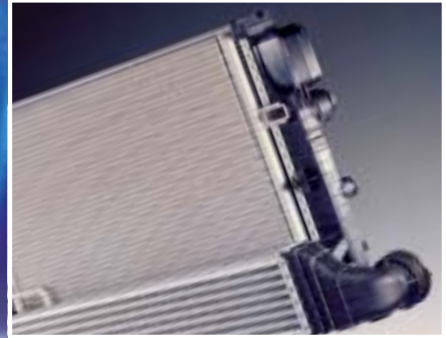




Fahrzeugkühlung -

Kompaktes Wissen für

die Werkstatt!





Was ist Thermo Management?

Thermo Management umfasst die optimale Motortemperatur in allen Betriebszuständen sowie das Heizen und Kühlen des Fahrzeuginnenraumes. Ein modernes Thermo Management 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 Kühlsysteme mit ihrem technischen Hintergrund vor. In diesem Zusammenhang gehen wir auch auf Funktionsweise, Ausfallursachen, Besonderheiten und Diagnosemöglichkeiten ein.

Kapitel	Inhalt	Seite
1	Moderne Kühlsysteme	4
1.1	Integriertes System – PKW	4
1.2	Integriertes System – NKW	5
1.3	Aufbau eines modernen Kühlmoduls	6
2	Kühlung – ein Blick zurück	7
2.1	Motorkühlung mit Wasser	7
2.2	Heutiger Stand	8
3	Kühlungs-Systeme	9
3.1	Das Motorkühlungssystem	9
3.2	Kühlmittel-Kühler	9
3.2.1	Typischer Aufbau	10
3.2.2	Bauformen	10
3.2.3	Ganz-Aluminium Kühler	11
3.3	Ausgleichsbehälter (Ausdehnungsgefäß)	12
3.3.1	Funktion	13
3.4	Thermostat	13
3.4.1	Funktion	14
3.5	Kühlmittelpumpen	14
3.6	Wärmetauscher	15
4	Motorlüfter	16
4.1	Viscolüfter	16
5	Andere Kühlungs-Systeme	18
5.1	Ölkühlung – Motor und Getriebe	18
5.2	Lenkhilfekühlung	18
5.3	Kraftstoffkühlung	18
5.4	Ladeluftkühlung	19
5.4.1	Grundlagen	20
5.4.2	Anforderungen	20
5.4.3	Direkt	21
5.4.4	Indirekt	22
5.4.5	Temperierung der Motor-Prozessluft	22
5.4.6	Modernes Design für hohe Ansprüche	23
5.5	EURO 5 und seine Bedeutung	24
5.5.1	Funktionsprinzip des Ansaugluft-Temperatur-Managements (ATM)	25
5.5.2	Senkung der Emissionen	25
5.5.3	Regeneration des Partikelfilters	25
5.5.4	Energie-Einsparung	25
5.5.5	Subsysteme des Ansaugluft-Temperatur-Managements	25
6	PTC-Zuheizer	27
6.1	Aufbau und Funktionsweise	27
6.2	Leistung und Spontaneität	28
6.3	Betriebssicherheit	28
6.4	Ansteuerung	29
6.5	Neuentwicklung	29

7	Diagnose, Wartung und Reparatur	30
7.1	Kühlmittel, Frostschutz und Korrosionsschutz	30
7.2	Kühler-Wartung	30
7.3	Spülen des Kühlsystems	31
7.4	Entlüftung des Systems bei Befüllung	31
7.5	Typische Schäden	32
7.5.1	Kühler	32
7.5.2	Wärmetauscher	32
7.6	Kühlsystemprüfung und Diagnose	33
7.6.1	Motor überhitzt	33
7.6.2	Motor wird nicht warm	33
7.6.3	Heizung wird nicht ausreichend warm	33
8	Elektronisch geregelte Kühlung (Beispiel VW 1,6l APF Motor)	34
8.1	Das Kühlmittel-Temperaturniveau	34
8.2	Elektronisch geregelte Kühlsystem-Übersicht	34
8.3	Kühlmittel Verteilergehäuse	35
8.4	Kühlmittel-Regeleinheit	36
8.5	Langer und kurzer Kühlmittelkreislauf	36
8.6	Elektronische Steuerung – Übersicht	37
8.7	Regulierung der Kühlmitteltemperatur bei Heizungswunsch	38
8.8	Kennfeld - Sollwerte	38
8.9	Kühlmittel-Temperatursensor	39
8.10	Kennfeldgesteuertes Thermostat	40
8.11	Zusammenfassung	40
9	Technische Werkstatt Kurz-Informationen	41
9.1	Ausgleichsbehälter	41
9.2	Kühlmittel-Kühler	42
9.3	Ladeluftkühler	43
9.4	Ölkühler	44
9.5	PTC-Zusatzheizung	45
9.6	Visco®-Kupplung	47
9.7	Visco®-Lüfter	49
9.8	Wärmetauscher	50

