

## EXPERTEN-WISSEN

Juli 2017

### Kalorische Systeme: Festkörperbasiertes Kühlen und Heizen

- **Alternativen zur konventionellen Kälteerzeugung oder die Suche danach**

**Ende März fand erstmalig der Kalorik-Workshop 2017 am Fraunhofer-Institut für physikalische Messtechnik IPM statt, veranstaltet vom gleichnamigen Institut und in Kooperation mit dem Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Verein e.V. Schwerpunkt war das festkörperbasierte Kühlen und Heizen. Rund 80 Teilnehmer aus Wissenschaft, Entwicklung und Industrie fanden sich zu der spannenden ein-Tages-Veranstaltung mit sieben Fachvorträgen ein. Anerkannte Experten gaben einen Überblick über die aktuellen Entwicklungen und Trends bei magneto-, elektro- und elastokalorischen Systemen. Wobei die Magnetokalorik den größten Anteil an diesem Workshop hatte. Durch das Fraunhofer IPM wurden zur Veranschaulichung einige Demonstrationsobjekte ihrer Forschungsprojekte von Magneto- und Elastokalorik in Funktion ausgestellt. Siehe auch Back-up III.**

Der Trend, Kälte, Wärme und die Klimatisierung möglichst effizient und nachhaltig bereitzustellen, wird besonders vor dem Hintergrund eines Wandels der Energielandschaft die Entwicklungen in den kommenden Jahren entscheidend prägen. In der Kältetechnik sind die strengen Forderungen nach energieeffizienten und umweltfreundlichen Lösungen Treiber auf der Suche nach neuen Techniken, die sich an technisch-ökonomischen und ökologischen Zielen orientieren werden.

Diese müssen auch auf globaler Ebene Kriterien wie die sich wandelnde Energieversorgungsstruktur sowie die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien optimal einbinden und erfolgreich ausschöpfen. Die Kälte-, Klima- und Wärmepumpenbranche ist dabei nicht nur gefordert, geeignete Produkte zur Verfügung zu stellen, sondern z. B. auch Betreibermodelle zu entwickeln, die den gewachsenen, komplexen Aufgaben standhalten.

#### Ideelle Träger

#### Honorary Sponsors

Air conditioning and Refrigeration  
European Association (AREA) Brussels,  
Rixensart, Belgium

Association of European Refrigeration  
Component Manufacturers (ASERCOM),  
Brussels, Belgium

Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik,  
Maintal/Niedersachsen

Bundesinnungsverband des Deutschen  
Kälteanlagenbauerhandwerks (BIV),  
Bonn

Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP),  
Berlin

Deutscher Kälte- und Klimatechnischer  
Verein e.V. (DKV), Hannover

EPEE European Partnership for Energy  
and Environment, Brussels, Belgium

eurammon, Frankfurt

Exhibitors Group/Ausstellerkreis  
Chillventa Nürnberg

Fachverband Allgemeine Lufttechnik  
im VDMA, Frankfurt

Fachverband Gebäude-Klima e.V. (FGK),  
Bietigheim-Bissingen

Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK),  
Dresden

Test- und Weiterbildungszentrum  
Wärmepumpen und Kältetechnik (TWK),  
Karlsruhe

TÜV SÜD Industrie Service Center of  
Competence für Kälte- und Klimatechnik,  
München

Verband Deutscher Kälte-Klima-  
Fachbetriebe e.V. (VDKF), Bonn

Zentralverband Kälte Klima  
Wärmepumpen e.V. (ZVKKW), Bonn

#### Veranstalter

#### Organizer

NürnbergMesse GmbH  
Messezentrum  
90471 Nürnberg  
Germany  
T +49 9 11 8606-0  
F +49 9 11 8606-8228  
chillventa@nuernbergmesse.de  
www.chillventa.de

#### Vorsitzender des Aufsichtsrates

#### Chairman of the Supervisory Board

Dr. Ulrich Maly  
Oberbürgermeister der  
Stadt Nürnberg  
Lord Mayor of the  
City of Nuremberg

#### Geschäftsführer

#### CEOs

Dr. Roland Fleck, Peter Ottmann

#### Registergericht

#### Registration Number

HRB 761 Nürnberg

## **Welche Kälte- und Wärmepumpenprozesse stehen heute zur Verfügung?**

Man unterscheidet in Prozesse mit Stoffaufwand und solche bei denen man Energie aufwenden muss, siehe auch Back-up 1.

