einer ausgeführten Maschine experimentell überprüft werden. Während des ersten Projektjahres wurde die Maschine ausgelegt und gebaut sowie der Prüfstand zur Bestimmung der Leistungsdaten (Kälteleistung,

Leistungszahl und Gütegrad für unterschiedliche Betriebspunkte) errichtet. In diesem Vortrag sollen erste Meßergebnisse und Betriebserfahrungen mit der Maschine vorgestellt werden. Weiterhin sollen die gemessenen Leistungsdaten mit den Simulationsrechnungen und mit Leistungsdaten von Kaltdampf-Kältemaschinen verglichen werden, um eine Abschätzung der Marktchancen von Stirling-Kältemaschinen vornehmen zu können.

Stichworte: Stirlingkältemaschine, Gefrierkühlung

I.12

DARSTELLUNG EINES STIRLING-TIEFTEMPERATUR-SYSTEMS UNTERHALB -50°C

Ing. F. Dioguardi, SCR B.V. Eindhoven / NL

Dipl.- Ing. G. Asmus, ERT GmbH, Hamburg

SCR B.V. zeigt mit praktisch durchgeführten Tieftemperaturprozessen von -50°C bis -150°C Einsatz-Möglichkeiten von Stirling-Kryogeneratoren auf, um die Kälteleistung entweder durch Kaltluft oder durch Flüssigkeitskreisläufe zu übertragen. Die Erzeugung der Tieftemperaturen geschieht stufenlos im Gegensatz zu herkömmlichen Kaskadensystemen. Die Anwendungen finden sich z. B. in chemischen und industriellen Fertigungsprozessen.

Stichworte: Stirlingkühler, Geschlossene Kältesysteme

I.13

6W STIRLING- KÜHLER FÜR DIVERSE ANWENDUNGEN IM LN_2 - BEREICH

Dipl.- Ing A. Fiedler, Dr. H. U. Häfner

Leybold Vakuum GmbH, Köln

Stirling- Kleinkühler werden typischerweise zum Betrieb von Infrarot- und anderen Sensoren eingesetzt, und auch für das neue Anwendungsfeld der Kühlung kryogener Systeme auf der Basis von Hochtemperatur- Supraleitern (HTSL) wurden derartige Kühler ausgewählt bzw. weiterentwickelt. Zu anderen Anwendungen wie Gaskühlung, Gasverflüssigung und Vakuum- Applikationen sind aber i.a. Kryorefrigeratoren mit größerer Leistung wie z.B. Gifford-McMahon-Kühler erforderlich.

Im Rahmen von Labor- Experimenten wurde nun die Möglichkeit der Gaskühlung und Gasverflüssigung mit einem neuen, leistungsstarken 6W- Kleinkühler untersucht. Hierbei galt es, einfache und kostengünstige Ansätze für zukünftige Applikationen zu finden.

Es werden Messungen zur Verflüssigung bzw. Rekondensation von Gasen vorgestellt.

Als Komplett-System bietet eine solche Lösung eine kompakte Alternative zur LN₂-Kühlung in kleineren Anwendungen.

Stichworte: Stirlingkühler, Geschlossene Kühlsysteme, LN₂- Rückverflüssigung

I.14

EINSTUFIGER PULSATIONSROHRKÜHLER ZUR KÜHLUNG VON HTSL-SENSOREN

Dipl.- Ing. M. Thürk, Dipl.- Phys. J. Gerster, Dr. F. Schmidl, Prof. P. Seidel

Institut für Festkörperphysik, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Es wird ein einstufiger störarmer Pulsrohr-Kühler (10 W @ 80K) präsentiert, der sich vor allem durch seinen nichtmetallischen und nichtmagnetischen Kaltfinger auszeichnet. Durch diese Spezialkonstruktion weist der Kühler extrem niedrige Eigenstörsignale hinsichtlich mechanischer Vibrationen, Temperaturfluktuationen und Feldgradientenspektrum auf.

Zur Bestimmung der Reststörungen wurde mit diesem Refrigerator ein planares Hoch-T_c dc-SQUID Gradiometer erster Ordnung direkt gekühlt. Das Gradiometer (Basislänge 4mm) besitzt in magnetisch abgeschirmter Umgebung eine rauschbegrenzte Feldgradientenauflösung von 3 pT/(cm √Hz) bei 1 Hz und 0,7 pT/(cm √Hz) im weissen Rauschen. Weiterhin werden die Vibrationen und die Temperaturfluktuationen des Kaltfingers vorgestellt. Mit dem störarmen nichtmetallischen Kaltfinger konnte ein Magnetokardiogramm aufgezeichnet werden, ohne dass eine anschließende Filterung oder Signalbearbeitung wegen der Kühlerstörungen nötig war.

Gefördert durch das BMBF unter der Projekt-Nr. 13N 6618.

Stichworte: Pulsrohr- Kühler, SQUID- Kühlung

I.15

UNTERSUCHUNGEN ZUM LEISTUNGSVERHALTEN EINES ZWEISTUFIGEN PULSROHRKÜHLERS

Dipl.- Ing. H. Pan, Prof. L. Oellrich, Universität Karlsruhe

Dr. A. Hofmann, Forschungszentrum Karlsruhe

Ein mit Magnetventilen betriebener zweistufiger Pulsrohrkühler wird im Hinblick auf die Optimierung des Wirkungsgrades untersucht. Der Kühler ist für die Aufnahme von definierten Kälteleistungen an beiden Stufen bei Temperaturen von 20 K und 50 K konzipiert. Die erforderlichen Gasströme werden mit 6 Magnetventilen, je einem Paar am Regenerator und an jedem der Pulsrohre, gesteuert. Unterstützt durch theoretische Untersuchungen werden die optimalen Öffnungs- und Schließzeiten der

Ventile ermittelt. Dies geschieht auch für unterschiedliche Konfigurationen der Regeneratoren.

Mit ca. 6,5 KW Antriebsleistung des Kompressors liefert das so optimierte System eine typische Kälteleistung von 50 W bei 47,5 K an der ersten Stufe und gleichzeitig 3 W bei 18 K an der zweiten Stufe. Dieses entspricht einem relativen Wirkungsgrad von 5,7 % (bezogen auf Carnot). Er liegt nur wenig unter demjenigen vergleichbarer Gifford-McMahon-Kühler. Weitere Betriebsdaten werden ebenfalls dargestellt.

Aus den Schaltzeiten und den vorher ermittelten Strömungswiderständen der Ventile, einschließlich nachgeschalteter Drosselungen, kann der zeitliche Druckverlauf simuliert und mit Messungen verglichen werden. Die aus solchen Analysen hergeleiteten „PV-Diagramme“ werden diskutiert.

Stichworte: Pulsrohrkühler, Leistungsdaten

I.16

EXPANSIONSMASCHINEN IN KRYO- UND KÄLTETECHNIK

Prof. H. Quack

TU Dresden, Lehrstuhl für Kälte- und Kryotechnik

Im letzten Jahrhundert war die Kaltluftmaschine eine weit verbreitete Kältemaschine. Ihr wichtigstes Bauteil war eine Expansionsmaschine. In der folgenden Zeit setzte sich in der „normalen Kälte“ jedoch die offensichtlich kostengünstigere und effizientere Kaltdampf-Kältemaschine durch, die ohne Expansionsmaschine auskam.

In der Kryotechnik dagegen wurde die Expansionsmaschine-ob als Kolbenexpander oder als Turbine-zum Träger des Fortschrittes bezüglich Anlagenwirkungsgrad, Anlagenkosten und möglichen Anlagengrößen. Im Laufe der Jahre wurden bedeutende Fortschritte bezüglich Zuverlässigkeit, Wirkungsgrad und Kosten der Expansionsmaschinen selber erzielt.

Im Zuge der „Kältemittel-Krise“ der letzten Jahre drängen nun die Expansionsmaschinen zurück in die „normale Kälte“ und zwar von zwei Seiten. Da sind einmal die Kältegasmaschinen (Joule-Kreislauf, Stirling Maschine, akustische Kältemaschine) und zum anderen die mögliche Verbesserung des Kaltdampfprozesses durch das Ersetzen des Drosselventils durch eine arbeitsleistende Entspannung.

Im Vortrag werden diese Entwicklungen nachgezeichnet und es werden Spekulationen darüber angestellt, welche Entwicklungen sich vielleicht durchsetzen könnten.

Stichworte: Kälteerzeugung, Expansionsmaschine

SUPRALEITENDE TRANSFORMATOREN – CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN

Dr. D. Bonmann

ABB Transformatoren GmbH, Bad Honnef

Supraleiter besitzen zwei Eigenschaften, die das Potenzial für wesentliche Verbesserungen bei Erzeugung, Übertragung und Nutzung von elektrischer Energie in sich tragen: Sehr hohe Stromtragfähigkeit bei verschwindenden Verlusten, und einen stark nichtlinear ansteigenden Widerstand beim Übergang vom supraleitenden in den normalleitenden Zustand. Diese Eigenschaften sind mit heute verfügbaren Materialien bei Temperaturen unterhalb etwa 100 K technisch nutzbar.

Die potenziellen Vorteile von supraleitenden Transformatoren liegen in wesentlich reduzierten Verlusten, der Eliminierung des Isolieröls und verringerten Abmessungen. Bei Ausnutzung der resistiv strombegrenzenden Eigenschaften des für die Wicklungen verwendeten Supraleiters können zusätzlich die Amplituden von Kurzschlussströmen im elektrischen Netz vermindert werden, was eine höhere Ausnutzung von Leitungen und Schaltanlagen erlaubt.

Die Wirtschaftlichkeit des supraleitenden Transformators ergibt sich aus den über seine Lebensdauer eingesparten Verlusten, den Einsparungen durch Wegfall der Ölinfrastruktur, einfacherem Transport, sowie evtl. geringerer Dimensionierung von Schaltern und Leitungen. Bei Leistungstransformatoren wird der Break-even mit konventionellen Transformatoren im Bereich oberhalb 30 MVA erwartet.

Die Herausforderungen liegen in den hohen Ansprüchen der Kunden an Wartungsfreiheit und niedrigen Investitionskosten, sowie in den in elektrischen Netzen auftretenden Lastfluktuationen und Transienten. Neben der Weiterentwicklung des Supraleiters besteht daher Entwicklungsbedarf bei Kälteanlagen und Kryostaten mit dem Ziel deutlicher Kostenreduktion und der Verlängerung der Wartungsintervalle.

Stichworte: Supraleitung, Transformatoren, Kryostate

GESCHLOSSENES TIEFTEMPERATURSYSTEM BEI 65 K FÜR HTS

Dr.- Ing. J. Dam, SCR B. V. Eindhoven / NL

Dipl.- Ing. G. Asmus, ERT GmbH, Hamburg

SCR B. V. hat ein geschlossenes Tieftemperatursystem entwickelt, basierend auf einem Stirling Kryogenerator mit einer Kälteleistung von 0,5 – 5 kW bei 65 K. Das Kryo-System bildet eine Einheit mit Druckbehälter, Pumpe, Ventilen, Schaltschrank und Sicherheitsorganen.

Das System ist derart konzipiert, daß es dem Anforderungsprofil optimal angepaßt werden kann. Verschiedene Funktionen sind somit möglich, d. h. für gleichmäßig schnelle Abkühlungsvorgänge, auch mit Unterstützung von LN₂ z. B. zur Kompensation von Verlusten im Anfahrbetrieb.

Eine besondere Bedeutung kommt der Auslegung des 65 K-Wärmetauschers der Stirling-Maschine zu. Diese integrierten Hochleistungs-Wärmetauscher sind zur Übertragung der Kälteleistung numerisch auf optimalen Durchfluß und Wärmeübertragung konzipiert worden, ohne daß ein Ausfrieren des Stickstoffs stattfinden kann.

Stichworte: Kühlsystem, Stirlingkühler, LN₂- Kreislauf

I.19

UNTERKÜHLTER FLÜSSIGER STICKSTOFF ALS KÄLTEMITTEL IN KRYOKREISLAUFSYSTEMEN GRUNDLAGEN UND ANWENDUNGEN

Dipl.- Ing. B. Gottschlich, Dipl.- Phys. Th. Pelle

Messer Gießheim GmbH, Werk Siegtal - Cryotherm

Unterkühlte, tiefkalte Flüssigkeiten lassen sich als Kältemittel mit vielen Vorteilen nutzen. Die physikalischen Grundlagen können anhand von Diagrammen kurz und übersichtlich dargestellt werden. Als kostengünstiges und einfach zu handhabendes Kältemittel bietet sich flüssiger Stickstoff an.

In geschlossenen Kreisläufen eignet sich dieser z. B. zur vibrationsfreien Kühlung empfindlicher Bauteile (Kühlung von Monochromatoren in Synchrotronstrahlengängen mit flüssigem Stickstoff) oder zur Kühlung von geometrisch ungünstigen oder sehr langen Bauteilen wie HTSL-Kabeln.

Das kompakte, superisolierte Flüssigstickstoff-Kreislaufsystem besteht aus einem geschlossenen Leitungssystem, dessen unter Druck stehender flüssiger Stickstoff in einem Bad mit flüssigen Stickstoff bei Umgebungsdruck oder darunter unterkühlt und in Einphasenströmung zum Verbraucher und zurück gepumpt wird. Mit Variation der Betriebsparameter läßt sich das System für verschiedenste Anwendungen, Kühlleistungen (bis zu 4 kW) und Arbeitstemperaturen (66 K bis 90 K) optimieren.

Siedende Flüssigkeiten am Verbraucher werden vermieden. Das mobile System zeichnet sich durch erschütterungsfreien Dauerbetrieb, hohen Wirkungsgrad, hohe Kühlleistungsreserve und vollautomatischen Betrieb aus.

