

Kohlendioxid · natürliche Kältemittel · Kältekreislauf · Geräte Kühlung · Low GWP

Am Beispiel zweier Laborgeräte werden Umrüstungen von Kältekreisläufen mit kleiner Kälteleistung beschrieben. Neben der Auslegung werden Lösungen für Verdampferinspitzung und Heißgaseinspritzung für die Kohlendioxidanwendung vorgeschlagen. Bei den Gerätekomponenten wird auf Komponenten zurückgegriffen, die am Markt erhältlich sind, als Prototypen zur Verfügung stehen oder im Musterbau gefertigt werden. Es erfolgen vergleichende Betrachtungen hinsichtlich des Temperierhaltens der Geräte sowie des Energieverbrauchs unter verschiedenen Randbedingungen in Form von Gegenüberstellungen zu den an Seriengeräten gemessenen Daten.

## Carbon Dioxide as a Refrigerant for Small Cooling Devices

Carbon dioxide · natural refrigerants · cooling circuit · Low GWP

As example two laboratory equipment retrofits of refrigeration circuits with smaller cooling capacity are described. In addition to the design solutions for evaporator injection and hot gas injection for the carbon dioxide application are proposed. The chosen device components are both based on components available on the market and prototypes. Additionally, comparative considerations regarding temperature characteristics of the equipment and energy consumption under different boundary conditions are given in comparison to the data from the production model.



### Autoren

Dr. rer. nat. Joachim Germanus,  
Simon Günther  
Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH, Dresden

# Kohlendioxid als Kältemittel zur Kleingeräte Kühlung

## Einleitung

Das Interesse an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>, R-744) als Kältemittel steigt in letzter Zeit stark an. Zwar wurde Kohlendioxid schon vor ca. 150 Jahren erstmalig zur Kühlung verwendet [1], zwischenzeitlich war es jedoch in Vergessenheit geraten bzw. wurde es teilweise in Frage gestellt. Kohlendioxid ist gerade im Vergleich zum Kältemittel R-134a und anderen fluorierten Verbindungen ein vielversprechendes Kältemittel, dessen Einsatz helfen kann, den bestehenden Treibhauseffekt zu mindern. Zudem bietet Kohlendioxid eine vergleichsweise große volumetrische Kälteleistung und gute Wärmeübertragungseigenschaften. Negativ wirkt sich hingegen seine niedrige kritische Temperatur und der ungünstige Tripelpunkt aus, welche die Anwendungsvielfalt einschränken.

Es wird noch einige Anstrengungen erfordern, bis sich Kohlendioxid als Kältemittel in der Kleingeräte Kühlung etabliert, wie es bereits jetzt in der Gewerbekälte der Fall ist. Nicht zuletzt liegt der Schlüssel dazu in der Überwindung technischer Probleme, die sich momentan noch bei der Entwicklung von Gerätekomponenten ergeben. Im Vergleich zu Auslegungen mit den etablierten Sicherheitskältemitteln sind ein wesentlich höherer Druck und andere Zustandseigenschaften des Kältemittels zu berücksichtigen. Für die Akzeptanz der höheren Drücke ist auch ein Umdenken im Montage- und Servicebereich erforderlich, wobei es auch um die Einhaltung und Umsetzung neuer Sicherheitsaspekte geht.

An der Entwicklung geeigneter kleiner R-744-Hermetik-Verdichter wird schon mehrere Jahre gearbeitet, jedoch wird es noch einige Zeit dauern, bis eine ausreichende Bandbreite von Verdichtern zur Verfügung steht, die den heutigen hohen Ansprüchen nach Flexibilität, niedriger Geräuschentwicklung und niedrigen Fertigungskosten gerecht wird. Eine erhebliche Rolle spielt dabei vor allem die Fertigung in großen Stückzahlen. Vorreiter im Einsatz von Kohlendioxid zur Kühlung kleiner Kühlaggregate ist die Firma Coca-Cola, die 2011 bekannt gab, dass R-744-Verdichter in hoher Stückzahl von Sanden Japan für die Getränkeautomaten Kühlung eingesetzt werden sollen [2]. Erst bei Fertigung

hoher Verdichter-Stückzahlen, die von den Herstellern auch für andere Applikationen zur Verfügung gestellt werden, kann es zum Durchbruch des Kältemittels im unteren Kälteleistungsbereich kommen.

