

Fachvorträge auf der DKV-Tagung

Erneut ein volles Programm zu Kälte, Klima, Lüftung und Heizung

Über 90 Vorträge wurden den rund 600 Teilnehmern der DKV-Tagung am 19. und 20. November 2003 in Magdeburg geboten. Zwar konnte nicht jeder Referent die in ihn gesetzten Erwartungen erfüllen, dennoch wurden wieder viele Informationen in den 5 Arbeitsabteilungen vermittelt. Eine Zusammenstellung liefert dieser Beitrag. In diesem Jahr trifft sich die Branche ab dem 17. November in Bremen.

Die Beratungen in der Arbeitsabteilung II.2 der DKV-Tagung 2003 waren größtenteils ein Ausdruck des hohen Niveaus der kältetechnischen Forschungs- und Entwicklungsarbeit in Deutschland, wobei der Schwerpunkt der Vorträge inhaltlich davon geprägt war, dass die Kälte- und Klimatechniker die Umweltbelastung durch ihre Komponenten und Anlagen gering halten bzw. weiter reduzieren, einen Beitrag zur Energieeinsparung liefern und die Zuverlässigkeit der Anlagen und Geräte steigern wollen. Über die wichtigsten Vorträge soll hier berichtet werden. Daneben gab es leider einige Vorträge, die dem durch die DKV-Tagungen üblicherweise gesetzten hohen Maßstab nicht gerecht wurden, wobei dies auch die anderen Arbeitsabteilungen betrifft. Vielleicht wäre hier „weniger mehr“, um wieder durchweg Klasse statt Masse zu präsentieren.

Die meisten Beiträge boten aber wichtige Neuerungen des Fachgebietes, und die Qualität der Inhalte und der Präsentationen entsprach weitgehend den Erwartungen, die mit der Teilnahme an der jährlichen DKV-Tagung verbunden sind. Die Arbeitsabteilung wurde von ihrem gegenwärtigen Obmann, Dr.-Ing. Josef Osthues, moderiert.



Dr.-Ing. Josef Osthues moderierte die AA II.2

Kältemittel und Umwelt

Die Zukunft der Kältemittel aus der Sicht der Europäer und der Amerikaner bildete den ersten Komplex, der an den Plenarvortrag von Dr. Uwe Lahl vom Bundesumweltministerium nahtlos anschloss und zusätzlich von Prof. Dr.-Ing. Horst Kruse mit moderiert wurde. Dazu sprachen Matti Vainio von der Europäischen Kommission in Brüssel zur Regulierung der F-Gase in der EU, Stephan O. Andersen von der Environmental Protection Agency in Washington zu Reduzierungsvorhaben der Treibhausgasemissionen und in einer Gemeinschaftsarbeit Prof. Kruse und Dr. Eberhardt Wobst aus Deutschland zu TEWI-Betrachtungen bei den Kältemitteln. Die Inhalte der drei Vorträge stimmten in vielen Aussagen überein bzw. ergänzten sich in spezifischen Punkten.

Das Europäische Climate Change Program ECCP sieht eine 8 %ige Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2010 vor, was 15 Mt CO₂-Äquivalent entspricht, woran die Kältetechnik mit 2 bis 4 % beteiligt ist. Die Verteilung ist sehr unterschiedlich. Während beispielsweise bei der Erzeugung

der Klimakälte 8000 kt/a anfallen, tragen die Kühllhäuser nur 200 kt/a bei. Bei der Reduzierungsaufgabenstellung spielen die Aspekte

- Füllmengenreduzierungen,
- Leckageminderungen,
- Rückgewinnungsverbesserung und
- Energiebedarfssenkung

die entscheidende Rolle. Methodisch wird auf weitere Qualifizierung, Training und Zertifizierung des damit befassten Personals hin abgezielt. Der Schwerpunkt der Bemühungen richtet sich auf die Kraftfahrzeugklimatisierung.