Stichworte: Kryotechnik, Kühlsystem, LN₂

KRYOBANKEN HEUTE UND MORGEN - SICHERHEIT, WIRTSCHAFTLICHKEIT UND INFORMATIONSTECHNIK

Dipl.- Ing. W. Flohr, Dipl.- Phys. Th. Pelle

Messer Griesheim GmbH, Werk Siegtal - Cryotherm

Die Kryolagerung biologischer Proben ist ein seit Jahrzehnten anerkanntes Verfahren in Biologie, Medizin und Pharmazie (z.B. Stammzellen, Humansperma, Eizellen, pharmakologische Master-Proben und Umweltproben).

Die ständig zunehmende Anwendung dieser Technologie erfordert eine exakte Konzeptionierung der hierfür erforderlichen technischen Anlagen unter den Gesichtspunkten: Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Qualitätsanforderungen und Informationstechnik.

Charakteristisch für eine Kryobank ist die zentrale Versorgung mehrerer Kryolagerbehälter mit Flüssig- Stickstoff und der notwendigen MSR-Technik. Mindestens erforderlich ist die separate Füllstandsregelung jedes einzelnen Lagerbehälters, eine übergeordnete Sicherheitsverschaltung auf ein zentrales Absperrorgan, eine externe Alarmierung bei Störungen sowie Raumluftüberwachungen.

Die wirtschaftlich optimalste Art der Flüssig- Stickstoff- Versorgung richtet sich nach der Anzahl der Lagerbehälter und den baulichen Gegebenheiten. Zum Einsatz kommen hierbei vakuum-superisolierte Transferleitungen, Phasentrenner und Schaltorgane.

Qualitätsrichtlinien fordern bereits heute redundante Überwachungssysteme, kontinuierliche Temperaturmessungen sowie lückenlose Rückverfolgbarkeit.

Neue Dienstleistungskonzepte und Informationstechniken zeigen die Möglichkeiten zukünftiger Lösungen.

Stichworte: Kryotechnik, LN₂- Bio- Lagertank, Sicherheitstechnik

SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNG DES DURCHFLUßKOEFFIZIENTEN AN KLEINEN VENTURIROHREN

Dipl.-Ing. M. Süßer, ITP, Forschungszentrum Karlsruhe
Prof. W. Jitschin, Fachhochschule Gießen - Friedberg, Fachbereich MNI

Das Venturirohr wird seit Jahren mit Erfolg in der Kryotechnik eingesetzt. Es ermöglicht eine Massen-/Volumenstrommessung bei schwierigsten Randbedingungen wie z. B. Temperaturen bis 1,6 K, Magnetfelder bis 6 T (aktuelle ITP-Randbedingungen) und höchste Anforderungen an die Dichtheit beim Einsatz im Isoliervakuum. Das Venturirohr stellt einen Wandler dar, der die Meßgröße Massen-/Volumenstrom in die Meßgröße Druck umformt.

Der Zusammenhang zwischen den beiden Größen kann unter idealen Bedingungen elementar berechnet werden. In der Praxis ist der tatsächliche Strom infolge von Störeffekten kleiner als der berechnete, was durch einen empirischen Korrekturfaktor, den sogenannten Durchflußkoeffizienten beschrieben wird.

Das Venturirohr der klassischen Bauform hat einen Einlaufwinkel von ca. 21° und einen Auslaufwinkel von 8°. Hierfür wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt und Bestwerte der Durchflußkoeffizienten für Durchmesser $d \geq 50$ mm und Reynoldszahlen $Re_d \geq 2 \cdot 10^5$ in einer Norm festgelegt. In der Kryotechnik sind relativ kleine Ströme zu messen, so daß Venturirohre eingesetzt werden, deren Geometrie außerhalb der Gültigkeit der Norm liegen. Bei den kleinen Geometrien spielen Störeffekte eine wichtige Rolle. Leider fehlen systematische Untersuchungen über einen weiten Reynoldsbereich bei Durchmessern des zylindrischen Halsteiles bis hinunter zu 1mm. In diesem Durchmesserbereich kommen neben den geometrischen Einflüssen, bedingt durch die Fertigungstechnik, auch Grenzschichteinflüsse in erheblichen Ausmaß zum Tragen. Dies zu untersuchen war das Ziel der Messungen.

An 10 klassischen Venturirohren mit Durchmesser der Drosselöffnung $d = 1 / 1,6 / 2,4 / 3, 2 / 4$ mm wurden bei Reynoldszahlen $Re_d 10^2 - 5 \cdot 10^4$ der Durchflußkoeffizient und der bleibende Druckverlust gemessen.

Stichworte: Kryotechnik, LHe, Massenstrommessung

Wärmestromschalter für Kryo- Weltraumanwendungen

**Dr. rer. nat. G. Kaiser, Dr. rer. nat. A. Binneberg
ILK Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH Dresden**

Da gegenwärtig die Lebensdauer von Split- Stirling- Kleinkühlern durch mechanischen Verschleiß auf ca. 8000...20000 Betriebsstunden begrenzt ist, müssen Kryoanwendungen, die zuverlässig über mehrere Jahre im Weltraum betrieben werden sollen, zusätzlich mit mindestens einem redundanten Kleinkühler ausgerüstet werden. Dieser Kleinkühler sollte, solange er nicht betrieben wird, von der Anwendung thermisch entkoppelt sein, um den Zustrom von Wärme über den passiven Kaltfinger zu reduzieren. Typischerweise fließen über die Kaltfinger abgeschalteter Split- Stirling- Kleinkühler bei einer Temperatur von 80 K Verlustwärmeströme, die ca. 20 % der Nettokälteleistung der Kühler bei dieser Temperatur ausmachen.

Im Rahmen des BMBF- Leitprojekts „Kühltechnik für die Satellitenkommunikation“ wird im ILK gegenwärtig ein neuartiger temperaturabhängig schaltender Wärmestromschalter entwickelt, welcher nach dem Prinzip der thermischen Ausdehnung arbeitet. Dieser Wärmestromschalter soll zur Entkopplung des redundanten Split- Stirling- Kleinkühlers in einem Demonstrationsexperiment zur Weltraumanwendung von HTSL- Hochfrequenzfiltern im Rahmen einer ESA- Mission auf der Internationalen Raumstation eingesetzt werden.

Nach einer Darstellung der thermodynamischen Grundlagen, des Aufbaus und der Funktionsweise des Wärmestromschalters werden in diesem Beitrag die Ergebnisse der ersten Entwicklungsetappen vorgestellt. Es folgt eine Einschätzung des Verbesserungspotentials beim Einsatz in geplanten Kühlsystemen. Anschließend werden Möglichkeiten zur weiteren Optimierung derartiger Wärmestromschalter diskutiert.

Diese Arbeiten werden finanziell durch das BMBF gefördert (FKZ: 13N7392).

Stichworte: Kryotechnik, Wärmestromschalter, Thermische Ausdehnung

II.1.1

EINFLUSS DER WÄRMESTROMDICHTEN AUF DEN WÄRMEÜBERGANG BEIM SIEDEN VON KÄLTEMITTELGEMISCHEN

Dipl.-Ing. Ralf Köster, Dipl.-Ing. Frank Gremer, Dr. Gerhard Herres,
Prof. Dr.-Ing. Dieter Gorenflo
Wärme- und Kältetechnik (WKT), Universität(GH) Paderborn

Durch den vermehrten Übergang von reinen Stoffen auf Gemische als Kältemittel ist u.a. auch die Frage nach dem Wärmeübergang beim Gemischsieden verstärkt ins Blickfeld der kältetechnischen Anwendung gelangt. Daher werden zunächst die z.Zt. wichtigsten Korrelationen zum Gemischsieden diskutiert, in denen versucht wird, die Verschlechterung des Wärmeübergangs im Vergleich zu den reinen Komponenten durch Eigenschaften des Phasengleichgewichts Dampf/Flüssigkeit zu modellieren. Dabei wird entweder die Verschiebung der Gleichgewichtszusammensetzung beim Verdampfen oder die Temperaturdifferenz zwischen Siede- und Taulinie (sog. temperature glide) verwendet. Vor allem bei großen Wandüberhitzungen, bzw. hohen Wärmestromdichten stellt sich aber die Frage, inwieweit das Phasengleichgewicht zur Modellierung noch hilfreich ist. Hierzu werden einige Fallbeispiele behandelt.

Stichworte: Wärmeübergang, Behältersieden, Kältemittelgemische

II.1.2

Wärmeübergang beim Behältersieden eines R134a/Öl-Gemisches Vergleich Glattrohr - Hochleistungsrohr

Dipl.-Ing. Klaus Mohrlök, Dr.-Ing. Klaus Spindler, Prof. Dr.-Ing. Erich Hahne
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart

In Kälte- und Wärmepumpenanlagen, die mit ölgeschmierten Verdichtern arbeiten, wird Öl in den Kältemittelkreislauf verschleppt. Dieses beeinflusst den Wärmeübergang im Verdampfer, der als überfluteter Rohrbündelapparat mit Hochleistungsverdampferrohren ausgeführt sein kann. Zur Auslegung der Verdampfer ist die genaue Kenntnis des Wärmeübergangs der Kältemittel/Öl-Gemische erforderlich. Eine experimentelle Absicherung des Wärmeübergangs beim Behältersieden ist daher besonders im Hinblick auf das Verhalten von Kältemittel/Öl-Gemischen an Hochleistungsverdampferrohren notwendig.

In dem vorliegenden Artikel werden die experimentellen Ergebnisse beim Behältersieden des Kältemittels R134a im Gemisch mit einem niederviskosen Polyolesteröl vorgestellt. Als Heizfläche dienen ein feinsandgestrahltes Kupferglattrohr und ein Hochleistungsverdampferrohr GEWA-B.

Der Wärmeübergang beim Sieden von R134a am Glattrohr wird durch die Zugabe von Öl bei Ölmassenanteilen bis 1% vermindert. Bei weiter zunehmendem Ölmassenanteil bis 3% verbessert sich der Wärmeübergang und wird für

Ölmassenanteile größer 3% wieder vermindert. Am GEWA-B-Rohr dagegen wird der Wärmeübergang des R134a durch die Zugabe von 0,5 Massenprozent Öl zum Teil erheblich verbessert. Für Ölmassenanteile größer 5% wird der Wärmeübergang des R134a vermindert.

Stichworte: Wärmeübergang, Behältersieden, Kältemittel/Öl-Gemisch, 3%-Effekt, Polyolesteröl

II.1.3

WÄRMEÜBERGANG BEIM SIEDEN VON R134A IN ERZWUNGENER UNTERKÜHLTER STRÖMUNG

Dr.-Ing. Klaus Spindler, Prof. Dr.-Ing. Erich Hahne

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart

Das unterkühlte Sieden ist dadurch gekennzeichnet, daß an der Heizfläche Verdampfung auftritt, obwohl die Flüssigkeit im Mittel noch nicht die zum Druck gehörende Sättigungstemperatur erreicht hat. In unmittelbarer Wandnähe ist eine überhitzte metastabile Grenzschicht vorhanden, in der die Dampfblasen an Blasenkeimstellen entstehen und wachsen. Sobald sie wegen ihrer Volumenzunahme oder Ablösung aus der überhitzten Grenzschicht in die turbulente, unterkühlte Kernströmung gelangen, kondensieren sie wieder. Dieser Vorgang führt zu einer deutlichen Verbesserung des Wärmeübergangs gegenüber der einphasigen erzwungenen Konvektion.

Es werden experimentelle Ergebnisse zum Wärmeübergang beim Sieden von R134a in erzwungener unterkühlter Strömung vorgestellt. Die Meßstrecke ist ein senkrecht angeordnetes, gezogenes Kupferrohr mit einer Länge von 550 mm und einem Innendurchmesser von 20 mm. Die Meßstrecke wird mit Miniatur-Mantelheizleitern beheizt, die in spiralförmig aussen umlaufende Nuten eingestemmt und zusätzlich mit Wärmeleitzement fixiert sind. Die Versuchsparameter wurden in folgenden Bereichen variiert: Massenstromdichte von 1000 bis 2000 kg/(m²s), Wärmestromdichte bis 100000 W/m², Unterkühlung von 2 bis 11 K, Druck zwischen 8 und 10 bar. Die Wärmeübergangskoeffizienten werden mit Nusseltkorrelationen der Form $Nu = f(Bo, Ja, Pr, \rho''/\rho')$ aus der Literatur verglichen. Für einige Korrelationen werden Änderungen in den Konstanten vorgeschlagen, um eine bessere Übereinstimmung mit den experimentellen Werten zu erreichen.

Stichworte: Wärmeübergang, unterkühltes Strömungssieden, Korrelationen

II.1.4

Wärmeübergang in Rohrbündel-Verdampfern bei Ersatzkältemitteln für R22

Dr.-Ing. Stefan Bonekamp
Hans Güntner GmbH, Fürstfeldbruck

Als Ersatz für R22 werden hauptsächlich die FKW-Kältemittel bzw.

Kältemittelgemische R 134a, R404A, R407C, R410A und R507 sowie die halogenfreien Stoffe Ammoniak (R717), Propan (290) und Propylen (R1270) diskutiert. Bisherige Untersuchungen zum Wärmeeübergang dieser Stoffe bezogen sich in der Regel auf die Verdampfung an einzelnen Rohren oder Drähten, die zumeist nur schwer auf den Betrieb von Rohrbündel-Wärmeüberträgern zu extrapolieren sind.

In dieser Arbeit werden Berechnungsergebnisse für die verschiedenen Ersatzkältemittel im Temperaturbereich zwischen -50°C und $+20^{\circ}\text{C}$ sowohl für überflutete Verdampfer als auch für Einspritzverdampfer vorgestellt. Dabei werden die Wärmeüberträger so ausgelegt, daß sich eine sowohl konstruktiv als auch wirtschaftlich geeignete Ausführung ergibt.

Die so ermittelten Wärmeübergangskoeffizienten bzw. die benötigten Wärmeaustauschflächen werden für die betreffenden Stoffe für konstante Verdampfungstemperaturen bei mehreren Kälteleistungen untereinander und mit R22 verglichen. Darauf beruhend wird eine Reihenfolge für die Verwendbarkeit der Kältemittel als Austauschstoff für R22 angegeben.