## Umweltfreundliche Temperiertechnik

Mit der Verabschiedung der neuen F-Gase-Verordnung [3] im April 2014 werden hochgesteckte Ziele verfolgt, welche die Betreiber und Gerätehersteller veranlassen, neue Kältemittel einzusetzen. So dürfen beispielsweise ab 01.01.2020 Kühl- und Gefriergeräte für den gewerblichen Gebrauch (hermetisch geschlossen) mit Kältemittel-GWP-Werten  $\geq 2500$  (u.a. R-404A, R-507, R-422A und R-422D) und ab 01.01.2022 mit  $\text{GWP} \geq 150$  (u.a. R-134a, R-407C, R-410A und R-407F) nicht mehr in den Verkehr gebracht werden, wenn die Kühltemperatur oberhalb von  $-50^\circ\text{C}$  liegt. Dies betrifft den größten Teil der Anwendungen. Damit steht fest, dass neue Kältemittel, wie Hydrofluorolefine mit niedrigen GWP-Werten, brennbare Kältemittel (z. B. Kohlenwasserstoffe) und nicht zuletzt R-744 an Bedeutung gewinnen. Eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Wahl des Kältemittels ist somit eine Investition in die Zukunft. Ein einziges ideales Kältemittel wird es aufgrund der unterschiedlichen Anwendungsgebiete auch weiterhin nicht geben. Insbesondere für Bereiche mit hohen Brandschutzanforderungen wird Kohlendioxid als Kältemittel jedoch in der Temperiertechnik verstärkt Einzug halten.

## Geräteumrüstungen auf Kohlendioxid

Als Grundlage für den Aufbau der Versuchsanlagen wurden zwei Laborkühlgeräte verwendet, die in Serie von namhaften Herstellern gefertigt werden. Es handelt sich hierbei um einen Umlaufkühler mit einem Temperierbereich zwischen  $20^\circ\text{C}$  und  $+40^\circ\text{C}$  sowie einen Temperierschrank mit einem Innenvolumen von ca. 750 l zur Temperierung von  $-12^\circ\text{C}$  bis  $+60^\circ\text{C}$ . Die Serienmodelle dienten gleichzeitig den Vergleichsuntersuchungen mit den umgerüsteten Geräten. Die Kälteleistungen der in den Serienmodellen eingebauten Hermetikverdichter sind in Abb. 1 den Kälteleistungen der für die Umrüstung ausgewählten R-744-Verdichter gegenübergestellt. Von den we-



**KI** Kälte · Luft ·  
**Klimatechnik**  
INGENIEURWISSEN IN FORSCHUNG UND PRAXIS



Entdecken Sie weitere interessante  
Artikel und News zum Thema auf  
[ki-portal.de](http://ki-portal.de)!

**Hier klicken & informieren!**



nigen bisher am Markt erhältlichen R-744 Hermetikverdichtern wurden Verdichtermodelle gewählt, die am ehesten den Kälteleistungen der mit fluorierten Kohlenwasserstoffen betriebenen Verdichter entsprechen und nach Kältekreislaufberechnungen (CO<sub>2</sub>KreisPlus [4], RefLib [5]) den geforderten Kriterien bzgl. Zieltemperatur und Kälteleistung gerecht werden. Beide R-744-Verdichter sind mit POE-Ölen geschmiert.

Bei der Auslegung der Wärmeübertrager waren die geometrischen Gegebenheiten der bestehenden Laborgeräte ein wesentlicher Aspekt, so dass sich die räumlichen Abmessungen der neu zu fertigenden Komponenten daran orientieren mussten. Die Berechnungen erfolgten mit dem am Institut der Autoren entwickelten Programm WUEBILK. Die Musterfertigung der Wärmeübertrager erfolgte als Al-lamellierte Cu-Rohr-Wärmeübertrager. Der Verdampfer des Umlaufkühlers konnte beibehalten werden, da er bereits im Serienmodell als Rohrwendelwärmeübertrager in 12x1 mm Edelstahlrohr ausgelegt war, welches bei 20 °C einen maximalen Innendruck von 214 bar standhält und somit den Druckstabilitätsanforderungen für R-744 gerecht wird (Innendruckberechnung für Edelstahlrohre nach DIN 2413 [6]). In Abb. 2 ist der Aufbau der R-744-Kältekreisläufe schematisch dargestellt. Lediglich bei dem Umlaufkühler wurde bei dem aufgebauten Gerät zunächst auf eine Heißgaseinspritzung verzichtet, da die Beheizung elektrisch erfolgt und kein Abtauen des Verdampfers erforderlich ist. Als ein unverzichtbarer Bestandteil der R-744-Kältekreisläufe erweist sich im Vergleich zu den Kältekreisläufen mit fluorierten Kältemitteln der innere Wärmeübertrager, ein ineinander gestecktes Doppelrohr. Das rückgeführte Kältemittel auf der Saugseite wird hierbei über einen Wärmeübertrager geführt. Dem gegenströmenden verdichteten Kältemittel aus dem Gaskühler wird hierbei nochmals Energie entzogen, was zur Effizienzsteigerung beiträgt. Dabei wird gleichzeitig verhindert, dass über die Niederdruck-Saugleitung Flüssigkeitströpfchen, die sich bei tiefen Verdampfungstemperaturen bilden, in den Verdichter gelangen und diesen schädigen. Zur Einspritzung des Kältemittels in den Verdampfer wurde eine Doppelkapillareinspritzung gewählt, da am Markt bisher keine bessere Variante für den unteren Kälteleistungsbereich verfügbar ist. Dabei wird abhängig vom Ausgangsdruck des Verdichters über ein Magnetventil eine zweite Kapillare zur Kältemittelverdamp-

