

Symposium Standklimatisierung, FH Karlsruhe, 17. Sept. 2004

Vortrag von H. K.-M. Bouchalat und R. Ritter,  
Firma Behr GmbH & Co., Stuttgart

**Integrierte Standklimatisierung im Nutzfahrzeug**

**Die kombinierte Fahr- und Standklimatisierung von Behr GmbH & Co. ist vollständig in die Fahrzeugklimaanlage integriert. Dadurch können die vorhandenen Elemente zur Regelung, Förderung, Verteilung, Temperierung und Reinigung der Luft auch im Standbetrieb genutzt werden. Die Abkühlung der Kabine erfolgt in diesem Fall durch den Kältespeicher - bis zu acht Stunden lang! Die Standklimatisierung erhöht neben Komfort und Leistungsfähigkeit des Fahrers auch die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Fahrbetriebes.**

## 1. Einleitung

Die Relevanz von einer Klimatisierung im Nutzfahrzeug ist nicht mehr zu erläutern. Zahlreiche physiologische Untersuchungen [1] zeigen, dass erhöhte Temperaturen eine Belastung für den Fahrer darstellen und seine Reaktivität mindern.

Auch im Standbetrieb, bei langen Wartezeiten, die im Fernverkehr oft mehrere Stunden dauern können, oder nachts wenn der Fahrer in der Kabine schlafen muss, ist ein angenehmes Klima in der Kabine die Voraussetzung für Komfort und für eine richtige Erholung. Eine Umfrage von Behr GmbH & Co. im Jahr 2003 bei zahlreichen Fernverkehrsfahrern zeigte ein zunehmendes Interesse für die Standklimatisierung, die von einer großen Mehrheit der befragten Personen als erforderlich empfunden wurde.

Behr GmbH & Co. hat eine Standklimaanlage für Nutzfahrzeuge entwickelt, die vollständig in die Fahrklimaanlage integriert ist [2]. Dieses System wurde gemeinsam mit der Firma MAN Nutzfahrzeuge GmbH im Jahr 2003 auf dem Markt gebracht und ist momentan im Fahrzeug MAN TG-A erhältlich.

## 2. Allgemeine Beschreibung

### 2.1 Systemaufbau

Die integrierte Fahr- und Standklimaanlage besteht aus zwei Kreisläufen. Ein konventioneller Kältemittelkreislauf mit R134a besteht aus einem Kompressor, einem Kondensator, einem Flüssigkeitsbehälter, einem Expansionsventil und einem neuartigen Verdampfer.

Der sekundäre Kreislauf setzt sich zusammen aus dem erwähnten Verdampfer sowie einer Regel- und Verteileinheit, einem Kältespeicher, einem Wärmetauscher im Klimagerät und einem Ausgleichsbehälter. Er wird mit einem Kälte-träger, einer Wasser-Glysantin-Mischung, befüllt. Der Verdampfer ist die Schnittstelle zwischen den beiden Kreisläufen und befindet sich außerhalb des Klimagerätes.