Haftungsausschluss/Bildnachweis

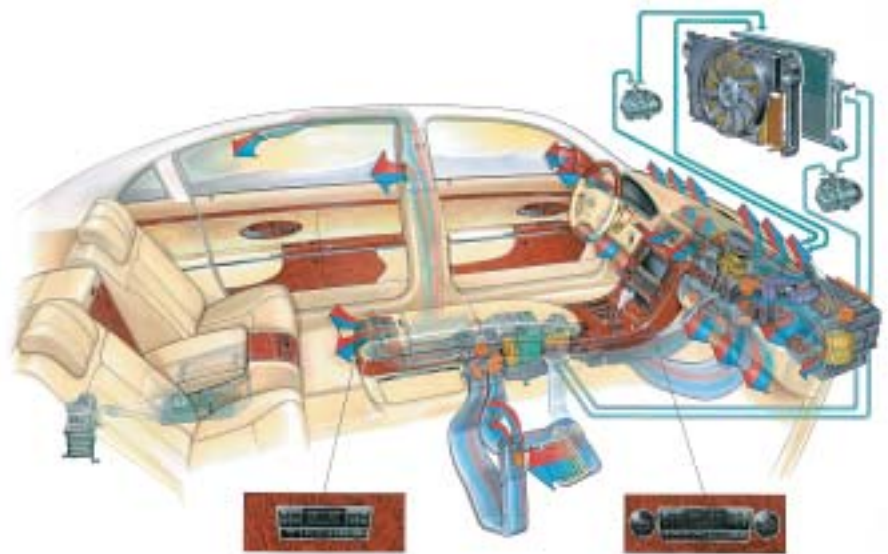
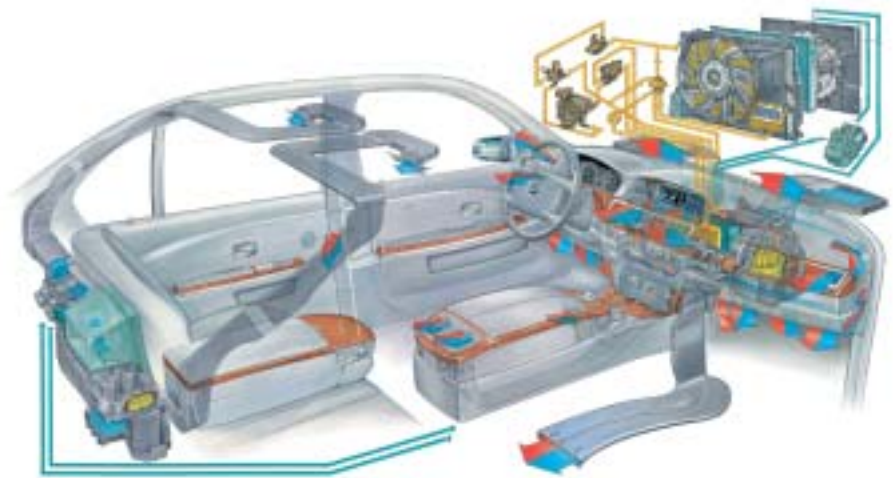
Die Informationen in dieser Unterlage sind von dem Herausgeber u.a. nach Automobilhersteller- und Importeurangaben zusammengestellt worden. Dabei ist mit großer Sorgfalt vorgegangen worden, um die Richtigkeit der Angaben zu gewährleisten. Der Herausgeber übernimmt jedoch für eventuelle Irrtümer und sich daraus ergebende Folgen keine Haftung. Dies gilt für die Verwendung von Daten und Informationen, die sich als falsch erweisen oder falsch dargestellt wurden oder Fehler, die versehentlich bei der Zusammenstellung der Daten entstanden sind. Ohne Einschränkung des zuvor genannten, übernimmt der Herausgeber keine Haftung für jeglichen Verlust hinsichtlich des Gewinns, Firmenwertes oder jedweden anderen sich daraus ergebenden, auch wirtschaftlichen, Verlust.

Der Herausgeber übernimmt keine Haftung für Schäden oder Betriebsstörungen, die sich aus der Nichtbeachtung der Schulungsunterlage und der besonderen Sicherheitshinweise ergeben. Die in diesem Booklet gezeigten Bilder stammen zum großen Teil von der Firma Behr GmbH & Co. KG.

