

MAHLE



Fahrzeugklimatisierung

Kompaktes Wissen
für die Werkstatt

BEHR®

Was ist Thermomanagement?

Thermomanagement bedeutet optimale Motortemperatur in allen Betriebszuständen sowie Heizen und Kühlen des Fahrzeuginnenraums. Ein modernes Thermomanagement-System besteht demzufolge aus Bauteilen der Motorkühlung und der Klimaanlage.

Komponenten dieser beiden Baugruppen, die sich gegenseitig beeinflussen, bilden oftmals eine Einheit. In diesem Booklet stellen wir Ihnen moderne Klimasysteme mit ihrem technischen Hintergrund vor. In diesem Zusammenhang gehen wir auch auf Funktionsweise, Ausfallursachen, Besonderheiten und Diagnosemöglichkeiten ein.



Schon gewusst? MAHLE gehört weltweit zu den führenden Erstausrüstern für Motorkühlung und Fahrzeugklimatisierung.

Inhalt

Grundlagen der Klimatisierung

Klima-Check und Klima-Service	04
Klima- und Kühlungseinheit	05
Klimakreislauf	06
Komponenten des Klimasystems	07
Reparatur und Service	14
Aus- und Einbauhinweise	15
Fehlerdiagnose	18

Klimakompressor

Übersicht und wichtige Hinweise	20
Arbeitsablauf für Fehleranalyse und Austausch	22
Klimakompressorschäden	26
Geräuscentwicklung	28
Klimakompressoren ohne Magnetkupplung	30
Bauarten der Klimakompressoren	34
Ölbefüllung von Klimakompressoren	36

Wartung und Reparatur

Spülen des Klimasystems	38
Lecksuchtechniken	44
Reparatur von Rohrleitungen und Schläuchen	46

Technik-Tipps

Kältemittel R12, R134a, R1234yf	47
Innenraum-Temperatursensoren	48
Dichtmittel	49

Innovatives Klimamanagement

Innovatives Klima- und Innenraum-Komfortmanagement	50
Thermomanagement in Elektro- und Hybridfahrzeugen	54

Klimakompressoröle

PAG- und PAO-Öle	62
Klimakompressoröle im Vergleich	66
Vom Öltyp zum Klimakompressortyp	68
Produktübersicht	70

Werkstattausstattung

Werkstattausstattung von MAHLE Service Solution	72
---	----

Klima-Check und Klima-Service

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



MAHLE empfiehlt bei Pkw: alle 12 Monate den Klima-Check und alle 2 Jahre den Klima-Service

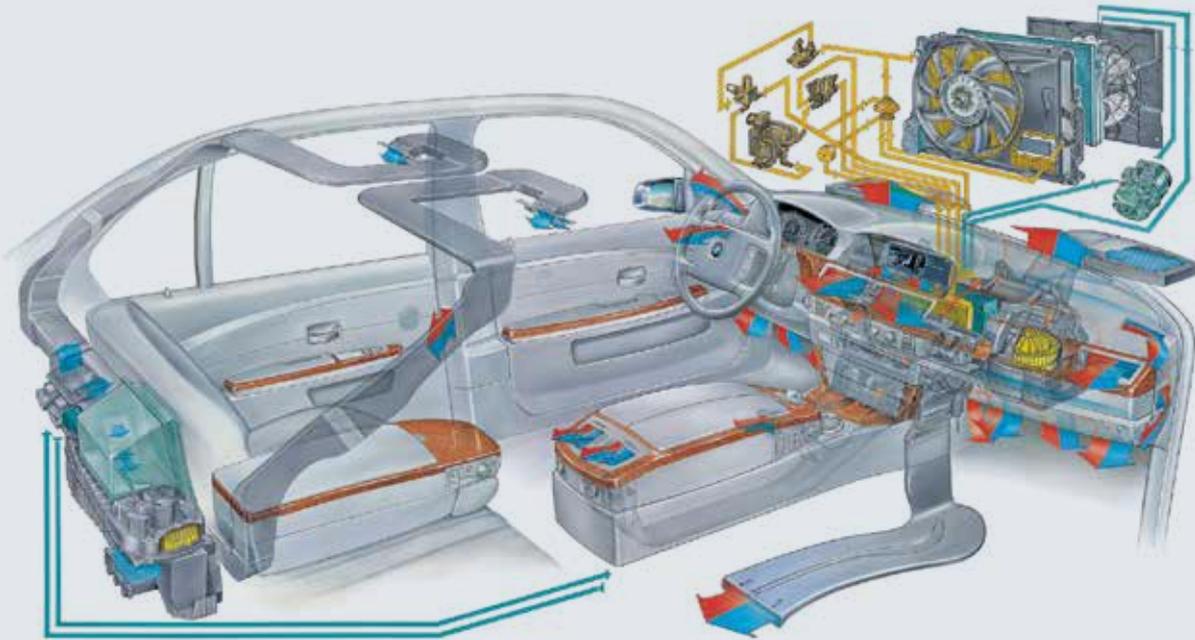
Check und Service im Wechsel

Was macht man wann?

Was?	Klima-Check
Wann?	Bei Pkw alle 12 Monate
Warum?	Der Innenraumfilter beseitigt 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"> ▪ Sichtprüfung aller Komponenten ▪ Austausch des Innenraumfilters ▪ Funktions- und Leistungsprüfung ▪ Ggf. Desinfektion des Verdampfers

Was macht man wann?

Was?	Klima-Service
Wann?	Bei Pkw alle 2 Jahre
Warum?	Selbst bei einer neuen Klimaanlage entweichen pro Jahr bis zu 10 % des Kältemittels. Ein normaler Vorgang, durch den aber die Kühlleistung nachlässt und Schäden am Klimakompressor drohen. Durch den Filter-Trockner wird das Kältemittel von Feuchtigkeit und Verunreinigungen befreit.
Was wird gemacht?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sichtprüfung aller Komponenten ▪ Wechsel des Kältemittels ▪ Funktions- und Leistungsprüfung ▪ Dichtigkeitsprüfung ▪ Austausch des Filter-Trockners ▪ Austausch des Innenraumfilters ▪ Ggf. Desinfektion des Verdampfers



Klima- und Kühlungseinheit

Klima und Kühlung als Einheit sehen

Obwohl die Klimaanlage und das Motorkühlsystem zwei getrennte Systeme sind, beeinflussen sie sich gegenseitig. Denn durch den Betrieb der Klimaanlage wird das Motorkühlsystem zusätzlich beansprucht und die Kühlmitteltemperatur 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 lange Fahrten stark belastet werden. Das Kühlmittel sollte also am besten beim Klima-Service gleich mit überprüft werden.

Klimakreislauf

Funktionsweise der Klimaanlage mit Expansionsventil

Für die Steuerung des Klimas im Fahrzeuginnenraum 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 Klimakompressor, das Kältemittel und Kältemittelöl. Der Kreislauf wird in zwei Seiten aufgeteilt:

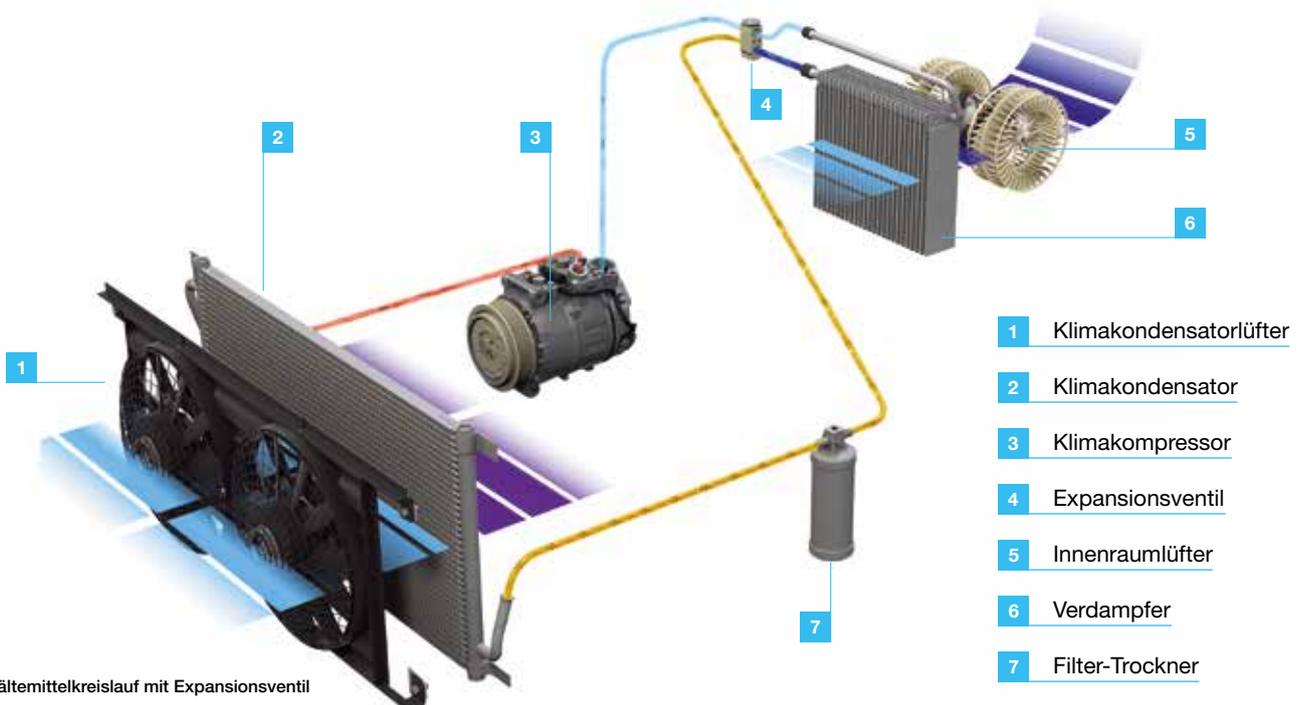
- Der Teil zwischen Klimakompressor und Expansionsventil wird Hochdruckseite (rot/gelb) genannt.
- Zwischen Expansionsventil und Klimakompressor sprechen wir von der Niederdruckseite (blau).

Der Klimakompressor 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 zu flüssig.

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

Weiter geht es nun vom Filter-Trockner zum Expansionsventil. Dieses Ventil ist ähnlich zu sehen wie ein Stauwehr. Vor dem Wehr sorgt es für die Aufrechterhaltung des gleichmäßigen Drucks, wogegen sich nach dem Wehr, durch Volumenvergrößerung, dieser Druck entspannen kann. Da das Expansionsventil direkt vor dem Verdampfer sitzt, passiert die Entspannung des Kältemittels in den Verdampfer hinein. Beim Verdampfen, also bei der Änderung des Aggregatzustands von flüssig zu gasförmig, wird Verdunstungskälte frei. Diese abgegebene Kälte wird nun vom Ventilationssystem in den Fahrzeuginnenraum geblasen, wo sie für das Wohlbefinden der Passagiere verantwortlich ist. Auf der Niederdruckseite geht die Reise des nun wieder gasförmigen Kältemittels zurück zum Klimakompressor, wo der Kreislauf von vorne beginnt.



Kältemittelkreislauf mit Expansionsventil

Komponenten des Klimasystems

Klimakompressoren

Der Klimaanlagekompressor wird in der Regel über einen Keil- oder V-Rippenriemen vom Motor angetrieben. Der Klimakompressor verdichtet bzw. fördert das Kältemittel im System. Klimakompressoren gibt es in verschiedenen 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 Klimakondensator weitergeleitet.

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

Klimakompressoren werden ab Seite 20 im Detail beschrieben.

➤ Unzureichende Schmierung, hervorgerufen durch Undichtigkeiten und damit verbundenem Kältemittel- und Ölverlust, sowie mangelnde Wartung können zum Ausfall des Klimakompressors (undichter Wellendichtring, undichte Gehäusedichtung, Lagerschäden, Festsitz des Kolbens etc.) führen.



Klima- kondensatoren

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

Funktionsweise

Das heiße Kältemittelgas strömt oben in den Klimakondensator und gibt dabei Wärme über die Rohrleitung und Lamellen an die Umgebung ab. Durch die Abkühlung verlässt das Kältemittel den Klimakondensator am unteren Anschluss im flüssigen Zustand.

Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Klimakondensator kann folgende Symptome aufweisen:

- Schlechte Kühlleistung
- Ausfall der Klimaanlage
- Ständig laufender Klimakondensatorlüfter

Ursachen für auftretende Fehler können sein:

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

Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlerbeseitigung:

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



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

Filter-Trockner

Die Filterelemente der Klimaanlage sind je nach Anlagentyp als Filter-Trockner oder Akkumulator bekannt. 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.

Der Filter-Trockner kann bauartbedingt nur eine gewisse Menge an Feuchtigkeit entziehen – dann ist das Trockenmedium gesättigt und kann keine weitere Feuchtigkeit mehr binden.

Auswirkungen bei Ausfall

Ein Ausfall des Filter-Trockners kann folgende Symptome aufweisen:

- Schlechte Kälteleistung
- Ausfall der Klimaanlage

Ursachen für den Ausfall des Filter-Trockners 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 (bei Pkw alle 2 Jahre)
- Dichtigkeitsprüfung/korrektur der Anschlüsse/Beschädigungen
- Druckprüfung der Hoch- und Niederdruckseite



➤ In der Regel muss daher bei Pkws 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. Filter-Trockner können im Klimakondensator integriert sein. Teilweise besteht keine Möglichkeit, den Filter-Trockner einzeln zu tauschen.

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 Klimakompressor gelangt. Expansionsventile können sich in ihrer Bauart voneinander unterscheiden.

Funktionsweise

Das flüssige, vom Klimakondensator 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 Klimakompressor 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

Ausfallursachen 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 Klimakompressor und laufendem Motor



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

➤ Die dazu benötigte **Werkzeugausstattung** von MAHLE Service Solutions finden Sie ab Seite 72.

Verdampfer

Der Verdampfer dient zum Wärmeaustausch zwischen der Umgebungsluft 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.

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 Klimakompressor und laufendem Motor
- Temperaturmessung an der Ein- und Ausgangsleitung



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

Druckschalter und Sensoren

Druckschalter und Sensoren haben die Aufgabe, die Klimaanlage vor Schäden durch zu hohe oder zu niedrige Drücke zu schützen. Man unterscheidet zwischen Niederdruckschalter, Hochdruckschalter und dem Trinary-Schalter. Der Trinary-Schalter beinhaltet den Hoch- und Niederdruckschalter 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 Kupplung des Klimakompressors ab und bei fallendem Druck (ca. 5 bar) wieder ein. Bei zu niedrigem Druck (ca. 2 bar) wird die Stromzufuhr ebenfalls unterbrochen, um Schäden am Klimakompressor durch mangelnde Schmierung zu vermeiden. Der dritte Schaltkontakt im Trinary-Schalter steuert das Elektro-Klimakondensatorgebläse, 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 Kupplung des Klimakompressors

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 Klimakompressor und laufendem Motor
- Bauteilprüfung im ausgebautem Zustand mit Stickstoffflasche, Druckminderer und Multimeter



➤ Druckschalter und Sensoren können durch Kontaktierungsprobleme oder Verschmutzung ausfallen. Eine regelmäßige Wartung des Systems beugt dem Ausfall vor. Weitere Klimaanlage-schalter wie Ein-/Aus-Schalter runden das Programm ab.

Gebälüelüfter

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



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

Klimakondensatorlüfter

Der Klimakondensatorlüfter 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 Klimakondensator bzw. Motorkühler montiert.



- Klimakondensatorlüfter können durch elektrische oder mechanische Schäden ausfallen. Infolgedessen 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 normalen Umgebungstemperaturen und Atmosphärendruck 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 kam, die betroffenen Stellen mit ausreichend 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 unter keinen Umständen 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.
- Jegliche 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 Service-Schläuche vom Fahrzeug dürfen die Anschlüsse nicht zum Körper hin 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.



➤ Arbeiten an Klimaanlagen dürfen nur von qualifiziertem Fachpersonal (Sachkundenachweis) durchgeführt werden. Die einschlägigen EU-Verordnungen (307/2008, 517/2014, 2006/40) sind zu beachten.

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 Klimakompressoröl hat eine starke hygroskopische Wirkung. Deshalb ist die Anlage möglichst geschlossen zu halten bzw. das Öl erst kurz vor dem Schließen des Kältemittelkreislaufs 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 Filter-Trockner aufgrund seiner stark hygroskopischen Wirkung erneuert werden. Wird der Filter-Trockner oder Akkumulator nicht regelmäßig erneuert, kann es vorkommen, dass sich das Filterkissen zerlegt und sich Silikatteilchen in der ganzen Anlage verteilen und starke Schäden verursachen.

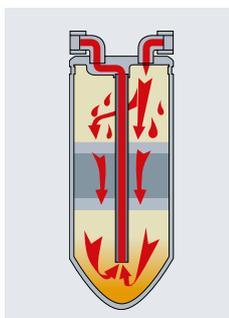
Die Anschlüsse der Anlage sollten niemals über einen längeren Zeitraum offen stehen, sondern sind sofort mit Kappen oder Stopfen zu verschließen. Andernfalls wird Feuchtigkeit mit der Luft in das System eingebracht.

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 es durch Fahrzeugkanten oder andere bewegliche Komponenten nicht zu Beschädigungen kommt.

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 die Feuchtigkeit restlos aus dem System entfernt wurde.



Filter-Trockner



Druckmanometer



Elektronischer Lecksucher



PAO-Öl 68



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 vorgegeben Werten.

Nachdem die Service-Anschlüsse 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 Klimakompressors zu spülen. Zum Spülen eignet sich, je nach Verschmutzungsgrad, Kältemittel R134a bzw. R1234yf oder eine spezielle Spüllösung. Klimakompressoren, Filter-Trockner (Akkumulatoren) und Expansions- bzw. Drosselventile lassen sich nicht spülen. Da bei einem Defekt des Klimakompressors immer von einer Verschmutzung des Systems (Abrieb, Späne) ausgegangen werden muss bzw. diese nicht auszuschließen ist, muss das System beim Austausch dieser Komponente unbedingt gespült werden. 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 Expansions-Ventil bzw. Drosselventil (Orifice Tube).

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



➤ Alle abgebildeten Produkte und vieles mehr finden Sie im MAHLE bzw. MAHLE Service Solutions-Sortiment.

Das Ablassen und Befüllen des Öls erfolgt über die dafür vorgesehene „Ölablassschraube“. Verfügt der Klimakompressor nicht über eine solche Schraube, wird das Öl über den Hoch- und Niederdruckanschluss abgelassen und über den Niederdruckanschluss aufgefüllt. Hierbei muss die Welle des Klimakompressors mehrfach gedreht werden.

Damit sich das Öl gleichmäßig verteilt, muss der Klimakompressor vor dem Einbau 10-mal von Hand durchgedreht werden. Bei der Montage des Antriebsriemens muss darauf geachtet werden, dass dieser „fluchtet“. Einige Klimakompressoren sind für sogenannte „Mehrfachverwendungen“ ausgelegt. Das heißt, sie können in verschiedenen Fahrzeugen verbaut werden. Bis auf die Anzahl der Rillen auf der Magnetkupplung besteht eine hundertprozentige Übereinstimmung mit dem „Altteil“.

