

Deutsche Kälte-Klima-Tagung 1996

Leipzig – Hotel Intercontinental

20. – 22. November 1996

Kurzfassung der Vorträge

TEMPERATURBEDINGTE VERÄNDERUNGEN IN BIOLOGISCHEN GEWEBEN

F. Pliquett, Institut Für Medizinische Physik und Biophysik, Universität Leipzig
U. Pliquett, Physikalische und Biophysikalische Chemie, Universität Bielefeld

Biologische Gewebe funktionieren in einem engen Temperaturbereich. Bei Temperaturänderungen kommt es sowohl bei tiefen als auch bei hohen Temperaturen zunächst zu reversiblen, dann zu irreversiblen Gewebeveränderungen.

Eine Möglichkeit, derartige Gewebeveränderungen zu analysieren, besteht darin, das passiv elektrische Verhalten des Gewebes zu untersuchen. Im Bereich der β -Dispersion, d. h. in dem durch Membranen bedingten Frequenzdispersionsgebiet der elektrischen Impedanz, werden Temperatureffekte auf Epithelgewebe untersucht. Charakteristische sprunghafte Veränderungen, die vom zeitlichen Temperaturgradienten abhängen, findet man bei Temperaturen der Phasenübergänge, so beim Gefrierpunkt des Wassers, bei der Proteindenaturation und bei der Lipidzerstörung bei 72 °C.

Das Temperaturverhalten biologischer Objekte ist für verschiedenartige praktische Verfahren von Interesse, dazu gehören Kryokonservierung, Kryodestruktion, Laserkoagulation, Elektroporation sowie Techniken beim Schlacht- und Verarbeitungsprozeß in der Fleischindustrie.

KRYOPEXIE IN DER BEHANDLUNG DER NETZHAUTABLÖSUNG

L Kreissig, Universität Tübingen

Nach Entwicklung der Kältechirurgie für die Netzhautchirurgie durch Lincoff im Jahre 1963 und anschließenden Tierexperimenten durch Lincoff und Kreissig Anfang der 70er Jahre wurde die Kryopexie als fester Bestandteil in die Behandlung der Netzhautablösung übernommen.

Vorteil der Kryopexie besteht darin, daß sie durch die Sklera bei noch abgehobener Netzhaut eine Netzhautvernarbung induzieren und bei getrübten optischen Medien Anwendung finden kann. Gleichzeitig hat die Kryopexie die Voraussetzungen für das Verwenden elastischer Plomben, die unter Spannung auf der Sklera fixiert werden, ermöglicht. Dies, weil sie im Gegensatz zur Diathermie nicht mit einer Skleranekrose einhergeht. Als Folge davon ist die Behandlung der Netzhautablösung ohne Punktion, d. h. ohne Eröffnen des Augeninneren zum Ablassen der Ablösungsflüssigkeit, ermöglicht worden. In der Folgezeit ist mit Hilfe der Kryopexie und der elastischen Plomben eine Minimalchirurgie, bestehend aus segmentalen Plomben, Kryopexie und ohne Punktion, zur Behandlung der Netzhautablösung entwickelt worden.

In großen klinischen Studien von 1.000 Patienten konnte die Wiederanlegungsrate der Netzhautablösung nach 1 Operation auf 83 % und nach Reoperation auf 91 % erhöht werden. In einer nachfolgenden Langzeitstudie von 107 Patienten mit einem Follow-up von 15 Jahren konnte gezeigt werden, daß 1. die operativen Ergebnisse mit dieser kryochirurgischen Minimalchirurgie sehr günstig sind - d. h. Netzhautanlegung nach 1 Operation in 92,6 %, nach Reoperation in 97 % - und dies 2. bei einem Follow-up von 15 Jahren, wobei hierbei die Reoperationsrate bei <1 % pro Jahr lag. Während des gesamten Langzeit-Follow-up betrug die Netzhautanlage 92,6 %, 3. es gab praktisch keine Komplikationen und so blieben 4. die funktionellen Ergebnisse unverändert günstig.

Die Kryopexie stellt daher einen wesentlichen Bestandteil in der Behandlung der Netzhautablösung ohne Punktion dar, sie hat aber auch Bedeutung in der prophylaktischen Abriegelung von noch anliegenden Netzhautlöchern erlangt. Der Vorteil der Kryopexie gegenüber der Laser-chirurgie besteht darin, daß sie auch bei getrübten optischen Medien über die Sklera Anwendung finden kann und ihr Instrumentarium z. Zt. immer noch wesentlich kostengünstiger ist.

ENTWICKLUNG EINER KRYOKOMPRESSE FÜR DIE PHYSIOTHERAPIE

**E. Wobst, H. Andersch, H. Hänsgen, Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH,
Dresden**

G. Krumpolt, A. Lange, Universitätsklinikum der TU Dresden

Kryotherapie, d. h. Anwendung von Kälte, findet in der Physiotherapie vielfältige Anwendung bei Schmerzlinderung, Entzündungshemmung, Ödembehandlung, Beeinflussung der Muskelspannung. Lokale Kryotherapie wird vorwiegend mit Kryokompressen oder Kaltgas durchgeführt. Bisher verwendete Kryokompressen werden im Gefrierschrank gekühlt und erwärmen sich während der Behandlung allmählich. Ihre Wirksamkeit ist kurz, die Temperatur ist nicht konstant. Die neuentwickelte Kryokomresse wird von einer Kühlflüssigkeit durchflossen. Therapeutisch erforderliche Temperaturen können konstant realisiert werden.

Die medizinische Erprobung der Kryokomresse erfolgte in der Abteilung Physiotherapie des Universitätsklinikums der Technischen Universität. Die Abhängigkeit der Gewebetemperaturen von der Zeit in verschiedenen Tiefen wurde mit Thermoelementen gemessen. Die Vorzüge der neuartigen Komresse wurden nachgewiesen.

KRYOCHIRURGIE IN KOMBINATION MIT ANDEREN THERAPIEN

**H. Hänsgen, A. Binneberg, R. Herzog, Institut für Luft- und Kältetechnik
gGmbH, Dresden**

E. Spörl, Universitätsklinikum der TU Dresden

Zunehmend wird Kryochirurgie mit anderen Therapien, wie Hochfrequenztherapie Lasertherapie, Ultraschalltherapie und Chirurgie kombiniert, um die Tiefenwirkung der Kryochirurgie zu erhöhen. Dabei sind zwei Hauptrichtungen zu beobachten. Die Entfernung eines Teiles des Tumorgewebes durch Chirurgie, Laserchirurgie oder Hochfrequenzchirurgie ermöglicht die Anwendung der Kryochirurgie mit ihren spezifischen Vorzügen auch bei Tumoren, die für die Kryochirurgie allein eine zu große Tiefenausdehnung haben. Auch ohne Reduzierung der Masse des Tumors kann durch Behandlung mit Ultraschall bzw. Hochfrequenzstrahlung vor der Kryochirurgie die Tiefenwirkung der Kryochirurgie erhöht werden. Eigene Messungen an Lebergewebe, Fettgewebe und Knochengewebe erklären diese Wirkung durch eine Zunahme des freien Wassers im vorbehandelten Gewebe. Der experimentelle Nachweis erfolgte durch Messung der Dielektrizitätskonstanten des Gewebes.

KRYOCHIRURGISCHE THERAPIE UNTER KERNSPINTOMOGRAPHISCHER KONTROLLE - TECHNISCHE PROBLEME UND LÖSUNGSANSÄTZE

**L Heschel, R. Speetzen, A. Fischer, G. Rau, Helmholtz-Institut für
Biomedizinische Technik an der RWTH Aachen**

J. Tacke, R. Günther, Klinik für Radiologische Diagnostik der RWTH Aachen

In der Kryochirurgie wird krankhaftes Gewebe lokal durch Abkühlung (Eisbildung) zerstört. Hierzu werden vakuumisolierte Kryosonden verwendet, die die Wärme nur an ihrer Spitze aus dem behandelten Gewebe abführen. Die Eisausbreitung um die Sondenspitze kann intraoperativ sehr vorteilhaft mittels Kernspintomographie kontrolliert werden wegen der sehr guten Differenzierbarkeit zwischen flüssigem und kristallinem Wasser bei gleichzeitiger hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung.

Vorgestellt werden Probleme und Lösungsansätze bei der Entwicklung kryochirurgischer Sonden und zugehöriger Bauteile für den Einsatz im Magnetfeld eines Kernspintomographen. Hier spielen das Material und das Herstellungsverfahren wesentliche Rollen. Eine bereits gefertigte gläserne vakuumisolierte Kryosonde mit einem Durchmesser von 3 mm wird vorgestellt. Die Sondenzuleitungen und -ableitungen müssen ebenfalls aus nicht-metallischem aber temperatur-beständigem ($t = -196 \dots -20 \text{ } ^\circ\text{C}$, $p = 0 \dots 10^{-3} \text{ bar}$) Material bestehen. Sie sind deswegen der Anwendung im Magnetfeld angepaßt worden. Besonderes Interesse gilt dem Haltearm, der das genaue Positionieren und das langfristige Fixieren der Sonde ermöglichen muß, wobei gleichzeitig kleinere Bewegungen (Atmen) ausgeglichen werden müssen.

Erste klinische Ergebnisse im Tierversuch zur Visualisierung der Eisausbreitungskinetik im Kernspintomographen werden vorgestellt und sollen die Perspektiven der neuartigen Monitoringtechnologie verdeutlichen.

WASSERSTOFF ALS KRYOKRAFTSTOFF - STAND DER TECHNIK UND ENTWICKLUNGSZIELE

W. Peschka, DLR, Stuttgart

Obwohl der Verkehr allgemein und global gesehen derzeit nur zu etwa 20 % an der Emission von Schadstoffen und von CO₂ beteiligt ist, muß für die Zukunft weltweit mit erheblichen Zuwachsraten vor allem im Bereich der Nutzfahrzeuge und in der Luftfahrt gerechnet werden.

Wasserstoff ist praktisch der einzige Kraftstoff welcher frei von CO₂-Emissionen hergestellt und eingesetzt werden kann und läßt sowohl im Verbrennungsmotor als auch in Luftstrahlantrieben eine gegenüber der Katalysatortechnik drastisch reduzierte Schadstoffemission zu. Flüssiger Wasserstoff als Kraftstoff gestattet im Gegensatz zum Elektroantrieb die Realisierung leistungsstarker Antriebe auch im Bereich der Nutzfahrzeuge, die den heute bei konventionellen Kraftstoffen erreichten Standards bezüglich Leistung, Drehmoment und Reichweite je Tankfüllung entsprechen.

Der Stand der Technik des flüssigen Wasserstoffs, der Kraftstoffaufbereitung und der inneren Gemischbildung konnte innerhalb der vergangenen zehn Jahre erheblich weiterentwickelt werden und kommt heute bereits in verschiedenen Anwendungsbereichen auch für den konventionellen Einsatz von Nutzfahrzeugen in Betracht.

Im Hinblick auf die Kosten der Energie aus diesem Kraftstoff besteht erhebliches Interesse an der Weiterentwicklung bereits seit längerem bekannter Verfahren zur CO₂-freien Wasserstoff-herstellung aus fossilen Energieträgern, deren seit Jahrzehnten prognostizierte Erschöpfung noch lange Zeit nicht absehbar ist.

NUTZUNG DER KÄLTE DES FLÜSSIGEN STICKSTOFFS FÜR HOCHLEISTUNGSKÜHLSYSTEME IM TIEFTEMPERATURBEREICH UND ZUR KONDENSATION VON LÖSEMITTELN AUS ABLUFTSTRÖMEN

F. Herzog, H. J. Schmidt, Messer Griesheim GmbH, Krefeld

Für die Lösung von Kühlaufgaben im Temperaturbereich unter $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ist die Flüssigstickstoff-Kühlung oft eine wirtschaftliche Alternative zur konventionellen Kältetechnik. Der größte Teil der Kälte steht dabei allerdings bei $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, also beim Siedepunkt des Stickstoffs, zur Verfügung. Dies ist für viele verfahrenstechnische Prozesse ungünstig, da die zu kühlenden Stoffe an Wärmetauscherwänden festfrieren und so der Prozeßablauf gestört werden kann. Zur Vermeidung dieses Effekts werden Zwischenkreisläufe eingesetzt, mit denen die Kälte von $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf ein beliebig einstellbares Temperaturniveau transformiert werden kann.

Messer Griesheim hat die entsprechende Verfahrenstechnik entwickelt und für viele industrielle Anwender nutzbar gemacht. So werden beispielsweise Reaktoren zur Herstellung metallorganischer Verbindungen für Pharmaprodukte bei Temperaturen bis $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ gekühlt, Lösemittel mit extrem hohen Dampfdrücken (z. B. Methylchlorid) werden bei $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ kondensiert und Abluftströme werden in speziell hierfür entwickelten Apparaten auf Temperaturen im Bereich von $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ abgekühlt, um die Beladung dieser Emissionen durch Auskondensieren und Ausfrieren der Schadstoffe bis auf die Konzentrationsgrenzwerte der TA-Luft zu reduzieren. Im folgenden wird die Verfahrenstechnik der beschriebenen Prozesse erläutert und einige Anwendungsbeispiele diskutiert.

AUFBAU VARIANTEN UND FUNKTIONSGESTALTUNG VON AUTARKEN KÜHLERN MIT SPLIT-STIRLING-KÄLTEMASCHINEN ZUR KÜHLUNG VON SUPRALEITER- UND KRYOELEKTRONIK- BAUELEMENTEN

**A. Binneberg, H. Buschmann, J. Neubert, G. Spürl, Institut für Luft- und
Kältetechnik gGmbH, Dresden**

Die zunehmende Anwendung von Supraleiter- und Kryoelektronik-Bauelementen u. a. für hochempfindliche Magnetfelddetektoren, hocheffektive Hochfrequenz- und Mikrowellenschaltungen sowie optoelektronische Geräte erfordert in immer stärkerem Maße autark arbeitende Kühler, die von Aufbau und Funktion speziellen Anforderungen genügen müssen. In dem Beitrag wird ausgehend von Anwendungsforderungen und verfügbarer Kältemaschinenteknik auf geräte- und verfahrenstechnische Daten und auf das Systemdesign unterschiedlich aufgebauter Kühler eingegangen. Insbesondere werden Probleme der Gestaltung störarm arbeitender Kühler und Fragen zu Zuverlässigkeit der Kühltechnik erörtert. Die Darlegungen umfassen einen Kühlleistungsbereich von 0,5 W bis etwa 5 W bei 80 K (Nennbedingungen). Das Kühlverhalten, insbesondere im Zusammenhang mit Objektgröße und -masse sowie hinsichtlich Zeitverlauf wird auf Grundlage durchgeführter Untersuchungen und anwendungsbezogener Arbeiten diskutiert. Konstruktionsvarianten der Ausführung der Adapter (Kühlflächenverbindung) betreffend, werden vorgestellt. Weiterhin wird ein aktuelles Experiment gezeigt, das im ILK Dresden durchgeführt wurde, und zwar handelt es sich hierbei um die Vorstufe eines supraleitenden Lagers, bei dem die Kühlung des texturierten Supraleiters mittels einer Kältemaschine erfolgte.

MINUS 80°C FREEZER FÜR DAS WELTALL

J. Wolf, J. Weber, H. Rüdiger, Linde AG, Höllriegelskreuth

Im Rahmen einer Kooperation der europäischen Weltraumagentur ESA mit der amerikanischen Weltraumbehörde NASA sollen für den Einsatz in der internationalen Weltraum-Station „Alpha“, ISSA (International Space Station ALPHA) weltraumtaugliche Freezer für die Speicherung biologischer Proben gebaut werden. Das Projekt MELFI (MINUS EIGHTY DEGREE LABORATORY FREEZER FOR ISSA) wird im Auftrag der ESA von einem Konsortium namhafter europäischer Firmen abgewickelt. Die besondere technische Herausforderung ergibt sich aus der extremen räumlichen Einschränkung und der Forderung nach geringem Gewicht. Die notwendige Weltraumqualifikation und der spätere Einsatz in der Schwerelosigkeit machen zusätzliche Apparaturen und Maßnahmen erforderlich.

Im ersten Halbjahr 1996 wurde ein Prototyp des Freezers fertiggestellt und getestet. Mit dem Vortrag soll das System bestehend aus Turbo-Expander (Typ: Brayton Maschine), Wärmetauscher (System-, Lastwärmetauscher) und Speicherbehälter (Dewar) beschrieben sowie auf Testergebnisse eingegangen werden.

KLEINKÜHLER FÜR KRYOGENE ARBEITSTEMPERATUREN

M. Thürk, Institut für Festkörperphysik, Friedrich Schiller Universität Jena

Die Entdeckung der Hochtemperatursupraleitung im Jahre 1986 hat weltweit zu intensiven Forschungsaktivitäten mit großem Mitteleinsatz von staatlicher und privatwirtschaftlicher Seite geführt. Ursache dafür ist das Potential, das die Technologie der Hochtemperatursupraleitung zur Lösung einer breiten Palette technischer Fragestellungen der Gegenwart und Zukunft besitzt. Heute zeichnen sich Anwendungen in der Energietechnik, in der Meßtechnik, in der Rechentechnik und in der HF-Technik ab. Um diese supraleitenden Bauelemente flexibel einsetzen zu können, müssen benutzerfreundliche, zuverlässige, autarke und preiswerte Kühlsysteme bereit gestellt werden. Die Entwicklung von Kleinkühlern die diesen Anforderungen genügen ist Voraussetzung, um die Supraleitungstechnologie in den Markt zu bringen. In den letzten Jahren wurden große Fortschritte in der Kühlertechnologie realisiert. Es wird über den aktuellen Entwicklungsstand der Kleinkühler für kryogene Arbeitstemperaturen, ihre heutigen Einsatzgebiete sowie die aktuellen Tendenzen in Forschung und Entwicklung berichtet.

MIKRO-GENERATOR FÜR GASKÄLTEMASCHINEN

S. Wild, L.R. Oellrich, Universität Karlsruhe
A. Hofmann, Forschungszentrum Karlsruhe

Unter den Gaskältemaschinen mit regenerativem Wärmeaustausch zeichnet sich der Pulsröhrenkühler (PRK) durch das Fehlen beweglicher Teile im Kaltbereich aus. Die hieraus resultierende mechanische Zuverlässigkeit und Vibrationsarmut lassen den PRK für eine Reihe kryotechnischer Anwendungen als besonders geeignet erscheinen.

Wir entwickeln einen dreistufigen kaskadierten PRK für den Temperaturbereich des flüssigen Heliums. In der zunächst realisierten Anordnung besteht die erste Stufe aus einem Flüssigstickstoffbad mit Wärmetauschern und Regeneratoren zur Vorkühlung des periodischen Heliumgasstromes durch die beiden PRK-Stufen. Als Regeneratormaterial in der kältesten Stufe dienen Kugeln (Durchmesser 0.2 mm) aus der magnetischen Seltenerdverbindung Er_3Ni , die unterhalb 12 K eine anomal hohe spezifische Wärme aufweist. Die Erzeugung der Druckoszillation im System erfolgt über ein Rotationsventil in Kombination mit einem kommerziellen He-Kompressor. Bei einem Mitteldruck von 19.5 bar, Druckhub von 10 bar und einer Betriebsfrequenz von etwa 1 Hz wurde bislang eine Minimaltemperatur von 2.1 K erreicht.