In Deutschland wird ein Anteil von 14 % der erzeugten Elektroenergie für die Kälte- und Klimatechnik aufgewendet, was eine gesamtheitliche Betrachtung der direkten Emissionen und der indirekten Emissionen aus der Energieerzeugung erfordert.

Die Kosten für die Reduzierung sind sehr unterschiedlich, im europäischen Durchschnitt werden 18 € je t CO₂-Äquivalent angesetzt, während spezifisch für die Reduzierung bei der Kraftfahrzeugklimatisierung nur mit 1 € zu rechnen ist.

Eine andere Kostenbetrachtung stellte Stephen O. Andersen an: Für Kraftfahrzeugklimaanlagen mit R152a als Kältemittel sind die erforderlichen Sensoren verfügbar und es ist keine neuartige Lecksuchmethode zu entwickeln. Die technische Lösung ist einfach, die Materialverträglichkeit gegeben. Die Mehrkosten je Anlage würden bei einer konventionellen konstruktiven Lösung 20 bis 25 € betragen. Für eine Anlage mit indirekter Kühlung und Leerlaufstop des Motors verdoppelt sich dieser Wert und für die weitere und fernere Variante mit elektrisch angetriebenem Hermetikverdichter mit Leerlaufstop werden die Mehrkosten noch höher.

Es wurde die rhetorische Frage gestellt, wie lange man auf das Autofahren zu verzichten bereit sei, wenn man z. B. durch ein Steinschlagleck die gesamte Kältemittelfüllung verliert und das durch reduzierten Kraftstoffverbrauch ausgleichen möchte. Die tatsächliche durch-



schnittliche Leckrate wird mit 50 bis 80 g/a abgeschätzt, was in der Summe der klimatisierten Autos einen erheblichen Anteil an den Treibhausgasemissionen darstellt.

Auf welche Lösung die Wahl für die Zukunft ausfällt, ist auch von der Entwicklung der Antriebstechnik der Kraftfahrzeuge selbst abhängig. Es wird die

Am Ende dieses Vortragsblockes stellten sich die Referenten mit dem Moderator der Diskussion, (v.l.) Stephan O. Andersen, Matti Vainio, Dr. Eberhardt Wobst, Prof. Dr. Horst Kruse

Die Amerikaner blicken nach Europa, wenn es um die Kältemittelzukunft geht

Direkteinspritzung weiter zunehmen und Brennstoffzellenantriebe, Wasserstoffantriebe und Hybridsysteme werden entwickelt. Bezüglich der Energieeinsparung wird es nur begrenzte Möglichkeiten ge-





Werner Hünemörder erläuterte die gleichzeitige Regelung der Heiz- und Entfeuchtungsleistung einer elektrischen Autoklimaanlage

ben, aber der Konversionsfaktor kg CO_2 je kWh wird sich deutlich reduzieren. Es ist mit einer Beschleunigung der Technik und der Märkte zu rechnen, so dass bald neue Lösungen zu erwarten sind.

Als Alternativen für das verwendete Kältemittel R134a werden CO_2 und R152a, benannt, wobei eingeschätzt wird, dass der erreichte Entwicklungsstand im Jahre 2005 für R134a eine durchschnittliche Leckrate von nur noch 40g/a je Auto und im Jahre 2009 eine Quotenregelung in Autos zulassen. R152a ist zwar ein brennbarer Stoff, man erwartet aber die Beherrschung des Gefahrenpotentials, und sein GWP-Wert beträgt nur $140\text{kgCO}_2/\text{kg}$, was unterhalb der vorgegebenen Begrenzung von $150\text{kgCO}_2/\text{kg}$ für weiterhin erlaubte Kältemittel liegt. Für CO_2 wird eingeschätzt, dass alle technischen Probleme gelöst sind und dass die letzten offenen Fragen in der Übergangszeit bearbeitet werden können. Die Quotenentwicklung ist schon sophisticated ausgedacht, für jedes Kältemittel gibt es eine Extraquote und für übererfüllte Quoten dürfen in der Übergangszeit entsprechend mehr R134a-Autos geliefert werden. Der Ausstieg soll dann von 2009 bis 2013 erfolgen, auf der Grundlage der 2005 in Kraft zu setzenden EU-Regelung. Matti Vainio war stolz darauf verkünden zu können, dass eine entsprechende Vorschrift in weniger als 20 Tagen erarbeitet werden kann.