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

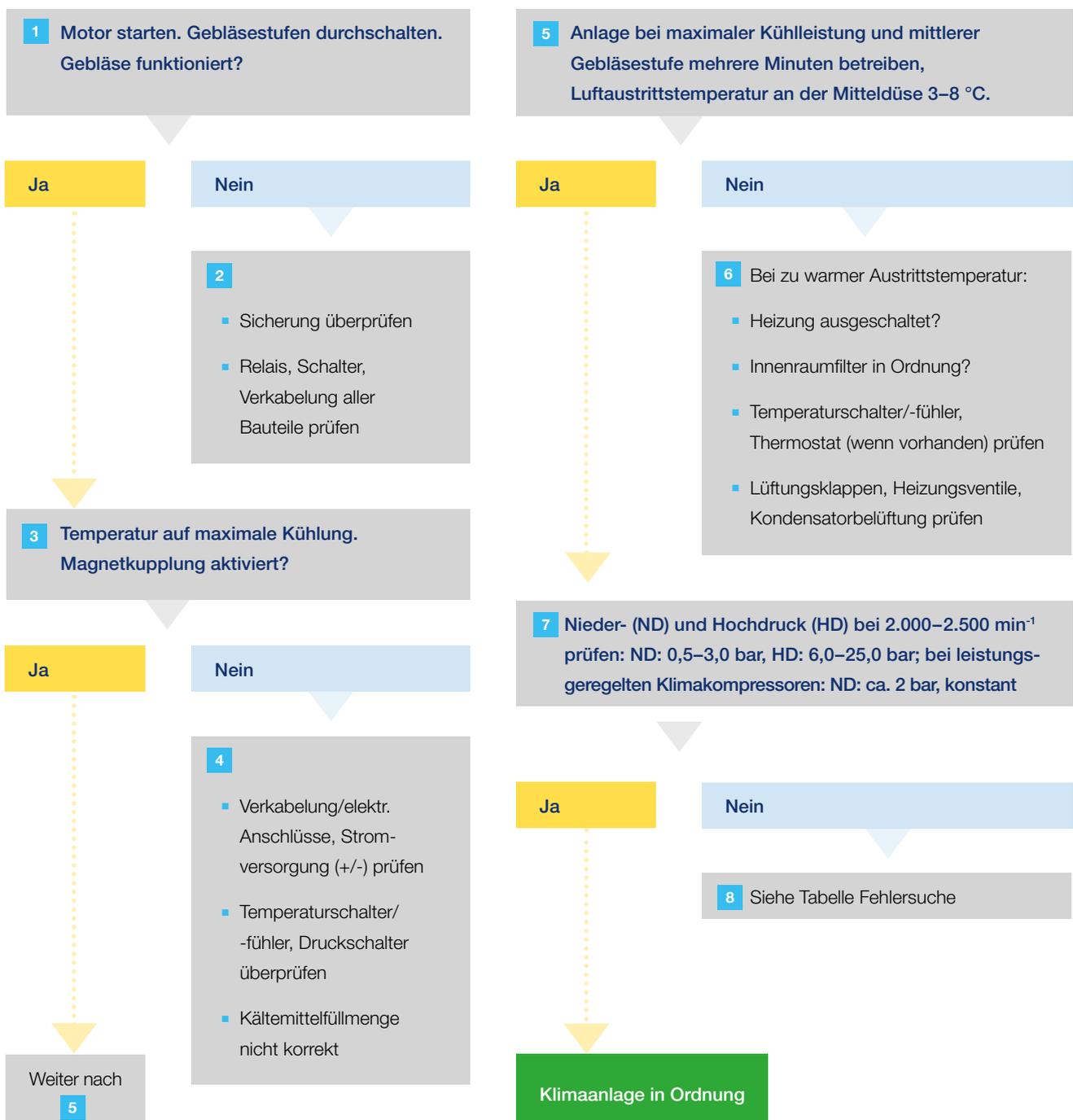
Weitergehende Vorgaben (Beipackzettel, Herstellervorgaben, Einlaufvorschriften) sind gesondert zu beachten.

➤ Bei den Klimakompressoren Denso 5SE/5SL und Hanon VS16 kann konstruktionsbedingt kein Öl abgelassen werden. Diese sind mit der notwendigen System-Ölfüllmenge vorbelegt. Beachten Sie die gesonderten Produkt- bzw. Einbauhinweise.

Fehlerdiagnose

Prüfen der Kälteleistung

Jede Werkstatt benötigt neben Prüf- und Sonderwerkzeugen auch die entsprechende Fachkenntnis die z. B. durch Schulungen erworben werden kann. Dies trifft insbesondere für Klimaanlage zu. Diese Anleitung kann aufgrund der verschiedenen Systeme lediglich als Leitfaden dienen.



Besonders wichtig ist die korrekte Bewertung der Druckmanometeranzeige. Hier einige Beispiele:

Klimaanlagen mit Expansionsventil			
Niederdruck	Hochdruck	Austrittstemperatur an der Mitteldüse	Mögliche Ursachen
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 Klimakompressor zum Expansionsventil verengt
Normal	Normal	Höher	Zu viel Kältemittelöl in der Anlage
Normal, aber ungleichmäßig	Normal, aber ungleichmäßig	Höher	Feuchtigkeit in der Anlage, defektes Expansionsventil
Schwankend	Schwankend	Schwankend	Expansionsventil oder Klimakompressor defekt
Normal bis niedrig	Normal bis niedrig	Höher	Verdampfer verschmutzt, Kältemittelmangel
Hoch	Niedrig	Höher, fast Umgebungstemperatur	Expansionsventil klemmt, geöffnet; Klimakompressor defekt
Niedrig	Niedrig	Höher, bis zur Umgebungstemperatur	Kältemittelmangel
Niederdruck und Hochdruck gleich	Niederdruck und Hochdruck gleich	Umgebungstemperatur	Kältemittelmangel, Klimakompressor defekt, Fehler in der elektrischen Anlage

Klimaanlage mit Festdrossel/Orifice Tube			
Niederdruck	Hochdruck	Austrittstemperatur an der Mitteldüse	Mögliche Ursachen
Hoch	Hoch	Höher, bis zur Umgebungstemperatur	Motor überhitzt, Klimakondensator verschmutzt, Klimakondensatorlüfter defekt oder falsche Drehrichtung, Anlage überfüllt
Normal bis hoch	Hoch	Höher	Anlage überfüllt, Klimakondensator verschmutzt
Normal	Normal bis hoch	Schwankend	Feuchtigkeit in der Anlage, Festdrossel zeitweise verstopft
Hoch	Normal	Höher	Festdrossel defekt (Querschnitt)
Normal	Normal	Höher	Zu viel Kältemittelöl in der Anlage
Normal bis niedrig	Normal bis niedrig	Höher	Kältemittelmangel
Niederdruck und Hochdruck gleich	Niederdruck und Hochdruck gleich	Umgebungstemperatur	Kältemittelmangel, Klimakompressor defekt, Fehler in der elektrischen Anlage

Übersicht und wichtige Hinweise

Allgemeines

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

Funktionsweise

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 Klimakondensator weitergeleitet.

Auswirkungen beim Ausfall

Ein schadhafter oder ausgefallener Klimakompressor kann sich folgendermaßen bemerkbar machen:

- Undichtigkeit
- Geräuschentwicklung
- Mangelhafte oder keine Kühlleistung
- Fehlercode im Klimasteuergerät oder Motor-/Zentralsteuergerät

Ausfälle können auf verschiedene Gründe zurückzuführen sein:

- Lagerschäden durch defekte Spannvorrichtung oder Verschleiß
- Undichtigkeiten der Welle des Klimakompressors oder des Gehäuses
- Mechanische Beschädigung des Klimakompressor-Gehäuses
- Kontaktierung (elektrische Anschlüsse)
- Elektrisches Regelventil

- Kältemittelölmangel
- Kältemittelmangel
- Feststoffe (z. B. Späne)
- Feuchtigkeit (Korrosion etc.)
- Fehlerhafte Spannelemente, Nebenaggregate

Fehlersuche

Funktionstest und Druckmessung der Anlage:

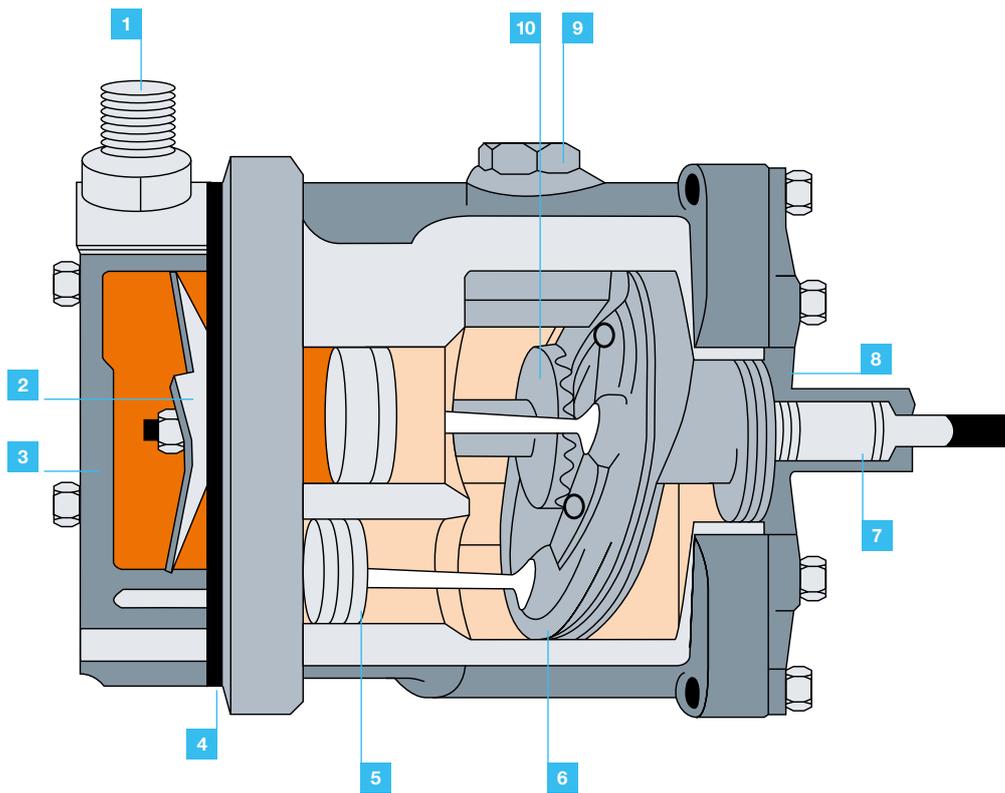
- Schaltet sich der Klimakompressor ein, sitzt der Anschlussstecker fest, liegt Spannung an?
- Elektrisches Regelventil bzw. Ansteuerung prüfen
- Antriebsriemen auf richtigen Sitz, Beschädigung und Spannung überprüfen
- Sichtprüfung auf Undichtigkeiten
- Kältemittelleitungen auf festen Sitz prüfen
- Drücke der Hoch- und Niederdruckseite vergleichen
- Fehlerspeicher auslesen

Vollautomatisches Prüfprogramm der Kälteleistung und Fehlerdiagnose

Die MAHLE Geräte ACX 320, ACX 350, ACX 380 sowie ACX 420, ACX 450 und ACX 480 verfügen über ein vollautomatisches Prüfprogramm. Zeigt der Test „Nicht OK“ an, gibt das Gerät auf seinem Bildschirm Hinweise auf die erforderlichen Schritte.

Weitere Informationen finden Sie ab Seite 72, Werkstattausstattung.

Querschnitt des Klimakompressors

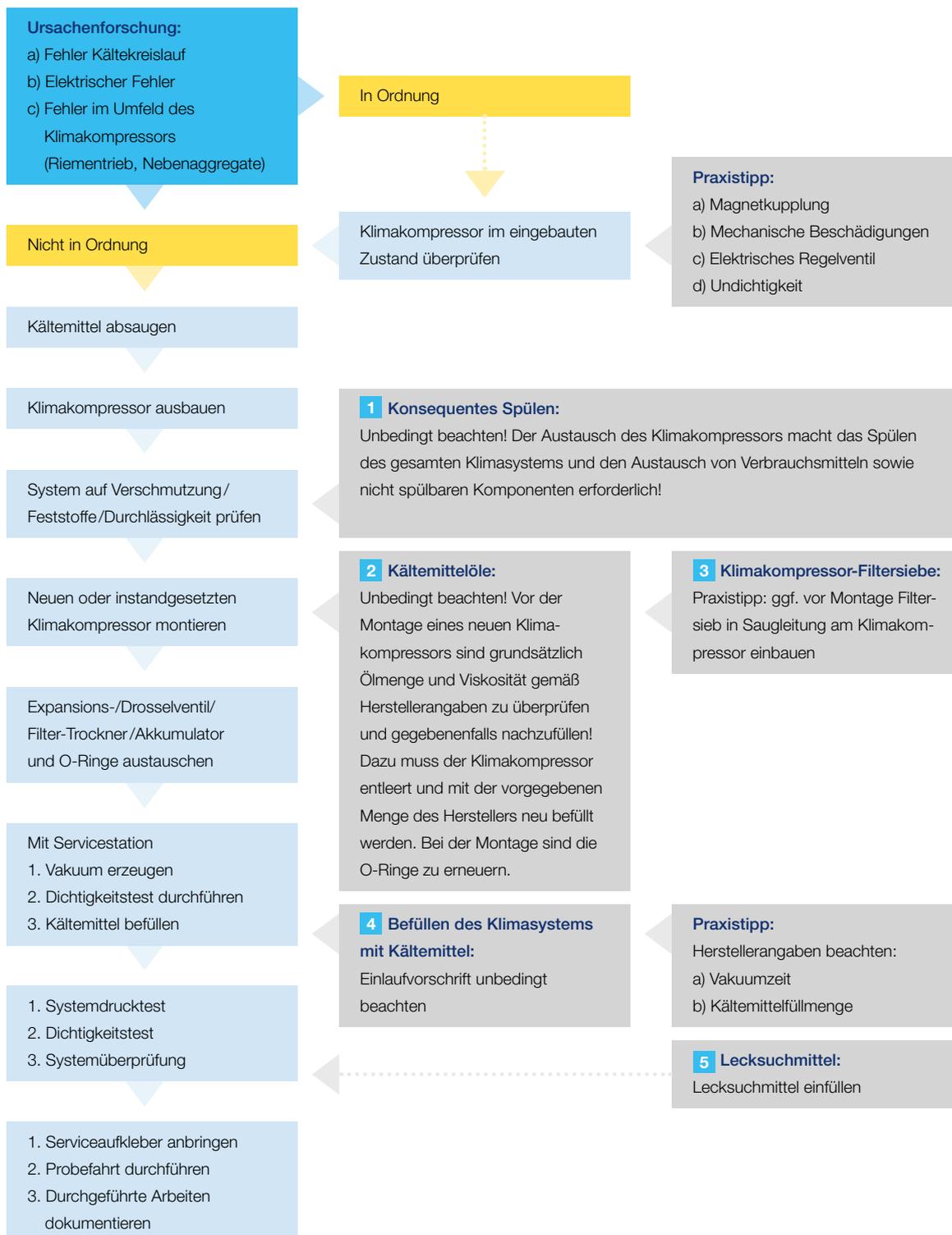


Gezeigtes Beispiel: Kolben-Klimakompressor

- | | | | |
|---|-------------------|----|---------------|
| 1 | Schraubanschlüsse | 6 | Taumelscheibe |
| 2 | Saugdruckventil | 7 | Triebwelle |
| 3 | Zylinderkopf | 8 | Gehäuse |
| 4 | Dichtung | 9 | Öldeckel |
| 5 | Kolben | 10 | Zahnrad |

Arbeitsablauf für Fehleranalyse und Austausch

Klimakompressor defekt?



1 Konsequentes Spülen

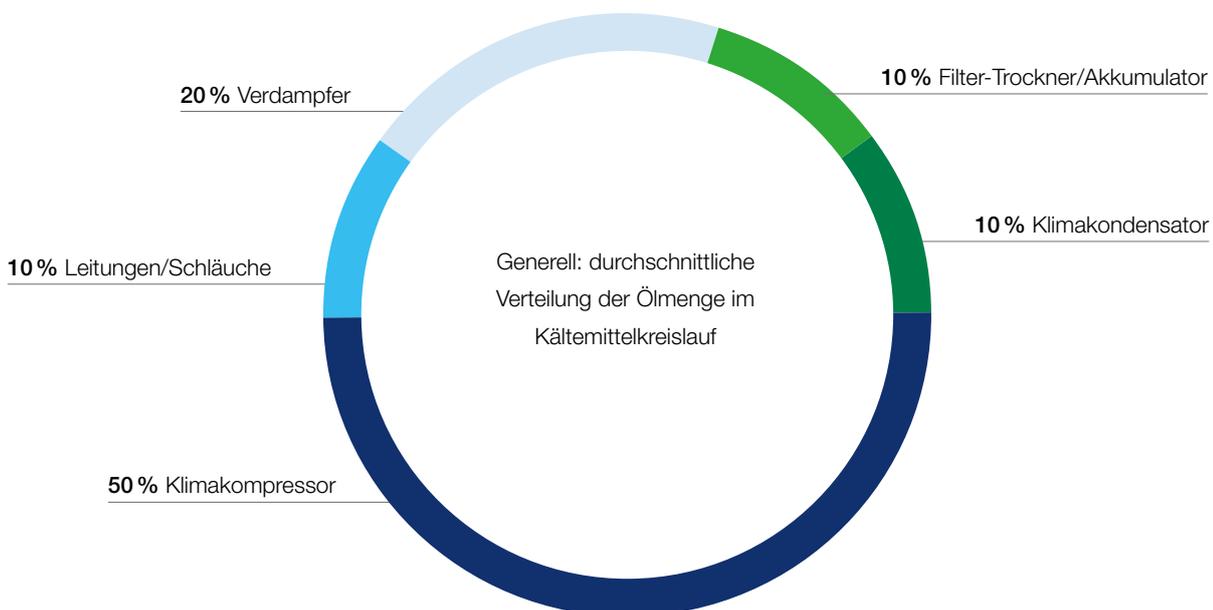
Schmutzpartikel im Klimakreislauf können nur durch gründliches Spülen des gesamten Systems entfernt werden. Zum Spülen eignen sich je nach Verschmutzungsgrad die Kältemittel R134a bzw. R1234yf oder eine spezielle Spüllösung. Klimakompressoren, Filter-Trockner (Akkumulatoren) und Expansions- bzw. Drosselventile lassen sich nicht spülen. Da bei einem Defekt des Klimakompressors immer von einer Verschmutzung des Systems (Abrieb, Späne) ausgegangen werden muss bzw. diese nicht auszuschließen ist, muss das System beim Austausch dieser Komponente unbedingt gespült werden.

2 Kältemittelöle

Herstellerangaben und Beipackzettel sowie Viskosität beachten.

2.1 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.



2.2 Ölmenge und Spezifikation beachten

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

2.3 Systemölmenge gehört in den Klimakompressor

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

3 Klimakompressor-Filtersiebe

Grundsätzlich muss beim Klimakompressortausch 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.