PULSROHRKÜHLER ZUR ERZEUGUNG VON TEMPERATUREN IM BEREICH DES FLÜSSIGEN HELIUMS

G. Thummes, S. Bender, C. Heiden, Institut für Angewandte Physik, Justus-LiebigUniversität Giessen

Der Pulsrohrkühler, der in Karlsruhe gemeinsam von der Universität und vom Forschungszentrum entwickelt wurde, erreicht mit herkömmlichen Regeneratoren aus Drahtgewebe eine Minimaltemperatur um 26 K ohne Kältelast. Bei 80 K steht derzeit eine Kälteleistung von etwa 32 W zur Verfügung. Im Rahmen der Weiterentwicklung dieses Kühlers wurde ein völlig neuartiger Regenerator in Mikrostrukturtechnik getestet. Solche Regeneratoren werden am Institut für Mikrostrukturtechnik des Forschungszentrums Karlsruhe in einem aufwendigen Fräsverfahren gefertigt.

In diesem Beitrag wird über erste Messungen mit dem neuen Regenerator berichtet. Die Leistungsdaten des Mikrogenerators werden mit denen eines herkömmlichen Regenerators mit Drahtgewebefüllung verglichen.

UNTERSUCHUNGEN EINER THERMOAKUSTISCHEN WÄRMEPUMPE

J. Bösel, C. Trepp, Institut für Verfahrens- und Kältetechnik, Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich

Thermoakustische Effekte sind seit über 200 Jahren bekannt. Dennoch ist die „Thermoakustik“ eine junge Wissenschaft. So gibt es technisch interessante Apparate erst seit etwa 30 Jahren (pulse-tube refrigerator/ Gifford' Longworth); eine theoretische Beschreibung der beobachteten Phänomene gelang Rott (ETH) vor etwa 25 Jahren. In letzter Zeit ist neben der Forschung auf dem Gebiet der Pulsationsrohr-Kühler auch ein zunehmendes Interesse an „echten“ thermoakustischen Apparaten zu beobachten. Bei „echten“ Apparaten tragen nur thermoakustische Effekte zur Kälteerzeugung bei. Solche Maschinen zeichnen sich vor allem durch ihre Einfachheit aus. Auch am Institut für Verfahrens- und Kältetechnik wurden in einer 1992 abgeschlossenen Arbeit „Anwendungen thermoakustischer Schwingungen in der Tieftemperaturtechnik“ untersucht (Luck' H.' Diss. ETHZ 9618 1992).

Bei hohen Frequenzen (bis 1000 Hz) werden bei thermoakustischen Maschinen zur Vergrößerung der aktiven Oberfläche dünne Platten aus einem schlecht wärmeleitenden Material in den Resonator eingefügt. Der Plattenabstand ist entscheidend für die Effizienz der Maschinen. Neben den mäßigen thermodynamischen Gutegraden ist es vor allem die niedrige Leistungsdichte, die solchen Maschinen als Nachteil anhaftet. Eine Ursache hierfür ist in dem relativ großen Anteil von „unproduktivem“ und „dissipativem“ Volumen zu suchen. Eine Möglichkeit, die Leistungsdichte thermoakustischer Maschinen zu erhöhen, wird zur Zeit in einem neuen Projekt am Institut untersucht. Statt des Plattenbündels werden etwa im Abstand der Schwingungsamplitude dünne Elemente aus Drahtgewebesieben (Regeneratoren) in den Resonator eingebaut. Hier wird die Wärme - ähnlich wie in den Platten - zwischengespeichert, jedoch läßt sich nun vor allem der Anteil des unproduktiven Volumens verringern.

In der Präsentation werden kurz die theoretischen Grundlagen zur Thermoakustik dargelegt und das Potential akustischer Maschinen diskutiert. Die am Institut gebaute Forschungsanlage zur Untersuchung einer thermoakustischen Wärmepumpe mit Plattenbündel und einer Wärmepumpe mit Regeneratoreinbauten wird vorgestellt und Versuchsergebnisse werden diskutiert.

LEISTUNGSFÄHIGE EINSTUFIGE GIFFORD-MCMAHON REFRIGERATOREN FÜR DEN 20-30 K BEREICH

A. Fiedler, H.U. Häfner, Leybold Vakuum GmbH, Köln

Für die Verwendung von Hochtemperatur-Supraleiterdrähten in magnetischen Anwendungen reicht die Kühlung im Flüssigkeitstickstoffbereich nicht aus, sondern es muß eine Betriebstemperatur von 20-30 K sichergestellt werden, um hinreichend hohe Magnetfeldstärken zu erzielen. Bisher wurde dieser Temperaturbereich bei kommerziellen Gifford-McMahon Kühlern nur von zweistufigen Maschinen mit Kälteleistungen bis ca. 12-15 W bei 20 K erreicht. Es wird gezeigt, daß man durch gezielte Optimierung der technisch einfacheren einstufigen Refrigeratoren sogar deutlich höhere Leistungen speziell für diesen Bereich erzielen kann. Ein erstes Anwendungsbeispiel ist die Kühlung eines HT_c-Magnetens in einem supraleitenden Energiespeicher.

OPTIMIERUNG EINES 4,2 KELVIN GIFFORD-MCMAHON REFRIGERATORS

A. Lang, H.U. Häfner, Leybold Vakuum GmbH, Köln

Durch die Verwendung von Selten-Erd Legierungen als Tieftemperatur-Wärmespeicher konnten in den vergangenen Jahren die Tieftemperatur Eigenschaften von Gifford-McMahon Refrigeratoren bis in den Bereich von Flüssighelium-Temperaturen verbessert werden. Es werden inzwischen Leistungen von ca. 1 W bei 4,2 K erreicht. Die Optimierung solcher Systeme erfordert aber nicht nur die Auswahl eines optimalen Regeneratormaterials, sondern auch die Minimierung von bei höheren Temperaturen meist vernachlässigbaren Verlustmechanismen an Kaltdichtungen, Displacerführung und Regeneratorpackung.

OPTIMIERUNG EINES 4,2 KELVIN GIFFORD-MCMAHON REFRIGERATORS

A. Lang, H.U. Häfner, Leybold Vakuum GmbH, Köln

Durch die Verwendung von Selten-Erd Legierungen als Tieftemperatur-Wärmespeicher konnten in den vergangenen Jahren die Tieftemperatur Eigenschaften von Gifford-McMahon Refrigeratoren bis in den Bereich von Flüssighelium-Temperaturen verbessert werden. Es werden inzwischen Leistungen von ca. 1 W bei 4,2 K erreicht. Die Optimierung solcher Systeme erfordert aber nicht nur die Auswahl eines optimalen Regeneratormaterials, sondern auch die Minimierung von bei höheren Temperaturen meist vernachlässigbaren Verlustmechanismen an Kaltdichtungen, Displacerführung und Regeneratorpackung.

WEITERENTWICKLUNG EINES GEMISCH-JOULE-THOMSON-KRYOKÜHLERS

A. Alexeev, C. Haberstroh, H. Quack, Institut für Energiemaschinen und Maschinenlabor, TU Dresden

Unter den verschiedenen Kältemaschinen zur Kühlung der Sensoren machen sich Gemisch-Joule-Thomson-Kryokühler in letzter Zeit bemerkbar. Diese Refrigeratoren haben keine bewegten Teile am kalten Ende, sind deswegen sehr zuverlässig und brauchen fast keinen Wartungsaufwand.

Im Vergleich zu regenerativen Verfahren sind das Vibrationsniveau sowie die hohe Temperaturstabilität z. B. bei der Kühlung von Hochtemperatursupraleitern besonders attraktiv.

Im Vortrag soll das Verfahren, Problematik und Wege zur Vervollkommnung einer Gemisch-Joule-Thomson-Kältemaschine beschrieben werden.

NEON-KÄLTEANLAGE FÜR ANWENDUNGEN DER HOCHTEMPERATUR-SUPRALEITUNG MIT EINEM NEUARTIGEN KREISPROZEß

0. Fredrich, C. Haberstroh, H. Quack, Institut für Energiemaschinen und Maschinenlabor, TU Dresden

Viele Anwendungen der Hochtemperatur-Supraleitung benötigen einen ausreichenden Abstand zur Sprungtemperatur. Daher ist der Temperaturbereich zwischen 30 und 50 Kelvin von großem Interesse. Neon, welches zwischen 25 K und 44 K in flüssiger Form vorliegt, ist prädestiniert für dieses Temperaturniveau.

Vorgestellt wird ein neuartiger Kreisprozeß, der sich an den Ericsson- und den Claude-Prozeß anlehnt. Neu ist die Kombination von arbeitsleistenden Entspannungsschritten und einem Wärmeübergang vom Hoch- zum Niederdruckstrom auf vielen Temperaturstufen. Dadurch lassen sich bei geeigneter Prozeßführung energetische Verbesserungen gegenüber herkömmlichen Prozessen erzielen.

Erste Versuchsergebnisse an der Prototypanlage sollen dies veranschaulichen.

ERFAHRUNGEN IN DREI JAHREN BETRIEB MIT DER 2 KW - 4,4 K KÄLTEANLAGE

G. Perinic, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH

Die 2 kW-4,4 K-Kälteanlage wurde im Jahr 1993 abgenommen. Die Anlage wurde seit der Inbetriebnahme ca. 7000 h in 4,4 K Refrigerator- und Verflüssigungsbetrieb und ca. 3000 h in kombiniertem 4,4 K und 3,3 K Betrieb gefahren.

Im Vortrag wird über Erfahrungen mit einzelnen Komponenten und Erfahrungen mit dem Betrieb der gesamten Anlage berichtet. Weiterhin werden die Erfahrungen im Refrigeratorbetrieb mit den über Transferleitungen angekoppelten Experimenten STAR und TOSKA vorgetragen.

ZUR KÜHLUNG VON SUPRALEITENDEN HOCHFELDMAGNETEN IN UNTERKÜHLTEN HELL-BÄDERN

W. Lehmann, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH

Die Kühlung supraleitender Hochfeldmagnete, bestehend aus mehreren konzentrischen Solenoiden, in unterkühlten superfluiden Hell-Bädern bietet Vorteile bzgl. der Wärmeübertragung vom Magneten an das Kältemittel sowie bzgl. Stabilisierung und Stromtragfähigkeit des Magneten und darüber hinaus bzgl. der Kryoverfahrenstechnik.

Man benutzt bei dieser Kühlart eine Kryostatbauweise mit sogenannter thermischer Barriere zwischen dem von einer He-Refrigeratoranlage oder aus LHe-Transportbehältern zu versorgenden Hel-Reservoir und dem mittels integrierter He-Entspann- und Wärmeaustauscheinheit unterkühlten Hell-Magnetbad.

Im Forschungszentrum Karlsruhe liegen inzwischen umfangreiche Betriebserfahrungen mit solchen Systemen vor. Es wird über Merkmale, Vorteile und Ausführungsvarianten dieser Kryostat- und Kryoverfahrenstechnik sowie über die bei verschiedenen Betriebsarten gewonnenen Erfahrungen berichtet.

KÄLTETECHNISCHE GEMEINSCHAFTSFORSCHUNG - GESTERN, HEUTE, MORGEN

H. Lotz, Forschungsrat Kältetechnik e.V., Frankfurt/Main

Die deutsche Kälteindustrie ist mit der vorfristigen Umsetzung der deutschen FCKW-Halon-Verbotsverordnung bei der Ablösung der FCKW weltweit Vorreiter. Daraus ergaben und ergeben sich enorme unternehmensübergreifende Forschungs- und Entwicklungsaufgaben für die gesamte Branche, die einer kurzfristigen Lösung bedürfen. Der Forschungsrat Kältetechnik, Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen, betreibt seit 1992 wieder aktiv industrielle Gemeinschaftsforschung auf dem Gebiet der Kälte- und Wärmepumpentechnik. Hier arbeiten beispielhaft Unternehmen der Industrie-, Gewerbe- und Haushaltskälte, der chemischen Industrie, Ölhersteller, Produzenten von Halbzeugen und das Kältehandwerk zusammen.

Insbesondere für die Ersatzstoff- und Ersatztechnologieforschung ist ein beträchtlicher Anteil an Grundlagenarbeit für die Umsetzung dieser Verordnung notwendig geworden. Der Forschungsrat hat dazu in den Jahren 1992 bis 1996 insgesamt 11 Forschungsvorhaben mit einem Volumen von ca. 2,6 Mio. DM bearbeitet und abgeschlossen, drei weitere Projekte sind in Bearbeitung und fünf in unmittelbarer Vorbereitung.

Die dabei erzielten Ergebnisse und Erfahrungen sind Inhalt des Vortrags.

AFEAS

DAS PROGRAMM ZUR UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG VON FCKW-FOLGEPRODUKTEN

E. Preisegger, Solvay Fluor und Derivate GmbH, Hannover
J. Franklin, Solvay Central Lab, Brüssel

AFEAS (Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study) ist ein internationales, von den Fluorchemikalien-Herstellern getragenes Forschungsprogramm zur Klärung des Verhaltens von teilhalogenierten Kohlenwasserstoffen (HFCKW und HFKW) in der Umwelt. In diesem Zusammenhang werden folgende Themenschwerpunkte bearbeitet:

- Abbauraten und Abbaumechanismen
- Potentielle Umwelteinflüsse der Abbauprodukte
- Beitrag zum Chloreintrag in die Stratosphäre und Ozonabbaupotential (ODP)
- Beitrag zu „radiative forcing“ und Treibhauspotential (GWP)

Die gegenwärtigen wissenschaftlichen Aussagen zur Umweltverträglichkeit der FCKW-Substitute resultieren in hohem Maße aus den Ergebnissen des AFEAS-Programmes.

Typische Beispiele hierfür sind die Themenfelder:

- atmosphärische Lebensdauer, ODP und GWP, Beitrag zum „fotochemischen Smog“
- gesamtheitliche Betrachtung des Treibhausbeitrages (TEWI-Konzept)
- Abbaumechanismen und -produkte beim atmosphärischen Abbau von FCKW-Substituten
- Bildung von Trifluoressigsäure

Der Beitrag gibt einen Überblick über Zustandekommen, Zielsetzung, Arbeitsweise und bisher vorliegende Ergebnisse des AFEAS-Programmes.

ZUR SICHERHEIT VON PROPANKÄLTEANLAGEN IN DER GEWERBLICHEN ANWENDUNG

M. Arnemann, E. Timm, FKU GmbH, Berlin

Mit der Suche nach Möglichkeiten zur Substitution der halogenierten Kohlenwasserstoffe wird der Einsatz von Kohlenwasserstoffen diskutiert. In Haushaltskühlgeräten haben sich die Kohlenwasserstoffe bereits durchgesetzt. Die Verwendung von Kohlenwasserstoffen ist auch in anderen Anwendungen möglich, vornehmlich dort, wo sich geringe Kältemittelfüllmengen realisieren lassen. So kann z. B. in einigen gewerblichen Kälteanlagen das Kältemittel R22 durch Propan (R290) ersetzt werden.

Aufgrund der Brennbarkeit der Kohlenwasserstoffe sind in den verschiedenen Lebensphasen einer Kälteanlage, von der Entwicklung über die Produktion bis zur Entsorgung, besondere sicherheitstechnische Bedingungen zu beachten. Am Beispiel einer Propankälteanlage mit 15 kW Kälteleistung bei -5°C Verdampfungstemperatur werden Konzepte zur Lösung sicherheitstechnischer Fragestellungen unter Beachtung des geltenden Regelwerkes vorgestellt. Für die verschiedenen Lebensphasen der Kälteanlage werden die wesentlichen Gefahrenquellen lokalisiert und Maßnahmen zur Verringerung des Gefahrenpotentials aufgezeigt.

Die Umsetzung der Konzepte in eine Prototypenanlage zur gewerblichen Nutzung wird detailliert beschrieben. Besonderheiten des Anlagenkonzeptes zur Einhaltung notwendiger sicherheitstechnischer Anforderungen, z. B. zur Füllmengenreduzierung, werden herausgearbeitet. Die Anlage wird mit einer R22-Kälteanlage für den gleichen Anwendungsfall und die gleichen Betriebsbedingungen verglichen.

LEISTUNGSVERGLEICHE UND BETRIEBSERFAHRUNGEN VON KOLBENKALTWASSERSATZEN MIT R407C UND R22

K. Hartmann, Carrier GmbH, München

Das zeotrope Kältemittel-Blend R407C hat zwar ähnliche thermodynamische Eigenschaften wie R22, doch aus mehreren Gründen kann es nicht als vollwertiges Drop-In für R22 bezeichnet werden.

Hinsichtlich störungsfreier Verdichterbetriebsweise ist vor allem die unterschiedliche Löslichkeit von Kältemittel im Synthetiköl zu beachten; im Anfahrbetrieb muß die Ölpumpe mehr fördern. Exakte Messungen belegen auch Unterschiede im Wärmeübergang, wobei Plattenwärmetauscher besser als Lamellen- oder Rohrbündelaustauscher abschneiden. Auch die Abstimmung der Bauteile im Kältesystem hat Einfluß auf Kälteleistung und COP, ebenso Druckverhältnis bzw. Einsatzbereich.

Es wird anhand verschiedener Konstruktionen mittels zahlreicher Testreihen aufgezeigt, daß generelle Angaben der Leistungsänderung in Prozent nicht sinnvoll sind, und daß beim bloßen Austausch des Kältemittels in R22-Maschinen immer ein schlechterer COP zu erwarten ist.

Obwohl Langzeiterfahrungen fehlen, kann von zufriedenstellenden Betriebserfahrungen berichtet werden

STOFFDATENBERECHNUNGSMODUL MIT WINDOWS-SCHNITTSTELLE IN ANLEHNUNG AN ASERCOM

C. Meurer, H. König, Solvay Fluor und Derivate GmbH, Hannover

Die vorliegende Arbeit versucht, einen Standard bei der computergestützte Berechnung thermophysikalischer Stoffdaten von Kältemitteln zu setzen. Es wurde hierzu ein Gleichungssystem erstellt, welches die wichtigsten Stoffgrößen für Kältemittel berechnet. Es werden sowohl thermodynamische Stoffdaten als auch Transportgrößen (Wärmeleitfähigkeit, Viskosität etc.) berechnet. Die Gleichungen wurden programmiert und in einer DLL (Dynamic Link Library für Windows 3.11 bzw. Windows 95) zusammengefaßt. Die so entwickelte Schnittstelle kann von allen unter Windows gängigen Programmiersprachen angesprochen werden, garantiert also absolute Flexibilität. Der Aufbau der Schnittstelle zwischen den thermophysikalischen Berechnungen und externen Programmen wird kurz vorgestellt. Der Datentransfer wurde in Anlehnung an die von ASERCOM (Association of Europ. Refrigerator Compressor Manufacturers) entwickelte Schnittstelle erarbeitet. Die Stoffdatenbibliothek wird anhand eines Programms zur Stoffdatenausgabe und Kreislaufberechnung demonstriert.