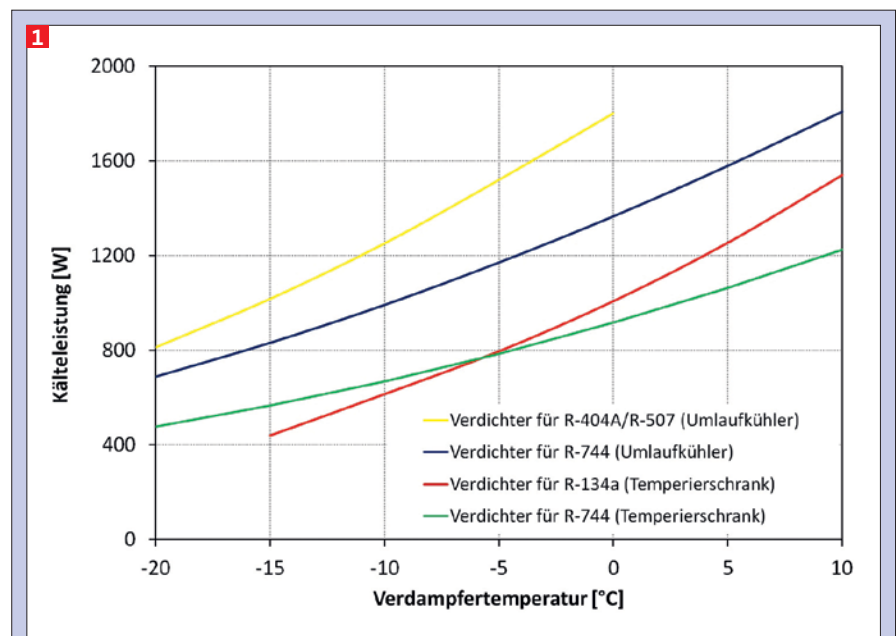
fung zugeschaltet. Bei Unterschreitung eines vorgegebenen Verdichterdrucks wird das Magnetventil geschlossen und die Einspritzung erfolgt nur noch über die Primärkapillare. Somit ist eine flexiblere Leistungsanpassung beim Anfahren verschiedener Kühltemperaturen im Vergleich zur Einkapillareinspritzung gegeben.

Die Ermittlung der optimalen R-744 Kältemittelfüllmengen erfolgte empirisch. Um bei erhöhten Temperaturen, wie zum Beispiel beim Gerätetransport, Drücke über 120 bar auszuschließen, wurden die Kältemittelmengen so bemessen, dass auch bei Umgebungstemperaturen bis 65 °C keine Havarie oder Gefährdungen durch zu hohe Drücke auftreten.