4 Befüllen des Klimasystems mit Kältemittel

Einlaufvorschrift für den Klimakompressor:

- Das Kältemittel ist grundsätzlich nur über die Klimaservicestation über den hochdruckseitigen Serviceanschluss zu befüllen, um Kältemittelschläge im Klimakompressor zu vermeiden.
- Es darf nur das entsprechende Kältemittel in der vom Fahrzeughersteller vorgegebenen Menge/Spezifikation verwendet werden.
- Luftverteilung auf Position „Mitteldüsen“ stellen und alle Mitteldüsen öffnen.
- Schalter für Frischluftgebläse auf mittlere Stufe stellen.
- Temperaturwahl auf maximale Kühlleistung stellen.
- Motor starten (ohne Betrieb der 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

Klimakompressorschäden werden auch durch Kältemittelmangel hervorgerufen. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, regelmäßig eine Klimawartung durchzuführen und ggf. Kontrastmittel in das System einzubringen. Hierzu gibt es verschiedene Methoden. Dokumentieren Sie den Einsatz vom Kontrastmittel im Fahrzeug. Somit wird eine Überfüllung vermieden, die in extremen Fällen zu Schäden am Klimakompressor führen kann.



Die dazu benötigte Werkstattausrüstung von MAHLE Service Solutions finden Sie ab Seite 72.



Achtung

Grundsätzlich alle O-Ringe erneuern und vor dem Einbau mit Kältemittelöl benetzen. Vor der Montage eines neuen Klimakompressors sind grundsätzlich Ölmenge und Viskosität gemäß Herstellerangaben zu überprüfen und gegebenenfalls nachzufüllen. Der Austausch des Klimakompressors macht das Spülen des gesamten Klimasystems sowie den Austausch von Verbrauchsmitteln und nicht spülbaren Komponenten erforderlich!



Klimakompressorschäden

Die Klimaanlage funktioniert nach Beseitigung einer Undichtigkeit oder nach dem Klimageservice nicht mehr.

Fall:

Nach dem Austausch von Klimakomponenten oder nach einem normalen Klimageservice 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 heraus diffundieren. 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 Filtertrocknerelement erneuert. Anschließend wird die Anlage vorschriftsmäßig evakuiert und nach Herstellerangabe mit Kältemittel und Klimakompressoröl befüllt.

Wird die Klimaanlage wieder in Betrieb genommen, kann es vorkommen, dass der Klimakompressor 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 Klimakompressor defekt ist. Seltsamerweise gibt es auch Fälle, bei denen die Hoch- und Niederdruckwerte bei der Eingangsprüfung der Klimaanlage im normalen Bereich liegen, 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 und im Regelventil (Bild 3) des Klimakompressors oder im Expansions-/Drosselventil (Bild 4) absetzen und somit zu Störungen führen, vor allem wenn der Filter-Trockner überaltert oder die Anlage „unterfüllt“ war.



Bild 1



Bild 2

Was ist zu tun?

Bei Problemen sollte der Klimakompressor ausgebaut und das Öl abgelassen werden. Kann man dabei eine „gräuliche Verfärbung“ (bei Verwendung von Kontrastmittel grau-grün oder grau-gelb) des Öls feststellen, in dem auch feine Metallpartikel (Bild 5) vorzufinden sind, muss der Kältemittelkreislauf nun aufgrund der Fremdpartikel ordnungsgemäß gespült, das Expansionsventil und der Filter-Trockner ersetzt sowie 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 dem reinen Klimateilservice vorgelegt hat, kommt sie gegenüber dem Kunden in Argumentationsschwierigkeiten. Dieser ist dann oftmals nicht bereit, die erheblichen Zusatzkosten für z. B. den Austausch des Klimakompressors 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 Ausfall des Klimakompressors?

Der Klimakompressor 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 Klimakompressors, um dessen Überhitzung zu vermeiden. Wird ein Klimakom-

pressor über einen längeren Zeitraum mit zu wenig Kältemittel betrieben (z. B. durch eine Undichtigkeit), führt das zu einer unzureichenden Wärmeableitung und Schmierung der Klimakompressor-Bauteile, weil das Öl mit dem Kältemittel durch das Klimasystem transportiert werden muss. Aufgrund der Überbeanspruchung der Klimakompressor-Komponenten bildet sich ein metallischer Abrieb an den Bauteilen, der dazu führen kann, dass sich das im Inneren befindliche Regelventil teilweise oder ganz zusetzen kann. Die Blockade des Regelventils führt dazu, dass der Klimakompressor nicht mehr einwandfrei arbeitet. Nur durch den fachgerechten Austausch des Klimakompressors, der auch das „Spülen“ des Systems beinhaltet, kann der Schaden behoben werden. Mangelhafte Schmierung führt übrigens bei allen Klimakompressor-Bauarten zu Schäden. Leistungsgeregelte Klimakompressoren 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 Klimakompressors 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 Klimakompressor immer auszubauen und bei einer vorliegenden Verunreinigung des Öls die Anlage zu „spülen“ bevor der Klimakompressor erneuert wird. Sollte der Kunde eine andere Vorgehensweise wünschen, ist es für die Werkstatt von Vorteil, dies auf der Rechnung zu vermerken bzw. sich dies vom Kunden in schriftlicher Form bestätigen zu lassen.



Bild 3



Bild 4



Bild 5

Geräuschentwicklung

Hinweise zur Fehlersuche bei Geräuschen und zum Austausch des Klimakompressors

Bei der Fehlersuche nach Geräuschquellen und vor jedem Austausch des Klimakompressors sollten folgende Hinweise unbedingt berücksichtigt werden:

- Überprüfen Sie alle Haltebügel und Befestigungspunkte auf Brüche oder Risse und eventuell fehlende Bolzen oder Muttern. Jede Schwingung, die hierdurch verursacht wird, kann zu übermäßigem Klimakompressorgeräuschen führen. 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 Klimakompressor verursacht.
- Überprüfen Sie die Schläuche und Leitungen, um festzustellen, ob Schwingungen vom Motor oder pulsierenden 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 ungewöhnliche Kompressorgeräusche verursachen. Wenn sich der Hochdruck-Serviceanschluss hinter einer Verstopfung in der Anlage befindet, kann der Hochdruck tatsächlich höher sein als vom Manometer angezeigt. Um ein derartiges Problem zu diagnostizieren, ist es hilfreich, die Temperaturen am Klimakondensator zu messen.
- Zu viel oder verunreinigtes Kältemittel verursacht übermäßigem Hochdruck, der wiederum Klimakompressorgeräusche verursachen kann. Dasselbe gilt für Kältemittel mit einem zu hohen Anteil an nicht kondensierbaren Gasen (Luft).



Bild 1



Bild 2

- Auch der Klimakondensator kann als Ursache ungewöhnlicher Geräusche in Betracht kommen. Wenn ungenügend Luft durch den Klimakondensator geführt wird, kann das Kältemittel nicht ausreichend kondensieren und der Hochdruck steigt übermäßig an. Dadurch kann es zu einer ungewöhnlichen Geräuschentwicklung kommen. Überprüfen Sie daher, ob der oder die Lüfter genügend Luft durch den Klimakondensator fördern. Kontrollieren Sie auch die Klimakondensator- 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 vermindert und es kommt zu einem übermäßigen Hochdruck. „Defekte“ Expansionsventile können beispielsweise diverse Schnarr-, Pfeif- oder Dröhngeräusche erzeugen, die auch im Fahrzeuginnenraum deutlich wahrnehmbar sind.



Bild 3



Bild 4



Bild 5

Klimakompressoren ohne Magnetkupplung

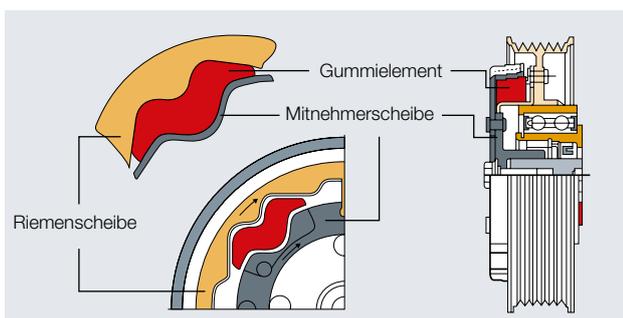
Allgemeines

Seit einigen Jahren werden sogenannte „kupplungslose“, extern angesteuerte, variable Klimakompressoren eingesetzt. Alle namhaften Hersteller von Klimakompressoren setzen verschiedenste Grundtypen ein. Zu den gebräuchlichsten Modellen auf dem Markt gehören: Denso mit den Typen 6SEU & 7SEU; Sanden mit den Typen PxE 13 & PxE 16. Auch MAHLE ist durch die Baureihe CVC7 vertreten, die der Bauart des V5-Klimakompressors sehr ähnelt. Verwendung findet diese Klimakompressorgeneration bei nahezu allen Fahrzeugherstellern. Extern angesteuert bedeutet, dass das Hubvolumen des Klimakompressors in Abhängigkeit verschiedener Systemparameter – wie Außen-/Wunschtemperatur, Hoch-/Niederdruck, Drehzahl und Motorlast – über ein eingebautes, vom Klimasteuerggerät angesteuertes Regelventil bestimmt wird. „Kupplungslos“ bedeutet, dass der Klimakompressor nicht mehr über eine elektromagnetische Kupplung verfügt. Das heißt, der Klimakompressor wird über die Riemenscheibe permanent angetrieben und arbeitet auch dann, wenn die Klimaanlage ausgeschaltet ist. Allerdings wird dabei die Leistung auf wenige Prozent heruntergeregelt.

Funktion

Die Riemenscheibeneinheit des Klimakompressors besteht z. B. aus einer Mitnehmer- und der eigentlichen Riemenscheibe (Zeichnung). Die Mitnehmerscheibe besteht aus einem Gummielement und bildet die Verbindung zwischen Riemenscheibe und der Welle des Klimakompressors. Sie wirkt zum einen als Vibrationsdämpfer und schützt zudem den Klimakompressor bzw. die anderen angetriebenen Aggregate vor Überlast und Beschädigungen. Sollte der Klimakompressor beispielsweise blockieren, steigen im Bereich des Gummielements die Übertragungskräfte zwischen Riemen- und Mitnehmerscheibe stark an.

Je nach Klimakompressorhersteller bzw. -typ wird die Verbindung durch Verformung des Gummielements oder Auslösen der „Überlastsicherung“ unterbrochen. Die Riemenscheibe läuft dann nur noch leer mit. Somit wird einer Beschädigung des Riemens und anderer vom Riemen angetriebener Aggregate vorgebeugt.



Funktionsbeispiel



Bild 1



Bild 2

Das Regelventil (Bild 1) befindet sich im Klimakompressor und erhält seine pulswertenmodulierten Signale (PWM) vom Klimasteuergerät. Der Strom, der vom Steuergerät an das Regelventil geleitet wird und letztendlich die Leistung des Klimakompressors bestimmt, kann mithilfe eines Diagnosegerätes als Messwertblock angezeigt werden. Kupplungslose Klimakompressoren verfügen auch über ein Sicherheitsventil (Bild 2), welches den Klimakompressor und die übrigen Bauteile der Klimaanlage vor zu hohem Druck schützen soll. Das Ventil löst meist zwischen 35 und 45 bar (je nach Klimakompressorhersteller) aus. Das Ventil öffnet nur so lange, bis der Überdruck abgebaut ist. Danach schließt es wieder, um nicht die gesamte Kältemittelmenge in die Atmosphäre abzugeben. Ist die Folie des Ventils beschädigt, kann davon ausgegangen werden, dass das Ventil „ausgelöst“ hat.

Diagnose

Die Riemenscheiben und ihre als „Überlastsicherung“ ausgelegten Gummielemente sind je nach Klimakompressortyp unterschiedlich aufgebaut. Je nach Typ kann auf verschiedene Art und Weise festgestellt werden, ob die „Überlastsicherung“ ausgelöst wurde:

1. Auf der Innenseite der Riemenscheibe sind Gummiabriebteile sichtbar (Bild 3). Die Welle des Klimakompressors wird nicht mehr angetrieben. Riemenscheibe bzw. Gummielement lassen sich, sofern der Klimakompressor sich leicht drehen lässt, auswechseln.
2. Die Überlastsicherung hat die Mitnehmerscheibe ausgelöst (Bild 4). Mitnehmerscheibe bzw. Gummielement können einzeln ausgetauscht werden. Voraussetzung: Klimakompressor lässt sich leicht drehen.
3. Ein ausgelöster Drehmomentbegrenzer ist optisch nicht unbedingt wahrnehmbar. Um zu prüfen, ob der Begrenzer ausgelöst hat, muss die Welle des Klimakompressors mit einem geeigneten Werkzeug (Bild 5) festgehalten und die Riemenscheibe gleichzeitig nach links gedreht werden. Lässt sich die Riemenscheibe nach links drehen, hat der Begrenzer ausgelöst und der Klimakompressor muss erneuert werden. Bei den Klimakompressortypen Sanden PxE 13 und PxE 16 ist ein Austausch des Drehmomentbegrenzers nicht möglich.



Bild 3



Bild 4



Bild 5

Der maximale Strom der vom Steuergerät an das Regelventil geleitet wird, beträgt z. B. beim Audi A3 bei niedrigster Temperatureinstellung ca. 0,65 A. Hierbei erreicht der Klimakompressor auch seine maximale Leistung. Im Regelbetrieb fließt ein mittlerer Strom von 0,3 A. Die Problematik bei neueren Fahrzeugen besteht aber darin, dass eine Diagnose außerhalb des Motormanagementbereiches mit vielen Testgeräten noch nicht möglich ist. Hier eignet sich idealerweise der Einsatz eines Oszilloskops. Mithilfe geeigneter Prüfspitzen kann das PWM-Signal am Steckeranschluss des Klimakompressors aufgezeichnet werden. Das Oszilloskop sollte dabei auf 5 V/Div und 0,5 ms/Div eingestellt werden. Auf dem Bildschirm des Oszilloskops lassen sich nun bei laufendem Motor die einzelnen Betriebsarten darstellen. Bei niedrigster Temperatureinstellung („Low“) zeigt sich ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von ca. 75 % (Bild 7). Das Tastverhältnis ergibt sich aus dem Verhältnis Impulsbreite -B- und dem Signalabstand -C- (in diesem Fall 75 % Einschalt-dauer, 25 % Ausschalt-dauer).

Gleichzeitig lässt sich anhand der Volt-Divisionen ($A = 5 \text{ V}$) die Höhe der Bordspannung ablesen (ca. 13,5 V). Der als Zahl angezeigte Spannungswert (9,8 V) ist lediglich ein Mittelwert. Die Impulsbreite ist abhängig von der gewünschten Kälteleistung und der Bordspannung. Über die Strecke des Bereiches -B- wird der Strom zum Regelventil vom Steuergerät „geregelt“. Abhängig von der Einstellung der Bedieneinheit und den Umgebungseinflüssen (z. B. Außentemperatur) wird die Impulsbreite des Rechtecksignals so verändert bzw. das Regelventil so angesteuert,

dass die zum Erreichen der gewünschten Temperatur notwendige Leistung des Klimakompressors erbracht wird. Bild 8 zeigt, wie der Klimakompressor bei der Temperatureinstellung „High“ heruntergeregelt wird. Bild 9 wurde im „Econ“-Betrieb (Klimakompressor aus) aufgenommen und zeigt kein Signal. Anhand dieser Methode kann festgestellt werden, inwiefern eine Signaländerung durch das Steuergerät erfolgt. Erfolgt eine plausible Änderung der Signale, ergibt sich aber keine Änderung der Ausblasttemperatur bzw. Absenkung der Innenraumtemperatur, liegt wahrscheinlich ein Defekt des Klimakompressors vor.

Darüber hinaus gibt es Diagnosegeräte auf dem Markt, mit denen es möglich ist, ein PWM-Signal mit unterschiedlicher Impulsdauer zu erzeugen. So kann festgestellt werden, ob eine Ansteuerung des Klimakompressors zur Veränderung des Kältemitteldrucks führt. Dies dient als Grundlage dafür, eine Aussage treffen zu können, inwiefern der Klimakompressor noch einwandfrei funktioniert.

Eine Funktionsprüfung mittels PWM-Signal kann auch mit einem Funktionsgenerator (Bild 10) durchgeführt werden. Dazu ist es aber zwingend erforderlich, auf der Steuergeräteseite des Klimasystems eine „Last“ anzuschließen, die der eines elektronischen Regelventils entspricht. Ansonsten erkennt das Steuergerät einen Fehler im System und legt diesen im Fehlerspeicher ab. Dies kann zu Funktionsstörungen bzw. zum Ausfall des Systems führen. Der Fehlerspeicher muss in diesem Fall ausgelesen und mittels eines Diagnosegerätes gelöscht werden.

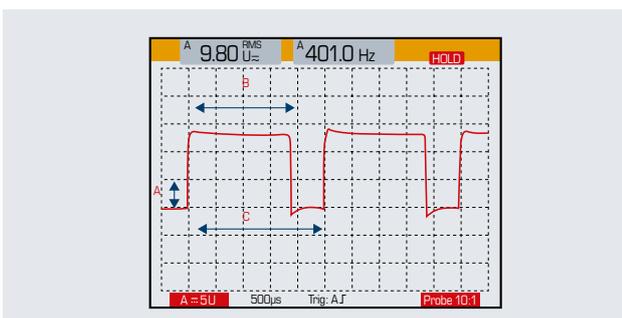


Bild 7

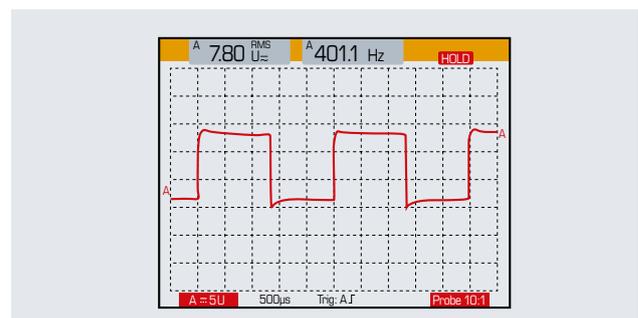


Bild 8

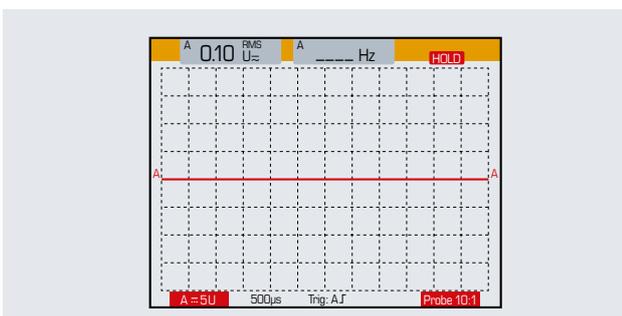


Bild 9



Bild 10

Im Zusammenhang mit Geräuschen und anderen Problemen der Klimaanlage werden Klimakompressoren immer wieder voreilig reklamiert. In sehr vielen Fällen stellt sich heraus, dass der Klimakompressor in Ordnung ist oder die Ursache des Defekts nicht vom Klimakompressor selbst herrührt. Aus diesem Grund sollten immer alle Komponenten des Systems bei der Fehlerursache mit eingeschlossen werden. Geräusche können nicht nur vom Klimakompressor, sondern auch durch dessen Befestigung, dem Antrieb, dem Expansionsventil oder von den Leitungen verursacht werden. Eine falsche Menge an Kältemittel kann ebenfalls für diverse Geräusche verantwortlich sein.

