

**BEHR**   
S E R V I C E

**MOTORKÜHLUNG UND  
FAHRZEUGKLIMATISIERUNG  
LAND- UND BAUMASCHINEN**



## Was ist Thermo Management?

Modernes Thermo Management umfasst die Bereiche Motorkühlung und Fahrzeugklimatisierung. Zu den wesentlichen Aufgaben zählen neben der Sicherstellung einer optimalen Motortemperatur in allen Betriebszuständen auch das Heizen und Kühlen des Fahrzeuginnenraums.

Dabei sind die beiden Bereiche nicht isoliert zu sehen. Bestandteile der beiden Baugruppen, die sich wechselseitig beeinflussen, bilden oftmals eine Einheit. Für ein effektives und effizientes Thermo Management müssen daher alle eingesetzten Komponenten bestmöglich aufeinander abgestimmt sein.

In der vorliegenden Broschüre möchten wir Ihnen einen Überblick über unsere modernen Klimasysteme mit ihrem technischen Hintergrund geben. In diesem Zusammenhang stellen wir nicht nur die Funktionsweise vor, sondern gehen insbesondere auch auf Ausfallursachen, Diagnosemöglichkeiten und Besonderheiten ein.

### Haftungsausschluss/Bildnachweis

Die Informationen in dieser Unterlage sind von dem Herausgeber u.a. nach Automobilhersteller- und Importeurangaben zusammengestellt worden. Dabei ist mit großer Sorgfalt vorgegangen worden, um die Richtigkeit der Angaben zu gewährleisten.

Der Herausgeber übernimmt jedoch für eventuelle Irrtümer und sich daraus ergebende Folgen keine Haftung. Dies gilt für die Verwendung von Daten und Informationen, die sich als falsch erweisen oder falsch dargestellt wurden oder Fehler, die versehentlich bei der Zusammenstellung der Daten entstanden sind. Ohne Einschränkung des zuvor genannten, übernimmt der Herausgeber keine Haftung für jeglichen Verlust hinsichtlich des Gewinns, Firmenwertes oder jedweden anderen sich daraus ergebenden, auch wirtschaftlichen, Verlust. Der Herausgeber übernimmt keine Haftung für Schäden oder Betriebsstörungen, die sich aus der Nichtbeachtung der Schulungsunterlage und der besonderen Sicherheitshinweise ergeben. Die in diesem Booklet gezeigten Bilder stammen zum großen Teil von den Firmen Behr GmbH & Co. KG und Behr Hella Service GmbH.

# INHALT

## Grundlagen der Klimatisierung

Klima-Check und Klima-Service	06
Klima- und Kühlungseinheit	07
Der Klimakreislauf	08
Komponenten des Klimasystems	09
Reparatur und Service	15
Aus- und Einbauhinweise	16
Fehlerdiagnose	18

## Kompressor

Aus-/Einbau und Fehlersuche von Klima-Kompressoren	20
Reparatur und Austausch von Klima-Kompressoren	22
Kompressorschäden	26
Geräusentwicklung	28

## Wartung und Reparatur

Spülen des Klimasystems	29
Lecksuch-Techniken	34

## Kompressoröle

PAG-Öl	36
PAO-ÖL 68 UND PAO-ÖL 68 PLUS UV	38
POE-ÖL	40
Die Öle im Vergleich	41
Produktübersicht	42

## Moderne Kühlsysteme

Leistung des Kühlsystems	46
Aufbau eines modernen Kühlmoduls	47
Motorkühlung mit Wasser	47

## Kühlung – Ein Blick zurück

Kühlsystem früher	48
Heutiger Stand	49

## Kühlsysteme

Das Motorkühlsystem	50
Kühlmittelkühler	51
Ausgleichsbehälter	52
Kühler Verschlussdeckel	54
Wärmetauscher	56
Ladeluftkühler	57
Ölkühler	59
Visco®-Kupplung	61
Visco®-Lüfter	63

## Diagnose, Wartung und Reparatur

Kühlmittel, Frostschutz und Korrosionsschutz	64
Kühler-Wartung	65
Spülen des Kühlsystems	65
Entlüftung des Systems bei Befüllung	66
→ Überprüfung des Kühlsystems mittels Druckprüfung	66
Typische Schäden	67
→ Kühler	67
→ Wärmetauscher	67
Kühlsystemprüfung und Diagnose	68
→ Motor überhitzt	68
→ Motor wird nicht warm	69
→ Heizung wird nicht ausreichend warm	69
→ Spülen des Kühlsystems	70
→ Reinigen	70

# KLIMATISIERUNG VON FAHRERKABINEN IN LAND- UND BAUMASCHINEN

Aus dem ursprünglichen Wetterschutzdach bzw. Verdeck sind heute komplexe, vollklimatisierte Fahrerinnen geworden. Diese bieten einen komfortablen Arbeitsplatz mit Schutzfunktionen gegen Lärm, Staub und andere luftgetragene Fremdstoffe. Allerdings ist das nur gewährleistet, wenn sie möglichst dicht schließen und während des Einsatzes auch geschlossen bleiben.

Übersichtliche, großflächig verglaste Kabinen mit in der Nähe befindlichen, wärmeabgebenden Fahrzeugteilen (Motor, Getriebe, Abgasanlage) führen zu Innenraumtemperaturen von bis zu 60 °C. Die Herausforderung der Fahrzeugklimatisierung besteht darin, die klimatischen Belastungen für den Fahrer möglichst gering zu halten und gesundheitliche Schäden sowie unzumutbare Arbeitsbedingungen zu vermeiden. Sollte dies nicht gelingen, so können mangelhafte Arbeitsausführung und Unfallrisiken die Folge sein und gesetzliche Arbeitsschutzvorschriften nicht eingehalten werden.

Maßnahmen zur Reduzierung von Klimabelastungen sind u.a. Wärmeisolation der Kabinenwände, getönte Scheiben, Innenraumblenden, Zwangsbelüftung, Filterung und Klimatisierung des Innenraums. Aufgrund des begrenzten Kabinenraumes stellt dies aber eine Herausforderung dar. Die zur Wärmeabfuhr aus der Kabine notwendigen großen, durch die Klimaanlage abgekühlten Zuluftströme dürfen nämlich ihrerseits nicht zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Insassen führen. Diese Anforderungen zwingen bei der Konzeption der Innenraumklimatisierung zu einigen Kompromissen.

Aber auch der Fahrer selbst kann für eine möglichst geringe Aufheizung und schnellstmögliche Abkühlung der Fahrerkabine Sorge tragen und gesundheitliche Beeinträchtigungen vermeiden:

- Fahrzeug im Schatten abstellen
- Aufgeheizte Fahrerkabine vor Antritt der Fahrt durchlüften, um den Hitzestau zu beseitigen
- Klimaanlage bei Antritt der Fahrt für kurze Zeit auf Umluftbetrieb stellen
- Luftstrom nicht direkt auf den Kopf richten
- Die abgekühlte Innenraumtemperatur sollte nicht mehr als 7 °C unterhalb der Außentemperatur liegen bzw. auf max. 22 °C heruntergekühlt werden.
- Wartungsintervalle für Innenraumfilter und Klimaanlage beachten
- Kondensator, Kühler und Lüftungsgitter regelmäßig reinigen



# KLIMA-CHECK UND KLIMA-SERVICE

## Check und Service im Wechsel

Mit Klima-Check und Klima-Service verhält es sich ähnlich wie mit kleiner und großer Inspektion:

### Infobox

Behr Hella Service empfiehlt bei Land- und Baumaschinen: Alle 12 Monate bzw. 750 Betriebsstunden den Klima-Check durchführen und alle 2 Jahre bzw. 1500 Betriebsstunden den Klima-Service.

### Was macht man wann?

Was?	Klima-Check	
Wann?	Alle 12 Monate bzw. 750 Betriebsstunden	
Warum?	Der Innenraumfilter filtert Staub, Pollen und Schmutzpartikel aus der Luft, bevor sie sauber und gekühlt in den Innenraum strömt. Wie bei jedem Filter ist seine Aufnahmefähigkeit begrenzt. In jedem Klimaanlage-System befindet sich ein Verdampfer. In seinen Lamellen bildet sich Kondenswasser. Mit der Zeit nisten sich hier Bakterien, Pilze und Mikroorganismen ein. Deshalb muss der Verdampfer regelmäßig desinfiziert werden.	
Was wird gemacht?	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sichtprüfung aller Komponenten</li> <li>→ Funktions- und Leistungsprüfung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Austausch Innenraumfilter</li> <li>→ ggf. Desinfektion des Verdampfers</li> </ul>

### Was macht man wann?

Was?	Klima-Service	
Wann?	Alle 2 Jahre bzw. 1500 Betriebsstunden	
Warum?	Selbst bei einer neuen Klimaanlage entweichen pro Jahr bis zu 10 % des Kältemittels. Ein normaler Vorgang, durch den aber die Kühlleistung nachlässt und Kompressorschäden drohen. Durch den Filter-Trockner wird das Kältemittel von Feuchtigkeit und Verunreinigungen befreit.	
Was wird gemacht?	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sichtprüfung aller Komponenten</li> <li>→ Funktions- und Leistungsprüfung</li> <li>→ Austausch des Filter-Trockners</li> <li>→ ggf. Desinfektion des Verdampfers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Wechsel des Kältemittels</li> <li>→ Dichtigkeitsprüfung</li> <li>→ Austausch Innenraumfilter</li> </ul>

# KLIMA- UND KÜHLUNGSEINHEIT



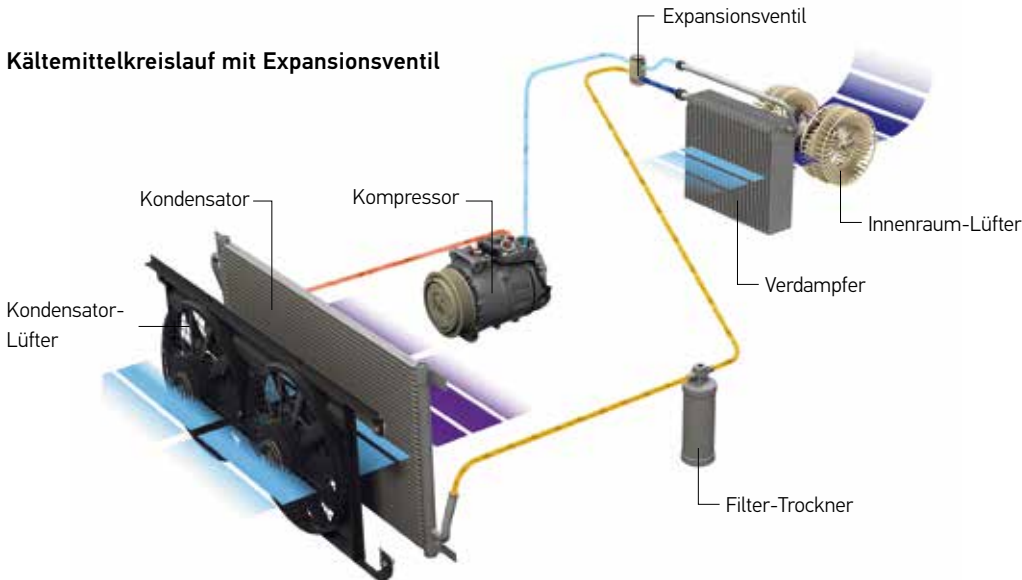
## Klima und Kühlung als Einheit sehen

Obwohl die Klimaanlage und das Motor-Kühlsystem zwei getrennte Systeme sind, beeinflussen sie sich gegenseitig. Denn durch den Betrieb der Klimaanlage wird das Motor-Kühlsystem zusätzlich beansprucht und die Kühlmittel-Temperatur steigt.

Die im Kühlmittel enthaltenen Zusätze schützen nicht nur vor Frost, sondern auch vor dem Überhitzen des Motors. Die richtige Zusammensetzung des Kühlmittels hebt den Siedepunkt des

Mediums auf über 120 °C. Eine enorme Leistungsreserve. Dies ist gerade im Sommer wichtig, wenn Klimaanlage und Kühlsystem durch die Umgebungstemperatur und harte Einsätze stark belastet werden. Das Kühlmittel sollte also am besten beim Klima-Service gleich mit überprüft werden.

# DER KLIMAKREISLAUF



## Funktionsweise der Klimaanlage mit Expansionsventil

Für die Steuerung des Klimas im Fahrzeug-Innenraum werden sowohl der Kältemittel- als auch der Kühlkreislauf benötigt. Eine Mischung aus kalter und warmer Luft ermöglicht die Erzeugung der gewünschten Klimakonditionen – völlig unabhängig von den äußeren Bedingungen. Dadurch wird die Klimaanlage zu einem wesentlichen Faktor für Sicherheit und Fahrkomfort.

Die einzelnen Komponenten des Kältemittelkreislaufs sind durch Schlauchleitungen und/oder Aluminiumleitungen verbunden und bilden so ein geschlossenes System. Im System zirkulieren, angetrieben vom Kompressor, das Kältemittel und das Kältemittelöl. Der Kreislauf wird in zwei Seiten aufgeteilt:

- Der Teil zwischen Kompressor und Expansionsventil wird Hochdruckseite (Gelb/Rot) genannt.
- Zwischen Expansionsventil und Kompressor sprechen wir von der Niederdruckseite (Blau).

Der Kompressor verdichtet das gasförmige Kältemittel (wodurch es sich stark erhitzt) und presst es unter Hochdruck durch den Kondensator. Hier wird dem Kältemittel jetzt Wärme entzogen – es kondensiert und ändert seinen Zustand von gasförmig in flüssig.

Der Filter-Trockner, die nächste Station, scheidet Verunreinigungen und Lufteinschlüsse vom nun flüssigen Kältemittel ab und entzieht ihm Feuchtigkeit. Dadurch werden die Effektivität des Systems sichergestellt und die Komponenten vor Beschädigung durch Verunreinigungen geschützt.

Das flüssige, vom Filtertrockner kommende Kältemittel erreicht nun das Expansionsventil.

Dieses stellt den Trennpunkt zwischen Hoch- und Niederdruckbereich im Kältekreislauf dar. Das vor dem Verdampfer montierte Expansionsventil leitet flüssiges Kältemittel zum Verdampfer. Durch die Volumenvergrößerung verdampft es und wird gasförmig. Dabei wird Verdunstungskälte freigesetzt, welche an die Umgebung im Innenraum abgegeben wird. Um die optimale Kälteleistung im Verdampfer zu erreichen, wird temperaturabhängig der Kältemittelfluss durch das Expansionsventil geregelt. Dadurch wird eine vollständige Verdampfung des flüssigen Kältemittels gewährleistet, so dass anschließend nur gasförmiges Kältemittel zum Kompressor gelangt.



# KOMPONENTEN DES KLIMASYSTEMS



## Kompressoren

Der Klimaanlagekompressor wird in der Regel über einen Keil- oder V-Rippenriemen vom Motor angetrieben. Der Kompressor verdichtet bzw. fördert das Kältemittel im System. Es gibt verschiedene Bauarten.

Das Kältemittel wird im gasförmigen Zustand bei niedriger Temperatur vom Verdampfer kommend angesaugt und verdichtet. Anschließend wird es gasförmig mit hoher Temperatur unter Hochdruck an den Kondensator weitergeleitet.

Je nach Systemgröße muss die Dimensionierung des Kompressors angepasst werden. Zur Schmierung ist der Kompressor mit speziellem Öl gefüllt. Ein Teil des Öls zirkuliert mit dem Kältemittel durch das Klimasystem.

### Infobox

Unzureichende Schmierung, hervorgerufen durch Undichtigkeiten und damit verbundenen Kältemittel- und Ölverlust, sowie mangelnde Wartung, können zum Ausfall des Kompressors (undichter Wellendichtring, undichte Gehäusedichtung, Lagerschäden, festsitzende Kolben etc.) führen.

**Bitte beachten Sie, dass Kompressoren ab Seite 18 ausführlich beschrieben werden.**



## Kondensatoren

Der Kondensator wird benötigt, um das durch die Verdichtung im Kompressor erwärmte Kältemittel abzukühlen. Das heiße Kältemittelgas strömt in den Kondensator und gibt dabei über die Rohrleitung und Lamellen Wärme an die Umgebung ab. Durch die Abkühlung wird der Aggregatzustand des Kältemittels von gasförmig in flüssig geändert.

### Funktionsweise

Das heiße Kältemittelgas strömt oben in den Kondensator und gibt dabei Wärme über die Rohrleitung und Lamellen an die Umgebung ab. Durch die Abkühlung verläßt das Kältemittel den Kondensator am unteren Anschluss in flüssigem Zustand.

### Infobox

Durch den speziellen Einbauort kann es aufgrund von Verschmutzungen oder Steinschlag zu umweltbedingten Ausfällen kommen. Besonders häufig sind Defekte durch Unfälle mit Frontalaufprall.

### Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Kondensator kann folgende Symptome aufweisen:

- Schlechte Kühlleistung
- Ausfall der Klimaanlage
- Ständig laufender Kondensatorlüfter

Ursachen für auftretende Fehler können sein:

- Undichtigkeiten an den Anschlüssen oder durch Beschädigung
- Mangelnder Wärmeaustausch durch Verschmutzung

### Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlerbeseitigung:

- Kondensator auf Verschmutzung prüfen
- Prüfung auf Undichtigkeiten
- Druckprüfung auf der Hoch- und Niederdruckseite



### Filter-Trockner

Die Filterelemente der Klimaanlage nennt man entweder Filter-Trockner oder Akkumulator, je nach Anlagentyp. Der Filter-Trockner hat die Aufgabe, aus dem Kältemittel Fremdkörper zu entfernen und ihm Feuchtigkeit zu entziehen.

### Funktionsweise

Das flüssige Kältemittel tritt in den Filter-Trockner ein, durchströmt ein hygroskopisches Trockenmedium und tritt in flüssiger Form aus dem Filter-Trockner wieder aus. Der obere Teil eines Filter-Trockners dient gleichzeitig als Kompensationsraum, der untere Teil als Kältemittelspeicher, um Druckschwankungen im System auszugleichen.

#### Infobox

In der Regel muss daher der Filter-Trockner alle 2 Jahre bzw. bei jedem Öffnen des Kältemittelkreislaufs erneuert werden. Eine Überalterung des Filter-Trockners kann zu erheblichen Defekten im Klimasystem führen.

Der Filter-Trockner kann bauartbedingt nur eine gewisse Menge an Feuchtigkeit entziehen – dann ist das Trocknermedium gesättigt und nicht in der Lage, weitere Feuchtigkeit zu binden.

### Auswirkungen bei Ausfall

Ein Ausfall des Filter-Trockner kann folgende Symptome aufweisen:

- Schlechte Kälteleistung
- Ausfall der Klimaanlage

Ursachen für den Ausfall des Filter-Trockner können sein:

- Überalterung
- Defektes Filterkissen im Inneren
- Undichtigkeiten an den Anschlüssen oder durch Beschädigung

### Fehlersuche

Bei der Fehlersuche sind folgende Schritte zu berücksichtigen:

- Wartungsintervalle prüfen (alle 2 Jahre bzw. 1500 Betriebsstunden)
- Dichtigkeitsprüfung/Korrektur Sitz der Anschlüsse/Beschädigungen
- Druckprüfung der Hoch- und Niederdruckseite



#### Infobox

Feuchtigkeit und Verschmutzungen im Klimasystem können die Funktionsfähigkeit von Expansions-/Drosselventilen stark beeinträchtigen und zu Funktionsstörungen führen. Daher ist eine regelmäßige Wartung wichtig!

### Expansions-/Drosselventil

Das Expansionsventil ist der Trennpunkt zwischen Hoch- und Niederdruckbereich im Kältekreislauf. Es ist vor dem Verdampfer montiert. Um die optimale Kälteleistung im Verdampfer zu erreichen, wird temperaturabhängig der Kältemittelfluss durch das Expansionsventil geregelt. Dadurch wird eine vollständige Verdampfung des flüssigen Kältemittels gewährleistet, so dass nur gasförmiges Kältemittel zum Kompressor gelangt. Expansionsventile können sich in ihrer Bauart voneinander unterscheiden.

### Funktionsweise

Das flüssige, vom Kondensator durch den Filter-Trockner kommende Kältemittel, durchströmt das Expansionsventil und wird in den Verdampfer eingespritzt. Durch das Verdampfen des Kältemittels wird Verdunstungskälte freigesetzt. Somit kommt es zum Absinken der Temperatur. Um eine optimale Kälteleistung im Verdampfer zu erreichen, wird temperaturabhängig der Kältemittelfluss durch das Expansionsventil geregelt. Am Ende des Verdampfers wird das Kältemittel durch das Expansionsventil zum Kompressor weitergeleitet. Steigt die Temperatur des Kältemittels am Ende des Verdampfers an, dehnt es sich im Expansionsventil aus. Dadurch wird der Kältemittelfluss (Einspritzmenge) zum Verdampfer erhöht. Sinkt die Temperatur des Kältemittels am Ende des Verdampfers, nimmt das Volumen im Expansionsventil ab. Daraufhin verringert das Expansionsventil den Kältemittelfluss zum Verdampfer.

### Auswirkungen bei Ausfall

Ein defektes Expansionsventil kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Schlechte Kälteleistung
- Ausfall der Klimaanlage

Ausfälle können verschiedene Gründe haben:

- Temperaturprobleme durch Überhitzung oder Vereisung
- Verschmutzungen im System
- Undichtigkeiten am Bauteil oder an den Anschlussleitungen

### Fehlersuche

Bei einer Fehlfunktion ergeben sich folgende Prüfschritte:

- Sichtprüfung
- Akustische Prüfung
- Anschlussleitungen auf festen und korrekten Sitz prüfen
- Bauteil und Anschlüsse auf Dichtheit prüfen
- Temperaturmessung am Leitungssystem
- Druckmessung bei eingeschaltetem Kompressor und laufendem Motor



### Verdampfer

Der Verdampfer dient zum Wärmeaustausch zwischen der ihn umgebenden Luft und dem Kältemittel der Klimaanlage.