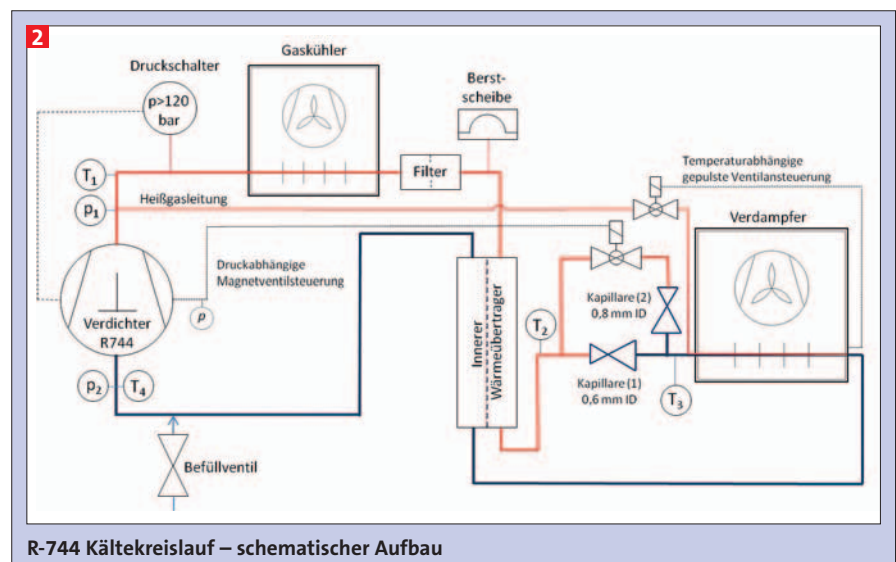
## Vergleichsuntersuchungen der R-744 Geräte mit den Serienmodellen

### Umlaufkühler

Ein erster experimenteller Aufbau, der für Vergleichsmessungen unter Raumtemperatur bei 21 °C genutzt wurde, ist in Abb. 3 veranschaulicht. Zur Durchführung vergleichender Tests wurde ein Versuchsaufbau gewählt, bei dem über ein externes Temperiergefäß eine thermische Last mit definierten Wärmeinträgen zugeschaltet werden kann. Der Volumenstrom der Badflüssigkeit war bei beiden Versuchsvarianten (Umlaufkühler mit R-507 bzw. R-744 Kühlung) konstant auf demselben Wert eingeregelt.



Gegenüberstellung von Kälteleistungen alternativer Verdichter (220 V, 50 Hz)



R-744 Kältekreislauf – schematischer Aufbau

**1 Verbrauchswerte und Endtemperaturen im Vergleich zwischen Serienmodell und R-744-Modell (Umlaufkühler)**

Umgebungstemperatur	10 °C		20 °C		30 °C		40 °C	
Kältemittel	R-507	R-744	R-507	R-744	R-507	R-744	R-507	R-744
Stromverbrauch nach 60 min [kWh]	0,85	0,83	0,92	0,91	1,01	0,94	1,12	-
Temperatur nach 60 min [°C]	-18,1	-22,1	-14,6	-18,7	-10,6	-12,7	-5,7	-

**2 Vergleichende Gegenüberstellung von Energieverbrauchs- und Temperaturwerten (Kühlkreisläufe-Temperierschränke)**

Lüfter AN/AUS Wärmeeintrag (Heizung)	AUS 0 W	AN 0 W	AN +200 W	AN +400 W	AN +700 W	AN Isobox auf 60 °C vortemperiert
<b>R-744 - Kohlendioxid</b>						
Endtemperatur in der Isobox nach 1 h	-9,8 °C	-20,3 °C	-9,3 °C	4,3 °C	19,8 °C	20 °C (nach 50 min)
Endtemperatur am Verdampfeintritt	-45,5 °C	-25,0 °C	-16,5 °C	-5,6 °C	7,4 °C	
Endtemperatur Verdichter	82 °C	102 °C	103 °C	95 °C	85,5 °C	
Enddruck Verdichterausgang	86 bar	86 bar	86 bar	86 bar	83 bar	
Enddruck Verdichtereingang	7,2 bar	15,7 bar	21 bar	29 bar	41 bar	
Energieverbrauch Kompressor nach 1 h	0,33 kWh	0,38 kWh	0,41 kWh	0,41 kWh	0,42 kWh	0,32 kWh
<b>R-134a - Tetrafluorethan</b>						
Endtemperatur in der Isobox nach 1 h	-4,5 °C	-10,5 °C	-3,7 °C	4,8 °C	16,5 °C	
Energieverbrauch Kompressor nach 1 h	0,29 kWh	0,38 kWh	0,40 kWh	0,48 kWh	0,54 kWh	