Die Bibliothek bietet Einsatzmöglichkeiten sowohl für den Betreiber und Konstrukteur von Kälteanlagen als auch für den Hersteller von Anlagenkomponenten (Verdichterauslegungsprogramme etc.) und sie kann, bei sich ändernden Oberflächen der Berechnungsprogramme beliebig wiederverwendet und ausgetauscht werden. Auf der anderen Seite kann, bei modifizierten Stoffwerten bzw. zusätzlichen Kältemitteln, die Bibliothek ersetzt werden, ohne daß die Oberfläche bearbeitet werden muß.

II.1.5

BESTIMMUNG THERMODYNAMISCHER EIGENSCHAFTEN VON TRANSPARENTEN FLUIDEN ÜBER DIE DYNAMISCHE LICHTSTREUUNG (DLS)

**A. Leipertz, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik (LTT), Universität
Erlangen—Nürnberg
K. Kraft, Henkel KaG, Düsseldorf**

In einer Übersicht wird die Nutzbarkeit der DLS für die Bestimmung unterschiedlicher thermophysikalischer Eigenschaften von transparenten Fluiden aufgezeigt. Ausgehend von den spektroskopischen Grundlagen wird so eingegangen auf die Messung von Temperaturleitfähigkeit, binärem Diffusionskoeffizient, Viskosität, Schallgeschwindigkeit und davon ableitbare Größen von reinen Fluiden (generell Flüssigkeiten) und von Flüssigkeitsgemischen, wobei hier von besonderem Interesse ist, unter welchen Bedingungen welche der genannten Größen noch bestimmbar sind. Untersuchungsfluide stellen Kältemittel dar, aber bei der Betrachtung grundsätzlicher Fragen zur Einsetzbarkeit der Methode auch andere Flüssigkeiten bzw. deren Gemische.

II.1.6

KÄLTEMITTELGEMISCHE ALS SUBSTITUTE FÜR R22, R502 UND R13B1 - LITERATURÜBERSICHT UND NEUE MESSUNGEN ZU THERMODYNAMISCHEN EIGENSCHAFTEN TECHNISCH RELEVANTER ZWEI- UND DREISTOFFGEMISCHE

H. Kruse, Institut für Kältetechnik und Angewandte Wärmetechnik, Universität Hannover

R. Köster, G. Herres, M. Buschmeier, D. Gorenflo, Laboratorium für Wärme- und Kältetechnik, Universität (GB) Paderborn

Als ozonunschädliche Ersatzstoffe für R22, R502 und R13B1 werden binäre und ternäre Gemische aus den Stoffen R32 (Difluormethan), R125 (Pentafluorethan), R143a (1,1,1-Trifluorethan) und R134a (1,1,1,2-Tetrafluorethan) diskutiert. Daher wurde in zwei von vier Teilprojekten eines vom Forschungsrat Kältetechnik eV. über die AIF finanzierten gemeinschaftlichen Forschungsvorhabens das thermische Zustandsverhalten von Zweistoff- und Dreistoffsystemen aus den genannten vier Fluorkohlenwasserstoffen untersucht. An eine Literaturrecherche verfügbarer Daten schlossen sich Phasengleichgewichtsmessungen zur Ergänzung des vorhandenen Datenmaterials an. In der Datensammlung wurden für 27 Binärkombinationen zu mehr als 3.200 Meßpunkten Daten zusammengetragen und Referenzen für Dreistoffgemische aus R32, R125 und R134a ermittelt; daneben werden Informationen über bislang nicht veröffentlichte Messungen gegeben. Die ergänzenden Phasengleichgewichts und Dichteuntersuchungen wurden an sieben Gemischen der binären Systeme R143a/134a, R125/143a, R32/143a, R32/125 und an zwei nahezu äquimolaren Zusammensetzungen der ternären Systeme R32/125/143a und R125/143a/134a im technisch relevanten Temperaturbereich $-45^{\circ}\text{C} < T < 40^{\circ}\text{C}$ vorgenommen. Die Gemisch-Meßergebnisse für Siededruck, Taudichte und Dampfzusammensetzung werden durch kubische Zustandsgleichung gut beschrieben, und die Siededichten der ternären Systeme werden mit einer modifizierten Korrelation aus der Literatur im untersuchten Temperaturbereich im Mittel mit einer Abweichung unter 1 % dargestellt, ohne daß Meßwerte der ternären Systeme verwendet wurden.

WERKSTOFFVERHALTEN VON TEILFLUORIERTEN KÄLTEMITTELN MIT ELASTOMEREN UND POLYMEREN

B.. Henrici, Hoechst AG, Frankfurt/Main

Die Substitution der vollhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) erforderte die Einführung einer neuen Produktgeneration auf Basis teilfluorierter Kohlenwasserstoffe (HFKW). Gleichzeitig wurde mit der Entwicklung kompatibler Kältemaschinenöle auf Basis ausreichend polarer Ester für die HFKW-Kältemittel die Palette der Schmiermittel mit neuen Produkten ergänzt. Die Verträglichkeit der neuen Betriebsmittel mit Metallen stellt in aller Regel kein Problem dar. Aufgrund einer anderen Molekülstruktur der HFKW (wasserstoffhaltig, chlorfrei) ist die Kompatibilität mit Elastomer- und Polymerwerkstoffen näher zu prüfen. Diese Arbeit beschreibt die Ergebnisse aus Werkstoffverträglichkeitsprüfungen üblicher Dichtungswerkstoffe und diverser Kunststoffe mit einer Vielzahl von HFKW-Kältemitteln (R134a, R227, R125, R32) und deren Gemischen. Der Einfluß des Öls wird exemplarisch dargestellt. Ebenfalls wird die Testmethode beschrieben.

WÄRMEÜBERGANG BEIM BEHÄLTERSIEDEN DER GEMISCHE R410A, R507, R404A UND R407C

K. Spindler, J. Voll, E. Hahne, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik,
Universität Stuttgart

Es werden Ergebnisse beim Behältersieden der Gemische R410A, R507, R404A und R407C dargestellt. Als Heizflächen wurden ein Platindraht und ein Edelstahlrohr mit feinsandgestrahlter Oberfläche verwendet. Die Verdampfungstemperatur lag zwischen $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, die Wärmestromdichte zwischen 10^3 W/m^2 und 10^5 W/m^2 . Die Ergebnisse im Bereich des Blasensiedens lassen sich gut über Ausgleichsgeraden der Form $\alpha = q^n$ beschreiben. Der Exponent n nimmt mit steigendem Druck ab.

Die beiden binären Gemische (R410A, R507) weisen einen höheren Wärmeübergangskoeffizienten auf als die beiden tertiären Gemische (R404A, R407C). Der Vergleich der Wärmeübergangskoeffizienten der vier untersuchten Gemische mit R22 ergibt im Mittel für Draht und Rohr folgende Verhältnisse: $\alpha_{R410A}/\alpha_{R22} = 1,16$; $\alpha_{R507}/\alpha_{R22} = 1,03$; $\alpha_{R404A}/\alpha_{R22} = 0,89$ und $\alpha_{R407C}/\alpha_{R22} = 0,53$.

Die Korrelation aus dem VDI-Wärmeatlas für das Behältersieden von Gemischen gibt die Meßergebnisse gut wieder, wobei die experimentell ermittelten Wärmeübergangskoeffizienten der reinen Komponenten verwendet werden.

WÄRMEÜBERGANG BEIM BEHÄLTERSIEDEN DER GEMISCHE R410A, R507, R404A UND R407C

K. Spindler, J. Voll, E. Hahne, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik,
Universität Stuttgart

Es werden Ergebnisse beim Behältersieden der Gemische R410A, R507, R404A und R407C dargestellt. Als Heizflächen wurden ein Platindraht und ein Edelstahlrohr mit feinsandgestrahlter Oberfläche verwendet. Die Verdampfungstemperatur lag zwischen $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, die Wärmestromdichte zwischen 10^3 W/m^2 und 10^5 W/m^2 . Die Ergebnisse im Bereich des Blasensiedens lassen sich gut über Ausgleichsgeraden der Form $\alpha = q^n$ beschreiben. Der Exponent n nimmt mit steigendem Druck ab.

Die beiden binären Gemische (R410A, R507) weisen einen höheren Wärmeübergangskoeffizienten auf als die beiden tertiären Gemische (R404A, R407C). Der Vergleich der Wärmeübergangskoeffizienten der vier untersuchten Gemische mit R22 ergibt im Mittel für Draht und Rohr folgende Verhältnisse: $\alpha_{R410A}/\alpha_{R22} = 1,16$; $\alpha_{R507}/\alpha_{R22} = 1,03$; $\alpha_{R404A}/\alpha_{R22} = 0,89$ und $\alpha_{R407C}/\alpha_{R22} = 0,53$.

Die Korrelation aus dem VDI-Wärmeatlas für das Behältersieden von Gemischen gibt die Meßergebnisse gut wieder, wobei die experimentell ermittelten Wärmeübergangskoeffizienten der reinen Komponenten verwendet werden.

WÄRMEÜBERGANG UND DRUCKVERLUST BEIM STRÖMUNGSVERDAMPFEN VON R134A (CF₃CH₂F)

**M. Wettermaun, D. Steiner, Institut für Thermische Verfahrenstechnik der
Universität Karlsruhe (TH)**

Zur Bestimmung des Wärmeübergangs und Druckverlustes beim Strömungsverdampfen von R134a stehen bisher nur wenige Daten zur Verfügung. Deshalb wurden Wärmeübergang und Druckverlust bei der Verdampfung im horizontalen Rohr mit 14 mm Innendurchmesser bei Massenstromdichten 80-400 kg/m²s und Strömungsdampfgehalten 0,1-0,8 in Abhängigkeit von der Wärmestromdichte und dem Druck gemessen. Die Versuche wurden bei der Randbedingung konstanter Heizwandtemperatur durchgeführt. Ein Vergleich der Meßdaten für das Kältemittel R134a mit den Daten von R12 (ermittelt in derselben Anlage) zeigt, daß die Wärmeübergangskoeffizienten im Bereich Konvektion bei Zweiphasenströmung (ohne Blasenbildung) für R134a ca. 30 % größer sind als für R12. Im Bereich des Strömungssiedens (mit Blasenbildung) sind die Werte für beide Stoffe etwa gleich. Für die Kältetechnik ($p < -5$ bar) ist zu beobachten, daß der Reibungsdruckverlust von R134a um ca. 60 % höher ist als der von R12, was bei der Auslegung von Kälteanlagen von Bedeutung ist.

VERGLEICH DER KÄLTEMITTEL R22, R410A UND R407C IN EINER KÄLTEANLAGE

**J. Hellmann, Solvay Fluor und Derivate GmbH, Hannover
R. Döring, Kältetechnisches Labor, FH Münster-Steinfurt**

Das nahezu azeotrope Gemisch R410A und das zeotrope Gemisch R407C werden als Ersatzstoffe für das Kältemittel R22 diskutiert. In Deutschland ist der Einsatz von R22 in neuen Kälteanlagen ab dem 1.1.2000 nicht mehr erlaubt. Während bei R407C die Anpassung an die Dampfdruckkurve von R22 im Vordergrund steht, damit jedoch ein großes Temperaturband gegeben ist, weist das R410A neben hervorragenden thermodynamischen Eigenschaften eine deutlich höhere Drucklage als R22 auf.

Es wurden die kältetechnischen Eigenschaften von R410A und R407C im Vergleich zu R22 in einer Kälteanlage in Anlehnung an DIN 8977 vermessen. In Abhängigkeit der Verdampfungstemperatur wurden die gemessenen Verdichtungsendtemperaturen, Massenströme und die Liefergrade des Verdichters sowie Leistungszahlen gegenübergestellt. Auf die Problematik der Leistungsbestimmung bei zeotropen Gemischen, die grundsätzlich aufgrund von Fraktionierung und Separation nicht mit den geforderten Genauigkeiten der DIN Normen erfolgen kann, wird eingegangen.

Als Ergebnis aus den Untersuchungen ergibt sich, daß die Kältemittel R410A und R407C geeignete Ersatzstoffe für das Kältemittel R22 sind. Beim Einsatz von R410A wird im Vergleich zu R407C bzw. R22 eine deutlich höhere volumetrische Kälteleistung erreicht, was zu einer kompakten Bauweise der Kälteanlage führt.

VERGLEICH DES VERHALTENS ALTERNATIVER KÄLTEMITTEL IN EINER ANLAGE MIT BERECHNUNGSERGEBNISSEN

**T. Engler, L.R. Oellrich, Institut für Technische Thermodynamik und
Kältetechnik, Universität Karlsruhe (TH)
N.T. Hong Ha, Institut für Kälte- und Wärmetechnik,
Hanoi Universität für Technologie, Vietnam**

Um Aussagen über die Leistungsdaten von Ersatzkältemitteln für R22 und R502 in einer Anlage zu treffen, sind experimentelle Daten nach wie vor unerlässlich. Bei der Vielzahl der möglichen derzeit diskutierten binären und tertiären Gemische bietet es sich jedoch an, zunächst eine Abschätzung der Leistungsfähigkeit mit Hilfe von Simulationsprogrammen vorzunehmen.

Daher wurden die wichtigsten Leistungsdaten von binären und ternären Gemischen über den gesamten Konzentrationsbereich mit einem auf kubischen Zustandsgleichungen basierenden Berechnungsprogramm ermittelt. Zur Überprüfung der Berechnungsergebnisse wurden anschließend an einer Kälteanlage die entsprechenden Leistungsdaten für einige ausgewählte Gemische im Temperaturbereich von 10 °C bis -50 °C gemessen.

Die experimentellen und berechneten Ergebnisse werden anhand des ternären Systems R32-R125-R134a einschließlich der binären Randsysteme miteinander verglichen und diskutiert.

VERSUCHE MIT NEUEN STOFFEN AN EINER WÄRMEPUMPE

H.R. Engelhorn, F. Fuchs, Kältetechnisches Labor, FH Gießen-Friedberg

An einer elektromotorisch angetriebenen Wärmepumpe fanden Messungen mit R227 und n-Butan statt. Sie schließen an frühere Untersuchungen an, die mit derselben Anlage mit R14 und R227 durchgeführt wurden /1,2/. Ziel der Messungen ist die Ermittlung von Leistungs- und Zustandsdaten sowie der Vergleich der Meßergebnisse mit theoretischen Vorausberechnungen.

Die mit einem Zweizylinderverdichter offener Bauart ausgerüstete Wärmepumpe wird bei Verdampfungstemperaturen von ca. 5 °C und bei Verflüssigungstemperaturen von max. ca. 85 °C betrieben; die maximale Wärmeleistung liegt bei ca. 3 kW. Die Wärmezu- und abfuhr auf der Verdampfer- bzw. Verflüssigerseite erfolgt mittels Trägerkreisläufen. Das innere und äußere System ist mit umfangreichen Meßeinrichtungen ausgerüstet; der maximale Fehler bei der Leistungsmessung liegt bei ca. 5 %.

Es werden u.a. die Wärme- und Kälteleistung sowie die Verdichterleistung für das äußere und innere Verhalten ermittelt, hieraus die kältetechnischen Kenngrößen bestimmt und die Werte für alle untersuchten Stoffe miteinander verglichen.

/1,2! Engelhorn, Hans Rudolf: Versuche mit Ersatzkältemitteln in einem weiten Anwendungsbereich: Tagungsbericht der Deutschen Kälte-Klima-Tagung 1995 und: DIE KÄLTE und Klimatechnik, 5/1996, 5. 326 ff.

AEROGELE - WÄRMEDÄMMSTOFFE DER ZUKUNFT

M. Reiß, IHoechst AG, Frankfurt/Main

Anhand eines kurzen Abrisses über die Herstellung von Aerogelen, die im wesentlichen aus einem SiO_2 -Gerüst und Luft bestehen, wird gezeigt, daß es sich bei diesem neuen hochporösen Dämmstoff um ein ökologisch und toxisch aboslut unbedenkliches Isolationsmaterial handelt, das nicht brennbar ist und zudem über sehr gute Wärmedämmeigenschaften verfügt.

Es wird im Detail auf die drei Wärmetransportmechanismen Konvektion, Leitung und Strahlung unter Berücksichtigung der besonderen Struktur der Aerogele eingegangen, wobei insbesondere der Tatsache Rechnung getragen wird, daß die Dichte von Aerogelen nur ca. 100 kg/m^3 und die Porengröße ca. 10 nm beträgt.

Es werden die Meßergebnisse verschiedener Aerogelkomposits (=Aerogele eingelagert in einen mit CO_2 getriebenen PUR-Schaum) gezeigt. Basierend auf diesen Meßergebnissen werden die Energiesparpotentiale am Beispiel eines Verdampfers in einem Kältekreislauf diskutiert, der mit einem Aerogelkomposit isoliert ist, im Vergleich zu einem Schaum, der auf der Basis von RI 1 bzw. CO_2 getrieben worden ist.

WÄRMEDÄMMVERHALTEN VON VAKUUM-ISOLATIONS-PANELS (VIP) IN DER PRAXIS

H. Jürgensen, AEG Hausgeräte AG, Kassel

Der größte Einfluß eines Haushalts-Kühlgerätes auf die Umwelt entsteht durch den Energieverbrauch über die lange Lebensdauer. Der Energieverbrauch wird im wesentlichen durch die Auslegung und damit die Effektivität zweier Dinge beeinflusst, erstens der Kältemaschine, die dem Gerät einen Wärmestrom entzieht, und zweitens der Wärmedämmung, die für die Größe des in das Gerät fließenden Wärmestromes bestimmend ist. Die Verbesserung der Wärmedämmung ist seit Jahren ein wichtiges Entwicklungsziel bei AEG. Der Einsatz immer dickerer Schaumisolationen hat jedoch Grenzen, da er den eigentlichen Nutzen des Gerätes, einen gekühlten Raum zur Lebensmittellagerung zur Verfügung zu stellen, reduziert.

Der Einsatz von Vakuumisolationen für Haushaltskühlgeräte ist daher naheliegend. Seit April 1993 setzt AEG in Einbau-Gefriergeräten Vakuum-Isolations-Panels in Serie ein. Dadurch konnte der Energieverbrauch um 15 % gesenkt werden, ohne das Nutzvolumen zu verringern. Die Kosten des Gerätes stiegen jedoch um etwa 20 % an. Die Erfahrungen aus dem Serieneinsatz und der Langzeiterprobung der eingesetzten VIP sind sehr gut. Die Markteinführung mit den ersten Geräten in begrenzter Stückzahl verlief problemlos. In dem ausgewählten Marktsegment waren Kunden durchaus bereit, den höheren Preis für diese hochwertigen Energiespargeräte zu bezahlen. Einsatzmöglichkeiten und -beschränkungen, Montage u.a. sind im Einzelfall gerätespezifisch zu klären. Für die energetische Auslegung wurden Richtlinien erarbeitet, die auf Messungen an verschiedenen Geräten basieren.

Nach wie vor ist jedoch der Einsatz durch höheren Fertigungsaufwand und hohe Kosten eingeschränkt. Kosten und Nutzen müssen sich vergleichen lassen mit anderen Energiesparmaßnahmen bei Verdichtern, PU-Isolierung usw. Die Einführung von Energieverbrauchs-Kennzeichnung und -Beschränkung in der EU kann zu verstärktem Einsatz führen. Zum Beispiel um Geräte mit geringer Produktionsstückzahl ohne viel Investitionsaufwand in den ab 1999 noch erlaubten Bereich oder um sparsame Geräte mit relativ großem Nutzvolumen in die beste EU-Label-Klasse zu bringen, können VIP eingesetzt werden. Der aktuelle Preistrend bei Haushaltsgeräten erschwert jedoch den Einsatz.