### Funktionsweise

Das unter Hochdruck stehende flüssige Kältemittel wird über das Expansions- bzw. Drosselventil in den Verdampfer eingespritzt. Das Kältemittel entspannt sich. Die hierbei entstehende Verdunstungskälte wird über die große Verdampferoberfläche an die Umgebung abgegeben und vom Gebläsestrom in den Fahrzeuginnenraum geleitet.

#### Infobox

Durch Verschmutzung, Feuchtigkeit und mangelnde Wartung kann es zu Defekten des Verdampfers kommen. Um dies zu vermeiden, muss die Klimaanlage regelmäßig gewartet bzw. desinfiziert werden.

### Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Verdampfer weist folgende Symptome auf:

- Mangelhafte Kühlleistung
- Ausfall der Klimaanlage
- Schlechte Gebläseleistung

Ursachen für den Ausfall des Verdampfers können sein:

- Rohrleitungen im Verdampfer verstopft
- Verdampfer undicht (an Anschlüssen, durch Beschädigung)
- Verdampfer verschmutzt (Luftdurchlaß gestört)

### Fehlersuche

Folgende Prüfschritte sollten bei der Fehlersuche berücksichtigt werden :

- Verdampfer auf Verschmutzung prüfen
- Verdampfer auf Beschädigungen prüfen
- Anschlussleitungen auf korrekten Sitz prüfen
- Dichtigkeitsprüfung
- Druckmessung bei eingeschaltetem Kompressor und laufendem Motor
- Temperaturmessung an der Ein- und Ausgangsleitung



### Druckschalter und Schalter

Druckschalter haben die Aufgabe, die Klimaanlage vor Schäden durch zu hohe oder zu niedrige Drücke zu schützen. Man unterscheidet zwischen Niederschalter, Hochdruckschalter und dem Trinaryschalter. Der Trinaryschalter beinhaltet den Hoch- und Niederschalter sowie einen zusätzlichen Schaltkontakt für den Kondensatorlüfter.

### Funktionsweise

Der Druckschalter (Druckwächter) ist in der Regel auf der Hochdruckseite der Klimaanlage montiert. Er schaltet bei zu hohem Druck (ca. 26-33 bar) die Stromzufuhr zur Kompressorkupplung ab und bei fallendem Druck (ca. 5 bar) wieder ein. Bei zu niedrigem Druck (ca. 2 bar) wird die Strom-

### Infobox

Druckschalter können durch Kontaktierungsprobleme, Kabelbruch oder Verschmutzung ausfallen. Eine regelmäßige Wartung des Systems beugt dem Ausfall vor.

zufuhr ebenfalls unterbrochen, um Kompressorschäden durch mangelnde Schmierung zu vermeiden. Der dritte Schaltkontakt im Trinaryschalter steuert das Elektrokondensatorgebläse, um eine optimale Kondensation des Kältemittels im Kondensator zu gewährleisten.

### Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter oder ausgefallener Druckschalter kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Mangelnde Kühlleistung
- Klimaanlage ohne Funktion
- Häufiges Ein-/Ausschalten der Kompressorkupplung

Klimaanlage ohne Funktion. Ausfallursachen können verschiedene Gründe haben:

- Kontaktfehler an elektrischen Anschlüssen
- Verschmutzungen im System
- Gehäusebeschädigungen durch Vibration oder Unfälle

### Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlerdiagnose:

- Sichtprüfung
- Anschlussstecker auf korrekten Sitz prüfen
- Bauteil auf Beschädigungen prüfen
- Druckmessung bei eingeschaltetem Kompressor und laufendem Motor
- Bauteilprüfung im ausgebautem Zustand mit Stickstoffflasche, Druckminderer und Multimeter



### Gebälaselüfter

Der Gebläselüfter dient der Belüftung. Er sorgt für klare Sicht und ein angenehmes Innenraumklima. Eine wesentliche Voraussetzung für Sicherheit und Fahrkomfort.

### Infobox

Der Ausfall des Lüfters führt zu einem unbehaglichen Innenraumklima und damit zur Beeinträchtigung der Konzentration des Fahrers. Dies ist ein erheblicher Sicherheitsverlust. Weiterhin kann die fehlende Belüftung zum Beschlagen der Windschutzscheibe führen. Die eingeschränkte Sicht ist ein großes Sicherheitsrisiko.



### Fittings und Schläuche

Die Fittings und Schläuche verbinden die kältemittelführenden Einzelkomponenten. Die Fittings werden mit einem Spezialwerkzeug auf das Schlauchende gepresst. Es gibt sie in vielen verschiedenen Ausführungen.



### Kondensator-Lüfter

Der Kondensator-Lüfter trägt dazu bei, dass eine optimale Verflüssigung des Kältemittels in jedem Betriebszustand des Fahrzeugs erreicht wird. Er wird als Zusatz- oder Kombilüfter vor oder hinter dem Kondensator bzw. Motorkühler montiert.

#### Infobox

Kondensatorlüfter können durch elektrische oder mechanische Schädigungen ausfallen. Infolge dessen wird das Kältemittel nicht mehr ausreichend verflüssigt. Es kommt zum Leistungsabfall der Klimaanlage.

# REPARATUR UND SERVICE

## Sicherheitshinweise/Umgang mit Kältemittel

Immer Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen!

Bei normalem Atmosphärendruck und Umgebungstemperaturen verdampft flüssiges Kältemittel so plötzlich, dass es bei Kontakt mit der Haut oder den Augen zu Erfrierungen des Gewebes kommen kann (Erblindungsgefahr).

- Falls es zum Kontakt gekommen ist, die betreffenden Stellen mit viel kaltem Wasser spülen. Nicht reiben. Umgehend einen Arzt aufsuchen!
  - Der Arbeitsplatz muss, bei Arbeiten am Kältemittelkreislauf, gut belüftet sein. Das Einatmen hoher Konzentrationen gasförmigen Kältemittels führt zu Schwindel- und Erstickungsgefahr. Arbeiten am Kältemittelkreislauf dürfen nicht von Arbeitsgruben aus durchgeführt werden. Da gasförmiges Kältemittel schwerer ist als Luft, kann es sich dort in hohen Konzentrationen ansammeln.
  - Nicht rauchen!  
Kältemittel kann durch die Zigaretteglut in giftige Substanzen zerlegt werden.
  - Kältemittel nicht mit offenem Feuer oder heißem Metall in Berührung bringen. Es können tödliche Gase entstehen.
- Kältemittel niemals in die Atmosphäre entweichen lassen. Wird der Kältemittelbehälter oder das Klimasystem geöffnet, tritt der Inhalt mit hohem Druck aus. Die Höhe des Druckes hängt von der Temperatur ab. Je höher die Temperatur, desto höher ist der Druck.
  - Jede Hitzeeinwirkung auf Bauteile der Klimaanlage vermeiden. Fahrzeuge dürfen nach Lackierarbeiten nicht über 75 °C aufgeheizt (Trockenofen) werden. Ansonsten ist die Klimaanlage vorher zu entleeren.
  - Beim Abnehmen der Serviceschläuche vom Fahrzeug dürfen die Anschlüsse nicht in Richtung des Körpers gehalten werden. Es können noch Kältemittelreste austreten.
  - Beim Reinigen des Fahrzeugs darf der Dampfstrahler nicht direkt auf die Teile der Klimaanlage gerichtet werden.
  - Niemals die werkseitige Einstellung der Regelschraube am Expansionsventil ändern.



## AUS- UND EINBAUHINWEISE

### Klimasystem

Vor dem Aus- bzw. Einbau eines Ersatzteils ist zu überprüfen, ob die Anschlüsse, Befestigungen und andere einbaurelevante Eigenschaften identisch sind.

Beim Austausch von Bauteilen immer neue, für das Kältemittel geeignete, O-Ringe verwenden.

Das Kompressoröl hat eine starke hygroskopische Wirkung, deshalb ist die Anlage möglichst geschlossen zu halten bzw. das Öl erst kurz vor dem Schließen des Kältemittelkreislaufes einzufüllen.

Vor der Montage sind O-Ringe und Dichtungen mit Kältemittelöl oder speziellen Schmiermitteln einzufetten, um den Einbau zu erleichtern. Hier dürfen keine anderen Fette oder Silicon-Spray genutzt werden, weil sonst das neue Kältemittel sofort verunreinigt wird.

Bei jedem Öffnen des Kältemittelkreislaufes muss der Trockner, auf Grund seiner stark hygroskopischen Wirkung, erneuert werden. Wird der Trockner oder Akkumulator nicht regelmäßig erneuert, kann es vorkommen, dass sich das Filterkissen zerlegt und sich Silikateilchen in der ganzen Anlage verteilen und starke Schädigungen hervorrufen.

Die Anschlüsse der Anlage sollten niemals über einen längeren Zeitraum offen stehen, sondern sind sofort mit Kappen oder Stopfen zu verschließen. Andernfalls würde Feuchtigkeit mit der Luft in das System eingebracht.

Damit Anschlussleitungen bzw. Komponenten nicht beschädigt werden, beim Lösen und Befestigen der Anschlüsse, immer mit zwei Schlüsseln arbeiten.

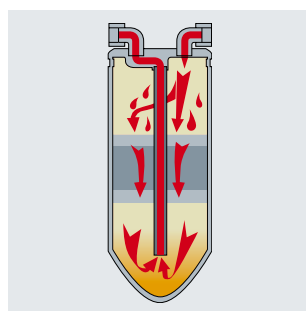
Achten Sie beim Verlegen von Schläuchen und Kabeln darauf, dass Beschädigungen durch Fahrzeugkanten oder andere bewegliche Komponenten nicht ermöglicht werden.

Beim Austausch einer Komponente des Klimasystems ist auf die korrekte Ölmenge des Systems zu achten. Gegebenenfalls muss Öl nachgefüllt oder abgelassen werden.

Vor dem Wiederbefüllen der Anlage muss die Dichtheit des Systems überprüft werden. Anschließend ist das System ausreichend zu evakuieren (ca. 30 Minuten), um sicherzustellen, dass alle Feuchtigkeit aus dem System entfernt wurde.



O-Ring-Set



Filter-Trockner



Druckmanometer



Nach dem Befüllen, mit der vom Fahrzeughersteller vorgegebenen Menge an Kältemittel, ist die Anlage auf einwandfreie Funktion und Dichtheit (elektronischer Lecksucher) zu prüfen. Gleichzeitig müssen die Hoch- und Niederdruckwerte, mittels Druckmanometern, beobachtet und mit den vorgeschriebenen Werten verglichen werden. Vergleichen Sie die Ausströmtemperatur an der Mitteldüse mit den vom Hersteller vorgegebenen Werten.

Nachdem die Serviceanschlüsse mit Schutzkappen versehen worden sind, ist der Termin der Wartung mit einem Aufkleber am vorderen Querträger durch Anbringung eines Service-Labels kenntlich zu machen.

#### **Hinweise zum Einbau von Klimaanlagekompressoren**

Vergewissern Sie sich, dass alle Verunreinigungen und Fremdbestandteile aus dem Kältemittelkreislauf entfernt wurden. Dazu ist das System vor dem Einbau des neuen Kompressors zu spülen. Zum Spülen eignet sich, je nach Verschmutzungsgrad, Kältemittel R134a oder eine spezielle Spüllösung. Kompressoren, Trockner (Akkumulatoren) und Expansions- bzw. Drosselventile lassen sich nicht spülen. Da bei einem Defekt des Kompressors immer von einer Verschmutzung des Systems (Abrieb, Späne) ausgegangen werden muss bzw. diese nicht auszuschließen ist, ist das Spülen des Systems, beim Austausch dieser Komponente, absolut unerlässlich. Stellen Sie sicher, dass keine Spüllösungsreste im System verbleiben. Trocknen Sie den Kältemittelkreislauf ggf. mit Stickstoff.

Ersetzen Sie den Filter-Trockner oder Akkumulator und das Expansionsventil bzw. das Drosselventil (Orifice Tube).

Da ein- und derselbe Kompressor eventuell für verschiedene Fahrzeuge bzw. Systeme verwendet werden kann, ist es zwingend notwendig die Ölfüllmenge und Viskosität vor der Montage des Kompressor´s entsprechend der Herstellerangabe zu prüfen bzw. zu korrigieren. Hierzu muss das gesamte Öl abgelassen und aufgefangen werden. Im Anschluss daran ist der Kompressor mit der gesamten, vom Fahrzeughersteller vorgegebenen Ölmenge (Systemölmenge) neu zu befüllen.

Damit sich das Öl gleichmäßig verteilt, muss der Kompressor vor dem Einbau 10x von Hand durchgedreht werden. Bei der Montage des Antriebsriemens muss darauf geachtet werden, dass dieser „fluchtet“. Einige Kompressoren sind für sogenannte „Mehrfachverwendungen“ ausgelegt. Das heißt, sie können in verschiedene Fahrzeuge verbaut werden. Bis auf die Anzahl der Rillen auf der Magnetkupplung besteht eine 100 %-ige Übereinstimmung mit dem „Altteil“.

Nach dem Einbau des Kompressors und dem Neubefüllen des Kältemittelkreislaufs sollte zuerst der Motor gestartet und für einige Minuten bei Leerlaufdrehzahl betrieben werden.

Weitergehende Vorgaben (Beipackzettel, Herstellervorgaben, Einlaufvorschriften) sind gesondert zu beachten.



Elektronischer Lecksucher



PAO-Öl 68

# FEHLERDIAGNOSE

## Prüfen der Kälteleistung

Jede Werkstatt benötigt neben Prüf- und Sonderwerkzeuge auch die entsprechende Fachkenntnis die z. B. durch Schulungen er-

worben werden kann. Dies trifft insbesondere für Klimaanlage zu. Diese Anleitung kann auf Grund der verschiedenen Systeme lediglich als Leitfaden dienen.

### 1. Motor starten. Gebläsestufen durchschalten.

Gebläse funktioniert?

Ja

Nein



- 2.
- Sicherung überprüfen
  - Relais, Schalter, Verkabelung aller Bauteile prüfen

### 3. Temperatur auf max. Kühlung

Magnetkupplung aktiviert?

Ja

Nein



- 4.
- Verkabelung/elektr. Anschlüsse, Stromversorgung (+/-) prüfen
  - Temperaturschalter-/Fühler, Druckschalter überprüfen
  - Kältemittelfüllmenge nicht korrekt

weiter mit 5.

### 5. Anlage bei max. Kühlleistung und mittlerer Gebläsestufe mehrere Minuten betreiben, Luftaustrittstemperatur an der Mitteldüse 3-8 °C.

Ja

Nein



- 6.
- Bei zu warmer Austrittstemperatur:
- Heizung ausgeschaltet?
  - Innenraumfilter i.O.?
  - Temperaturschalter/-Fühler, Thermostat (wenn vorhanden) prüfen
  - Lüftungsklappen, Heizungsventile, Kondensatorbelüftung prüfen

### 7. Nieder-(ND) und Hochdruck (HD) bei 2000 – 2500 min<sup>-1</sup> prüfen: ND: 0,5 – 3,0 bar HD: 6,0 – 25,0 bar bei leistungsge-regelten Kompressoren: ND: ca. 2 bar, konstant

Ja

Nein



- 8.
- siehe Tabelle Fehlersuche

Klimaanlage in Ordnung

Besonders wichtig ist das richtige bewerten der Druckmanometeranzeige. Hier einige Beispiele:

<b>Klimaanlagen mit Expansionsventil</b>			
<b>Niederdruck</b>	<b>Hochdruck</b>	<b>Austrittstemperatur an der Mitteldüse</b>	<b>Mögliche Ursachen</b>
hoch	hoch	höher, bis zur Umgebungstemperatur	Motor überhitzt, Kondensator verschmutzt, Kondensatorlüfter defekt-falsche Drehrichtung, Anlage überfüllt
normal bis niedrig zeitweise	hoch, zeitweise	höher eventuell schwankend	Expansionsventil klemmt, zeitweise geschlossen
normal	hoch	geringfügig höher	Filter-Trockner gealtert, Kondensator verschmutzt
hoch	normal bis hoch	höher je nach Engpaß	Leitung vom Kompressor zum Expansionsventil verengt
normal	normal	höher	zuviel Kältemittelöl in der Anlage
normal, aber ungleichmäßig	normal, aber ungleichmäßig	höher	Feuchtigkeit in der Anlage, defektes Expansionsventil
schwankend	schwankend	schwankend	Expansionsventil oder Kompressor defekt
normal bis niedrig	normal bis niedrig	höher	Verdampfer verschmutzt, Kältemittelmangel
hoch	niedrig	höher, fast Umgebungstemperatur	Expansionsventil klemmt geöffnet, Kompressor defekt
niedrig	niedrig	höher, bis zur Umgebungstemperatur	Kältemittelmangel
Niederdruck und Hochdruck gleich	Niederdruck und Hochdruck gleich	Umgebungstemperatur	Kältemittelmangel, Kompressor defekt, Fehler in der elektr. Anlage

<b>Klimaanlage mit Festdrossel/Orifice tube</b>			
<b>Niederdruck</b>	<b>Hochdruck</b>	<b>Austrittstemperatur an der Mitteldüse</b>	<b>Mögliche Ursachen</b>
hoch	hoch	höher, bis zur Umgebungstemperatur	Motor überhitzt, Kondensator verschmutzt, Kondensatorlüfter defekt-falsche Drehrichtung, Anlage überfüllt
normal bis hoch	hoch	höher	Anlage überfüllt, Kondensator verschmutzt
normal	normal bis hoch	schwankend	Feuchtigkeit in der Anlage, Festdrossel zeitweise verstopft
hoch	normal	höher	Festdrossel defekt (Querschnitt)
normal	normal	höher	zuviel Kältemittelöl in der Anlage
normal bis niedrig	normal bis niedrig	höher	Kältemittelmangel
Niederdruck und Hochdruck gleich	Niederdruck und Hochdruck gleich	Umgebungstemperatur	Kältemittelmangel, Kompressor defekt, Fehler i. d. elektr. Anlage

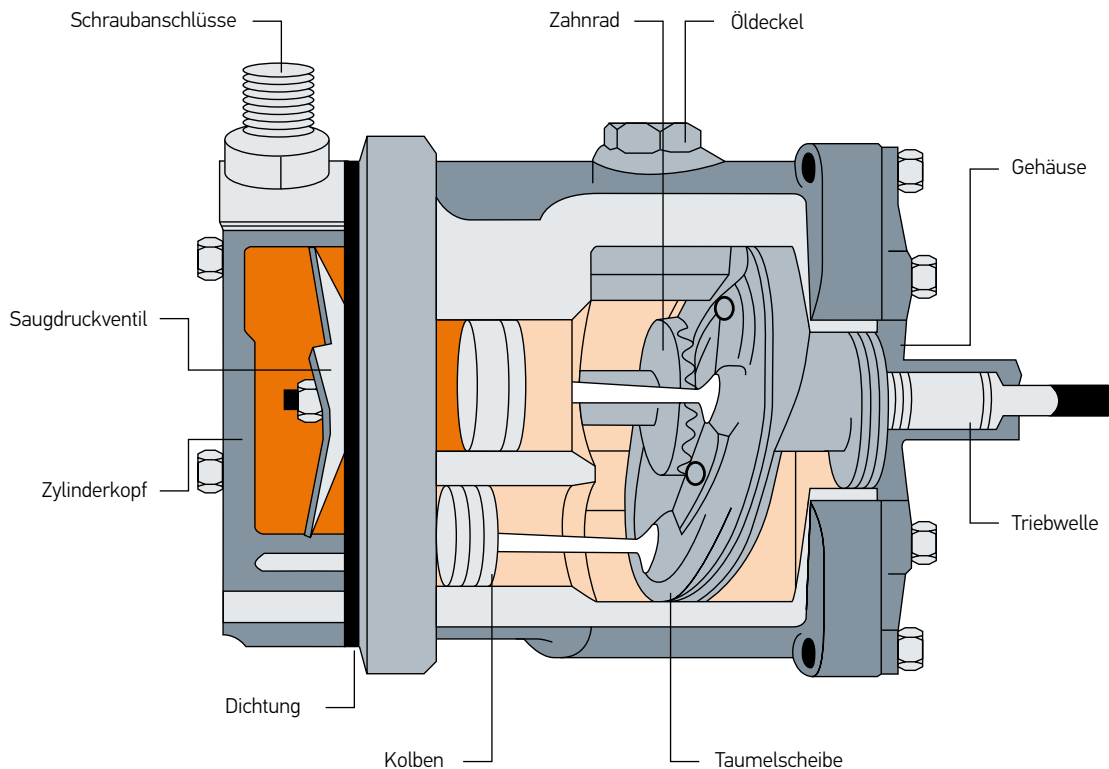
# AUS-/EINBAU UND FEHLERSUCHE BEI KLIMA-KOMPRESSOREN

## Allgemeines

Der Klimaanlagekompressor wird vom Fahrzeugmotor über einen Keilrippen- oder V-Rippenriemen angetrieben. Er verdichtet bzw. fördert das Kältemittel im System. Es gibt verschiedene Kompressorbauarten.

Das Kältemittel wird im gasförmigen Zustand bei Niederdruck und niedriger Temperatur vom Verdampfer kommend angesaugt, verdichtet und anschließend mit hoher Temperatur und Hochdruck gasförmig an den Kondensator weitergeleitet.

## Funktionsweise



## Auswirkungen beim Ausfall

Ein schadhafter oder ausgefallener Kompressor kann sich folgendermaßen bemerkbar machen:

- Undichtigkeit
- Geräuschentwicklung
- Mangelhafte oder keine Kühlleistung
- Abspeichern eines Fehlercodes (Klimaautomatik)

## Achtung!

Vor der Montage eines neuen Kompressors sind grundsätzlich Ölmenge und Viskosität gemäß Herstellerangaben zu überprüfen!