Um konstante Umgebungsbedingungen für verschiedene Umgebungstemperaturen realisieren zu können, erfolgten weitere vergleichende Versuche in einer Klimakammer mit ca. 8 m<sup>3</sup> temperierbarem Volumen. Damit war gleichzeitig auch sichergestellt, dass eine homogene Temperaturverteilung im Versuchsraum vorliegt und die durch das Kälteaggregat produzierte Wärme in ausreichendem Maße abgeführt wird und nicht zu lokalen Aufheizungen führt. Die relative Luftfeuchte wurde an der Klimakammer für alle Untersuchungstemperaturen auf einen konstanten Wert von ca. 40 % eingestellt. Damit war sichergestellt, dass der Luft-Wärmeübergang am Gaskühler bzw. Kondensator bei allen vergleichenden Versuchen die gleichen Werte aufweist. Abb. 4 zeigt die in der Klimakammer ge-

messenen Abkühlkurven der Badflüssigkeit beider Gerätevarianten bei gleicher Badanfangstemperatur, beginnend bei 40 °C und verschiedenen Umgebungstemperaturen zwischen 10 °C und 40 °C. Über das extern angeschlossene Temperiergefäß erfolgte eine zusätzliche Beheizung mit einer elektrischen Leistung von 200 W. Während der Versuche war der R-744-Kältesatz im Vergleich zu dem in Abb. 3 dargestellten Aufbau bereits im Gehäuse des Umlaufkühlers integriert, so dass für die Vergleiche auch die Auswirkung des Gerätegehäuses bezüglich der Luftführung und Kompressorkühlung berücksichtigt wurde.

Wie sich der Gesamtstromverbrauch für beiden Umlaufkühler bei einer Laufzeit von einer Stunde gegenüber den erzielten Temperaturen verhält, ist in Tab. 1

veranschaulicht. Bei annähernd gleichen Energieverbräuchen werden mit dem auf R-744 umgerüsteten Umlaufkühler im Umgebungstemperaturbereich von 10 °C bis 30 °C (bei konstantem Wärmeeintrag von 200 W) niedrigere Badendtemperaturen erreicht.

Vergleichsmessungen bei 40 °C konnten nicht vorgenommen werden, da es während der Anlaufphase bei dem mit R-744 betriebenen Umlaufkühler auf der Hochdruckseite zur Drucküberschreitung des festgelegten Grenzwertes von 120 bar kam. Die Ursache hierfür ist in einem ungünstigen Verhältnis der inneren Volumina zwischen Hochdruck- und Niederdruckseite zu sehen. Ein größer ausgelegter Gaskühler könnte hierbei für Abhilfe sorgen, was jedoch konstruktive und bauliche Änderungen am Gerätegehäuse erforderlich macht.



**3** Versuchsaufbauten und Messplatz für Vergleichsmessungen (links R-744 Umlaufkühler, rechts R-507-Umlaufkühler mit externem Temperiergefäß verbunden)

**Temperierschrank**

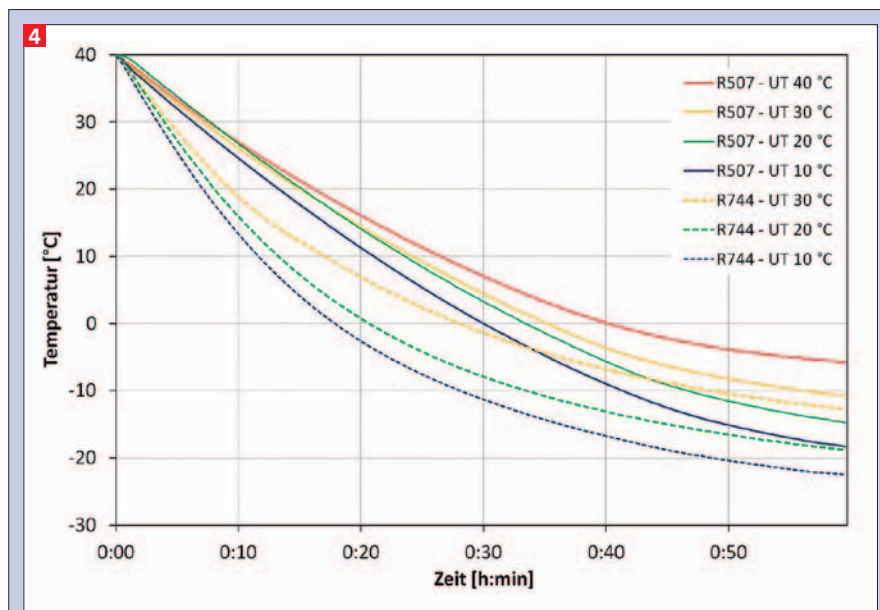
Der Aufbau des Kältekreislaufes zum Temperierschrank mit einem zu temperierenden Volumen von 750 l verlief in Analogie zu dem in Abb. 3 dargestellten Schema.