II.1.6

KONDENSATION VON PROPAN UND BUTAN IN PLATTENWÄRMEÜBERTRAGERN

Dipl.-Ing. Daniel Winkelmann¹, Prof. Dr.-Ing. Hein Auracher²,
Dr.-Ing. Bernard Thonon¹, Jérôme Gitteau¹

¹CEA-Grenoble/GRETh, 17, rue des Martyrs, F-38054 Grenoble CEDEX 09

²Institut für Energietechnik, Technische Universität Berlin

Für die Auslegung von Plattenwärmeübertragern als Kondensatoren werden Korrelationen für den Wärmeübergangskoeffizienten benötigt. In der Literatur findet man Korrelationen für Wasserdampfkondensation, aber Veröffentlichungen über die Verwendung von synthetischen oder natürlichen Kältemitteln in Plattenwärmeübertragern sind selten.

Es werden Meßergebnisse für gemittelte Wärmeübergangskoeffizienten bei vollständiger Kondensation von Propan und Butan in einem Plattenwärmeübertrager vorgestellt. Insbesondere wird der Einfluß der Reynoldszahl und des Drucks diskutiert.

Stichworte: Plattenwärmeübertrager, Kondensation, Wärmeübergangskoeffizient, Propan, Butan.

II.1.7

KORRELATIONEN FÜR DIE LUFTSEITIGEN NUSSELT-ZAHLEN UND WIDERSTANDSBEIWERTE IN LAMELLENROHR-WÄRMEÜBERTRAGERN

Dipl.-Ing. Silke Kaminski, Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Groß
Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, TU Bergakademie Freiberg

Aufgrund einer Vielzahl von Einflußfaktoren sind die für die Auslegung von Lamellenrohrbündeln verwendeten Korrelationen mit starken Unsicherheitsbereichen behaftet bzw. in ihrem Anwendungsbereich sehr eingeschränkt.

Mit Hilfe numerischer Berechnungsmethoden wurden die wärme- und strömungstechnischen Vorgänge in typischen Ausschnitten aus Lamellenrohr-Wärmeübertragern unter Variation wesentlicher Parameter detailliert untersucht. Im Beitrag werden die Ergebnisse für den Fall der Luftkühlung ohne Kondensationserscheinungen diskutiert. Es werden Korrelationen für die Auslegung von Lamellenrohrbündeln mit fluchtender bzw. versetzter Rohranordnung in Form von Potenzansätzen

$$Nu_m = C \cdot Re^m \cdot \text{geometrischer Parameter}^n \cdot Pr^p$$
$$\xi_m = C \cdot Re^m \cdot \text{geometrischer Parameter}^n \cdot Pr^p$$

vorgeschlagen und mit Ansätzen aus der Literatur verglichen.

Stichworte: Lamellenrohrbündel, Wärmeübergang, Druckverlust

II.1.8

DIE WÄRMEÜBERGANGSZAHL ZWISCHEN BODEN UND RAUM BEI DER FUßBODENKÜHLUNG - THEORIE ODER EINE DEFINITIONSFRAGE ?

Dr.-Ing. Bjarne W. Olesen, Dipl.-Ing. Michele de Carli, Dipl.-Ing. Eric Michel
D.F. Liedelt „Velta“ GmbH, Norderstedt

Für die Auslegung und Leistung der Fußbodenkühlung ist die Wärmeübergangszahl von der Fußbodenoberfläche zum Raum von großer Bedeutung. Theoretische Überlegungen ergeben einen Gesamtwert (Konvektion und Strahlung) von ca. $\sim 6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, während Labormessungen einen Wert von $\sim 7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ergeben.

In dieser Untersuchung wurden mehrere Labormessungen durchgeführt, um die Wärmeübergangszahl zu bestimmen. Der Einfluß der verschiedenen Lüftungsmethoden (Misch- und Quelllüftung) ist ebenfalls untersucht worden. Eine Frage ist aber, welcher Temperaturunterschied (Boden-/Lufttemperatur, Boden/operative Temperatur) und welche Höhe für die Bestimmung zu Grunde gelegt werden. Die Ergebnisse zeigen Werte zwischen $7 \text{ und } 9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

II.1.9

DIE CHARAKTERISTISCHE GLEICHUNG VON SORPTIONSKÄLTEANLAGEN

Dr. Christian Schweigler, Dr.-Ing. habil. Felix Ziegler
Bay. Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern), Garching

In dieser Arbeit wird gezeigt, wie das Lastverhalten einer Sorptionskälteanlage bei Kenntnis der externen Temperaturen vorhergesagt werden kann. Wird die Kälteleistung über eine geeignete Funktion der externen Temperaturen aufgetragen, so ergibt sich für jede Schaltung eine charakteristische Kurve, annähernd eine Gerade. Damit sind sowohl Aussagen über den Einfluß der Größe der Apparate, also letztlich über spezifische Investitionskosten möglich, als auch und insbesondere Regelstrategien ableitbar.

Dies gilt sowohl für neu zu entwerfende Anlagen, wenn die Auslegungsparameter bekannt sind, als auch für die Analyse bestehender Systeme, wenn einige Betriebspunkte bekannt sind. Mit dieser Methode können Planern Wärme-pumpenmodelle an die Hand gegeben werden, mit deren Hilfe z.B. Jahreslastgänge auch ohne Detailwissen berechnet werden können. Die Regelungstechnik kann verbessert werden und die Auslegung neuartiger Kreisläufe wird vereinfacht.

Stichworte: Sorptionskältetechnik, Teillastverhalten, Regelung, Modellierung

II.1.10

ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN UND BETRIEBSVERHALTEN KLEINER HEIßWASSERBETRIEBENER SINGLE-EFFECT ABSORPTIONSKÄLTEANLAGEN

Dipl.-Ing. Claus-Dieter Kruse
Fernwärme-Forschungsinstitut in Hannover e.V.

Mit der Wirtschaftlichkeit als maßgebendes Kriterium für den Einsatz von Kälte aus Fernwärme gilt es, unter Einbeziehung des realen Teillastverhaltens sämtlicher Komponenten praxisbezogene Erkenntnisse zu Optimierung einer neuartigen „Klima“-Station zu gewinnen, die marktüblichen Absorptionskälteanlagen (AKM) in den Hausanschlußbereich konventioneller (Fern-) Wärmeverbraucher integriert.

An einer handelsüblichen AKM im Leistungsbereich unter 100 kW wird abweichend von den herstellerbedingten Vorgaben eine Variation der heiz- und

kaltwasserseitigen Volumenströme zur Bestimmung des Teillastverhalten der AKM durchgeführt und mit Blick auf erhöhte Temperaturdifferenzen analysiert. Die durchgeführten und im Rahmen dieses Vortrages präsentierten Versuche für 90 °C Heizmitteltemperatur zeigen, daß allein durch eine lastabhängige, kombinierte Massenstrom- und Temperaturregelung – wie sie aus dem Betrieb von Kompaktstation in Fernwärmenetzen bekannt ist – deutlich höhere Temperaturspreizungen und somit höhere Auskühlung des Fernwärmewassers möglich sind. In Abhängigkeit von der Kühlwassertemperatur bilden sich durch eine Volumenstromreduzierung auf der Heizwasserseite jeweils unterschiedliche optimale Teillastbereiche (max. Verhältnis von Kälte- zu Wärmeleistung) aus.

II.1.11

ENTWICKLUNG EINER ZWEISTUFIGEN GASGEFEUERTEN ABSORPTIONSKÄLTEANLAGE

DIPL. PHYS. CHRISTOPH KREN, TOBIAS DANTELE, DR. CHRISTIAN
SCHWEIGLER,
DR.-ING. FELIX ZIEGLER

Bay. Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern), Garching

Im Rahmen eines europäischen Gemeinschaftsprojektes wird ein Absorptionskaltwassersatz für die Raumklimatisierung entwickelt.

Das Kernstück stellt der direkt-gasgefeuerte Austreiber dar, der als Naturumlaufverdampfer mit senkrechten Siederohren ausgeführt wird. Zur Verringerung der Abgaswärmeverluste des Austreibers wird ein Abhitzewärmetauscher (Economizer) eingesetzt. Hierdurch können Kältezahlen von etwa 1,2 und darüber bei Betrieb mit mindestens 70% Last erreicht werden. Im Teillastbetrieb (30 bis 70% Last) sollen Kältezahlen >1 erzielt werden. Ein weiterer Kernpunkt ist die Auslegung der Kälteanlage für angehobene Kühlwassertemperaturen im Vergleich zu Standardanlagen und die Dimensionierung eines zumindest teilweise trocken betriebenen Rückkühlwerkes. Dadurch soll der Kühlwasserverbrauch des Rückkühlwerkes drastisch gesenkt werden.

Stichworte: Absorptionskaltwassersatz, Kühlturm, Wärmeverhältnis

II.1.14

STOFFEIGENSCHAFTEN DES KÄLTEMITTELS R143A GEMESSEN MIT DER DYNAMISCHEN LICHTSTREUUNG

Dipl.-Phys. Andreas P. Fröba, Prof. Dr.-Ing. Stefan Will*,
Prof. Dr.-Ing. Alfred Leipertz

LEHRSTUHL FÜR TECHNISCHE THERMODYNAMIK (LTT),
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG, *DERZEIT: UNIVERSITÄT BREMEN
(TTWST)

Im vorliegenden Beitrag werden die aus der Dynamischen Lichtstreuung gewonnenen Ergebnisse für Temperaturleitfähigkeit, Schallgeschwindigkeit, kinematische Viskosität und Oberflächenspannung des Kältemittels R143a im Vergleich zu vorhandenen Literaturdaten dargestellt. Die genannten Stoffeigenschaften wurden unter Sättigungsbedingungen in der flüssigen Phase, Temperaturleitfähigkeit und Schallgeschwindigkeit auch in der dampfförmigen Phase, über einen weiten Temperaturbereich von 240 K bis an den kritischen Punkt heran untersucht. Mit Hilfe der vorliegenden Ergebnisse konnte eine Erweiterung der Datenlage für das Kältemittel R143a erzielt werden, das in der Kältetechnik hauptsächlich als Gemischkomponente eingesetzt wird.

Stichworte: R143a, Temperaturleitfähigkeit, Schallgeschwindigkeit, Oberflächenspannung, kinematische Viskosität.

II.1.15

ZUR BEURTEILUNG DER KORROSIVITÄT VON KÜHLSOLEN

H.Jaunich

Pro Kühsole GmbH, Alsdorf und Glykol & Sole Forschung u. Vertriebs-GmbH
Cottbus

G.Reinhard, EXCOR Korrosionsforschung GmbH Dresden
J.Schenk, Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH Dresden

Die in der Klima-, Lüftungs- und Heizungstechnik angewandten Kälte-/Wärmeübertragungsmedien sind heute üblicherweise wasserbasiert und enthalten Zusätze zur Absenkung des Gefrierpunkts, wie Glykole, anorganische und organische Salze, damit sie sich während des Betriebs und Stillstandszeiten bei Temperaturen $< 0^{\circ}\text{C}$ nicht verfestigen. Die Charakterisierung ihrer Korrosivität gegenüber verschiedenen metallischen Werkstoffen erfolgt hauptsächlich nach der Prüfvorschrift ASTM D-1384, mit der es auch gelingt, quantitative Aussagen zur Wirkung korrosionsinhibierender Additive bei Temperaturen bis $+90^{\circ}\text{C}$ abzuleiten. Bei den Kälte-/Wärmeübertragungsmedien, die vorzugsweise als Kühlsolen im Tieftemperaturbereich eingesetzt werden, gibt es demgegenüber eine Reihe von Unterschieden, die eine separate Beurteilung ihrer Eigenschaften erfordern. Damit wasserbasierte Mischphasen im Dauerbetrieb bis -65°C eine nutzbare Fluidität gewährleisten, sind sie in ihrer Zusammensetzung wesentlich höher zu konzentrieren als für Temperaturen nahe oder $>0^{\circ}\text{C}$ vorgesehene Medien. Die Korrosivität dieser konzentrierten Elektrolyte oder organisch-wäßrigen Mischphasen unterliegt daher - zumindest teilweise - anderen Gesetzmäßigkeiten im Vergleich zu den obengenannten Medien mit relativ geringen Anteilen an Additiven, woraus naturgemäß auch veränderte Konzeptionen für die Korrosionsinhibition resultieren.

Im Vortrag werden verschiedene Prüfmethode für die Beurteilung von Khlsolen sowie repräsentative Meergebnisse zur Diskussion gestellt und begründet, da es für diesen Problemkreis eines analogen Standards bedarf, wie es die Prüfvorschrift ASTM D-1384 für den Bereich der bei $>0^{\circ}\text{C}$ angewandten Kälte-/Wärmeübertragungsmedien darstellt.

II.1.16

HOCHTEMPERATURWÄRMEPUMPE MIT LÖSUNGSKREISLAUF

N. P. Halm¹, R. Heidelck², H. Kruse¹

¹ FKW, Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen

² IKW, Institut für Kältetechnik und Angewandte Wärmetechnik

Zur Zeit sind keine HFKW-Kältemittel für den Einsatz in Hochtemperaturwärmepumpen auf dem Markt erhältlich. In der Vergangenheit sind daher diverse Forschungsprojekte mit dem Ziel, die Einsatzmöglichkeit von Ammoniak-Wasser-Gemischen in Hochtemperaturwärmepumpen mit Lösungskreislauf zu untersuchen, durchgeführt worden. Die Firma Borsig baute erfolgreich eine Anlage mit einem Einzelschraubenverdichter ohne Oelschmierung als Beitrag eines EG-Projektes auf. Darüberhinaus konnten zwei weitere Anlagen mit Schraubenverdichtern realisiert werden.