VISKOSITÄT VON FLÜSSIGEN HFKW-KÄLTEMITTELN UND DEREN BINÄREN MISCHUNGEN

R. Heide, Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH, Dresden

Mit einem druckfesten Kugelfallviskosimeter wurde die Viskosität der flüssigen Kältemittel R32, R125, R134a, R152a und der binären Gemische R32-R125, R32-R134a, R125-R134a, R125-R152a, R134a-R152a sowie der kommerziell angebotenen ternären Kältemittelgemische R404A und R407C entlang der Siedelinie im Temperaturbereich

-50 bis 60 °C gemessen. Zur Berechnung der Viskosität der binären und ternären Gemische unter Zugrundelegung der Viskosität der reinen Kältemittel wurden mehrere Mischungsansätze überprüft. Die beste Übereinstimmung zwischen experimentellen und berechneten Werten wird mit einem molaren, logarithmischen Mischungsansatz erzielt.

WÄRMELEITFÄHIGKEIT DER GEMISCHE R410A, R507, R404A UND R407C

K. Spindler, N. Hoffmann, E. Hahne, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik, Universität Stuttgart

Es werden Ergebnisse der Wärmeleitfähigkeit im Zustand der gesättigten Flüssigkeit und des gesättigten Dampfes für die Gemische R410A, R507, R404A und R407C dargestellt. Die Wärmeleitfähigkeit wurde im Temperaturbereich von $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ mit dem instationären Hitzdrahtverfahren gemessen. Die Meßwerte der Wärmeleitfähigkeit lassen sich für die gesättigte Flüssigkeit durch eine Gerade und für den gesättigten Dampf durch ein Polynom 4. Grades in Abhängigkeit von der Temperatur beschreiben.

Die Wärmeleitfähigkeit des gesättigten Dampfes von Gemischen kann durch einfache molare Mittelung aus den Werten der reinen Komponenten erhalten werden. Die Wärmeleitfähigkeit der gesättigten Flüssigkeit des Gemisches wird mit einem Potenzansatz berechnet.

Von den hier untersuchten Gemischen besitzt R410A im Zustand der gesättigten Flüssigkeit die höchste Wärmeleitfähigkeit und erreicht etwa die gleichen Werte wie R22. Die Wärmeleitfähigkeit von R407C ist um ca. 3 % geringer. R507 und R404A weisen um ca. 22 % geringere Werte auf und liegen damit im Bereich von R502. Bei der Wärmeleitfähigkeit des gesättigten Dampfes sind die Unterschiede zwischen den Gemischen geringer. Sie liegen dabei um ca. 20 % höher als die Werte von R22 und R502

MESSUNGEN VON SPEZIFISCHEN WÄRMEKAPAZITÄTEN EINIGER HFKW-GEMISCHTE

**D. Günther, F. Steimle, Institut für Angewandte Thermodynamik und
Klimatechnik, Universität Essen**

Die spezifischen Wärmekapazitäten (c_p) der teilfluorierten Kohlenwasserstoffe R134a, R125, R143a und R32 sowie deren Gemische wurden im Temperaturbereich von -70 bis 50 °C bei Drücken bis zu 32 bar bestimmt. Ein Calvet Mikrokalorimeter, welches mit der Scanning-Methode arbeitet, wurde eingesetzt, um c_p der unterkühlten Flüssigkeit zu messen. Mit Hilfe der gewonnenen Meßergebnisse konnten die spezifischen Wärmekapazitäten bis zur Siedelinie (c_p') extrapoliert werden. Desweiteren sind empirische, funktionale Zusammenhänge zwischen der Temperatur und der Konzentration hergestellt worden, die es ermöglichen, die Enthalpien auf der Siedelinie zu berechnen.

Die Meßunsicherheit ist im Temperaturbereich $-50\text{ °C} < T < 40\text{ °C}$ geringer als 1 % für die Reinstoffe und geringer als 1,5 % für die Gemische; bei höheren bzw. tieferen Temperaturen steigt die Meßunsicherheit auf maximal 2 % an.

GRUNDLAGENUNTERSUCHUNGEN FÜR TRANSKRITISCHE WÄRMEPUMPENPROZESSE

W.E. Kraus, Lehrstuhl für Kälte- und Kryotechnik, TU Dresden

Die transkritische Prozeßführung, mit der ein „Dreiecks-Prozeß“ angenähert werden soll, hat für bestimmte Fälle der Wärmebereitstellung eine Reihe von Vorzügen. An erster Stelle steht dabei eine hohe energetische Effektivität. Es werden für derartige Wärmepumpenprozesse geeignete Kältemittel, wie CO_2 , SF_6 , R23, R116, miteinander verglichen. Der primäre Anwendungsfall geht von einer Wassererwärmung 10°C auf 60°C aus.

Im zweiten Teil des Vortrages wird auf molekulare, thermophysikalische, ökologische und sicherheitsrelevante Eigenschaften von Kohlendioxid eingegangen. Die thermodynamische Basis der Untersuchungen wird begründet. Experimente zur Löslichkeit mit anderen Stoffen, in erster Linie mit Kältemaschinenölen, werden vorgestellt.

ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNG EINER SOLARBETRIEBENEN, DISKONTINUIERLICH ARBEITENDEN, TROCKENEN ABSORPTIONSKÄLTEANLAGE

**A. Erhard, K. Spindler, E. Hahne, Institut für Thermodynamik und
Wärmetechnik, Universität Stuttgart**

Es wird eine experimentelle und theoretische Untersuchung einer solarbetriebenen, diskontinuierlich arbeitenden, trockenen Absorptionskälteanlage vorgestellt. Ausgehend von Idee einer einfach aufgebauten Kälteanlage mit einer geringen Kälteleistung (z.B. zur Medikamentenkühlung) wurde ein Prototyp aufgebaut und erprobt. Das Grundprinzip dieser Art der Kälteerzeugung ist die chemische Absorption eines Kältemitteldampfes (NH_3) von einem Salz (SrCl_2).

Durch die experimentelle Untersuchung im Freien wurde gezeigt, daß eine trockene Absorptionskälteanlage mit geringer Leistung durch die Verwendung von Wärmerohren ohne jegliches bewegtes Teil betrieben werden kann. Trotz der auftretenden Wärmeverluste durch die immer wiederkehrende Abkühlung und Aufheizung der Anlagenteile wurden Wärmeverhältnisse im Bereich von 0.045 bis 0.082 erreicht. Die Dauerkälteleistung, bezogen auf 24 h betrug im Mittel 15 W.

In einer Parameterstudie wurde mit einem Simulationsprogramm der Einfluß der Kondensatoroberfläche, der Kollektorfläche und der zugeführten Wärme auf das Wärmeverhältnis untersucht. Die Umgebungstemperatur wurde dabei im Bereich von $15\text{ }^\circ\text{C}$ bis $45\text{ }^\circ\text{C}$ variiert

Mit zunehmender Kondensatoroberfläche ergab sich eine Steigerung des Wärmeverhältnisses. Bei der Variation der Kollektorfläche zeigte sich für die untersuchte Anlage ein deutliches Optimum des Wärmeverhältnisses bei einer Kollektorfläche von ca. 2 m^2 . Es konnte nahezu kein Einfluß der Umgebungstemperatur *auf* das Wärmeverhältnis festgestellt werden.

DIMETHYLETHER ALS KÄLTEMITTELKOMPONENTE

H. Lippold, R. Heide, Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH, Dresden

Wenn Ammoniak in Kälteanlagen mit Einspritzverdampfem eingesetzt werden soll, kann man entweder ein ammoniaklösliches Öl verwenden oder muß - insbesondere bei tiefen Verdampfungstemperaturen - durch konstruktive Maßnahmen, z. B. durch stetig fallende Saugleitung eine Ölrückführung zum Verdichter sicherstellen. Eine weitere Möglichkeit stellt die Zumischung einer öllöslichen Kältemittelkomponente dar, die eine Viskositätserniedrigung des Öles bewirkt, aber das thermische Verhalten der Anlage nicht negativ beeinflussen darf. In der Vergangenheit wurden bereits Amine erprobt, die aber Nachteile wegen ihrer Toxizität einerseits und wegen des hohen Siedepunktabstandes zum Ammoniak andererseits aufweisen.

Ein weiteres stark polares, mit Ammoniak mischbares Kältemittel ist der Dimethylether ($\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$), der einen Siedepunkt von $-25\text{ }^\circ\text{C}$ hat. Im Vortrag werden Meßergebnisse des Phasengleichgewichts Ammoniak-Dimethylether vorgestellt, die zeigen, daß das Gemisch ein Azeotrop mit Druckmaximum bildet. In herkömmlichen Ammoniakkälteölen (z. B. Mineral- oder PAO-Ölen) ist Dimethylether sehr gut löslich und bewirkt eine starke Viskositätserniedrigung. Die Ammoniak-Dimethylether-Ölgemische zeigen zwar noch eine Mischungslücke, die Kältemittellöslichkeit ist aber deutlich gegenüber dem Ammoniak verbessert. In Versuchen an Kälteanlagen wurde nachgewiesen, daß das Gemisch einen stabilen Betrieb von Kälteanlagen ermöglicht.

ENERGETISCHE BEWERTUNG VON R22-ALTERNATIVEN IN EINER EXPERIMENTIERANLAGE MIT PLATTENWÄRMEÜBERTRAGERN

G. Ahnefeld, E. Wobst, Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH, Dresden

Die auf den DKV-Tagungen 1994 und 1995 vorgestellten Anlagenleistungsmessungen mit den zeotropen FKW-Gemischen R407C, R407A, R407B und R404A sowie dem azeotropen Gemisch R507 haben bei konstanten äußeren Bedingungen (Temperaturspreizung des Kälte/Wärmeträgers 5 K, konstante Kälteleistung) Leistungszahleneinbußen bis zu 20 % im Vergleich zu R22 ergeben. Bei R407C und R407A weichen die Werte besonders stark von theoretischen Vorausberechnungen (Kreisprozeß) ab. Eingesetzt waren bei diesen Versuchen Rohrbündel- und Koaxial-Verflüssiger sowie Koaxial- und luftbeaufschlagter Verdampfer. Die größten Leistungszahleneinbußen traten bei den Versuchen mit Rohrbündel-Verflüssiger auf

Eine wesentliche Ursache für die Leistungszahleneinbußen ist die durch Druckverlust und Unterkühlung vergrößerte Temperaturänderung im Verflüssiger. Vom Lorenz-Prozeß ist bekannt, daß zusätzliche Verluste auftreten, wenn die Temperaturänderung des zeotropen Kältemittelgemisches größer als die Temperaturspreizung des äußeren Stoffstromes ist. Auch eine wesentliche Flächenvergrößerung führt dann nur zu geringen Verbesserungen. Bei der Anlagenvariante mit Rohrbündel-Verflüssiger könnte eine Anreicherung der tiefer siedenden Komponente im Dampfraum des Rohrbündel-Verflüssigers mit Inertgaseffekt (Hypothese) und Druckanstieg eine Rolle spielen.

Anknüpfend an die auf den DKV-Tagungen 1994 und 1995 vorgestellten Anlagenleistungsmessungen werden die R22- bzw. R502-Alternativen R404A, R407B und R407C einer vergleichenden energetischen Bewertung zu R22 mit der auf Platten-Wärmeübertrager umgestellten Experimentieranlage unterzogen. Aus dem Vergleich der Meßergebnisse werden Hinweise über die Einsatzmöglichkeiten der Gemische bezüglich Temperaturbedingungen und Kälteanlagenbauart abgeleitet.

Bei den Experimenten gewonnene Erfahrungen im Umgang mit den Kältemittelgemischen werden vermittelt.

RETROFITERFAHRUNGEN AN PKW-KLIMAANLAGEN

M. Karsch, Fachhochschule Karlsruhe

PKW-Klimaanlagen mit R12 als Kältemittel müssen binnen einer Frist von 30 Monaten auf ein Ersatzkältemittel mit geringerem Ozonabbaupotential umgestellt werden. Es wurden deshalb umfangreiche Umstellungsuntersuchungen durchgeführt. Die daraus gewonnenen Erfahrungen werden dargestellt.

So ist nach Meinung des Verfassers die Umstellung von PKW-Klimaanlagen auf das vom UBA genannte Ersatzkältemittel R134a so teuer, daß im Falle einer soliden Retrofitmaßnahme die Kosten den Anlagenwert übersteigen. Zudem sind bisher nicht alle Werkstätten mit der notwendigen Ausstattung bzw. Sachkenntnis für eine derartige Umstellung ausgestattet.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden auch die Möglichkeiten geprüft, ob für derartige Kfz-Altanlagen ein „Drop In Verfahren“ in Frage kommt. Folgende Kältemittel wurden diesbezüglich auf ihre Eignung getestet:

R600a (Isobutan), R290 (Propan), R600a/R290 Gemische, R401A, Isecon 49 und Dymethylether.

Die Eignung dieser Stoffe wurde in Anlagen mit thermostatischem Expansionsventil (Blockventil) als auch mit Kapillare (Orifice) getestet, wobei zur Beurteilung das Leistungsverhalten sowie Heißgastemperatur, Drucklagen und Ölrückführung herangezogen wurden.

II.2.7

LÖSUNGSVORSCHLÄGE FÜR DIE UMRÜSTUNG VON R11- UND R12-TURBOVERDICHTERN

R Brinkmann, York Deutschland GmbH, Mannheim

Zu Beginn des weltweiten FCKW-Ausstiegs wurden vielfältige Möglichkeiten zur Umrüstung bestehender Altanlagen entwickelt.

Für die Umrüstung von Turboverdichteranlagen werden alternative Lösungskonzepte erläutert, die auf einen ökologisch und ökonomisch optimalen FCKW-Ausstieg in diesem Anlagenbereich abzielen.

Der Einsatz von R123 als R11-Ersatzstoff wird unter Berücksichtigung der Kriterien für einen sicheren Anlagenbetrieb bei verschiedenen Umrüstungsalternativen erläutert. Eine Möglichkeit ist der komplette Austausch der Verdichter-Motor-Einheit, was sowohl ein ökonomisch vorteilhafter Weg als auch ein Beitrag zur Erhaltung wertvoller Energie- und Rohstoffressourcen sein kann.

Zur Umrüstung von R12-Turboverdichtern wird das Kältemittel R134a verwendet. Aufgrund der notwendigen Änderungen am Verdichter empfiehlt sich auch hier, die Verdichter-Motor-Einheit in einem Zug zu erneuern. Zudem bietet sich die Möglichkeit, eine Neuauslegung des Verdichters auf die gegebenenfalls verminderten Leistungsanforderungen vorzunehmen.

II.2.8

KÄLTEMITTEL-KÄLTEMASCHINENÖL-WECHSELWIRKUNGEN IN HFKW-ESTERÖL-SYSTEMEN

**K. Schwennesen, Deutsche ICI GmbH, Frankfurt/Main
J.D. Morrison, ICI Klea' Runeorn (GB)**

Ozonverträgliche HFKW-Kältemittel erfordern die Verwendung polarer Kältemaschinenöle wie Polyolester-Öle. Obwohl HFKW und Esteröle seit Jahren erfolgreich im Einsatz sind, ist die detaillierte Kenntnis der Wechselwirkung von Öl und Kältemittel für die Abschätzung sowohl der Öleigenschaften als auch des Kältemittelverhaltens in Kälteanlagen von großem Nutzen.

In dieser Arbeit soll eine Zustandsgleichung für das System R-32/R-125/R-134a/Esteröl vorgestellt und ihre Verwendung zur Abschätzung von Kältemittel-Öl-Wechselwirkungen in Kälteanlagen beschrieben werden.

KÄLTEMASCHINENÖL – KÄLTEMITTEL «DIE CHEMIE MUSS STIMMEN»

W. Bock, Fuchs Mineralölwerke GmbH, Mannheim

Die Schmierung von Kältemaschinen blickt auf eine lange Geschichte zurück, die jetzt wieder um einige Kapitel ergänzt wird. Kältemaschinenöle als Konstruktionselemente in Verbindung mit den eingesetzten Kältemitteln nehmen bei der Konstruktion und Planung von Kälteanlagen einen wichtigen Platz ein.

Zur Zeit befindet sich die Kälteindustrie im Umbruch. Die klassischen, bewährten und gut bekannten Kältemittel (z. B. R12, R502) sind oder werden aufgrund ihrer Umweltproblematik verboten. Alternative Kältemittel (z. B. R134a) sowie natürliche Kältemittel (CO₂, Propan, NH₃) kommen verstärkt zum Einsatz.

Ausgehend von dieser Problematik wird in dem Vortrag auf die besondere Wechselwirkung der eingesetzten Kältemittel mit den Kältemaschinenölen eingegangen. Dabei werden die Aspekte der Löslichkeit, des Mischungsverhaltens von Kältemitteln mit den unterschiedlichen Kältemaschinenöltypen angesprochen. Es soll versucht werden, einen Überblick über die im Markt befindlichen Kältemaschinenöltypen (Mineralöle, Esteröle, Polyglykolöle usw.) zu geben. Dabei soll auf die spezifischen Eigenschaften der Kältemaschinenöle in den unterschiedlichen Anwendungen sowie dem Verhalten der Kältemaschinenöl-Kältemittel-Gemische in der Anlage eingegangen werden. Erfahrungen mit neuen „nicht-löslichen“ Kältemaschinenölen für polare FKW-Kältemittel sollen diskutiert werden. Anhand von praktischen Beispielen sollen die theoretischen Überlegungen näher erklärt werden.

Zur Umrüstung von R12-Turboverdichtern wird das Kältemittel R134a verwendet. Aufgrund der notwendigen Änderungen am Verdichter empfiehlt sich auch hier, die Verdichter-MotorEinheit in einem Zug zu erneuern. Zudem bietet sich die Möglichkeit, eine Neuauslegung des Verdichters auf die gegebenenfalls verminderten Leistungsanforderungen vorzunehmen.

UNTERSUCHUNGEN ZUR EFFIZIENZ DES ARBEITSPROZESSES VON VERDICHTERN FÜR KOHLENDIOXID

**J. Silo, 11, Kruse, Institut für Kältetechnik und Angewandte Wärmetechnik,
Universität Hannover**

Der Einsatz von R744 (CO₂) als ein natürliches und umweltverträgliches Kältemittel ohne anthropogenes Treibhauspotential kann eine geeignete Alternative für bestimmte kältetechnische

Anwendungen darstellen und ist daher als Teillösung für die FCKW-Problematik anzusehen.

Im Rahmen der vorgestellten Untersuchungen wird die Eignung von CO₂ als Kältemittel für

Kompressionskältemaschinen untersucht, deren Effizienz maßgeblich von den eingesetzten

Verdichtern abhängig ist.