Der Einbau und Test der Heißgaseinspritzung zur gezielten Temperatursteuerung erfolgte in einer zweiten Ausbaustufe, nachdem die optimalen Geräteparameter ermittelt und erste vergleichende Tests mit dem Kältekreislauf des Seriengeräts vorgenommen wurden. Als Einspritzsystem kam eine druckgeregelte Doppelkapillareinspritzung zur Anwen-

dung, bei der in Abhängigkeit des Verdichterenddrucks eine Sekundärkapillare über ein CO<sub>2</sub>-Magnetventil zu- bzw. abgeschaltet wurde.

Die Vergleichsmessungen der beiden Kühlaggregate erfolgten auf der Geräteplattform des Temperierschranks, bei dem der Verdampfer von einer Isolierbox umschlossen ist (siehe Abb. 5 zur R-744-Variante). Eine Öffnung am Isolierboxoberteil diente zur Aufnahme eines Heizlüfters, über den definierte Wärmemengen zugeführt wurden.

Die in Tab. 2 aufgeführten Vergleichsergebnisse beziehen sich auf eine Umgebungstemperatur von 21 °C. Bei nahezu gleichem Energieverbrauch werden für die Messungen mit Wärmeeinträgen bis 400 W nach einer Stunde Laufzeit niedrigere Endtemperaturen erzielt. Im Fall von 700 W Wärmeeintrag kommt die größere Kälteleistung des R-134a Verdichters zum Tragen, der gemäß Abb. 1 die größere Kälteleistung bei höheren Verdampfertemperaturen aufweist. Somit kommt es – bei höherem Energieverbrauch – zur stärkeren Abkühlung im Vergleich zur R-744-Variante.



Abkühlkurven (Badtemperatur) im Vergleich

Da in dem auf R-744 umgerüsteten Temperierschrank eine Temperaturregung zunächst nur durch Ein- und Ausschalten des Kompressors erfolgen konnte, wurde eine Heißgasbypassrege-

lung in den Kältekreislauf integriert. Der Aufbau erfolgte mit einem CO<sub>2</sub>-Magnetventil, wie es auch für die Doppelkapillareinspritzung zum Einsatz kam. Ein elektronischer Pulswandler diente zur

Erleben Sie schon heute,  
was morgen alle haben wollen!



Kälte. Wärme.  
Innovationen.

In 35 Jahren Unternehmensgeschichte war DK immer wieder Branchen-Erster bei Entwicklungen, die sich schnell etabliert haben: DK liefert individuelle Lösungen einerseits für die Wärmerückgewinnung zur Trink- und Heizwasser-Erwärmung und andererseits für die Kaltwasser- und Kaltsole-Bereitung zur individuellen Kühlung.

Als Kälteanlagenbauer kennen Sie den steigenden Anspruch des Endkunden an energie- und damit kosteneffiziente Anlagen. Sehen Sie sich deshalb schon heute die Lösungen an, die Ihre Kunden spätestens morgen verlangen werden!

Besuchen Sie uns auf der Chillventa 2014.  
Wir freuen uns sehr auf Ihren Besuch!

CHILLVENTA

14. – 16.10. '14  
Halle 5  
Stand 115

Ansteuerung des Magnetventils. Die Einstellparameter für das optimale Ventilöffnungsverhalten wurden empirisch ermittelt. In Abb. 6 ist für einen konkreten Fall der Temperaturverlauf des Luftstroms im Lüftermantel des Temperierschranks für eine Zieltemperatur von 0 °C sowie die gemessene Verdampfer-temperatur aufgetragen. Für die Temperatur des Lüftermantels ergeben sich hierbei Temperaturschwankungen, die unterhalb von 0,1 K liegen.

Es sei jedoch angemerkt, dass die Heißgaseinspritzung als Variante zur Temperatursteuerung keine wirklich energieeffiziente Methode ist. Allerdings wird sie noch immer bei einer Vielzahl von Geräten auch bei Einsatz von fluorierten Kältemitteln angewendet. Sobald jedoch auf dem Markt geeignete frequenzgeregelte Hermetikverdichter kleiner Leistung für R-744 zur Verfügung stehen, werden sich bei der Temperaturregelung für Kleingeräte weitere Einsparungspotenziale im Umgang mit Kohlendioxid als Kältemittel ergeben.

