

# Magnetische Kühlung: Eine Revolution in der Kältetechnik?

Andrea Voigt, Pourrain (F)



*Im September letzten Jahres fand in der Schweiz die erste Internationale Konferenz zur Magnetischen Kühlung bei Raumtemperatur statt, organisiert von der Haute Ecole d'Ingénierie d'Yverdon und dem International Institute of Refrigeration. Die Veranstaltung war mit 150 Teilnehmern und Vortragenden aus der ganzen Welt gut besucht – ein deutliches Zeichen dafür, dass dieses neue und doch alte Thema wieder topaktuell ist. Kein Wunder, denn der Klimawandel und die damit verbundene Diskussion um den Treibhauseffekt der in weiten Bereichen verwendeten synthetischen Kältemittel zwingt Wissenschaft und Industrie zum Handeln.*

Der Druck auf die fluorierten Kältemittel wächst, auch wenn mit der europäischen F-Gase-Verordnung die Betonung auf Anlagendichtheit und (noch) nicht auf Produktverboten liegt. Dennoch läuft die Suche nach Alternativen auf Hochtouren und Lösungen aus der Vergangenheit werden plötzlich wieder attraktiv. Dazu zählt das altbekannte und wieder neu entdeckte Kältemittel CO<sub>2</sub> ebenso wie die magnetische Kühlung. Denn tatsächlich wurde der so genannte magnetokalorische Effekt nicht erst gestern, sondern bereits vor über einem Jahrhundert im Jahr 1881 von dem deutschen Physiker Emil Warburg entdeckt. Dieses Phänomen, nach dem sich Material erwärmt, wenn man es einem Magnetfeld aussetzt und wieder abkühlt, wenn das Magnetfeld entfernt wird, liegt der magnetischen Kühlung zugrunde.

Entscheidend für die Kühlwirkung sind die Eigenschaften des magnetokalorischen Materials, bzw. die erreichbare Temperaturdifferenz bei der Demagnetisierung. Genau hier liegt auch der Unterschied zwischen Vergangenheit und Gegenwart. Die neuen Legierungen enthalten Gadolinium oder Mangan und zeichnen sich durch ihren hohen magnetokalorischen Effekt aus. Durch weitere Stoffe wie Eisen, Phosphor, Arsen oder Nickel wird die Kühlleistung optimiert und an die Anwendung angepasst. Damit kann der magnetokalorische Effekt jetzt auch bei Raumtemperaturen genutzt werden, während dies früher nur bei sehr tiefen Umge-

bungstemperaturen und extrem starken Magnetfeldern (5–10 Tesla) möglich war. Auch die erforderliche magnetische Feldstärke ist heute mit 2–3 Tesla wesentlich niedriger, so dass Dauermagnete anstelle der bislang erforderlichen supraleitenden Magnete eingesetzt werden können – ein entscheidender Vorteil, denn Letztere können bei Raumtemperaturen nicht verwendet werden.

## „Magnetischer Kühlschrank“

Die Nutzung des magnetokalorischen Effekts kann auf verschiedene Weise erfolgen. Ein besonders anschauliches Beispiel liefert der „magnetische Kühlschrank“ aus der Schweiz, der mit dem Swiss Technology Award 2006 und je einem Sonderpreis des Bundesamts für Energie und der Firma ASEA Brown Boveri ausgezeichnet worden ist. Der Prototyp für das Gerät wurde von der Ingenieurhochschule in Yverdon-Les-Bains entwickelt. Verantwortlich für den Bereich ist Professor Dr. Peter W. Egolf, der außerdem Vorsitzender der Arbeitsgruppe für magnetische Kühlung am International Institute of Refrigeration in Paris ist. Für ihn ist klar, dass die magnetische Kühlung das Potenzial hat, eines Tages die konventionelle Kühlung großflächig zu ersetzen. „Der Markt ist praktisch da. Wegen der hohen Energiedichte und der hohen Sicherheit sind die Anlagen platzsparend, handlich und leicht, also ideal für den Einsatz in Autos, Flugzeugen oder Schiffen.“

Der „magnetische Kühlschrank“ beruht auf dem Prinzip eines rotierenden Wärmetauschers aus einer Legierung auf Manganbasis mit hohem magnetokalorischem Effekt, der halbseitig von einem Magneten umgeben ist. Das hierbei wirksame Magnetfeld erwärmt die eine Hälfte des Zylinders, durch die beispielsweise Luft strömt. Diese wird erwärmt und speist damit ein Heizungssystem. Lässt man Luft im anderen Zylinderteil durchfließen, so erfolgt eine Abkühlung, was die Basis für eine Kältemaschine bildet. Vereinfacht gesagt dreht sich ein Rad, auf der einen Seite strömt warme Luft hinaus (bei der Magnetisierung) und auf der anderen Seite wird kalte Luft entzogen (bei der Demagnetisierung). Durch das rotierende Konstruktionsprinzip wird ein kontinuierlicher Zyklus mit hohen Leistungszahlen erreicht.