Darüber hinaus liefert das Öl wichtige Informationen über eventuelle Schäden:

- Hat das Öl im Klimakompressor oder im System eine rote Farbe angenommen, kann dies auf zu viel Feuchtigkeit zurückzuführen sein.
- Schwarzgefärbtes Öl deutet auf einen defekten Klimakompressor hin.
- Silbergraues Öl sollte auf Metallspäne untersucht werden. Die gräuliche Verfärbung deutet auf Metallabrieb hin.

Da die Systemölmengen immer geringer werden (teilweise nur 80 ml), ist das Überwachen und Einhalten der Ölmenge (z. B. beim Klimageservice und Komponententausch) von größter Bedeutung.

Eine Reparatur von kupplungslosen Klimakompressoren ist nur bedingt möglich. Sie muss auf jeden Fall unter Zuhilfenahme von geeigneten Werkzeugen und Reparaturinformationen erfolgen.

Selbstverständlich ist die Beurteilung der Systemdrücke bei der Diagnose von besonderer Bedeutung. Dabei sollten die Vorgabewerte der Fahrzeughersteller herangezogen werden. Dies gilt ebenso für die Ausblastemperatur.

➤ **Geräusche, die in Zusammenhang mit Klimakompressoren gebracht werden, stammen oft nicht vom Klimakompressor selbst. Aus diesem Grund sollte immer auch dessen Antrieb und Befestigung sowie alle übrigen Komponenten des Systems bei der Fehlerursache mit eingeschlossen werden!**

Anhaltspunkte bei der Beurteilung der Systemdrücke lassen sich aus der folgenden Tabelle ableiten:

Beurteilung der Systemdrücke				
Hochdruck	Niederdruck	Symptome	Eventuelle Ursache	Lösungsansatz
Normal	Normal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausströmende Luft wird nicht kalt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zu viel Öl im Klimasystem ▪ Luft oder Feuchtigkeit im Klimasystem 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Klimaanlage absaugen, spülen und mit Öl und Kältemittel neu befüllen ▪ Klimaanlage absaugen, Filter-Trockner erneuern und neu befüllen
Hoch	Hoch	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niederdruckleitung kälter als Verdampfer ▪ Hochdruck nimmt ab, wenn der Klimakondensator mit Wasser gekühlt wird ▪ Hoch- und Niederdruck gleichen sich aus, sobald der Klimakompressor ausschaltet und pulsieren sobald er einschaltet 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expansionsventil zu weit geöffnet ▪ Zu viel Kältemittel im System ▪ Klimakondensator verschmutzt/blockiert ▪ Lüfterprobleme ▪ Problem mit dem Klimakompressor (Auslassventil/ Abdichtung) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expansionsventil erneuern ▪ Klimaanlage absaugen und neu befüllen ▪ Klimakondensator prüfen, reinigen/erneuern ▪ Lüfter prüfen ▪ Klimakompressor überprüfen, ggf. erneuern
Niedrig	Niedrig	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausströmende Luft wird nicht kalt ▪ Saugleitung ist kälter als der Verdampfer 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zu wenig Kältemittel im System ▪ Blockade an der Saugseite 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Klimaanlage absaugen und neu befüllen ▪ Leitung und Anschlüsse prüfen, ggf. erneuern
Hoch	Niedrig	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eisbildung an der Flüssigkeitsleitung ▪ Eisbildung am Filter-Trockner 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Leitung/Filter-Trockner blockiert 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Filter-Trockner/Leitung überprüfen, ggf. austauschen

Bauarten Klimakompressoren



Die Funktionsweise von Klimakompressoren ist stets die gleiche: Gasförmiges Kältemittel wird angesaugt und verdichtet. Es gibt allerdings verschiedene Bauarten, die oftmals schon äußerlich Rückschluss auf den jeweiligen Typ geben:



Kolben-Klimakompressoren sind sehr verbreitet und weisen oftmals eine längliche Bauform auf. Die Anzahl der Kolben kann bauartbedingt variieren.



Scroll-Klimakompressoren sind relativ kompakt und an ihrer bauchigen Form zu erkennen.



Flügelzellen-Klimakompressoren stellen eine sehr kleine Bauform dar.



Den **elektrischen Klimakompressor** erkennt man sofort an der fehlenden Riemenscheibe.



Regelung der Klimakompressorleistung

Die Regelung des Klimakompressors bzw. des Kältemitteldrucks kann auf vielfältige Weise erfolgen. Klassisch ist die Regelung über das Ein- und Ausschalten der Magnetkupplung und eines internen, mechanischen Regelventils. Modernere Bauarten verfügen nicht mehr über eine Magnetkupplung. Sie werden permanent angetrieben. Die Regelung übernimmt ein elektrisches Regelventil (Bild 1), welches extern, pulsweitenmoduliert angesteuert wird. Es gibt auch Kompressorvarianten, die über eine Magnetkupplung und ein elektrisches Regelventil verfügen. Die Regelung elektrisch angetriebener Klimakompressoren findet lediglich über die Kompressordrehzahl statt.

Sicherheitsventil

Die meisten Klimakompressoren verfügen über ein Überdrucksicherheitsventil, welches bei ca. 35 bar Kältemittel ablässt und somit das System vor weiteren Schäden schützt. Die Überdruckventile können über eine Folie oder Sieglack verfügen (Bild 2). Kam es zu einer Beschädigung, ist dies ein Hinweis darauf, dass aufgrund eines Fehlers im Klimasystem Kältemittel abgelassen wurde. Es gibt auch Ausführungen des Sicherheitsventils ohne „Siegel“ (Bild 3). Sind hier Rückstände von Öl oder Kontrastmittel zu erkennen, ist davon auszugehen, dass Kältemittel über das Ventil abgelassen wurde. Im Zuge eines Systemfehlers sollte somit auch das Ventil in Augenschein genommen werden.



Bild 1



Bild 2



Bild 3

Ölbefüllung von Klimakompressoren

Im Zusammenhang mit dem Austausch eines Klimakompressors kommen immer wieder Fragen auf:

- a) Sind neue Klimakompressoren mit Öl befüllt?*
- b) Wieviel Öl ist in neuen Klimakompressoren enthalten?*
- c) Wie prüfe ich den Ölstand in den Klimakompressoren?*
- d) Wie befülle ich den neuen Klimakompressor mit Öl?*

MAHLE Klimakompressoren sind mit einer Grundmenge an Öl befüllt. Unabhängig vom Auslieferungszustand der Klimakompressoren ist grundsätzlich die Ölfüllmenge bei jedem Klimakompressor vor dem Einbau in das Fahrzeug zu prüfen und ggf. gemäß Herstellerangaben und der beiliegenden Dokumentation zu korrigieren. Der Grund dafür liegt darin, dass viele Klimakompressoren nicht nur in einem Fahrzeug, sondern in verschiedensten Fahrzeugen und Fahrzeugausführungen verwendet werden können. Dafür muss die entsprechende Ölfüllmenge angepasst werden.

Die Ölmenge des neuen Klimakompressors ist über die Öffnung der zuvor entfernten Ablass- bzw. Auffüllschraube zu entleeren (Bild 1). Dabei muss die Welle des Klimakompressors mehrfach gedreht werden. Im Anschluss daran wird der Klimakompressor mit der gesamten, vom Fahrzeughersteller vorgegebenen Systemölfüllmenge neu befüllt. Gleichzeitig ist auf die Auswahl der richtigen Ölviskosität zu achten. Um eine gleichmäßige Verteilung des Öls zu gewährleisten, sollte die Welle des Klimakompressors mehrfach gedreht werden. Abschließend ist der Ablass-/Auffüllanschluss am Klimakompressor wieder zu verschließen. Die jeweiligen Vorgaben der dem Klimakompressor beiliegenden Dokumentation sind gesondert zu beachten.



Hinweis

Bei Klimakompressoren ohne Ablass-/Füllschraube ist das Öl über den Hoch- und Niederdruckanschluss (Bild 2) am Klimakompressor abzulassen und über den Niederdruckanschluss aufzufüllen (Bild 3). Auch hierbei muss die Welle des Klimakompressors gedreht werden. Sollte es nicht möglich sein, die gesamte Ölmenge in den Klimakompressor zu füllen, kann die Differenzmenge über das Klimatechnikservice-Gerät in den Kältemittelkreislauf eingebracht werden.



Besonderheiten

Bei den folgenden Klimakompressortypen gibt es eine Besonderheit:

- Denso 5SL12C/5SEL12C/5SE12C
- Denso 5SA09C/5SE09/5SER09C
- Hanon VS16

Konstruktionsbedingt lässt sich bei diesen Klimakompressoren kein Öl ablassen. Eine Ölablass-/Befüllschraube gibt es nicht und auch über die Hoch-/Niederdruckanschlüsse ist das Ablassen des Öls nicht möglich.

Diese Klimakompressoren sind bereits mit der gesamten Systemölmengung befüllt. Somit ist es zwingend erforderlich, das Klimasystem vor dem Einbau des neuen Klimakompressors zu spülen, so dass jegliches Öl entfernt wurde.

Ebenfalls mit der korrekten Systemölmengung befüllt sind elektrische Klimakompressoren. Das System muss auch hier vor dem Einbau gespült werden.



Bild 1



Bild 2



Bild 3

➤ Die dazu benötigte Werkstattausrüstung von MAHLE Service Solutions finden Sie ab Seite 72.



Spülen des Klimasystems

Spülen ist Pflicht!

Das Spülen von Klimasystemen ist eine der wichtigsten Tätigkeiten im Reparaturfall bzw. bei einem Klimakompressorschaden, wodurch Verunreinigungen und schädliche Substanzen aus dem Klimakreislauf entfernt werden. Spülen ist notwendig, um fachgerechte Reparaturen durchzuführen und teure Folgearbeiten zu vermeiden. Außerdem werden die Gewährleistungsansprüche gegenüber Lieferanten gewahrt und die Zufriedenheit des Kunden sichergestellt. Allerdings lassen sich Klimakompressoren, 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 Durchführung die jeweiligen Sicherheitsbestimmungen, u. a. die Technischen Infos „Umgang mit Kältemittel“ und „Aus- und Einbauhinweise“.
- Klimakompressoren, Filter-Trockner/Akkumulatoren und Expansions- und Drosselventile lassen sich nicht spülen und müssen während des Spülvorgangs durch Adapter überbrückt werden.
- Vergewissern Sie sich, dass alle Anteile von Schmutz oder beschädigten Bauteilen aus dem Kältemittelkreis entfernt worden sind.
- Stellen Sie sicher, dass sich keine Spüllösungsreste mehr im System befinden, indem Sie die Bauteile ausreichend mit Stickstoff trocknen (keine Druckluft).
- Befüllen Sie den Klimakompressor mit der korrekten Menge/Spezifikation an Öl (hierfür eignet sich besonders PAO-Öl 68 von MAHLE). Berücksichtigen Sie hierbei die Mengen für die gespülten Bauteile.

Warum Sie spülen?

1. Sie müssen bei Klimakompressorschäden 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.

- Drehen Sie den Klimakompressor vor der Inbetriebnahme 10-mal von Hand durch.
- Ersetzen Sie den Filter-Trockner oder Akkumulator und das Expansions- bzw. Drosselventil.
- Setzen Sie ggf. ein Filtersieb in die Saugleitung des Klimakompressors ein.
- Befüllen Sie nach dem vorschriftsmäßigen Evakuieren den Kältemittelkreislauf mit der vorgeschriebenen Menge an 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 auf wichtige Fragen geben, wie zum Beispiel:

- 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



Veralteter Filter-Trockner

Warum soll eine Fahrzeugklimaanlage eigentlich gespült werden?

Durch defekte Systemkomponenten (veraltete Filter-Trockner, wie abgebildet, Schäden am Klimakompressor etc.), können sich Schmutzpartikel, die durch das Kältemittel mitgerissen werden, im ganzen Klimasystem verteilen. Wird bei einem Klimakompressorschaden z. B. nur der Klimakompressor erneuert, können sich in kurzer Zeit Schmutzpartikel im neuen Klimakompressor ansammeln und zur Zerstörung der neu eingebauten Systemkomponente sowie des Expansions-/Drosselventils oder Multiflow-Komponenten führen – eine teure Folge-Reparatur ist die logische Konsequenz. Um dies zu vermeiden, muss nach einem Komponentenschaden, der eine Verschmutzung des Kältemittelkreislaufs durch Metallspäne, Gummiabrieb etc. zur Folge haben könnte, immer das System gespült werden! Das Spülen wird mittlerweile auch von vielen Fahrzeug- und Klimakompressor-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, Gewährleistungsansprüche gegenüber Lieferanten zu wahren und Kundenzufriedenheit sicherzustellen.

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

- Abrieb bei Klimakompressorschaden:
Die Materialpartikel verstopfen Expansionsventile, Drosselventile (Orifice Tubes) oder Multiflow-Komponenten (Klimakondensator, 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 mithilfe eines Universal-Adapters auf einer Spülpistole mit einem chemischen Mittel (Spülflüssigkeit) gespült. Im Anschluss des Spülvorgangs müssen die Reste des Spülmediums mithilfe von Stickstoff aus dem Kältemittelkreislauf entfernt und der Kältemittelkreislauf getrocknet werden. Durch den kombinierten Einsatz von Spülflüssigkeit und Stickstoff wird ein gutes Ergebnis erzielt. Zunächst werden durch das Spülen mit Spülflüssigkeit (in Verbindung mit Druckluft) auch festsitzende Partikel und ausgehärtete Ablagerungen beseitigt. Durch das anschließende Ausblasen mit Stickstoff wird der Kältemittelkreislauf bzw. die Komponenten wieder getrocknet. Es ist darauf zu achten, dass der maximale Druck beim Ausblasen 12 bar nicht übersteigt.

Nachteil

Kosten für das chemische Reinigungsmittel und dessen fachgerechte Entsorgung, sowie zusätzliche Montagekosten beim Ein- und Ausbau der Leitungen und Komponenten. Zudem ist diese Spülmethode von Fahrzeugherstellern nicht freigegeben.



Abrieb bei Klimakompressorschaden



Verunreinigtes Öl

2. Kältemittel

Kimaservicegeräte mit integrierter Spülfunktion ermöglichen ein schnelles und kostengünstiges Spülen von Klimaanlage mit den Kältemitteln R134a bzw. R1234yf. Dabei müssen ein externes Spülgerät sowie Teile aus einem Spülset verwendet werden – beide sind separat erhältlich. Nach dem Start der Funktion am Gerät wird die Fahrzeugklimaanlage mit flüssigem Kältemittel unter hohem Druck gespült und anschließend wieder abgesaugt. Dieser Zyklus sollte dreimal durchgeführt werden, um eine möglichst optimale Reinigungswirkung zu erzielen.

Nachteil

Die Servicestation steht während der Anwendung nicht für andere Fahrzeuge zur Verfügung. Das Filterelement des Spülgeräts muss regelmäßig gewechselt werden.

Hinweis

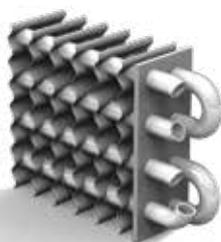
Während sich Tube & Fin- und Serpentine-Komponenten meistens gut reinigen lassen, ist es oft nicht möglich, Komponenten in „Multiflow“ (Parallelfluss)-Technik zu reinigen. Bestehen bei dieser Art Komponenten Zweifel über den Reinigungserfolg, ist die Komponente auszutauschen. Wurde der Kältemittelkreislauf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

Folgende Angaben (% der Gesamtölmenge) dienen als Anhaltspunkt:

- Klimakondensator: 10 %
- Filter-Trockner/Akkumulator: 10 %
- Verdampfer: 20 %
- Schläuche/Rohrleitungen: 10 %
- Bei Nichteinhaltung der o. g. Punkte besteht die Gefahr, dass die Gewährleistung erlischt.



Die dazu benötigte Werkstattausrüstung von MAHLE Service Solutions finden Sie ab Seite 72.



Tube & Fin



Serpentine



Multiflow

Vor- und Nachteile der beiden Spülmethoden

Spülflüssigkeit

Spülmethode

Systemkomponenten werden mithilfe einer zusätzlichen Spüleinrichtung und einer chemischen Lösung entgegen der Flussrichtung des Kältemittels gespült. Reste des Spülmittels müssen mit Stickstoff entfernt und das System mit Stickstoff getrocknet werden.

Vorteile

- Entfernt lose und festsitzende Partikel und Öl

Nachteile

- Kosten für das Spülmedium
- Entsorgungskosten für das Spülmedium
- Keine Freigabe von Fahrzeugherstellern

Kältemittel

Spülmethode

Systemkomponenten werden mithilfe des Klimaservicegeräts und einer zusätzlichen Spüleinrichtung mit Filter und Adaptern entgegen der Flussrichtung des Kältemittels gespült (beides separat erhältlich).

Vorteile

- Keine Kosten für ein separates Spülmedium, da vorhandenes Kältemittel als Spülmedium genutzt wird
- Keine Entsorgungskosten für das Spülmedium
- Entfernt lose Schmutzpartikel und Öl
- Methode ist von verschiedenen Fahrzeugherstellern freigegeben

Nachteile

- Filterelement des Spülgeräts muss regelmäßig gewechselt werden
- Klimaservicegerät steht während der Anwendung nicht anderweitig zur Verfügung

Lecksuchtechniken

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
- Klimakompressor
- Klimakondensator 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

1 Lecksuche mit Kontrastmittel

Kontrastmittel

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

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.



➤ Die dazu benötigte Werkzeugausstattung von MAHLE Service Solutions finden Sie ab Seite 72.