Bei Temperaturlagen, wie sie bei einstufigen Kaltdampfprozessen üblich sind, ergeben sich aufgrund der Stoffeigenschaften von CO₂ ein vergleichsweise geringes Druckverhältnis, aber eine große Druckdifferenz. Es wird erläutert, inwiefern aus diesem Zusammenhang bei geeigneter Konstruktion des Verdichters eine hohe volumetrische und energetische Effizienz des Prozesses resultieren kann.

Derzeit wird aufgrund der auftretenden Druckdifferenz im Verdichter von bis zu 90 bar der Einfluß der Leckage des Verdichtungsraums auf die volumetrische Effizienz des Verdichters eingehender betrachtet. Die Präsentation von geeigneten theoretischen Verfahren, die bereits auf der Basis experimenteller Untersuchungen verifiziert worden sind, und eine quantitative Abschätzung des Leckageeinflusses auf den Prozeß stehen im Mittelpunkt dieses Vortrags.

**KOHLENDIOXID ALS WÄRMETRANSPORTFLUID UND ALS
SEKUNDÄRKÄLTEMITTEL - THEORETISCHE UNTERSUCHUNGEN
UND PRAKTISCHE ERFAHRUNGEN AUS ZWEI INSTALLATIONEN**

P.H. Jensen, Department of Energy Engineering, Technical University of Denmark,
Lyngby (DK)

Theoretische und praktische Untersuchungen zeigen, daß Kohlendioxid als verdampfendes/kondensierendes Sekundärfluid den Energieverbrauch von indirekten Systemen signifikant senken kann. Es wird von den Erfahrungen aus zwei realisierten Installationen berichtet.

Die niedrigere Viskosität von Kohlendioxid erzeugt sehr geringe Druckabfälle und der Phasenwechsel verbessert den Wärmeübergangskoeffizienten beträchtlich. Im Vergleich zu einphasigen Flüssigkeiten. Dies ergibt kleinere Rohrdimensionen, reduzierte Pumpenleistung und eine zusätzliche Reduzierung der erforderlichen Sekundärfluidmenge des Systems, verglichen mit den sonst verwendeten Medien.

In diesem Papier werden Korrelationen des Wärmeübergangskoeffizienten beim Sieden für Kohlendioxid in einem horizontalen Rohr verglichen mit gemessenen Daten. Ein theoretischer Vergleich zwischen dem Druckabfall von Kohlendioxid und anderen Sekundärfluiden wird angestellt. Allgemeine Probleme in Verbindung mit der Auslegung von Pumpen, Druckausgleichbehältern, Ventilen usw. in Hochdrucksystemen werden diskutiert.

AUFBAU UND ERPROBUNG EINER CO₂-WÄRMEPUMPE

**P. Heyl, W.E. Kraus, Institut für Energiemaschinen und Maschinenlabor,
TU Dresden**

Kohlendioxid erlebt in der Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik infolge der schwierigen Suche nach umweltverträglichen Ersatzkältemitteln für die Chlorfluorkohlenwasserstoffe eine beeindruckende Renaissance.

An der TU Dresden wird der Einsatz von Kohlendioxid in einem transkritischen Prozeß zur Trinkwassererwärmung untersucht. Zu diesem Zweck wurde eine Versuchsanlage aufgebaut. Die Heizleistung beträgt ca. 35 kW bei den Nennbedingungen: Wassererwärmung von 10 auf 60 °C, Verdampfungstemperatur 0 °C, geometrischer Verdichterförderstrom 7,3 m³/h, Hochdruck 90 bar. Die gute Annäherung der Temperaturverläufe von überkritischem CO₂- und Wasserstrom in großen Intervallen, die wesentlich für eine erhöhte energetische Effektivität ist, wird durch einen speziell ausgelegten Kreuzgegenströmer erreicht. Der Verdampfer wird mit Hilfe einer Überhitzungsregelung „trocken“ betrieben.

Folgende Schwerpunkte werden behandelt:

- Anlagenkonfiguration
- Sicherheitskonzept
- Erfahrungen beim Aufbau und bei der Inbetriebnahme der Anlage
- erste Versuchsergebnisse.

VERSCHIEDENE VERFAHREN ZUR KONTROLLE DES ABSCHALTVERHALTENS VON SCROLL-VERDICHTERN

N. Kämmer, G. Wiertz, M. Ceylan, J. Blass, Copeland GmbH, Welkenraedt (B)

Scroll-Verdichter haben die Eigenschaft, auch als Entspannungsmaschine zu arbeiten. Daher wurden verschiedene Verfahren entwickelt, die eine Drehrichtungsumkehr beim Abschalten entweder gänzlich verhindern, oder aber die sich ergebende Drehzahl unterhalb einer kritischen Grenze halten. In Abhängigkeit von den stationären Betriebsbedingungen vor dem Abschalten können sich Drehzahlen ergeben, die die Maschine gefährden, so daß die konstruktiven Maßnahmen zunächst der Sicherheit der Maschine dienen. Darüber hinaus ist der Geräuscheindruck beim Abschaltvorgang von großer Bedeutung und stellt höhere Anforderungen an das Verhalten der Sicherung gegen negative Drehzahlen als der reine Schutz gegen eine Schädigung der Scrolls. Die verschiedenen Anforderungen an eine Rücklaufsicherung werden erläutert: Reduzierung der Rücklaufdrehzahl, Optimierung des Geräuscheindruckes, Verhalten bei Betrieb mit falscher Drehrichtung.

Bei der Entwicklung der „Specter“-Baureihe wurden verschiedene Verfahren verglichen. Von den möglichen Optionen (Fluid Brake, Rückschlagventil, Magnetventil) wurde die Magnetventillösung gewählt. Die Funktionsweise und die Verhaltensmerkmale dieser Lösung werden vorgestellt.

Eine Weiterentwicklung dieses Prinzips stellt das Floating Seal mit integriertem Rückschlagventil dar. Die Konstruktionsmerkmale und das Betriebsverhalten des Kompressors mit dieser neuen Lösung werden ebenfalls beschrieben.

TURBOVERDICHTER MIT VARIABLER GEOMETRIE DES RINGDIFFUSORS

K. Hartmann, Carrier GmbH, München

Der Leistungsregelung von Turboverdichtern mittels variablen Einlaßleiterschaukeln sind je nach Betriebsbedingungen unerwünschte Grenzen gesetzt, wenn der geförderte Massenstrom zu gering und die Pumpgrenze erreicht wird. Der dann folgende instabile Betrieb führt zu Funktionsstörungen, erhöhten Lagerbelastungen bis zum Triebwerksausfall.

Es werden theoretische Analysen und experimentelle Ergebnisse von zwei neuartigen Konstruktionen für Ringdiffusoren beschrieben, die selbst bei konstantem Verflüssigerdruck durch Verschieben der Pumpgrenze sehr kleine Teillasten ermöglichen. Bei der einen Technik wird der Diffusorspalt auf ungewöhnliche Weise mechanisch geschlossen, während bei der zweiten Methode Kältemittelrückstrom ein natürliches Drosseln bewirkt, wodurch gleichzeitig die Strömungscharakteristika beim Eintritt in den Diffusor verbessert werden.

Die Testergebnisse zeigen bei beiden Verfahren eine deutliche Verbesserung des Einsatzgebietes bis zur Pumpgrenze und daß bei der Kältemittelrückstrom-Methode ein günstigerer Wirkungsgrad erzielt wird.

EIN MONITOR FÜR KÄLTEANLAGEN

U. Hesse, IH. Spauschus, Spauschus Associates, Inc., Atlanta (USA)

Nicht kondensierbare Gase sind in einer Kälteanlage unerwünscht. Neben Luft oder Stickstoff aufgrund ungenügenden Evakuierens oder einer Leckage bei saugseitigem Unterdruck kann es sich bei den nicht kondensierbaren Gasen auch um Reaktionsprodukte aufgrund von Instabilitäten handeln. Gelingt es, geringe Mengen frühzeitig zu selektieren und deren Vorhandensein zu signalisieren, können rechtzeitig Maßnahmen eingeleitet werden, um umfangreiche Folgeschäden zu vermeiden. Ein einfacher Monitor, der diese Funktion erfüllt, ist entwickelt und untersucht worden. Das frühzeitige Identifizieren von Reaktionsprodukten ist in Versuchen an stationären Anlagen nachgewiesen worden. Darüber hinaus wurde der Monitor erfolgreich als Diagnosegerät an Automobil-Klimaanlagen eingesetzt. Die Ergebnisse werden vorgestellt.

THERMODYNAMISCHE BERECHNUNG UND KONSTRUKTIVE GESTALTUNG VON DOPPELROHR- SICHERHEITSWÄRMEAUSTAUSCHERN

R. Dalibor, Hans Güntner GmbH, Dormagen

Steigende Anforderungen an die Betriebssicherheit von Anlagen sowie auch das gestiegene Umweltbewußtsein in der Bevölkerung erfordern neue Entwicklungen, die diese Ansprüche zu wirtschaftlichen Preisen erfüllen können.

Schwachstelle jeder verfahrenstechnischen Anlage, bei der Wärmeaustauscher jedweder Bauform zum Einsatz kommen, ist die Fläche, an der der Wärmeaustausch stattfindet.

Leckagen, die aufgrund von unvorhergesehenen Ereignissen (Schwingungen, Korrosion etc.) auftreten können, führen zu einer Vermischung der Medien und können in der Folge z. B. durch chemische Reaktionen zu erheblichen Folgeschäden führen.

Bei dem Doppelrohr-Sicherheitswärmeaustauscher handelt es sich zunächst um einen Sicherheitswärmeaustauscher mit vier Rohrböden herkömmlicher Bauart. Die eigentliche Wärmeaustauscherfläche besteht aus zwei konzentrischen Rohren, wobei das äußere Rohr auf der Innenseite mit einer Rippenstruktur versehen ist. Das innere Rohr (Glattrohr) wird hydraulisch aufgeweitet, so daß am Rippenkopf ein intensiver Kontakt zwischen den Rohren besteht.

Im Vortrag wird die thermodynamische Berechnung des Wärmewiderstandes „Doppelrohr“ ausgeführt sowie ein Überblick über die fertigungstechnischen Besonderheiten einer derartigen Konstruktion gegeben.

LUFTKÜHLER-LEISTUNGSVERHALTEN MIT VEREISTER OBERFLÄCHE

**J. Alber, LU-VE CONTARDO Deutschland GmbH, Stuttgart
E. Macchi, Politecnico di Milano (1)**

Die Luftkühlerleistung wird sehr wesentlich von der Vereisung der Oberfläche während des Kühlvorganges beeinträchtigt. Die Faktoren hierfür sind:

1. Der Wärmewiderstand der Bereifung, d. h. die Luft wird gegen die Lamellen isoliert.
2. Der Lufiwiderstand, bedingt durch den höheren Widerstand der Luft durch das Zuwachsen der Luftkanäle. Die reduzierte Luftmenge bewirkt eine niedrigere Lufttemperatur und damit einen zusätzlichen Anstieg der Vereisung.

Neu entwickelte Lufikühler benutzen die neuesten Technologien, wie z. B. innen geriffelte Rohre und speziell gewellte Lamellen, um den Wärmeaustausch zu verbessern und kompaktere Wärmeaustauscher zu erhalten.

In dem Vortrag werden umfangreiche Vergleichsmessungen mit konventionellen Luftkühlern bei hoher Luftfeuchte und Vereisungsbedingungen vorgestellt. Diese zeigen, daß das Leistungsverhalten der neuen Lufikühler wesentlich besser ist als das der traditionellen. Auch beim prozentualen Leistungsverlust, beginnend mit sauberen Flächen, zeigen die neuen Lufikühler bessere Ergebnisse.

Eine bessere Lamelle (die Voraussetzung für größere Leistung) bedeutet keinen Rückschritt bei der Vereisung des Luftkühlers und erfordert auch nicht mehr Abtauzyklen. Desweiteren benötigen die neuen Luftkühler im Vergleich weniger Energie für die Abtauung; dies ist bedingt durch die Verringerung des Metalleinsatzes, der weniger Leistung der elektrischen Abtauheizung absorbiert.

ENERGETISCHE BEWERTUNG VON VENTILATOR-LUFTKÜHLERN MIT DEN KÄLTEMITTELGEMISCHEN R404A, R407A, R407C UND R507

M. Arnemann, P. Starp, F. Wieschollek, FKU GmbH, Berlin

Als Ersatzstoffe für R22 und R502 werden zunehmend chlorfreie binäre und ternäre Kältemittelgemische wie R404A, R407A, R407C und R507 eingesetzt.

Für die energetische Bewertung von Ventilator-Luftkühlern im Betrieb mit diesen Gemischen wurden Leistungsmessungen in Anlehnung an die Normen DIN 8955 bzw. ENV 328 sowie Simulationsrechnungen durchgeführt.

Über die Anforderungen der Normen hinausgehend sind bei der Durchführung der Versuche wie auch bei deren Auswertung folgende Besonderheiten zu berücksichtigen:

- Temperaturleitung bei Verdampfen
- Änderung der umlaufenden Zusammensetzung im Anlagenbetrieb aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung von Dampf- und Flüssigkeitsphase und der unterschiedlichen Öl-löslichkeit der Kältemittelkomponenten.

Bei der Abschätzung der Unsicherheiten der Leistungsangaben muß darüber hinaus auch die Genauigkeit der verfügbaren Stoffdaten, wie beispielsweise die Taupunkttemperatur als Funktion des Druckes, einbezogen werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden unter Herausstellung der o.g. Besonderheiten präsentiert. Abgeleitet davon werden Vorschläge für eine Ergänzung der Normen zur Diskussion gestellt.

STAND DER SICHERHEITSTECHNISCHEN ANFORDERUNGEN AN AMMONIAK-KÄLTEANLAGEN

A. Bothe, FH Gelsenkirchen

Der Leitfaden „Sicherheitstechnische Anforderungen an Ammoniak-Kälteanlagen“ wurde auf der zehnten Sitzung des Technischen Ausschusses für Anlagentechnik (TAA) am 18. April 1996 verabschiedet. Der Leitfaden wird bereits von vielen Genehmigungsbehörden im Genehmigungsverfahren angewendet.

Der Fachausschuß Druckbehälter (FAD) hat bereits Anforderungen aus dem TAA-Leitfaden in den Entwurf zu der neuen TRB 801 Ziffer 14 übernommen.

Die Anforderungen des Leitfadens bezüglich der Rohrleitungen sollen in die Technische Regel Rohrleitungen (TRR) übernommen werden. Außerdem werden Teile des Leitfadens in die neue „DIN 8975 Teil 11“ einfließen. Sollten Teile des Leitfadens in die vorgenannten Regelwerke übernommen werden, wird der Leitfaden überarbeitet. Der letzte Stand der vorstehenden Arbeiten wird im Vortrag vorgestellt.

11.2.20

UNTERSUCHUNGEN AN NH₃-KÄLTEANLAGEN IM SOMMER- UND WINTERBETRIEB MIT UND OHNE VERDICHTERUNTERSTÜTZUNG

W. Zickler, RWTüV Anlagentechnik GmbH, Essen

Eine NH₃-Kälteanlage zur Kaltwassererzeugung wurde über einen Zeitraum von mehr als einem Jahr untersucht und beobachtet. Es wurden das Betriebsverhalten und die Leistungsdaten hinsichtlich Erfüllung der Planungsdaten überprüft. Die Ergebnisse werden in dem Vortrag dargestellt.

Die Anlage besteht aus fünf Kaltwassersätzen mit je 1590 kW und einem mit 750 kW Kühlleistung. Sie befindet sich in der obersten Etage eines neu errichteten Bankgebäudes mitten im Stadtzentrum einer Großstadt. Mit dem Kaltwasser werden die verschiedenen Gebäudeteile klimatisiert und das Rechenzentrum zum direkten Kühlen der Computer versorgt.

Die in der Übergangszeit und im Sommer benötigte Kälteleistung unterliegt einer großen Schwankungsbreite und muß dementsprechend angepaßt werden. Die anlagenspezifische Problemzone ist bei sommerlicher Spitzenbelastung der relativ geringe Abstand zwischen dem betriebsmäßig vorgesehenen Verflüssigungsdruck und dem maximal zulässigen Betriebsüberdruck. Bei Schwachlast werden ab ca. +10 °C Außentemperatur die Verdichter umgangen und es wird der natürliche Umlauf zur kostengünstigen Kühlung genutzt.

ADIABATISCHE KÜHLUNG VON UNVERPACKTEN LEBENSMITTELN

H.-A. Kurzhals, Hochschule Bremerhaven

Zahlreiche stückige Lebensmittel werden im Verlauf ihrer Produktion einem Erhitzungsverfahren unterzogen und müssen vor einer Weiterverarbeitung oder vor der Verpackung gekühlt werden. Häufig erfolgt die Abkühlung solcher Produkte in unverpacktem Zustand. In solchen Fällen ist es wichtig, daß der Kühlprozeß folgende Bedingungen erfüllt: Kurze Kühlzeiten, geringer Gewichtsverlust, geringe Kontamination mit lebenden Mikroorganismen, geringer Energiebedarf; Vermeidung umweltbelastender Stoffe und geringer Wasserbedarf.

Viele traditionelle Kühlverfahren erfüllen diese Bedingungen nicht vollständig. Aus diesem Grund wurden in der letzten Zeit neue Kühlsysteme entwickelt, die durch Anwendung der Verdunstungskühlung Produkte, die feuchte Luft als Kälte Träger vertragen können, ökonomisch und ökologisch optimal auf Temperaturen in der Nähe der Raumtemperatur kühlen können.

Ein solches System ist das von der Firma Stulz entwickelte ADIA-cool-System, mit dem versuchsweise Schnittbrot adiabatisch gekühlt wurde. Versuche mit einer halbertechnischen adiabatischen Kühlanlage der Firma Stulz zeigten folgende Ergebnisse:

Die adiabatische Kühlung von Lebensmitteln bietet die Möglichkeit, Lebensmittel ganzjährig mit feuchter Luft zu kühlen, ohne daß eine zusätzliche separate Kältemaschinenanlage benötigt wird. Für die Kühlung von Schnittbrot bietet diese Technik die Voraussetzung, Kühlluft in einem hohen absoluten Feuchtebereich zur Verfügung zu stellen und damit den Gewichtsverlust durch Austrocknung zu vermindern und gleichzeitig die Frischhaltung des Brotes zu verbessern.

Der Energiebedarf der Anlage ist geringer als der einer vergleichbaren Kältemaschinenanlage, wenn die Luft im Umluftverfahren mehrfach genutzt und vor jeder Kühlstufe durch Befeuchtung zurückgekühlt wird. Eine Zumischung von Außenluft und die Abfuhr entsprechender Fortluftmengen garantiert in Nordeuropa eine konstante spezifische Anfangsenthalpie von 63 kJ/kg.

Durch Filtration der Umluft wird eine Kontamination des Schnittbrotes mit lebenden Mikroorganismen verhindert, wodurch auf Konservierungsmittel im Brot verzichtet werden kann, wenn im Schneid- und Packraum unter Reinraumbedingungen gearbeitet wird. Das Verfahren ist umweltfreundlich, da keine umweltbelastenden Stoffe und wenig Energie benötigt werden.