Der Berichterstatter erinnert diesbezüglich an die umfassenden Ausführungen des EPEE-Generaldirektors Friedrich W. Busch in KK-Ausgabe 11/2003 zu dieser gesamten Problematik, die auf eine ent-

sprechende gesamteuropäische Regelung setzt und auf die dabei ungelösten Fragen deutlich aufmerksam macht. Mit Prof. Kruse und Dr. Wobst kann man weitgehend übereinstimmen, wenn sie darauf verweisen, dass der Ersatz von FKW wegen der TEWI-Bewertung nur Sinn macht, wenn sich der energetische Gütegrad der Geräte verbessert bzw. mindestens nicht oder nur wenig verringert. Bemerkenswert ist auch die amerikanische Einschätzung der vielseitigen deutschen Vordenkerrolle in allen Fragen der Kältemittelzukunft.

Im Vortrag von Werner Hünemörder im AA III von der Denso Automotive Deutschland GmbH wurde die CO_2 -Anwendung in Autoklimaanlagen auf einem hohen Entwicklungsniveau dargestellt und damit schon die Vorbereitung der Kältemittelumstellung in diesem Anwendungsfall entsprechend den genannten umweltpolitischen Vorgaben gezeigt.

Diese Zukunft besteht in der Nutzung des Kältekreislaufes auch zum Heizen bei niedrigen Umgebungstemperaturen. Das ist für solche Fahrzeuge wichtig, die wegen Elektro- oder Brennstoffzellenantrieb keine Motorabwärme mehr zum Heizen zur Verfügung haben. Für diese Anwendung kann vorteilhaft auch ein Halbhermetik- oder Hermetikverdichter verwendet werden. Die vorgestellte Anlage wird in folgenden Betriebsmodi betrieben:

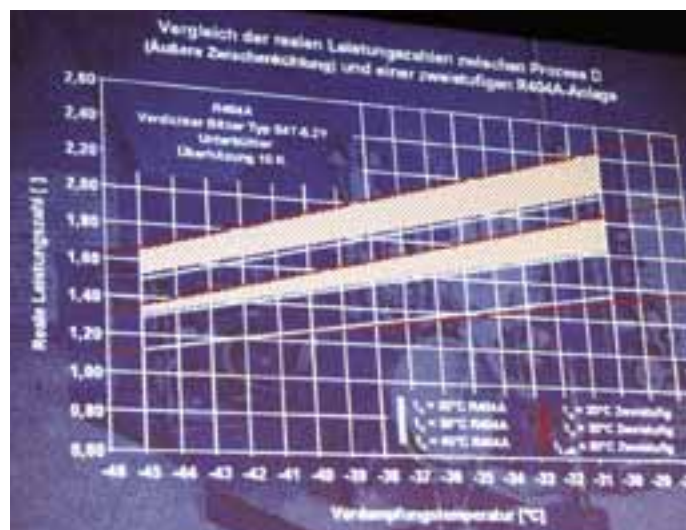
- Heizen ohne Entfeuchtung,
- Heizen mit Entfeuchtung,
- Kühlen,
- Abtauen des äußeren Wärmeübertragers.

Das Regelungskonzept ist dabei eine wichtige und umfassende Aufgabe der Entwicklung, da es von konventionellen Lösungen abweicht. Die Betriebsarten Heizen und Kühlen sind nicht unabhängig voneinander, wofür ein spezielles Regelungskonzept erforderlich ist, das den automatischen Betrieb in allen vier Betriebsarten ermöglicht. In der weiteren Arbeit ist die Leistungsanpassung noch zu verbessern und Kosten und Masse sind zu reduzieren.

