

Technische IFL-Mitteilung

Nr. 17/2021

Die IFL e. V. informiert regelmäßig über aktuelle Entwicklungen aus den Bereichen Fahrzeugtechnik und Lackierung

CO₂ (R744) Klimakältemittel und Thermomanagementsysteme für HV-Fahrzeuge-Herstellerübergreifend

In konventionellen Fahrzeugen wird die Abwärme des Motors bei niedrigen Temperaturen für die Erwärmung der Fahrgastzelle verwendet. Im Sommer sorgt die Klimaanlage hier für kühle Temperaturen. Bei Elektrofahrzeugen fehlt die Abwärme eines Verbrenners zur Beheizung bei niedrigen Temperaturen, deshalb müssen gerade im Winter elektrische Heizungen eingesetzt werden. Der Strombedarf dieser elektrischen Heizungen verringert jedoch die Fahrzeugreichweite enorm.

Die Wärmepumpe als Lösung

Häufig setzen Fahrzeughersteller zur Reichweitenoptimierung auf eine Wärmepumpe, da diese energiesparender ist als eine elektrische Heizung allein. Für sechs bis sieben kW Heizleistung wird nur 1 kW elektrische Energie benötigt. In E-Fahrzeugen übernimmt bekanntlich das Thermomanagement nicht nur die Temperierung des Innenraums, sondern konditioniert auch die Hochvoltbatterie für optimale Lebensdauer und Reichweite. Hier hat die Nutzung einer Wärmepumpe den Vorteil, dass nur ein System für das Thermomanagement verwendet werden muss, da sich damit bei Bedarf kühlen oder heizen lässt.

Was ist eine Wärmepumpe?