2 Lecksuche mit elektronischem Tester/ mit Stickstoff/durch Schaumbildung

Elektronische Lecksuche mit Leckdetektor

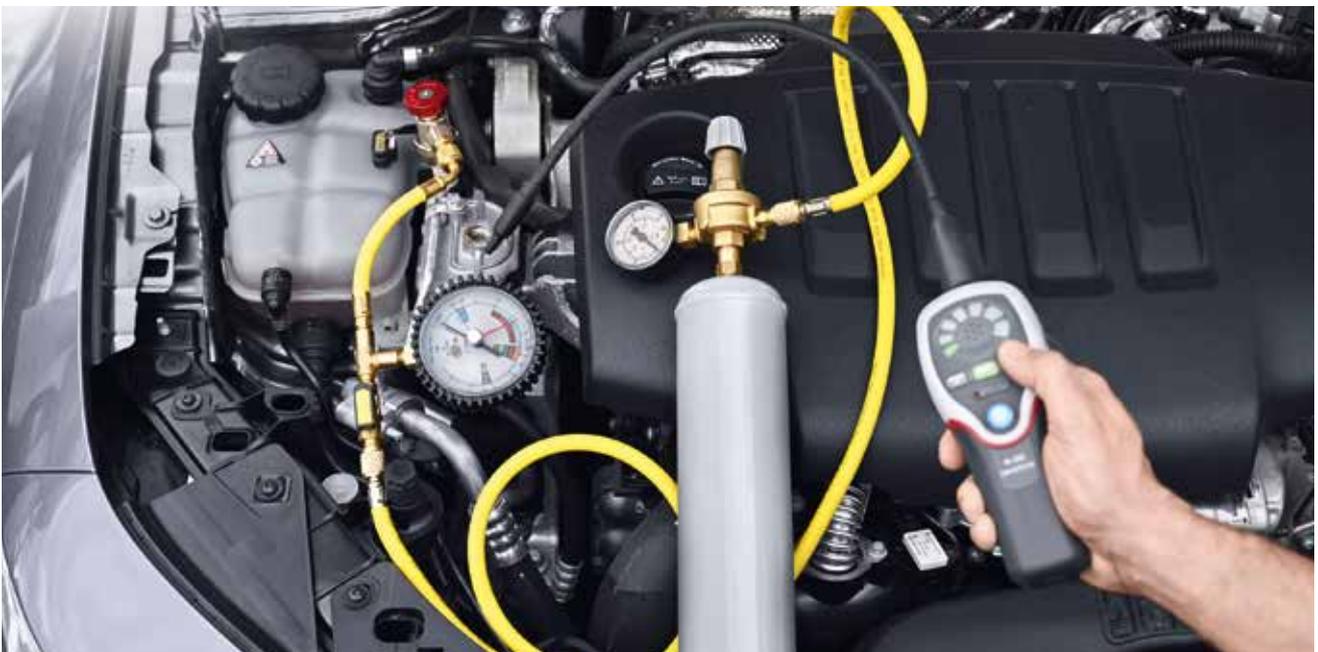
Zeigt die Lecks über einen Signalton an. Erkennt halogene Gase und entdeckt selbst kleinste Lecks an schwer erreichbaren Stellen (z. B. Verdampferundichtigkeit).

Lecksuche mit 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. Mithilfe dieser Methode lassen sich nur größere Leckagen an gut zugänglichen Stellen auffinden.

3 Lecksuche mit Formiergas-Lecksucher

Zum Auffinden von Undichtigkeiten wird das leere Klimasystem mit Formiergas, einem Gemisch aus 95 % Stickstoff und 5 % Wasserstoff, gefüllt. Mithilfe eines speziellen elektronischen Lecksuchers werden die Komponenten auf Undichtigkeiten geprüft. Da Wasserstoff leichter ist als Luft, muss der Sensor dabei oberhalb der vermuteten Undichtigkeit (Leistungsverbindungen/ 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.



Reparatur von Rohrleitungen und Schläuchen

LOKRING-Rohrverbindungstechnik

LOKRING ist eine schnelle und äußerst renditestarke Instandsetzungsmethode. Statt bei defekten Rohrleitungen teure komplette Leitungssysteme zu bestellen und auf die Lieferung zu warten, kann das Problem auch auf der Stelle behoben werden – oftmals im eingebauten Zustand. Das LOKRING-Prinzip hat sich in der Klima- und Kältetechnik bewährt.

Es zeichnet sich durch neun Verarbeitungsvorteile aus:

- Einfache und zügige Montage
- Unlösbare, hermetisch dichte Metall/Metall-Dichtungen
- Sichere Verbindung von Rohren aus verschiedenen Werkstoffen
- Keine besondere Rohrvorbereitung erforderlich
- Handliche Montagewerkzeuge
- Große Maßtoleranzen erlaubt
- Keine Kerbwirkung im Montagebereich
- Kein Schweißen, Löten oder Gewindeschneiden
- Umweltschonende und gefahrlose Verbindungstechnik

Presswerkzeuge für Kältemittel-Armaturen

Das Crimp-Werkzeug ermöglicht die schnelle und sichere Verbindung von Schläuchen und Fittings – ein ideales Presssystem für den stationären und mobilen Einsatz. Die mitgelieferte Hydraulik-Handpumpe baut die Presswirkung auf. Bereits wenige Handbewegungen bewirken bei hohem Verstellweg einen immens starken Pressdruck. So lassen sich Schlauchreparaturen oftmals auch im eingebauten Zustand durchführen. Ähnlich wie LOKRING spart das Crimp-System Reparatur-/Wartezeiten und Ersatzteilkosten.

LOKRING ist so dicht, dass kein Druckabfall und keine Reduzierung der Durchflussgeschwindigkeit zu verzeichnen sind. Als zusätzliche Sicherung werden die Oberflächen der Rohrenden mit der LOKPREP-Dichtungsflüssigkeit benetzt. Das System ist an den LOKRING-Stellen dauerhaft dicht. Die Rohrverbindungen sind für einen maximalen Nenndruck von 50 bar und einen Prüfdruck von 200 bar ausgelegt. Sie können in einem Temperaturbereich von -50 °C bis $+150\text{ °C}$ eingesetzt werden.



Metall mit Metall: **LOKRING-Fitting**



Schlauch mit Schlauch: **Crimp-Fitting**

Kältemittel R12, R134a und R1234yf

Es gibt auf dem Markt noch Fahrzeuge mit Klimaanlage, die ursprünglich für das Kältemittel R12 konzipiert wurden. Das Jahr 2001 war das offizielle endgültige Ende von R12 für Fahrzeugklimaanlagen. R12-Systeme mussten ab diesem Datum bei Wartungs- oder Reparaturarbeiten umgerüstet werden. Als Ersatzkältemittel wird seitdem, neben einigen „Drop-In“-Kältemitteln (Kältemittelgemische), R134a verwendet.

Auch heute noch ist das Thema Umrüstung von R12 auf R134a im Old- und Youngtimer-Bereich sowie in einigen Nicht-EU-Ländern aktuell.

Im Zuge der Umrüstung muss die Anlage auf Dichtigkeit überprüft werden. Leckagen sind im Vorfeld zu beseitigen. Alle Bauteile sollten hinsichtlich Funktion und Beschädigung überprüft werden. Der Filter-Trockner ist zu erneuern. Dichtringe sollten gewechselt werden. Zusätzlich ist das mineralische Öl des R12-Systems gegen PAG- oder PAO-Öl auszutauschen. Im Zuge dessen empfiehlt es sich, auch das Klimasystem zu spülen.

R134a hat mit einem GWP (Global Warming Potential) von 1430 ein hohes Treibhauspotenzial. Mit der EG-Richtlinie 2006/40/EG wurde beschlossen, künftig nur noch Kältemittel mit einem GWP kleiner 150 einzusetzen.

Somit dürfen Klimasysteme von Fahrzeugen der Klasse M1 (Pkws, Fahrzeuge zur Personenbeförderung bis 8 Sitzplätze) und der Klasse N1 (Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht bis 3,5 t), für die ab dem 1. Januar 2011 eine Typgenehmigung innerhalb der EU erteilt wurde, nicht mehr mit R134a befüllt werden. Seit dem 1. Januar 2017 können Fahrzeuge, die mit R134a befüllt sind, nicht mehr erstmals zugelassen werden. Die Verwendung von R134a ist aber weiterhin für Service- und Wartungsarbeiten an bereits bestehenden R134a-Anlagen erlaubt. Als neues Kältemittel kommt bislang vor allem R1234yf mit einem GWP von 4 zum Einsatz. Allerdings ist auch die Verwendung anderer Kältemittel denkbar, sofern der GWP-Wert unter 150 liegt.

Dies hat natürlich Einfluss auf Werkstätten und deren Service-Personal. Die Anschaffung neuer Servicegeräte scheint unausweichlich zu sein. Es sind auch gesonderte Maßnahmen hinsichtlich der Lagerung und Handhabung mit den neuen Kältemitteln zu beachten.



Die dazu benötigte *Werkzeugausstattung* von MAHLE Service Solutions finden Sie ab Seite 72.

Innenraum-Temperatursensoren

Mangelhafte Temperaturregelung durch verschmutzte Sensoren

Der Innenraum-Temperatursensor befindet sich im Luftstrom eines Miniaturgebläses (meistens in der Bedieneinheit). Er gibt die Temperatur der Innenraumluft als Widerstandswert an das Steuergerät. Der Messwert dient zum Vergleich mit dem Sollwert.

Durch Nikotin, Staub u. Ä. kann der Sensor stark verschmutzen (siehe Bild). Gelangt der angesaugte Luftstrom nicht mehr aus-

reichend zum Sensor, kann dies zu Fehlmessungen und Fehlfunktionen führen. Die Klima-/Heizungsregelung ist dann nicht mehr einwandfrei gewährleistet. Dies macht sich durch ein ständiges Hin- und Herregeln der Temperatur bemerkbar – in einem Moment wird es sehr kalt, im anderen Moment sehr warm. Der Sensor kann mit speziellen Reinigungsmitteln (z. B. Aceton) gereinigt werden. Staubansammlungen können zuvor mit minimaler Druckluft beseitigt werden. In den meisten Fällen funktioniert die Regelung nach der Reinigung des Sensors wieder einwandfrei.



Dichtmittel

Klimaanlagen-Dichtmittel bestehen aus chemischen Komponenten, die dem Klimasystem zugeführt werden, um kleinere Leckagen an Komponenten und O-Ringen abzudichten.

An der undichten Stelle tritt nicht nur Kältemittel, sondern auch das Dichtmittel aus.

Dieses reagiert in der Regel mit Luftsauerstoff und Feuchtigkeit, härtet aus und verschließt das Leck.

Die Verwendung von Dichtmitteln ist aus verschiedener Sicht problematisch.

Nach Maßgabe von EU-Verordnungen und -Richtlinien darf ein undichtes Klimasystem nicht wieder in Betrieb genommen bzw. mit Kältemittel befüllt werden, ohne zuvor die Undichtigkeit zu beseitigen. Ein Verstoß kann erhebliche Bußgelder nach sich ziehen.

Bei der Verwendung von Dichtmitteln tritt weiterhin so lange Kältemittel aus dem undichten Klimasystem aus, bis das

Dichtmittel wirkt (sofern es die Undichtigkeit wirklich in vollem Umfang stoppt). Somit wird in diesem Fall gegen EU-Recht und auch nationale Verordnungen verstoßen und unnötig Kältemittel freigesetzt. Die einzige Einsatzmöglichkeit von Dichtmitteln wäre die der präventiven Verwendung – als Zugabe in noch intakter Systeme.

Sollten Bauteile vorbeschädigt oder geschwächt (z. B. durch Korrosion) sein, ist es nur eine Frage der Zeit, bis an anderer Stelle eine weitere Leckage entsteht.

Beim Absaugen von Kältemittel an Fahrzeugen, die zuvor mit Dichtmittel befüllt wurden, besteht die Gefahr, dass das Dichtmittel im Inneren des Klimateilgeräts reagiert und dies zu Blockaden bzw. Schäden führt. Bei vielen Fahrzeug-, Geräte- und Komponentenherstellern gefährdet die Verwendung von Dichtmitteln einen Gewährleistungsanspruch.

Letztendlich stellt die Verwendung von Dichtmitteln bei einer undichten Klimaanlage keine gesetzeskonforme und dauerhafte Reparaturmethode dar.

Innovatives Klima- und Innenraumkomfort-Management

Wohin geht der Trend und die Entwicklung von Klimaanlage und Innenraumkomfort?

„Mehrzonen-Klimaanlagen“ werden immer mehr zum Standard. In der Oberklasse werden bereits Klimaanlagen mit einem „Feuchtemanagement“ eingesetzt, wobei der Entstehung von zu trockener Luft entgegengewirkt wird.

Zukünftig wird ein „Raumklimamanagement“ Bestandteil des Klima- und Lüftungssystems sein. Das bedeutet, dass mithilfe von Luftgütesensoren ein bestmögliches Innenraumklima in Verbindung mit Luftaufbereitungssystemen geschaffen wird.

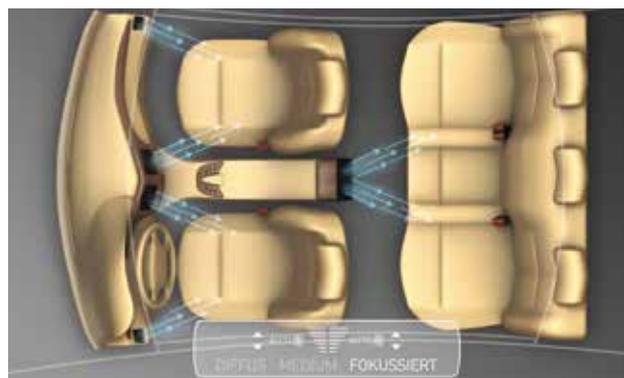
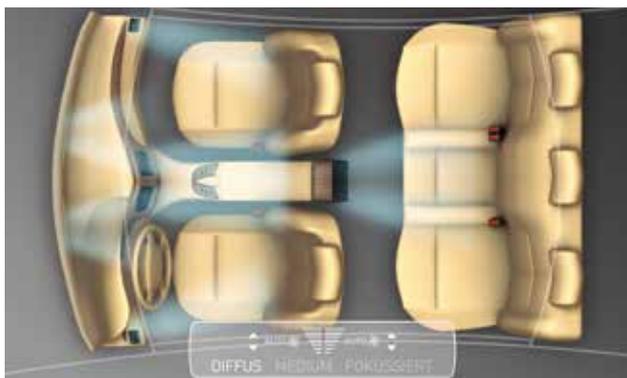
Elektronisch geregelte Klimakompressoren werden die Regel in allen Fahrzeugklassen sein. Sie ermöglichen eine individuelle Leistungsanpassung mit einem damit verbundenen niedrigeren Kraftstoffverbrauch. Optimierte Komponenten, Leitungen und Dichtungen sorgen zukünftig für möglichst geringe „Kältemittelverlusten“.

Wunschlima für Jeden an jedem Platz

Wunschlima bedeutet:

- Individualer Klimakomfort für jeden Sitzplatz im Fahrzeug
- Zugfreie, angenehme Belüftung
- Hohe Luftqualität
- Akustischer Komfort, möglichst geringe Geräuschwahrnehmung
- Einfache, klare Bedienung





Um dies zu realisieren, wurden Systeme wie z. B. PHYSIO-CONTROL® von MAHLE und BHTC entwickelt:

PHYSIO-CONTROL® ist eine Weiterentwicklung der Mehrzonen-Klimatisierung. Das System ist in der Lage, die zur Behaglichkeit im Fahrzeuginnenraum führenden Größen (Sonneneinstrahlung, Luftfeuchtigkeit, Luftmenge und Lufttemperatur) an definierten Stellen selektiv zu erfassen und zu regeln. Exakt aufeinander abgestimmte Subsysteme arbeiten dabei zusammen.

Der technische Aufwand ist enorm. So misst ein intelligenter Sonnensensor mithilfe der Hard- und Software den exakten Raumwinkel und die Intensität der Sonneneinstrahlung in Relation zum Fahrzeug. Ein Rechenmodell ermittelt, durch Erfassen der Fahrzeugkonturen, hieraus die Strahlungsintensität auf den von der Sonne beschienen Körperstellen.

Optimales Klima im Fahrzeuginnenraum bedeutet auch das stetige Freihalten der Scheiben. Um ein Beschlagen der Scheiben zu verhindern, wird die Feuchtigkeit im Bereich der Windschutzscheibe kontinuierlich gemessen. Im Bedarfsfall wird über die Ansteuerung der Klimaanlage die Luft getrocknet. Ein weiterer Eingriff, von dem die Fahrzeuginsassen nichts mitbekommen, ist das sogenannte Feuchtmanagement. Hierbei wird durch Ansteuerung des Klimakompressors und der Frischluftklappe die Luftfeuchtigkeit im Innenraum konstant gehalten.

Als Subsystem kommen sogenannte Komfort-Lüftungsdüsen zum Einsatz. Diese sind so konzipiert, dass sich die einzelnen Ausströmerdüsen definiert schwenken und stufenlos von direktem bis diffusem Luftaustritt verändern lassen. Mithilfe der Düsen wird den Körperstellen der Insassen genau die Luftmenge und Luftart zugeführt, die als angenehm empfunden wird. Dies kann z. B. ein konzentrierter Luftstrahl („Spot“) während des Abkühlvorgangs im Sommer oder eine zugfreie, diffuse Ausströmung sein.

Um das Wunschprofil der Luftverteilung zu ermitteln, bedient man sich des Air Volume Control. Hierbei wird die aus den einzelnen Ausströmerdüsen austretende Luftmenge und somit auch die Luftgeschwindigkeit ermittelt. Ermöglicht wird dies entwicklungs-technisch durch eine Simulationssoftware des gesamten Klima- und Luftführungssystems. Air Volume Control erkennt u. a. eine einseitige Zu- oder Abnahme der Luft, durch z. B. mechanisches Verschließen der Lüftungsdüse. In der Software hinterlegte Regelalgorithmen vermeiden, dass sich die Luftverhältnisse auf der anderen Fahrzeugseite ändern. Somit lassen sich Luftmenge und Luftverteilung individuell ändern, ohne unnötig Einfluss auf andere Bereiche und Personen im Fahrzeug zu nehmen.

Eine weitere Innovation ist die Auswahl verschiedener Klimastile. Hierbei treffen die Insassen je nach „Komforttyp“ eine Vorauswahl zwischen Spot, Moderat oder Diffus. Der „sportlich-frische“ Typ wird somit direkt mit kühler Luft angeströmt, während der „sensiblere“ Typ die Luft zugfrei zugeteilt bekommt.



Luftqualität

Die Luftqualität im Fahrzeuginnenraum wird bei modernen Klimasystemen mittlerweile mehrstufig aufbereitet. Hier spricht man von einer „Komforttreppe“. Sie beginnt mit der Filterung der Frisch- und Umluft. Dies wird mithilfe einer Stickoxid-Sensorik realisiert. Ein NO_x- oder Luftgütesensor ermittelt den Anteil an Schadstoffen der angesaugten Frischluft, worauf eine automatische Frisch-/Umluftsteuerung erfolgt. Die Filterung durch Aktivkohle gewinnt dabei zunehmend an Bedeutung.

Die Verdampferoberfläche sollte so beschaffen sein, dass es nicht zur Geruchsbildung durch Mikroorganismen kommt. Hierfür hat MAHLE speziell eine Beschichtung entwickelt: BehrOxal®. Es handelt sich dabei um eine umweltfreundliche Beschichtungstechnologie, die ohne toxische und aggressive Chemikalien eine korrosionsresistente und hydrophile Aluminiumoberfläche erzeugt. Hierdurch erfolgt eine sehr gute Ableitung des Kondenswassers und schnelle Abtrocknung der Verdampferoberfläche.

Die o. g. Maßnahmen bewirken eine Neutralisierung von Verunreinigungen und Gerüchen. Für eine weitere Steigerung des Komforts kann ein Sauerstoff-Ionisator eingesetzt werden, mit dem die Luft von Bakterien und Keimen gereinigt wird und eine Frische-Wirkung erhält. Zusätzlich kann noch ein Beduftungssystem, bei dem der Innenraumluft bestimmte Duftnoten zugesetzt werden, zum Einsatz kommen.

Ergonomie

Es hat sich gezeigt, dass die Bedienung einer Klimaanlage den Fahrer immer noch zu lange vom Verkehrsgeschehen ablenkt und die Klimaanlage teilweise nicht richtig bedient wird.