Ausfallursachen können auf verschiedene Gründe zurückzuführen sein:

- Lagerschäden durch defekte Spannvorrichtung oder Verschleiß
- Undichtigkeiten der Kompressorwelle oder des Gehäuses
- Mechanische Beschädigung des Kompressorgehäuses
- Kontaktierung (elektrische Anschlüsse)
- Kältemittelöl-Mangel
- Kältemittel-Mangel
- Feststoffe (z. B. Späne)
- Feuchtigkeit (Korrosion etc.)

**Unbedingt beachten:**

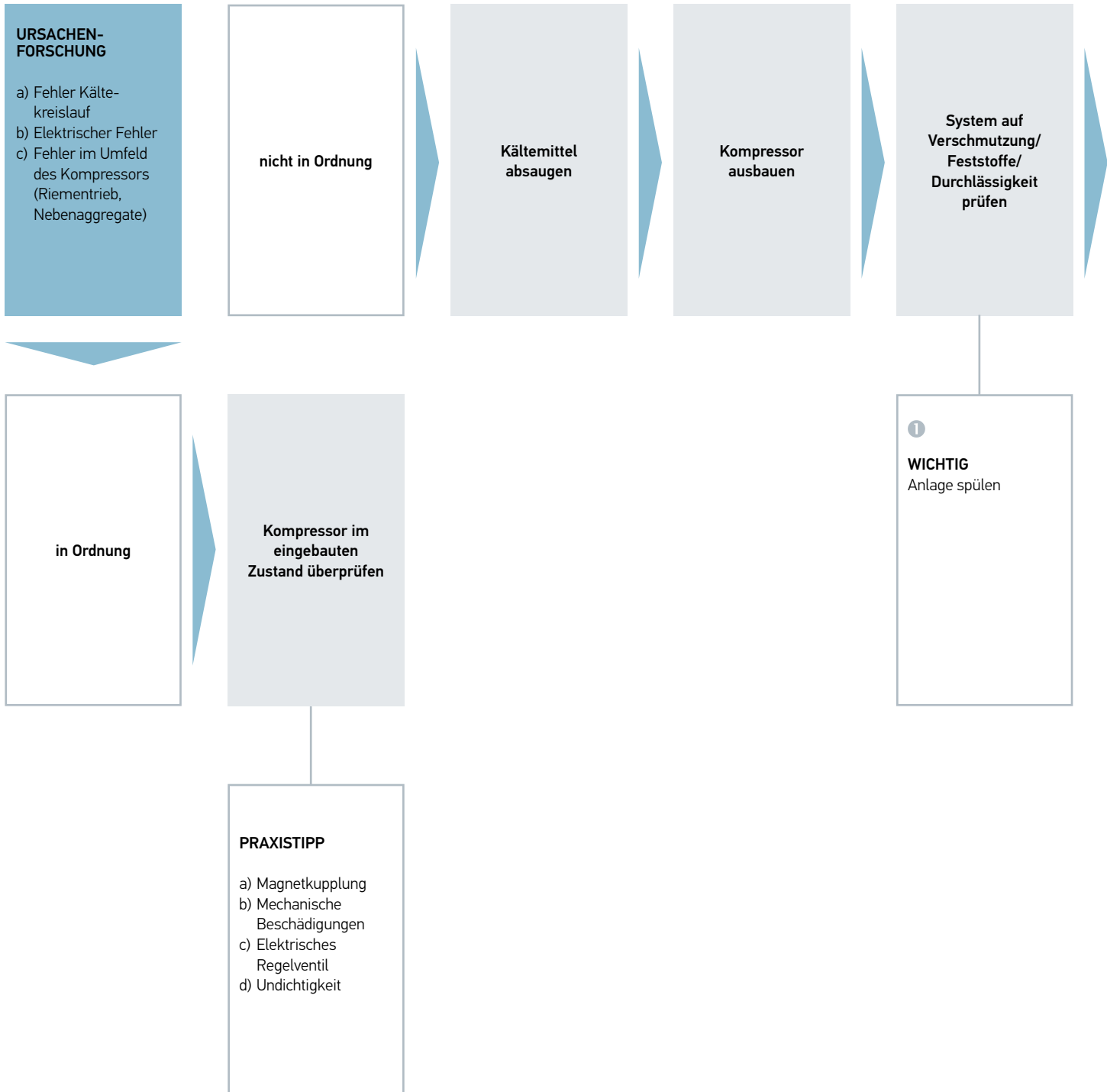
Der Austausch des Kompressors macht eine hundertprozentige Reinigung des gesamten Klimasystems und den Austausch von Verbrauchsmitteln nötig.

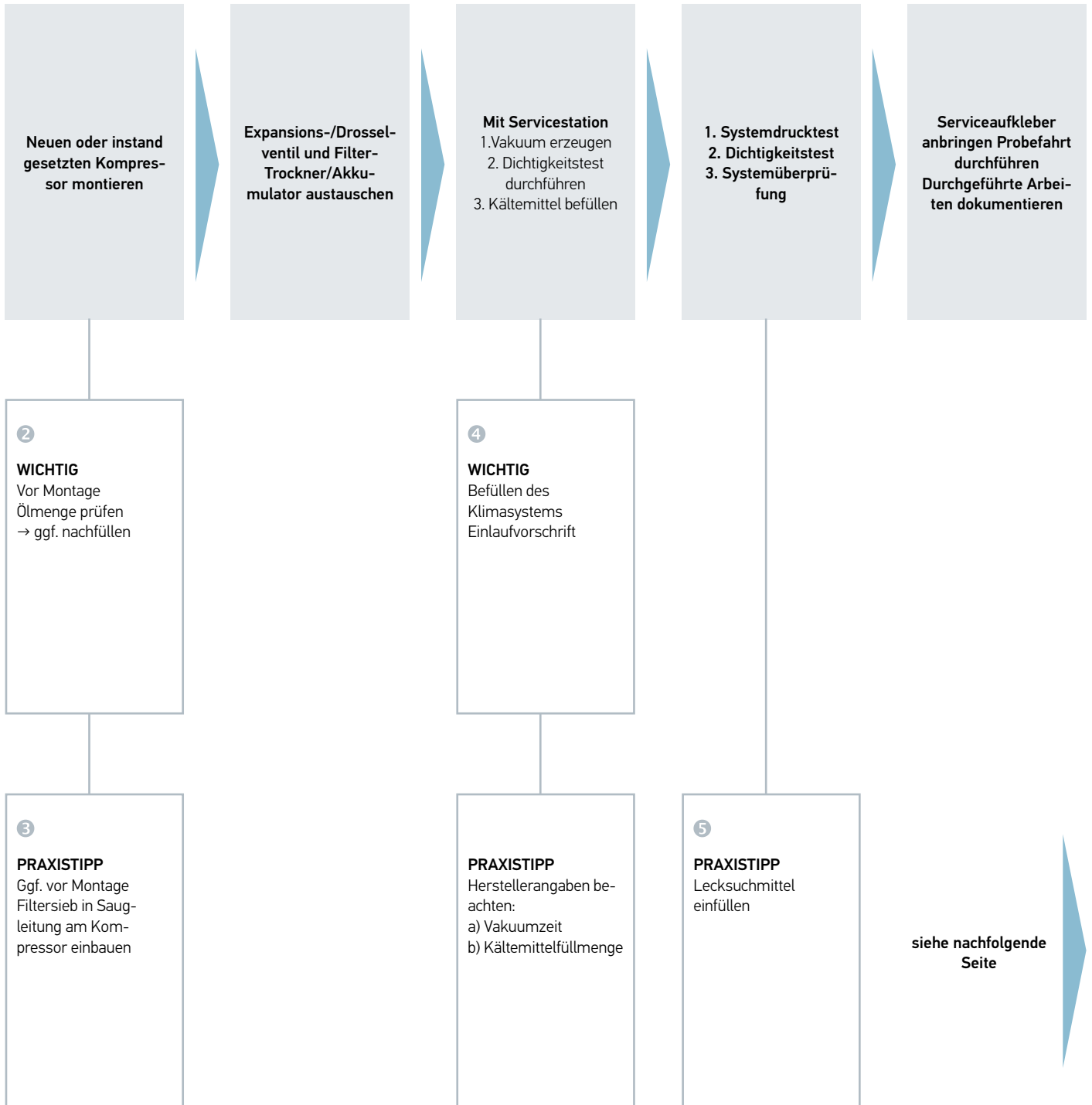
**Fehlersuche**

Funktionstest und Druckmessung der Anlage:

- Schaltet sich der Kompressor ein, sitzt der Anschlussstecker fest, liegt eine Spannung an?
- Den Antriebsriemen auf richtigen Sitz, Beschädigung und Spannung überprüfen.
- Sichtprüfung auf Undichtigkeiten.
- Kältemittelleitungen auf festen Sitz prüfen.
- Druck der Hoch- und Niederdruckseite vergleichen.
- Fehlerspeicher auslesen.

# REPARATUR UND AUSTAUSCH VON KLIMA-KOMPRESSOREN





**1 Konsequentes spülen**

Schmutzpartikel im Klimakreislauf können nur durch gründliches Spülen des gesamten Systems entfernt werden. Zum Spülen eignet sich, je nach Verschmutzungsgrad, Kältemittel R134a oder eine spezielle Spüllösung. Kompressoren, Trockner (Akkumulatoren) und Expansions- bzw. Drosselventile lassen sich nicht spülen. Da bei einem Defekt des Kompressors immer von einer Verschmutzung des Systems (Abrieb, Späne) ausgegangen werden muss, bzw. diese nicht auszuschließen ist, ist das Spülen des Systems beim Austausch dieser Komponente absolut unerlässlich.

**2 Kältemittelöle**

Herstellerangaben und Beipackzettel beachten/Viskosität beachten.

1. Verteilung der Ölmenge.

In jedem Bauteil der Klimaanlage befindet sich Kältemittelöl. Das Öl wird im Falle einer Reparatur mit dem ausgetauschten Bauteil entfernt. Daher ist es unbedingt erforderlich, die entsprechende Ölmenge wieder aufzufüllen. Die untenstehende Grafik verdeutlicht die durchschnittliche Verteilung der Ölmenge innerhalb des Systems.

2. Ölmenge und Spezifikation beachten.

Vor der Montage eines neuen Kompressors bzw. beim Nachfüllen von Kältemittelöl müssen grundsätzlich die Ölmenge und Viskosität entsprechend der Fahrzeugherstellerangabe beachtet werden.

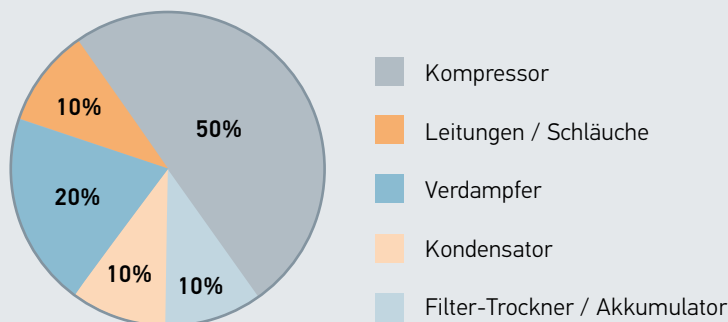
3. Systemölmenge gehört in den Kompressor.

Da ein- und derselbe Kompressor eventuell für verschiedene Fahrzeuge bzw. Systeme verwendet werden kann, ist es zwingend notwendig, die Ölfüllmenge vor der Montage des Kompressors zu prüfen bzw. zu korrigieren. Hierzu muss das gesamte Öl abgelassen und aufgefangen werden. Im Anschluss daran ist der Kompressor mit der gesamten, vom Fahrzeughersteller vorgegebenen Ölmenge (Systemölmenge) neu zu befüllen. Damit sich das Öl gleichmäßig verteilt, muss der Kompressor vor dem Einbau 10 x von Hand durchgedreht werden. Dies entspricht auch den Angaben des Kompressor-Herstellers Sanden, wobei Fahrzeugherstellervorgaben jeweils gesondert zu beachten sind.

**3 Kompressorfiltersiebe**

Grundsätzlich muss beim Kompressortausch jedes Klimasystem gespült werden, um Verunreinigungen und Fremdbestandteile aus dem System zu entfernen. Sollten trotz Spülen Verunreinigungen im Kreislauf zurückbleiben, können Schäden durch den Einsatz von Filtersieben in der Saugleitung vermieden werden.

Generell: Durchschnittliche Verteilung der Ölmenge im Kältemittelkreislauf





#### 4 Befüllen des Klimasystems mit Kältemittel

##### Einlaufvorschrift für den Kompressor:

- Das Kältemittel ist grundsätzlich nur über die Klima-Service-station über den hochdruckseitigen Serviceanschluss zu befüllen, um Kältemittelschläge im Kompressor zu vermeiden.
- Es darf nur das entsprechende Kältemittel in der vom Fahrzeughersteller vorgegebenen Menge/Spezifikation verwendet werden.
- Lufterteilung auf Position „Mitteldüsen“ stellen und alle Mitteldüsen öffnen.
- Schalter für Frischluftgebläse auf mittlere Stufe stellen.
- Temperaturwahl auf maximale Kühlleistung stellen.
- Motor starten (ohne Betrieb Klimaanlage) und ohne Unterbrechung mindestens 2 Minuten mit Leerlaufdrehzahl betreiben.
- Klimaanlage bei Leerlaufdrehzahl für ca. 10 Sekunden einschalten; Klimaanlage für ca. 10 Sekunden ausschalten. Diesen Vorgang mindestens 5-mal wiederholen.
- Überprüfung des Systems durchführen.

#### 5 Lecksuchmittel

Kompressorschäden werden auch durch Kältemittelmangel hervorgerufen. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, regelmäßig eine Klimawartung durchzuführen und ggf. Kontrastmittel in das System einzubringen.

#### Wichtig!

Grundsätzlich alle O-Ringe erneuern und vor dem Einbau mit Kältemittelöl benetzen.



## KOMPRESSORSCHÄDEN

**Die Klimaanlage arbeitet nach Beseitigung einer Undichtigkeit oder nach dem Klima-Service nicht mehr.**

### Fall:

Nach dem Austauschen vom Klima-Komponenten und auch nach einem normalen Klima-Service kommt es immer wieder vor, dass die Klimaanlage entweder sofort nach den durchgeführten Arbeiten, oder kurze Zeit später, nicht mehr richtig funktioniert.

### Was bemängelt der Kunde?

Die Fahrzeuge kommen ursprünglich mit dem Hinweis des Kunden „Klimaanlage kühlt nicht mehr richtig“ bzw. „Klimaanlage kühlt überhaupt nicht mehr“ in die Werkstatt.

### Was macht die Werkstatt?

In solchen Fällen wird üblicherweise als erstes die Füllmenge des Kältemittelkreislaufs geprüft. Dabei wird häufig festgestellt, dass eine unzureichende Menge an Kältemittel im System vorhanden ist. Je nach Anlagentyp können bis zu 10% des Kältemittels innerhalb eines Jahres aus dem Klimasystem herausdiffundieren. Bevor das System jedoch wieder mit Kältemittel neu befüllt wird muss festgestellt werden, ob der Kältemittelmangel durch „natürlichen Verlust“ oder eine Undichtigkeit entstanden ist. Bei Verdacht auf Undichtigkeiten darf das System nicht einfach wieder mit Kältemittel befüllt werden. Es muss zuvor eine Lecksuche erfolgen, indem z. B. das Klimasystem mit

Formiergas befüllt und mit einem elektronischen Lecksucher geprüft wird. Je nach Ergebnis wird dann entweder eine undichte Komponente (Bild 1) des Kältemittelkreislaufs ausgetauscht bzw. nur das Filter-Trockner Element erneuert. Anschließend wird die Anlage vorschriftsmäßig evakuiert und nach Herstellerangabe mit Kältemittel und Öl befüllt.

Wird die Klimaanlage wieder in Betrieb genommen, kann es vorkommen, dass der Kompressor keine Leistung mehr abgibt. Betrachtet man die anstehenden Druckwerte an der Servicestation, stellt man fest, dass die Werte auf der Hoch- und Niederdruckseite nahezu identisch sind (Bild 2). Dies lässt die Vermutung zu, dass entweder der Kältemittelkreislauf, z. B. am Expansionsventil, unzureichenden Durchfluss hat oder aber der Kompressor defekt ist. Komischerweise gibt es auch Fälle, in denen sich bei der Eingangsprüfung der Klimaanlage die Hoch- und Niederdruckwerte im normalen Bereich befinden, lediglich die Kältemittelmenge zu gering ist und sich erst nach dem vorschriftsmäßigen Neubefüllen der Klimaanlage Probleme ergeben. Durch das Evakuieren und Neubefüllen können sich Schmutzpartikel oder Metallabrieb lösen, im Regelventil (Bild 3) des Kompressors oder im Expansionsventil/Drosselventil (Bild 4) absetzen, und somit zu Störungen führen. Insbesondere dann, wenn der Filter-Trockner überaltert oder die Anlage „unterfüllt“ war.



Bild 1



Bild 2

### Was ist zu tun?

Bei Problemen sollte der Kompressor ausgebaut und das Öl abgelassen werden. Kann man dabei eine „gräuliche Verfärbung“ (bei Verwendung von Kontrastmittel grau-grün oder grau-gelb) des Öls feststellen indem auch feine Metallpartikel (Bild 5) vorhanden sind, müssen der Kältemittelkreislauf nun aufgrund der Fremdpartikel ordnungsgemäß gespült, das Expansionsventil und der Filter-Trockner ersetzt und der Kältemittelkreislauf wieder nach Vorschrift evakuiert und erneut mit Kältemittel und Öl befüllt werden. Danach sollte die Anlage wieder einwandfrei funktionieren.

### Ist der Kunde ausreichend informiert?

Da die Werkstatt dem Kunden vorher lediglich einen Kostenvoranschlag für die Lecksuche und gegebenenfalls für das Austauschen der undichten Komponente oder den reinen Klima-Service vorgelegt hat, kommt sie gegenüber dem Kunden in Argumentationsschwierigkeiten. Dieser ist dann oftmals nicht bereit die erheblichen Zusatzkosten für z. B. den Austausch des Kompressors und des Spülens zu übernehmen. Darum ist ein ausführliches Kundengespräch, in dem der technische Sachverhalt und die Risiken dargestellt werden, besonders wichtig.

### Wo liegt die Ursache für den Kompressorausfall?

Der Kompressor beinhaltet die einzigen beweglichen Bauteile des Kältemittelkreislaufs und muss dementsprechend ausreichend mit Öl versorgt werden. Eine weitere Aufgabe des Öls im Kältemittelkreislauf ist die Kühlung des Kompressors um dessen Überhitzung zu vermeiden. Wird ein Kompressor über einen längeren Zeitraum mit zu wenig Kältemittel betrieben (z. B. durch eine Undichtigkeit), führt das zu einer unzureichenden Wärmeableitung und Schmierung der Kompressorbauteile, weil das Öl mit dem Kältemittel durch Klimasystem transportiert werden muss. Aufgrund der Überbeanspruchung der Kompressorbauteile bildet sich ein metallischer Abrieb an den Bau-

teilen, der dazu führen kann, dass sich das im Innern befindliche Regelventil teilweise oder ganz zusetzen kann. Die Blockade des Regelventils führt dazu, dass der Kompressor nicht mehr einwandfrei arbeitet. Nur durch den fachgerechten Austausch des Kompressors, der auch das „Spülen“ des Systems beinhaltet, kann der Schaden behoben werden. Mangelhafte Schmierung führt übrigens bei allen Kompressor-Bauarten zu Schäden. Leistungsgeregelte Kompressoren reagieren allerdings besonders empfindlich auf zu wenig Kältemittel bzw. Öl.

### Hinweis für die Werkstatt und den Reparaturannehmer

Falls ein Fahrzeug vom Kunden wegen unzureichender Kälteleistung zur Reparatur gebracht wird, sollte auf einen gegebenenfalls notwendigen Austausch des Kompressors hingewiesen werden. Dies ist dadurch begründet, dass durch eine eventuell unzureichende Kältemittelmenge und damit verbundene fehlende Schmierung Vorschäden aufgetreten sein können. Im Zweifelsfall ist der Kompressor immer auszubauen und bei einer vorliegenden Verunreinigung des Öls ist die Anlage zu „Spülen“, bevor der Kompressor erneuert wird. Sollte der Kunde es wünschen, davon abweichend vorzugehen, ist es für die Werkstatt von Vorteil, dies auf der Rechnung zu vermerken bzw. sich dies vom Kunden in schriftlicher Form bestätigen zu lassen. Diese Technische Information wurde in Zusammenarbeit mit dem Kompressorhersteller Sanden erstellt und betrifft alle zur Zeit am Markt bekannten Kompressorhersteller und Kompressortypen.