Die Erfahrungen dieser Forschungsprojekte haben gezeigt, da die Auswahl eines geeigneten Verdichters ein wichtiger Aspekt bei der Konzipierung derartiger Anlagen ist. Im Mittelpunkt des hier Vorgestellten EG-Projektes stand daher die Einsatzmöglichkeit verschiedener kommerziell erhältlicher Verdichter sowie geeigneter Schmiermittel in Hochtemperaturwärmepumpen mit Lösungskreislauf. Für diesen Zweck wurde eine Vorauswahl von Schmiermitteln getroffen und diese hinsichtlich ihrer Mischbarkeit mit Ammoniak-Wasser untersucht. Die Beständigkeit dieser Schmiermittel wurde anschlieend in Gaskreislufen mit Hubkolbenverdichtern getestet. Darüberhinaus wurde eine Versuchsanlage aufgebaut, die entsprechende Untersuchungen mit einem Schraubenverdichter ermöglichte. Die Resultate dieser Untersuchungen werden in diesem Paper ausführlich dargestellt, und es wird ein Ausblick auf ein bei der EG beantragtes Forschungsvorhaben gegeben, da den Aufbau von zwei Hochtemperaturwärmepumpen mit Lösungskreislauf als Demonstrationsprojekte beinhaltet.

II.1.17

ENTWICKLUNG EINER R410A WÄRMEPUMPE

Dipl. – Ing. Hans – Joachim LOHR
LOHRconsult GmbH, Wärmepumpen – Institut, Vellmar

Der Einsatz des Kältemittels R410A für die Wärmepumpe ist eine interessante Alternative zu den bisher eingesetzten Kältemitteln. Kleine Baueinheiten aufgrund der hohen volumetrischen Kälteleistung bei gleichwertigen oder besseren Heizleistungszahlen sind zu erwarten. Die Entwicklungsarbeiten beziehen sich zunächst nur auf Aggregate kleiner Leistungen, Heizleistung 5 ... 16 kW, unter Einsatz von Scroll-Verdichtern und gelöteten Plattenwärmetauschern, die marktgängig zur Verfügung standen bzw. die sich zu dem Zeitpunkt in der Entwicklung befanden.

Ziel der Entwicklungsarbeiten war es, optimal aufeinander abgestimmte Komponenten zu erhalten und die zunächst theoretisch berechneten Daten empirisch zu ermitteln. Im Ergebnis werden die experimentell auf dem Versuchsstand und im Feldtest gemachten Ergebnisse und gemessenen Daten dargestellt und interpretiert. Zudem werden Hinweise auf die Dimensionierung der Bauteile und Perspektiven für eine Weiterentwicklung gegeben.

Stichworte: Wärmepumpe, R410A, Plattenwärmetauscher, Scroll - Verdichter

II.1.18

OPTIMIERUNG DER WÄRMETAUSCHERFLÄCHEN BEI KOMPRESSIONSKÄLTEMASCHINEN MIT HILFE DES WURZELKRITERIUMS

Dipl.-Ing. Tim Berlitz, Mag. Bostjan Cerkvencik, Dr.-Ing. habil. Felix Ziegler
Bay. Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern), Garching

Die Auslegung der Wärmetauscher von Kompressionskälteanlagen – Verdampfer und Kondensator – erfolgt im wesentlichen nach heuristischen Regeln bzw. nach einfachen Kriterien wie beispielsweise typische treibende Temperaturdifferenzen. Es wird eine Methode für deren Auslegung auf Basis einer thermodynamischen und wirtschaftlichen Optimierung vorgestellt. Durch eine intelligente Verteilung der Wärmetauscherfläche auf die Komponenten kann man die gesamte zu installierende Wärmetauscherfläche und die damit verbundenen Investitionskosten minimieren. Diese – analytisch mögliche – Optimierung wird mit Hilfe des sogenannten Wurzelkriteriums durchgeführt.

Es werden Ergebnisse von Berechnungen für den Vergleich optimierter und nicht optimierter Anlagen anhand eines luftgekühlten Ammoniakaltwassersatzes vorgestellt.

Stichworte: Wurzelkriterium, Auslegung der Wärmetauscher, thermodynamische und wirtschaftliche Optimierung

II.1.19 / II.2.19

TRANSKRITISCHER CO₂-PROZEß MIT ARBEITSLEISTENDER ENTSPANNUNG VERSUCHSERGEBNISSE UND BETRIEBSERFAHRUNGEN

Dipl.-Ing. Peter Heyl, Prof. Dr.-Ing. H. Quack
TU Dresden, Institut für Energiemaschinen und Maschinenlabor
Lehrstuhl für Kälte- und Kryotechnik

Der Einsatz von Kohlendioxid als Kältemittel ist ökologisch wünschenswert und sicherheitstechnisch unproblematisch. Einer breiten Anwendung von CO₂ wirken vor allem energetische Nachteile in bestimmten Prozessen der ‚Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik entgegen. Die thermodynamischen Verluste sind insbesondere in der isenthalpen Drosselentspannung des Kältemittels begründet. Charakteristisch sind dafür Anwendungen, in denen die Austrittstemperatur aus dem Hochdruckwärmeübertrager (Kondensator) ca. 25 bis 45⁰C beträgt.

Eine Möglichkeit, die Effizienz konkurrierender Systeme annähernd zu erzielen, ist der Einsatz einer arbeitsleistenden Entspannung des Kältemittels CO₂.

In einem zweistufigen Prozeß wird eine nach dem Freikolbenprinzip arbeitende Maschine für die Verdichtung des Kohlendioxids in der zweiten Verdichtungsstufe und für die einstufige arbeitsleistende Entspannung verwendet. In jeweils zwei Arbeitsräumen wird das Kältemittel Kohlendioxid verdichtet und entspannt. Die aus der arbeitsleistenden Entspannung gewonnene Expansionsarbeit wird direkt für die Verdichtung eingesetzt. Ziel ist es, möglichst geringe Übertragungsverluste bei der Einbindung der Expansionsarbeit zu erzielen.

Es werden die Versuchsergebnisse der bereits auf der DKV-Tagung 1998 in Würzburg vorgestellten Expansions-Kompressions-Maschine präsentiert und Betriebserfahrungen diskutiert.

II.1.20 / II.2.20

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG VON ENTSPANNUNGS- MASCHINEN MIT MECHANISCHER LEISTUNGS-AUSKOPPELUNG FÜR DIE TRANSKRITISCHE CO₂-KÄLTEMASCHINE

Prof. Dr.-Ing. Thomas Maurer, Fachhochschule Gießen/Friedberg
Dipl.-Ing. Thomas Zinn, NET-Institut Kassel

Die exergetische Analyse der transkritischen CO₂-Kältemaschine zeigt, daß durch eine arbeitsleistende Entspannung die Kälteleistungszahl des Prozesses deutlich zu verbessern ist. Für die Entspannung unter den vorgegebenen Drücken,

Temperaturen und Volumenströme erschienen Verdrängermaschinen der Typen Axialkolbenmaschine und Zahnradmaschine geeignet. Zur experimentellen Untersuchung der Entspannung wurde aus Gründen der Einfachheit ein Rechtsprozeß aufgebaut. Bei orientierenden Messungen erwies sich die Zahnradmaschine als vorteilhaft. Verschiedene technische Verbesserungen wurden durchgeführt. Bezogen auf eine isentrope Entspannung erreichte die Zahnradentspannungsmaschine hohe effektive Wirkungsgrade. Sie erscheint insbesondere auch für den kleinen Kälteleistungsbereich und mobile Anwendungen interessant.

II.1.21 / II.2.21

EINE TROCKNUNGSWÄRMEPUMPE MIT DEM ARBEITSSTOFF CO₂

K Klöcker, N. Flacke, E.L. Schmidt

Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik, Universität GH Essen

Die Anwendung des natürlichen Arbeitsstoffes Kohlendioxid (R 744) in Kälteanlagen und Wärmepumpen gewinnt im Hinblick auf die FCKW-Problematik zunehmend an Bedeutung. Kohlendioxid stellt sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht eine interessante Alternative zu den bereits in der Praxis verwendeten Arbeitsstoffen dar.

Bislang wurde eine Verwendung von Kohlendioxid in konventionellen Kaltdampf-Kompressionskälteanlagen durch die Lage seines kritischen Punktes ($t_{\text{krit.}} = 31.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ und

$P_{\text{krit.}} = 73.8 \text{ bar}$) auf Kühlmitteltemperaturen unterhalb von ca. $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ begrenzt. Eine Möglichkeit die hervorragenden thermophysikalischen Eigenschaften des Kohlendioxids auch bei höheren Kühlmitteltemperaturen zu nutzen, besteht in der Verwendung des Arbeitsstoffes in einem transkritischen Prozeß.

Die Auslegung und Konstruktion einer nach einem solchen Prozeß arbeitenden Trocknungswärmepumpe mit dem natürlichen Arbeitsstoff Kohlendioxid wird dargelegt. Zudem werden Ergebnisse experimenteller Untersuchungen und Primärenergieeinsparpotentiale gegenüber einem Trockner mit elektrischer Widerstandsheizung vorgestellt.

I.1 / III.1

BASISFORSCHUNG UND ENTWICKLUNGSTRENDS AUF DEM GEBIET DER KRYOMEDIZIN

Dr. sc. nat. Ralf Herzog
Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden

siehe Seite 3

I.2 / III.2

KRYOCHIRURGIE IN DER DERMATOLOGIE: STAND DER TECHNIK UND NEUE METHODEN

Priv.-Doz. Dr. med.Christos C. Zouboulis
Klinik und Poliklinik für Dermatologie, Universitätsklinikum Benjamin Franklin
Freie Universität Berlin

siehe Seite 3

I.3 / III.3

KRYOCHIRURGIE IN DER VETERINÄRMEDIZIN – STAND UND PERSPEKTIVEN

Dr. Jens Siebert, Dr. Andrea Behrens. Kleintier- und Pferdepraxis Hamersleben
Prof. Dr. Lutz-Ferdinand Litzke, Justus-Liebig-Universität Gießen

siehe Seite 4

I.4 / III.4

TIEREXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUR KRYODEVITALISATION AM UNTERKIEFER

M. Hlawitschka ¹, A. Böhm ², K. Ullmann ¹, M. Herzog ², R.U. Eckelt ¹

¹) Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der TU Dresden

²) Institut für Luft und Kältetechnik Dresden

siehe Seite 5

I.5 / III.5

TEST KRYOCHIRURGISCHER GERÄTE AN PERFUNDIERTEN ORGANEN

Dr.-Ing. M. Böhm, Dr.rer.nat. B. Schumann, Dr.rer.nat. A. Binneberg
Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH Dresden, Fachbereich Kryotechnik

siehe Seite 6

I.6 / III.6

MUSKELTONUSSENKUNG AM MENSCHEN MITTELS KRYOTHERAPIE

A. Lange, G. Krumpolt, R. Schneider
Zentrale Physiotherapie Universitätsklinikum TU Dresden;
W. Eichler, H. Hänsgen, E. Wobst
Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden

siehe Seite 6

I.7 / III.7

KRYOKONSERVIERUNG VON BLUTZELLEN DES MENSCHEN

W Gebauer, E. Gebauer, F. Schunter
DRK BSD Oldenburg, Brandenburger Str. 21, 26133 Oldenburg

siehe Seite 7

I.8 / III.8

TIEFKÜHLKONSERVIERUNG KOMPLEXER BIOLOGISCHER SYSTEME: AUFGABEN FÜR DIE KRYOBIOLOGIE BEIM TISSUE ENGINEERING

I. Heschel, H. Schoot, J. Pasch, G. Rau
Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik an der RWTH Aachen

siehe Seite 7

III.9

PHOENIX 99 - ÜBERSICHTSVORTRAG ZUM "AUTOMOTIVE ALTERNATE REFRIGERANTS SYSTEMS SYMPOSIUM"

Ullrich Hesse, Michael Arnemann
Robert Bosch GmbH, Schwieberdingen

Vom 28. Juni bis 1. July 1999 fand in Phoenix, AZ in Wiederholung des letztjährigen „Alternate Refrigerant Forum“ das „Automotive Alternate Refrigerant Systems Symposium“ statt. Ca. 165 Teilnehmer hörten und diskutierten Präsentationen zu dem Einsatz alternativer Kältemittel, wobei der Schwerpunkt deutlich bei CO₂ als Alternativkältemittel lag. Im Vergleich zum Vorjahr wurden auch mehr in das Detail gehende Themen behandelt. Jeweils am frühen Nachmittag wurden Erprobungsfahrten bei hierfür günstig hoher Außentemperatur und Sonneneinstrahlung durchgeführt. Dazu standen 24 Fahrzeuge einschließlich acht Fahrzeugen mit CO₂-Klimaanlage, ein Fahrzeug mit brennbarem Kältemittel und Kälte-trägerkreislauf und zwei Elektrofahrzeuge bereit. Mit diesem Vortrag soll eine

Übersicht zu den Präsentationen und den Ergebnissen der Testfahrten gegeben werden.

III.10

SIMULATION VON PKW-KLIMASYSTEMEN MIT DEM KÄLTEMITTEL KOHLENDIOXID

Florian Kauf
DaimlerChrysler AG

Um eine komfortable Abkühlung und Aufheizung von Fahrzeugen mit verbrauchs-optimierten Motoren sicherzustellen, müssen Klimasysteme besondere Anforderungen erfüllen. Einerseits wachsen die Ansprüche an den thermischen Komfort in der Fahrzeugkabine, andererseits führt eine konsequente Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs zu einer notwendigen Reduzierung der Kompressorantriebsleistung und weniger Wärme im Kühlmittel.

Um bereits im Vorfeld Aussagen über Leistungsfähigkeit, Prozeßregelung ... neuer Klimasysteme machen zu können, ist ein dynamisches Simulationsmodell notwendig. In diesem Beitrag wird ein Simulationsmodell vorgestellt, mit dem z. B. die Hochdruckregelung einer überkritisch betriebenen CO₂-Kälteanlage untersucht werden kann. Des weiteren können Zuheizsysteme berechnet werden, die durch Nutzung verschiedener Komponenten der Kälteanlage und z. B. der Wärme des Abgases, eine verbesserte Kabinenerwärmung ermöglichen.