1. Moderne Kühlsysteme

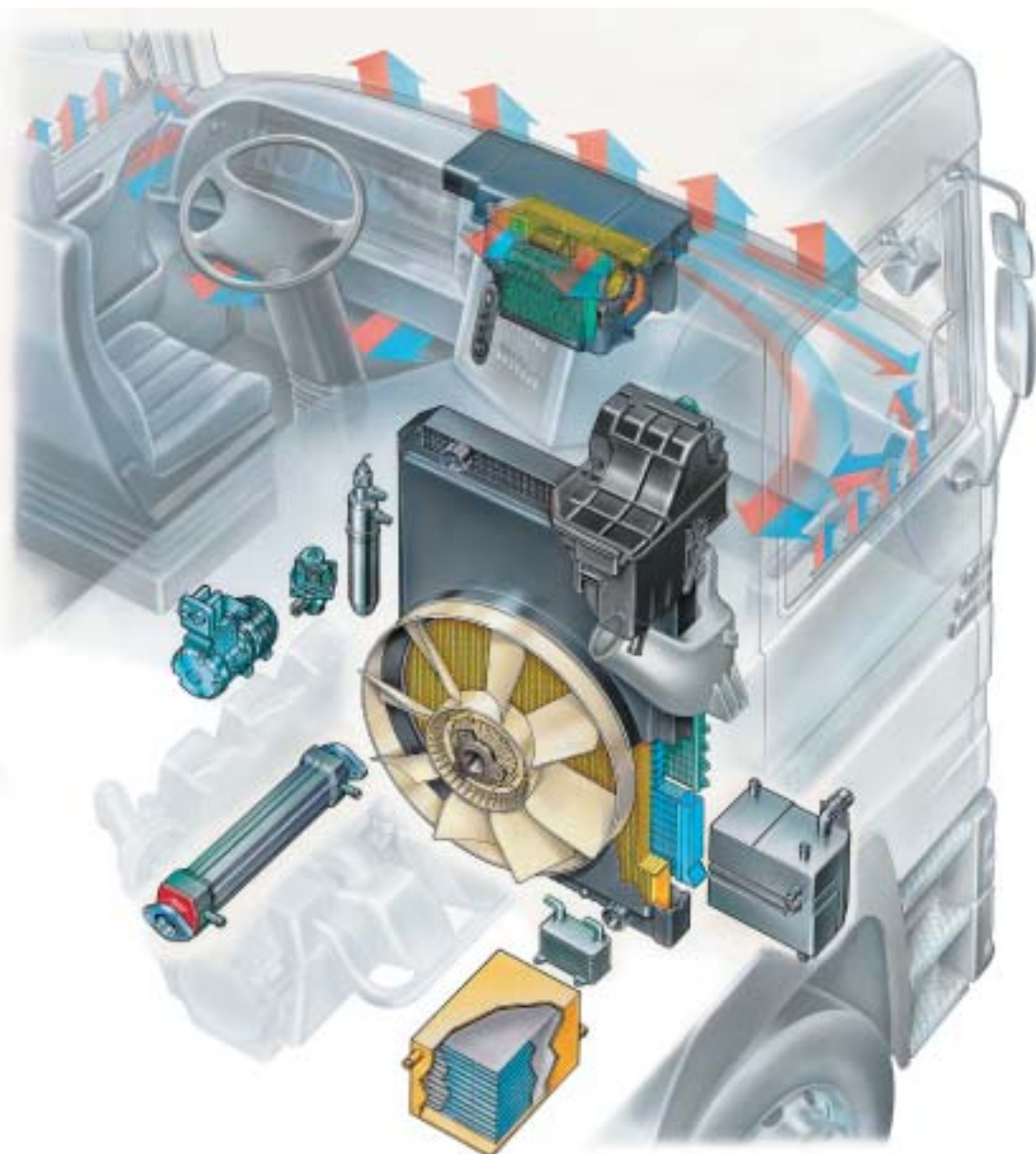
1.1 Integriertes System – PKW

Alle Wärme, die ein Motor und seine abhängigen Systeme erzeugen, muss abgeleitet werden. Die Betriebstemperatur eines Motors darf heute nur eine kleine Toleranz haben, um den Betrieb und die Umgebungstemperatur (Motor und Innenraum) zu kontrollieren. Durch eine erhöhte Betriebstemperatur können die Abgaswerte beeinträchtigt werden. Dies kann zu einer fehlerhaften Motorsteuerung führen. Außerdem muss ein Kühlsystem bei Motorvarianten wie Direkteinspritzung, Diesel und Benzin, die wenig Wärme erzeugen, die Insassen des Fahrzeuges im Winter wärmen und im Sommer kühlen. Alle diese Faktoren sind bei der Entwicklung eines Thermo Management Systems zu berücksichtigen. Hinzu kommt noch die Anforderung höherer Leistung und Effizienz bei geringerem Bauraum.



1.2 Integriertes System – NKW

Ein typisches Beispiel des heutigen Stands von Thermo Management im NKW. Wir werden beide Bereiche, PKW und NKW, innerhalb dieser Information vorstellen.



2. Kühlung - ein Blick zurück



2.1 Motorkühlung mit Wasser

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

Schwachpunkte:

- lange Warmlaufzeit
- niedrige Motortemperatur während der kalten Jahreszeit

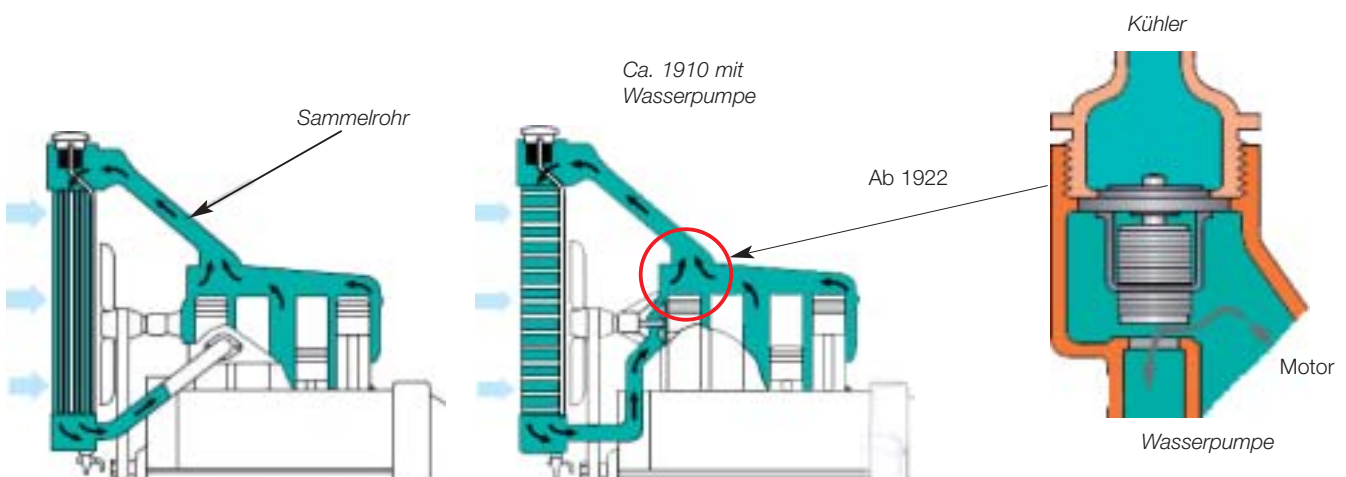
In der weiteren Motorenentwicklung kommt ein Kühlwasserregler = Thermostat zum Einsatz.

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

Wir sprechen hier schon von einer thermostatgeregelten Kühlung mit den

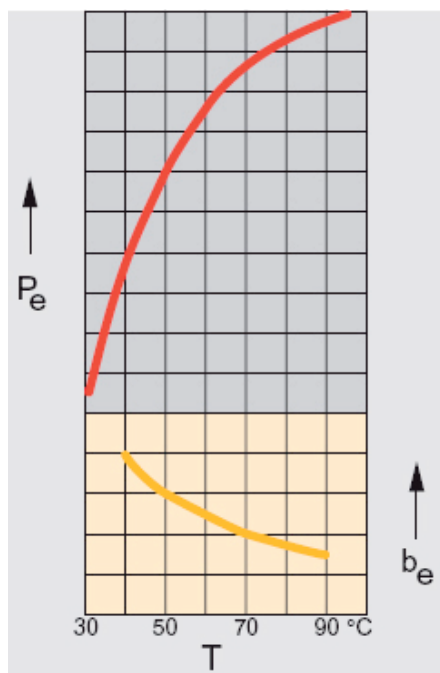
Funktionen:

- kurze Warmlaufzeit
- Betriebstemperatur konstant halten



2. Kühlung - ein Blick zurück

2.2 Heutiger Stand



P_e = Leistung
 b_e = Kraftstoffverbrauch
 T = Motortemperatur

Eine entscheidende Verbesserung brachte das Thermostat und der dadurch möglich gewordene „kurzgeschlossene“ Kühlmittelkreislauf. Solange die gewünschte Betriebstemperatur des Motors nicht erreicht ist, läuft das Wasser nicht über den Kühler, sondern auf kurzem Wege wieder in den Motor zurück. Diese Regelung ist bei allen Systemen bis heute geblieben.

Welchen Einfluss die Motortemperatur auf Leistung und Kraftstoffverbrauch hat, zeigt nebenstehende Grafik.

Die richtige Betriebstemperatur des Motors hat aber heute nicht nur für Leistung und Verbrauch, sondern auch für einen niedrigen Schadstoffausstoß Bedeutung.