Bild 3



Bild 4



Bild 5

## GERÄUSCHENTWICKLUNG

### Hinweise zur Fehlersuche bei Geräuschen und zum Kompressortausch.

#### Bei der Fehlersuche nach Geräuschquellen und vor jedem Kompressortausch sollten folgende Hinweise unbedingt berücksichtigt werden:

- Überprüfen Sie alle Haltebügel und Befestigungspunkte auf Brüche oder Risse und etwaige fehlende Bolzen oder Muttern. Jede Schwingung, die hierdurch verursacht wird, kann die Ursache übermäßiger Kompressorgeräusche sein. Achten Sie darauf, ob die Geräusche sich ändern, wenn Sie z. B. mit einem Montierhebel Kraft auf die Haltebügel oder Befestigungspunkte ausüben (Bild 1). Tritt eine Änderung auf, werden die Geräusche wahrscheinlich nicht durch den Kompressor verursacht.
- Überprüfen Sie die Schläuche und Leitungen, um festzustellen, ob Schwingungen vom Motor oder pulsierendes Kältemittel bis in den Fahrzeuginnenraum gelangen. Halten Sie diese dazu mit der Hand fest und achten Sie auf eventuelle Geräuschänderungen (Bild 2).
- Überprüfen Sie Keilriemen, Spannvorrichtung, Spannrollen, Generatorfreilauf und Riemenscheiben auf Leichtgängigkeit, Spiel und Flucht. Übermäßige Toleranzen durch verschlissene Teile können Geräusche hervorrufen.
- Übermäßiger Hochdruck (Bild 3) kann unnormale Kompressorgeräusche verursachen. Sollte sich der Hochdruck-Serviceanschluss auch noch hinter einer Verstopfung in der Anlage befinden, kann es sein, dass der Hochdruck in Wirklichkeit höher ist als vom Manometer angegeben. Um ein derartiges Problem zu diagnostizieren, ist es hilfreich die Temperaturen am Kondensator zu messen.
- Zu viel oder verunreinigtes Kältemittel verursacht übermäßigen Hochdruck, der wiederum Kompressorgeräusche verursachen kann. Das gleiche gilt für Kältemittel mit einem zu hohen Anteil an nicht kondensierbaren Gasen (Luft).
- Auch der Kondensator kann als Ursache ungewöhnlicher Geräusche in Betracht kommen. Wenn ungenügend Luft durch den Kondensator geführt wird, kann das Kältemittel nicht ausreichend kondensieren und der Hochdruck steigt übermäßig an. Dadurch kann es zu einer unnormalen Geräuschentwicklung kommen. Überprüfen Sie also, ob



Bild 1



Bild 3



Bild 4



Bild 5

der oder die Lüfter genügend Luft durch den Kondensator fördern. Kontrollieren Sie auch die Kondensator- und Kühlerlamellen auf eventuelle Verschmutzungen (Bild 4).

- Oftmals können Geräusche auch durch verschmutzte Expansionsventile (Bild 5) oder Drosselventile verursacht werden. Dies kann z. B. durch Verunreinigungen in Form von Metallabrieb entstehen. Der Kältemittelfluss wird dadurch vermin-

dert und es kommt zu einem übermäßigen Hochdruck. „Defekte“ Expansionsventile können beispielsweise diverse „Schnarr-, Pfeif- oder Dröhngeräusche“ erzeugen, die auch im Fahrzeuginnenraum sehr gut wahrnehmbar sind.

## SPÜLEN DES KLIMASYSTEMS

### Spülen ist Pflicht!

Das Spülen von Klimasystemen ist eine der wichtigsten Tätigkeiten im Reparaturfall bzw. bei einem Kompressorschaden, durch die Verunreinigungen und schädliche Substanzen aus dem Klimakreislauf entfernt werden. Spülen ist notwendig, um fachgerechte Reparaturen durchzuführen und um teure Folgearbeiten zu vermeiden. Außerdem werden die Gewährleistungsansprüche gegenüber Lieferanten gewahrt und die Zufriedenheit des Kunden sichergestellt. Allerdings lassen sich Kompressoren, Expansionsventile, Drosselventile und Filter-Trockner nicht spülen und müssen während des Spülvorgangs durch Adapter überbrückt werden. Nach Abschluss des Spülvorgangs müssen Ventile und Filter erneuert werden.

### Allgemeine Hinweise zum Spülen

- Lesen Sie aufmerksam die jeweiligen Bedienungsanleitungen, Beipackzettel, Angaben der Fahrzeughersteller, Sicherheitsdatenblätter etc.
- Beachten Sie vor und bei der Durchführung die jeweiligen Sicherheitsbestimmungen u. a. die Technischen Infos „Umgang mit Kältemittel“ und „Aus- und Einbauhinweise“.
- Kompressoren, Trockner/Akkumulatoren und Expansions- und Drosselventile lassen sich nicht spülen.
- Vergewissern Sie sich, dass alle Anteile von Schmutz oder beschädigten Bauteile aus dem Kältemittelkreis entfernt worden sind.

### Warum Spülen?

1. Sie müssen bei Kompressorschäden Verunreinigungen durch Metallabrieb beseitigen.
2. Sie müssen durch Feuchtigkeitseinfall entstandene Säurereste eliminieren.
3. Sie müssen von Elastomer-Partikeln verursachte Verstopfungen ausspülen.
4. Sie müssen verunreinigtes Kältemittel oder Kältemittelöl restlos entfernen.

- Stellen Sie sicher, dass sich keine Spüllösungsreste mehr im System befinden, indem Sie die Bauteile ausreichend mit Stickstoff trocknen (keine Druckluft).
- Befüllen Sie den Kompressor mit der korrekten Menge/Spezifikation an Öl (hierfür eignet sich besonders PAO-Öl 68 von Behr Hella Service). Berücksichtigen Sie hierbei die Mengen für die gespülten Bauteile.
- Drehen Sie den Kompressor vor der Inbetriebnahme 10 mal von Hand durch.
- Ersetzen Sie den Filter-Trockner oder Akkumulator und das Expansionsventil bzw. Drosselventil.
- Setzen Sie ggf. ein Filtersieb in die Saugleitung des Kompressors.

- Befüllen Sie nach dem vorschriftsmäßigen Evakuieren den Kältemittelkreislauf mit der vorgeschriebenen Menge Kältemittel.
- Motor starten. Leerlaufstabilisierung abwarten.
- Klimaanlage mehrmals im Wechsel für 10 Sekunden ein- und ausschalten.
- Führen Sie eine Systemdruck-, Funktions-, und Dichtigkeitsprüfung durch.

### Spülen des Klimasystems und der Komponenten

Das Spülen von Klimaanlage dient der Entfernung von Verunreinigungen und schädlichen Substanzen aus dem Kältemittelkreislauf. Die nachfolgenden Informationen sollen den Anwender bei der Einführung in die Thematik der „Klimaanlagen-Spülung“ unterstützen, indem sie Antworten zu wichtigen Punkten geben, wie z. B.:

- Warum Klimaanlage eigentlich gespült werden sollen
- Was man unter dem Begriff „Spülen“ im Zusammenhang mit Fahrzeugklimatisierung versteht
- Welche Arten von Verunreinigungen durch „Spülen“ beseitigt werden können bzw. welche Auswirkungen diese Arten von Verunreinigungen haben
- Welche Spülmethode es gibt und wie sie angewandt werden.

### Warum soll eine Fahrzeugklimaanlage eigentlich gespült werden?

Durch defekte Systemkomponenten (veraltete Filter-Trockner, siehe Bild, Kompressorschäden etc.), können sich Schmutzpartikel, die durch das Kältemittel mitgerissen werden, im ganzen Klimasystem verteilen. Wird bei einem Kompressorschaden z. B. nur der Kompressor erneuert, können sich in kurzer Zeit Schmutzpartikel im neuen Kompressor ansammeln und zur Zerstörung der neu eingebauten Systemkomponente sowie des Expansionsventils/Drosselventils oder Multi-Flow-Komponenten führen – eine teure Folge-Reparatur ist die logische Kon-



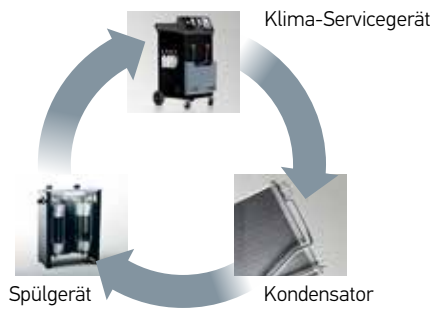

Veralteter Filter-Trockner

sequenz. Um dies zu vermeiden, muss nach einem Komponentenschaden, der eine Verschmutzung des Kältemittelkreislaufes durch Metallspäne, Gummiabrieb, etc. zur Folge haben könnte, immer das System gespült werden! Das Spülen wird mittlerweile auch von vielen Fahrzeug- bzw. Kompressoren-Herstellern verlangt.

### Was versteht man unter dem Begriff „Spülen“ im Zusammenhang mit Fahrzeugklimatisierung?

Unter „Spülen“ versteht man das Entfernen von Verunreinigungen oder schädlichen Substanzen aus dem Kältemittelkreislauf. Spülen ist notwendig, um fachgerechte Reparaturen durchzuführen, teure Folge-Reparaturen zu vermeiden, Garantieansprüche gegenüber Lieferanten zu wahren und Kundenzufriedenheit sicherzustellen.

## Vor- und Nachteile der beiden Spülmethoden

	Spülmedium	
	Kältemittel	Spülflüssigkeit
<b>Spülmethode</b>	Systemkomponenten werden mit Hilfe des Klima-Servicegeräts und einer zusätzlichen Spüleinrichtung mit Filter und Adaptern gespült (beides separat erhältlich).	Systemkomponenten werden mit Hilfe einer zusätzlichen Spüleinrichtung und einer chemischen Lösung gespült. Reste des Spülmittels müssen mit Stickstoff entfernt und das System mit Stickstoff getrocknet werden.
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Keine Kosten für das Spülmedium</li> <li>+ Keine Entsorgungskosten für das Spülmedium</li> <li>+ Entfernt lose Schmutzpartikel und Öl</li> <li>+ Methode ist von verschiedenen Fahrzeugherstellern freigegeben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Entfernt lose und festsitzende Partikel und Öl</li> <li>+ Sehr gutes Reinigungsergebnis</li> </ul>
<b>Nachteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine optimale Reinigungswirkung bei festsitzenden Verschmutzungen</li> <li>- Filterelement des Spülgeräts muss regelmäßig gewechselt werden</li> <li>- Klima-Servicegerät steht während der Anwendung nicht anderweitig zur Verfügung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kosten für das Spülmedium</li> <li>- Entsorgungskosten für das Spülmedium</li> </ul>
<b>Klimaprodukte</b>	 <p style="text-align: center;">Klima-Servicegerät</p> <p style="text-align: center;">Spülgerät      Kondensator</p>	

**Welche Verunreinigungen können durch „Spülen“ beseitigt werden bzw. welche Auswirkungen haben diese Arten von Verunreinigungen?**

- Abrieb bei Kompressorschaden:  
Die Materialpartikel verstopfen Expansionsventile, Drosselventile (Orifice-Tubes) oder Multi-Flow-Komponenten (Kondensator, Verdampfer).
- Feuchtigkeit:  
Expansionsventile und Orifice-Tubes können vereisen. Aufgrund chemischer Reaktionen von Kältemitteln und Kältemittelölen mit Feuchtigkeit können sich Säuren bilden, die Schlauchleitungen und O-Ringe porös werden lassen. Systemkomponenten werden durch Korrosion beschädigt.
- Elastomere (Gummi):  
Die Elastomerpartikel verstopfen Expansionsventile, Orifice-Tubes oder Multiflow-Komponenten.
- Verunreinigtes Kältemittelöl bzw. Kältemittel:  
Durch verunreinigtes Kältemittel oder das Mischen von verschiedenen Kältemittelölen, können sich ebenfalls Säuren bilden. Diese können Schlauchleitungen und O-Ringe porös werden lassen. Weitere Systemkomponenten können durch Korrosion beschädigt werden.

**1. Chemische Mittel (Spülflüssigkeit)**

Die Verbindungsleitungen oder Systemkomponenten müssen einzeln gespült werden. Sie werden mit Hilfe eines Universal-Adapters auf einer Spülpistole, mit einem chemischen Mittel (Spülflüssigkeit) gespült. Im Anschluss des Spülvorgangs müssen die Reste des Spülmediums mit Hilfe von Stickstoff aus dem Kältemittelkreislauf entfernt und der Kältemittelkreislauf getrocknet werden.

**Empfehlung**

Durch eine kombinierte Verwendung von Spülflüssigkeit und Stickstoff wird höchste Effektivität erreicht. Zunächst werden durch das Spülen mit Spülflüssigkeit auch festsitzende Partikel und ausgehärtete Ablagerungen beseitigt. Durch das anschließende Ausblasen mit Stickstoff werden der Kältemittelkreislauf bzw. die Komponenten wieder getrocknet.

**Nachteil**

Kosten für das chemische Reinigungsmittel und dessen fachgerechte Entsorgung, sowie zusätzliche Montagekosten beim Ein- und Ausbau der Leitungen und Komponenten.



Abrieb bei Kompressorschaden



Verunreinigtes Öl



Spülen mit Spüllösung



## 2. Kältemittel

Beim Spülen mit Kältemittel (R134a) wird die vorhandene Klimaservicestation durch Adapter und Filterelemente aufgerüstet, um Kältemittel in flüssiger Form durch den Kältemittelkreislauf zu spülen.

### Nachteil

Es können nur lose Schmutzpartikel und Öl aus dem System entfernt werden. Zudem werden Adaptionenplatten benötigt, um fachgerecht spülen zu können. Diese Adaptionenplatten verursachen aufgrund der zusätzlich notwendigen Installation und Demontage erhöhte Kosten. Die Servicestation steht während der Anwendung nicht für andere Fahrzeuge zur Verfügung.

### Hinweis

Während sich Tube & Fin und Serpentine Komponenten meistens gut reinigen lassen, ist es oft nicht möglich Komponenten in „Multi-Flow“ (Parallelfluss)-Technik zu reinigen. Bestehen bei dieser Art Komponenten Zweifel über den Reinigungserfolg, ist die Komponente auszutauschen. Wurde der Kältemittelkreislauf gespült, muss immer darauf geachtet werden, wieder eine ausreichende Menge an neuem Öl aufzufüllen.

Folgende Angaben (% der Gesamtölmenge) dienen als Anhaltspunkt:

- Kondensator: 10 %
- Trockner/Akkumulator: 10 %
- Verdampfer: 20 %
- Schläuche/Rohr-Leitungen: 10 %

Bei Nichteinhaltung der o. g. Punkte besteht die Gefahr, dass die Gewährleistung erlischt.



Tube & Fin



Serpentine



Multi-Flow

# LECKSUCH-TECHNIKEN

## Lecksuch-Techniken

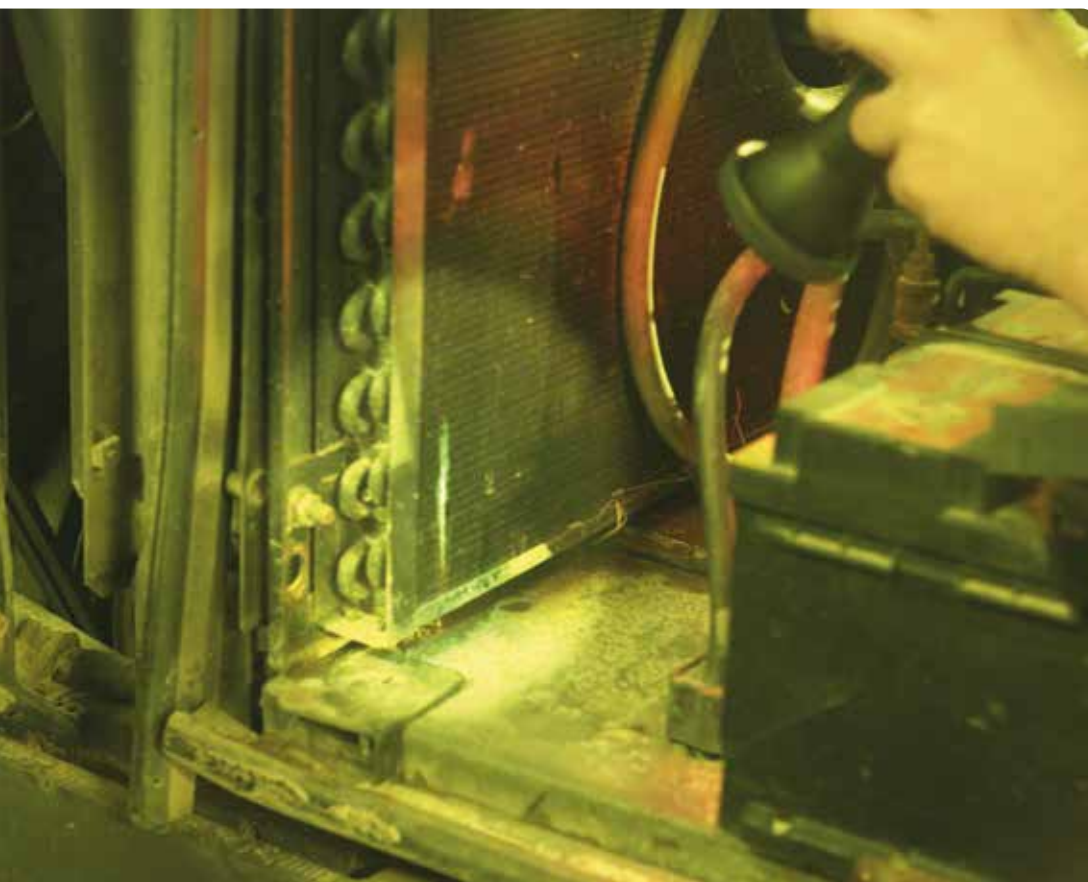
Eine der häufigsten Ursachen für Funktionsstörungen der Klimaanlage sind Undichtigkeiten im Kältemittelkreislauf. Sie führen unmerklich zu einer sinkenden Füllmenge und damit zu Leistungseinbußen bis hin zum Totalausfall. Gerade beim Kältemittel R134a ist bekannt, dass es aus Gummileitungen und Verbindungen diffundiert. Da dem Klimafachmann nicht sofort klar ist, ob eine Undichtigkeit oder ein normaler laufzeitbedingter Kältemittelverlust vorliegt, ist die gründliche Lecksuche ein Muss.

### Geprüft werden:

- Alle Anschlüsse und Leitungen
- Kompressor
- Kondensator und Verdampfer
- Filter-Trockner
- Druckschalter
- Serviceanschlüsse
- Expansionsventil

Es empfehlen sich 3 Methoden der Lecksuche:

1. Kontrastmittel und UV-Lampe
2. Elektronische Lecksuche
3. Lecksuche mit Formiergas



## Lecksuche mit Kontrastmittel

### Kontrastmittel

Das Kontrastmittel wird über verschiedene Methoden dem Kältemittel zugefügt (z. B. Spotgun-Kontrastmittel, Dye-Cartridges ...).

### Spotgun/Pro-Shot

Mit der Spotgun-Kartuschenpresse oder dem Pro-Shot System wird die genau benötigte Menge an Kontrastmittel injiziert. Weiterer Vorteil: Das Kontrastmittel kann bei befüllter Anlage eingebracht werden.

### Lecksuchlampen

Ausgetretenes Kontrastmittel wird mit der UV-Lampe sichtbar gemacht.

## Lecksuche mit elektronischem Tester/mit Stickstoff/durch Schaumbildung

### Elektronische Lecksuche mit einem Leckdetektor

Zeigt die Lecks über Signalton an. Der Leckdetektor erkennt halogene Gase und entdeckt selbst kleinste Lecks an schwer erreichbaren Stellen (z. B. Verdampferundichtigkeit).

## Lecksuche mit einem Stickstoff-Set

Dieses Werkzeug kann – zusätzlich zum Trocknen des Systems – auch zur Dichtigkeitsprüfung eingesetzt werden. Für diesen Einsatz werden ein Fülladapter für den Serviceanschluss und ein Schlauchadapter benötigt. Die entleerte Klimaanlage wird mit Stickstoff gefüllt (max. 12 bar). Über einen längeren Zeitraum (z. B. 5–10 min) wird dann beobachtet, ob der Druck konstant bleibt. Die Undichtigkeit kann durch ein „Zischen“ erkannt werden. Andernfalls ist es sinnvoll, die Leckstelle mit Lecksuchmittel sichtbar zu machen. Das Lecksuchmittel wird von außen aufgesprüht. An der undichten Stelle bildet sich Schaum. Mit Hilfe dieser Methode lassen sich nur größere Leckagen an gut zugänglichen Stellen auffinden.

## Lecksuche mit einem Formiergas-Lecksucher

Zum Auffinden von Undichtigkeiten wird das leere Klimasystem mit Formiergas, ein Gemisch aus 95 % Stickstoff und 5 % Wasserstoff, gefüllt. Mit Hilfe eines speziellen elektronischen Lecksuchers werden die Komponenten auf Undichtigkeiten geprüft. Da Wasserstoff leichter ist als Luft, muss der Sensor dabei oberhalb der vermuteten Undichtigkeit (Leitungsverbindungen/Komponenten) langsam vorbeigeführt werden. Nach beendeter Lecksuche kann das Formiergas an die Umgebungsluft abgegeben werden. Diese Lecksuchmethode stimmt mit Artikel 6, §3 der EU-Richtlinie 2006/40/EC überein.



Lecksuchset Formiergas



Kontrastmittel



Lecksuchlampe

# KLIMA-KOMPRESSORÖLE

## Kompressor-Öle von Behr Hella Service. Damit läuft es wie geschmiert.

Öl spielt im Klimasystem eine wichtige Rolle: Egal ob beim Erneuern des Kompressors oder beim Nachfüllen während des Klimageservice: Wie das Blut im menschlichen Körper, erfüllt das Öl in der Klimaanlage „lebenswichtige“ Aufgaben. Entscheidend für einen sicheren und dauerhaften Betrieb der Anlage ist jedoch die Verwendung eines hochwertigen Kompressoröls. Der Einsatz minderwertigen oder falschen Öls führt beim Klimasystem – ähnlich wie beim Motor – zu einem erhöhten Verschleiß, einem vorzeitigen Ausfall des Kompressors und unter Umständen zum Verlust der Gewährleistung / Garantie. Behr Hella Service bietet ein breites Programm an PAG-, PAO- und POE-Ölen, die optimal auf den jeweiligen Einsatzzweck abgestimmt sind und somit die Lebensdauer des Klimasystems deutlich verlängern können.