Mit steigender Funktionalität wird die Bedienbarkeit der Klimaanlage zum Teil erschwert. Dies äußert sich durch:

- Fehlen einer klaren, logischen Anordnung von Bedienelementen und Anzeigen
- Komplizierte, teilweise überfordernde Bedienung
- Unverständliche Kennzeichnung der Bedienelemente
- Nicht eindeutige oder fehlende Status-Rückmeldungen

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass für die zu verwendenden Klima-Bedieneinheiten folgende Kriterien berücksichtigt werden sollten:

- Ausreichende Größe von Display, Bedienelementen und Symbolen
- Verwendung von Grafiken bzw. Textgrafiken anstatt nur Text
- Räumlich, nach gleichen Funktionen angeordnete Bedienelemente
- Hauptfunktionen nicht mit anderen Funktionen koppeln und/oder in Unterfunktionen verstecken
- Bedieneinheit und Display nahe beieinander

Bedieneinheiten, die nach den genannten Kriterien entwickelt werden, entlasten den Fahrer von Tätigkeiten, die nichts mit dem Führen des Fahrzeugs zu tun haben. Die verwendeten Symbole sind bekannt oder ihre Bedeutung ist intuitiv erfassbar. Hauptbedienelemente können auch ertastet werden, d. h. ohne einen Blick darauf richten zu müssen. Die Menüführung ist einfach gehalten und eine Komfort-Vorauswahl möglich. Die von z. B. BHTC entwickelten Bedienkonzepte erleichtern durch verschiedene Klimastile die individuelle Einstellung der gewünschten automatischen Klimaregelung. Das grafische Design der Visualisierung zielt auf schnelle, selbsterklärende Erkennbarkeit der Einstellungen ab. Hierfür werden hochauflösende Displaytechnologien, die eine situationsangepasste Darstellung ermöglichen, verwendet.

In den letzten Jahren hat es im Bereich des Klima- bzw. Innenraumkomfort-Managements viele Innovationen gegeben. Dies wird sich auch in Zukunft fortsetzen. Für die Werkstatt besteht die Herausforderung darin, mit den Entwicklungen Schritt zu halten. Nur so können solch komplexen Systeme zukünftig gewartet, überprüft und instandgesetzt werden.



Neutral/Auto



Frisch

Thermomanagement in Elektro- und Hybridfahrzeugen

Durch die Elektro- und Hybridtechnologie ergeben sich auch für das Thermomanagement deutliche Veränderungen, sowohl im Kühlmittel- wie auch im Kältemittelkreislauf. Welche Bereiche und Bauteile des Thermomanagements betroffen sind, wie sich die Funktionsweisen verändern und was dies für Ihre Arbeit bedeutet, beschreiben wir im Folgenden.

Innenraumklimatisierung

Bei herkömmlichen Antriebskonzepten mit Verbrennungsmotor ist die Innenraumklimatisierung aufgrund des mechanisch angetriebenen Klimakompressors direkt vom Betrieb des Motors abhängig. Auch in Fahrzeugen, die in Fachkreisen als Micro-Hybrid bezeichnet werden und lediglich eine Start-Stopp-Funktion besitzen, werden Klimakompressoren mit Riementrieb eingesetzt. Daraus ergibt sich die Problematik, dass bei einem Fahrzeugstillstand und ausgeschaltetem Motor schon nach 2 Sekunden die Temperatur am Verdampferaustritt der Klimaanlage ansteigt. Die damit einhergehende langsame Erhöhung der Ausblastemperatur der Lüftung sowie die Zunahme der Luftfeuchtigkeit wird von den Fahrzeuginsassen als störend empfunden.

Um diesem Problem zu begegnen, können Kältespeicher zum Einsatz kommen, sogenannte Speicherverdampfer.

Der Speicherverdampfer besteht aus zwei Blöcken: einem Verdampfer- und einem Speicherblock. Beide Blöcke werden in der Start-Phase bzw. bei laufendem Motor mit Kältemittel durchströmt. Ein sich im Verdampfer befindliches Latentmedium wird währenddessen so weit gekühlt, dass es gefriert. Damit wird es zum Kältespeicher.



Speicherverdampfer



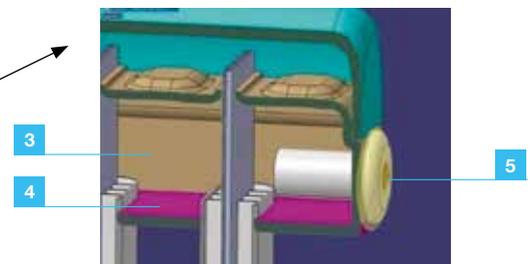
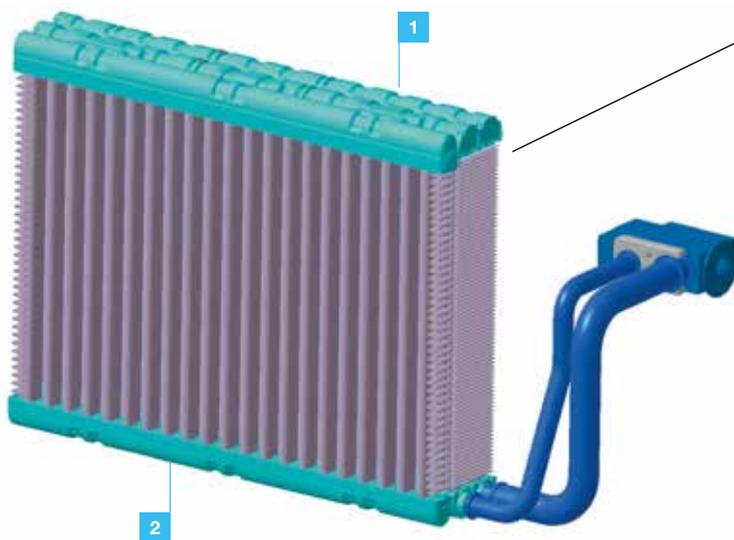
Unbedingt beachten!

Arbeiten Sie nicht an unter Spannung stehenden Hochvolt-Komponenten. Achten Sie stets auf die Warnschilder an Bauteilen und Elementen.



Beispiel: Warnschilder an Modulen und Bauteilen

Schematische Darstellung – Speicherverdampfer



- 1 Verdampferblock mit 40 mm Tiefe
- 2 Speicherblock 15 mm Tiefe
- 3 Kältemittel
- 4 Latentmedium
- 5 Blindniet

In der Stopp-Phase ist der Motor aus und der Klimakompressor wird folglich nicht angetrieben. Die am Verdampfer vorbeiströmende Warmluft kühlt sich ab und es findet ein Wärmeaustausch statt. Dieser Austausch läuft so lange ab, bis das Latentmedium vollständig abgeschmolzen ist. Nach Wiederaufnahme der Fahrt beginnt der Prozess von neuem, so dass bereits nach einer Minute der Speicherverdampfer wieder Luft kühlen kann.

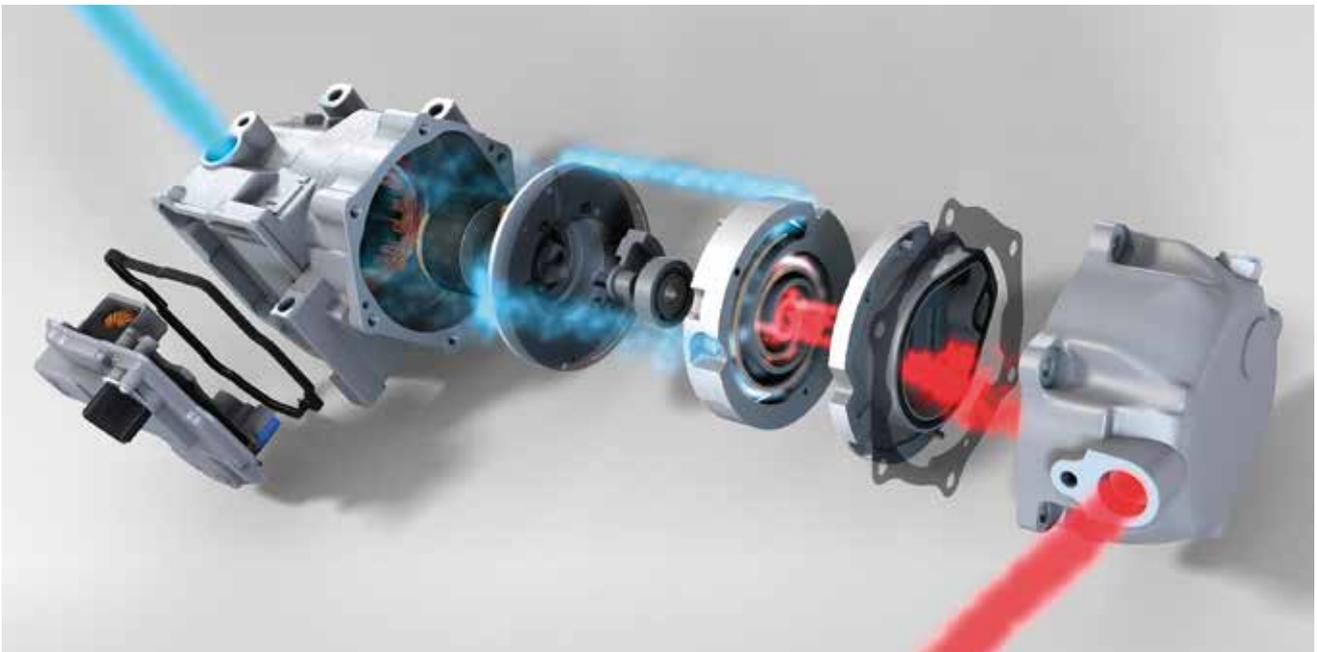
Bei Fahrzeugen ohne einen Speicherverdampfer ist es bei sehr warmem Wetter schon nach kurzer Standzeit notwendig, den Motor wieder zu starten. Nur auf diese Weise kann die Innenraumkühlung aufrechterhalten werden.

Zur Innenraumklimatisierung des Fahrzeugs gehört ebenso das Beheizen der Fahrgastzelle im Bedarfsfall. Bei Full-Hybrid-Fahrzeugen wird in der Phase des elektrischen Fahrens der Verbrennungsmotor abgeschaltet. Die vorhandene Restwärme im Wasserkreislauf reicht für die Beheizung des Innenraums nur für kurze Zeit aus. Als Unterstützung werden dann elektrische PTC-Heizelemente zugeschaltet, die die Heizfunktion übernehmen. Die Arbeitsweise ist ähnlich der eines Haarföns: Die vom Innenraumluftgebläse angesaugte Luft wird beim Vorbeistreichen an den Heizelementen erwärmt und strömt danach in den Innenraum.

Hochvolt-Klimakompressor

Funktion

In Fahrzeugen mit Full-Hybrid-Technologie werden elektrische Hochvolt-Klimakompressoren eingesetzt, die nicht in Abhängigkeit vom Betrieb des Verbrennungsmotors stehen. Durch dieses neuartige Antriebskonzept werden Funktionen möglich, die zu einer weiteren Komfortsteigerung in der Fahrzeugklimatisierung führen.



Es besteht die Möglichkeit, den aufgeheizten Innenraum vor Fahrtantritt auf die gewünschte Temperatur vorzukühlen. Die Ansteuerung ist durch eine Fernbedienung möglich.

Diese Standkühlung kann nur in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Batteriekapazität erfolgen. Der Klimakompressor wird dabei unter Berücksichtigung der zur Klimatisierung nötigen Anforderungen mit der kleinstmöglichen Leistung angesteuert.

Bei den derzeit verwendeten Hochvolt-Klimakompressoren erfolgt die Leistungsregelung durch eine entsprechende Drehzahl-anpassung in Stufen von 50 min^{-1} . Daher kann auf eine interne Leistungsregelung verzichtet werden.

Im Gegensatz zum Taumelscheibenprinzip, das im Bereich der riemengetriebenen Klimakompressoren vorrangig eingesetzt

wird, kommt bei Hochvolt-Klimakompressoren das Scrollprinzip zur Verdichtung des Kältemittels zum Einsatz. Die Vorteile sind eine Gewichtsersparnis von ca. 20 % und eine Verringerung des Hubraums um den gleichen Wert bei identischer Leistung.

Um ein entsprechend großes Drehmoment für den Antrieb des elektrischen Klimakompressors zu erzeugen, kommt hier eine Gleichspannung von über 200 Volt zum Einsatz – eine im Kraftfahrzeugbereich sehr hohe Spannung. Der in der Elektromotoreinheit integrierte Inverter wandelt diese Gleichspannung in die vom bürstenlosen Elektromotor benötigte dreiphasige Wechselspannung um. Die notwendige Wärmeableitung des Inverters und der Motorwicklungen wird durch die Durchströmung des Kältemittelrückflusses zur Saugseite ermöglicht.

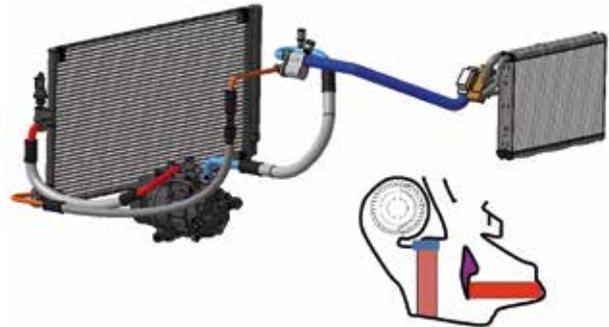
Temperaturmanagement der Batterie

Ein Vergleich

Essenziell für den Betrieb eines Elektro- und Hybridfahrzeugs ist die Batterie. Diese muss die notwendigen erheblichen Energiemengen für den Antrieb schnell und zuverlässig bereitstellen. Zumeist sind dies Lithium-Ionen- und Nickel-Metall-Hybrid-Hochspannungsbatterien. Damit werden Größe und Gewicht der Hybridfahrzeugbatterien weiter reduziert.

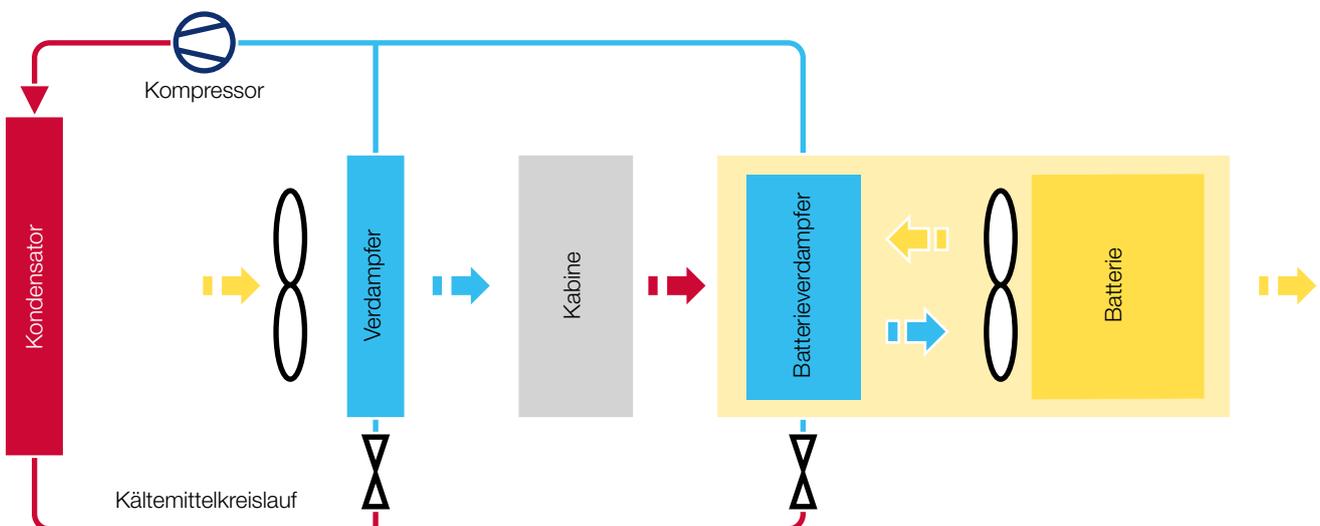
Es ist unbedingt erforderlich, dass die verwendeten Batterien in einem bestimmten Temperaturfenster betrieben werden. Ab einer Betriebstemperatur von +40 °C verringert sich die Lebensdauer, während unterhalb von 0 °C der Wirkungsgrad nachlässt und die Leistung sinkt. Darüber hinaus darf der Temperaturunterschied zwischen den einzelnen Zellen einen bestimmten Wert nicht überschreiten.

Kurzzeitige Spitzenbelastungen in Verbindung mit hohen Strömen wie Rekuperation und Boosten führen zu einer nicht unerheblichen Erwärmung der Zellen. Zusätzlich tragen hohe Außentemperaturen in den Sommermonaten dazu bei, dass die



Temperatur schnell den kritischen Wert von 40 °C erreicht. Die Folge einer Temperaturüberschreitung ist die schnellere Alterung und der damit einhergehende verfrühte Ausfall der Batterie. Fahrzeughersteller streben eine rechnerische Batteriebensdauer von einem Autoleben an (ca. 8–10 Jahre). Daher kann dem Alterungsprozess nur mit entsprechendem Temperaturmanagement entgegengewirkt werden. Bisher kommen drei verschiedene Möglichkeiten des Temperaturmanagements zur Anwendung:

Möglichkeit 1



Luft wird aus dem klimatisierten Fahrzeuginnenraum angesaugt und zum Kühlen der Batterie genutzt. Die angesaugte kühle Luft aus dem Fahrzeuginnenraum hat eine Temperatur unter 40 °C.

Diese Luft wird genutzt, um die frei zugänglichen Flächen des Batteriepakets zu umströmen.

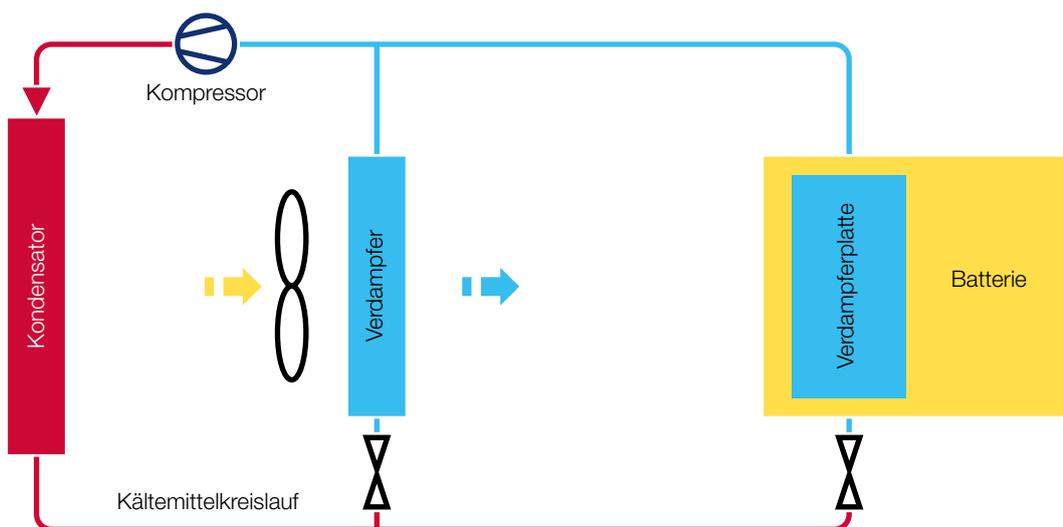
Nachteile dieser Möglichkeit:

- Geringe Kühlungseffektivität
- Angesaugte Luft aus dem Innenraum kann nicht zu einer gleichmäßigen Temperaturreduzierung genutzt werden
- Erheblicher Aufwand zur Luftführung
- Eventuell störende Geräusche im Innenraum durch das Gebläse

- Durch die Luftkanäle besteht eine direkte Verbindung des Fahr-
gastraums mit der Batterie. Dies ist aus Sicherheitsgründen
(z. B. Ausgasen der Batterie) als problematisch einzustufen.
- Nicht zu unterschätzen ist die Gefahr des Schmutzeintrags in
das Batteriepaket, da die Luft aus dem Innenraum auch Staub
beinhaltet. Der Staub lagert sich zwischen den Zellen ab und
bildet in Verbindung mit kondensierter Luftfeuchtigkeit einen
leitenden Belag. Dieser Belag begünstigt die Entstehung von
Kriechströmen in der Batterie.