NEUE ERKENNTNISSE IN DER BACKWAREN-KONSERVIERUNG: HALBGEBACKENES GROSSRROT ALS NEUER TREND

F. Meyer, Küha Kältetechnik GmbH, Baierbrunn

Dem Kundenwunsch, täglich mehrmals frisches Brot einzukaufen, kann entsprochen werden. Daß Brot nach dem Backen an Frische verliert, ist bekannt. Der Grund liegt nicht allein im Feuchtigkeitsverlust, sondern auch in dem Übergang von verkleisterter Stärke in kristallinen Zustand.

Untersucht wurden in einem Kühllager bei Raumtemperaturen um 0 °C die Lagerfähigkeit von Weizenmischbrot, Mischbrot und Roggenmischbrot. Wesentliches Element für die Einlagerung ist die Vor- und Nachbackphase. Dies bedeutet eine Teilung der Backzeit in zwei gleiche Phasen. In beiden Backphasen muß das Brot eine Kerntemperatur von 98 °C erreichen. Mit einem KUBATRON-FUZZY-REGLER ist es gelungen, Zwischenlagerzeiten von mehr als 72 Stunden zu erreichen.

Die Temperatur- und Feuchtigkeitsverläufe sowie das funktionale Schaltverhalten der Kälteanlage werden anhand von Messergebnissen aus der Praxis vorgetragen.

EINFLUSS DER ABKÜHLUNG VON SCHWEINESCHLACHTKÖRPERN AUF DIE FLEISCHQUALITÄT

**P.G. van der Wal, DLO Institut für Tierforschung und Tiergesundheit, Lelystad
(NL)**

Die Abkühlung von Schweineschlachtkörpern wird unmittelbar nach dem Schlachtprozeß durchgeführt. Ziel der Abkühlung sind die Temperatursenkung der Schlachtkörper und die Verbesserung der Haltbarkeit des Fleisches.

In Versuchen wurden drei verschiedene Abkühlmethoden verglichen:

- eine konventionelle Methode (0.. .4 °C, 0,5 m/s, 24 h)
- zwei Schnellabkühlmethoden (-5 °C, 2 h bzw -30 °C bei 1, 2 und 4 m/s) in Kombination mit anschließender konventioneller Methode bei insgesamt 24 h.

Schnellabkühlung bei -30 °C und höherer Luftgeschwindigkeit bewirkte eine Kälteverkürzung des Muskelgewebes, die durch verringerte Sarkomerenlänge ($P < 0,10$) und höhere WarnerBratzler-Werte nachgewiesen wurde.

Vorteilhaft sind dagegen die 0,5... 1,0 % geringeren Gewichtsverluste der Schlachtkörper, die im Vergleich zu konventioneller Abkühlung auftreten.

ANWENDUNG DER KÄLTETECHNIK IN DER TK-FISCHINDUSTRIE

A. Schulz-Biermann, Frozen Fish International GmbH, Bremerhaven

Fisch als natürliche, allgemein sehr empfindliche Ressource verlangt über alle Verarbeitungsschritte eine schonende Verarbeitung und exakte Temperaturführung, um ein qualitativ hochwertiges Produkt zu erhalten.

Direkt nach dem Fang wird der Fisch an Bord oder an Land filetiert und als Blockware oder einzeln gefroren. Ziel ist eine standardisierte, im weiteren industriellen Verarbeitungsprozeß jederzeit verfügbare und lagerstabile Rohware. Diese wird in der TK-Fischindustrie temperiert, mit anderen Zutaten weiter veredelt und möglichst zeit- und kosteneffektiv gefroren. Alternativ zum konventionellen Gefrieren und Temperieren werden zunehmend kryogene Verfahren angewandt. Die anschließende tiefgekühlte Lagerung erfordert eine über den Distributionsweg zum Verbraucher möglichst konstante Temperatur.

Parameter für die Beurteilung und Erläuterung der einzelnen Verarbeitungsprozesse und ihrer Probleme sind Qualität, Effizienz, Verfügbarkeit, Flexibilität und Kosten.

GEFRIERTROCKNUNG IN DER BIOLOGISCH- PHARMAZEUTISCHEN FORSCHUNG UND INDUSTRIE

G.W. Oetjen, Fischer Forschung und Industrie

Die Gefriertrocknung biologisch pharmazeutischer Produkte vollzieht sich in drei Abschnitten.

Einfrieren, Trocknung des eingefrorenen Produktes und Verpackung.

Das Einfrieren komplexer Proteine ist nicht ohne Zugabe von Excipients denkbar, da der Umbau der Wassermoleküle zu Eiskristallen den Proteinen Wasser entzieht, das sie zu ihrer Stabilität benötigen. Diese Excipients sind oft aus Zuckern, Ionenlösungen und Puffersubstanzen zusammengesetzt. Bei langsamem Einfrieren entstehen außer Eiskristallen durch Gefrierkonzentrierung hochviskose Einschlüsse, die sich schlecht oder gar nicht gefriertrocknen lassen. Das Einfrieren mit flüssigem Stickstoff hat sich als ein Verfahren erwiesen, dieses Problem zu begrenzen oder zu vermeiden.

Während der Trocknung ist die Kenntnis der Temperatur an der Sublimationsfront entscheidend, da bei zu hohen Temperaturen das Produkt kollabiert, während die Trocknung bei zu tiefen Temperaturen unwirtschaftlich lange dauert.

Da Produkte der oben geschilderten Art bei zu hohem Wassergehalt denaturieren und bei zu kleinem Wassergehalt instabil werden können, ist die Kenntnis des Restwassergehaltes für die Lagerfähigkeit wichtig.

Der Vortrag beschreibt die Möglichkeiten, die genannten Probleme zu beherrschen.

GEFRIERTROCKNUNG VON LEBENSMITTELN

K-H. Hartung, Dr. Otto Suwelack Nachf. GmbH & Co., Billerbeck

Vor Beginn der großtechnischen Vakuum-Gefriertrocknung eines Lebensmittels müssen spezifische Parameter wie Einfriermethode, Schmelz- bzw. Erweichungspunkt, geometrische Form des getrockneten Lebensmittels, gewünschte Restfeuchte etc. festgelegt bzw. im Labor exakt gemessen werden. In mehreren Probetrocknungen im Technikumsmaßstab werden die Trocknungsparameter für die maximale Trocknungsleistung bei vorgegebener Produktqualität ermittelt. Bei der Übertragung dieser Parameter auf großtechnische Anlagen müssen begrenzende anlagenspezifische Faktoren wie die maximale Wasserdampfgeschwindigkeit zwischen Trocknungskammer und Kondensator und die konstruktionsbedingte Aufnahmeleistung der Kondensatoren berücksichtigt werden. Aus energetischer Sicht ist die Gefriertrocknung aufwendiger als andere bekannte Trocknungsverfahren; sie führt jedoch zu Produkteigenschaften, die auf andere Weise nicht erreicht werden können.

Am Beispiel der Gefriertrocknung von Kaffee wird die Vorbereitung der Gefriertrocknung und deren praktische Durchführung erläutert.

EINFLUSS VON HOCHDRUCK AUF PHASENÜBERGÄNGE WASSER-EIS UND DESSEN NUTZUNG ZUR KONSERVIERUNG IN DER LEBENSMITTEL- UND BIOTECHNOLOGIE

H. Koch, Institut für Lebensmitteltechnologie, TU Berlin

Mit hydrostatischem Druck lassen sich aufgrund der Anomalie des Wassers der Gefrierpunkt und die Temperatur der homogenen Kristallisation senken sowie neun Kristallmodifikationen unterschiedlicher Dichte und Enthalpie bilden. Im Bereich der Gefrierkonservierung von Zellen, Geweben und insbesondere von Lebensmitteln können damit die üblichen Qualitätsverluste, die langsames Einfrieren und Auftauen (Kristallwachstum im interzellulären Raum, Gefrierkonzentrierung gelöster Stoffe und Volumenausdehnung, als Folge Zellzerstörung durch osmotischen Wasserentzug, verstärkte (bio-)chemische Reaktionen, mechanisches Zerstechen, Auslaufen von Zellsaft und Bildung von Gasblasen) bzw. zu schnelles Gefrieren (Zellzerstörung durch intrazelluläres Eis, Zellcracking aufgrund von Spannungen durch Dichte- und Temperaturunterschiede) verursachen, verringert oder vermieden werden. Hinzu kommen die konservierenden Effekte des Hochdrucks selbst durch partielle Inaktivierung von Enzymen und Keimen unter Vermeidung thermischer Schädigungen. Mögliche und z. T. erfolgreich getestete Ansätze sind: 1. „Gefrieren“ bei Raumtemperatur mit Eis VI oberhalb von 880 Mpa (keine Volumenausdehnung, energetisch günstig, aber apparativ aufwendig); 2. Gefrieren unter Bildung von Eis III oder Eis V mit Drücken bis 620 Mpa bei 0 bis $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (keine Volumenausdehnung, aber Lagerung nur unter Druck); 3. Druckwechsel zwischen Eismodifikationen bei ca. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, (Ausnutzung der Dichtedifferenzen zur Inaktivierung von Mikroorganismen im gefrorenen Zustand); 4. Lagerung im ungefrorenen Zustand bei bis zu $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Vorteile der Tieftemperatur ohne Nachteile des Gefrierens, gute Resultate in Sensorik und Keimbelastung); 5. Druckwechsel-Gefrieren (schnelles Durchlaufen des kritischen Temperaturbereiches, erhöhte Nucleationsrate, kleine homogene Eiskristalle); 6. Auftauen unter Hochdruck (simultane Verflüssigung im gesamten Querschnitt). Die Verfahren und Ergebnisse werden näher erläutert.

PRODUKTINNOVATION IN DER LEBENSMITTELINDUSTRIE DURCH ANWENDUNG KRYOGENER TECHNIK

R. Bone, Air Products GmbH, Hattingen

Die Qualität tiefgefrorener Lebensmittel hängt von mehreren Faktoren ab:

- Beschaffenheit vor dem Gefrierprozeß
- Gefriergeschwindigkeit
- Lagerungsbedingungen
- Auftauen

Bei zahlreichen Produkten ist insbesondere die Gefriergeschwindigkeit entscheidend, d. h. je höher die Gefriergeschwindigkeit ist, desto besser ist die Produktqualität. In diesem Fall ist der Einsatz kryogener Gase erforderlich. Aus lebensmittelrechtlicher und technologischer Sicht kommen hierfür nur flüssiges Kohlendioxid und flüssiger Stickstoff in Frage.

Außer der Gewährleistung hervorragender Qualität lassen sich speziell mit Flüssigstickstoff völlig neue, innovative Produkte herstellen, so können z. B. Gemüse, Fisch und Fleisch mit Soßen, Marlnaden o. ä. ummantelt werden. Wachsende Anforderungen an den ConvenienceGrad garantieren einen stetig zunehmenden Markt für diese Produkte. Ihre Herstellung ist nach zwei unterschiedlichen Konzepten realisierbar:

- Drehrohrgefrieranlage (kontinuierlich)
- Cryo-Tumbler (chargenweise)

Funktion und Arbeitsweise beider Konzepte werden beschrieben. Anhand von Produkten, die bereits erfolgreich im Markt sind, wird ein Überblick über die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gegeben.

GEFRIEREN VON FLACHEN PRODUKTEN (FLAT-PRODUCT-FREEZER)

L. Eek, Frigoscandia Equipment AB, Helsingborg (S)

Ein Beispiel für Entwicklungsarbeit ganz im Sinne der Nachfrage ist der Flat-Product-Freezer (FPF), der 1994 auf der GIA in Paris mit dem IPA-Innovationspreis in der Kategorie Lebensmittelverarbeitung prämiert wurde. Die Gefrieranlage ist maßgeschneidert auf das Gefrieren von dünnen, flachen Produkten wie etwa Hamburger-Patties. Zwei parallel verlaufende Förderbänder nehmen die Patties von zwei Form-Maschinen entgegen. Eine Vielzahl kleiner Hochgeschwindigkeits-Luftstrahlen richtet sich von oben und unten auf das Produkt und sorgt für eine Gefriereschwindigkeit, welche die von Flüssig-Stickstoff-Gefrieranlagen erreicht oder sogar übertrifft.

Weil diese Anlagen für die Fleisch- und Geflügel-Industrie entwickelt wurden, hat man ganz besondere Anstrengungen in puncto Hygiene und Reinigungs-Effizienz unternommen.

TECHNISCHE ENTWICKLUNGEN IM KÜHLHAUSSEKTOR

C. Ruhmich, Verband Deutscher Kühlhäuser e.V., Bonn

Der Anteil der Lebensmittel, die temperaturgeführt sind, beträgt gegenwärtig ca. 60 % mit steigender Tendenz. Der Mengenzuwachs an Tiefkühlkost ist ungebrochen. Die Zuwachsrate in diesem Bereich, insbesondere in einigen Teilsegmenten, liegt erheblich über den Zuwachsraten anderer Lebensmittelbereiche. Dies erfordert entsprechende technische Entwicklungen zur Sicherung und Optimierung in der sogenannten Kühlkette. Die Kühlkette umfaßt Produktion, Lagerung, Transport, Distribution und den Handel bis zum Endverbraucher. Die Lagerung tiefgekühlter Lebensmittel als ein Element der Kette wird durch Kühlhäuser übernommen. In Deutschland gab es 1995 insgesamt ca. 10,8 Mio cbm an gekühlter/tiefgekühlter Lagerkapazität. Davon sind ca. 6 Mio cbm gewerbliche Kühllagerkapazität, in diesem Fall übernehmen als Dienstleistungsunternehmen tätige Kühlhäuser die Lagerung von temperaturgeführter Ware für Dritte. Ca. 4,8 Mio cbm sind sogenannte eigene betriebliche Kühl-/Tiefkühlagerkapazität, d. h. hier wird nur eigene Ware der Produzenten oder des Handels gelagert.

Je nach Funktion und Anforderungen ist auch die technische Ausstattung eines Kühlhauses entsprechend ausgerichtet. Im folgenden werden die aktuellen technischen Entwicklungen in den einzelnen Bereichen eines Kühlhauses übersichtartig aufgezeigt.

1. Klassifizierung verschiedener Arten von Kühlhäusern
2. Kühlhauskonstruktionen
 - a) Bauphysikalische Gesichtspunkte
 - b) Brandschutz
3. Kälteanlage
4. Lagersystem
5. Transportsystem
6. Informationstechnologie

REKRISTALLISATION VON EIS BEI VERSCHIEDENEN LAGERUNGSBEDINGUNGEN IN MODELLÖSUNGEN FÜR EISKREM

V. Gaukel, W,E.L. Spieß, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe

Während des Transports und der Lagerung im Handel und zu Hause sind gefrorene Lebensmittel häufig starken Temperaturschwankungen ausgesetzt. Die daraus resultierenden Texturverschlechterungen sind weitgehend auf die Eisrekristallisation und das damit verbundene Eiskristallwachstum zurückzuführen. Eiskrem ist ein in bezug auf Rekristallisationsvorgänge besonders empfindliches Produkt. Unsachgemäße Lagerung kann innerhalb von wenigen Tagen zu einem eisigen und sandigen Geschmackseindruck führen.

Um die Mechanismen der Eisrekristallisation aufzuklären, wurden die Eiskristallveränderungen in Modellösungen für Eiskrem mit unterschiedlichen Zusatzstoffen während der Lagerung unter sinusförmigen Temperaturschwankungen untersucht. Die beobachteten Veränderungen der Eiskristalle werden mit aus der Metallurgie bekannten Modellen zur Rekristallisation beschrieben. Im einzelnen werden sowohl die Einflüsse verschiedener Schwankungszeiten und verschiedener Temperaturamplituden als auch die Einflüsse verschiedener Hydrokolloide auf die Eisrekristallisation dargestellt.

NUMERISCHE SIMULATION VON HAUSHALTKÜHL UND -GEFRIERGERÄTEN

J. Philipp, Lehrstuhl für Kälte- und Kryotechnik, TU Dresden

Zur dynamischen Simulation des Betriebsverhaltens von Kühl- und Gefriergeräten wurde ein numerisches Modell entwickelt. Die Ergebnisse dieser Simulation werden mit Meßdaten von einem speziell ausgerüsteten Testkältegerät verglichen und diskutiert. Sowohl der Versuchsstand als auch die Simulationssoftware werden vorgestellt. Der verwendete 190 l Kühlschrank wurde zur Variation der Umgebungstemperatur in einer speziellen Prüfkammer aufgestellt und mit Massenstrom-, Temperatur- und Druckmeßaufnehmern ausgestattet. Es wird gezeigt, daß das Modell genutzt werden kann, um das Verhalten eines Eintemperaturkühlschranks unter realen Einsatzbedingungen (Änderung der Umgebungstemperatur, Öffnen der Tür, Einbringen von Nahrungsmitteln etc.) zu simulieren. Des weiteren wird der Einfluß verschiedener Regelungen auf den Energieverbrauch untersucht. Mit diesem numerischen Modell sollen Berechnungen des Energieverbrauchs schon vor dem Bau von Nullseriengeräten möglich sein,

THEORETISCHE UND EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUM DYNAMISCHEN VERHALTEN VON KÄLTETECHNISCHEN GESAMTANLAGEN

M. Becker, Transferstelle für Informations- und Automatisierungssysteme in der Kältetechnik, Universität Kaiserslautern

In diesem Beitrag wird ein dynamisches Modell vorgestellt, welches das dynamische Verhalten von kältetechnischen Anlagen beschreibt. Im Gegensatz zu vielen in der Literatur bekannten Modellen werden hier neben der eigentlichen Kälteanlage auch die Wechselwirkungen zur Kälteanwendung, d.h. der Kühlraum mit dem eingelagerten Kühlgut oder der Einfluß von Türöffnungen berücksichtigt. Das Modell erlaubt es, die komplexen thermodynamischen Wechselwirkungen aufgrund von Wärme- und Stoffströmen in kältetechnischen Anlagen zu untersuchen. Dies betrifft insbesondere Untersuchungen zum Kühlraumklima im Zusammenhang mit der zunehmenden Vereisung der Verdampferoberfläche und unter dem Einfluß von Abtauvorgängen. Damit ist das Modell u. a. auch ein Simulator, mit dem verbesserte Automatisierungsstrategien entwickelt und unter genau definierten Bedingungen gegenüber den üblichen Konzepten vergleichend beurteilt werden können.

Ein wesentlicher Vorteil des hier gewählten Modellansatzes ist die Reduzierung der Simulationsparameter auf möglichst wenige Werte, die bei konkreten Anlagen aus technischen Datenblättern der Hersteller und den geometrischen Daten des Kühlraums gewonnen werden. Ein Beispiel zur Parametrierung des Modells wird vorgestellt. Experimentelle Untersuchungen an Kälteanlagen zeigen eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Meß- und Simulationsergebnissen. Untersuchungen zu den für die Kühlgutqualität wichtigen Größen Temperatur und Feuchte werden diskutiert und durch Ergebnisse mit verbesserten Regelungskonzepten an einer Versuchskälteanlage ergänzt.

Basierend auf dem gegenwärtigen Stand des Modells ist die Weiterentwicklung im Sinne eines CAD-Werkzeuges geplant, das den Kälteanlagenbauer bei der Projektierung und Dimensionierung seiner Kälteanlagen unterstützen soll.