### **Prozesse mit Stoffaufwand:**

#### **Eis und Schnee**

Die ersten Entwicklungen der Kältetechnik dienten der Lebensmittelkühlung, speziell der von Getränken, da natürliche Kältequellen nicht überall und jederzeit ausreichend verfügbar waren. Bereits im Altertum wurden im Winter Schnee und Eis gesammelt und in Höhlen oder künstlich isolierten Kellerräumen bis zum Sommer aufbewahrt. Der Hauptzweck scheint weniger in der Kühlung von Lebensmitteln allgemein als speziell in der von Getränken gelegen zu haben. Mit dem Füllen und Entleeren der Eiskeller waren im alten China gewisse religiöse Zeremonien verbunden. Athenäus berichtet, dass Alexander der Große auf seinen persischen Feldzügen (330 v. Chr.) während der Belagerung von Petra 30 Gräben mit Schnee auffüllen ließ, um darin den Wein für seine Soldaten kühl zu halten. Die Römer holten Schnee und Eis aus den Alpen, wobei das Vermischen mit den Getränken nicht selten zu Erkrankungen führte. Plinius berichtet, dass Kaiser Nero das Trinkwasser erst abkochen ließ, ehe er die Behälter in den Schnee versenkte. In Pompeji fand man Überreste von Schanktischen, die mit Eis oder Schnee gekühlt wurden. In den Gegenden, in denen es im ganzen Jahr keinen Schnee gab, verwendete man bereits im Altertum verschiedene Verfahren zur künstlichen Kälteerzeugung.

#### **Verdunstungskühlung**

In Ägypten, wo es zu keiner Jahreszeit Natureis gibt, findet man die ersten Zeichen einer zielbewussten Kühlung auf altägyptischen Fresken (2.500 v. Chr.), auf denen Sklaven große Fächer über irdenen Wasserkrügen schwingend abgebildet sind, mit denen sie auf diese Weise das Trinkwasser durch Verdunstung kühlen. Der griechische Sophist Protagoras besuchte die Nil-Ebene im 5. Jahrhundert v. Chr. und berichtete, dass die Einwohner dort mit Wasser gefüllte und außen benetzte Tongefäße auf die Dächer ihrer Häuser stellten und sie der trockenen und kalten Nachtluft aussetzten. Durch Verdunstungskälte und Wärmeausstrahlung kühlte sich das Wasser ab, wobei es sich gelegentlich sogar in klaren Nächten mit einer Eisschicht überzog. Ein ähnliches

Verfahren ist aus Indien bekannt, wo flache Tongefäße mit Wasser über Nacht auf trockenen Strohmatte aufgestellt wurden.

## **Kältemischungen**

Die Anwendung von Kältemischungen war auch schon im Altertum bekannt, wie man aus der indischen Schrift „Pancatantram“ (4. Jahrhundert n. Chr.) schließt, in der es heißt: „Dann ist das Wasser kühl, wenn es Salz enthält.“ Dieses Verfahren scheint im 15. und 16. Jahrhundert aus dem Orient nach Europa gelangt zu sein. Die Kühlung des Wassers durch Auflösen von Salpeter wird von Monardus (1493-1578), dem apulischen Arzt Zimara (1525-1532, Professor in Padua) und dem spanischen Arzt Villafranca 1550 beschrieben. Den nächsten Schritt auf dem Wege zu tieferen Temperaturen bildete die Mischung von Salpeter mit Schnee, die zuerst von Baptista Porta in Neapel 1589 erwähnt wird. Fahrenheit verwendete die mit Schnee und Salmiak erzielte Temperatursenkung zur Festlegung des Nullpunktes seiner Temperaturskala.

[1954 Hdb. der Kältetechnik Bd. I, R. Plank, S. 1-5, Springer Verlag]

## **Prozesse mit Energieaufwand**

Bei den Prozessen mit Energieaufwand unterscheidet man Kaltdampf- und Kaltgasprozesse sowie festkörperbasierte Prozesse.