Um diese Gefahr zu umgehen, wird die angesaugte Luft gefiltert. Alternativ kann die Luftkühlung auch durch ein separates Klein-
klimagerät erfolgen, ähnlich den separaten Fondklimaanlagen in Oberklassefahrzeugen.

Möglichkeit 2



Eine spezielle, in der Batteriezelle eingeschlossene Verdampferplatte wird an die im Fahrzeug vorhandene Klimaanlage angeschlossen. Dies erfolgt im sogenannten Splittingverfahren an der Hochdruck- und Niederdruckseite über Rohrleitungen und ein Expansionsventil. Damit sind der Innenraumverdampfer und die Verdampferplatte der Batterie, die wie ein herkömmlicher Verdampfer funktioniert, an ein und denselben Kreislauf angeschlossen.

Durch die unterschiedlichen Aufgaben der beiden Verdampfer ergeben sich entsprechend unterschiedliche Anforderungen an den Kältemitteldurchfluss. Während die Innenraumkühlung den Komfortansprüchen der Fahrgäste genügen soll, muss die Hochvoltbatterie je nach Fahrsituation und Umgebungstemperatur mehr oder weniger stark gekühlt werden.

Aus diesen Anforderungen heraus resultiert die aufwendige Regelung der Menge des verdampften Kältemittels. Die besondere

Bauform der Verdampferplatte und die damit ermöglichte Integration in die Batterie bietet eine große Kontaktfläche zum Wärmeaustausch. Damit kann gewährleistet werden, dass die kritische obere Maximaltemperatur von 40 °C nicht überschritten wird.

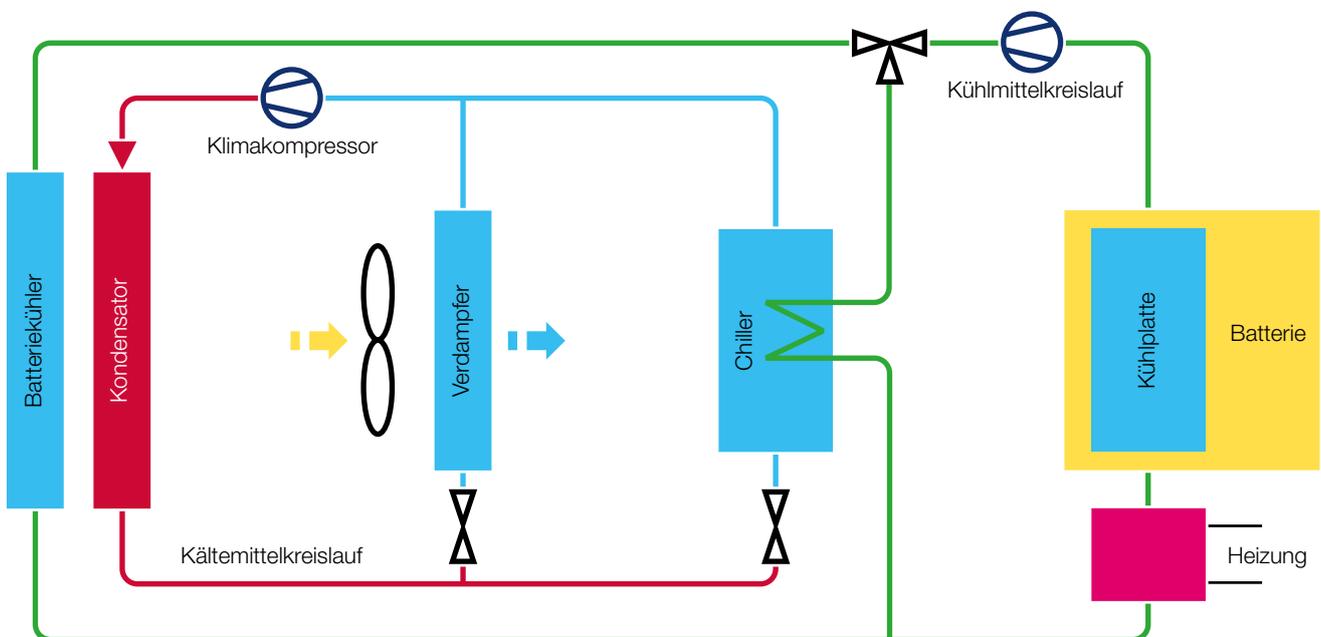
Bei sehr niedrigen Außentemperaturen wäre eine Erhöhung auf die Idealtemperatur der Batterie von mind. 15 °C nötig. Allerdings kann die Verdampferplatte in dieser Situation keinen Beitrag leisten. Eine kalte Batterie ist weniger leistungsfähig als eine wohltemperierte und kann bei Temperaturen deutlich unter dem Gefrierpunkt kaum noch geladen werden. Im Mild-Hybrid kann man dies tolerieren: Im Extremfall steht die Hybridfunktion nur eingeschränkt zur Verfügung. Das Fahren mit dem Verbrennungsmotor ist dennoch möglich. Im reinen Elektrofahrzeug dagegen wird man eine Batterieheizung vorsehen müssen, um im Winter in jeder Situation starten und fahren zu können.



Hinweis

Verdampferplatten, die direkt in die Batterie integriert sind, können nicht einzeln ersetzt werden. Daher muss im Schadensfall stets die gesamte Batterie ausgetauscht werden.

Möglichkeit 3



Bei Batterien mit größerer Kapazität spielt die richtige Temperierung eine zentrale Rolle. Daher ist bei sehr niedrigen Temperaturen eine zusätzliche Beheizung der Batterie notwendig, um sie in den idealen Temperaturbereich zu bringen. Nur in diesem Bereich kann eine zufriedenstellende Reichweite im Modus „Elektrisches Fahren“ erreicht werden.

Um diese zusätzliche Beheizung durchzuführen, wird die Batterie in einen Sekundärkreislauf eingebunden. Dieser Kreislauf stellt sicher, dass die ideale Betriebstemperatur von 15–30 °C dauerhaft gehalten wird. Im Batterieblock wird eine eingebaute Kühlplatte von Kühlmittel durchflossen, das sich aus Wasser und Glykol zusammensetzt (grüner Kreislauf). Bei niedrigen Temperaturen kann das Kühlmittel über eine Heizung schnell aufgeheizt werden, um die Idealtemperatur zu erreichen. Kommt es während der Benutzung der Hybridfunktionen zu einem Temperaturanstieg in der Batterie, wird die Heizung abgeschaltet. Das

Kühlmittel kann dann durch den sich in der Fahrzeugfront befindlichen Batteriekühler bzw. Niedertemperatur-Kühler mittels Fahrtwind gekühlt werden.

Reicht die Kühlung durch den Batteriekühler bei hohen Außentemperaturen nicht aus, durchströmt das Kühlmittel einen Chiller. In diesem wird Kältemittel der Fahrzeugklimaanlage verdampft. Außerdem kann Wärme sehr kompakt und mit hoher Leistungsdichte aus dem Sekundärkreislauf auf das verdampfende Kältemittel übertragen werden. Es erfolgt eine zusätzliche Rückkühlung des Kühlmittels. Durch den Einsatz des speziellen Wärmetauschers kann die Batterie im wirkungsgradoptimalen Temperaturfenster betrieben werden.

Weiterbildung für die Reparatur von Elektro- und Hybridfahrzeugen

Um die komplexen Systeme, insbesondere auch für das Thermomanagement in Elektro- und Hybridfahrzeugen warten und reparieren zu können, ist eine permanente Weiterbildung unerlässlich. Mitarbeiter, die Arbeiten an solchen Hochvolt-Systemen durchführen, benötigen beispielsweise in Deutschland eine zusätzliche zweitägige Ausbildung als „Fachkundiger für Arbeiten an Hochvolt (HV)-eigensicheren Fahrzeugen“.

Durch die dort erlangten Kenntnisse ist es möglich, zum einen die Gefährdung bei erforderlichen Arbeiten am System einzuschätzen und zum anderen die Spannungsfreiheit für die Dauer der Arbeiten herzustellen. Ohne eine entsprechende Schulung ist es untersagt, Arbeiten an Hochvolt-Systemen bzw. deren Komponenten vorzunehmen. Die Reparatur bzw. der Austausch von spannungsführenden Hochvolt-Komponenten (Batterie) bedarf einer gesonderten Befähigung.



Thermomanagement- Schulungsangebote von MAHLE:

Ob Auszubildende, Gesellen, Meister oder Ingenieure: Im Angebot von MAHLE Aftermarket ist für jeden die passende Schulung dabei.

Neben Schulungen zur Theorie bietet MAHLE Aftermarket spezielle Praxis-Trainings zur Schadensvermeidung für Pkw und Lkw sowie für Land- und Baumaschinen.

Wir von MAHLE Aftermarket sind flexibel: Sie wählen das gewünschte Thema aus und sagen uns, wann und wo die Fortbildung stattfinden soll – wir organisieren alles Weitere. Sprechen Sie einfach Ihren MAHLE Aftermarket-Handelspartner an oder kontaktieren Sie uns direkt über: ma.training@mahle.com

Die MAHLE Aftermarket-Technikexperten freuen sich auf interessante und spannende Veranstaltungen mit Ihnen!

- T-AC Klimatisierung im Fahrzeug: Aufbau, Funktion und häufigste Ausfallursachen einer Klimaanlage
- C-SK Sachkunde für Klimaanlage im Fahrzeug
- C-CG Klimageservice – Kompressor Garantie Plus

Wartung von Hybridfahrzeugen

Auch bei allgemeinen Inspektions- und Reparaturarbeiten (wie beispielsweise an Auspuffanlagen, Reifen, Stoßdämpfern, Ölwechsel, Reifenwechsel etc.) kommt es zu einer besonderen Situation.

Diese dürfen nur von Mitarbeitern ausgeführt werden, die durch einen „Fachkundigen für Arbeiten an HV-eigensicheren Fahrzeugen“ auf die Gefahren dieser Hochvolt-Systeme hingewiesen und entsprechend unterwiesen wurden.

Des Weiteren müssen zwingend Werkzeuge eingesetzt werden, die den Spezifikationen der Fahrzeughersteller entsprechen!



Werkzeuge für Arbeiten am Hochvoltsystem

Kfz-Betriebe sind dazu angehalten, alle Mitarbeiter, die mit dem Betrieb, der Wartung und Reparatur von Elektro- und Hybridfahrzeugen zu tun haben, zu unterweisen. Bitte beachten Sie die jeweiligen länderspezifischen Gegebenheiten.

Beim Klima-Check und Klima-Service ist zu beachten, dass die elektrischen Klimakompressoren nicht mit den üblichen PAG-Ölen geschmiert werden. Diese weisen nicht die notwendigen Isoliereigenschaften auf. In der Regel wird daher POE-Öl verwendet, das diese Eigenschaften besitzt. Das MAHLE PAO-Öl 68 AA1 Clear Version (ohne Lecksuchmittel) kann ebenfalls eingesetzt werden.

Folglich sind für den Klima-Check und Klima-Service bei Elektro- und Hybridfahrzeugen Klimatestservicegeräte mit interner Spülfunktion und einem getrennten Frischöl-Reservoir empfehlenswert. Auf diese Weise können Frischölmischungen verschiedener Ölarten ausgeschlossen werden.



Öl spielt im Klimasystem eine wichtige Rolle!

Öle gibt es viele. Welches ist zu empfehlen?

Egal ob beim Erneuern des Klimakompressor-Öls oder beim Nachfüllen während des Klima-Service: Wie das Blut im menschlichen Körper, erfüllt das Öl in der Klimaanlage „lebenswichtige“ Aufgaben.

Entscheidend für einen sicheren und dauerhaften Betrieb der Anlage ist daher die Verwendung eines hochwertigen Klimakompressoröls. Der Einsatz minderwertiger oder falscher Öle führt – wie beim Motor – zu einem erhöhten Verschleiß, einem vorzeitigen Ausfall des Klimakompressors und dem Verlust der Gewährleistung bzw. der Garantie.

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

PAG-ÖL

Leistung für gutes Klima

Produktmerkmale

- PAG-Öle sind vollsynthetische, hygroscopische Öle auf Basis von Polyalkylenglykol.
- Werksseitig von vielen Fahrzeug- und Klimakompressorherstellern in Klimasystemen mit Kältemittel R134a eingesetzt, mit unterschiedlichen Viskositäten.
- Neue, spezielle PAG-Öle 46 YF und 100 YF, sowohl geeignet für Kältemittel R1234yf als auch für R134a.

Vorteile/Wirkung

- PAG-Öle sind gut mischbar mit R134a (PAG-Öle 46 YF und 100 YF auch 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.

Ein zu hoher Feuchtigkeitsgehalt im Klimasystem trägt zur Bildung von Säuren und Korrosion bei. Dies kann zur Schädigung von Komponenten und Undichtigkeiten führen.

Aus diesem Grund sind angebrochene Ölbehältnisse sofort wieder zu verschließen, und das restliche Öl ist nur begrenzt lagerfähig. Dies trifft insbesondere auch auf Frischölbehältnisse am Klimateilservicegerät zu.



Neu im Programm

PAG-Öl SP-A2 von Sanden für spezielle, elektrische Sanden-Klimakompressoren
 Artikelnummer ACPL 9 000P/8FX 351 213-141

PAO-ÖL 68 und PAO-ÖL 68 Plus UV

Produktmerkmale

- Nicht hygroskopisch: im Gegensatz zu anderen Ölen keine Aufnahme von Umgebungsfeuchtigkeit
- Alternativ anstelle unterschiedlicher PAG-Öle verwendbar (Verwendungsübersicht beachten!): Bevorratung von einem statt bisher drei Ölen
- Mehr als 20 Jahre Praxisbewährung
- Beitrag zur Leistungssteigerung der Klimaanlage
- Keine negativen Auswirkungen auf Komponenten des Klimakreislaufs (gilt auch für Verwendung in Klimaservicestationen/ herstellerbelegt durch Sealed-Tube-Test nach Norm ASHRAE 97)
- Erhältlich ohne (PAO-Öl 68) oder mit Zusatz von Kontrastmittel (PAO-Öl 68 Plus UV)

Vorteile und Wirkung

PAO-Öl 68

- Die nicht-hygroskopische Eigenart bedeutet, dass das PAO-Öl in den Werkstätten einfach zu handhaben ist. Die benötigte Ölmenge kann auch aus großen Gebinden (z. B. 5 Liter) entnommen werden.
- Eine geringe Kältemittellöslichkeit im Öl bedeutet, dass das PAO-Öl nicht verdünnt wird und seine volle Viskosität im Klimakompressor behält.
- Ölfilm in den Komponenten führt zu verbesserter Abdichtung und verringerter Reibung zwischen beweglichen Teilen im Klimakompressor.
- Reduzierung von Betriebstemperatur und Verschleiß.
- Dadurch erhöhte Betriebssicherheit, Minderung von Geräuschen, geringere Laufzeiten und niedrigerer Energieverbrauch des Klimakompressors.



PAO-Öl 68 Plus UV

- Gleiche positive Eigenschaften wie PAO-Öl 68
- Zusätzlich Beimischung eines fluoreszierenden Kontrastmittels zur UV-Lecksuche
- Geringe Volumenprozent-Konzentration des Kontrastmittels mit folgenden Vorteilen: Erhaltung der positiven Öl-Eigenschaften und Vermeidung negativer Auswirkungen auf Systembauteile oder Service-Geräte

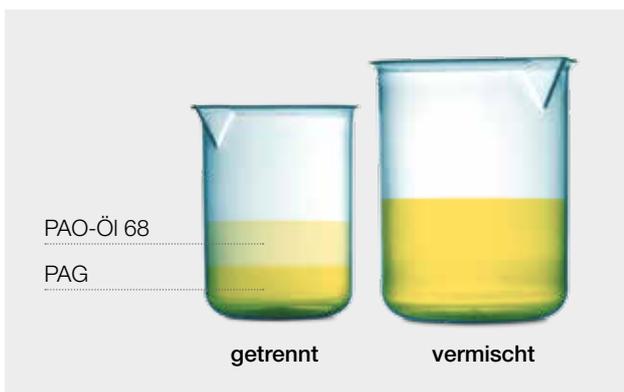
Weitere Details

Ist PAO-Öl 68 mit anderen Ölen verträglich?

- 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 Systemölmenge verwendet werden. Aufgrund der 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 auf der folgenden Seite).

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 anhand des sogenannten Sealed-Tube-Tests entsprechend der Norm ASHRAE 97 getestet. Bei diesem Test wird das Zusammenspiel zwischen dem Kältemittel, dem Kältemittel-Öl, den verschiedenen O-Ring-Materialien und den Metallen, die in einer Klimaanlage verwendet werden, bewertet.
- Alle Tests wiesen ein positives Ergebnis auf, sodass negative Auswirkungen auf Komponenten der Fahrzeugklimaanlage oder der Klimageservicestation ausgeschlossen werden können. Somit kann PAO-Öl 68 Plus UV sowohl direkt in ein Bauteil – z. B. den Klimakompressor – als auch über die Klimageservicestation in den Kältemittelkreislauf gefüllt 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 Lagerstabilität 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 Klimakompressors
- Einmalige Kombination aus hochraffiniertem, synthetischem Öl und speziellen, leistungssteigernden Additiven
- Sehr hoher Betriebsbereich (–68 °C bis +315 °C)
- Geringe Volumenprozent-Konzentration des hochaktiven Kontrastmittels im PAO-Öl 68 Plus UV, daher Schonung und Schutz der Systembauteile und Service-Geräte



Die klare Version des PAO-Öls 68 AA1 (ohne Lecksuchmittel) ist auch für die Verwendung mit R1234yf und für den Einsatz in elektrischen Klimakompressoren von Hybrid- und Elektrofahrzeugen freigegeben.