### Zusammenfassung und Fazit

In dem durchgeführten Projekt wurde der mögliche Einsatz des natürlichen Kältemittels R-744 in Laborkühlgeräten untersucht.

Die Gegenüberstellung der Leistungsdaten zweier in Serie gefertigter Laborgeräte mit den jeweiligen auf R-744 umgerüsteten Gerätevarianten veranschaulicht, dass Kohlendioxid ein sinnvolles Alternativkältemittel für die Kleingeräte-kühlung darstellt. Mit den durchgeführten Tests an Laborgeräten konnte gezeigt werden, dass sich unter Labor-Klimabedingungen im Vergleich zu fluorierten Kältemitteln energiesparendere Kühlergebnisse erzielen lassen. Bei Umgebungsbedingungen mit erhöhten Temperaturen oberhalb von 30 °C sind jedoch bei Einsatz von Kohlendioxid im Vergleich zu anderen bisher verwendeten Kältemitteln Verschlechterungen der Kühlergebnisse in Kauf zu nehmen.

Insgesamt hat sich die R-744-Laborgeräteumrüstung als sehr vielversprechend herausgestellt und lässt sich auch auf andere Anwendungen in der Kleingeräte-kühlung übertragen.

Durch die Vermeidung des Einsatzes fluorierter Kältemittel und durch eine bessere Energieeffizienz beim Einsatz von R-744 lässt sich die globale Freisetzung von Treibhausgasen deutlich reduzieren.

Der Aufbau weiterer seriennaher Prototypen und die Untersuchung der Energieeffizienz in Form von Langzeittests in der Klimakammer sollen nachfolgende, weitere wichtige Schritte zur Umsetzung der im Rahmen des Projektes entwickelten Erfahrungen und Technologien sein.

### Danksagung

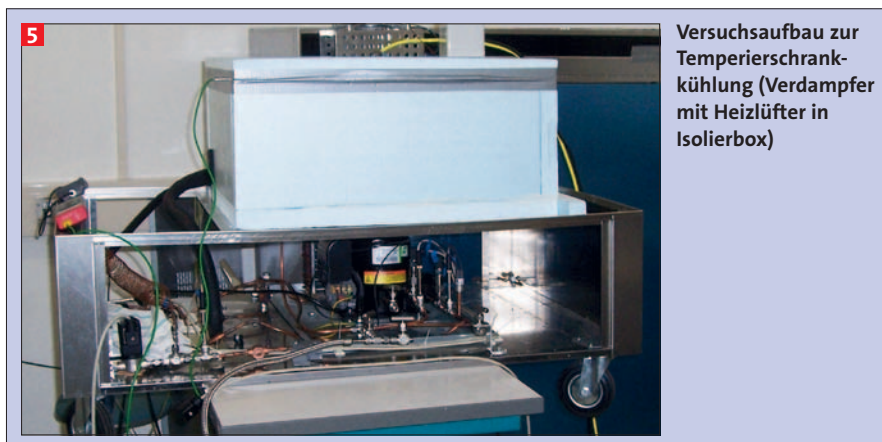
Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Unterstützung der Studie durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (F&E-Projekt-Reg.-Nr. MF110116 "Kohlendioxid als Kältemittel für Laborkühlgeräte") sowie bei den Laborgerätefirmen, die ebenfalls die Arbeit finanziell und gerätetechnisch unterstützten.

### Abkürzungen und Formelzeichen

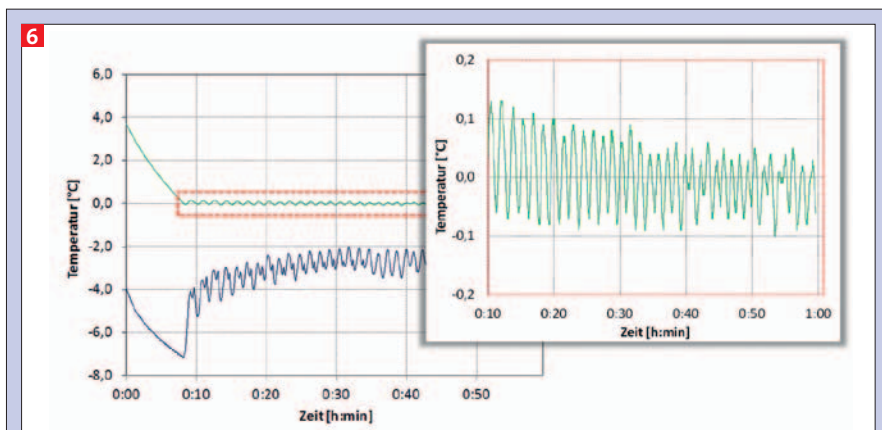
GWP	Global warming potential
POE	Polyolester
ID	Innendurchmesser
UT	Umgebungstemperatur
p	Druck
T	Temperatur