## **Kaltdampfprozesse**

Bei den Kaltdampfprozessen findet man den klassischen Prozess mit mechanischer Kompression, der in der Kälte- und Wärmepumpenanwendung dominiert. Bei der thermischen Kompression spricht man von Sorptionsprozessen, die man unterteilt in Absorptions- und Adsorptionsprozesse. Die thermische Kompression findet man häufig, wenn Abwärme mit hohen Temperaturen zur Verfügung steht. Bei den Kaltdampfprozessen werden Arbeitsstoffe verwendet, die im Prozess verflüssigen und/oder verdampfen. Als Geburtsjahr der modernen Kompressionsdampfkältemaschine gilt das Jahr 1834, in dem Jakob Perkins, ein nach England eingewanderter Amerikaner, am 14. August sein berühmtes, britisches Patent Nr. 6662 „Apparatus for Producing Cold and Cooling Fluids“ anmeldete. Ferdinand Carré erkannte, dass man zu einer wirtschaftlichen Kälteerzeugung ein flüchtigeres Kältemittel brauchte. Er entschloss sich, von der starken Löslichkeit des Ammoniaks in Wasser Gebrauch zu machen und meldete am 24. August 1859 sein grundlegendes Patent auf eine Ammoniakabsorptionsmaschine an. Das vorher als Kältemittel verwendete Wasser wurde hier zum

Absorptionsmittel, das Ammoniak wurde zum ersten Mal als Kältemittel verwendet. Mit Ammoniak als Kältemittel baute Carré zwei Arten von Absorptionsmaschinen, eine periodisch wirkende für kleine Leistungen und eine kontinuierlich wirkende für große.

## **Kaltgasprozesse**

Die erste Luftkältemaschine baute 1844 der amerikanische Arzt John Gorrie zur Erzeugung von Eis für die Krankenbehandlung. Spätere Verbesserungen der Luftkältemaschinen wurden von William J.M. Rankine, Carl Wilhelm Siemens und James Watt vorgenommen, während der schottische Ingenieur Alexander Carnegie Kirk (1862) die erste industriell verwertbare Luftkältemaschine entwickelte. Seit 1944 bis heute wird die Luftkältemaschine in den Flugzeugen als Klima-Kältemaschine eingesetzt. Bei den Kaltgasprozessen werden Arbeitsstoffe verwendet, die im Prozess nicht verflüssigen und nicht verdampfen, sie sind immer im gasförmigen Zustand.

## **Festkörperbasierte Prozesse**

Festkörperbasierte Kühlsysteme auf Basis kalorischer Materialien sind eine zukunftsweisende Alternative zur verdichterbasierten Kältetechnik. In den vergangenen Jahren wurden verschiedene magnetokalorische Kühlsysteme realisiert. Aber auch mit elasto- und elektrokalorischen Materialien lassen sich Kälteanlagen und Wärmepumpen bauen, die ohne Kältemittel auskommen und möglicherweise herkömmlichen Kühlsystemen im Hinblick auf Energieeffizienz überlegen sind. Kalorische Materialien zeigen eine starke, reversible Wärmereaktion bei Anlegen eines entsprechenden Feldes (Elektrisches Feld, Magnetfeld oder mechanische Kraft) und kühlen sich nach dessen Entfernen wieder ab. Dabei sinkt die Temperatur unter die Ausgangstemperatur. Dieser Effekt lässt sich für den Aufbau eines Kühlkreislaufs nutzen: Das erwärmte Material wird mit einer Wärmesenke verbunden, um die entstandene Wärme abzuführen. Verbindet man es mit einer zu kühlenden Stelle, nimmt es Wärme auf, bis die Ausgangstemperatur erreicht ist. So entsteht ein Kältekreislauf ohne Kältemittel.

Bei den festkörperbasierten Prozessen unterscheidet man thermoelektrische, thermomagnetische und thermoelastische Prozesse.