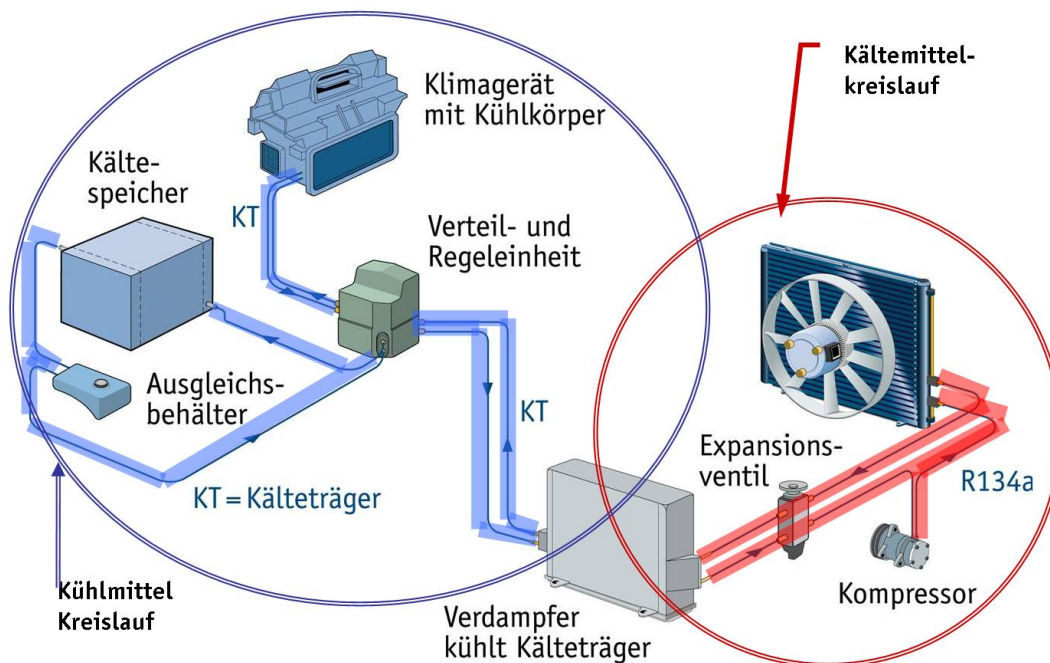


Abbildung 1: Systemaufbau

## 2.2 Funktionsprinzip

Die Kälte wird bei laufendem Motor durch den Kältekreislauf mit Kältemittel R134a erzeugt. Der Kompressor wird dabei wie üblich vom Motor mechanisch getrieben. Das Kältemittel verdampft im Verdampfer und kühlt dabei den Kälte-träger ab. Im sekundären Kreislauf wird der Kälte-träger von der Verteil- und Regeleinheit gesteuert und verteilt. Zwei Teilkreisläufe können unabhängig voneinander durch die Verteileinheit geregelt werden: einer über einen Wärmetauscher im Klimagerät, den so genannten Kühlkörper, der die Kabinenluft (Frischluft oder Umluft) abkühlt und entfeuchtet; der andere über den so genannten Kältespeicher.

Im Fahrbetrieb, sobald die Temperatur in der Kabine dem Wunsch des Fahrers entspricht und sich stabilisiert, liefert der Kältemittelkreislauf mehr Kälteleistung als für die Klimatisierung der Kabine erforderlich. Der nicht benötigte Teil der Kälteleistung wird zur Beladung des Speichers genutzt.

Im Standbetrieb wird die Kabine über den Kühlkörper durch die im Kältespeicher gespeicherte „Kälte-Energie“ abgekühlt. Die Kälte- und die Luftmengezufuhr in die Kabine werden weiterhin vom System automatisch geregelt. Um eine zu starke Abkühlung im Nachtbetrieb zu verhindern, kann der Speicher gänzlich abgeschaltet werden und das Gebläse kann nur noch phasenweise betrieben werden.

### 3. Vorstellung der Hauptkomponenten

#### 3.1 Verdampfer



Es handelt sich um einen Plattenverdampfer, der speziell für diese Anwendung ausgelegt wurde. In diesem Wärmetauscher verdampft wie üblich mit niedrigem Druck das Kältemittel R134a und nimmt Wärme auf. Im Gegensatz zu konventionellen Verdampfern im Klimagerät wird nicht Luft sondern ein Wasser-Glysantin-Gemisch abgekühlt.

Er liegt außerhalb des Klimagerätes am besten in der Nähe der Verteileinheit, um thermische Verluste in Leitungen zu minimieren. Er wird durch ein dickes Gehäuse aus expandiertem Polypropylen (EPP) selber thermisch isoliert. Der Verdampfer wiegt ohne Wasser-Glysantin ungefähr 9 kg und hat eine Höhe von 350 mm.

Das Expansionsventil ist als Blockventil ausgeführt und am Verdampfer montiert.