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

3 Kühlungs-Systeme

3.1 Das Motorkühlungs-system

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

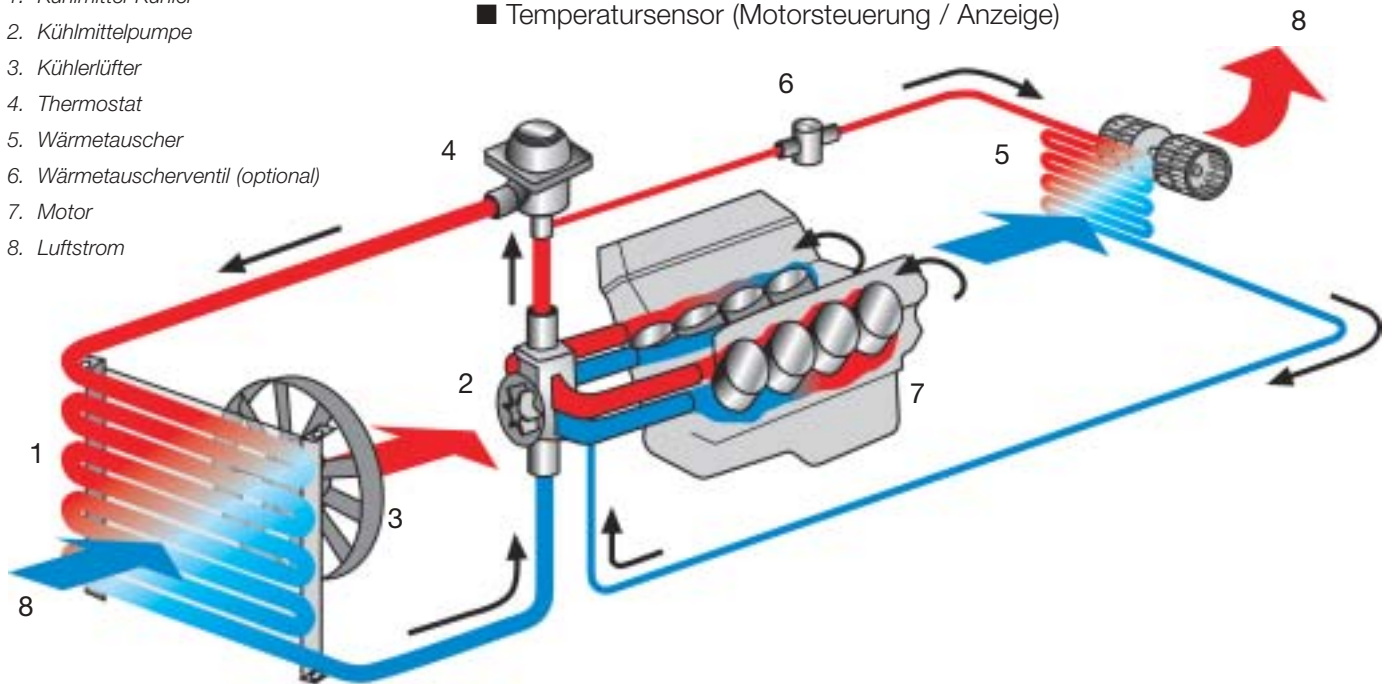
Die Anforderung an das Kühlsystem sind:

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

Die Basis aller Motorkühlungssysteme besteht aus den folgenden Komponenten:

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

1. Kühlmittel-Kühler
2. Kühlmittelpumpe
3. Kühlerlüfter
4. Thermostat
5. Wärmetauscher
6. Wärmetauscherventil (optional)
7. Motor
8. Luftstrom



3.2 Kühlmittel-Kühler



Ab 1905 beginnt die Kühlung des Motors, die damalige Verbrennungstemperatur im Motor lag bei ca. 600-800°C. Stahlkühler wurden um die Jahrhundertwende bis ca.1938 verwendet, danach kamen Buntmetallkühler (Kupfer/Messing). Nachteil: hohes Gewicht und begrenzte Vorräte, dadurch hoher Materialpreis.

Anforderungen an den Kühler:

- hohe Leistungsdichte
- ausreichende Festigkeit
- dauerhafte Korrosionsbeständigkeit
- niedrige Herstellkosten
- umweltverträgliche Herstellung



Ausführung

- Wasserkasten aus GFK = Glasfaserverstärkter Kunststoff
- Zunehmend aus Aluminium

Aufgabe

- Das Kühlmittel im Motorkreislauf kühlen

Vorteile

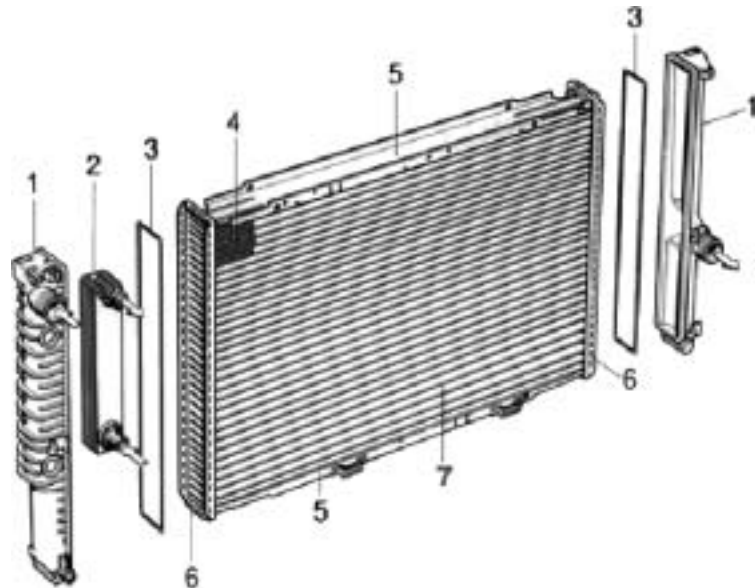
- Passgenauer Einbau zur einfachen Montage
- Optimaler Wirkungsgrad
- Abgestimmt auf Kundenspezifikationen (OEM)

3.2.1 Typischer Aufbau

Beim Kühlmittelkühler kann der Ölkühler auch eine separate Komponente sein. Die einzelnen Teile werden zusammengebaut. Dadurch erhält der Kühlmittelkühler seine Form.

Die Kühlung findet über die Kühlrippen (Netz) statt, die durchströmende Luft entnimmt Wärme aus dem Kühlmittel. Die Strömung des Kühlmittels verläuft von oben nach unten, genannt Fallstrom, oder mit einem Querstrom (von rechts nach links oder umgekehrt). Beide Varianten müssen genügend Zeit und einen ausreichenden Querschnitt haben, damit die Luft eine effektive Kühlung des Kühlmittels erzeugt.