Klimakompressoröle im Vergleich

Öltyp	Einsatz	Bemerkung
PAG-Öle für Kältemittel R134a	<p>Es gibt unterschiedliche PAG-Öle für den Einsatz beim Kältemittel R134a mit verschiedenen Fließeigenschaften (Viskositäten).</p> <p>PAG-Öle sind hygroskopisch. Daher können angebrochene Dosen nicht lange aufbewahrt werden.</p>	Standard-PAG-Öle sind nicht geeignet für Kältemittel R1234yf und elektrisch angetriebene Klimakompressoren.
PAG-Öl YF für Kältemittel R1234yf und R134a	<p>Es gibt weiterhin unterschiedliche PAG-Öle für den Einsatz beim Kältemittel R1234yf mit verschiedenen Fließeigenschaften (Viskositäten).</p> <p>Das Besondere an diesen PAG-Ölen von MAHLE 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. Daher können angebrochene Dosen nicht lange aufbewahrt werden.</p>	PAG-Öl YF ist sowohl für Kältemittel R1234yf als auch für R134a geeignet.
PAG-Öl SP-A2 für Kältemittel R1234yf und R134a	Für die Verwendung in elektrischen Klimakompressoren, z. B. der Hersteller Sanden und Hanon.	
PAO-Öl 68 für Kältemittel R134a, teilweise für Kältemittel R1234yf und weitere 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 zwei verschiedenen PAO-Öle (AA1 und AA3), die MAHLE anbietet, sind zusammen mit vielen verschiedenen Kältemitteln einsetzbar (siehe Produktübersicht).</p>	PAO-Öl 68 AA1 Clear Version (ohne Lecksuchmittel) kann auch mit dem neuen Kältemittel R1234yf und in elektrisch betriebenen Klimakompressoren in Hybrid- und Elektrofahrzeugen verwendet werden.



Vom Öltyp zum Klimakompressortyp

MAHLE Artikelnummer/ bisherige Behr Hella Service Artikelnummer	Produkt	Visko- sitäts- klasse	Inhalt	Verwendbar für Kälte- mittel	Verwendbar für	Verwendbar für Klimakompres- sortyp
PAG-Öl						
ACPL 1 000P 8FX 351 213-031	PAG-Öl	ISO 46	240 ml	R134a	Fahrzeugklimaanlagen in Fahrzeugen mit herkömmlichem Benzin- oder Dieselmotor (Pkw, Nkw, Land- und Baumaschinen)	Alle Kompressortypen außer elektrisch betriebene Kompressoren
ACPL 2 000P 8FX 351 213-041	PAG-Öl	ISO 150	240 ml	R134a	Fahrzeugklimaanlagen in Fahrzeugen mit herkömmlichem Benzin- oder Dieselmotor (Pkw, Nkw, Land- und Baumaschinen)	Alle Kompressortypen außer elektrisch betriebene Kompressoren
ACPL 3 000P 8FX 351 213-051	PAG-Öl	ISO 100	240 ml	R134a	Fahrzeugklimaanlagen in Fahrzeugen mit herkömmlichem Benzin- oder Dieselmotor (Pkw, Nkw, Land- und Baumaschinen)	Alle Kompressortypen außer elektrisch betriebene Kompressoren
PAG-Öl YF						
ACPL 7 000P 8FX 351 213-121	PAG-Öl YF	ISO 46	240 ml	R1234yf, R134a	Fahrzeugklimaanlagen in Fahrzeugen mit herkömmlichem Benzin- oder Dieselmotor (Pkw, Nkw, Land- und Baumaschinen)	Alle Kompressortypen außer elektrisch betriebene Kompressoren
ACPL 8 000P 8FX 351 213-131	PAG-Öl YF	ISO 100	240 ml	R1234yf, R134a	Fahrzeugklimaanlagen in Fahrzeugen mit herkömmlichem Benzin- oder Dieselmotor (Pkw, Nkw, Land- und Baumaschinen)	Alle Kompressortypen außer elektrisch betriebene Kompressoren
PAG-Öl SP-A2						
ACPL 9 000P 8FX 351 213-141	PAG-Öl SP-A2	ISO 46	250 ml	R1234yf, R134a	Fahrzeugklimaanlagen in Hybrid- und Elektrofahrzeugen	Elektrisch betriebene Kompressoren, z. B. der Hersteller Sanden, Hanon

MAHLE Artikelnummer/ bisherige Behr Hella Service Artikelnummer	Produkt	Visko- sitäts- klasse	Inhalt	Verwendbar für Kälte- mittel	Verwendbar für	Verwendbar für Klimakompres- sortyp
PAO 68 AA1 – Clear Version (ohne Lecksuchmittel)						
ACPL 10 000P 8FX 351 214-021	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	1 l	R1234yf, R134a, R413a,	Fahrzeugklimaanlagen in Fahrzeugen mit her- kömmlichem Benzin- oder Dieselmotor (Pkw, Nkw, Land- und Baumaschinen)	Alle Kompressorty- pen (auch elektrisch betriebene Kom- pressoren) außer Flügelzellen- Kompressoren
ACPL 11 000P 8FX 351 214-031	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	500 ml	R22, R12, R507a, R500,	Fahrzeugklimaanlagen in Hybrid- und Elektrofahr- zeugen	Flügelzellen- Kompressoren
ACPL 14 000P 8FX 351 214-101	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	5 l	R502 R513a	Klimaanlagen in Kühltrans- portern	
PAO 68 AA1 – Plus UV						
ACPL 15 000P 8FX 351 214-201	PAO AA1 Plus UV	ISO 68	500 ml	R134a, R413a,	Fahrzeugklimaanlagen in Fahrzeugen mit herkömm- lichem Benzin- oder Die- selmotor (Pkw, Nkw, Land- und Baumaschinen)	Alle Kompressor- typen außer Flügelzellen- Kompressoren
ACPL 16 000P 8FX 351 214-211	PAO AA1 Plus UV	ISO 68	1 l	R22, R12, R507a,	Klimaanlagen in Kühltrans- portern	
ACPL 17 000P 8FX 351 214-221	PAO AA1 Plus UV	ISO 68	5 l	R500, R502		
PAO 68 AA3 – Clear Version (ohne Lecksuchmittel)						
ACPL 13 000P 8FX 351 214-081	PAO AA3 Clear Version	ISO 100	1 l	R1234y, R134a, R413a R513a	Fahrzeugklimaanlagen in Fahrzeugen mit herkömm- lichem Benzin- oder Die- selmotor (Pkw, Nkw, Land- und Baumaschinen)	Speziell für Flügelzellen- Kompressoren
PAO 68 AA3 – Plus UV						
ACPL 18 000P 8FX 351 214-281	PAO AA3 Plus UV	ISO 100	1 l	R134a, R413a	Fahrzeugklimaanlagen in Fahrzeugen mit herkömm- lichem Benzin- oder Die- selmotor (Pkw, Nkw, Land- und Baumaschinen)	Speziell für Flügelzellen- Kompressoren

Produktübersicht

Produkt	Verwendung	Klimakom- pressortyp	Kältemittel	Viskositätsklasse	Inhalt	MAHLE Artikelnummer/ bisherige Behr Hella Service Artikelnummer
PAG-Öl	Fahrzeugklimaanlagen*	Alle Typen**	R134a	PAG I (ISO 46)	240 ml	ACPL 1 000P 8FX 351 213-031
	Fahrzeugklimaanlagen*	Alle Typen**	R134a	PAG II (ISO 100)	240 ml	ACPL 3 000P 8FX 351 213-051
	Fahrzeugklimaanlagen*	Alle Typen**	R134a	PAG III (ISO 150)	240 ml	ACPL 2 000P 8FX 351 213-041
PAG-Öl YF	Fahrzeugklimaanlagen*	Alle Typen**	R1234yf, R134a	PAG I (ISO 46)	240 ml	ACPL 7 000P 8FX 351 213-121
	Fahrzeugklimaanlagen*	Alle Typen**	R1234yf, R134a	PAG II (ISO 100)	240 ml	ACPL 8 000P 8FX 351 213-131
PAG-Öl SP-A2	Fahrzeugklimaanlagen in Hybrid- und Elektrofahrzeugen	Elektrische Kompressoren	R1234yf, R134a	PAG (ISO 46)	250 ml	ACPL 9 000P 8FX 351 213-141
PAO-Öl 68	Fahrzeugklimaanlagen*	Alle Typen (außer Flügel- zellen)	R1234yf, R134a, R413a, R22, R513a			
	Fahrzeugklimaanlagen in Hybrid- und Elektrofahrzeugen	Elektrische Kompressoren	R1234yf, R134a R513a	AA1 (ISO 68)	500 ml	ACPL 11 000P 8FX 351 214-031
	Kühltransporter (Frischdienstfahrzeuge)	Hubkolben- Kompressoren**	R1234yf, R134a, R507a, R500, R513a	AA1 (ISO 68)	1,0 l	ACPL 10 000P 8FX 351 214-021
	Kühltransporter (Tiefkühlfahrzeuge)	Hubkolben- Kompressoren**	R507a, R502, R513a, R22	AA1 (ISO 68)	5,0 l	ACPL 14 000P 8FX 351 214-101
	Fahrzeugklimaanlagen*	Flügelzellen- Kompressoren**	R134a, R413a, R513a	AA3 (ISO 100)	1,0 l	ACPL 13 000P 8FX 351 214-081
PAO-Öl 68 Plus UV	Fahrzeugklimaanlagen*	Alle Typen** (außer Flügel- zellen)	R134a, R413a, R22	AA1 (ISO 68)	500 ml	ACPL 15 000P 8FX 351 214-201
	Kühltransporter (Frischdienstfahrzeuge)	Hubkolben- Kompressoren**	R134a, R507a, R500	AA1 (ISO 68)	1,0 l	ACPL 16 000P 8FX 351 214-211
	Kühltransporter (Tiefkühlfahrzeuge)	Hubkolben- Kompressoren**	R507a, R502, R22	AA1 (ISO 68)	5,0 l	ACPL 17 000P 8FX 351 214-221
	Fahrzeugklimaanlagen*	Flügelzellen- Kompressoren**	R134a, R413a	AA3 (ISO 100)	1,0 l	ACPL 18 000P 8FX 351 214-281

* Pkw, Nkw, Landmaschinen und Baumaschinen

** Außer für elektrische Klimakompressoren



Werkstattausstattung von MAHLE Service Solutions

Rund um das Thema Fahrzeugklimatisierung haben Sie neben MAHLE Aftermarket mit MAHLE Service Solutions einen weiteren starken Partner an Ihrer Seite.





Auf den folgenden Seiten finden Sie einen Auszug an Ausrüstung und Zubehör für Arbeiten rund um die Klimaanlage.

ArcticPRO® ACX HFC R134a

ACX 310

Beschreibung	Artikelnummer
Klimaservicegerät ACX 310	1010350478XX



ACX 320

Beschreibung	Artikelnummer
Klimaservicegeräte der neuen Generation für R134a Systeme, konvertierbar auf R1234yf- oder R513a Systeme, Wifi-Verbindung, Onetouch-Geräteöffnungssystem, ASA-Netzwerkanschluss	1010350379XX



ArcticPRO® ACX HFC R134a

ACX 350

Beschreibung	Artikelnummer
Klimaservicegeräte der neuen Generation für R134a-Systeme, konvertierbar auf R1234yf- oder R513a-Systeme, Wifi-Verbindung, Onetouch-Geräteöffnungssystem, ASA-Netzwerkanschluss, Anschluss an Diagnose (optional)	1010350381XX



ACX 380

Beschreibung	Artikelnummer
Klimaservicegeräte der neuen Generation für R134a-Systeme, konvertierbar auf R1234yf- oder R513a-Systeme, Wifi-Verbindung, Onetouch-Geräteöffnungssystem, ASA-Netzwerkanschluss, Anschluss an Diagnose (optional), Fernbedienungs-APP	1010350383XX



ArcticPRO® ACX HFO R1234yf

ACX 410

Beschreibung	Artikelnummer
Klimaservicegerät ACX 410	1010350479XX



ArcticPRO® ACX HFO R1234y

ACX 420

Beschreibung	Artikelnummer
Klimaservicegeräte der neuen Generation für R1234yf-Systeme, Wifi-Verbindung, Onetouch-Geräteöffnungssystem, ASA-Netzwerkanschluss	1010350380XX



ACX 450

Beschreibung	Artikelnummer
Klimaservicegeräte der neuen Generation für R1234yf-Systeme, Wifi-Verbindung, Onetouch-Geräteöffnungssystem, ASA-Netzwerkanschluss, Anschluss an Diagnose (optional)	1010350382XX



ACX 480

Beschreibung	Artikelnummer
Klimaservicegeräte der neuen Generation für R1234yf-Systeme, Wifi-Verbindung, Onetouch-Geräteöffnungssystem, ASA-Netzwerkanschluss, Anschluss an Diagnose (optional), Fernbedienungs-APP	1010350384XX



ArcticPRO® ACX Zubehör

Kältemittelanalyse Klimaservicegeräte ab Baujahr 2018

Beschreibung	Artikelnummer
R134a/R1234yf Kältemittelanalysegerät	1010350393XX



Kältemittelanalyse Klimaservicegeräte ab Baujahr 2017

Beschreibung	Artikelnummer
R134a/R1234yf Kältemittelanalyse für ACX Produkte	1010350394XX



R.O.U. – Kältemittel-Absauggerät R134a/R1234yf

Beschreibung	Artikelnummer
Patentiertes System zum sicheren Abführen von kontaminiertem Kältemittel, funktioniert nur in Verbindung mit einem MAHLE Klimaservicegerät	1010350326XX



Umrüstungs-Kit R134a auf R1234yf für Klimageräte ab Baujahr 2018

Beschreibung	Artikelnummer
Umrüstungs-Kit R134a auf R1234yf	1010350397XX

Umrüstungs-Kit R134a auf R513a für Klimageräte ab Baujahr 2018

Beschreibung	Artikelnummer
Umrüstungs-Kit R134a auf R513a	1010350398XX

Gerätehülle für Klimageräte ab Baujahr 2018

Beschreibung	Artikelnummer
ACX-Abdeckung	1010350400XX

Druckeraufrüstung für Klimageservicegeräte ab Baujahr 2018

Beschreibung	Artikelnummer
Drucker-Kit für ACX-Produkte	1010350396XX

Druckeraufrüstung für Klimageservicegeräte ab Baujahr 2017

Beschreibung	Artikelnummer
Drucker-Kit für ACX bis Baujahr 2017	1010350299XX

Schlauchverlängerung

Beschreibung	Artikelnummer
Füllschlauchverlängerungs-Kit 3 m inkl. Adapter	1010350303XX

Service-Kit ACX

Beschreibung	Artikelnummer
Service-Kit für die Wartung und Kalibrierung Klimageservicegeräte (inkl. Koffer)	1010350298XX

Eingabestift für Touchscreen Klimageservicegeräte

Beschreibung	Artikelnummer
Eingabestift für Touchscreen Klimageservicegeräte etc.	1010350403XX

ArcticPRO® ACX Zubehör

Kontrastmittel – 250 ml

Beschreibung	Artikelnummer
250 ml Abgabe Verpackungseinheit 1 Stück	1010350041XX

**Kontrastmittel Hybrid – 250 ml**

Beschreibung	Artikelnummer
250 ml Abgabe Verpackungseinheit 1 Stück	1010350281XX

**Kontrastmittel R134a mit Dosiervorrichtung – 7,5 ml + Schlauch**

Beschreibung	Artikelnummer
Mindestmenge pro Bestellung: 6 Stück Fluoreszierender Farbstoff für Hybrid + Schlauch	1010350285XX

**Kontrastmittel HFO R1234yf – 250 ml**

Beschreibung	Artikelnummer
Mindestmenge pro Bestellung: 1 Stück Fluoreszierender Farbstoff für HFO R1234yf	1010350282XX



ArcticPRO® ACX Zubehör

Kontrastmittel R1234yf mit Dosiervorrichtung – 7,5 ml + Schlauch

Beschreibung	Artikelnummer
Mindestmenge pro Bestellung: 6 Stück Fluoreszierender Farbstoff für R1234yf-System + Schlauch	1010350286XX



Kontrastmittelfernter – 250 ml

Beschreibung	Artikelnummer
Mindestmenge pro Bestellung: 1 Stück Universalfertiger	1010350287XX



Ventileinsätze-Kit

Beschreibung	Artikelnummer
Ventileinsätze-Kit	1010350280XX



Desinfektionsspray für Klimaanlage – 400 ml

Beschreibung	Artikelnummer
Mindestmenge pro Bestellung: 4 Stück Hygienespray für Auto-Klimaanlagen	1010350046XX



ArcticPRO® ACX Zubehör

Desinfektionsspray Fahrzeuginnenraum – 200 ml

Beschreibung	Artikelnummer
Mindestmenge pro Bestellung: 6 Stück Hygienespray für Fahrzeuginnenräume	1010350047XX



Kondensatorreiniger – 400 ml

Beschreibung	Artikelnummer
Mindestmenge pro Bestellung: 4 Stück Spezieller, entfettender Reiniger für den Kondensator	1010350048XX



Expert-Kit

Beschreibung	Artikelnummer
2x PAG ISO 46, 2x PAG ISO 100, 1x PAG ISO 150 1x Kontrastmittel, 2x Innenraumreiniger, 1x POE ISO 80 Hybrid, 1x PAG ISO 46 HFO 1234yf, 6x Kontrastmittel Hybrid in Dosiereinheit 7,5 ml, 6x Kontrastmittel HFO 1234yf in Dosiereinheit 7,5 ml, 1x Ventil, 1x Kontrastmittel-Entferner	1010350289XX



Lecksuch-Kit Stickstoff

Beschreibung	Artikelnummer
Umrüstbar auf R1234yf Basisausstattung für die Verwendung Lecksuche-Kit	1010350130XX



ArcticPRO® ACX Zubehör

UV-Kit

Beschreibung	Artikelnummer
UV-Kit Clima	1010350033XX



Lecksuch-Kit Stickstoff/Wasserstoff

Beschreibung:	Artikelnummer
Achtung: nur in Kombination mit Stickstoff-Kit (31144A) verwendbar	1010350288XX



Lecksuche Stickstoff/Wasserstoff

Beschreibung	Artikelnummer
Achtung: Standalone verwendbar	1010350309XX



Stickstoff-/Wasserstoff-Nachfüllpatrone

Beschreibung	Artikelnummer
6 Flaschen	1010350296XX



ArcticPRO® ACX Zubehör

Umrüstungs-Kit für Lecksuch-Kit Stickstoff/Wasserstoff

Beschreibung	Artikelnummer
Umrüst-Kit R134a auf R1234y	1010350262XX



Spülungs-Kit R134a / R1234yf M Series

Beschreibung	Artikelnummer
Für Kältemittel R134a	1010350053XX



Hybrid-Kit

Beschreibung	Artikelnummer
Für R134a und R1234yf, Adapter enthalten	1010350401XX



Hybrid-Kit ACX (PAG > POE)

Beschreibung	Artikelnummer
Hybrid-Kit für R134a/R1234yf	1010350302XX



ArcticPRO® ACX Zubehör

Vakuumpumpenöl – 500 ml

Beschreibung	Artikelnummer
Abgabe nur im 2er Pack	1010350037XX



Filter Spül-Kit Baujahr 2018

Beschreibung	Artikelnummer
Filter Spül-Kit	1010350402XX



Filter-Trockner für ACX bis Baujahr 2017

Beschreibung	Artikelnummer
Filter-Trockner für ACX bis – Baujahr 2017	1010350420XX



MAHLE Aftermarket GmbH
Pragstraße 26 - 46
70376 Stuttgart
Telefon: +49 711 501-0

www.mahle-aftermarket.com
www.mpulse.mahle.com