Abbildung 2: Verdampfer

#### 3.2 Kältespeicher

Der Kältespeicher besteht aus einem isolierten Gehäuse und einer Anzahl von Speicherelementen mit dazwischen liegenden Strömungskanälen für den Kälte-träger. In den Einzelelementen befindet sich Wasser, das durch Einfrieren „Kälte“ speichern kann. Die Speicherelemente bestehen aus Zellen, die dicht nebeneinander in der Form von Bienen-Waben konstruiert wurden (siehe Abbildung 4).

Die Größe des Kältespeichers ist im Zusammenhang mit dem Kältebedarf der Anwendung zu definieren. Eine Kapazität von 5 kWh wurde festgelegt. In diesem Fall hat der Speicher eine Basis von 450 x 600 mm und eine Höhe von 400 mm. Das komplette Bauteil ohne Wasser-Glysantin wiegt ca. 60 kg und kann im Fahrzeug in einem Stauraum hinter dem Fahrer eingebracht werden oder am Rahmen befestigt werden.

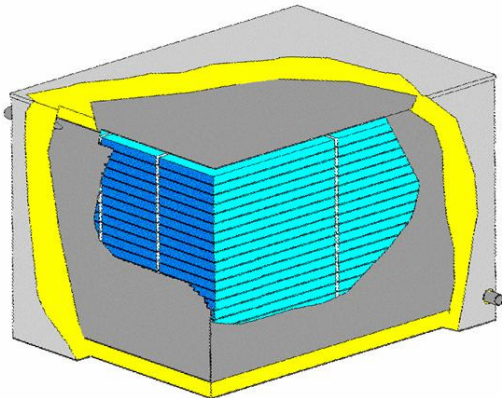


Abbildung 3: Kältespeicher



Abbildung 4: Speicherelement

### 3.3 Kühlkörper im Klimagerät

Der Kühlkörper ersetzt im Klimagerät den üblichen Verdampfer, wo die Luft für das Fahrerhaus abgekühlt und entfeuchtet wird.

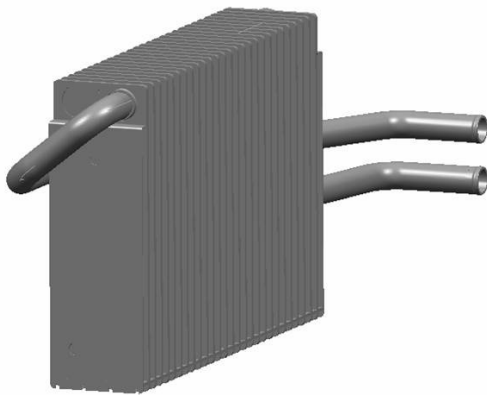


Abbildung 5: Kühlkörper

Von seiner Bauart her entspricht er einem üblichen Verdampfer ohne Expansionsventil. Vorteile dafür sind eine kostengünstige Fertigung, die gleichen Abmessungen für den Block und deswegen eine perfekte Austauschbarkeit von beiden Wärmetauschern im Klimagerät ohne Änderung der Gehäuseteile. Je nach Auftrag wird in der Montagelinie ein Klimagerät für eine übliche Klimaanlage oder für eine integrierte Standklimaanlage produziert.

### 3.4. Verteileinheit

Die Regel- und Verteileinheit steuert die Menge an Wasser-Glysantin durch zwei 4-Wege-Regelventile, die speziell für diese Anwendung entwickelt worden sind. Regelventile werden mit Schrittmotoren betrieben (siehe Abbildung 7). Die Verteileinheit enthält Temperatursensoren, die eine automatische Steuerung der Regelventile je nach Betriebsart ermöglichen.