## Thermoelektrischer Prozess

Um das Jahr 1821 fand Seebeck, dass in einem elektrischen Kreis, der aus zwei verschiedenen Leitern besteht, und dessen Lötstellen auf verschiedenen Temperaturen gehalten werden, eine thermoelektrische Kraft entsteht, die einen Strom erzeugt. Im Jahre 1834 hat Peltier den umgekehrten Effekt entdeckt: sendet man einen Strom durch einen inhomogenen Leiterkreis, dann tritt an den Lötstellen je nach Richtung des Stromes eine Abkühlung oder Erwärmung auf. An der einen Lötstelle wird Wärme aus der Umgebung aufgenommen und an der anderen Wärme an die Umgebung abgegeben. Edmund Altenkirch (1911) hat als erster an eine praktische Verwendung des Peltiereffektes zur Kälteerzeugung gedacht und die Berechnung für solche Anlagen geschaffen.

[1959 Hdb. der Kälte-technik Bd. III, R. Plank, S. 52-77, Springer Verlag]

In den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts begann die praktische Nutzung. Heute findet man die „Peltierkühlung“ z. B. in kleinen Kühlboxen, bei der Milchkühlung neben dem Kaffeeautomaten oder zur punktgenauen Kühlung von Elektronik-elementen.

## Thermomagnetischer Prozess

Die Entdeckung des magnetokalorischen Effektes geht bereits auf Warburg im Jahr 1881 zurück. Später führten Debye und Giaouque (um 1926) die Arbeiten unabhängig voneinander fort – damals immer mit dem Ziel, tiefste Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt zu erreichen [1966, **Suche nach dem absoluten Nullpunkt, K. Mendelsohn, Kindler Verlag;**]. Seit den Anfängen liegt der praktische Einsatzbereich des magnetokalorischen Effektes vorrangig in der Kryotechnik zur Erzeugung tiefster Temperaturen Ablösung aufwendiger anderer Kälteprozesse, z.B. der  $^3\text{He}/^4\text{He}$ -Lösungskühlung. Die magnetokalorische Kälteerzeugung nahe Raumtemperatur hat in den letzten Jahrzehnten einen gewaltigen Entwicklungsschub durchlaufen und deutliche Leistungsfortschritte gezeigt. Im Zielfokus der laufenden Forschungstätigkeiten stehen besonders Haushaltskühl- und Gefriergeräte sowie Geräte kleinerer Leistungsklassen der Industrie- und Gewerbekälte. Auch wenn veröffentlichte theoretische Berechnungen Optimismus verspüren lassen, der praktische Nachweis, dass die magnetokalorische Kältemaschine bzw. Wärmepumpe konventionelle Methoden der Kälteerzeugung in Bezug auf die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit in spezifischen Anwendungen übertreffen kann, ist noch anhängig. Siehe auch [Magnetokalorische Kälteerzeugung – Eine Option für Haushaltskühlgeräte? Robin Langebach, Marcel Klaus, Christoph Haberstroh, Ullrich Hesse, DKV-Tagung 2013, Hannover, AA II.1].

## **Thermoelastischer Prozess:**

Elastokalorische Materialien kennt man als »Formgedächtnislegierungen« schon aus anderen Anwendungen. Bei diesen Legierungen lässt sich durch Eintrag von Wärme eine Formänderung induzieren. Auch den umgekehrten Effekt kann man nutzen: Über einen Kräfteintrag auf das Material wird reversible Wärme generiert. Ganz analog zur Magneto- bzw. Elektrokalik kann man so durch entsprechende Systemintegration ein Kühlsystem aufbauen. Hierzu läuft ein großes Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG: [www.ferroiccooling.de](http://www.ferroiccooling.de)

Im Back-up I finden Sie die Übersicht über die Kälte- und Wärmepumpenprozesse.

Im Back-up II finden Sie weiteres zu den Kalorischen Systemen.

Im Back-up III finden Sie einen Kurzbericht zum Kalorik Workshop in Freiburg.

## **Ansprechpartner für Presse und Medien**

Bertold Brackemeier, Ariana Brandl

T +49 9 11. 86 06-82 85

F +49 9 11. 86 06-12 82 85

[ariana.brandl@nuernbergmesse.de](mailto:ariana.brandl@nuernbergmesse.de)

Alle Presstexte sowie weiterführende Infos und Fotos finden Sie unter:

**[www.chillventa.de/presse](http://www.chillventa.de/presse)**