BINÄREIS - ANWENDUNGSERFAHRUNGEN IN DER SUPERMARKTKÄLTE

J. Paul, INTEGRAL Technologie GmbH, Flensburg

Nach Jahren der Entwicklung und ersten Feldanwendungen ist die Binäreistechnik heute ein fester Bestandteil des kältetechnischen Repertoires geworden. Neben der Raumkühlung sind Anwendungen im Supermarktbereich, in der Lebensmittelindustrie, in der Verfahrenstechnik und im Bergbau besonders hervorzuheben.

In den vergangenen Jahren wurden ca. 10 MW Kälteleistung mit flüssigem Eis (Binäreis) installiert. Diese Installationen reichen von 1,5 kW bis 2.200 kW und sind in verschiedenen klimatechnischen, gewerblichen und industriellen Anwendungen weltweit in Betrieb.

Kleine und mittlere Leistungen werden mit dem FLO-ICE Verfahren abgedeckt, bei dem natürliche Kältemittel wie Ammoniak oder Kohlenwasserstoffe sehr gut eingesetzt werden können. FLO-ICE kann für Temperaturen bis herab -40°C (oder sogar tiefer) hergestellt werden.

Die Anwendung von FLO-ICE für die indirekte Kühlung von Verkaufskühlmöbeln hat zahlreiche Betriebserfahrungen erbracht. Neben einigen Installationen zur Normalkühlung ist mittlerweile eine erste Anwendung für Tiefkühlmöbel in Betrieb gegangen. Dabei sind Kältemittel wie Ammoniak und Propan zum Einsatz gekommen.

EXPERIMENTELLER VERGLEICH DES THERMOSTATISCHEN UND DES ELEKTRONISCHEN EXPANSIONSVENTILS ZUR FÜLLUNGSREGELUNG EINES VERDAMPFERS

T Heidfeld, Danfoss Wärme- und Kältetechnik GmbH, Heusenstamm

Das thermostatische Expansionsventil benötigt konstruktivbedingt eine sogenannte statische Überhitzung welche jedoch eine natürliche Regelungsgrenze bei kleinen Überhitzungssignalen darstellt. Diese werden aber bei der Obst-/Gemüse Kühlung für eine geringere Entfeuchtung der Kühlzelle und somit zur Steigerung der Lagerqualität oft gefordert.

Der heutige Stand der Technik erlaubt es, immer mehr Elektronik in der Kältetechnik einzusetzen. so auch bei der Regelung der Verdampferfüllung. Ein wesentlicher Vorteil dabei ist, daß die Regelstruktur des elektronischen Expansionsventils gegenüber dem thermostatischen Expansionsventil keine statische Überhitzung aufweist und nun auch kleine Überhitzungen ermöglicht. Zusätzlich wird durch die sogenannte adaptive Anpassung des Reglers versucht, die Verdampferirutzug respektive Verdampferleistung zu optimieren.

In dieser Arbeit wurde deshalb versucht, den Unterschied in der Füllungsregelung eines großflächigen KÜBA-Luftkühlers SGBE71 mit dem thermostatischen Expansionsventil TEX2 bzw. mit Hilfe des elektronischen Expansionsventils AKVIO der Firma Danfoss experimentell zu vergleichen.

EIN NEUES VERFAHREN ZU TEMPERATURREGELUNG IN GEWERBEKÄLTEANLAGEN MIT KÄLTETRÄGERSYSTEM

H. P. Wurm, Gustav-Wurm GmbH & Co., Remscheid

In den letzten Jahren ist zu beobachten, daß Gewerbekälteanlagen zunehmend mit Sekundärkreislauf ausgestattet werden, um die umweltbelastende Wirkung der Kältemittel durch erheblich verminderte Füllmengen deutlich zu reduzieren. Stand der Technik ist dabei, die Vorlauftemperatur des Kälte­trägers einer geeigneten Sollwertkurve nachzuführen, die in der Regel durch eine Enthalpiemessung der Kühlzonenluft beeinflusst wird. Die Massenströme des Kälte­trägers in den einzelnen Kühlstellen werden außerdem durch mechanische Drosselventile so justiert, daß sich möglichst korrekte Temperaturen in allen Kühlstellen und für alle Tages- und Nachtzeiten einstellen. Langzeitmessungen in verschiedenen Anlagen zeigen jedoch, daß das Ziel optimaler Temperaturen nicht befriedigend erreicht wird, da manche Kühlstellen speziell bei geschlossenem Laden zu kalt werden, damit andere Kühlstellen die zulässige Temperatur nicht überschreiten. Ursache dafür sind die Laständerungen zwischen Tag- und Nachtbetrieb, die - abhängig vom Kühlstellentyp - mehr oder weniger groß sind. Zu niedrige Kühlstellentemperaturen führen jedoch zu vermeidbarem Energiemehrverbrauch.

Abhilfe schafft ein neues Verfahren, das durch Regelsysteme mit Echtzeit-Datenbus und stetige Soleventile realisiert werden kann. Die Vorlauftemperatur der Sole wird dabei automatisch ständig auf dem höchstmöglichen Wert gehalten, der zu Einhaltung der richtigen Warentemperatur erforderlich ist. Die Installation von Temperatur- und Feuchtesensoren in der Kühlzone kann entfallen. Die stetigen Soleventile ersparen das aufwendige und sich gegenseitig beeinflussende Justieren der Massenströme und stellen einen Regelkomfort sicher, den wir in der Haustechnik seit Jahren gewöhnt sind.

ERFAHRUNGEN MIT KÄLTETRÄGERSYSTEMEN IN SUPERMÄRKTEN

A. Hegglin, Wurm AG, Reutlingen

Indirekte Kühlsysteme auf der Basis von Kälteträgern finden gegenwärtig eine rasche Verbreitung auch in Supermärkten. Im Vordergrund stehen vor allem ökologische Aspekte, geht es doch darum, die Kältemittel-Füllmenge drastisch zu reduzieren. Erfolgversprechende Systeme verwenden aufgrund geringer Füllvolumen Plattenwärmeaustauscher.

Untersucht werden Vor- und Nachteile unterschiedlicher hydraulischer Systeme, sowohl auf der Seite der Erzeugung als auch bei den einzelnen Kühlstellen. Der Betrieb von überfluteten Verdampfern wird mit überhitzungsgeregelten Plattenwärmeaustauschern verglichen. Die Alternative der elektronischen Überhitzungsregelung von Plattenwärmeaustauschern wird näher beschrieben. An konkreten Anlagen wird gezeigt, was für Resultate mit konstanten, respektive variablen Medienmengen sowohl in den einzelnen Kühlstellen als auch über den Plattenverdampfer zu realisieren sind. Konsequenzen für die Wahl bestimmter hydraulischer Systeme werden aufgezeigt und Aspekte der Wirtschaftlichkeit und energetischen Effizienz erläutert.

THE IMPACT OF TEMPERATURE AND HUMIDITY ON PERCEIVED AIR QUALITY

**P.O. Fanger, L. Fang, G. Clausen, Laboratory of Indoor Environment and Energy,
Technical University of Denmark, Lyngby (DK)**

Sensory response to clean air and to air polluted by five building materials under different combinations of temperature and humidity in the ranges 18°C-28°C and 30%-70% was studied in the laboratory. The experiments were designed to study separately the impact of temperature and humidity on the perception of air polluted by materials, and on the emission of pollutants from the materials. At all tested pollution levels of the five materials, the air was perceived significantly less acceptable with increasing temperature and humidity, and the impact of temperature and humidity on perception decreased with increasing pollution level. A significant linear correlation between acceptability and enthalpy of the air was found to describe the influence of temperature and humidity on perception. The impact of temperature and humidity on sensory emission was less significant than the impact on perception, however, the sensory emission of wall paint and floor varnish did increase significantly with increasing air humidity. The results show the strong impact of temperature and humidity on perceived air quality. To obtain a proper perceived air quality at a modest ventilation rate, it is beneficial to maintain a rather moderate level of temperature and humidity.

NACHTKÜHLUNG VON BÜROGERÄUDEN - NATÜRLICH ÜBER FENSTERLÜFTUNG - MECHANISCH UNTERSTÜTZTE ABLUFT

M. Schulz, Scholze Ingenieurgesellschaft mbH, Dresden

Vorbereitung des Neubaus von zwei verschiedenen Bürogebäuden der EVS Stuttgart in Baden-Württemberg 1993.

Gebäudesimulation mit wechselnden Randbedingungen unter Zielstellung eines optimierten Energieeinsatzes unter den Aspekten

- Baukonstruktion
- transparente/opake Außenfassadenanteile
- Innere Lasten (Personen/PCs, Beleuchtung)
- Äußere Lasten (Verglasung, Sonnenschutz, Himmelsrichtung)

•

Diskussion der Ergebnisse und Vorplanung umsetzbarer Lösungen führten für das eine Gebäude zu

- mech. unterstützte Nachtlüftung
- Zuluft über Fassadenelemente
- Abluft über einfaches System mit Dachventilatoren

•

und für das andere Haus zu

- Oberlichtflügel, motorisch betrieben.

•

Entsprechend Grundrißlösung Aufteilung der Anlagen, Wahl der Referenzräume und Festlegung der Anlagenschaltparameter. Versuchsprogramm Frühjahr/Sommer 1996 zur Optimierung der Nachtlüftung unter den Gesichtspunkten der

- Ausnutzung des Speicherverhaltens
- Bestimmung der Grenztemperaturen
- Minimierung der Anlagenlaufzeiten

LUFTECHNIK IN GLASÜBERDÄCHTEN ATRIEN

R. Detzer, Kessier & Luch GmbH, Gießen

Große, meist glasüberdachte Atriumsbereiche in Gebäuden, gewinnen in den letzten Jahren mehr und mehr an Bedeutung. Sie können zur Gebäudeerschließung dienen, Kommunikationsschwerpunkte bilden und werden in manchen Fällen auch für Veranstaltungen wie Konzerte, Empfänge etc. genutzt.

Entsprechend den Anforderungen an die Nutzung sind auch die Notwendigkeiten der lufttechnischen Behandlung dieser Bereiche sehr vielschichtig. Aufgezeigt werden die Möglichkeiten und Grenzen der freien Lüftung, Einflüsse auf den Temperaturverlauf im Atrium mit Darstellung von Temperaturverlaufsprognosen.

Bei ganzjähriger Nutzung als Versammlungsstätte sind Verfahren der mechanischen Belüftung erforderlich, die an Hand von Beispielen an untersuchten Projekten erläutert werden. Hierzu gehört auch die Notwendigkeit der Fassadenabschirmung im Winterbetrieb, da durch Konvektionsbewegungen energiereiche Luftströmungen entstehen können, die das Behaglichkeitsumfeld massiv stören.

ENERGIEVERBRAUCHSKENNWERTE FÜR GEBÄUDE

L. Funk, VDI TGA, Düsseldorf

- Sinn und Zweck von Energieverbrauchskennwerten
- Definitionen von Energieverbrauchskennwerten
- Berechnung von Energieverbrauchskennwerten (Mittel- und Richtwerte) nach Richtlinie VDI 3807
- Umrechnung der Werte bei verschiedenen Bezugsgrößen
- Vorstellung von typischen Verbrauchskennwerten (Wärme und Strom), nach Gebäudearten aufgeteilt
- Anwendungsbeispiele
- Ausblick

ENERGIE- UND KOSTENEINSPARPOTENTIALE BEI BESTEHENDEN FERNKÄLTEANLAGEN

C. Böttcher, IWS GmbH, Frechen

Bei mehreren Dutzend Fernkälteanlagen der ersten Generation - gebaut in den Jahren 1966 bis 1977 - stehen einerseits aus Altersgründen, andererseits wegen der gesetzlichen Auflagen zum Umweltschutz größere Außenvendungen zum Austausch der alten Kältemaschinen bevor.

Es wäre ein Versäumnis, wenn dabei die sich bietenden Möglichkeiten für eine wirtschaftlichere Kälteerzeugung und -verteilung nicht geprüft und sinnvoll genutzt würden.

Als kurzfristig wirksame Verbesserungen sind die bedarfsgerechte Kaltwasserumwälzung mit der kleinstmöglichen Förderhöhe und der Betrieb der Wasserkühlsätze mit der optimalsten Rückkühlwassertemperatur zu untersuchen.

Durch Anheben der Kaltwasser-Vorlauftemperatur sowie den „Freien Kühlbetrieb“ der Rückkühlwerke während der kalten Jahreszeit können oft erhebliche Energie- und Kosteneinsparungen erzielt werden. Die damit verbundenen Änderungen der hydraulischen Schaltungen und die Kühlflächenvergrößerungen der Kälteverbraucher sind recht unterschiedlich. Über Umfang und Zeitpunkt der Sanierung ist daher mit Hilfe eines Wirtschaftlichkeitsnachweises zu entscheiden.

In diesem Zusammenhang sollte auch über den notwendigen Erhaltungsaufwand und die längerfristige Nutzung der heute bereits 25 Jahre alten Fernleitungen, Rohrkanäle und dergl. nachgedacht werden, um mit zukunftsicheren Ausbaukonzeptionen Fehlinvestitionen zu vermeiden.

EFFIZIENT GESTALTETER WÄRMEPUMPENPROZESS FÜR DIE KOMBINIERTER TRINK- UND HEIZWASSERERWÄRMUNG

J. Zschernig, S. Klingner, Institut für Energietechnik, TU Dresden

In der Wärmepumpentechnologie gab es in den letzten Jahren bezüglich der Kreisprozeßgestaltung keine Veränderung bzw. Weiterentwicklung, um den Ansprüchen einer kombinierten Versorgung mit Raumwärme und Trinkwarmwasser (TWW) gerecht zu werden. In einer ersten Pilotanlage wurden anstatt des eigentlichen Kondensators drei Wärmeübertrager für eine temperaturgestufte Wärmeauskopplung installiert. Der erste Wärmeübertrager (WÜ1) und der dritte Wärmeübertrager (WÜ3) dienen zur zweistufigen Trinkwassererwärmung. Im WÜ1 (Erhitzer) wird das hohe Temperaturniveau des Kältemittels im überhitzten Zustand ausgenutzt, um das zirkulierende TWW auf mindestens 60 °C zu erwärmen, was ein mögliches Legionellenwachstum verhindert. Im WÜ3 (Kondensatkühler) wird das kalte Trinkwasser vorgewärmt. Der Anteil der nutzbaren Enthalpie des Kältemittelprozesses vergrößert sich, was zu einer Steigerung der Jahresarbeitszahl um 20 % führen kann. Der WÜ2, der eigentliche Kondensator, dient zur Erwärmung des Heizungswassers.

Erste Betriebserfahrungen, Meßergebnisse und der Vergleich der vorgestellten Kombi-Wärmepumpe zu herkömmlichen Kompressionswärmepumpen werden vorgetragen.

SOLARE KÜHLUNG MITTELS ABSORPTIONSKÄLTEMASCHINE UNTER AUSNUTZUNG EINES WÄRMEPUMPENPROZESSES

**F. Höpner, E.-R. Schramek, Lehrstuhl Technische Gebäudeausrüstung,
Universität Dortmund**

Bei der Anwendung der thermischen Solarenergie stellt sich immer wieder das Problem, daß das solare Angebot zeitlich nicht mit dem Wärmebedarf übereinstimmt. Insbesondere bei der solarunterstützten Gebäudeheizung wird das antizyklische Verhalten deutlich.

Bei der solaren Kühlung liegen dagegen ideale Voraussetzungen vor, da in diesem Fall das solare Angebot mit dem Kühlbedarf zusammenfällt. Durch die in den Sommermonaten erhöhte Kühllast ist z. B. in Bürogebäuden, Hotels und Kaufhäusern der Bedarf an Kälteenergie sehr hoch.

Eine Möglichkeit der solaren Kühlung besteht in der Bereitstellung von Wärme durch Solarkollektoren zum Betreiben von Absorptionskältemaschinen. Das mit Solarkollektoren erreichbare Temperaturniveau reicht allerdings in Mitteleuropa im allgemeinen nicht aus, um eine Absorptionskältemaschine effektiv zu betreiben. Deshalb ist es sinnvoll, das von den Kollektoren bereitgestellte Temperaturniveau zu erhöhen, wozu sich die Wärmepumpentechnik anbietet. So kann eine Kompressionswärmepumpe Energie mit dem niedrigen Temperaturniveau der Solarkollektoren aufnehmen und sie auf das hohe für die Absorptionskältemaschine notwendige Niveau anheben.

Der theoretische Vergleich der Anlage zur solaren Kühlung mit einer konventionellen Kompressionskältemaschine zeigt, daß im Jahresmittel mit einer solchen Anlagen die erhebliche Primärenergieeinsparung von ca. 30 % erzielt werden kann.

INTERNATIONALE ENTWICKLUNG DER NORMEN FÜR DIE LÜFTUNG VON GEBÄUDEN

D.F. Liedelt, Velta GmbH, Norderstedt

Für den ASHRAE-Standard 62 „Lüftung und Raumluftqualität“ ist jetzt ein neuer Entwurf zur Umfrage fertiggestellt. Seit 1990 hat ein Komitee an dieser umfangreichen Revision gearbeitet. Der neue Entwurf betont mehr den Wert „Raumluftqualität“ als die existierende Norm.

Zum Beispiel wird nicht nur eine Lüftungsrate pro Person angefordert, sondern auch zusätzlich eine Lüftrate pro m², um die Verschmutzungsquellen von dem Gebäude und RLT-Anlage zu berücksichtigen.

Weitere Neuigkeiten sind die stärkere Berücksichtigung der Luftreinigungstechnik, Berücksichtigung der Lüftungseffektivität, ein Anhang mit zusätzlichen Anforderungen für Räume mit Rauchern, eine Sektion für Wohnungslüftung und Anforderungen an die Dokumentation, Abnahme, Betrieb und Wartung von Lüftungsanlagen.

Dieser Bericht stellt einen Vergleich mit den existierenden DIN-Normen und der Arbeit im CEN-TC 156 „Lüftung von Gebäuden“ dar.

DIE TEMPERATURSCHREIBER/THERMOMETER - STAND DER NATIONALEN UND EUROPÄISCHEN UMSETZUNG

W. Doerffel, TÜV Bayern Sachsen, München

Durch die „Erste Verordnung zur Änderung der Verordnung über tiefgefrorene Lebensmittel“, vom 16. November 1995 ergibt sich für die Betreiber von Einlagerungs- und Lagereinrichtungen sowie von Beförderungsmitteln eine Nachweispflicht über das Temperaturgeschehen.

Diese Nachweispflicht beginnt für Einlagerungs- und Lagereinrichtungen mit dem 01. Januar 1997 und für Beförderungsmittel mit dem 01. Januar 1998.

Derzeit befaßt sich der CEN Ausschuß, TC 141 WG12, mit der europaweiten Normung für die Anforderungen an die aufzeichnenden Lufttemperaturmeßgeräte.

Über den Stand der Normung, das Zulassungsverfahren und die praktischen Konsequenzen für die Betreiber wird berichtet.