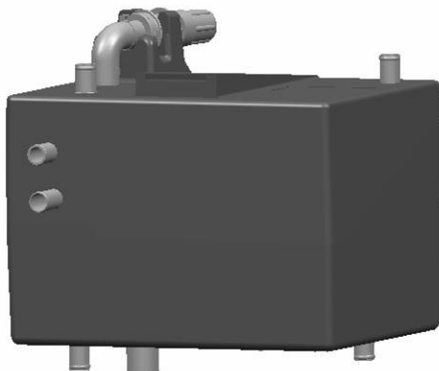


Abbildung 6: Verteileinheit



Abbildung 7: Regelventil kpl

Zwei Wasserpumpen fördern den Kälteflüssigkeit bei Klimabetrieb und sorgen für einen ausreichenden Durchfluss durch den Verdampfer, um die im primären Kältemittelkreislauf erzeugte Kälteleistung abzuführen. Im Standbetrieb wird die Pumpenleistung reduziert.

### 3.5 Ausgleichsbehälter

Der Ausgleichsbehälter ist ein projektspezifischer Kunststoff-Behälter mit einer Öffnung für den Druckausgleich. Der sekundäre Kreislauf funktioniert ohne Druck.

Eine Kontrolle der Menge an Kälteflüssigkeit im Kreislauf ist visuell am Niveau von der Flüssigkeit im Behälter möglich.

## 4. Bedienung

Die Bedienung durch den Fahrer ist einfach. Be- und Entladung des Speichers kann durch simple Schalterbetätigung erfolgen; die Standklimatisierung wird durch einen Taster aktiviert. Die Einstellung der Klimaanlage erfolgt in allen Fällen mittels Klimabediengerät.

Je nach Bedienkonzept sind die Lage und die Auswahl der Schalter oder Taster frei wählbar: sie können im Klimabediengerät integriert werden oder zwischen Liege und Fahrersitz angebracht werden, so dass aus beiden Positionen ein Fahrer sie bequem bedienen kann.

Durch integrierte Leuchtdioden in den Schaltern erkennt der Fahrer, wie stark der Kältespeicher geladen wird, ob er voll beladen ist und in welcher Betriebsart sich das System befindet.

## 5. Betriebsarten im Überblick

### 5.1. Klimatisierung der Kabine und Beladung vom Kältespeicher

Durch Einschalten der AC-Funktion im Klimabediengerät wird die Kabine wie gewünscht klimatisiert. Die Überschuskkälteleistung wird automatisch dem Speicher zugeführt. Die Regelventile in der Verteileinheit regeln kontinuierlich die Massenströme in allen Teilkreisläufen vom sekundären Kreislauf.

### 5.2 Reine Klimatisierung der Kabine ohne Beladung vom Kältespeicher

Wenn der Speicher komplett beladen ist, oder wenn die Klimatisierung im Stand nicht erwünscht wird, zum Beispiel für eine Fahrt ohne Übernachtung im Fahrzeug, wird der Kältespeicher nicht mehr durchgeströmt. Die Anlage arbeitet wie eine normale Klimaanlage. Es wird soviel Kälte durch den Kompressor erzeugt, wie in der Kabine benötigt.

### 5.3 Nur Beladung vom Kältespeicher

Umgekehrt, wird keine Klimatisierung der Kabine gewünscht, so kann der Speicher zügig beladen werden. In diesem Fall wird der Kühlkörper nicht mehr durchgeströmt.

### 5.4 Schnellere Klimatisierung der Kabine mit Entladung vom Kältespeicher

Die schnelle Klimatisierung mit Entladung vom Kältespeicher ist möglich aber sie ist keine Standard Funktion. Nach Beladung des Kältespeichers, kann das System die gespeicherte Kälte für eine schnellere Abkühlung der Kabine im Fahrbetrieb einsetzen.

### 5.5 Standklimatisierung (Motor aus)

Im Standbetrieb wird die Kälte vom Speicher abgenommen. Der Kälteträger wird mit reduzierter Pumpenleistung durch den gesamten sekundären Kreislauf gefördert.