1. Wasserkasten
2. Ölkühler
3. Dichtungen
4. Kühlrippen (Netz)
5. Seitenbleche
6. Boden
7. Kühlrohr

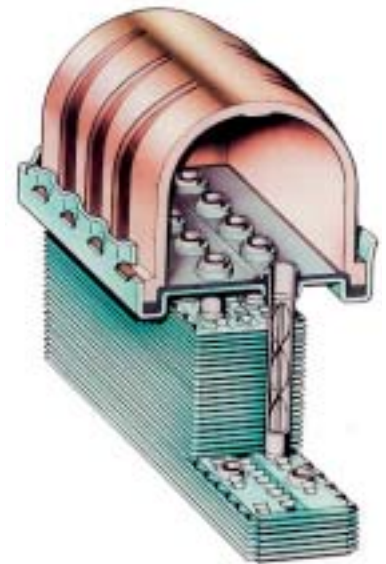


3.2.2 Bauformen

Es gibt zwei typische Bauformen, gelötet und mechanisch gefügt. Beide Arten werden bei Fallstromkühlern angewendet. Die ersten Kühler waren mit Messingwasserkasten, später mit Kunststoffwasserkasten ausgestattet. Querstromkühler sind 40% kleiner als Fallstromkühler und werden in den jetzigen PKWs benutzt, wo eine flachere Bauart benötigt wird. Der Wasserkasten wird mit einer von Behr entwickelten Wellenschlitzbördelung befestigt und versiegelt. Eine andere Befestigungsart ist die Lappenbördelung. Fallstromkühler werden in höheren PKWs (Geländewagen usw.) oder NKWs eingesetzt.



Gelötet



Mechanisch gefügt

3.2.3 Ganz-Aluminium Kühler

Wie hier zu sehen ist, ist bei der Ganz-Aluminiumkühler-Bauart die Netztiefe wesentlich reduziert. Diese Bauart hilft die Gesamttiefe des Kühlmoduls gering zu halten, z.B. ist der Ganz-Aluminiumkühler des Audi A8, 11% leichter und hat eine 20 mm geringere Bautiefe.

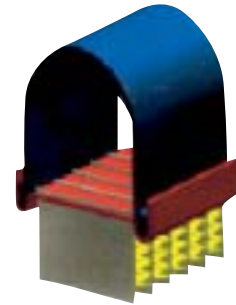
Diese Bauart hat folgenden Eigenschaften:

- Der obere Boden entfällt
- Netztiefe ist gleich Kühltiefe
- 5 – 10% Gewichtsreduzierung
- Höhere Betriebsfestigkeit
- Berstdruck 5 bar
- Als Ganzes recyclingfähig
- Transportschäden werden reduziert (Überlaufstutzen)
- Verschiedene Rohrarten können genutzt werden
- Rundrohr bei höherer Leistung mit Turbulenzeinlage
- Ovalrohr (bedeutet mehr Fläche zum Abkühlen)
- Flachrohr mechanische Fertigung Kassetierung (noch mehr Fläche und nur noch einreihig nötig)
- Flachrohr gelötet ohne Flussmittel (beste Abkühlung, Lamellen sitzen zu 100% an), aber kostenintensiv
- Spezielle Alulegierung wird verwendet (Netz)
- Temperatur 600-650°C danach Abkühlung auf ca. 130°C (Spannungen werden ausgeglichen)

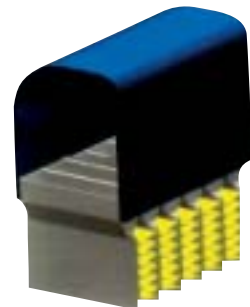


Dieser Vergleich zeigt den Unterschied zwischen einem Kühler mit GRP - Boden und einem Ganz-Aluminium Kühlmittel-Kühler. Deutlich zu sehen ist, dass die Gesamttiefe wesentlich reduziert ist. Dies erlaubt einen platz-sparenden Einbau innerhalb eines modernen Kühlungsmoduls.

Netztiefe 40mm
Gesamttiefe 63,4mm



Netztiefe 40mm
Gesamttiefe 40mm



3.3 Ausgleichsbehälter (Ausdehnungsgefäß)

Zur Vermeidung von örtlicher Überhitzung der Bauteile ist ein blasenfreier Kühlmittelkreislauf erforderlich.

Das Kühlmedium tritt mit großer Geschwindigkeit in den Behälter ein und mit niedriger Geschwindigkeit wieder aus (unterschiedliche Stutzen-durchmesser).

- Systemdrücke 1,7 bar
- Berstdruck 10 bar

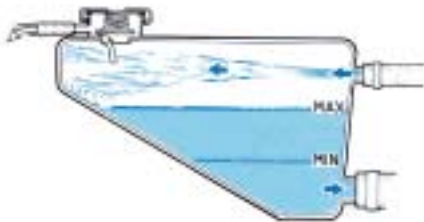




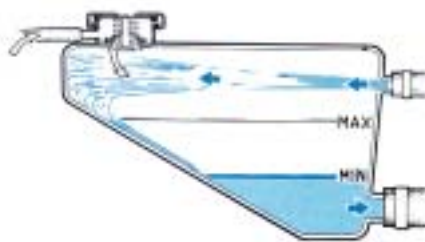
NKW-Ausgleichsbehälter haben im Vergleich 3 Kammern und eine große Wassermenge, z. B. 8 Liter Kühlmittel-Volumen.

Der Ausgleichsbehälter dient zur Aufnahme von expandiertem Kühlmittel aus dem Kühlmittelkreislauf. Der Druck wird durch ein Ventil abgebaut und dadurch der Systemdruck auf einen voreingestellten Wert gehalten.

3.3.1 Funktion



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



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

3.4 Thermostat



Thermostate kontrollieren die Temperatur des Kühlmittels und dadurch auch die Motortemperatur. Mechanische Thermostate haben sich über die Jahre nicht viel geändert und werden immer noch verbaut. Die Funktion erfolgt durch ein expandierendes Wachselement, das ein Ventil öffnet und das Kühlmittel zum Kühlen an dem Kühlmittelkühler zurückführt. Das Thermostat öffnet sich bei einer bestimmten Temperatur, die für das System vorgegeben und nicht zu ändern ist. Elektronisch gesteuerte Thermostate werden von der Motorsteuerung geregelt und öffnen je nach Betriebsverhältnis des Motors. Elektronisch ansteuerbare Temperaturregler tragen durch Verbesserung des mechanischen Motorwirkungsgrades zur Kraftstoffreduzierung und Verminderung von Schadstoffemissionen bei.