### Literatur

- [1] Eurammon: Kohlendioxid – CO<sub>2</sub> – R-744 – (Kohlensäure): Geschichte eines interessanten Stoffes. <http://www.eurammon.com/download/eura15.pdf>
- [2] Azar, A.: The Coca-Cola Company – Sustainable Refrigeration. ATMOSphere Conference, Brüssel, 11.-12. Oktober 2011
- [3] Amtsblatt der Europäischen Union vom 20. Mai 2014: „VERORDNUNG (EU) Nr. 517/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTES UND DES RATES vom 16. April 2014 über fluorierte Treibhausgase und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006“
- [4] Forschungsrat Kältetechnik: FKT 126/05 CO<sub>2</sub>KreisPlus, Version 1.2 Programm zur Berechnung ein- und zweistufiger Kälteanlagen. Frankfurt, Oktober 2007
- [5] Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH: Programm für Kältemittel-Stoffdaten. Stoffdatenbibliothek „ASEREP“ und Interfacemodul „REFLIB“. ILK, Dresden, 1997
- [6] DIN 2413:2011-06, Titel (deutsch): Nahtlose Stahlrohre für öl- und wasserhydraulische Anlagen – Berechnungsgrundlage für Rohre und Rohrbögen bei schwelender Beanspruchung. Beuth Verlag GmbH, Berlin



Versuchsaufbau zur Temperierschränk-kühlung (Verdampfer mit Heizlüfter in Isolierbox)



Regelung der Heißgaseinspritzung über die Luftstromtemperatur im Lüftermantel (grüne Linie) des Temperierschranks sowie der Verlauf der zugehörigen Verdampfer-temperatur (blaue Linie)

# YOU ARE **IN GOOD HANDS**

**We have  
skills and  
abilities!**



**We have  
many enterprises,  
big impacts!**



**EURO  
BLECH**

21-25 October 2014 | Hanover, Germany

Visit us @ **Hall 15 B06**

**AMB**  
International exhibition  
for metal working  
16. - 20.09.2014  
MESSE STUTTGART

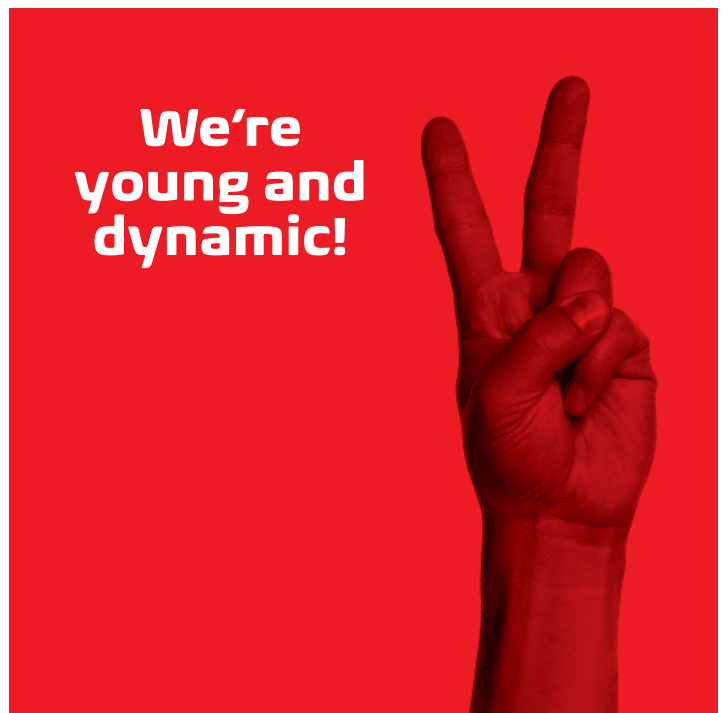
Visit us @ **Hall 5 SD51**

 **TURKISH  
MACHINERY**

**We're highly  
qualified and  
standardized!**



**We're  
young and  
dynamic!**



**[www.turkishmachinery.org](http://www.turkishmachinery.org)**