## 6. Auslegung der Standklimatisierung

### 6.1. Leistung

Die Leistung der integrierten Standklimaanlage von Behr GmbH & Co. wurde bei Sommer-Straßentests in den Jahren 1999 - 2003 geprüft. Dabei zeigte sich, dass mit dem neuen Klimasystem sowohl bei der Fahrt als auch im Stand ein Komfort erreicht wird, wie er für eine gute herkömmliche Klimaanlage im Fahrbetrieb typisch ist. In kurzer Zeit kann im Fahrbetrieb der Speicher beladen werden: 75 bis 90 Minuten bei der Schnellbeladung ohne Kabinenklimatisierung; 2 bis 4 Stunden im Fahrbetrieb mit Klimatisierung und normaler Einstellung der Anlage, d.h. ohne extreme Anforderung an die Kälteleistung. Die Kapazität des Kältespeichers entspricht 5 kWh. Acht Stunden lang sorgt die Standklimatisierung für ein angenehmes Klima in der Kabine (auf die Abbildung 8 unten bei ca. 22°C).

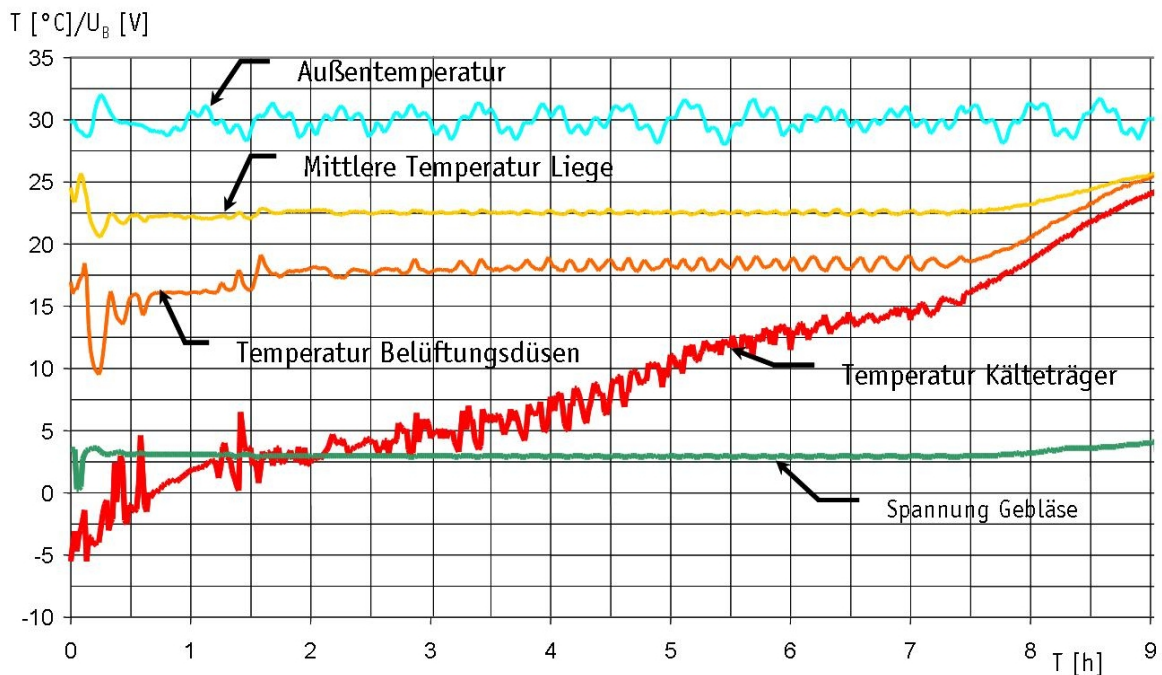


Abbildung 8: Standklimatisierung über Nacht

### 6.2. Kältemittelkreislauf

Je nach Betriebsart muss der Kältemittelkreislauf teilweise mit einem niedrigen Verdampfungsdruck bei Temperaturen bis  $-15^{\circ}\text{C}$  betrieben werden, um eine komplette Beladung vom Kältespeicher zu erreichen.