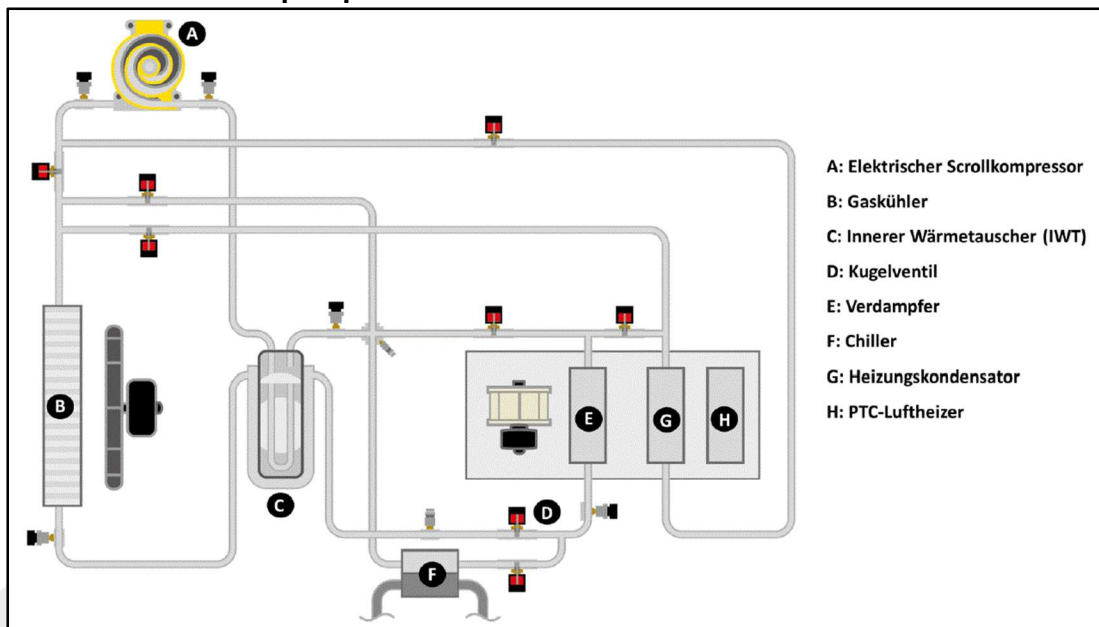


Bild 1: Aufbau R744 (CO₂) Wärmepumpe MEB-Baureihe VW

**Interessengemeinschaft
für Fahrzeugtechnik und
Lackierung e. V.**
Grüner Weg 12
61169 Friedberg

Telefon: +49 (0)6031 - 79 47 90
Telefax: +49 (0)6031 - 79 47 910

E-Mail: info@ifl-ev.de
Internet: www.ifl-ev.de

USt-IdNr.: DE305495485

Bankverbindung:
Frankfurter Volksbank eG
IBAN: DE69 5019 0000 6301 0156 80
BIC: FFVBDEFF

Vereinsregisternummer:
Amtsgericht Friedberg/Hessen
VR 2926

Vertreten durch den Vorstand:
Peter Börner, Mühlheim am Main
Wilhelm Hülsdonk, Voerde
Paul Kehle, Einselethum

Geschäftsführer:
Thomas Aukamm

-2-

Die Wärmepumpe funktioniert analog einer konventionellen Klimaanlage, mit dem Unterschied, dass die Wärme nicht nur aus der Fahrgastzelle ins Freie abgeführt wird, sondern auch in die Fahrgastzelle hineingebracht werden kann. Durch den Entzug der Wärmeenergie aus der Außenluft und einem geringen Anteil elektrischer Energie für den Antrieb des Klimakompressors, erreichen E-Fahrzeuge mit Wärmepumpe im Winter je nach Betriebssituation eine bis zu 20% höhere Reichweite gegenüber E-Fahrzeugen mit einer einfachen elektrischen Heizung.

Der größte Nachteil beim Betrieb von Wärmepumpen mit den üblichen chemischen Kältemitteln R134a und R1234yf ist jedoch, dass der Umgebungsluft bei Außentemperaturen von unter -10°C keine Wärme mehr entnommen werden kann. Die Anlagen werden ab diesen Temperaturen abgeschaltet und die Batterie und der Innenraum müssen wieder über den Zusatzheizer (elektrisch) aufgewärmt werden. Die Kältemittel R134a und R1234yf wurden für die Kühlung bei hohen Außentemperaturen und nicht für das Heizen bei Minusgraden entwickelt.

Als erster Hersteller hat nun Volkswagen für seine E-Fahrzeuge eine Wärmepumpe entwickelt, die mit CO_2 (R744) befüllt ist und damit einen entscheidenden Vorteil hat. Diese Anlagen funktionieren auch bei Temperaturen unter -20°C .

Bisher verwendeten Fahrzeughersteller das Kältemittel R744 (CO_2) nur in Kleinserien der Oberklasse. Der Hauptgrund dafür: Die Verwendung von CO_2 in einer normalen Klimaanlage ist technisch aufwendig und somit teuer, ohne einen weiteren Zusatznutzen zu bringen. Mercedes-Benz hat dies beispielsweise 2016 mit der S- und E-Klasse eingeführt. Die Produktion der Klimaanlage mit R744 wurde aber bereits nach zwei Jahren wieder eingestellt.

Aktuell hat Volkswagen mit der neuen MEB-Plattform (modularer E-Antriebs-Baukasten) eine CO_2 -Wärmepumpe im Markt eingeführt. Mit dem derzeit noch aufpreispflichtigen Einsatz in Fahrzeugen, wie dem ID3, dem ID4, dem Škoda Enyaq und dem Audi Q4 wird diese Technologie bald zum Werkstattalltag gehören.

Die Eigenschaften von CO_2 (R744) als Kältemittel: Vor- und Nachteile

Das wichtigste Argument für eine mit CO_2 betriebene Wärmepumpen ist die Möglichkeit, auch bei Temperaturen unter -10°C noch Energie aus der Umgebungsluft zum Heizen entnehmen zu können.