Wachselement



Elektronisch gesteuerte Wachselemente

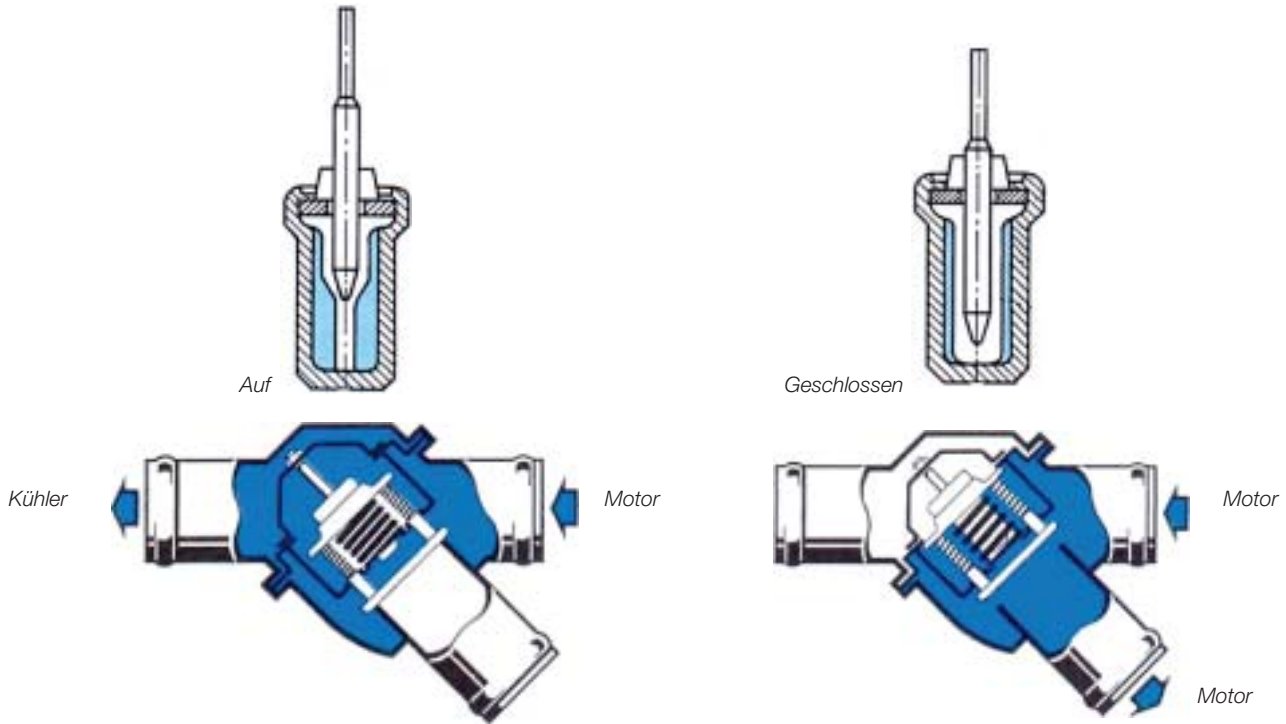
Vorteile:

- Reduzierung des Kraftstoffverbrauches um ca. 4%
- Reduzierung der Schadstoffemissionen
- Komfortverbesserung (durch Verbesserung der Heizleistung)
- Längere Motorlebensdauer
- Erhaltung der Strömungsverhältnisse und der thermodynamischen Bedingungen
- Bedarfsorientierte Temperaturregelung
- Höchste Temperaturänderungsgeschwindigkeit
- Geringste Bauvolumenzunahme (< 3%)

3.4.1 Funktion

Bei einer Erwärmung über 80°C schmilzt die Wachsfüllung. Durch die Volumenzunahme des Waxes verschiebt sich die Metalldose auf dem Arbeitskolben. Der Thermostat öffnet den Kühlerkreislauf und schließt gleichzeitig den Kurzschlusskreislauf.

Bei Temperaturabnahme unter 80°C erstarrt die Wachsfüllung. Eine Rückstellfeder drückt die Metalldose in die Ausgangsstellung zurück. Der Thermostat schließt den Zufluss zum Kühler. Das Kühlmittel fließt über die Kurzschlussleitung direkt zum Motor zurück.



3.5 Kühlmittelpumpen

Kühlmittelpumpen befördern das Kühlmittel durch den Kreislauf und bauen den Druck auf. Die Kühlmittelpumpen unterliegen auch technischen Neuerungen, allerdings sind noch viele PKW und LKW mit riemengetriebenen Kühlmittelpumpen im Markt. Die nächste Generation werden elektronisch gesteuerte Kühlmittelpumpen sein. Hier wird die Kühlmittelpumpe nach Bedarf angetrieben, ähnlich wie der Kompressor im Klimakreislauf. Dadurch wird eine optimale Betriebstemperatur erreicht.



3.6 Wärmetauscher



Der Wärmetauscher liefert Wärme, die mit dem Luftstrom des Gebläses in den Fahrzeuginnenraum befördert wird. Wenn eine Klimaanlage vorhanden ist, was heute meistens der Fall ist, wird eine Mischung aus kalter und warmer Luft von der Klimasteuerung erzeugt. Hier kommen alle 3 Faktoren zusammen, Wärme, Kälte und die entsprechende Steuerung = Klimatisierung des Fahrzeuginnenraums.

Eigenschaften:

- Voll recyclingfähig
- Sicherstellung der gewünschten Innenraumtemperatur
- Gelötete Wärmetauscher in Ganz-Aluminium-Bauweise
- Geringerer Platzbedarf im Fahrzeuginnenraum
- Hohe Heizleistung
- Endböden gelötet und nicht geklammert
- Sind im Heizungskasten verbaut
- Bauart – mechanisch gefügt
- Rohr Rippen System
- Mit Turbulenzeinlagen, zur Verbesserung des Wärmeübergangs
- Kiemenfelder in den Rippen erhöhen die Leistungsfähigkeit
- Neuster Stand, wie beim Kühlmittelkühler – Ganz-Aluminium

Der Motorlüfter dient zur Beförderung der Umgebungsluft durch den Kühlmittelkühler und über den Motor. Er wird durch den Keilriemen angetrieben oder im Fall eines Elektrolüfters von einem Steuergerät geregelten Elektromotor.

Der Viscolüfter (Visco®) wird hauptsächlich im NKW-Bereich benutzt, ist aber auch im PKW-Bereich im Einsatz.