Stichworte: Pkw-Klimatisierung, Kohlendioxid, Simulation, Kälteanlage, Zuheizsystem

III.11

GEKOPPELTE SIMULATION VON INNENRAUM UND KÄLTEKREISLAUF MIT BLOCKORIENTIERTER SIMULATIONSSOFTWARE

M. Konz, H. Holdack-Janssen
FH Braunschweig/Wolfenbüttel, Institut für Fahrzeugbau

Modifikationen von Elementen in einer Fahrzeugklimaanlage, oder die Änderung der Regelungsstrategie werden durchgeführt um den Energieverbrauch zu senken, den Komfort für die Fahrzeuginsassen zu steigern oder die Fertigungskosten zu reduzieren.

Simulationsprogramme sollen einen aufwendigen Prototypenbau minimieren und Vorab-Kalkulationen des angestrebten Zieles erlauben und dabei evtl. entstehende Probleme aufdecken. Die Verwendung blockorientierter Simulationstools erlaubt dabei eine schnelle Modifikation des Systems und eine ausgedehnte Parameterstudie.

An der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel wird derzeit eine Simulationsumgebung mit Matlab/Simulink geschaffen, mit der es möglich sein soll Energiebedarfsanalysen von Fahrzeugklimaanlagen zu erstellen. Damit sollen verschiedene Regelungsstrategien und Anlagenkombinationen untersucht werden.

III.12

KLIMAKOMFORTMESSUNG IM FAHRZEUG

Dr. T. Gyoeroeg

Denso Automotive Deutschland GmbH, Freising

Der Einsatz des "Thermal Mannequin" mit am Körpermodell angebrachten Temperaturmeßstellen ermöglicht die Visualisierung der Temperaturverteilung im Fahrzeuginnenraum bei Messungen im Windkanal.

Zusätzlich zu den Temperaturmeßstellen ist das "Thermal Mannequin" mit Luftgeschwindigkeits-, Strahlungs-, und Feuchtesensoren bestückt. Die gemessenen vier physikalischen Größen sind die Eingangsgrößen für die Ermittlung der Hauttemperatur, mit deren Hilfe vorhergesagt werden kann, wie sich der Mensch unter gegebenen klimatischen Bedingungen im Fahrzeug fühlen wird.

III.13

Standklimatisierung in Fahrzeugen

Dipl.-Ing. A. Krompaß

Webasto Thermosysteme GmbH, Stockdorf

Die Klimatisierung von Fahrzeugkabinen während Fahrpausen stellt gerade für den Lkw-Fernverkehr eine wichtige Voraussetzung dar, um die Leistungsfähigkeit des Fahrers im Straßenverkehr sicherzustellen. Schon bei moderaten Umgebungstemperaturen steigt die Kabinentemperatur und rel. Feuchte deutlich über Außentemperaturniveau. Eine erholsame Ruhepause in der Kabine ist dadurch nicht mehr möglich.

Die Aufgabe einer Standklimaanlage besteht darin, das Klima in der Kabine über eine ausreichende Zeitspanne innerhalb behaglicher Grenzen zu halten.

Webasto hat für den Mercedes Benz Actros die Standklimaanlage „Accusphere“ auf Basis eines Eisspeichers entwickelt. Der Vortrag gibt einen Einblick in die Technik der Standklimaanlage.

Anhand von Freiland- und Klimakammermessungen wird die Funktion erläutert. Alternative Konzepte und Entwicklungstendenzen werden vorgestellt.

III.14

OMNIBUSKLIMATISIERUNG IM TECHNOLOGISCHEN SOWIE ÖKOLOGISCHEN WANDEL

B. Lipp

Thermo-King GmbH, Hockenheim

siehe Nachtrag Kurzfassungen Berlin

III.15

NUMERISCHE SIMULATION VON KÄLTEMITTELKREISLÄUFEN MIT KAPILLARROHRDROSSELUNG IM INTERMITTIERENDEN BEREICH

J. Phillip

Lehrstuhl für Kälte- und Kryotechnik, TU Dresden

Der Beitrag stellt ein Programm zur Simulation des transienten Verhaltens des Kältemittelkreislaufes in Kleingeräten vor. Die Simulation des Kältemittelkreislaufes soll dazu dienen:

1. die Entwicklungszeit von Haushaltskühlgeräten zu verkürzen
2. durch Anpassung der Komponenten die, für den üblichen Ein/Aus-Betrieb der Kältemaschine, energetisch beste Lösung zu finden.

Im Vortrag werden dabei am Beispiel eines Haushaltskühlschranks die Einflüsse der Kapillarrohrgeometrie und der Kältemittelfüllmenge auf die Energieaufnahme und die Kälteleistung des Gerätes erläutert. Es erfolgt ein Vergleich der Simulationsergebnisse mit entsprechenden Messungen an einem Testgerät.

Die Optimierung der Kühlgeräte für den intermittierenden Betrieb kann bereits ohne zusätzliche Komponenten oder verbesserte Verdichter zu signifikanten Energieeinsparungen führen.

Das numerische Modell wird dazu verwendet, einzelne Verlustquellen im Kreislauf genau zu quantifizieren und Möglichkeiten zur Verringerung dieser Verluste aufzuzeigen. Es wird untersucht, wie sich zusätzliche Wärmespeicher an Verdampfer und Verflüssiger auf die Energieaufnahme auswirken. Durch Einbau eines Ventils zur Unterbindung der Kältemittelverlagerung bei abgeschalteten Verdichter ergeben sich weitere Einsparmöglichkeiten. Für jede Änderung am System werden Kapillarrohr und Kältemittelfüllmenge so abgeglichen, so daß die Energieaufnahme des Kühlgerätes minimal wird.

III.16

HAUSHALTSGEFRIERGERÄTE MIT DREHZAHLGEREGLTEN VERDICHTERN

Dipl. Ing. Thomas Ertel

Liebherr Hausgeräte GmbH, Ochsenhausen

Die „No-Frost“ Gefriertechnik gilt im Bereich der Haushaltsgeräte als komfortable Errungenschaft, da ein regelmäßiges abtauen des Gefriertraumes nicht notwendig ist. Aus energetischer Sicht ist die „No-Frost-Technik mit indirekter Kühlung über Umluft im Gegensatz zur herkömmlichen direkten Kühlung deutlich ineffizienter. Durch den Einsatz von drehzahlgeregelten Kompressoren konnte dieser Unterschied weitestgehend ausgeglichen werden. Durch eine Vielzahl von Messungen und Untersuchungen ist es der Fa. Liebherr in Zusammenarbeit mit einem namhaften Kompressorenhersteller gelungen die weltweit ersten „No-Frost“ Gefriergeräte zu entwickeln, die die Energieverbrauchswerte der Energieeffizienzklasse „A“ erfüllen. Seit Anfang 1999 wird diese Gerätefamilie in Serie zu produziert. Die energetischen Vorteile dieser Technik werden an Hand von Meßergebnissen dargelegt.

III.17

DISPCACK 2 – SYSTEMLÖSUNGEN FÜR KLEINE SUPERMÄRKTE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON ÖKOLGIE UND INVESTITION

Ch. Bänfer, E. Holzhäuser
TEKO Gesellschaft für Kältetechnik mbH

Die Entwicklung der Anlage DISCPACK 2 dient zum Betreiben von Kühlmöbeln in einem typischen DISCOUNT Supermarkt (im speziellen Fall REWE – Penny). Bei der Anlage handelt es sich um eine Systemlösung, welche mit 2 Verdichtern für den Plusbereich und 1 in Kaskadenschaltung integriertem Verdichter für die Tiefkühlung die unterschiedlichen Verbraucher eines Discount Marktes abdeckt. Betrieben wird die Anlage im Normalkühlbereich mit dem Kältemittel R 134a, in dem Tiefkühlbereich mit R 404A. Der Wärmetauscher der Kaskade hat zur Kompensation der unterschiedlichen Laufzeiten der verschiedenen Verbraucher eine Speicherfunktion. Gesteuert wird das ganze System mit einem speziellen für diese Anwendung entwickelten pulsbreitenmodulierten Regelverfahren, welches die Kühlstellen nach Größe und Laufzeit den Kälteerzeugern zuordnet.

Die umwelttechnische Innovation liegt in 3 Hauptmerkmalen:

- Durch das spezielle Regelverfahren und dem Einsatz von R 134a im NK – Bereich konnte die Gesamtleistungsaufnahme gegenüber bestehenden, vergleichbaren Anlagen mit Kältemittel R 404A um 15 – 20% reduziert werden.
- Im TEWI Vergleich, bezogen auf eine Lebensdauer von 12 Jahren, wurde die Gesamtemission der Anlage auf ca. 65% gegenüber der bisherigen Technik reduziert.
- Durch den Einsatz und die Optimierung der eingebauten Komponenten wurde die Gesamtlautstärke der Anlage um ca. 6 dB(A) (Schalldruckpegel in 1 m Entfernung) reduziert.

III.18

VERBESSERUNG DER ENERGETISCHEN GESAMTBILANZ VON SUPERMARKT-KÄLTEEINRICHTUNGEN DURCH DIE VERWENDUNG EINES EFFIZIENTEN KÄLTETRÄGERS UND NEUER TECHNIK

J. Hellsten – Aspen Petroleum AB, Göteborg, Schweden
K. Svensson – Frigotech A.B., Stockholm, Schweden

In Schweden gibt es eine längere und gute Erfahrung mit Sekundärkälteanlagen im Bereich Supermarktkälte. Die Technik der Sekundärkälteanlagen wurde in Schweden entwickelt und entspricht die Erwartungen, nicht nur ein umweltschonendes Konzept für den Supermarkt zu sein, sondern auch den Energieverbrauch erniedrigen und die Produktqualität des Lebensmittels zu erhöhen. Durch den schnellen Ausstieg von den FCKW's und die Begrenzung der maximalen Füllmenge mit Kältemittel, hat der Markt für Sekundärkälte im Supermarktbereich früh in Schweden angefangen.

Aspen Petroleum, ein Schwedisches Unternehmen das nur mit umweltschonenden Produkten arbeiten, hat ein neuartiger, patentierter umweltschonender und sehr

effizienter Wärme-und Kälte-träger entwickelt und ist seit ein paar Jahren auf den Markt. Der Name diese Flüssigkeit ist Temper, die biologisch abbaubar ist und aus regenerativen Rohstoffen hergestellt wird. Im Vergleich mit anderen, ähnlichen Flüssigkeiten auf den Markt, enthält Temper eine sehr effektive und zulässige Korrosionsschutztechnologie, die auch patentiert ist.

Durch eine Zusammenarbeit der Firma Aspen und der Installateurfirma Frigotech, die ausserdem Kältemaschinen in modulbauweise liefern, ist ein sehr interessantes Konzept entstanden, das in diesem Vortrag inklusive interessante Referenzanlagen in Supermärkten präsentiert werden. Die Applikationen sind in sowie Kühl- als Tiefkühlbereich.

Besondere Merkmale und Ergebnisse, ausser die Umweltvorteile, sind:

- Totaler Energieverbrauch ähnlich wie bei der Direktexpansion, u a durch ein patentiertes Entfrostsungssystem, das erwärmte Sole als Wärmequelle benutzt.
- Bessere Produktqualität der Lebensmittel durch stabile Temperatur in Kühl resp. Tiefkühlbereich. Nur eine Entfrostsung pro Tag erforderlich, die auch wenig Zeit benötigt, durch neue Technik.
- Einfaches System mit einfacher Installation durch vormontierte Baugruppen ergibt niedrige Installationskosten.

Durch die Verwendung eines Effizienten Kälte-trägers können kleinere Pumpen installiert werden und ergibt damit niedrige Stromkosten.

III.19

BETRIEBSVERFOLGUNG VON AMMONIAK/SOLE-ANLAGEN IN ZWEI SB-WARENHÄUSERN

Dr. Carsten Blindauer, Dr. Götz van Riesenbeck
ITGB, Dinslaken

Mit dem Ziel der Umweltentlastung (Treibhauseffekt) wurden in den letzten Jahren auch im Bereich des Einzelhandels verstärkt Kälteanlagen als Zweikreisanlagen mit Kälteerzeugung über natürliche Kältemittel gebaut und betrieben. Als im Bereich Gewerbekälte spezialisierter Fachplaner hat es ITGB im Auftrag des Betreibers großer SB-Warenhäuser unternommen, die denkbaren Systemlösungen für alternative Kälteanlagen am Beispiel von zwei Objekten hinsichtlich ihrer Betriebskosten und Investitionskosten anhand breit gefächerter Ausschreibungen zu untersuchen, um so dem Betreiber eine Entscheidungsgrundlage zu bieten. Diese Systemanalyse wurden im Rahmen der letzten DKV-Tagung in 1998 dargestellt und mit ersten Erfahrungen im Betrieb insbesondere auch bzgl. der real gemessenen Stromverbräuche verglichen. ITGB hat die entsprechenden Untersuchungen in 1999 fortgeführt und soweit möglich verfeinert, um weitergehende Aussagen zu den Ursachen der bei Ammoniak/Sole-Anlagen festgestellten deutlichen Strommehrverbräuche machen zu können. Die Ergebnisse der Untersuchung mit dem Ziel einer energetischen Optimierung von Zweikreisanlagen im Planungsstadium und im Betrieb sollen ausführlich diskutiert werden.