Ein weiterer positiver Aspekt ist, dass CO_2 nicht nur ein natürlicher Bestandteil der Luft ist, sondern auch, dass die Kältemittelanbieter das R744 nicht neu herstellen müssen. Denn CO_2 -Kältemittel lässt sich beispielsweise in Anlagen der Chemieindustrie als Nebenprodukt gewinnen.

Neben dem Vorteil der Klimaneutralität hat das R744 eine weitere positive Eigenschaft; Es transportiert deutlich mehr Wärme pro Kilogramm Flüssigkeit als beispielsweise R1234yf. Darüber hinaus ist es nicht brennbar und bildet keine gesundheitsgefährdenden Dämpfe.

Dank der sehr niedrigen Siedetemperatur von CO₂ (-78,7°C) kann also der Umgebung noch bei tiefen Temperaturen Energie entnommen werden. Gleichzeitig bedeutet dies, dass die Dampf- und Verflüssigungsdrücke bei CO₂-Klimaanlagen im Vergleich zu bekannten R134a- bzw. R1234yf Klimaanlagen wesentlich höher sein müssen. CO₂ Anlagen erreichen im Betrieb Drücke bis zu 130 bar. Daher müssen die Komponenten und Verbindungsstellen entsprechend druckstabil ausgelegt sein. Die geringe Molekülgröße von CO₂ erfordert den Einsatz von metallisch beschichteten Dichtungsringen und speziellen Schlauchleitungen, um Leckagen auf ein Minimum zu reduzieren.

Kommt es zu einem schlagartigen Kältemittelverlust in der Fahrgastzelle, so würde das CO₂ den vorhandenen Luftsauerstoff verdrängen und die Insassen so in Atemnot bringen. Aus diesem Grund besitzen R744 Systeme einen CO₂ Sensor in der Fahrgastzelle, der im Notfall die Fenster öffnet. Zudem können Akustikprobleme auftreten, da die hohen Drücke Pulsationen und somit Geräusche verursachen.

Unterschiedliche Eigenschaften der Kältemittel

Merkmale	R744	R1234yf
Kältemittelart	Natürlich	Chemisch
Chemische Formel	CO ₂	C ₃ H ₂ F ₄
Chemische Bezeichnung	Kohlenstoffdioxid	Tetrafluorpropen
Siedepunkt (bei Umgebungsdruck)	-78,7 °C	-29,5 °C
Verdampfungstemperatur 0 °C	33,85 bar	2,16 bar
Kritische Temperatur	31 °C	94,7 °C
Kritischer Druck	73,75 bar	33,82 bar
Treibhauseffekt (GWP-Wert)	1	4
Zersetzungsprodukte	keine	TFA (Trifluoressigsäure)
Kältemittelgruppe	A1	A2L
Entzündlichkeit	Nicht brennbar	Schwer Entflammbar
Farbe	klar und transparent	klar und transparent
Geruch	Kein Eigengeruch	Schwacher Eigengeruch

Bild 2: Unterschiedliche Eigenschaften der Kältemittel (Quelle: klimacheck.com)

Was kommt auf die Betriebe zu?

Momentan macht die Ausstattungsquote der R744 Wärmepumpe, z. B. bei der ID-Serie, mit ca. 20% nur einen kleinen Marktanteil aus. Die Modellvarianten werden jedoch zunehmen. Auch der Fahrzeughersteller Ford wird zukünftig Elektrofahrzeuge auf der Volkswagenplattform MEB bauen. Der Marktanteil von Fahrzeugen mit R744 Wärmepumpen wird somit stetig steigen.

Zu den bereits in den Reparaturfachbetrieben vorhandenen Klima- Servicegeräten für R134a bzw. R1234yf kommen also zusätzliche Investitionen für ein R744 Klimatestservicegerät hinzu. R744 Klimatestservicegeräte der Hersteller AVL DiTest und Texa kosten derzeit aktuell zwischen 7.500,- und 9.500,- Euro (Stand 06/2021).