Der Motorlüfter gewährleistet das Durchströmen einer ausreichenden Luftmenge, um das Kühlmittel abzukühlen. Beim keilriemenangetriebenen Lüfter ist die Luftmenge abhängig von der Motordrehzahl. Er unterscheidet sich vom Kondensatorlüfter, indem er ständig angetrieben wird.

Der Viscolüfter wird über die Betriebstemperatur gesteuert.



4.1 Viscolüfter

Visco® ist ein Behr Produkt und ist auch ein registrierter Produktname.

Funktionsweise:

Einschaltpunkt voll bei ca. 80°C. Mit Siliconöl als Triebmittel befüllt (30 bis 50 ml), durch Bimetall eingeschaltet und über den Druckstift betätigt.

Historie:

Starr (permanent angetrieben) erfordert er eine hohe Energie (PS), ist laut, bei gleichzeitig hohem Verbrauch. Dagegen sind elektrische Lüfter (PKW) günstiger im Verbrauch, geräuscharm und haben einen geringeren Energiebedarf. Die Entwicklungsziele waren niedriger Verbrauch und weniger Geräusche, z.B. Lärmreduzierung durch Mantellüfter.



Viscolüfter

Die Weiterentwicklung zur elektronische Viscokupplung ergab:

- Regelung erfolgt stufenlos
- Regelt mittels Sensoren
- Regler verarbeitet Daten, z.B. Kühlmittel, Öl, Ladeluft, Motordrehzahl, Retarder, Klima

Das ergibt eine bedarfsgerechte Kühlung, Verbesserung von Kühlmitteltemperaturniveau, geringeres Geräusch und weniger Kraftstoffverbrauch. Im PKW-Bereich waren früher die Lüfter 2-teilig, Visco®-Kupplung und Lüfterrad waren geschraubt. Heute sind sie gerollt und somit nicht mehr reparabel. Die elektronische Visco®-Kupplung wird derzeit nur im Range Rover eingebaut.

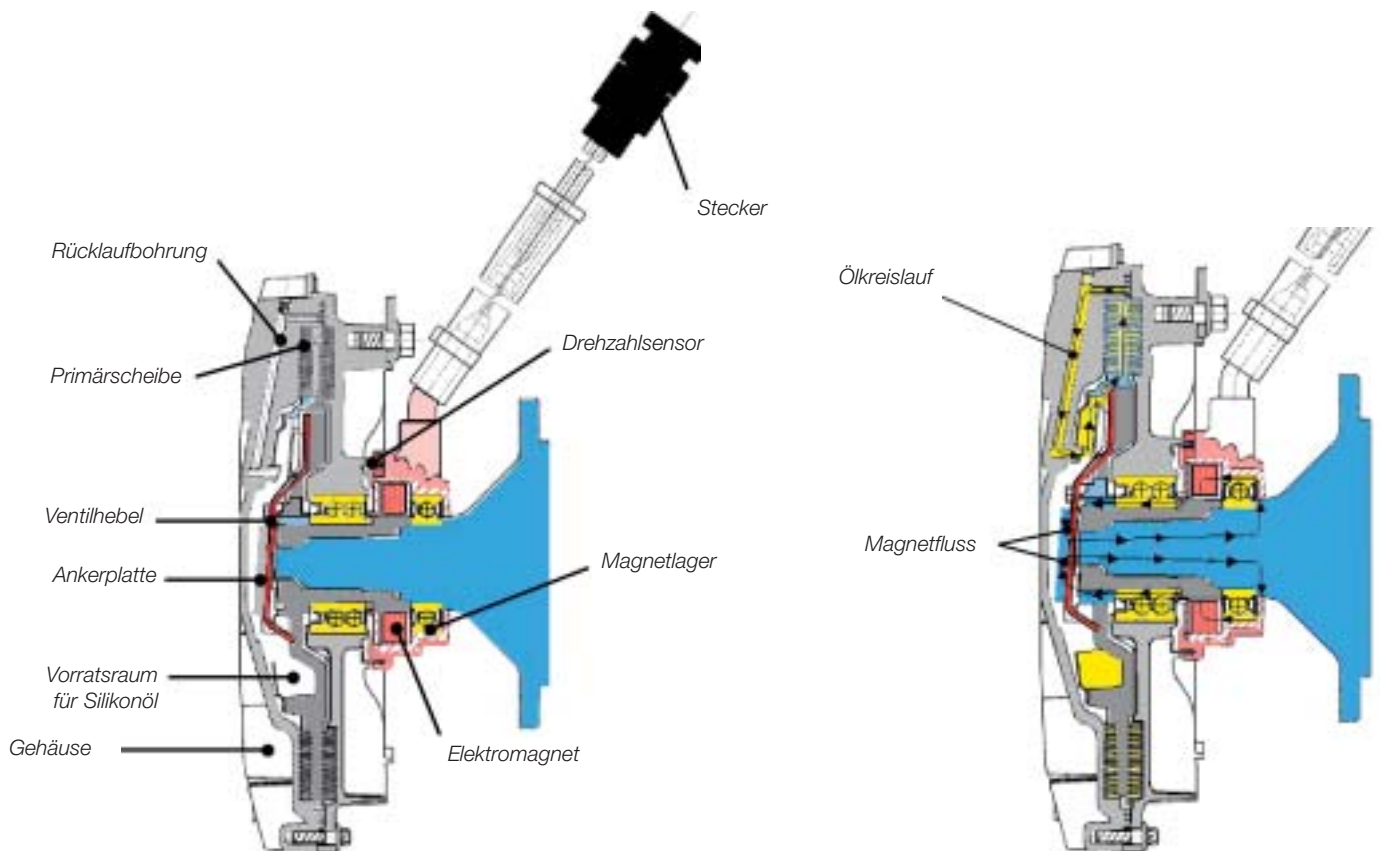
Die Primärscheibe und die Flanschswelle übertragen die Kraft des Motors. Mit dieser ist auch der Lüfter fest verbunden. Zirkulierendes Silikonöl bewirkt die Kraftübertragung beider Baugruppen. Durch den Ventilhebel wird der Ölkreislauf zwischen Vorratsraum und Arbeitsraum gesteuert.

Der Fluss des Silikonöls vom Vorratsraum zum Arbeitsraum und zurück, erfolgt zwischen zwei Bohrungen, die Rücklauf-Bohrung im Gehäuse und die Zulauf-Bohrung in der Primärscheibe.

Der Ventilhebel steuert das Motormanagement über Impulse an die Magnet-Baugruppe.

Der Hall-Sensor ermittelt und informiert das Motormanagement über die aktuelle Drehzahl des Lüfters.