III.20

BINÄREIS ERFAHRUNGEN AUS DEM BETRIEB EINER VERSUCHSANLAGE

J. Geyer
FH-Gebäudetechnik, Pinkafeld, Österreich

siehe Nachtrag Kurzfassungen Berlin

III.21

ERFAHRUNGEN MIT DER FLO-ICE™- UND BINÄREIS®- TECHNOLOGIE

G. Schmidt
Planungsbüro für die Flo-Ice™- und Binäreis®-Technologie, Hockenheim

Die vielen bereits ausgeführten Anlagen sprechen für sich. Die Akzeptanz der Technologie hat sich wesentlich erhöht. An Hand von ausgeführten Anlagen werden die besonderen Vorzüge mit Beispielen aus der Praxis dargestellt. Zur Darstellung gehören Planungs- und praktische Anwendungserfahrungen mit der sinnvollen und ökologisch interessanten Flo-Ice™- und Binäreis®- Technologie für kältetechnische Einrichtungen.

Zum Themenkreis gehört:

- Planungshinweise und Voraussetzungen für eine Flo-Ice™- und Binäreis®-Anlage
- Nutzen und Speichern der Kältearbeit
- Rohrleitungen und Isolierung, Pumpen, Wärmetauscher
- Steuer- und Regelung der Kühlstellen
- Schlußbemerkung

III.22

EINSATZ NEUER ENERGIE- UND PRODUKTOPTIMIERTER VERDAMPFERTECHNOLOGIEN IN FLEISCHKÜHLRÄUMEN

M. Moje, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach
J. Lessing, Planungsbüro für Kältetechnik, Nürnberg

Im Verlauf der einstufigen Abkühlung schlachtwarmer Schweineschlachtkörper kommt es zu einer erheblichen Reifbildung an den Wärmeaustauschflächen von Luftkühlern, so daß der Kühlprozeß durch Abtauvorgänge unterbrochen werden muß. Dabei wird mit konventionellen Abtauverfahren weitere Wärme in die Kühlräume eingebracht. Nach der Installation eines neuentwickelten Parallelverdampfers wurden die Auswirkungen der Umluftabtauung auf die resultierende Schlachtkörperqualität bestimmt.

Dazu wurden folgende Parameter untersucht:

- Luftgeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Ventilator Drehzahlen an verschiedenen Positionen im Kühlraum
- Raumtemperatur und -luftfeuchtigkeit in Höhe der Schlachtkörper im Ansaugbereich des Verdampfers sowie ca. 3 m vor dem Ausblasbereich
- Kältemittelintritts- und Austrittstemperaturen
- Verlauf der Schinkenkerntemperaturen an verschiedenen Rohrbahnpositionen
- Verlauf der Kerntemperaturen im Kotlettstrang sowie oberflächlich unter der Schwarte im Bauchbereich
- Dauer des Abkühlvorganges bis zum Erreichen der gesetzlich geforderten Kerntemperatur

- Menge des anfallenden Kondensats
 - Entwicklung der oberflächlichen Gesamtkeimgehalts auf den Schlachttierkörper
- Über die Ergebnisse der Untersuchung sowie Aspekte des Energiebedarfs wird im Rahmen des Vortrages berichtet.

AA.IV.1

WIRKUNGEN IN DER WAHRGENOMMENEN UMWELT

Dipl.-Ing. G. J. Borbely DR. Ph.D.
Planungsbüro Borbely GmbH, 80796 München

Die Multikomponente der Wirkungssysteme (Mensch-Umfeld) werden nach der Gepflogenheiten unserer Gesellschaft nach der Prinzip der Aufgabenverteilung gestaltet. Die Mitwirkenden haben in diesem Prozess ausser sachlicher auch wirtschaftliche Interesse zu berücksichtigen. Hierbei werden die Mitwirkenden bevorzugt, die nach der wirtschaftlicher Interesse des Auftraggebers handeln.

Um handeln zu können, müssen Projekte akquiriert werden. In dieser Phase werden viele Weichen gestellt, die der sachlichen Lösungen beeinflussen und die Rollenverteilung im Gestaltungsprozess bestimmen. Aus der komplexen Wirkungen werden die Lösungen herausgeschält, die den Markterfolg sichern.

Bei der Verifizierung der erfassbaren Parameter können zwar auf Normen, Stand der Technik usw. Bezug genommen werden, um Rechtssicherheit zu haben, aber diese können beim Unwohlgefühl die schleichenden negativen Meinungen über die Unfähigkeit der Ingenieure nicht verhindern.

Im Gestaltungsprozess der menschlichen Umwelt sollten die RTL-Ingenieure mehr Aufgabe übernehmen und anstreben, neben den Architekten gleichberechtigter Partner zu sein, um die Konditionen in den Räumen zu verantworten, die Wirkungskette der Einflüsse zu definieren, nach Fertigstellung der wahrgenommenen Umwelt abnehmen und zertifizieren.

Der Vortrag versucht anhand durchgeführter Projekte die Parameter zu zeigen, die ermöglichen der RTL-Ingenieure erfolgreicher zu werden.

AA.IV.2

Energiemanagment für kommunale Einrichtungen

M. Kuhn

Steinbeis-Transferzentrum Energie-, Umwelt- und Reinraumtechnik, Offenburg

Stichworte:

- Systematischer Aufbau
Organisation, Datenerfassung und –auswertung, Schwachstellenanalysen, Berichtswesen
- EDV-Auswertung im Energiemanagment

AA.IV.3

BESONDERHEITEN DER LUFTECHNISCHEN ANLAGE DES PLENARSAALS IM UMGEBAUTEN REICHSTAG BERLIN

Dr.-Ing. Karl-Josef Albers
Heinrich Nickel GmbH, Frankfurt

Das System zur Klimatisierung des Plenarsaals im umgebauten Reichstag in Berlin nämlich die Quellüftung über den Teppichboden bzw. über Stufenauslässe, hat sich bereits in den Plenarsälen im Wasserwerk und im Neubau des Bundestages in Bonn bewährt. Wenn man aber trotzdem diese Plenarsaa1anlage als technisch besonders

anspruchsvoll und innovativ bezeichnen kann, so liegt dieses an der besonderen Zu- und Abluftführung.

Die Außenluft wird über den Portikus an der Westseite angesaugt. Dort wird sie in einem ersten Erwärmer und Kühler vorkonditioniert. Die Zuluft wird dann über historische Schächte zur Zentrale im Plenargeschoß geführt. Hier drücken vier Axialventilatoren die konditionierte Zuluft in einen Druckraum unterhalb des Plenarsaals. Von dort strömt sie in den eigentlichen Doppelboden unterhalb der Bestuhlung. Ein Teil der Zuluft wird von Schubventilatoren zu den Besuchertribünen gefördert. Die Abluft wird über den Technikonus in der Kuppel, der mit seiner Spitze in den Plenarsaal ragt, abgeführt und senkrecht nach oben in die Umgebung geblasen.

Die sehr geringen Systemdämpfungen in Verbindung mit den hohen Anforderungen an die Akustik des Plenarsaals führten zu besonderen Konstruktionen des Zu- und Abluftschalldämpfers sowie zu einem speziellen Abluftventilator. Weiterhin zeichnet die Plenarsaalanlage geringe Strömungsgeschwindigkeiten und damit verbunden sehr geringe Druckverluste in der Zu- und Abluft aus, die nur 150 bzw. 170 Pa betragen. Diese geringen Druckverluste werden durch Druckschwankungen infolge wechselnder Winddrücke am Portikus sowie sich ändernder Auftriebskräfte in den historischen Schächten sowie im Technikonus überlagert. Damit diese Störeinflüsse zu keinen negativen Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb führen, waren besondere Ausführungen der Zuluftventilatoren sowie der Regelung erforderlich.

AA.IV.4

ENTWICKLUNGSTENDENZEN BEI KLIMAGERÄTEN

Dipl.-Ing. (FH) Peter Boehm
Gütegemeinschaft RLT-Geräte, Germering

Die Entwicklung von der EN 1886, Eurovent und den RAL-Gütebedingungen für Klimageräte wird zur Diskussion gestellt.

Setzen sich freilaufende Ventilatorräder oder Radialventilatoren durch. Welche Energieeinsparungen sind möglich.

Die Entwicklung neuer Rahmenprofile und entkoppelter Paneele zeigt den Weg zu verbesserter Wärmedämmung und höherwertigen Geräten.

AA.IV.5

UNTERSUCHUNGEN ZUR BAUTEILKÜHLUNG

Dipl.-Ing. Peter Müller
ROM Zentrale, Hamburg

Bei dem Konzept der thermischen Bauteilaktivierung soll der Effekt der Wärmespeicherung von schweren, offenen Betondecken in Verbindung mit einer aktiven Be- und Entladung für eine Temperierung der Räume genutzt werden. An einem 2-Achsraum im Maßstab 1 : 1 des BV "ABC-Bogen", Hamburg, wurden im Labor der Fa. Rud. Otto Meyer GmbH & Co. KG (ROM) wärmetechnische Untersuchungen durchgeführt.

Die wichtigsten Ergebnisse der Studie werden zusammenfassend dargestellt:

- Kühlleistungskennlinie für den stationären Zustand unter realitätsnahen Prüfbedingungen
- Instationärer Raumtemperatur- und Kühlleistungsverlauf während einer Schönwetterperiode nach VDI 2078 für verschiedene Konzepte (Fensterlüftung mit und ohne Bauteilkühlung; mechanische Lüftung mit Bauteilkühlung)

Stichworte: Bauteilkühlung, experimentelle Untersuchungen

AA.IV.6 ENERGIEEINSPARUNGEN DURCH SORPTIONSGESTÜTZTE LUFTECHNISCHE ANLAGEN

Dr.-Ing. Jörg Heinrich
Klingenburg GmbH, Gladbeck

Zur Sicherung behaglicher Raumluftzustände ist bekanntlich ein beträchtlicher Energieaufwand erforderlich. Temperatur und Wassergehalt der Zuluft sind die entscheidenden Komponenten behaglicher Raumluftzustände. Die negative Wirkung zu hoher Raumluftfeuchten unter sommerlichen Bedingungen wird jedoch häufig unterschätzt. Deshalb ist die Forderung „Entfeuchtung wichtiger als Kühlung“ berechtigt.

Um behagliche Raumluftzustände mit lufttechnischen Anlagen zu erreichen, sind deshalb energierationelle Maßnahmen gefordert. Damit wird nicht nur eine Senkung der Betriebskosten erzielt, sondern zugleich durch verringerten Primärenergieaufwand die CO₂-Belastung der Umwelt reduziert.

Ein wichtiger Weg zur energierationellen Gestaltung von lufttechnischen Anlagen besteht in der Trennung von Luftentfeuchtung und Luftkühlung durch sorptive Luftentfeuchtung.

Mit dem Einsatz von Sorptionsluftentfeuchtern in Klimaanlage erhöht sich jedoch der Umfang und die Komplexität der Einflußparameter. Die zusätzlichen Komponenten und die Kälteanlage müssen dem klimatechnischen Prozeß auf neue Art angepaßt werden.

Diese zunehmend zur Anwendung kommende Technologie der sorptive Luftentfeuchtung ist, mit ihrer Wirkung auf den Energiebedarf, den Einsatzmöglichkeiten und -grenzen Gegenstand des Vortrages.

AA.IV.7 ENTWICKLUNG EINES MIT GAS BETRIEBENEN KLIMATISIERUNGSSYSTEMS

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmitz, Dipl.-Ing. Robert Möckel
Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg

Es wird über ein vom Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches gefördertes Projekt zur Entwicklung eines mit Gas betriebenen Klimatisierungssystem berichtet. Der Grundgedanke dieses Systems besteht darin, die Abwärme eines Klein-BHKW's (5 kW_{el.} / 112,5 kW_{therm.}) im Sommer zur Vortrocknung, also Entfeuchtung der Luft zu nutzen. Der Betrieb einer Absorptionskälteanlage mit der Abwärme des Klein-BHKW scheidet aus, da Absorptionsanlagen für derart kleine Wärmeleistungen nicht verfügbar sind bzw. zu aufwendig wären. Durch die Entfeuchtung reduziert sich der

Leistungsbedarf der nachgeschalteten, mit BHKW-Strom betriebenen Kompressionskälteanlage, erheblich. Im Gegensatz zum sog. Desiccative Evaporative Cooling (DEC-Anlagen) entsteht kein erhöhter Wasserverbrauch.

Der Gesamtprozess besteht aus folgenden Verfahrensschritten:

- Adsorptive Vortrocknung der ankommenden Zuluft bis zur geforderten Wasserbeladung.
- Trockene Rückkühlung der durch die Adsorption erwärmten Zuluft.
- Kühlung ohne Entfeuchtung mit einem Kompressionskühlgerät bis zum geforderten Raumluftzustand (Lufttemperatur, relative Feuchte).
- Eintritt der konditionierten Luft in den Raum.
- Erwärmung der Abluft durch regenerative Wärmerückgewinnung aus der Zuluft
- Rest-Erwärmung der Abluft durch die Abwärme des BHKW auf das erforderliche Temperaturniveau für die Regeneration des Adsorptionsrades.
- Regeneration des Adsorptionsrades mit der erwärmten Abluft.

Im Winter arbeitet das System als Heizung. Die Abwärme des BHKW kann damit über das gesamte Jahr besser genutzt werden und es ergeben sich sehr hohe primärenergetische Jahresnutzungsgrade. Hinsichtlich der Klimatisierung stellt das Konzept eine realistische Alternative zu direkt mit Gas befeuerten einstufigen Absorptionskälteanlagen dar, die primärenergetisch gegenüber den mit Kraftwerksstrom betriebenen elektrischen Kompressionskälteanlagen schlechter abschneiden.

In den bisher durchgeführten experimentellen und theoretischen Untersuchungen wurde das System thermodynamisch mit anderen Möglichkeiten zur Raumklimatisierung verglichen. Die erzielbare Primärenergieeinsparung gegenüber mit Kraftwerksstrom betriebenen Kälteanlagen oder direkt mit Gas befeuerten Absorptionskälteanlagen und einem Gasheizkessel für den Heizfall hängt danach von den klimatischen Bedingungen des Einsatzortes ab. Die Messungen zeigen aber, daß die Anwendung dieses Konzeptes in Deutschland sinnvoll ist und auch hier deutliche Primärenergieeinsparungen erzielt werden können. Besonders interessant sind aber Standorte mit einem hohem Entfeuchtungsbedarf, wie z.B. Süd-Ost-Asien. In diesen Gegenden könnte ein solches System helfen, die Probleme bezüglich der Stromversorgung in Spitzenlastzeiten zu mildern, die durch den exponentiell wachsenden Bedarf an Klimakälte entstehen.