BEWERTUNG UND OPTIMIERUNG VON WOHNUNGSLÜFTUNGSGERÄTEN MIT WÄRMERÜCKGEWINNUNG

U. Banck, Lehrstuhl Technische Gebäudeausrüstung, Universität Dortmund

Innerhalb des Forschungsauftrages des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und -Städtebau „Erarbeitung praktikabler systemorientierter Leistungskennzahlen zur Überwachung der technischen Anforderungen an mechanische Wohnungslüftungsanlagen und ihres Stromverbrauchs“ werden sowohl Bewertungskriterien definiert als auch der momentane Status quo der Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung aufgezeigt. Dabei wurde nachgewiesen, daß derartige Wohnungslüftungssysteme in der Lage sind, einen erheblichen Anteil des Lüftungswärmebedarfes einzusparen. Dennoch zeigte sich, daß bei den unterschiedlichen Systemen ein Optimierungsbedarf besteht. Um eine derartige Optimierung durchzuführen, wurden die Wohnungslüftungsgeräte mit Plattenwärmeaustauscher bzw. Plattenwärmeaustauscher und Wärmepumpe simuliert und mit Hilfe von Strategien der Multidimensionalen Parameter-Optimierung verbessert. Die gewonnenen Ergebnisse werden vorgestellt.

ALTERNATIVEN ZUR KOMPRESSIONSKÄLTENUTZUNG IN BÜROGEBÄUDEN ERGEBNISSE VON GEBÄUDESIMULATIONSRECHNUNGEN

M. Behne, E.O. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley (USA)

Die zunehmenden inneren Kühllasten und der steigende Komfortanspruch machen auch in Regionen mit gemäßigttem Klima Klimaanlage immer häufiger zu einem selbstverständlichen Bestandteil moderner Bürogebäude. Nahezu ebenso selbstverständlich werden diese Klimaanlage meistens mit Kompressionskältemaschinen ausgestattet. Diese sind einerseits zuverlässig und bieten relativ günstige Investitionskosten, aber andererseits beanspruchen sie auch zwischen etwa 10 und nahezu 50 % des jährlichen Primärenergiebedarfes der RT-Anlage, was ein nennenswertes Potential darstellt. Die Debatte um umweltfreundliche FCKW-Ersatzstoffe hat letztendlich dazu Anlaß gegeben, nach wettbewerbsfähigen, energiesparenden Kühlstrategien zu suchen, die Kompressionskälteanlagen in der Klimatechnik ersetzen oder zumindest entlasten können.

Das vorgestellte Forschungsvorhaben untersucht mittels dynamischer Computersimulation (DOE-2e) verschiedene alternative Kühlstrategien (z. B.: Nachluftkühlung, „desiccant cooling“, direkte Kühlturmnutzung). Die Möglichkeiten dieser Strategien werden aufgezeigt und deren Primärenergiebedarf mit dem einer optimierten, modernen VVS-Anlage mit Kompressionskältemaschine verglichen. Diese Analysen werden anhand von Simulationsergebnissen für ein modernes Bürogebäude unter dem Einfluß verschiedener Klimata (Test-Referenz-Jahre) durchgeführt.

BEURTEILUNG DER DECKENVERSCHMUTZUNG DURCH SCHLITZDURCHLÄSSE

U. Finke, K. Fitzner, Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik, TU Berlin

An Schlitzdurchlässen und deren unmittelbarem Deckenumfeld lagern sich im Betrieb Partikel ab, die Verschmutzungsprofile ausbilden. Die Partikel stammen aus der Raumluft, die gewöhnlich einen höheren Staubgehalt aufweist, als die gefilterte Zuluft der RLT-Anlage. Zum Abbau der hohen Durchlaßgeschwindigkeiten und Temperaturdifferenzen bei Schlitzdurchlässen muß Raumluft in den Zuluftstrahl induziert werden. So gelangen Partikel in den sauberen Zuluftstrahl, und wenn er Kontakt mit der Decke hat, lagern sich dort Partikel ab. Es soll ein Verfahren vorgestellt werden, mit dem die Deckenverschmutzung durch Schlitzdurchlässe quantitativ beurteilt werden kann.

Es wurden Versuche durchgeführt, die reproduzierbare Ergebnisse liefern. Die Randbedingungen der Versuche werden beschrieben. Für einen Versuch werden Farbpartikel in den Raum eingebracht, die sich im Deckenumfeld der untersuchten Schlitzdurchlässe ablagern. Um sicherzustellen, daß die Partikel aus der Raumluft induziert werden, wird die Farbe im Raum zerstäubt. Dabei werden die Schlitzdurchlässe nicht angesprüht. Das Deckenumfeld des Durchlasses wird vor dem Versuch mit Papier beklebt. Nach dem Versuch wird es wieder abgenommen und ausgewertet. Die Auswertung erfolgt mit Hilfe eines Scanners und eines Auswertungsprogramms. Abschließend kann eine quantitative Aussage über die Deckenverschmutzung vorgenommen werden. Ein quantitativer Vergleich verschiedener Durchlässe ist so möglich.

GEKOPPELTE SIMULATION VON RLTA UND GEBÄUDE

G. Knabe, A. Rathey, Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung, TU Dresden

Raumluftechnische Anlagen (RLTA) sind in ihrem Betrieb sehr energie- und kostenintensiv. Der Energieverbrauch wird durch das Zusammenwirken von Anlage, Gebäude und Nutzer bestimmt. Aufgrund der vielen Möglichkeiten von Schaltungsvarianten und Steuerstrategien zur Lösung von bestimmten Aufgabenstellungen beim Einsatz von RLTA sind Simulationsrechnungen in vielen Fällen bei der Planung bereits ein wichtiges Hilfsmittel. Ein besonderes Problem bei der Optimierung der Anlage ist die zweckmäßige Wahl einer geeigneten Steuerung.

Im Beitrag werden die an der TU Dresden verwendeten Simulationswerkzeuge für die RLTA und das Gebäude vorgestellt. Es liegen „physikalische“ und „black box“ Modelle von Bauteilen der Klimaanlage vor. An einer in der Planung befindlichen Anlage werden die Simulationswerkzeuge vorgestellt. Von besonderem Interesse ist der Test einer optimalen robusten Steuerstrategie und der sich daraus ergebende Jahresenergieverbrauch

ANWENDUNGSBEREICHE VON VERDRÄNGUNGS-, QUELLUFT UND MISCHSTRÖMUNG IN KOMBINATION MIT DECKENKÜHLUNG

**K, Fitzner, Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik,
TU Berlin**

Nachdem bekannt ist, daß Raumlufgeschwindigkeiten in Mischströmungen und bei Deckenkühlung eine Funktion der Kühlleistungsdichte sind, lassen sich die Anwendungsbereiche für die verschiedenen Strömungsarten genauer festlegen. Mischströmung und auch Deckenkühlung haben einzeln und kombiniert bei normaler Raumhöhe eine Kühlleistungsgrenze von 100 W/m^2 , wenn Zugerscheinungen vermieden werden sollen. Bei Quellluftströmung ist das anders, wenn die Luft aus dem gesamten Bodenbereich austritt. Es besteht praktisch keine Kühlleistungsgrenze. Das Gleiche gilt für die Verdrängungsströmung, ob von oben oder von unten. Zur fast unbegrenzten Leistungsdichte der gleichverteilten Quellluftströmung läßt sich eine Kühldeckenleistung bis 100 W/m^2 addieren, obwohl das normalerweise nicht erforderlich sein wird. Quellluftströmung von der Seite hat eine Grenze bei einer Leistung von etwa 600 W/m Durchlaßlänge. Hier kann deshalb zusätzliche Deckenkühlung sehr angebracht sein.

ERFAHRUNGEN MIT KÜHLDECKENMESSUNGEN NACH DIN 4715 - VERGLEICH MIT DER NORDTEST METHODE

W. Finkelstein, T. Sefker, Trox Technik GmbH, Neukirchen-Vluyn

Seit Einführung der DIN 4715 Teil 1 im Juli 1994 wurden viele Kühldecken nach dieser Vorschrift geprüft. In Ausschreibungstexten werden immer häufiger Leistungsangaben nach DIN 4715 verlangt.

Die Akzeptanz dieser Meßvorschrift ist also groß; um so wichtiger erscheint es den Autoren, ihre Erfahrungen mit der Prüfmethode und dem eigenen Prüfstand einem möglichst großen Interessentenkreis mitzuteilen.

obwohl sehr exakte Ergebnisse und sehr gute Vergleichbarkeit unterschiedlicher Prüfräume vorliegen, besteht leider dennoch die Möglichkeit, durch Herstellerdefinition der aktiven (d. h. gekühlten) Flächen, diese Meßergebnisse der angestrebten und erforderlichen Vergleichbarkeit zu entziehen.

In diesem Vortrag werden daher

- die Prüfmethode, der Prüfstandaufbau sowie das Regelverhalten kurz erläutert, Meßergebnisse vorgestellt und mit den Ergebnissen eines unabhängigen Prüflabors verglichen,
- der Einfluß des Belegungsgrades (Anteil von aktiv gekühlten zur gesamten Deckenfläche) sowie der Definition von aktiven Flächen auf das Ergebnis diskutiert,
- am Beispiel eines Vergleiches mit der Nordtest-Methode, bei der die gesamte Last über die Wände und den Boden in den Prüfraum eingebracht wird, der Einfluß der Lasteinbringung dargestellt.

BETRIEBSVERHALTEN VON KÜHLDECKEN

C. Kochendörfer, IKE-HLK, Universität Stuttgart

Der Vortrag beinhaltet

- experimentelle Ergebnisse zu Kühldeckenleistungen in realen Umgebungsbedingungen,
- Berechnungsmodell zur Beschreibung der Wärmeströme unter diesen Randbedingungen
- Beispielberechnungen für einige Anwendungsfälle
- Vergleich der berechneten Werte mit experimentellen Untersuchungsergebnissen
- Untersuchung des dynamischen Betriebsverhaltens von verschiedenen Kühldeckensystemen.

Die Modellraumuntersuchungen umfassen dabei neben den reinen Kühlleistungsdaten für die verschiedenen Anwendungsfälle auch Strömungsuntersuchungen (Luftgeschwindigkeiten, Lufttemperaturen). Beides zusammen ergibt einen Überblick über die Möglichkeiten und Grenzen von Kühldeckensystemen mit integrierter Belüftung.

Die mit Hilfe des entwickelten Berechnungsmodells möglichen Parameterstudien zeigen den Einfluß verschiedener Randbedingungen (Zulufttemperatur, Zuluftstrom, Austrittsgeschwindigkeit usw.) auf den konvektiven Wärmeübergang an ebenen Kühldecken.

Die dynamischen Untersuchungen werden mit Hilfe eines thermografischen Aufnahmesystems durchgeführt. Resultat dieser Untersuchungen sind Momentaufnahmen zu bestimmten Zeiten nach Ein- oder Ausschalten der Kühldecke.

HEIZEN MIT KÜHLDECKEN

J. Nickel, KRANTZ-TKT, Aachen

Großflächige Kühldecken haben sich zur Raumkühlung bestens bewährt. damit können hohe Kühllasten wirtschaftlich abgeführt werden und gleichzeitig ein hohes Maß an thermischer Behaglichkeit erzielt werden. Es stellt sich zunehmend die Frage, ob mit diesen wasserdurchflossenen Systemen auch die Funktion des Heizens erfüllt werden kann, insbesondere nach dem Inkrafttreten der neuen Wärmeschutzverordnung die den notwendigen Wärmebedarf noch weiter reduziert hat.

In diesem Beitrag werden Meßergebnisse von Kühldeckensystemen im Heizbetrieb vorgestellt. Neben der Frage der reinen Leistungsübertragung werden die Behaglichkeitsanforderungen besonders im Fassadenbereich untersucht. Wichtige Parameter sind dabei der senkrechte Temperaturgradient, die Strahlungstemperaturasymmetrie die operative Raumtemperatur sowie die Raumluftgeschwindigkeiten

Es werden die Grenzen aufgezeigt, bei denen allein durch das Heizen mit dem Kühldeckensystem die Behaglichkeitsanforderungen erfüllt werden. Die größte Einschränkung erfolgt dabei durch den Kaltluftabfall an kalten Festem und Wänden, der durch die Strahlungsheizung von der Decke nicht direkt wie bei Heizkörpern unter den Fenstern verhindert werden kann.

LEISTUNGSBESTIMMUNG AN KÜHLDECKEN: UNTERSUCHUNG DER ÜBERTRAGBARKEIT VON NORM-MESSUNGEN IN PRÜFBOXEN AUF ORIGINALRÄUME

B. Gräff, U. Hirschfeld, FH Gießen-Friedberg

Um über die Kühlleistung verschiedener Kühldecken objektive und vergleichbare Angaben machen zu können, werden Leistungsbestimmungen an Kühldecken in Deutschland z. Z. überwiegend nach DIN 4715 und FGK KD 1 durchgeführt. Daß beide Meßvorschriften einen repräsentativen Vergleich zwischen unterschiedlichen Kühldecken ermöglichen, steht außer Zweifel. Die Übertragbarkeit der so ermittelten Leistungsdaten auf Originalräume kann allerdings nicht ohne weiteres gewährleistet werden.

Bei Untersuchungen vor Ort wurden bei fachgerecht montierten und ordnungsgemäß betriebenen Kühldecken Mehrleistungen von 8 bis 20 % gegenüber den entsprechenden Labormessungen festgestellt. Die Randbedingungen des Originalraumes führen in aller Regel zu einer nicht unerheblichen Erhöhung der Übertragungsleistung. Festgestellte Minderleistungen waren immer auf Einbaufehler, Fehler in der Hydraulik o. ä. zurückzuführen.

In Laboruntersuchungen wurde der leistungssteigernde Einfluß asymmetrischer Wärmeeinbringung auf der Raumseite überprüft und Kriterien bestimmt, die zur Leistungssteigerung vor Ort führen.

LEISTUNGSBESTIMMUNG AN KÜHLBÖDEN: PROBLEME BEI VERGLEICHENDEN, NORMGERECHTEN UNTERSUCHUNGEN

T. Daniel, B. Griff, FH Gießen-Friedberg

Nach DIN 4715 sind Raumkühlflächen generell überprüfbar. Dabei sollen Raumkühlflächen sowohl bei Anordnung als Decke, Wand oder Boden sinnvoll beurteilt werden können. Die Vorschriften der Norm insbesondere bezüglich der Lasteinbringung gestatten zwar die Leistungsbestimmung von Kühldecken und - eingeschränkt - von Kühlwänden ohne besondere Berücksichtigung des thermischen Komforts, da Befindlichkeitsstörungen erst bei Temperaturunterschieden zwischen Raumkühlflächen und Aufenthaltsbereich auftreten würden, die wegen der Gefahr der Kondensation von Luftfeuchtigkeit nicht gefahren werden können. Die Gleichbehandlung von Kühlböden führt jedoch in dieser Hinsicht nicht zu brauchbaren Ergebnissen.

Setzt man die Obergrenze für den Temperaturgradienten in Anlehnung an DIN 1946 T 2 auf 2 K/m fest, wird die zulässige Lastabfuhr stark begrenzt. Je nach Anordnung der die thermische Last einbringenden Simulatoren kann bei sonst gleichen Randbedingungen der abführbare Wärmestrom um den Faktor 2 differieren, so daß hier, um vergleichbare Leistungsdaten zu gewinnen, dringend eine Ergänzung der DIN 4715 erarbeitet werden muß.

MIKROBIOLOGISCHE ASPEKTE DER LUFTFILTRATION - ERGEBNISSE UMFANGREICHER FELD- UND LABORUNTERSUCHUNGEN

M. Möritz, H. Rüden, Institut für Hygiene, FU Berlin

Im Rahmen eines von der FLT (Forschungsvereinigung für Luft- und Trocknungstechnik) geförderten Forschungsvorhabens wurden umfangreiche Feld- und Laboruntersuchungen zum Einfluß verschiedener Parameter auf das Verhalten von Mikroorganismen auf Luftfiltern in RLT-Anlagen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, daß es oberhalb einer bestimmten „Grenzfeuchte“ zu einem Wachstum von Mikroorganismen auf Luftfiltern kommen kann. Es werden die Einflüsse der Lufttemperatur, der Filterstandzeit sowie der Filtermedien und Bauformen auf das mikrobielle Verhalten dargestellt und anschließend die Bedeutung dieser Ergebnisse für die Praxis diskutiert.

MESSUNG DER FEUCHTEN WÄRMEABGABE MIT EINER TROCKENEN KÜNSTLICHEN HAUT

E. Mayer, C. Ifrim, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen

Ausgangslage der vorliegenden Arbeit war ein Mangel an Raumklimameßgeräten, welche die thermische Behaglichkeit in Räumen unter Berücksichtigung der Luft und Hautfeuchtigkeit (Schwitzen) erfassen. Dieses ist nun möglich mit Hilfe der Weiterentwicklung des Raumklimameßgerätes des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik. Das bisherige Gerät zeigte die Temperatur einer mit konstanter Leistung beheizten Meßfläche an (Resultat Surface Temperature RST). Bei der in diesem Beitrag beschriebenen Weiterentwicklung wird die sich mit Änderung der thermischen Umgebungsbedingungen ändernde Wärmestromdichte durch die menschliche Haut (Stirn) berücksichtigt. Aufgezeigt wird nun eine physiologisch nachvollziehbare Stirntemperatur (Resultant Forehead Temperature RFT). Bei zusätzlicher Eingabe der mit dem Raumklimameßgerät ebenfalls meßbaren relativen Luftfeuchte kann aus der Gleichung für die Wärmeabgabe durch Schweißverdunstung der Hautbenetzungsgrad errechnet und angezeigt werden.

Vorgestellt wird auch die Überprüfung der neuen Meßmöglichkeiten durch exemplarische Untersuchungen mit Versuchspersonen.

ÜBERWACHUNG DER WIRKUNGEN IM MENSCHLICHEN UMFELD

G. Borbely, Borbely Consult Group, Starnberg

Die Multikomponente der Wirkungssysteme (Mensch-Umfeld) werden nach den Gepflogenheiten unserer Gesellschaft nach dem Prinzip der Aufgabenverteilung gestaltet. Die Mitwirkenden haben in diesem Prozeß außer sachlicher auch wirtschaftliche Interessen zu berücksichtigen. Hierbei werden die Mitwirkenden bevorzugt, die nach wirtschaftlichem Interesse handeln,

Um handeln zu können, werden die Projekte aquiriert. In dieser Phase sind viele Weichen zu stellen, die die sachlichen Lösungen beeinflussen und die Rollenverteilung im Gestaltungsprozeß bestimmen. Von der komplexen Wirkung werden die Lösungen herausgeschält, die den Markterfolg sichern.

Die durch Messungen erfaßbaren Parameter können zwar auf Normen, Stand der Technik usw. bezogen werden und Rechtsschutz geben, aber die schleichenden Gerüchte über die Unfähigkeit der Ingenieure nicht verhindern.

Die Führerschaft im Gestaltungsprozeß des menschlichen Umfeldes sollen die Klimaingenieure übernehmen und als gleichberechtigter Partner neben den Architekten die Konditionen in den Räumen verantworten, die Wirkungskette der Einflüsse definieren, nach Fertigstellung abnehmen und zertifizieren.

Wenn die Klimabranche eine Art TÜV für menschliches Umfeld ins Leben rufen würde, könnten objektive Maßstäbe erarbeitet, eine Selektion ausgelöst und Fehlentscheidungen vorgebeugt werden.