Weitere Informationen

Grundsätzlich müssen R744-Klimaanlagen nach einem Unfallschaden, bei dem es zu einem schlagartigen Austritt des Kältemittels gekommen ist, gespült werden. Aufgrund des hohen Anlagendrucks wird ein Großteil des Kältemaschinenöls bei einer Leckage mit aus der Anlage gerissen. Da nicht erkennbar ist, wieviel Öl verloren gegangen ist, muss das gesamte System gespült werden, um im Anschluss kontrolliert die notwendige Menge an Öl in die Anlage einzubringen. Die korrekte Öl-Füllmenge ist erforderlich, um eine konstante Funktion der Anlage zu gewährleisten.

Das in den R744 Klimaanlagen verwendete Kohlendioxid (CO₂) ist ein Technisches Kohlendioxid 3.0, welches nicht vergleichbar ist mit dem CO₂ aus z. B. Bierzapfanlagen. Es besitzt eine Reinheit von 99,9 % und einen Wassergehalt von max.15 ppm. Aufgrund der geringen Gasdichte und der hohen Drücke entweicht CO₂ bei einem Defekt viel schneller aus der Klimaanlage als die herkömmlichen Kältemittel R134a oder R1234yf.

Weitere TeMis zum Thema Klimaanlagen

Mit den IFL-Technischen Mitteilungen 2/2015, 9/2015, 10/2015, 31/2015 sowie 9/2016 haben wir auf die klimatechnischen Besonderheiten der unterschiedlichen Klimakältemittel, die gesetzlichen Vorgaben und deren Änderungen z. B. in Bezug auf die Dichtigkeitsprüfungen, zu technische Lösungen im Umgang mit den unterschiedlichen Klimakältemitteln (Klimakältemittelanalyse) sowie über die Notwendigkeit von technischen Schulungen für die Mitarbeiter/innen informiert. Alle oben benannten IFL-TeMis orientieren sich am aktuellen Stand der Technik sowie der aktuellen Gesetzgebung.

Fazit IFL

Nach unseren Recherchen gibt es für die, speziell im Umgang mit CO₂-Wärmepumpen erforderlichen Arbeitsschritte, aktuell keine Informationen der Fahrzeughersteller. Entsprechend gibt es derzeit auch keine Arbeitspositionen in den gängigen Kalkulationssystemen. Nutzen Sie bei Kalkulationen bzw. Abrechnungen alternativ „Eigene-Positionen“, „Nicht-Standard-Positionen“ oder „IFL-Positionen“, soweit vorhanden. Dokumentieren Sie die Arbeitsschritte als Nachweis für die durchgeführten Arbeiten.

Beim Thema „Kältemittel“ sollten die Reparaturfachbetriebe den Focus nicht nur auf R134a oder R1234yf beschränken. Mit dem Kältemittel R744 (CO₂) bieten sich die Möglichkeit neue Geschäftsfelder zu erschließen und sich somit im Markt als Spezialist zu positionieren.

Weiterführende Informationen erhalten Sie z. B. unter www.klimacheck.com.

Ihr IFL-Team

IFL e.V. Friedberg, 2021
Urheberrechtlich geschützt – alle Rechte vorbehalten.

**Interessengemeinschaft
für Fahrzeugtechnik und
Lackierung e. V.**
Grüner Weg 12
61169 Friedberg

Telefon: +49 (0)6031 - 79 47 90
Telefax: +49 (0)6031 - 79 47 910

E-Mail: info@ifl-ev.de
Internet: www.ifl-ev.de

USt-IdNr.: DE305495485

Bankverbindung:
Frankfurter Volksbank eG
IBAN: DE69 5019 0000 6301 0156 80
BIC: FFBVDEFF

Vereinsregisternummer:
Amtsgericht Friedberg/Hessen
VR 2926

Vertreten durch den Vorstand:
Peter Börner, Mühlheim am Main
Wilhelm Hülsdonk, Voerde
Paul Kehle, Einselfthum

Geschäftsführer:
Thomas Aukamm