Zum Zeitpunkt des Vortrages können auch erste Angaben zur Wirtschaftlichkeit eines solchen „Hybrid-Systems“ gemacht werden.

AA.IV.8

SOLARGESTÜTZTE KLIMATISIERUNGSSYSTEME -VERGLEICH DER ENERGETISCHEN EFFIZIENZ UND WIRTSCHAFTLICHKEIT IN UNTERSCHIEDLICHEN KLIMATA

Carsten Hindenburg, Hans-Martin Henning
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg

Eine steigende Nachfrage nach sommerlicher Gebäudeklimatisierung kann in vielen Ländern insbesondere in Südeuropa beobachtet werden. Ein höheres Komfortbedürfnis, eine steigende wirtschaftliche Prosperität aber auch eine Anpassung an mitteleuropäische Arbeitszeiten in süd-europäischen Ländern

verursacht diese Nachfrage. Diese Energiedienstleistung ist oft sehr energieintensiv. Der bisherige Kältetechnikmarkt wird von elektrisch angetriebenen Kompressionskältemaschinen dominiert. Nicht nur aufgrund der Problematik der FCKW-haltigen Kältemittel, sondern auch aus dem Blickwinkel einer zunehmenden Bedeutung einer Spitzenlastreduktion im Sommer sind thermisch angetriebene Kälteverfahren z.B. auch für Energieversorger von steigendem Interesse.

Am Fraunhofer-ISE wurden in einer umfangreichen Studie verschiedene Systeme zur solaren Klimatisierung in unterschiedlichen Klimata anhand eines Musterbürogebäudes sowohl energetisch als auch wirtschaftlich verglichen. Als Referenzsystem wurde eine Klimazentrale mit Kompressionskälteanlage ohne Solareinbindung gewählt. Für alle untersuchten Systeme wurden jeweils die Vorgaben der DIN 194612 streng eingehalten. Je nach untersuchtem thermischen Kälteverfahren (Absorptions- oder Adsorptionskälte bzw. Sorptionsgestützte Klimatisierung SGK) werden solarseitig verschiedene Kollektortypen (Vakuümrohren-, Flach- bzw. Solarluftkollektoren) betrachtet.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird ein Vorgehen in Anlehnung an VDI 2067 ausgewählt. Den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen liegen Preisrecherchen sowohl auf der Seite der Klima- als auch der Solartechnik zugrunde. Für die Klimaregionen Nord-, Mittel- und Südeuropa werden die energetisch und ökonomisch aussichtsreichsten Verfahren herausgearbeitet.

Die Ergebnisse zeigen, dass unter südeuropäischen Klimabedingungen unter günstigen Bedingungen (z.B. hoher Leistungspreis für Strom) schon heute Systeme mit solaren Deckungsraten im Bereich von 30 - 70% wirtschaftlich darstellbar sind. Bei solaren Deckungsraten im Bereich von 70 - 90% sind Lösungen mit Amortisationszeiten unter 10 Jahren möglich. Insbesondere in Südeuropa erscheinen Kombinationssysteme von SGK-Systemen mit solarautarker thermischer Energieversorgung und elektrischen Kompressionskältemaschinen aussichtsreich.

Die Randbedingungen und Ergebnisse der Studie werden im Beitrag detailliert dargestellt. Dabei werden die verschiedenen Systeme und die jeweils mögliche Einbindung der thermischen Solarenergie diskutiert.

AA.IV.9

HEIZUNGS- UND HAUSTECHNIK FÜR GEBÄUDE NACH DER ENERGIESPARVERORDNUNG 2000

Prof. Dr. Burger
Viessmann Werke GmbH

Im Zusammenhang mit der bauphysikalischen Projektion einerseits und der Leistung der technischen Gebäudeausrüstung andererseits spiegeln sich Wege zur Energieeffizienz, zur Minderung des CO₂- Ausstoßes und zur positiven Gestaltung des Arbeitsmarktes im Rahmen der EnEV 2000 wider:

- Koordination der Anlagentechnik und Bauphysik im Niedrigenergie-Standard für Neubau und Gebäudebestand
- Bauphysikalische und anlagentechnische Musterlösungen für Neubau und Sanierungen
- Verlustarme Installationsstrukturen beim Gebäudeentwurf und in der

Sanierungsplanung

- Einkopplung von regenerativen Energien, Optionen zum Hochrüsten (z.B. bivalente Warmwasserspeicher)
- Transparenz und Beratung über Lüftung, Wärmerückgewinnung, Luftdichtheit usw. (Prüfoptionen hierzu)
- Aufklärung und Beratung der Nutzer hinsichtlich Energieeffizienz und Ressourcenschonung, z.B. Energiepässe, Selbstvollzug u.a.m.
- Dienstleistungsmarkt mit Contracting, Wärmelieferung usw.

Heizungs- und Installationstechnik stellen bewährte Heiztechnik und Systemintegrationen zur Verfügung, die den Anforderungen des Niedrigenergie-Standards und darüber hinaus genügen. Spitzenreiter hinsichtlich der Einsparung von Primärenergie und CO₂-Minderung sind Niedertemperatur- bzw. Brennwertanlagen mit Solareinkopplung und/oder Wärmerückgewinnungsanlagen. Hier können Einsparungen von 30 bis 40 % erzielt werden, bei der Kombination von Solareinkopplung und Wärmerückgewinnung sogar über 50 %, jeweils bezogen auf das Primärenergieniveau der WSWO 95.

Infolge der vielfältigen energetischen aber auch komplexeren Strukturen wird dies erforderlich, bereits im Entwurfsstadium in eine integrale Planung der verschiedenen Fachdisziplinen einzutreten. Nur über einen gemeinsamen Zielkurs von Planung, baulichem Wärmeschutz und Anlagentechnik können Kostenminimierung und Effizienzmaximierung erwartet werden.

AA.IV.10 HEIZSYSTEME - EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN DER THERMISCHEN BEHAGLICHKEIT

Dr. Bjarne W. Olesen
D. F. Liedelt „VELTA“ GmbH

Die Aufgabe eines Heizsystems ist es, zusammen mit dem Gebäude eine thermische Behaglichkeit für den Benutzer zu schaffen. Unterschiede in der thermischen Behaglichkeit zwischen den Heizsystemen werden oft diskutiert.

Vergleichende Untersuchungen hinsichtlich der Unterschiede zwischen verschiedenen Heizsystemen im Hinblick auf Komfort und Energieverbrauch sind selten und oft auch sehr teuer oder nur schwer realisierbar. In der Literatur finden sich vergleichende Untersuchungen, die auf Simulationsberechnungen, experimentellen Messungen oder Untersuchungen in existierenden Gebäuden basieren.

Im Rahmen dieses Artikels wird eine Reihe von experimentellen Untersuchungen in Labor-Versuchsräumen mit unterschiedlichen Heizsystemen vorgestellt und diskutiert, Messungen von PMV-PPD, operativer Temperatur, Zug, Strahlungsasymmetrie, Lufttemperaturverteilung und Oberflächentemperaturen wurden gemacht.

Durch die hohe Wärmedämmung und die damit gleichmäßige Oberflächentemperatur im Raum werden die Unterschiede in der thermischen Behaglichkeit zwischen den Heizsystemen kleiner. Die ähnlichsten Ergebnisse werden mit großen Niedertemperatur-Heizkörpern unter den Fenstern und Fußbodenheizungen erreicht. Durch die verbesserten Fenster mit einem U-Wert von weniger als $1,51 \text{ m}^2 \text{ K}$ bestehen in Wohnräumen auch keine größeren Probleme

durch zu hohe Strahlungsasymmetrie oder kalte Fallluft von den „kalten“ Fenstern mehr.

AA.IV.11

UMWELTENTLASTENDE, KOSTENSENKENDE UND WIRKSAME ENTKEIMUNG VON WASSER IN KREISLÄUFEN

Dr. rer. nat. Jürgen Koppe, MOL Katalysatortechnik GmbH, Schkopau

Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Pettelkau

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin

In Wasserkreisläufen von Luftbefeuchtern, Luftwäschern und Klimaanlage bestehen ideale Lebens- und Wachstumsbedingungen für Keime, Pilze und Hefen, die zu erheblichen Infektionsgefahren für Menschen sowie zu Störungen des Betriebs der Anlagen führen können. Bisher wurde vor allem durch Zugabe von Bioziden versucht, dem Keimwachstum Einhalt zu gebieten. Dieses Vorgehen erfordert erhebliche Mengen von Bioziden, die wegen Resistenzbildung häufig gewechselt werden müssen. Das hat eine starke Umweltbelastung zur Folge.

Eine einfache, sehr wirksame und umweltverträgliche Alternative stellt demgegenüber das neu entwickelte „MOLCLEAN-Verfahren“ dar. Entscheidendes Merkmal dieses Verfahrens ist der Einsatz von MOLOx-Vollmetallkatalysatoren in Verbindung mit geringen Wasserstoffperoxidkonzentrationen. Durch MOLOx-Vollmetallkatalysatoren wird das Wasserstoffperoxid so aktiviert, daß Keime, Hefen, Pilze und auch Algen schnell, vollständig und nachhaltig abgetötet werden. Die Energie, die für die Wasserstoffperoxid-Aktivierung erforderlich ist, wird aus der im Wasser vorhandenen organischen Substanz gewonnen. An konkreten technischen Beispielen (Luftwäscher, Kühltürme) und Modellversuchen (Legionellen-Beseitigung) werden die Funktionsweise, die bisherigen Erkenntnisse, die erfolgreiche Erprobung im Betrieb sowie die signifikanten ökonomischen und ökologischen Vorteile beim Einsatz dieses Verfahrens erläutert.

AA.IV.12

HEIZWASSER-VOLUMENSTROMVARIABILITÄT VON 2-ROHR- HEIZUNGEN IN WOHNGEBÄUDEN

Prof. Dr.-Ing. Klaus Sommer

FH Köln

Vor dem Hintergrund der energetischen und ökologischen Bewertung ganzer Gebäude gewinnt das hydraulische Verhalten von Warmwasserheizungsanlagen mehr und mehr an Bedeutung.

Der vorliegende Beitrag präsentiert aktuelle Meßergebnisse über die Heizwasser-Volumenstromvariabilität einer 2-Rohr-Heizung in einem Mehrfamilienhaus mit 27 Wohneinheiten und leitet daraus Forderungen an das Betriebsverhalten und die Auslegung von Umwälzpumpen ab.

AA.IV.13
WÄRMEPUMPEN MIT ERDWÄRMESONDEN

Prof. Dr.-Ing. Siegmund Hesslinger
FH Offenburg

Wärmepumpen mit Erdwärmesonden:

- Wasserrechtliche Beurteilung von Erdwärmesonden
- Ausführungsarten und Entzugleistungen
- Simulation des Gesamtsystemes mit TRNSYS
- Ergebnisse bei verschiedenen Betriebsweisen, Entzugsleistungen und Regelkonzepten
- Auswirkungen von verschiedenen Nutzergewohnheiten
- Wie wirkt sich die sommerliche Einspeisung mit Solarenergie auf die Erdwärmesonde aus?

als Alternative:

Erwärmung und Kühlung in erdreichverlegten Rohren zur Einsparung an Heiz- und Kühlenergie für RLT-Anlagen

AA.IV.14
WÄRMEPUMPENSYSTEME VS. BRENNWERTKESSEL ENERGETISCHER
VERGLEICH VON WÄRMEVERSORGUNGSKONZEPTEN

S. Schrapf

Institut für Kältetechnik und Angewandte Wärmetechnik, Universität Essen

Die Wärmebedarfsstruktur im Wohnhausbereich wird sich aufgrund von Energieeinspartetechnologien – wie z. B. kontrollierte Lüftung und verbesserte Wärmedämmung – zukünftig ändern. Dabei wird der Energieeinsatz zur Warmwasserbereitung im Verhältnis zum gesamten Energieeinsatz zunehmen, und das Temperaturniveau des Warmwassers wird deutlich über dem des Heizungswassers liegen. Diesen Veränderungen muß sowohl bei der Auslegung als auch bei der Betriebsfahrweise zukünftiger Wärmeerzeugungssysteme Rechnung getragen werden. – Vor diesem Hintergrund werden unter energetischen Gesichtspunkten miteinander verglichen und bewertet:

- elektrisch angetriebene Wärmepumpen und
- eine Kopplung von Wärmepumpe und Solarkollektor sowie
- ein Brennwertkessel bzw. eine Kopplung von Brennwertkessel und Solarkollektor als Referenzsystem.

Ergebnis

Bei einer optimierten Auslegung sind Wärmepumpensysteme – Niedrigenergiehausstandard vorausgesetzt – energetisch effizienter als Brennwertkessel bzw. eine Kombination aus Brennwertkessel und Solaranlage. Je nach Speicherauslegung und -einbindung ergeben sich Vorteile für die Lösung "Heizungs- und Warmwasserwärmepumpe" oder die Kombination von Wärmepumpe und Solarkollektor.

AA.IV.15
BRENNSTOFFZELLEN-HEIZGERÄT

Dr.-Ing. Rainer Lang
Joh. Vaillant GmbH & Co., Remscheid

Die Firma Vaillant hat mit der Entwicklung eines Brennstoffzellen-Heizgerätes mit PEM-Technologie begonnen und plant, eine erste Leistungsvariante 2001/2002 in den Markt einzuführen.