### Hinweis:

Eine falsche Zuordnung kann zu Schäden führen. Fahrzeug- bzw. herstellerepezifische Hinweise sind gesondert zu beachten.



# PAG-ÖL

## Produktmerkmale

PAG-Öle sind vollsynthetische, hygroscopische Öle auf Basis von Polyalkylenglykol. Sie werden mit unterschiedlichen Viskositäten werksseitig von vielen Fahrzeug- und Kompressorherstellern in Klimasystemen mit Kältemittel R134a eingesetzt.

Die neuen, speziellen PAG Öle 46 YF und 100 YF sind sowohl für das Kältemittel R1234yf als auch für R134a geeignet.



## Verwendung / Wirkung

PAG-Öle sind gut mischbar mit R134a (PAG Öle 46 YF und 100 YF zusätzlich mit R1234yf) und eignen sich zur Schmierung der meisten Pkw- und Nkw-Klimasysteme.

Bei der Verwendung von PAG-Ölen ist auf die richtige Auswahl der Viskositätsklasse zu achten (PAG 46, PAG 100, PAG 150). Hierbei sind die Vorgaben und Freigaben der Fahrzeughersteller zu beachten.

## Weitere Details

Der Nachteil von PAG-Ölen besteht darin, dass sie hygroscopisch sind, d. h. Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft aufnehmen und an sich binden. Aus diesem Grund sind angebrochene Öl-behältnisse sofort wieder zu verschließen und das restliche Öl ist nur begrenzt lagerfähig. Dies trifft insbesondere auch für Frischölbehältnisse am Klimateil zu.

# PAO-ÖL 68 UND PAO-ÖL 68 PLUS UV

## Produktmerkmale

PAO-Öl 68 ist nicht hygroskopisch, d. h. es nimmt, im Gegensatz zu anderen Ölen, keine Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft auf. Es ist alternativ anstelle der unterschiedlichen PAG-Öle, die für R134a angeboten werden, verwendbar\*. Daher braucht man in den meisten Fällen nur noch ein Öl anstatt drei verschiedener PAG-Öle zu bevorraten.

PAO-Öl 68 hat sich seit über 10 Jahren in der Praxis bewährt und trägt zur Leistungssteigerung der Klimaanlage bei. Es zeigt keinerlei negative Einflüsse auf die Komponenten des Klimakreislaufs. Gleiches gilt für die Verwendung in Klima-Servicestationen (vom Hersteller durch Sealed Tube Test nach Norm ASHRAE 97 belegt).

Das Öl ist ohne (PAO-Öl 68) und mit Zusatz von Kontrastmittel (PAO-Öl 68 Plus UV) erhältlich.

Bei der Verwendung von PAO-Öl 68 und PAO-Öl 68 Plus UV in Kompressoren von Behr Hella Service gilt die volle Gewährleistung.

(\* außer in elektrischen Kompressoren.)

## Verwendung / Wirkung

### PAO-Öl 68

Die Moleküle von PAO-Öl 68 heften sich an alle Oberflächen im System, verdrängen andere Moleküle und bilden einen dünnen Film auf der inneren Oberfläche der Systemkomponenten. Da die Moleküle nicht das Bestreben haben sich miteinander zu verbinden, ist dieser Ölfilm nur ein Molekül „dick“. Im Gegensatz zu vielen anderen Ölen, besteht bei der Verwendung von PAO-Öl 68 somit keine Gefahr von Ölsammlungen im Verdampfer und einer damit verbundenen Minderung der Kühlleistung. Dadurch, dass PAO-Öl 68 nur eine geringfügige Verbindung mit dem Kältemittel eingeht, zirkuliert immer nur ein geringer Teil des Öls durch das System. Die Restmenge verbleibt dort, wo das Öl eigentlich benötigt wird – im Kompressor.

Durch den Ölfilm in den Komponenten verbessert sich die Abdichtung bzw. verringert sich die Reibung zwischen den beweglichen Teilen im Kompressor. Dadurch sinkt die Betriebstemperatur und der Verschleiß. Dies trägt wesentlich zur Betriebssicherheit und Minderung von Geräuschen bei und sorgt für geringere Laufzeiten bzw. einen niedrigeren Energieverbrauch des Kompressors.



### PAO-Öl 68 Plus UV

PAO-Öl 68 Plus UV hat die gleichen positiven Eigenschaften wie PAO-Öl 68. Zusätzlich ist ein konzentriertes, hochwirksames Kontrastmittel beigemischt, welches zur UV-Lecksuche verwendet wird. Der Vorteil der geringen Vol %-Konzentration des Kontrastmittels liegt darin, dass die Eigenschaften des Öls im vollen Umfang erhalten bleiben und es zu keinerlei negativen Auswirkungen an Systembauteilen oder Service-Geräten kommt.

Um einen ausreichenden Effekt bei der Fehlersuche zu erzielen, reichen bereits 10 Vol % der Systemölmenge völlig aus. Das entspricht z. B. bei einer Gesamt-Systemölmenge von 180 ml, nur 18 ml PAO-Öl 68 Plus UV.

Natürlich kann PAO-Öl 68 Plus UV auch als alleiniges Öl für die Befüllung des gesamten Systems verwendet werden, ohne dass es zu negativen Auswirkungen kommt.

## Weitere Details

Kann PAO-Öl 68 bei Umrüstungen verwendet werden?  
Ist PAO-Öl 68 mit anderen Ölen verträglich?



PAG und PAO-Öl 68 vermischt



PAG und PAO-Öl 68 getrennt

PAO-Öl 68 greift keine fluorelastomeren Werkstoffe wie z. B. Schläuche oder Dichtungen an.

Da PAO-Öl 68 mit vielen anderen Schmier- und Kältemitteln verträglich ist, kann PAO-Öl 68 sowohl zum Nachfüllen als auch als Ersatz der gesamten Systemölmengende verwendet werden. Aufgrund der eigenständigen Molekularstruktur und Dichte, mischt sich PAO-Öl 68 zwar bis zu einem gewissen Grad mit anderen Ölen, trennt sich jedoch im „Ruhezustand“ wieder von ihnen und geht somit keine dauerhafte Verbindung ein.

Dadurch wird gewährleistet, dass die notwendige Viskosität der Öle erhalten bleibt und es zu keiner Veränderung der Gesamtviskosität kommt (siehe Abbildung 1 und 2). Durch seine einmalige Kombination aus hochraffinierten, synthetischem Öl und speziellen, leistungssteigernden Additiven, weist PAO-Öl 68 einen sehr hohen Betriebsbereich (-68 bis 315°C) auf.

### Wie wurde PAO-Öl 68 Plus UV getestet?

PAO-Öl 68 Plus UV wurde durch den Hersteller und unabhängige Institute getestet. So wurde beispielsweise die chemische Stabilität getestet, im Zusammenhang mit dem Kältemittel und den verschiedenen O-Ring-Materialien, anhand des sogenannten „sealed tube test“, entsprechend der Norm ASHRAE 97.

Alle Tests wiesen ein positives Ergebnis auf, sodass negative Auswirkungen auf Komponenten der Fahrzeug-Klimaanlage oder der Klima-Service-Station ausgeschlossen werden können. Somit kann PAO-Öl 68 Plus UV sowohl direkt in ein Bauteil z. B. den Kompressor gefüllt als auch über die Klima-Servicestation in den Kältemittelkreislauf gegeben werden.

### Kann PAO-Öl 68 bei Feuchtigkeitsproblemen eingesetzt werden?

PAO-Öl 68 ist nicht hygroskopisch, d. h. es nimmt, im Gegensatz zu anderen Ölen, keine Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft auf. Somit kann, durch die alleinige Verwendung von PAO-Öl 68, Feuchtigkeitsproblemen, wie z. B. der Vereisung von Komponenten oder der Entstehung von Säuren, entgegengewirkt werden. Die Einsatzmöglichkeiten und auch die Lagerfähigkeit von PAO-Öl 68 sind wesentlich höher als bei herkömmlichen Ölen.

### Besonderheiten und Eigenschaften

- Keine Gefahr von Ölsammlungen im Verdampfer und einer damit verbundenen Minderung der Kühlleistung
- Durch einen Ölfilm in den Komponenten verbessert sich die Abdichtung
- Verringerung der Reibung zwischen den Komponenten
- Sinkender Energieverbrauch des Kompressors
- Einmalige Kombination aus hochraffinierten, synthetischem Öl und speziellen, leistungssteigernden Additiven
- Sehr hoher Betriebsbereich (-68 bis 315°C)
- Geringe Vol %-Konzentration des hochaktiven Kontrastmittels PAO-Öl 68 Plus UV, daher Schonung und Schutz der Systembauteile und Service-Geräte

## POE-ÖL

### Produktmerkmale

Elektrische Klima-Kompressoren in Hybrid-Fahrzeugen werden mittels eines innenliegenden Elektromotors, der im Hochspannungsbereich arbeitet, angetrieben. Das Kompressoröl in diesen Kompressoren kommt unter anderem auch mit der Spule dieses Elektromotors in Kontakt. Daher muss es spezielle Anforderungen erfüllen:

- Es darf keine negativen Auswirkungen auf die im Kompressor verwendeten Materialien haben.
- Es muss eine bestimmte elektrische Kurzschlussfestigkeit haben.

Das POE-Öl von Behr Hella Service erfüllt diese Anforderungen.



### Verwendung / Wirkung

- Kann bei allen Hybrid-Fahrzeugen mit elektrischem Kompressor verwendet werden, die mit POE-Öl ab Werk befüllt sind.
- Abgefüllt in „Spotgun“-Kartuschen und damit optimal gegen Kontakt mit Feuchtigkeit geschützt (Problem: POE-Öl ist hygroskopisch).

### Weitere Details

- Kann mit „Spotgun“-Werkzeug (Kartuschenpresse) entweder direkt in Fahrzeug eingefüllt werden (mittels Adapter-schlauch mit Niederdruckanschluss) oder in den Ölbehälter am Klimageservice-Gerät umgefüllt werden.
- „Spotgun“-Kartusche mit 120 ml Inhalt.
- Jede einzelne Kartusche ist in einem Alubeutel eingeschweißt.
- In dem Alubeutel ist zusätzlich ein kleiner Beutel mit desiccant (Trockner-Granulat) enthalten, um das Öl optimal gegen Feuchtigkeit zu schützen.



# DIE ÖLE IM VERGLEICH

Öltyp	Einsatz	Bemerkung
<b>PAG-Öle</b> für Kältemittel R134a	<p>Es gibt unterschiedliche PAG-Öle für den Einsatz bei dem Kältemittel R134a mit unterschiedlichen Fließ-Eigenschaften (Viskositäten).</p> <p>PAG-Öle sind hygroskopisch und daher können angebrochene Dosen nicht lange aufbewahrt werden.</p>	Standard PAG-Öle sind nicht geeignet für Kältemittel R1234yf und elektrisch angetriebene Klima-Kompressoren
<b>PAG-Öl YF</b> für Kältemittel R1234yf	<p>Es gibt weiterhin unterschiedliche PAG-Öle für den Einsatz bei dem Kältemittel R1234yf mit unterschiedlichen Fließ-Eigenschaften (Viskositäten).</p> <p>Das Besondere an diesen PAG-Ölen von Behr Hella Service ist, dass diese nicht nur für den Einsatz mit dem Kältemittel R1234yf geeignet sind, sondern auch mit dem Kältemittel R134a verwendet werden können.</p> <p>PAG-Öle sind hygroskopisch und daher können angebrochene Dosen nicht lange aufbewahrt werden.</p>	PAG Öl YF ist sowohl für Kältemittel R1234yf als auch für R134a geeignet
<b>PAO-Öl</b> für Kältemittel R134a und andere Kältemittel	<p>Alternativ anstelle der unterschiedlichen PAG-Öle, die für R134a angeboten werden, verwendbar (mit dem Vorteil, dass es nicht hygroskopisch ist, d. h. es nimmt, im Gegensatz zu anderen Ölen, keine Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft auf).</p> <p>Die 3 verschiedenen PAO-Öle (AA1, AA2 und AA3), die Behr Hella Service anbietet, sind zusammen mit vielen verschiedenen Kältemitteln einsetzbar (siehe Produktübersicht).</p> <p>Derzeit sind die von Behr Hella Service angebotenen PAO-Öle jedoch noch nicht für den Einsatz zusammen mit R1234yf und auch noch nicht für den Einsatz in elektrischen Kompressoren in Hybrid-Fahrzeugen freigegeben.</p>	
<b>POE-Öl</b> für Kältemittel R134a	Kann bei allen Hybrid-Fahrzeugen mit elektrischem Kompressor verwendet werden, die mit POE-Öl ab Werk befüllt sind (es gibt auch elektrisch angetriebene Kompressoren für Hybrid-Fahrzeuge, die ab Werk mit einem speziellen PAG-Öl befüllt sind).	Nicht geeignet für Kältemittel R1234yf

# PRODUKTÜBERSICHT

Produkt	Verwendung	Kompressortyp	Kältemittel	Viskositätsklasse	Inhalt	Artikelnummer
<b>PAG-Öl (Dose)</b>	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen**	R134a	PAG I (ISO 46)	240 ml	<b>8FX 351 213-031</b>
	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen**	R134a	PAG II (ISO 100)	240 ml	<b>8FX 351 213-051</b>
	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen**	R134a	PAG III (ISO 150)	240 ml	<b>8FX 351 213-041</b>
<b>PAG-Öl (Spotgun- Kartusche)</b>	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen**	R134a	PAG I (ISO 46)	240 ml	<b>8FX 351 213-061</b>
	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen**	R134a	PAG II (ISO 100)	240 ml	<b>8FX 351 213-081</b>
	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen**	R134a	PAG III (ISO 150)	240 ml	<b>8FX 351 213-071</b>
<b>PAG-Öl YF</b>	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen**	R1234yf, R134a	PAG I (ISO 46)	240 ml	<b>8FX 351 213-121</b>
	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen**	R1234yf, R134a	PAG II (ISO 100)	240 ml	<b>8FX 351 213-131</b>
<b>PAO-Öl 68</b>	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen** (außer Flügelzellen)	R134a, R413a, R22, R12	AA1 (ISO 68) AA1 (ISO 68) AA1 (ISO 68)	500 ml 1,0 l 5,0 l	<b>8FX 351 214-031</b> <b>8FX 351 214-021</b> <b>8FX 351 214-101</b>
	Kühltransporter (Frischdienstfahrzeuge)	Hubkolben- kompressoren**	R134a, R507a, R500, R12			
	Kühltransporter (Tiefkühlfahrzeuge)	Hubkolben- kompressoren**	R507a, R502, R22			
	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen** (außer Flügelzellen)	R404a, R407c, R401b, R401c, R409a, R409b	AA2 (ISO 32)	1,0 l	<b>8FX 351 214-061</b>
	Kühltransporter (Frischdienstfahrzeuge)	Hubkolben- kompressoren**	R404a, R407c, R409b			
	Kühltransporter (Tiefkühlfahrzeuge)	Hubkolben- kompressoren**	R404a, R407c, R402a, R403a, R408a			
Fahrzeugklimaanlagen*	Flügelzellen- kompressoren**	R134a, R413a	AA3 (ISO 100)	1,0 l	<b>8FX 351 214-081</b>	

Produkt	Verwendung	Kompressortyp	Kältemittel	Viskositätsklasse	Inhalt	Artikelnummer
<b>PA0-Öl 68 Plus UV</b>	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen** (außer Flügelzellen)	R134a, R413a, R22, R12	AA1 (ISO 68) AA1 (ISO 68) AA1 (ISO 68)	500 ml 1,0 l 5,0 l	<b>8FX 351 214-201</b> <b>8FX 351 214-211</b> <b>8FX 351 214-221</b>
	Kühltransporter (Frischdienstfahrzeuge)	Hubkolben- kompressoren**	R134a, R507a, R500, R12			
	Kühltransporter (Tiefkühlfahrzeuge)	Hubkolben- kompressoren**	R507a, R502, R22			
	Fahrzeugklimaanlagen*	alle Typen** (außer Flügelzellen)	R404a, R407c, R401b, R401c, R409a, R409b	AA2 (ISO 32)	1,0 l	<b>8FX 351 214-261</b>
	Kühltransporter (Frischdienstfahrzeuge)	Hubkolben- kompressoren**	R404a, R407c, R409b			
	Kühltransporter (Tiefkühlfahrzeuge)	Hubkolben- kompressoren**	R404a, R407c, R402a, R403a, R408a			
	Fahrzeugklimaanlagen*	Flügelzellen- kompressoren**	R134a, R413a	AA3 (ISO 100)	1,0 l	<b>8FX 351 214-281</b>
<b>POE-Öl</b>	Hybrid-Fahrzeuge	elektrische Kompressoren	R134a		120 ml	<b>8FX 351 213-111</b>

\* Pkw, Nkw, Landmaschinen und Baumaschinen

\*\* Außer für elektrische Kompressoren



## MOTORKÜHLUNG BEI LAND- UND BAUMASCHINEN

Aus dem ursprünglich einfachen Kühlsystem ist heute ein hochkomplexes Thermo-Management-System geworden.

Die Kühlmodule moderner Schlepper und Arbeitsmaschinen beinhalten mehrere Komponenten: neben dem Kühlmittelkühler des Motors sind dort Wärmetauscher für Klimaanlage, Ladeluft, Getriebe, Kraftstoffsystem und Hydraulik untergebracht.

Die logische Forderung nach größeren Kühlern, um den steigenden Anforderungen an die Motoren gerecht zu werden, steht allerdings im Widerspruch zur aktuellen, kompakten Bauform der Fahrzeuge. Diese fordern schräge Motorhauben für eine bessere Übersicht, einen großen Lenkeinschlag für maximale Wendigkeit und erweiterte Anbauräume der Fronthydraulik. Hierdurch wird der Platz für die Kühlerkomponenten stark eingeschränkt.

Um die erforderliche Kühlleistung auch bei geringem Bauraum erbringen zu können, muss der Luftdurchsatz, sprich die Strömungsgeschwindigkeit der Luft, erhöht werden. Jedoch stellen die hintereinanderliegenden Wärmetauscher einen großen Strömungswiderstand für die Kühlluft dar und behindern somit den Luftdurchsatz. Daher muss der Kühlerlüfter mehr Leistung erbringen, die bis zu 10 Prozent der Fahrzeugennennleistung betragen kann. Um die erforderliche Kühlleistung zu erreichen, ist ein ungehinderter Luftstrom durch Kühler und Wärmetauscher deshalb besonders wichtig.

Bei Arbeiten wie Mähen, Mulchen oder Häckseln kommt es oftmals zu einer enormen Staub- und Schmutzentwicklung. Dieser Staub und Schmutz wird vom Kühler angesaugt, da durch die hohe Strömungsgeschwindigkeit der Kühlluft ein starker Vakuumeffekt erzeugt wird. Somit kommt es zu erheblichen Verschmutzungen der Zuluftgitter und Oberfläche der Kühler. Eine Reduzierung der Kühlleistung mit einhergehender Erhöhung der Betriebstemperaturen von Motor, Getriebe und Hydraulik ist die Folge. Auch die Leistung der Klimaanlage nimmt hierdurch ab. Im Extremfall besteht sogar die Gefahr eines Motorschadens.

In der Regel kommen bei Land- und Baumaschinen Kühlsysteme mit Visco®-Lüftern zum Einsatz. Diese haben den Vorteil, dass sie nur dann mit vollem Drehmoment bzw. voller Drehzahl mitlaufen, wenn eine hohe Kühlleistung benötigt wird. Die Regelung der Lüfterdrehzahl wird dabei über die Visco®-Kupplung gesteuert. Allerdings steigt der Leistungsbedarf eines Visco®-Lüfters überproportional zum Anstieg seiner Drehzahl. So bewirkt beispielsweise eine Erhöhung der Lüfterdrehzahl um 25% bereits eine Verdoppelung der Antriebsleistung.

Die Lüfterdrehzahl steigt ebenfalls bei Verschmutzungen im Bereich des Kühlsystems, was wiederum zwangsläufig zu einer Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs führt.

Die Höhe des Luftstroms hängt aber nicht nur von der Lüfterdrehzahl, sondern auch von der Stellung der Lüfterflügel ab. Neuerdings arbeiten die Kühlsysteme auch mit Lüftern, die über eine variable Flügelwinkelverstellung verfügen. Die Änderung des Anstellwinkels hat einen ähnlichen Effekt wie die Erhöhung der Drehzahl. Allerdings ist die damit verbundene Erhöhung der Antriebsleistung geringer als bei einer Drehzahlsteigerung.