Weitere CO_2 -Anwendungen

Die energetische Bewertung einer zweistufigen CO_2 -Kälteanlage für die Supermarktkühlung wurde von Andreas Gernemann vorgetragen. Gemeinsam mit Prof. Dr.-Ing. Fritz Steinle verfasst, wurden die verschiedenen möglichen Schaltungen und Betriebsbedingungen verglichen. Es geht dabei um die Kältebereitstellung für Normal- und Tiefkühlung in Supermarktanwendungen.

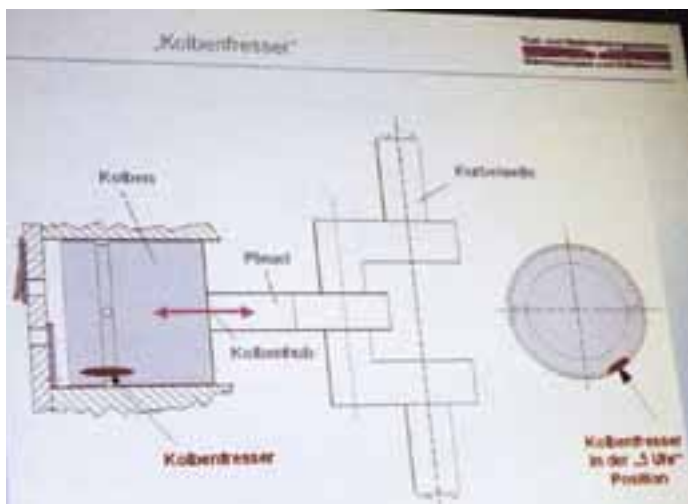
Mögliche zweistufige CO_2 -Schaltungen wurden rechnerisch und experimentell verglichen und zu anderen Systemen



Vergleich des CO_2 -Prozesses zweistufig mit äußerer Zwischenkühlung mit dem R404A-Prozess bei verschiedenen Kondensationstemperaturen bzw. Luft Eintrittstemperaturen (der schraffierte Bereich stellt die relative Verbesserung des COP bei CO_2 dar)



Der neue Scroll-
verdichter ZH von
Copeland erfüllt die
Bedingungen aus der
Wärmepumpenan-
wendung in sanierten
Altbauten bzw. für
die Brauchwasserbe-
reinigung



Darstellung eines Kol-
benfressers durch Be-
arbeitungsrückstände
in der Kolbenringnut,
die vorzugsweise in
die 5-Uhr-Stellung des
Kolbens rutschen und
dort zum Fressen füh-
ren, wie Manfred Petz
vom TWK ausführte

bzw. Kältemitteln in Relation gesetzt. Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass CO₂ auch unter energetischen Gesichtspunkten eine Alternative zu anderen Kältemitteln sein kann, selbst gegen das etablierte R404A ist eine zweistufige CO₂-Schaltung vorteilhaft. Es wurde zum Schluss aufgezeigt, welche Entwicklungen zur Umsetzung der Erkenntnisse bezüglich Komponenten noch erforderlich sind.

Nachdem auf früheren DKV-Tagungen schon öfter von Holm Gebhardt über die kältetechnische Strategie des Nestle-Konzerns und die vorgesehenen und teilweise realisierten Anlagenlösungen mit CO₂-NH₃-Kaskaden berichtet wurde, referierten in diesem Jahr Koji Kishimoto von Kobelco und Holm Gebhardt über eine solche Anlage großer Leistung für eine japanische Nestlefabrik zur Gefriertrocknung von Kaffee. Die CO₂-Verdichtung übernehmen öleingespritzte Schraubenverdichter. Es wird eine große R22-Anlage abgelöst und somit eine zukunftssichere Lösung geschaffen. Im Frühjahr 2004 ist die Inbetriebnahme geplant.