### 6.3. Elektrik

Elektrische Energie wird im Standbetrieb hauptsächlich für die Versorgung der Pumpen in der Verteileinheit und für das Gebläse im Klimagerät benötigt. Um den elektrischen Verbrauch zu minimieren wurden eine Reihe von Maßnahmen definiert: unter anderen Reduzierung der Pumpenleistung im sekundären Kreislauf und Begrenzung der maximalen Gebläseleistung.

Eine in der Regelelektronik integrierte Unterspannungsabschaltung stellt sicher, dass die Fahrzeugbatterie nicht tiefentladen wird und das Fahrzeug sicher wieder gestartet werden kann.

### 6.4. Frischluft / Umluft

Frischluft- und Umluftklappen werden in Abhängigkeit der Frischluft-Ansaugtemperatur und der Innentemperatur automatisch gesteuert.

Die Standklimatisierung erfolgt bei hohen Außentemperaturen meistens im Umluftbetrieb. Im Klimagerät wird dennoch regelmäßig Frischluft beigemischt.

### 6.5. Gewicht

Das Gesamtgewicht des Systems beträgt ca. 75 kg, zuzüglich ca. 20 kg für den Kälte Träger.

### 6.6. Service

Die integrierte Standklimaanlage fordert im Vergleich zu einer konventionellen Klimaanlage keinen erhöhten Wartungs- oder Bedienungsaufwand. In Rahmen der regelmäßigen Wartungsintervalle soll lediglich die Füllmenge des Kälte Trägerkreislaufes kontrolliert werden. Dazu wurden Medien aus der Automobilindustrie eingesetzt, die in allen Werkstätten erhältlich sind.

Ein Diagnose System ermöglicht die Kontrolle der elektronischen Komponenten durch die Vertragswerkstätten.

## 7. Vorteile der integrierten Standklimatisierung von Behr GmbH & Co.

Durch die Integration der Standklimaanlage in die Fahrklimaanlage werden viele Komponenten sowohl im Fahr sowie im Standbetrieb genutzt. Der Bauraum im Fahrerhaus wird dadurch sinnvoll genutzt.

Durch die Nutzung der optimierten Luftführung der Fahrzeugklimaanlage auch für die Standfunktion wird eine bestmögliche Luftverteilung in der Kabine bei einem niedrigen Geräuschniveau erreicht.

Die Temperaturregelung in der Kabine erfolgt im Standbetrieb automatisch und nützt die Algorithmen und Optimierungen der Regelung im Fahrbetrieb.

Die Bedienung durch den Fahrer ist einfach. Sie erfolgt hauptsächlich über das übliche Klimabediengerät und zwei zusätzlichen Schalter oder Taster. Kundenspezifische Grundeinstellungen sind möglich. Sonderfunktionen können integriert werden.

Die Wartung vom Standklimasystem ist minimal. Der eingesetzte Kälte-träger bestehend aus Wasser und Glysantin ist in allen Werkstätten erhältlich.

## 8. Zusammenfassung und Ausblick

Die integrierte Standklimatisierung von Behr GmbH & Co. verfügt über eine hohe Flexibilität und kann in jedem Nutzfahrzeug eingebaut werden. Gemeinsam mit dem Kunden werden der Aufbau vom System und die verschiedenen Betriebsarten definiert und angepasst. Die Hauptkomponenten vom System stehen kurzfristig zur Verfügung und können an speziellen Leistungsanforderungen angepasst werden.

Die Standklimaanlage erfüllt den Wunsch von vielen Fernverkehrsfahrern, über ein angenehmes Klima in der Kabine während Pausen und nachts zu verfügen. Zusätzlich zum Komfort wird auch die Erholung vom Fahrer sichergestellt, was auch einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Fahrerbetriebes darstellt.

## Literaturhinweise

[1] Taxis-Reischl, B.: Wärmebelastung und Fahrverhalten. In KI Luft- und Kältetechnik 7/2001, S. 324-327.

[2] Schmid, M.; Kleinschnitz, P.: Standklimatisierung von Nutzfahrzeugen. In ATZ 102 (2000) 9, S. 694-699.