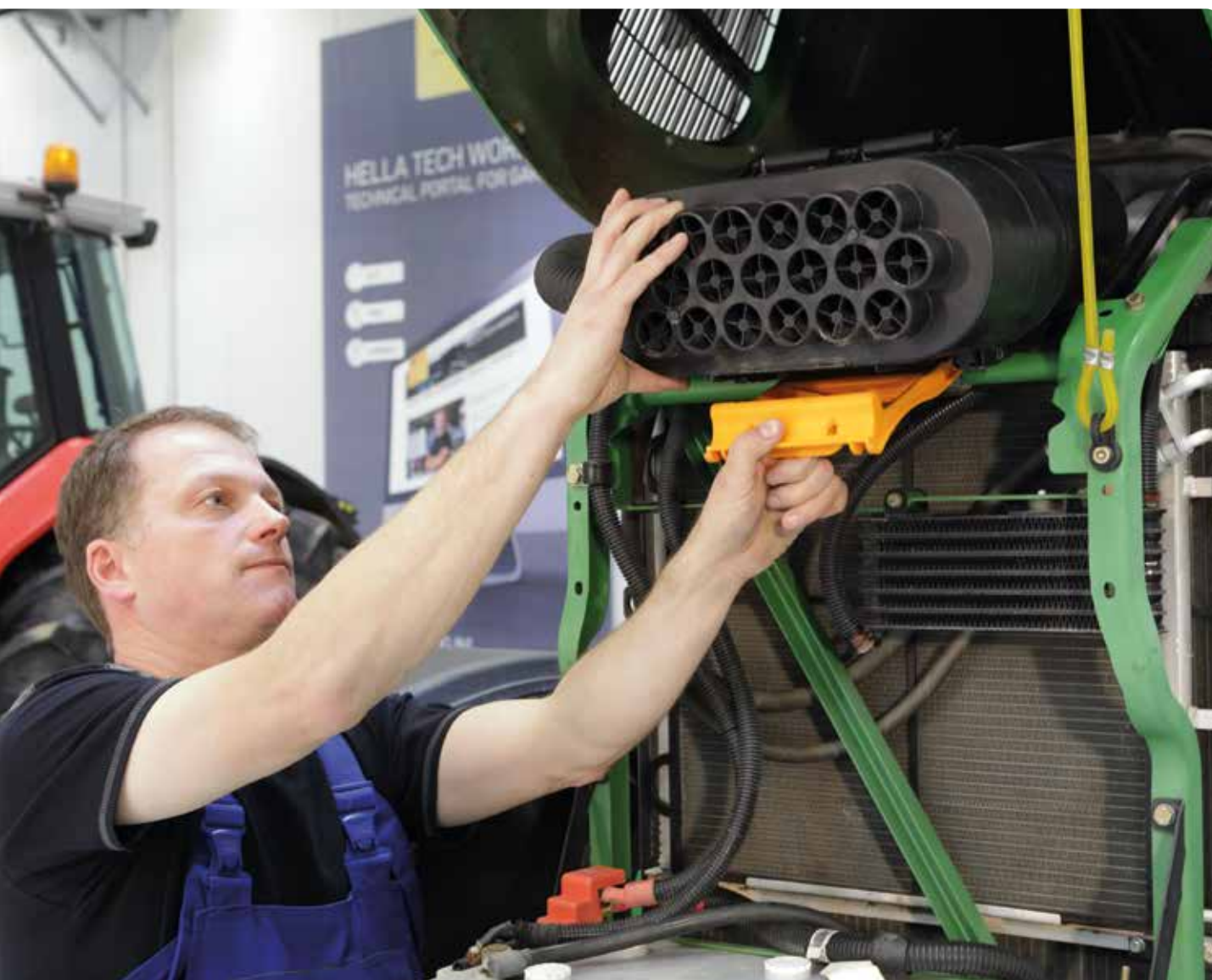
Wie zu erkennen ist, ist die regelmäßige Reinigung der Komponenten des Kühlsystems von besonderer Bedeutung. Um diese effektiv und zeitsparend durchführen zu können, wird die Zugänglichkeit der Komponenten durch unterschiedliche „Klappmechanismen“ am Fahrzeug erleichtert.

Zur Minimierung von Verschmutzungen und besserer Reinigung werden die Ansaugflächen im Kühlergrill ausreichend groß dimensioniert und mit Lochblechen und Kühlersieben versehen. Durch eine Umkehrung des Luftstroms ist eine automatische Reinigung der Wärmetauscher und Ansaugflächen möglich. Dazu wird der Lüfter für eine gewisse Zeitspanne „umgeschaltet“, das heißt er saugt nicht, sondern er „bläst“. Dabei werden die Oberflächen von Kühler, Wärmetauscher und Lüftungsgitter gereinigt, indem Staub und Schmutz wieder an die Umgebung abgegeben werden.

## LEISTUNGEN DES KÜHLSYSTEMS

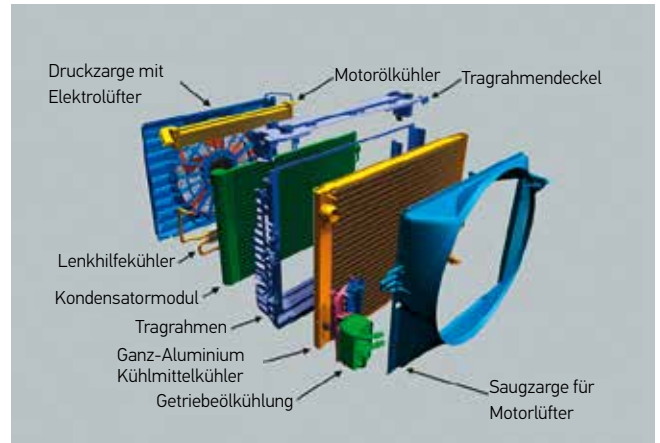
Alle Wärme, die ein Motor und seine abhängigen Systeme erzeugen, muss abgeleitet werden. Die Betriebstemperatur eines Motors darf heute nur eine kleine Toleranz haben, um den Betrieb und die Umgebungstemperatur (Motor und Innenraum) zu kontrollieren. Durch eine erhöhte Betriebstemperatur können die Abgaswerte beeinträchtigt werden. Dies kann zu einer fehlerhaften Motorsteuerung führen. Außerdem muss ein Kühlsystem bei

Motorvarianten wie Direkteinspritzung, Diesel und Benziner, die wenig Wärme erzeugen, die Insassen des Fahrzeuges im Winter wärmen und im Sommer kühlen. Alle diese Faktoren sind bei der Entwicklung eines Thermo Management Systems zu berücksichtigen. Hinzu kommt noch die Anforderung höherer Leistung und Effizienz bei geringerem Bauraum.



# AUFBAU EINES MODERNEN KÜHLUNGSMODULS

Ein typisches Beispiel des heutigen Stands eines Kühlungsmoduls. Dies besteht aus Kühlmittelkühler, Motorölkühler, Kondensator, Getriebeölkühler, Lenkhilfekühler und Kondensatorlüfter.



## MOTORKÜHLUNG MIT WASSER

Die bei der Verbrennung des Kraftstoffes erzeugten Temperaturen (bis 2.000 °C) sind für den Betrieb des Motors schädlich. Deshalb wird er auf Betriebstemperatur gekühlt. Die erste Art der Kühlung mittels Wasser war die Thermosyphonkühlung. Das erwärmte leichtere Wasser steigt dabei über ein Sammelrohr in den oberen Teil des Kühlers. Es wird durch den Fahrtwind abgekühlt, sinkt nach unten und fließt dem Motor wieder zu. Solange der Motor in Betrieb ist, läuft dieser Kreislauf. Die Kühlung wurde durch Lüfter unterstützt, eine Regelung war noch nicht möglich. Später wird der Wasserumlauf durch eine Wasserpumpe beschleunigt.

### Schwachpunkte:

- lange Warmlaufzeit
- niedrige Motortemperatur während der kalten Jahreszeit

In der weiteren Motorenentwicklung kommt ein Kühlwasserregler = Thermostat zum Einsatz.

Der Wasserumlauf über den Kühler wird in Abhängigkeit von der Kühlwassertemperatur geregelt. 1922 wird er wie folgt beschrieben: „Diese Vorrichtungen bezwecken eine schnelle Erwärmung des Motors und Vermeidung von Erkalten desselben“.

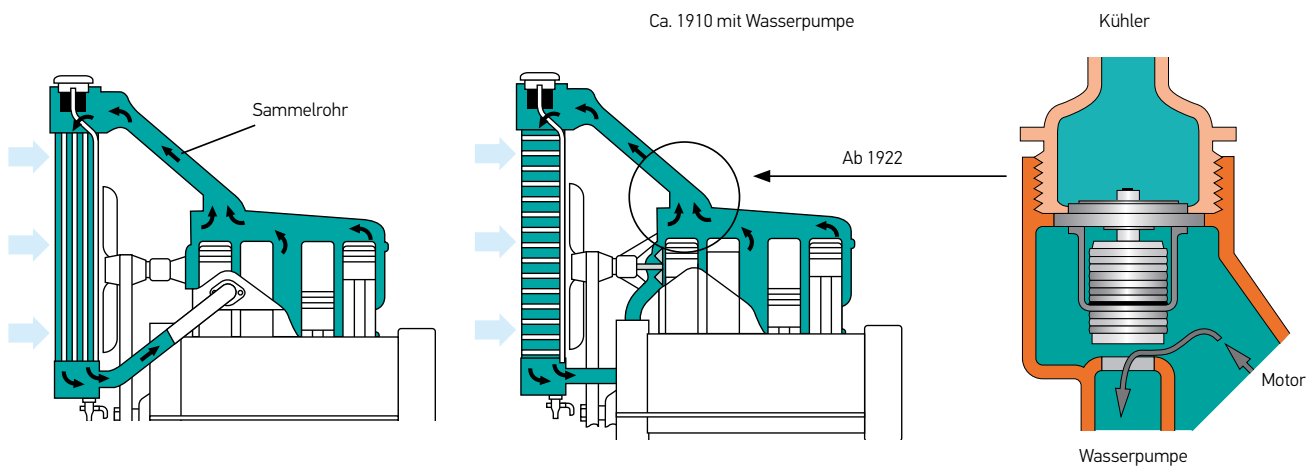
Wir sprechen hier schon von einer thermostatgeregelten Kühlung mit den Funktionen:

- kurze Warmlaufzeit
- Betriebstemperatur konstant halten

# KÜHLSYSTEM FRÜHER



Kühlsystem früher

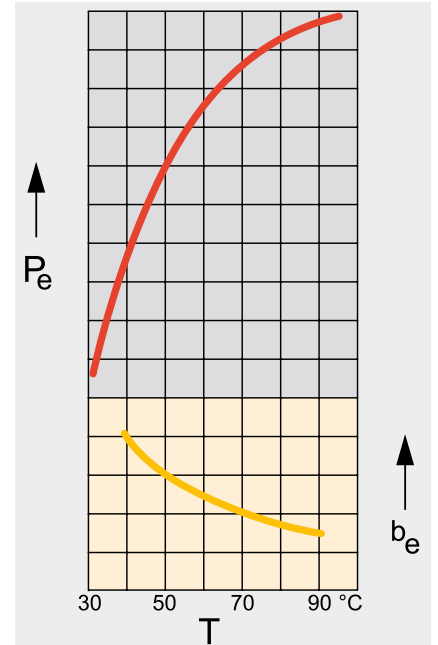




# HEUTIGER STAND



Kühlsystem heute



$P_e$  = Leistung  
 $b_e$  = Kraftstoffverbrauch  
 $T$  = Motortemperatur

Eine entscheidende Verbesserung brachte das Thermostat und der dadurch möglich gewordene „kurzgeschlossene“ Kühlkreislauf. Solange die gewünschte Betriebstemperatur des Motors nicht erreicht ist, läuft das Wasser nicht über den Kühler, sondern auf kurzem Wege wieder in den Motor zurück. Diese Regelung ist bei allen Systemen bis heute geblieben. Welchen Einfluss die Motortemperatur auf Leistung und Kraftstoffverbrauch hat, zeigt nebenstehende Grafik. Die richtige Betriebstemperatur des Motors hat aber heute nicht nur für Leistung und Verbrauch, sondern auch für einen niedrigen Schadstoffausstoß Bedeutung.

Zur Kühlung eines Motors wird nunmehr der Umstand genutzt, dass unter Druck gesetztes Wasser nicht bei 100 °C, sondern erst bei 115 °C bis 130 °C zu sieden beginnt. Der Kühlkreislauf steht dabei unter einem Druck von 1,0 - 1,5 bar. Wir sprechen vom geschlossenen Kühlsystem. Die Anlage hat dazu einen Ausgleichsbehälter, der nur etwa zur Hälfte befüllt ist. Als Kühlmedium wird nicht nur Wasser, sondern ein Gemisch aus Wasser und Kühlmittelzusatz verwendet. Wir sprechen nun vom Kühlmittel, das Frostschutz bietet, einen erhöhten Siedepunkt hat und Leichtmetallteile des Motors vor Korrosion schützt.

## DAS MOTORKÜHLUNGSSYSTEM

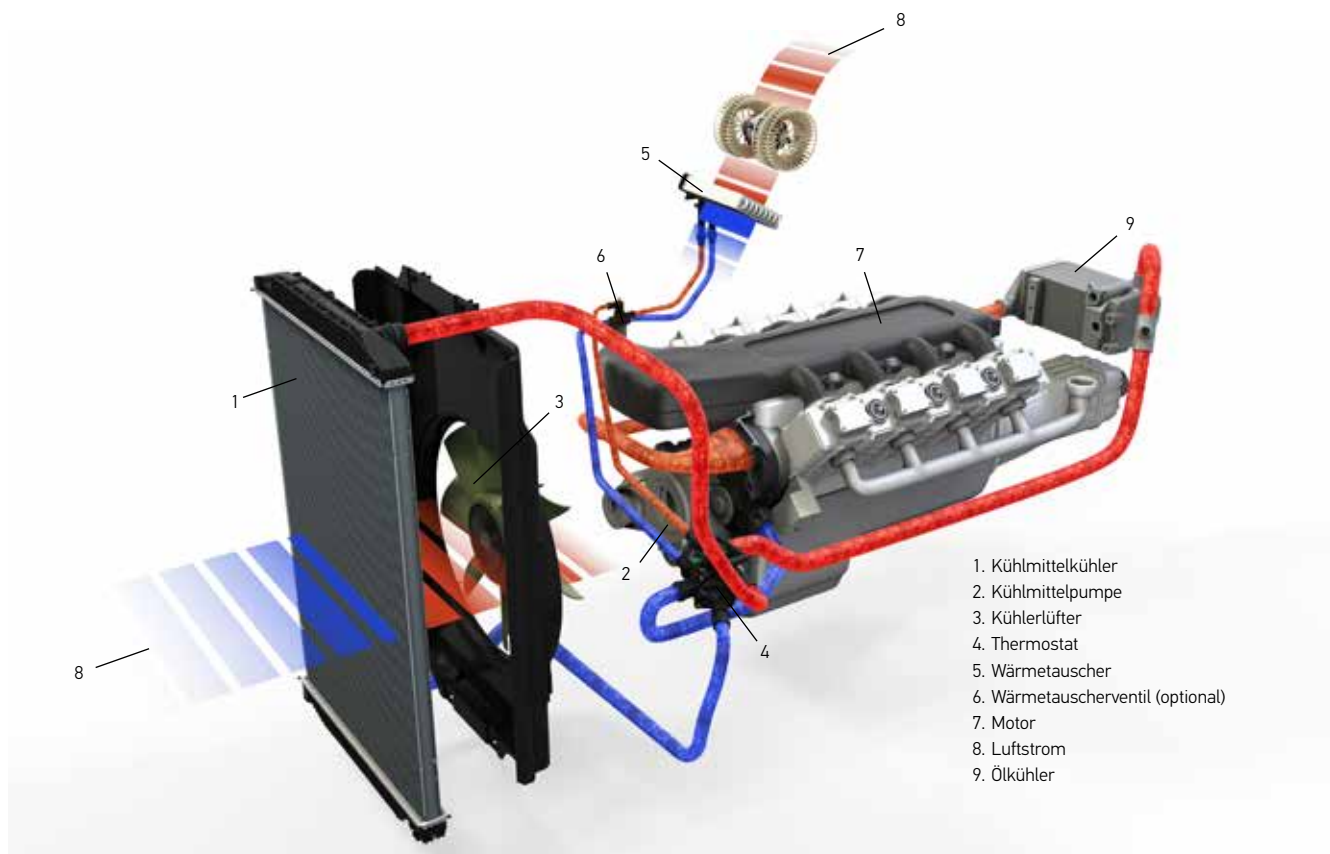
Wie alle wissen, ist der Motorraum deutlich enger geworden, hierdurch baut sich eine enorme Hitze auf, die abgeleitet werden muss. Um den Motorraum abzukühlen, werden an moderne Kühlungssysteme hohe Ansprüche gestellt, dadurch hat es in letzter Zeit große Fortschritte im Bereich Kühlung gegeben.

### Die Anforderung an das Kühlsystem sind:

- Verkürzte Warmlaufphase
- Schnelle Innenraumaufheizung
- Geringer Kraftstoffverbrauch
- Längere Lebensdauer der Komponenten

### Die Basis aller Motorkühlungssysteme besteht aus den folgenden Komponenten:

- Kühlmittelkühler
- Thermostat
- Kühlmittelpumpe (mechanisch oder elektrisch)
- Ausgleichsbehälter (Ausdehnungsbehälter)
- Leitungen
- Motorlüfter (Keilriemen angetrieben oder Visco®)
- Temperatursensor (Motorsteuerung / Anzeige)



1. Kühlmittelkühler
2. Kühlmittelpumpe
3. Kühlerlüfter
4. Thermostat
5. Wärmetauscher
6. Wärmetauscherventil (optional)
7. Motor
8. Luftstrom
9. Ölkühler

# KÜHLMITTELKÜHLER

## Allgemeines

Kühlmittelkühler werden im Luftstrom der Fahrzeugfront verbaut und unterscheiden sich in ihrer Bauart. Sie haben die Aufgabe, die durch die Verbrennung im Motor erzeugte Wärme, die durch das Kühlmittel aufgenommen wird, an die Außenluft abzugeben. Im oder am Kühlmittelkühler können sich weitere Kühler, für z.B. Automatikgetriebe, befinden.



## Aufbau/Funktionsweise

Wichtigster Bestandteil eines Kühlmoduls ist der Kühlmittelkühler (KMK). Er besteht aus Kühlerblock und Wasserkasten, mit allen erforderlichen Anschlüssen und Befestigungselementen.

Der Kühlerblock selbst wird aus dem Kühlernetz – einem Rohr/Rippen-System – den Rohrböden sowie den Seitenteilen zusammengesetzt.

Herkömmliche Kühlmittelkühler haben einen Kühlmittelkasten aus glasfaserverstärktem Polyamid, der vor dem Aufsetzen auf den Rohrboden eine Dichtung erhält und umbördelt wird. Aktuell im Trend liegen Ganz-Aluminium-Kühler, die weniger Gewicht und eine geringe Bautiefe auszeichnet. Zudem sind sie zu 100% recyclingfähig.

Die Abkühlung des Kühlmittels erfolgt über die Kühlrippen (Netz). Die durch das Kühlernetz strömende Außenluft entnimmt dem Kühlmittel Wärme.

Von der Bauart her wird zwischen Fallstrom- und Querstromkühler unterschieden. Beim Fallstromkühler tritt das Wasser oben am Kühler ein und unten wieder aus. Beim Querstromkühler tritt das Kühlwasser auf einer Seite des Kühlers ein und auf der anderen Seite wieder aus. Liegen beim Querstromkühler Einlauf und Auslauf auf der gleichen Seite, ist der Wasserkasten unterteilt. Der Kühler wird dann, im oberen und unteren Teil gegenläufig, vom Kühlmittel durchströmt. Querstrom-Kühler sind von der Bauart niedriger und kommen insbesondere in PKW zum Einsatz.



## Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Kühler kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Mangelhafte Kühlleistung
- Erhöhte Motortemperatur
- Permanent laufende Kühlerlüfter
- Mangelhafte Leistung der Klimaanlage

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

- Kühlmittelverlust durch Beschädigung des Kühlers (Steinschlag, Unfall)
- Kühlmittelverlust durch Korrosion oder undichte Anschlüsse
- Mangelhafter Wärmeaustausch durch äußere oder innere Verschmutzung (Schmutz, Insekten, Kalkablagerungen)
- Verunreinigtes oder überaltertes Kühlwasser



## Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

- Kühlmittelkühler auf äußere Verschmutzung prüfen, ggf. mit reduzierter Druckluft oder einem Wasserstrahl reinigen. Dabei nicht zu nah an die Kühlerlamellen kommen
- Kühler hinsichtlich äußerer Beschädigungen und Undichtigkeiten prüfen (Schlauchverbindungen, Bördelungen, Lamellen, Kunststoffgehäuse)
- Kühlmittel auf Verfärbung/Verunreinigung (z.B. Öl, durch defekte Kopfdichtung) und Frostschutzgehalt prüfen
- Kühlmitteldurchfluss prüfen (Verstopfung durch Fremdmaterialien, Dichtmittel, Kalkablagerungen)
- Messen der Kühlmiteleintritts- und Kühlmittel-Austritts-temperatur mit Hilfe eines Infrarotthermometers



## AUSGLEICHSBEHÄLTER

### Allgemeines

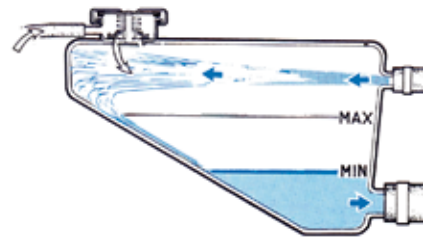
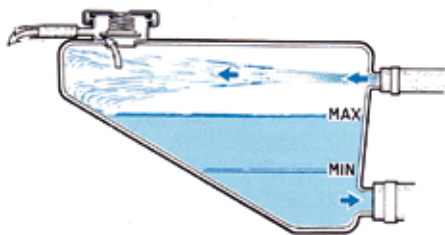
Der Ausgleichsbehälter im Kühlsystem besteht meistens aus Kunststoff und dient der Aufnahme des expandierenden Kühlmittels. In der Regel ist er so angebaut, dass er den höchsten Punkt im Kühlsystem darstellt. Zur Kontrolle des Kühlmittelstandes ist er durchsichtig und mit „Min“- und „Max“-Markierungen versehen. Darüber hinaus kann auch ein elektronischer Füllstandsgeber verbaut sein. Über das Ventil im Ausgleichsbehälter-Verschlussdeckel erfolgt ein Druckausgleich im Kühlsystem.



## Aufbau/Funktionsweise

Eine Erhöhung der Kühlmitteltemperatur führt zu einem Druckanstieg im Kühlsystem, da sich das Kühlmittel ausdehnt. Dadurch steigt der Druck im Ausgleichsbehälter an, worauf sich das Überdruckventil im Verschlussdeckel öffnet und Luft entweichen lässt.