Dieses kompakte System wird wärmegeführt und netzparallel betrieben und wird eine elektrische Leistung von ca. 4,5 kW und eine thermische Leistung von ca. 35 kW haben

AA.IV.16
EINFLUß DER MEßMETHODE BEI DER BEWERTUNG VON
RAUMLUFTSTRÖMUNGEN

Vergleich LDA - thermische Anemometer - Stand der Normung auf europäischer Ebene

Ch. Rohde, Th. Wolters
Gebrüder TROX GmbH

Im Rahmen eines EU - Forschungsprojekts wurden thermische Anemometer verschiedener Hersteller unter Modellraumbedingungen mit einem Laser Doppler Anemometer (LDA) verglichen. Vergleiche wurden für verschiedene Raumströmungsarten, Luftwechsel und Raumlasten durchgeführt.

Dieser Beitrag stellt das Messprinzip von thermischen und Laser Doppler Anemometer vor, zeigt wie die gemessenen Luftgeschwindigkeiten zur Beurteilung der Raumströmung mittels statistischen Mitteln weiterverarbeitet wurden und präsentiert die Ergebnisse dieser Betrachtungen.

Ziel des Forschungsprojekts war es, Anforderungen an die Luftgeschwindigkeitsmessung in Bezug auf Meßdauer, Abtastrate, Richtungsabhängigkeit des Sensors und dynamischen Verhaltens des Meßgerätes zu formulieren und Empfehlungen daraus für die europäische Normung auszusprechen. Dazu wurden Messungen in verschiedenen, eigens dazu modifizierten Kalibrierkanälen, in Modelträumen (Maßstab 1:1) und in Realträumen durchgeführt.

Die Messungen im 1:1 Maßstab fanden in den Labors der Geb.TROX GmbH in Neukirchen-Vluyn statt. Partner in diesem EU - Forschungsprojekt waren neben TROX die technische Universität Dänemark, DANTEC (Dänemark) und CETIAT (Frankreich).

AA.IV.17
Raumluftqualität und Produktivität

O. Fanger
TU of Denmark, Lyngby, Dänemark

siehe Nachtrag Kurzfassungen Berlin

AA.IV.18
STAND DER TECHNIK UND ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN

IM BEREICH DER EMPFUNDENEN LUFTQUALITÄT

Dipl.-Ing. Thomas Spiess

Beratende Ingenieure Lübbe und Spiess Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover

Mitte der 80er Jahre wurde von Fanger das Verfahren entwickelt, die Empfundene Luftqualität durch die Befragung von Probanden zu ermitteln. Aus den ersten Ergebnissen wurden notwendige Zuluftvolumenströme abgeleitet, die somit erstmals in der Klimatechnik aufgrund der tatsächlichen Luftverunreinigungslasten berechnet wurden. Da bisher Mindestluftwechsel nur aufgrund von Erfahrungswerten bestimmt wurden, stellte das neue Verfahren eine bedeutende Weiterentwicklung dar.

Im gleichen Maße wie Fachleute die neuen Möglichkeiten des Verfahrens erkannten, meldeten sich jedoch auch Kritiker zu Wort. Kritisiert wurde vor allem, daß es sich bei dem neuen Verfahren nicht um ein klassisches Meßverfahren, sondern um die subjektive Befragung von Probanden handelt. Aufgrund dieser subjektiven Bewertungen befürchtete man meßtechnische Ungenauigkeiten, die im ungünstigen Fall zur Auslegung zu großer Volumenströme führen könnte, was wiederum erhöhte Betriebskosten zur Folge hätte. Die Tatsache, daß eine Verbesserung der Luftqualität in klimatisierten Räumen zu einer besseren Akzeptanz raumluftechnischer Anlagen bei den Raumnutzern führen würde, war nicht von großer Bedeutung, da bislang in Deutschland keine gravierenden Fälle des Sick-Building-Syndroms bekannt geworden sind. Allerdings nimmt während der Sommermonate eine negative Berichterstattung in den Medien über Klimaanlage immer mehr zu, so daß in Zukunft betriebssichere und qualitativ hochwertigere RLT-Anlagen, auch aus Sicht der Luftqualität, notwendig sind.

Am Hermann-Rietschel-Institut wird seit 1992 im Bereich der Empfundene Luftqualität geforscht. Zielstellung der Untersuchungen war es, die Anwendbarkeit des Verfahrens für die Raumluftechnik zu überprüfen und Erkenntnisse über mögliche Luftverunreinigungsquellen in RLT-Anlagen und im Gebäude zu erkennen. Dieser Beitrag soll in einer Übersicht zeigen, welche Ergebnisse in den letzten Jahren gefunden und welche Weiterentwicklungen am Verfahren durchgeführt wurden. Diskutiert werden soll auch die Umsetzung der Ergebnisse aus der Forschung in die Praxis. Im Vordergrund steht dabei die Frage, ob die Stärke von Luftverunreinigungsquellen in der Einheit „olf“ linear addierbar ist. Diese einfache Addition ist Voraussetzung, um Volumenströme nach den von Fanger angegebenen Gleichungen zu bestimmen. Die bislang erzielten Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, daß eine lineare Addition nicht möglich ist. Dies hätte zur Folge, daß aufwendigere Berechnungsmethoden entwickelt werden müssen.

AA.IV.19

EINFLUß DER RAUMLUFTSTRÖMUNG AUF DIE WASSERDAMPFABGABE EINES BEHEIZTEN ZYLINDERS

Klaus Fitzner, Olaf Zeidler, Kai Kriegel

Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik, TU Berlin

Es ist bekannt, daß sich die vertikalen Temperatur-, Geschwindigkeits- und Konzentrationsprofile in Misch- und Quellluftströmung signifikant unterscheiden. Wenig untersucht wurde bisher die unterschiedliche Auswirkung der Strömungsformen auf die Grenzschicht an der Oberfläche von Personen. Vieles deutet darauf hin, daß es große Unterschiede der Wärme- und

Stoffübergangsvorgänge gibt.

In einem sehr einfachen Versuchsaufbau, der als eine Voruntersuchung betrachtet werden kann, wurde ein beheizter Zylinder, dessen Oberfläche befeuchtet wurde, auf einer Waage, in diese verschiedenen Raumströmungen gestellt. Seine Gewichtsabnahme wurde gemessen bei Quell- und bei Mischluftströmung und bei variierten thermischen Lasten im Raum.

Bei der Mischlüftung ist die Grenzschicht dünner, der Stoff- und Wärmetransport besser, so daß über die gesamte Zylinderoberfläche etwa 20 % mehr Wasser verdampft wird. Wenn die Kühllast im Raum von 25 auf 100 W/m² erhöht wird, vergrößert sich bei beiden Strömungsformen die Wasserdampfabgabe um 30 %. Betrachtet man die lokale Wasserdampfabgabe, so sind am Fuß des Zylinders die Werte ungefähr gleich groß, an der Oberseite des Zylinders ist sie in der Quellluftströmung ungefähr 30 % kleiner.

Das kann eine Erklärung dafür sein, daß es in klimatisierten Räumen mit Mischlüftung häufiger Klagen über zu trockene Luft gibt als in Räumen mit freier Lüftung, obwohl die relative Feuchte in den Räumen mit freier Lüftung kleiner ist. Bei der freien Lüftung liegt Quelllüftung vor, und die thermischen Lasten sind im allgemeinen klein.

AA.IV.20

EINFLUß UNTERSCHIEDLICHER KLIMATISIERUNGSARTEN AUF BEFINDLICHKEITSSTÖRUNGEN IN BÜROGEBÄUDEN - ERGEBNISSE AUS DEM PROKLIMA-FORSCHUNGSPROJEKT

Dr.-Ing. Bons Kruppa, Bundesindustrieverband Heizungs-, Klima-,
Sanitärtechnische Gebäudesysteme e.V. (BHKS)

Dr. Dr. Wolfgang Bischof, Arbeitsgruppe Raumklimatologie der FSU Jena (ARK)

Dr. Sabine Brasche, Arbeitsgruppe Raumklimatologie der FSU Jena (ARK)

Prof. Dr. Monika Bullinger-Naber

Abteilung für Medizinische Psychologie, Universität Hamburg, (AM P)

Im Rahmen eines der weltweit größten Forschungsprojekte zum Thema „Sick Building Syndrome“ wurden in Deutschland zwischen 1995 und 1999 umfangreiche Untersuchungen durchgeführt mit dem Ziel die Ursachen und Folgen von Befindlichkeitsstörungen in Bürogebäuden zu ermitteln. Insgesamt wurden 8 klimatisierte, und 6 nichtklimatisierte Gebäude, 40 raumluftechnische Anlagen und 1497 Arbeitsplätze untersucht sowie über 4.500 Personen befragt.

Die Ergebnisse erlauben zum ersten Mal einen direkten Vergleich der gemessenen physikalischen, biologischen und chemischen Werte und den subjektiven Angaben (Fragebogendaten) an klimatisierten und nicht klimatisierten Arbeitsplätzen. Die Auswertung zeigt, daß die Anlagenkonzeption und deren hygienischer Wartungszustand einen deutlichen Einfluß auf die Befindlichkeit der Mitarbeiter haben, Gut geplante und gewartete RLT-Anlagen schneiden in der Bewertung sogar besser ab als nicht klimatisierte Gebäude.

Die größten Einflüsse auf das Sick Building Syndrome gehen jedoch vom psychosozialen Umfeld und den Tätigkeitsmerkmalen der Personen aus. Gegenüber Faktoren wie Geschlecht, Arbeitszufriedenheit, Arbeitsanforderungen und

Bildungsniveau tritt der Einfluß raumluftechnischer Anlagen auf die Befindlichkeit der Personen in den Hintergrund.

AA.IV.21

UNTERSUCHUNG ZUR EMISSION UND WAHRNEHMUNG VON GERUCHSSTOFFEN

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

Die Reduzierung des Luftwechsels in Innenräumen ist eine wirkungsvolle Methode zur Energieeinsparung bei RLT-Anlagen. Dabei gilt es jedoch eine Mindestlüftung bzw. verunreinigungslastabhängige Belüftung der Räume sicherzustellen. Vorgaben für den hygienisch notwendigen Luftwechsel existieren bereits. Hinsichtlich der Abhängigkeit von Luftwechselzahlen bezüglich der Verunreinigungslast gibt es bislang lediglich Vorschriften zu gesundheitsschädigenden Konzentrationen von Raumlftverunreinigungen.

Das Sick-Building-Syndrom (SBS) zeigt uns aber, daß es bereits weit unterhalb von toxischen Grenzen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Nutzer in Gebäuden kommen kann. Diese klagen oftmals über Kopfschmerzen, Müdigkeit, Trockenheit der Schleimhäute in den Atemwegen und Brennen der Augen. All diese Symptome führen in Büro- und Verwaltungsgebäuden zu geringerer Produktivität und mehr Fehlern bei normalen Bürotätigkeiten. Durch Beseitigung der Verunreinigungsquellen bzw. Vermeidung des Einsatzes von belastenden Materialien bereits in der Bauphase kann der erforderliche Luftwechsel minimiert werden. Dazu ist die Kenntnis von einzelnen Verunreinigungsquellen sowie deren Zusammenwirken notwendig. Das Hermann-Rietschel-Institut wurde von der FLT (Fördernummer AIF 11777 N) beauftragt, experimentelle Untersuchungen zur Emission und Wahrnehmung von Geruchsstoffen aus Lüftungsgeräten durchzuführen. Ziel des Forschungsvorhabens ist die Verbesserung von Lüftungsgeräten und damit die Erhöhung der Akzeptanz von RLT-Anlagen bei den Nutzern.

Unter Verwendung einer speziellen Testkammer und einer Gruppe trainierter Personen wird die Verunreinigungslast von Einzelstoffen untersucht. In der Testkammer wird ein konstanter, möglichst reiner Zuluftstrom durch eine Materialprobe verunreinigt und anschließend durch die trainierten Personen bewertet. Mittels eines Verdünnungssystems wird der kontaminierte Volumenstrom durch einen veränderlichen, ebenfalls möglichst reinen Zuluftstrom mehr oder weniger stark verdünnt. Das Ergebnis der Bewertungen sind Kennlinien für die Einzelstoffe. Im nächsten Schritt werden mehrere Testkammern mit einzelnen Materialproben in einem Versuchsstand gekoppelt. Dann werden sowohl die einzelnen verunreinigten Volumenströme als auch das Gemische aus allen Volumenströmen bewertet. Anhand der Ergebnisse werden Rechnungen zum Verhalten der Geruchslast von verschiedenen Verunreinigungsquellen entwickelt.

AA.IV.22

WARTUNG VON RAUMLUFTECHNISCHEN ANLAGEN

Dipl.-Ing. Birgit Müller; Prof. Dr.-Ing. Klaus Fitzner

Technische Universität Berlin, Hermann-Rietschel-Institut

Das Hermann-Rietschel-Institut arbeitet am europäischen Forschungsvorhaben „AIRLESS“ mit. Das Ziel dieses Vorhabens ist es die Raumluftqualität in klimatisierten Gebäuden zu steigern und dabei möglichst energiesparend zu arbeiten.

Der Aufgabenbereich des Instituts, ist dabei die Betrachtung der Wartung von raumlufftechnischen (RLT) Anlagen. Der Wartungszustand einer Anlage kann oft entscheidend für die Luftqualität der versorgten Räume sein.

Im Zuge der Forschungsarbeit soll die „Sauberkeit“ aller Komponenten einer raumlufftechnischen Anlage definiert werden. In diesem Vortrag soll hauptsächlich auf die Definition von Sauberkeit in Kanälen und Befeuchtern eingegangen werden. Bisherige Definitionen, wie zum Beispiel „Besenrein“ für Kanäle aus der VDI 6022 werden beleuchtet. Es wird gezeigt, welche Untersuchungen durchgeführt wurden, und zu welchen Ergebnissen die Untersuchungen führten. Bei der Definition von Sauberkeit wurde versucht die Anwendbarkeit einer daraus resultierenden Norm im Auge zu behalten.