Von der betriebstechnischen Vorbereitung gibt es für die Praxis wichtige Ergebnisse. Die Fragestellung nach dem Verhalten der Schraubenverdichter im Tripelpunkt wurde im Vorfeld geklärt. Es konnte festgestellt werden, dass es keine Ölprobleme und keine Gütegraddifferenzen gibt. Ein fünfständiger Testbetrieb beim Tripelpunkt hat zu keinen Schäden an Rotoren oder Gehäusen geführt. Es war auch über das Öl zu entscheiden, wobei betriebstechnisch Esteröl vorzuziehen wäre, weil es die besten Mischungsergebnisse aufweist, aber trotzdem PAO-Öl verwendet wurde, weil es lebensmitteltechnisch zugelassen ist. Weitere Untersuchungen zum Ölmanagement und Carbonfilterverhalten sind für die vorausschauende Arbeit wichtig gewesen.

Noch ein positives Statement für CO₂-NH₃-Kaskaden gab es von Thomas Lund von York International Refrigeration Marine & Controls für den Einsatz solcher Anlagen auf Fischereischiffen zu hören.

Auf einem 75m-Trawler wird ein 210t/d-Froster betrieben. Die Fische werden vor dem Frosten komplett verarbeitet. Die Kälteleistung beträgt 1350kW und wird mit 6 CO₂-Kolbenverdichtern und zwei NH₃-Schraubenverdichtern erzeugt. Die Verdichter arbeiten für die Kühlung und für die Heißgasabtauung. Eine Stillstandskühleinheit sorgt für die Ausgleichstemperatur von -25°C, so dass die Drücke des CO₂-Kreislaufes im normalen Bereich bleiben. Die Vorzüge der Ausführung sind überzeugend für das, was der Fischer wünscht. Die Leistungsregelung ist mit den 6 Kolbenverdichtern feinstufig möglich, die Frostzeit kann durch die Temperaturabsenkung von bisher -40°C bei R22 auf -50°C bei CO₂ von 3 bis 3 ½ Stunden auf 1 bis 1 ¼ Stunden verkürzt und somit die Leistung wesentlich gesteigert werden. Es gibt auch keine Warenverluste mehr durch sog. hot spots, d.h. nicht durchgefrorene Stellen. Die Füllmengenreduzierung in der NH₃-Stufe ist ein wesentlicher Vorteil ebenso wie die Reduzierung des Soleinhal-

tes der Anlage. Die gewonnenen positiven Erfahrungen erlauben die weitere Verbreitung der neuen Technik.

Ein weiterer bemerkenswerter Vortrag von Andre Siegel, gemeinsam verfasst mit Armin Metzger von der Axima Refrigeration GmbH beschäftigte sich mit der CO₂-NH₃-Kälteanlage des Fischbearbeitungszentrums Saßnitz, dem größten Fischverarbeitungswerk Europas. Von den drei installierten Temperaturniveaus werden die unteren zwei mit CO₂ als verdampfendem Kälte Träger bedient. Weitere Ausführungen dazu findet der interessierte Leser in KK-Ausgabe 11 und 12/2003.

Komponenten der Kältetechnik

Mehrere Vorträge waren Untersuchungen oder Neuerungen an Komponenten der Kältetechnik gewidmet. Davon ist der Vortrag von Dr. Ulrich Adolph über ein neues selbsttätiges Absperrventil für den Schutz von Kältemittelverdichtern gegen Kondensation und Diffusion von Kältemittel in das

Öl bei mobilen Kälte- und Klimaanlage, bei denen die üblichen Schutzmaßnahmen Ölheizung oder Abpumpschaltung wegen fehlender Energieversorgung in der Standzeit nicht immer angewendet werden können, ebenfalls in KK 12/2003 nachlesbar.

Über Entwicklungen an Scrollverdichtern für Wärmepumpen berichtete Norbert Kämmer von Copeland S.A. Welkenraedt, in einem Gemeinschaftsvortrag. Dabei ging es um die energetische Verbesserung und Erweiterung der Einsatzgrenzen für Wärmepumpenverdichter, die bei höheren Kondensationstemperaturen mit dem Kältemittels R407C betrieben werden. Das ist für den skandinavischen Markt wichtig, auf dem t_o im Bereich von -5 bis -15°C liegt und t_c bis 65°C beträgt. Die Baureihe ZR wurde mit größerem Rückschlagventil, und optimierter Scroll-Geometrie versehen und die daraus entstandenen Baureihen ZH und ZE erfüllen die Zielstellung der Entwicklung.