Bei Normalisierung der Kühlmitteltemperatur entsteht ein Unterdruck im Kühlsystem. Kühlmittel wird aus dem Behälter zurückgesaugt. Hierdurch entsteht im Behälter ebenfalls ein Unterdruck. Folglich öffnet das Unterdruckausgleichs-Ventil im Verschlussdeckel des Behälters. Luft strömt in den Behälter bis ein Druckausgleich erreicht ist.



## Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Ausgleichsbehälter bzw. ein defekter Verschlussdeckel kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Kühlmittelverlust (Leckage) an diversen Systembauteilen oder am Ausgleichsbehälter selbst
- Überhöhte Kühlmittel- bzw. Motortemperatur
- Ausgleichsbehälter oder andere Systembauteile gerissen/ geborsten

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

- Überdruck im Kühlsystem, aufgrund eines fehlerhaften Ventils im Verschlussdeckel
- Materialermüdung

## Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

- Kühlmittelstand und Frostschutzgehalt prüfen
- Auf Verfärbung/Verunreinigung (Öl, Dichtmittel, Kalkablagerungen) des Kühlmittels achten
- Thermostat, Kühler, Wärmetauscher, Schlauchleitungen, und Schlauchverbindungen hinsichtlich Undichtigkeiten und Funktion kontrollieren
- Gegebenenfalls das Kühlsystem abdrücken (Druckprüfung)
- Auf Lufteinschlüsse im Kühlsystem achten, ggf. Kühlsystem nach Vorgabe des Fahrzeugherstellers entlüften

Wurden alle o.g. Punkte ohne Beanstandung durchgeführt, sollte der Verschlussdeckel des Ausgleichsbehälters erneuert werden. Eine Prüfung des Verschlussdeckel-Ventils ist nur schwer durchführbar.

# KÜHLER VERSCHLUSSDECKEL

## Allgemeines

Kaum beachtet aber wichtig: der Kühlerschlussdeckel. Neben der Aufgabe die Einfüllöffnung im Kühler oder Ausgleichbehälter gasdicht zu verschließen, soll sichergestellt werden, dass kein zu hoher Überdruck und kein Unterdruck im Kühlsystem entsteht.

Dafür ist der Einfüllverschluss mit einem Unterdruck und Überdruckventil ausgerüstet. Das Überdruckventil dient zur Druckanhebung um ca. 0,3-1,4 bar. In Abhängigkeit davon erhöht sich die Siedetemperatur der Kühlflüssigkeit auf 104 – 110 °C und die Leistung des Kühlsystems wird verbessert. Während der Abkühlung würde bei hermetisch abgeschlossenen Systemen ein Unterdruck entstehen. Das zu verhindern ist die Aufgabe des Unterdruckventils.



## Aufbau/Funktionsweise

Hohe Kühlmitteltemperatur führt zu einem Druckanstieg im Kühlsystem, da sich das Kühlmittel ausdehnt. Das Kühlmittel wird in den Behälter gepresst. Der Druck im Behälter steigt an. Das Überdruckventil im Verschlussdeckel öffnet sich und lässt Luft entweichen.

Bei Normalisierung der Kühlmitteltemperatur entsteht ein Unterdruck im Kühlsystem. Kühlmittel wird aus dem Behälter abgesaugt. Hierdurch entsteht im Behälter ein Unterdruck.

Als Folge öffnet das Unterdruckausgleichs-Ventil im Verschlussdeckel des Behälters. Luft strömt in den Behälter, bis Druckausgleich erreicht ist.



## Verhaltensregeln beim Öffnen des Kühlersverschlussdeckels

- Kühlsystem abkühlen lassen auf Kühlmitteltemperatur unter 90 °C
- Das Kühlsystem steht bei warmen Motor unter Druck
- Bei plötzlichem Öffnen des Kühlsystems besteht Verbrühungsgefahr!
- Kühlmittelverschlussdeckel bis in die Vorraste und bei geschraubten Ausführungen ½ Umdrehung aufdrehen und den Überdruck ablassen
- Schutzhandschuhe, Schutzbrille und Schutzbekleidung tragen!



## Funktionsprüfung

Das Ventil des Kühlersverschlussdeckels kann mit einem geeigneten Prüfgerät auf einwandfreie Funktion (nach Fahrzeugherstellangaben) getestet werden.

1. Öffnungsdruck durch Druckerhöhung feststellen.
2. Das Unterdruckventil muss an der Gummidichtung anliegen, sich leicht anheben lassen und nach dem Loslassen zurückfedern.

**Behr Hella Service empfiehlt, bei jedem Kühlertausch auch den Verschlussdeckel zu erneuern.**



# WÄRMETAUSCHER

## Allgemeines

Der Wärmetauscher ist im Heizungskasten des Fahrzeuginnenraums verbaut und wird vom Kühlmittel durchströmt. Die Innenraumluft wird durch den Wärmetauscher geleitet und dabei erwärmt.

## Aufbau/Funktionsweise

Der Wärmetauscher besteht, wie auch der Kühlmittelkühler, aus einem mechanisch gefügten Rohr/Rippen-System. Der Trend geht auch hier zur Ganz-Aluminium-Bauweise. Der Wärmetauscher wird vom Kühlmittel durchflossen. Die Durchflussmenge wird meistens von mechanisch oder elektrisch angesteuerten Ventilen geregelt. Die Aufheizung der Innenraumluft erfolgt über die Kühlrippen (Netz) des Wärmetauschers.



Der Luftstrom, den das Innenraum-Gebläse bzw. der Fahrtwind erzeugt, wird durch den von heißem Kühlwasser durchströmten Wärmetauscher geleitet. Dadurch erwärmt sich die Luft und gelangt dann weiter in den Fahrzeuginnenraum.

## Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter bzw. mangelhaft arbeitender Wärmetauscher kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Mangelhafte Heizleistung
- Kühlwasserverlust
- Geruchsbildung (süßlich)
- Beschlagene Scheiben
- Mangelhafter Luftdurchsatz

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

- Mangelhafter Wärmeaustausch durch äußere oder innere Verschmutzung (Korrosion, Kühlmittelzusätze, Schmutz, Kalkablagerungen)
- Kühlmittelverlust durch Korrosion
- Kühlmittelverlust durch undichte Anschlüsse
- Verschmutzter Innenraumfilter
- Verunreinigung/Blockade im Lüftungssystem (Laub)
- Fehlerhafte Klappensteuerung

## Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

- Auf Geruchsbildung und Scheibenbeschlag achten
- Innenraumfilter prüfen
- Wärmetauscher hinsichtlich Undichtigkeiten überprüfen (Schlauchanschlüsse, Bördelungen, Netz)
- Auf Verunreinigungen/Verfärbungen des Kühlmittels achten
- Kühlmitteldurchfluss prüfen (Verstopfung durch Fremdstoffe, Kalkablagerungen, Korrosion)
- Kühlmittel-Eintritts- und Kühlmittel-Austritts-Temperatur messen
- Auf Blockaden/Fremdstoffe im Lüftungssystem achten
- Klappensteuerung überprüfen (Umluft/Frischluft)



# LADELUFTKÜHLER

## Allgemeines

Leistungssteigerung im gesamten Drehzahlbereich, niedriger Kraftstoffverbrauch, verbesserter Motorwirkungsgrad, Senken von Abgaswerten, thermische Entlastung des Motors - es gibt eine Vielzahl von Gründen die Verbrennungsluft aufgeladener Motoren mit Ladeluftkühlern zu kühlen.

Grundsätzlich sind zwei Kühlungsarten zu unterscheiden. Die direkte Ladeluftkühlung, wo der Ladeluftkühler im Bereich des Vorderwagens verbaut ist und über die Umgebungsluft (Fahrtwind) gekühlt wird und die indirekte Ladeluftkühlung, wobei Kühlmittel den Ladeluftkühler durchströmt und die Wärme ableitet.



## Aufbau/Funktionsweise

Vom Aufbau her, entspricht der Ladeluftkühler dem des Kühlmittelkühlers.

Das abzukühlende Medium ist beim Ladeluftkühler (LLK) nicht Kühlmittel, sondern vom Turbolader kommende komprimierte heiße Luft (bis 150 °C).

Grundsätzlich kann der Ladeluft durch die Außenluft oder dem Motor-Kühlmittel Wärme entzogen werden.

Die Ladeluft tritt in den LLK ein und wird bei der direkten Ladeluftkühlung, vom Fahrtwind durchströmt und gelangt abgekühlt zum Ansaugtrakt des Motors.

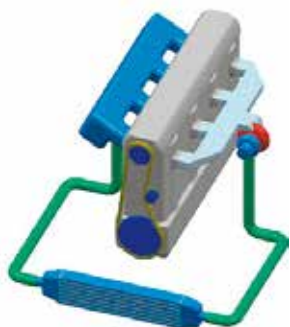
Beim kühlmittelgekühlten LLK kann die Einbaulage des LLK fast frei gewählt werden, wobei auch das geringere Bauvolumen von Vorteil ist. So können beispielsweise bei der indirekten Ladeluftkühlung, der kühlmittelgekühlte LLK und der Ansaugtrakt eine Einheit bilden. Ohne einen zusätzlichen Kühlkreislauf kann die Ladeluft allerdings nur bis in die Nähe der Kühlmitteltemperatur

abgesenkt werden. Mit Hilfe eines gesonderten, vom Motor-Kühlmittelkreislauf unabhängigen LLK-Kühlmittel-Kreislaufs, lässt sich der Wirkungsgrad des Motors, durch Zunahme der Luftdichte, weiter steigern. Eingebunden in diesen Kreislauf sind ein Niedertemperatur-Kühlmittelkühler und ein Ladeluft-Kühlmittelkühler.

Die Ladeluft-Abwärme wird zuerst auf das Kühlmittel übertragen und dann im Niedertemperatur-Kühlmittelkühler an die Umgebungsluft abgeführt.

Der Niedertemperatur-Kühler ist im Frontend des Fahrzeugs untergebracht. Da der Niedertemperatur-Kühler deutlich weniger Platz benötigt, als eine herkömmlicher luftgekühlter LLK, wird Raum im Frontend frei. Zudem entfallen die voluminösen Ladeluftleitungen.

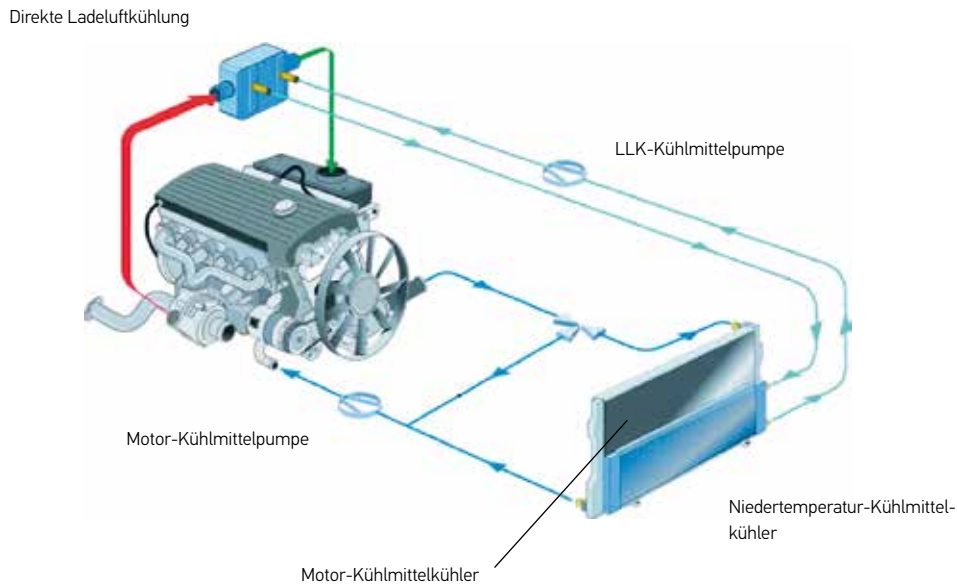
Schematische Darstellung



Direkte Ladeluftkühlung



Indirekte Ladeluftkühlung /  
Ansaugkrümmer mit integriertem LLK



## Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Ladeluftkühler kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Mangelhafte Motorleistung
- Kühlmittel-Verlust (bei kühlmittegeköhltem LLK)
- Erhöhter Schadstoffausstoß
- Erhöhter Kraftstoffverbrauch

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

- Beschädigte oder blockierte Schlauch- / Kühlmittelverbindungen
- Kühlmittelverlust oder Falschluff durch Leckagen
- Äußere Beschädigung (Steinschlag, Unfall)
- Verminderter Luftdurchsatz (Schmutz)
- Mangelhafter Wärmeaustausch durch innere Verschmutzung (Korrosion, Dichtmittel, Kalkablagerungen)
- Ausfall der Kühlmittelpumpe (bei Niedertemperatur-Kühlmittelkühler)

## Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

- Kühlmittelstand kontrollieren
- Kühlmittel auf Verunreinigung/Verfärbung und Frostschutzgehalt überprüfen
- Auf äußere Beschädigungen und Verschmutzung achten
- Systembauteile und Verbindungselemente (Schlauchverbindungen) hinsichtlich Leckagen kontrollieren
- Kühlmittelpumpe überprüfen
- Lüfter und Zusatzlüfter kontrollieren
- Durchflussmenge prüfen (Verstopfung durch Fremdmaterialien, Korrosion)

# ÖLKÜHLER

## Allgemeines

Die Kühlung thermisch hoch belasteter Öle (Motor, Getriebe, Lenkhilfe) durch Ölkühler bzw. die Sicherung einer nahezu gleichbleibenden Temperatur, bringt erhebliche Vorteile. Ölwechselintervalle verlängern sich und die Lebensdauer diverser Bauteile steigt. Je nach Anforderungen, finden sich Ölkühler im/am Motorkühler oder auch direkt am Motorblock wieder. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen luft- und kühlmittelgekühlten Ölkühler-Typen.

## Aufbau/Funktionsweise

Bei hoch belasteten Fahrzeugaggregaten reicht eine konventionelle Kühlung heute nicht mehr aus. So ist z.B. die Kühlung des Motoröls sehr ungleichmäßig, da sie von der Außentemperatur und dem Fahrtwind abhängig ist.

Luftgekühlte Ölkühler, die im Luftstrom der Fahrzeugfront liegen, tragen zu einer ausreichenden Abkühlung der Öltemperatur bei. Flüssigkeitsgekühlte Ölkühler sind an den Kühlmittelschleife des Motors angeschlossen und bieten eine optimale Temperaturregelung. Hierbei durchströmt Kühlmittel den Ölkühler. Bei warmem Motor entzieht das Kühlmittel dem Öl Wärme und kühlt es ab. Bei kaltem Motor erwärmt sich das Kühlmittel schneller als das Öl und führt somit dem Öl Wärme zu.

Dadurch erreicht das Öl schneller seine Betriebstemperatur. Ein schnelles Erreichen der Betriebstemperatur bzw. eine gleichbleibende Betriebstemperatur, ist besonders bei Automatik-Getrieben und Lenkhilfen von Bedeutung. Es besteht ansonsten die Gefahr, dass z.B. die Lenkung zu schwer- oder zu leichtgängig wird.

Rohr-Kühler werden heute immer mehr durch kompakte Ganz-Aluminium Stapelscheiben-Kühler ersetzt. Diese bieten eine größere Flächenkühlung, bei gleichzeitig geringerem Bauraum und können an den verschiedensten Stellen im Motorraum angebracht werden.



## Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Ölluftkühler kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Mangelhafte Kühlleistung
- Ölverlust
- Erhöhte Öltemperatur
- Verunreinigtes Kühlmittel

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

- Mangelhafter Wärmeaustausch durch äußere oder innere Verschmutzung (Insekten, Schmutz, Ölschlamm, Korrosion)
- Ölverlust durch Beschädigungen (Unfall)
- Eintritt von Öl in das Kühlsystem (innere Undichtigkeit)
- Ölverlust durch undichte Anschlüsse

## Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

- Öl- und Kühlmittelstand kontrollieren
- Ölkühler hinsichtlich äußerer Verschmutzungen, Beschädigungen (Haarrisse) prüfen
- Kühlmittel auf Verunreinigung/Verfärbung und Frostschutzgehalt überprüfen
- Auf äußere Leckagen (Anschlüsse) achten
- Durchflussmenge prüfen (Verstopfung durch Fremdmaterialien, Korrosion, Ölschlamm usw.)



# VISCO®-KUPPLUNG

## Allgemeines

Die Visco®-Kupplung ist Teil des Visco®-Lüfters. Sie hat die Aufgabe, temperaturabhängig den Kraftschluss zwischen Antrieb und Lüfterrad herzustellen und dessen Drehzahl zu beeinflussen. An der Kupplung ist ein Kunststofflüfter angebracht, der den Luftstrom bedarfsgerecht erzeugt. Visco®-Lüfter kommen überwiegend bei längseingebauten, hubraumstarken Personenwagen und bei Lastkraftwagen zum Einsatz.

## Aufbau/Funktionsweise

Die Visco®-Kupplung wird meistens über eine Welle direkt vom Motor angetrieben (Bild 1). Wird keine Kühlluft benötigt, schaltet die Visco®-Kupplung ab und läuft mit geringer Drehzahl. Bei steigendem Bedarf fließt Silikon-Öl vom Vorrats- in den Arbeitsraum. Dort wird verschleißfrei, über Flüssigkeitsreibung, das Antriebsmoment auf den Lüfter übertragen, dessen Drehzahl sich stufenlos über die Betriebsbedingungen einstellt.

Der Einschaltpunkt liegt bei ca. 80 °C. Bei der konventionellen Visco®-Kupplung trifft die Kühlerabluft auf ein Bimetall (Bild 2), dessen thermische Verformung das Öffnen und Schließen eines Ventils über einen Stift und Ventilhebel bewirkt. Abhängig von der Ventilstellung und damit der Ölmenge im Arbeitsraum, stellen sich die übertragbaren Drehmomente und Lüfterdrehzahlen ein. Die Ölfüllmenge beträgt 30 – 50 ml (PKW).

Auch bei vollständig gefülltem Arbeitsraum, besteht eine Differenz zwischen Antriebs- und Lüfterdrehzahl (Schlupf). Die dabei entstehende Wärme wird über die Kühlrippen an die Umgebungsluft abgeführt. Bei der elektronisch gesteuerten Visco®-Kupplung erfolgt die Regelung direkt über Sensoren. Ein Regler verarbeitet die Werte und ein getakteter Steuerstrom leitet sie zum integrierten Elektromagneten. Das definiert geführte Magnetfeld regelt über einen Anker das Ventil zur Steuerung des internen Ölflusses. Ein zusätzlicher Sensor für die Lüfterdrehzahl schließt den Regelkreis.



Bild 1



Bild 2

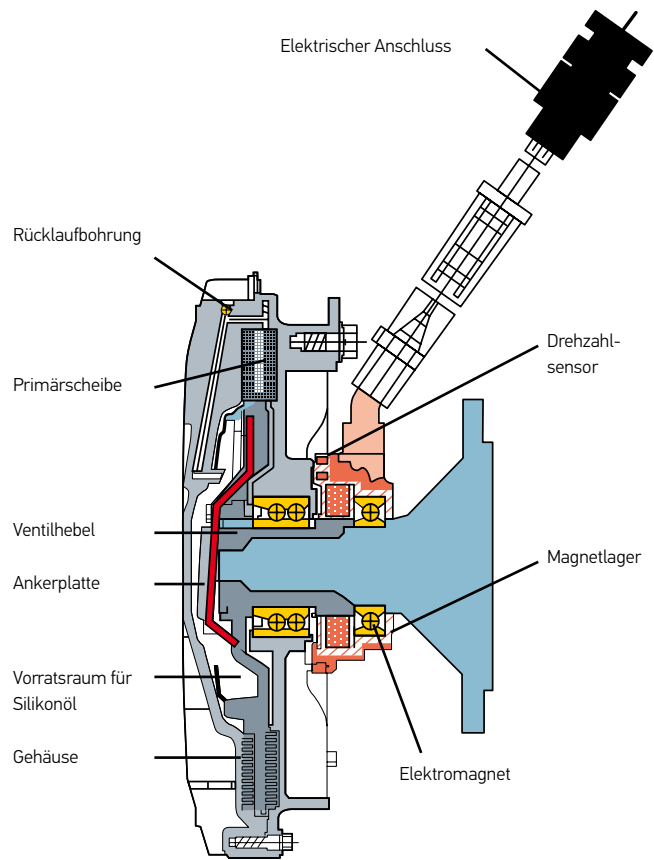
## Auswirkungen bei Ausfall

Eine defekte Visco®-Kupplung kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Erhöhte Motortemperatur bzw. Kühlmittel-Temperatur
- Starke Geräuschentwicklung
- Lüfterrad läuft unter allen Betriebsbedingungen voll mit

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

- Mangelhafter Kraftschluss durch Ölaustritt
- Ölverlust durch Undichtigkeit
- Verschmutzung der Kühlfläche bzw. des Bimetalls
- Innere Schäden (z.B. Regelventil)
- Lagerschaden
- Beschädigtes Lüfterrad
- Permanent voller Kraftschluss durch defekte Kupplung



Elektronisch geregelte Visco®-Kupplung

## Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

- Kühlmittelstand und Frostschutzgehalt kontrollieren
- Visco®-Lüfter hinsichtlich äußerer Verschmutzung und Beschädigung prüfen
- Lager hinsichtlich Spiel und Geräusche überprüfen
- Auf Ölaustritt achten
- Visco®-Kupplung durch Drehen von Hand, bei ausgeschaltetem Motor prüfen. Bei kaltem Motor sollte das Lüfterrad sich leicht und bei warmem Motor schwer drehen lassen
- Falls möglich, den Schlupf der Kupplung mittels Drehzahlvergleich, zwischen Lüfter-/Antriebswellendrehzahl, überprüfen. Bei vollem Kraftschluss darf die Differenz, bei direkt angetriebenen Lüftern, max. 5 % betragen. Dazu eignet sich ein optischer Drehzahlmesser mit Reflexionsstreifen (Bild 3)
- Elektrischen Anschluss (elektronisch gesteuerte Visco®-Kupplung) überprüfen
- Lufthutze/Luftleitbleche kontrollieren
- Auf ausreichenden Luftdurchsatz der Kühler achten

# VISCO®-LÜFTER

## Allgemeines

Zur Wärmeabfuhr bei stärkeren Motoren benötigt man neben leistungsfähigen Kühlern auch Lüfter und Lüfterantriebe, die Kühlluft besonders effizient bereitstellen. Visco®-Lüfter bestehen aus einem Lüfterrad und einer Visco®-Kupplung. Sie kommen bei längseingebauten Motoren zum Einsatz und werden vor dem Kühler (Fahrtrichtung) verbaut und über einen Keilriemen oder direkt vom Motor angetrieben.