Aber auch in größeren Anwendungen wird die magnetische Kühlung bereits erfolgreich eingesetzt. So widmet sich das französische Unternehmen Cooltech-Applications seit 2003 ganz diesem Bereich und bietet maßgeschneiderte Lösungen für die Lebensmittelindustrie und Klimatisierung an, für die es von der französischen Regierung mit dem Preis für innovative Technologien ausgezeichnet wurde (siehe Interview).

## Umweltverträglich

Die wichtigsten Vorteile des „magnetischen Kühlschranks“ und der magnetischen Kühlung im Allgemeinen lassen sich unter den Oberbegriffen Umweltverträglichkeit, Sicherheit und Energieeffizienz zusammenfassen. Als Arbeitsstoffe können Luft oder Wasser verwendet werden. Die Verwendung synthetischer Kältemittel mit Treibhauseffekt sowie brennbarer, toxischer oder explosiver Substanzen wie Ammoniak, Butan oder Propan ist nicht erforderlich. Auch der Einsatz eines Verdichters entfällt. Das heißt, es gibt so gut wie keine Vibrationen oder Geräusche, Verschleißerscheinungen, wie sie bei konventionellen Verdichtungsmaschinen häu-

fig auftreten, werden vermieden und die Lebensdauer verlängert.

Die thermodynamische Effizienz von Systemen mit magnetischer Kühlung liegt deutlich höher als bei konventionellen Verdichtungszyklen. Dies spricht für einen geringeren Energieverbrauch und damit auch geringere Betriebskosten. Außerdem sind die Anlagen äußerst kompakt und können prinzipiell in einem weiten Anwendungsbereich von der Tiefkühlung bis hin zum Heizen eingesetzt werden.

### Großes Potenzial

Für die Zukunft wird der magnetischen Kühlung ein großes Potenzial vorausgesagt. Hauptanwendungsgebiete werden aller Voraussicht nach Geräte im unteren Leistungsbereich sein wie z.B. Kühlschränke oder Pkw-Klimaanlagen. Dies liegt unter anderem daran, dass die Feldstärken der heutigen Permanentmagnete noch nicht sehr hoch sind.

Auch ist der Einfluss von starken Magnetfeldern auf den menschlichen Organismus noch nicht vollständig bekannt und Störungen in elektronischen Komponenten und anderen Geräten müssen verhindert werden. Ebenfalls Forschungsbedarf besteht im Hinblick auf Leistung und Mechanik. Die heute bekannten Konstruktionen haben ein Leistungslimit von ca. 15 kW, für möglichst hohe Effizienz sind die Anforderungen an Stabilität und Präzision der rotierenden Systeme sehr hoch.

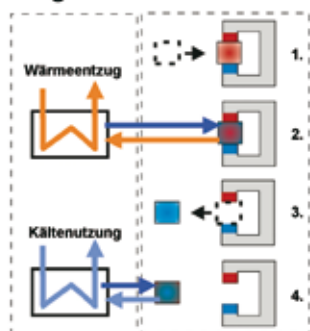
Eine viel versprechende Technologie also, für die es sicher einen Platz in der Kälte- und Klimatechnik geben wird, die jedoch noch einige Entwicklungsschritte bis hin zur Serienreife vor sich hat. Nächstes wichtiges Stichdatum auf diesem Weg ist die zweite internationale Konferenz für magnetische Kühlung bei Raumtemperatur, die vom 11. bis 13. April in Portorosz, Slowenien, stattfindet. Weitere Informationen unter [www.thermag2007.si](http://www.thermag2007.si)

### Interview mit Christian Müller, Geschäftsführer von Cooltech-Applications

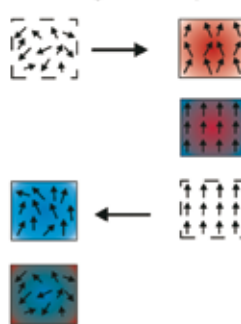
**Voigt:** Warum haben Sie sich in Ihrem Unternehmen Cooltech-Applications für die magnetische Kühlung entschieden?