Mit dem Ölmanagement bei großen Kolbenverdichtern befasste sich Titus Bartholomeus von Grasso Products B.V.

In umfangreichen Versuchen wurde das Ziel verfolgt, die Ölverschleppung vom Verdichter in die Anlage durch verdichterinterne Lösungen zu reduzieren. Die Kolbenringbestückung des Verdichters, die Grundviskosität des Öles und die Strömungsräume innerhalb des Verdichters sind von Einfluss auf die Öltransportwerte. Es wurde untersucht, in welcher Form das Öl aus dem Verdichter ausgetragen wird, nämlich als Tropfen, als Aerosol und auch als Dampf, woraus sich ergibt, dass eine Druckgaskühlung vor dem Ölabscheider die Ölverschleppung reduzieren kann, ebenso wie die Verwendung von synthetischem Öl mit geringerem Dampfdruck.

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten kommen in einem Programm für das Ölmanagement zum Tragen, mittels dessen man für die verschiedenen Betriebsbedingungen und Kältemittel der Verdichter die Ölbeladung des Kältemittelstromes bestimmen kann.

Einen völlig neuen Schritt bei der Entwicklung von Wärmeübertragern zeigte als

Blick in die Zukunft Robert Pietzsch, Behr Industrietechnik Mylau, in Zusammenarbeit mit der TU Dresden mit der Vorstellung eines multifunktionalen Flächenwärmeübertragers. Die Multifunktionalität des Wärmeübertragers besteht in der gleichzeitigen Aufnahme von statischen Lasten, der Wärmeübertragung und dem Einsatz als Gestaltungselement. Die sandwichartige Grundstruktur besteht aus einer Kapillaranordnung in einem gut wärmeleitenden Kunststoff mit verstärkten Randlagen.

Derartige Wärmeübertrager sind vorteilhaft als Flächenteile in sonnenbestrahlten Fahrzeugkabinen geeignet, indem sie ähnlich wie Kühldecken wirken und die Strahlungswärme abführen, bevor diese in die Kabine eindringen kann und indirekt mit einer konventionellen Kälteanlage abgeführt werden müsste. In Verbindung mit einer Solarzelle könnte das System autark arbeiten. Es ist mit einer Behaglichkeitssteigerung für die Fahrgäste zu rechnen und die Fahrzeugklimageräte können für geringere erforderliche Leistungen konzipiert werden.

Es soll auch noch der auf die kältetechnische Praxis gerichtete Vortrag von Manfred Petz vom TWK Karlsruhe erwähnt werden, der auf die Darstellung von kleinen Fehlern mit großer Wirkung bei der Planung, bei der Ausführung und beim Betrieb von Kälte- und Klimageräten gerichtet war und in dem die große Erfahrung des Vortragenden bei der Fehlersuche zum Ausdruck kam. Anschaulich durch entsprechende Bilder unterstützt zeigte er,

- wie die Verdichterkolben verschleifen können, wenn die Kolbenringnuten unzureichend entgratet sind,
- wie Kunststoffflügel von saugenden Verflüssigungslüftern Schaden nehmen können, wenn der Kunststoff nicht ausreichend temperaturbeständig ist,
- wie Verflüssigersammelrohre im Stillstand der Dachklimaanlage eines Fahrzeuges bei Wärmeeinfall platzen können, wenn die Anlage überfüllt und der Verflüssiger voll mit flüssigem Kältemittel gefüllt ist,



Reiner Bertuleit, Geschäftsführer der Bertuleit & Bökenkröger GmbH, hat mit seinem Unternehmen langjährige Erfahrungen bei der Klimatisierung von Serverräumen. Da von Betreiberseite höchste Anforderungen gestellt werden, ist ein besonderes Know-How gefragt, über das sein Kälte-Klima-Fachbetrieb verfügt

- wie Zylinderkopfdichtungen herausgepresst werden, wenn der Hochdruck unbegrenzt (hier auf 36 bar) ansteigen kann, u.a.m.