## Aufbau/Funktionsweise

Das Lüfterrad besteht meistens aus Kunststoff und ist mit der Visco®-Kupplung verschraubt. Anzahl und Stellung der Lüfterflügel variieren konstruktionsbedingt. Das Gehäuse der Visco®-Kupplung besteht aus Aluminium und verfügt über zahlreiche Kühlrippen. Die Regelung des Visco®-Lüfters kann durch eine reine temperaturabhängige, selbstregelnde Bimetall-Kupplung

erfolgen. Regelgröße hierbei ist die Umgebungstemperatur des Kühlmittelkühlers. Eine andere Variante stellt die elektrisch angesteuerte Visco®-Kupplung da. Diese wird elektronisch geregelt und elektromagnetisch betätigt. Zur Regelung werden hierbei die Eingangsgrößen verschiedener Sensoren herangezogen. Weitere Informationen können Sie der technischen Information zur Visco®-Kupplung entnehmen.

## Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Visco®-Lüfter kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Starke Geräuschentwicklung
- Erhöhte Motor- bzw. Kühlmittel-Temperatur

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

- Beschädigtes Lüfterrad
- Ölverlust/Undichtigkeit
- Verschmutzung der Kühlfläche bzw. des Bimetalls
- Lagerschaden

## Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

- Kühlmittelstand kontrollieren
- Lüfterrad auf Beschädigungen hin überprüfen
- Auf Ölaustritt achten
- Lager hinsichtlich Spiel und Geräusche überprüfen
- Befestigung von Lüfterrad und Visco®-Kupplung kontrollieren
- Luftleitbleche/Lufthutze auf festen Sitz und Vorhandensein prüfen



# KÜHLMITTEL, FROSTSCHUTZ UND KORROSIONSSCHUTZ

Kühlmittel ist der Oberbegriff für die sich im Kühlsystem befindliche Kühlflüssigkeit.

Kühlmittel schützt vor Frost, Rost, Überhitzung und schmiert. Es hat die Aufgabe die Motorwärme aufzunehmen und über den Kühler abzuführen. Das Kühlmittel ist ein Gemisch aus Wasser und Frostschutz (Glykol/Ethanol), das mit diversen Additiven (Bitterstoffe, Silikat, Antioxidanten, Schaumverhütern) versehen und eingefärbt ist.

Bitterstoffe sollen verhindern, dass das Kühlmittel versehentlich getrunken wird. Silikate bilden eine Schutzschicht auf den Metalloberflächen und verhindern u.a. Kalkablagerungen. Antioxidanten verhindern die Korrosion von Bauteilen. Schaumverhüter unterdrücken das Aufschäumen des Kühlmittels. Glykol hält Schläuche und Dichtungen geschmeidig und hebt den Siedepunkt des Kühlmittels an.

Das Mischungsverhältnis Wasser/Frostschutz sollte bei 60:40 bis 50:50 liegen. Dies entspricht in der Regel einem Frostschutz von -25 °C bis -40 °C. Das minimale Mischungsverhältnis sollte 70:30 und das maximale Mischungsverhältnis 40:60 betragen.

Durch weitere Erhöhung des Frostschutzanteils (z. B. 30:70) ist keine Absenkung des Gefrierpunktes mehr zu erzielen. Im Gegenteil, ein unverdünnt eingesetztes Frostschutzmittel gefriert bereits bei ca. -13 °C und leitet bei Temperaturen von über 0 °C nicht genügend Motorwärme ab. Der Motor würde somit überhitzt.

Da Glykol einen sehr hohen Siedepunkt aufweist, kann durch das richtige Mischungsverhältnis der Siedepunkt des Kühlmittels auf bis zu 135 °C erhöht werden. Darum ist auch in warmen Ländern ein ausreichender Frostschutzanteil wichtig.

Es ist immer der Hersteller-Empfehlung zu folgen, eine typische Zusammensetzung könnte 40/60% oder 50/50% mit der Nutzung von inhibiertem Wasser (Trinkwasser-Qualität) sein.



Das Kühlmittel bzw. dessen Zusätze unterliegen einem gewissen Verschleiß, d.h. ein Teil der Additive wird im Laufe der Jahre verbraucht. Sind z. B. die Korrosionsschutz-Additive aufgebraucht, kommt es zu einer Braunfärbung des Kühlmittels.

So geben z.B. John Deere, Massey Ferguson und Valtra einen Wechselintervall von 2000 Stunden bzw. 2 Jahren vor. Bei John Deere kann beispielsweise der Wechselintervall mit einem speziellen Kühlmittel (Cool-Gard II und Premix) auf 6 Jahre bzw. 6000 Stunden erweitert werden.

Generell sollte das Kühlmittel bei Verunreinigungen (Öl, Korrosion) und bei Fahrzeugen, die nicht mit Long Life Kühlmitteln befüllt sind, gewechselt werden.

Hinsichtlich Spezifikationen, Wechselintervall, Mischungsverhältnis und Mischbarkeit von Frostschutzmittel sind unbedingt die Angaben der Fahrzeughersteller zu beachten.

Kühlmittel darf nicht in das Grundwasser gelangen oder über den Ölabscheider abgeleitet werden. Es ist gesondert aufzufangen und zu entsorgen.



# KÜHLER-WARTUNG

Der Kühler benötigt keine Wartung, da ein Schutz bei der Produktion innen und außen schon herbeigeführt wird (Behr speziell). Eine Reinigung mit dem Dampfstrahler mit geringem Druck (von innen nach außen) ist möglich, wie bei Kondensatoren.

Ebenso kann zur Reinigung von außen reduzierte Druckluft verwendet werden.

## SPÜLEN DES KÜHLSYSTEMS

Bei Verunreinigungen des Kühlmittels muss das Kühlmittel abgelassen und das Kühlsystem gespült werden.

### Verunreinigungen können sein:

- Öl (defekte Zylinderkopfdichtung)
- Rost (Innenkorrosion Motor)
- Aluminium (Innenkorrosion Kühler)
- Fremdstoffe (Zusätze/Dichtungsmittel)
- Fremdpartikel (defekte Kühlmittelpumpe)

Je nach Verschmutzungsgrad ist das Kühlsystem mit warmem Wasser oder auch mit einer speziellen Spülflüssigkeit zu reinigen.

Je nach Fahrzeughersteller und Symptom gibt es verschiedene Vorgehensweisen zum Spülen.

Der Grad der Verunreinigung und die Vorgaben der Fahrzeughersteller geben somit das Verfahren und eingesetzte Spülmedium vor. Beachtet werden sollte auf jeden Fall, dass sich aufgrund ihrer Bauweise (z. B. Flachrohr) bei modernen Kühlsystemen nicht mehr alle Bauteile spülen lassen und somit ausgetauscht werden müssen.

### Dies trifft insbesondere für folgende Bauteile zu:

- Thermostat
- Kühler
- Elektrische Ventile
- Verschlussdeckel
- Wärmetauscher

Ist der Kühlmittelstand im Ausgleichsbehälter aufgrund der Verschmutzung (Öl, Rost) nicht mehr zu erkennen, muss der Behälter ebenfalls ersetzt werden. Das Thermostat und der Verschlussdeckel sollten grundsätzlich erneuert werden.

Bei der Verwendung von speziellen Kühlsystemreinigern ist darauf zu achten, dass diese keine Dichtungsmaterialien angreifen und nicht ins Grundwasser gelangen bzw. nicht über den Ölabscheider abgeführt werden. Die Reinigungsmittel müssen zusammen mit dem Kühlmittel aufgefangen und gesondert entsorgt werden.

Nach dem Spülen ist das System nach Fahrzeugherstellerangabe neu mit Kühlmittel (Spezifikation, Mischungsverhältnis beachten) zu befüllen, zu entlüften und auf Funktion und Dichtigkeit zu überprüfen.

## ENTLÜFTUNG DES SYSTEMS BEI BEFÜLLUNG

Luft einschließen im Kühlsystem von Kraftfahrzeugen sind mittlerweile ein weitverbreitetes Problem. Verursacht werden diese „Luftblasen“ durch die Positionierung des Kühlers bzw. Ausdehnungsgefäßes auf dem Niveau des Fahrzeugmotors oder gar unter diesem. Somit kann das vollständige Entlüften des Kühlsystems nach einer erfolgten Reparatur oder beim Austausch des Kühlmittels ein ernsthaftes Problem darstellen. Im Kühlsystem verbliebene Luft verringert deutlich die Zirkulation des Kühlmittels und kann zur Überhitzung des Motors und daraus resultierenden kapitalen Schäden führen. Abhilfe schafft hier das Kühler-Vakuum-Befüllgerät

### Hiermit kann man:

- Luftblasen beseitigen
- nach undichten Stellen suchen
- eine rasche Wiederauffüllung des Kühlsystems durchführen

Airlift wird an den Kühler oder das Ausdehnungsgefäß mittels beiliegender Adapter angeschlossen. Danach schließen Sie einen Druckluftschlauch, mit dem Sie sonst Ihr Druckluftwerkzeug betreiben, an. Über ein Spezialventil wird nun das Kühlsystem evakuiert und ein hoher Unterdruck erzeugt. Im Anschluss wird der beiliegende Saugschlauch angeschlossen und über einen sauberen Kühlmittelbehälter (Eimer, Kanne) das frische Wasser-Frostschutz-Gemisch aufgefüllt. Mit Hilfe des Manometers, das am Airlift den Unterdruck misst, kann gleichzeitig auch die Dichtigkeit des ganzen Systems überprüft werden.

## Überprüfung des Kühlsystems mittels Druck- und Druckabfallprüfung

Zur Überprüfung des Kühlsystems hinsichtlich Undichtigkeiten, empfiehlt sich die Verwendung eines Druckprüfgerätes. Mit Hilfe einer Handpumpe wird das Kühlsystem unter Druck gesetzt. Durch Beobachten des Druckmanometers kann bei einem Druckabfall auf eine Undichtigkeit des Kühlsystems geschlossen werden. Durch Universal- oder fahrzeugspezifische Adapter lässt sich die Pumpe über einen Schnellverschluss an fast alle gängigen LKW, PKW, Land- und Baumaschinen adaptieren.

Für schwer auffindbare Leckagen kann das Kühlsystem vorab mit einem Kontrastmittel befüllt werden.



# TYPISCHE SCHÄDEN

Die Bilder zeigen typische Schäden, die durch verschiedene Ursachen entstehen.

## Kühler

Alle Fehler verursachen eine reduzierte Leistung des Kühlers. Reparaturen sind nicht üblich bei modernen Kühlmittelkühlern, da Aluminiumschweißen hierbei recht schwer ist und bei den kleinen Kanälen möglicherweise zu Verstopfungen führen würde. Dichtmittel darf nicht verwendet werden, weil es zu Verstopfung führen und die Leistung reduzieren kann.



Ablagerung durch Ölaustritt kommt von Motoröl, das durch einen Zylinderkopfdichtungs-Schaden in den Kühlmittelkreislauf gelangt.



Kalkablagerung durch Verwendung von reinem Wasser (ohne Kühlmittel).

## Wärmetauscher

Kalkablagerungen und die Verwendung von Dichtmitteln können beim Wärmetauscher, wie auch schon beim Kühler, zu Verstopfungen führen. Diese lassen sich zum Teil durch das Spülen mit bestimmten Reinigungsmitteln entfernen. Hierbei sind die Angaben der Fahrzeughersteller zu beachten.



# KÜHLSYSTEMPRÜFUNG UND DIAGNOSE

Bei Störungen im Kühlsystem, wie z. B. ungenügender Heizleistung, Motor kommt nicht auf Betriebstemperatur oder Überhitzung, ist es möglich, mit einfachen Mitteln der Fehlerursache nachzugehen. Als Erstes sollte das Kühlsystem auf einen ausreichenden Kühlflüssigkeitsstand, Verunreinigungen, Frostschutz und Undichtigkeiten hin untersucht werden. Auf eine ausreichende Spannung des Keilriemens bzw. Keilrippenriemens ist ebenfalls zu achten.

Danach kann die Fehlersuche, je nach Symptom, durch das Beobachten von Komponenten bzw. Abgreifen von Temperaturen wie folgt fortgesetzt werden:



## Motor überhitzt:

- **Ist die angezeigte Temperatur realistisch?**  
(ggf. Kühlwasser-Temperaturfühler und Anzeigeelement überprüfen)
- **Sind der Kühler bzw. vorgeschaltete Bauteile (Kondensator) frei von Verunreinigungen, um einen uneingeschränkten Luftdurchsatz zu gewährleisten?**  
(ggf. Bauteile reinigen)
- **Arbeitet der Kühlerlüfter bzw. der Zusatzlüfter?**  
(Einschaltpunkt, Sicherung, Thermoschalter, Lüftersteuerggerät prüfen, auf mechanische Beschädigungen prüfen)
- **Öffnet das Thermostat?**  
(Temperatur vor und hinter dem Thermostat abgreifen, ggf. Thermostat ausbauen und im Wasserbad überprüfen)
- **Ist der Kühler verstopft?**  
(Temperatur am Ein- und Ausgang des Kühlers prüfen, Durchflussmenge prüfen)
- **Arbeitet die Kühlmittelpumpe?**  
(Prüfen, ob das Pumpenrad nicht lose auf der Antriebswelle sitzt)
- **Arbeitet das Über- bzw. Unterdruckventil des Kühlerverschlussdeckels bzw. des Ausdehnungsgefäßes?**  
(ggf. Testpumpe verwenden, prüfen, ob die Dichtung des Verschlussdeckels beschädigt bzw. vorhanden ist)

## Motor wird nicht warm:

- **Ist die angezeigte Temperatur realistisch?**  
(ggf. Kühlwasser-Temperaturfühler und Anzeigeelement überprüfen)
- **Ist das Thermostat dauerhaft geöffnet?**  
(Temperatur vor und hinter dem Thermostat abgreifen, ggf. Thermostat ausbauen und im Wasserbad überprüfen)
- **Arbeitet der Kühlerlüfter bzw. der Zusatzlüfter permanent?**  
(Einschaltpunkt, Thermoventil, Lüftersteuergerät prüfen)



## Heizung wird nicht ausreichend warm:

- **Kommt der Motor auf Betriebstemperatur bzw. wird das Kühlwasser warm?**  
(ggf. erst die Prüfschritte unter „Motor wird nicht warm“ durchführen)
- **Öffnet das Heizungsventil?**  
(Elektrische Ansteuerung bzw. Bowdenzug und Ventil überprüfen)
- **Ist der Heizungskühler (Wärmetauscher) verstopft?**  
(Temperatur am Ein- und Ausgang des Wärmetauschers prüfen, Durchflussmenge prüfen)
- **Funktioniert die Klappensteuerung?**  
(Klappenstellungen und Anschläge, Frischluft- Umluft-Funktion, Luftaustrittsdüsen überprüfen)
- **Arbeitet das Innenraumgebläse?**  
(Geräusche, Lüfterstufen)
- **Ist der Innenraumfilter verschmutzt bzw. der Luftdurchsatz gegeben?**  
(Innenraumfilter prüfen, Lüftungskanäle hinsichtlich Falschlufte prüfen)



## Spülen des Kühlsystems

Bei Verunreinigungen des Kühlsystems muss das Kühlmittel abgelassen und das Kühlsystem gespült werden.

### Verunreinigungen können sein:

- Öl (defekte Zylinderkopfdichtung)
- Rost (Innenkorrosion Motor)
- Aluminium (Innenkorrosion Kühler)
- Fremdstoffe (Zusätze/Dichtungsmittel)
- Fremdpartikel (defekte Kühlmittelpumpe)

Untersuchungen an ausgefallenen Kühlern haben ergeben, dass als häufigste Verschmutzung Rostschlamm auftritt.

Die Ursachen seiner Entstehung sind keine oder ungenügende Reinigung während einer Reparatur am Kühlsystem oder das Auffüllen von falschen Frostschutzmitteln, sowie die Wiederverwendung des abgelassenen Kühlmittels. Rostschlamm kann sich absetzen und enge Kanäle verstopfen, wirkt als Korrosionsbeschleuniger, wenn blanke Metalloberflächen davon bedeckt werden (anodische Wirkung mit Lochfraß) und wirkt als Schleifmittel im Kühlmittelkreislauf besonders an Stellen wo die Flussrichtung umgelenkt wird.

## Reinigung

Je nach Verschmutzungsgrad ist das Kühlsystem mit warmem Wasser oder auch mit einer speziellen Spülflüssigkeit zu reinigen. Je nach Fahrzeughersteller und Symptom gibt es verschiedene Vorgehensweise zum Spülen. In der Regel muss das Kühlsystem im Zuge des Kühlmittelwechsels gespült und das Thermostat und der Entlüftungsdeckel erneuert werden.

### Die Vorgehensweise bei z.B. John Deere ist wie folgt:

- Kühlmittel abkühlen lassen
- Zündschalter in Stellung "Run" bringen
- Temperaturschalter auf "Warm" drehen
- Kühlsystem über Ablassventile entleeren
- Thermostat ausbauen
- Kühlsystem nach Herstellervorgabe mit spezieller Reinigungslösung befüllen

- Motor 15 Minuten laufen lassen und im Anschluß abgekühltes Kühlsystem entleeren
- Kühlsystem mit frischem Wasser auffüllen, Motor 15 Minuten laufen lassen und im Anschluß abgekühltes Kühlsystem wieder entleeren.
- Thermostat und Verschlußdeckel erneuern
- Kühlsystem nach Herstellervorgabe mit
- Frostschutz-Wasser-Gemisch neu befüllen
- System entlüften, auf Leckagen prüfen und den Kühlwasserstand kontrollieren

Während des gesamten Vorgang zum Entleeren, Spülen und Wiederauffüllen muss die Zündung eingeschaltet und der Temperaturregler auf höchste Stufe gestellt sein. Dies gewährleistet eine vollständige Entleerung des Systems. Kühlwasserstand nach einigen Betriebsstunden erneut prüfen



Die meisten Reinigungsmittel basieren auf Bestandteilen von Ameisen-, Oxal-, oder Salzsäure die grundsätzlich nicht im Kühlsystem verbleiben dürfen. **Gründlich nachspülen!** Manchmal treten nach der Reinigung Undichtigkeiten und Leckagen auf die vorher nicht sichtbar waren. Oftmals wird das mit der Aggressivität des Reinigungsmittel begründet. Allerdings liegt hier die eigentliche Ursache in einem schon länger vorhandenen Defekt, wobei die Dichtigkeit nur noch durch Schmutzablagerungen gewährleistet war. Behr Hella Service empfiehlt, vor jedem Einbau eines neuen Bauteils im Kühlkreislauf eine Reinigung durchzuführen.

**Der Grad der Verunreinigung und die Vorgaben der Fahrzeughersteller geben das Verfahren und eingesetzte Spülmedium vor.**

Beachtet werden sollte, dass sich aufgrund ihrer Bauweise (z.B. Flachrohr) bei modernen Kühlsystemen nicht mehr alle Bauteile spülen lassen und somit ausgetauscht werden müssen.

**Dies trifft insbesondere für folgende Bauteile zu:**

- Thermostat
- Kühler
- Elektrische Ventile
- Verschlussdeckel
- Wärmetauscher


Ist der Kühlmittelstand im Ausgleichsbehälter aufgrund der Verschmutzung (Öl, Rost) nicht mehr zu erkennen, muss der Behälter ebenfalls ersetzt werden.

**Der Thermostat und der Verschlussdeckel sollten grundsätzlich erneuert werden.**

Bei der Verwendung von Kühlsystemreinigern ist darauf zu achten, dass diese keine Dichtungsmaterialien angreifen und nicht ins Grundwasser gelangen bzw. nicht über den Ölabscheider abgeführt werden. Die Reinigungsmittel müssen zusammen mit dem Kühlmittel aufgefangen und gesondert entsorgt werden. Nach dem Spülen ist das System nach Fahrzeugherstellerrangabe neu mit Kühlmittel (Spezifikation, Mischungsverhältnis beachten) zu befüllen, zu entlüften und auf Funktion und Dichtigkeit zu überprüfen.

**Frostschutzmittel = Rostschutzmittel!**





Vertrieb und weitere Informationen über:

**HELLA KGaA Hueck & Co.**

Kunden-Service-Center

Rixbecker Straße 75

59552 Lippstadt/Germany

Tel.: 0180-6-250001 (0,20 €/Anruf aus dem deutschen Festnetz)

Fax: 0180-2-250001 (0,06 € je Verbindung)

Internet: [www.hella.de](http://www.hella.de)

© BEHR HELLA SERVICE GmbH, Schwäbisch Hall

923 999 034-931 J00886/KB/01.15/0.0

Printed in Germany

Sachliche und preisliche Änderungen vorbehalten