**Müller:** Für mich hatte die magnetische Kühlung schon immer etwas „Magisches“. Ich interessiere mich schon seit über 15 Jahren für diese Technologie, allerdings anfänglich nur für Anwendungsbereiche bei

### Magnet-Kältemaschine



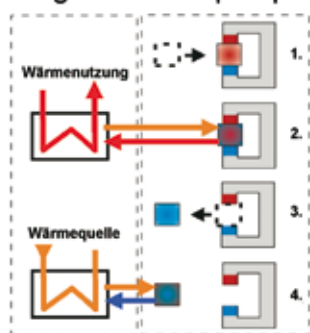
### Ausrichtung der Atom-Spins



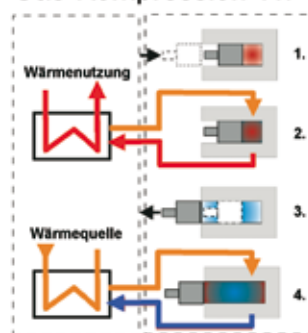
Prinzip der magnetischen Kühlung:

1. Magnetisierung bewirkt Erwärmung des Materials
2. Wärme abführen/nutzen
3. Demagnetisierung bewirkt Abkühlung des Materials
4. Kälte abführen/nutzen

### Magnet-Wärmepumpe



### Gas-Kompression-WP



**Voigt:** Können Sie uns die Namen dieser Unternehmen nennen?

**Müller:** Nein, im Moment ist unsere Entwicklungsarbeit noch streng vertraulich. Aber ich kann Ihnen zumindest mitteilen, dass ein Konsortium aus verschiedenen Firmen gebildet wurde, das die Entwicklungsarbeiten aktiv unterstützt und

verfolgt. Dazu gehören die Unternehmen Unilever, Embraco und Liebherr.

**Voigt:** Wie schätzen Sie die Zukunft der magnetischen Kühlung ein?

**Müller:** Wie vorher schon erwähnt, gehe ich davon aus, dass wir in nicht all zu ferner Zukunft in Serie gehen können. Genauer gesagt, werden bereits Ende 2007 voraussichtlich mehrere tausend, in Serie gefertigter Anlagen im Feldtest laufen.

**Voigt:** Was sind derzeit noch die größten Hindernisse auf dem Weg zur Serienfertigung?

**Müller:** Cooltech hat sich auf Materialien, Wärmeübertragung und Magnetfelder für gewerbliche Anwendungen spezialisiert. Unsere größte Herausforderung besteht darin, mit unserer Entwicklung Schritt zu halten und gleichzeitig die entsprechenden industriellen, finanziellen und vertrieblichen Strategien aufzubauen. Dabei ist die Zeit unsere kostbarste Ressource.

### Quellen:

- HK-Gebäudetechnik, 04/2006: Magnetische Kühlung bei Raumtemperatur, Peter Warthmann
- Swiss Technology Award 2006, Prof. Dr. Peter W. Egolf

sehr tiefen Temperaturen, da die entsprechenden Werkstoffe für Raumtemperaturen damals noch nicht existierten. Als dann um 2000/2001 die neuen Materialien auf den Markt kamen, die sich auch für höhere Temperaturen eignen, und leistungsfähigere Dauermagneten verfügbar waren, gab das für mich den Ausschlag, mich ganz der magnetischen Kühlung zu widmen.

**Voigt:** Ist Cooltech-Applications ausschließlich in diesem Bereich aktiv?

**Müller:** Ja. Ich habe mein Unternehmen 2003 gegründet und unser Geschäftszweck ist die magnetische Kühlung. Inzwischen haben wir 15 Mitarbeiter, die sich ausschließlich mit diesem Gebiet befassen.

**Voigt:** Gibt es denn schon ausreichend Nachfrage aus der Kälte- und Klimaindustrie?

**Müller:** Ja, das Interesse ist groß, vor allem auch in Anbetracht der umweltpolitischen Zwänge. Wir arbeiten mit großen Unternehmen aus der Industrie zusammen, die in der magnetischen Kühlung eine Lösung für ihre Anwendungsbereiche in der Lebensmittelindustrie und Klimatisierung sehen. Im Moment planen und entwickeln wir unsere Anlagen noch exklusiv für unsere Kunden, für die Zukunft ist aber durchaus eine Serienproduktion geplant.