Und welche Erkenntnis ist damit verbunden? Bei der Entwicklung sollte gründlicher auf die Details geachtet werden, ohne sich von Zeit- und Kostendrücken in Zwangslagen bringen zu lassen. Auch ist es wichtig, sein Fachwissen zu vervollkommen und in allen Phasen auf die Ausführungsqualität der Arbeit zu achten.

Und auch der deutsche Kälteanlagenbau war dabei

Neben zahlreichen Vorträgen aus Forschung, Entwicklung, der Gesetzgebung oder Normen und Richtlinien sollen zum Abschluss noch zwei Referate erwähnt werden, die aus den Reihen des deutschen

Kälteanlagenbaus kamen und der Tagung ebenfalls ein Stück Praxisbezug gaben.

Reiner Bertuleit war es, der nicht in seiner Funktion als Obermeister der Kälteanlagenbauer-Innung Niedersachsen/Sachsen-Anhalt, sondern als erfolgreicher Unternehmer über seine Erfahrungen bei der Klimatisierung von Rechenzentren berichtete. Dass hier Fach- und Praxiswissen höchster Güte gefragt ist, belegen die harten Rahmenbedingungen, wie die hohen Sicherheits- und Brandschutzanforderungen oder der Anspruch, möglichst energieeffizient betreiben zu können. So dürfen bei den wie Bunker anmutenden Serverräumen beispielsweise keine Außenverbindungen bestehen, um einer Sabotage vorzubeugen. Außerdem ist für eine höchst mögliche Redundanz zu sorgen, ein Ausfall der Anlage wäre nahezu katastrophal. Um möglichst wenig Energie

einzusetzen, arbeitet Bertuleit heute mit allen dem Markt zur Verfügung stehenden Technologien, wie freie Kühlung, drehzahl-geregelte Komponenten, Auslegung nach optimaler Raumtemperatur und relativer Feuchte und Datenfernwirktechnik. Dabei kommen ihm über 1 Million Gebäudenutzungsstunden(!) Erfahrung bei anspruchsvollen Kunden wie Telecom oder Vodafone D2 zugute. So wurden in den letzten 5 Jahren bis zu 1 MW Kälteleistung von der Bertuleit & Bökenkröger GmbH ausgestattet.

Der zweite Vortrag beschäftigte sich mit einem in Deutschland bisher einmaligen Projekt zur Ingenieurausbildung. Manfred Seikel als Geschäftsführer und Schulleiter Dietmar Schittenhelm der Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik in Maintal präsentierten die neue Europäische Studienakademie ESaK, wo ab Oktober 2004 die Studiengänge „Dipl.-Ing. Kältesystemtechnik (BA)“ und „Dipl.-Ing. Klimasystemtechnik (BA)“ angeboten werden. Diese so genannte Berufsakademie wird in 6 Semestern im halbjährigen Wechsel Theorie und Praxis dual vermitteln, weshalb sich die Absolventen bereits optimal auf ihre zukünftige Arbeit vorbereiten können. Fundamentale Voraussetzung ist für diese Studienform die Kooperation mit Ausbildungsbetrieben, ob Industrie, Handwerk, Betreiber, etc., die an dieser Stelle aufgefördert sind, diese sinnvolle Ausbildungsform mitzutragen.

Hoffentlich wird es auf DKV-Tagungen künftig regelmäßig derartige Praxisvorträge geben, eine enge Kooperation mit BIV und VDKF wäre dafür sinnvoll. U.A./A.F.



Manfred Seikel (links) und Dietmar Schittenhelm von der Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik stellten die erste deutsche Berufsakademie vor, an der zukünftig Ingenieure für die Fachrichtungen Kälte, Klima und später auch Lüftung ausgebildet werden. Dies in enger Kooperation mit Unternehmen der Praxis als Partner der ESaK