Ein Regler leitet einen getakteten Steuerstrom an die Magnet-Baugruppe, die den Ventilhebel steuert, der wiederum den Ölfluss und die Ölmenge kontrolliert. Umso mehr Silikonöl sich im Arbeitsraum befindet, desto höher ist die Drehzahl des Lüfters. Bei leerem Arbeitsraum befindet sich der Lüfter im Leerlauf, beim Antrieb besteht ein Schlupf von etwa 5%.



Elektronisch geregelte Visco®-Kupplung

Weitere Bauarten sind durch die Anforderungen und gewünschte Kühlleistung bedingt. Neueste und bevorzugte Bauart ist die Stapelbauweise. Hier durch kann der vorgegebene Bauraum und die Kühlleistung genau angepasst werden.

5.1 Ölkühlung – Motor und Getriebe

Die Kühlung sowie die schnellere Erwärmung von Motorenöl und Getriebeöl (z.B.: Automatikgetriebe) wird durch eingebaute Kühler (Motor oder Getriebe) im Wasserkasten gewährleistet. Bauarten sind: Rohr- oder Scheibenölkühler.

Vorteile:

- Kühlung von thermisch hochbelasteten Ölen
- Ölwechselintervalle verlängern sich, die Lebensdauer des Motors wird erhöht
- Geringer Platz- und Gewichtsbedarf mittels Ganz-Aluminium
- Kompakte Bauart durch leistungsfähige Stapelscheiben mit großer Flächenkühlung

5.2 Lenkhilfekühlung

Das Lenkhilfeöl muss auch gekühlt werden, da sonst der Wirkungsgrad der Lenkhilfe beeinträchtigt wird, die Lenkung wird entweder zu schwer oder zu leichtgängig.

Eigenschaften:

- Ganz-Aluminium mit Schnellkupplungs-Anschlüssen
- Druck mehr als 8 bar mit einer Öleintrittstemperatur von - 40°C bis 160°C
- Prüfdruck = 20 bar mit einem Berstdruck von 50 bar

5.3 Kraftstoffkühlung

Die Kraftstoffkühlung findet vorwiegend bei Dieselmotoren Anwendung. Hier wird der Kraftstoff gekühlt, um die Eingangstemperatur bei Pumpedüse oder Commonrail zu senken. Ansonsten würde durch den hohen Druck die Kraftstofftemperatur übermäßig steigen. Eine übermäßige Steigerung der Kraftstofftemperatur beeinträchtigt die Motorleistung durch eine zu frühzeitige Verbrennung im Brennraum.



5.4 Ladeluftkühlung

Die Trends zur Steigerung der Motorleistung und zum Downsizing führen bei PKWs zu einem zunehmenden Anteil aufgeladener Motoren, wobei die Aufladung heute grundsätzlich mit gekühlter Ladeluft erfolgt. Durch die damit erzielte höhere Ladeluftdichte steigen Leistung und Wirkungsgrad des Motors. Aber nicht nur der Anteil aufgeladener Motoren nimmt zu, sondern - bedingt durch weiterhin erforderliche Verbrauchs- und Emissions-Senkungen - auch die Anforderungen an die Ladeluft-Kühlleistung. Diese können durch eine Kühlung der Ladeluft, mit Kühlmittel anstelle von Luft, erbracht werden. Wegen der Systemkosten war diese Technologie bislang jedoch dem oberen PKW-Preissegment vorbehalten. Neue Entwicklungen lassen auch eine Regelung der Ladeluftkühlung zu. Dies erlaubt neben den NOx-, auch die HC-Emissionen zu senken und die Wirkung der Abgasnachbehandlung zu erhöhen. Neben der Erhöhung der Kühlleistung kommt eine weitere Anforderung auf die Ladeluftkühlung zu: die Temperierung der Motorprozessluft durch die Regelung der Ladeluftkühlung. Erforderlich wird die Temperierung durch die sich ständig erhöhenden Anforderungen an die Abgasnachbehandlung. Dabei kommt der Temperatur der Ladeluft eine wichtige Rolle zu. Damit bietet die Kühlung der Ladeluft mit Kühlmittel auch im NKW entscheidende Vorteile.

Arten:

Luftgekühlt und kühlmittegeköhlt sowie direkt und indirekt

Aufgabe:

Leistungssteigerung des Motors durch Aufladung (mehr Verbrennungsluft, höherer Sauerstoffanteil)

Vorteile:

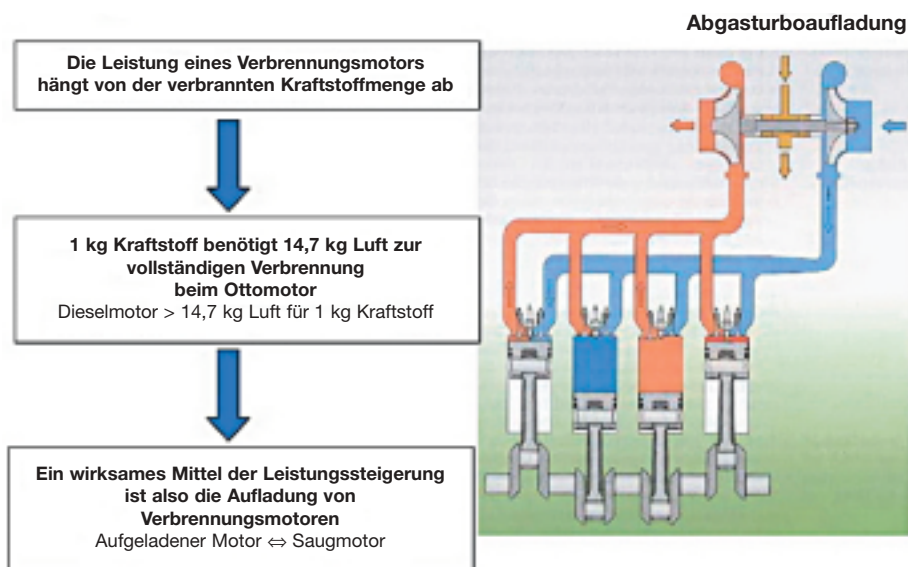
- erhöhte dynamische Kühlleistung
- verbesserter Motorwirkungsgrad durch die Steigerung der Ladeluftdichte
- abgesenkte Verbrennungstemperatur, dadurch verbesserte Abgaswerte
- weniger Stickoxide



5.4.1 Grundlagen

Abgasturboaufladung

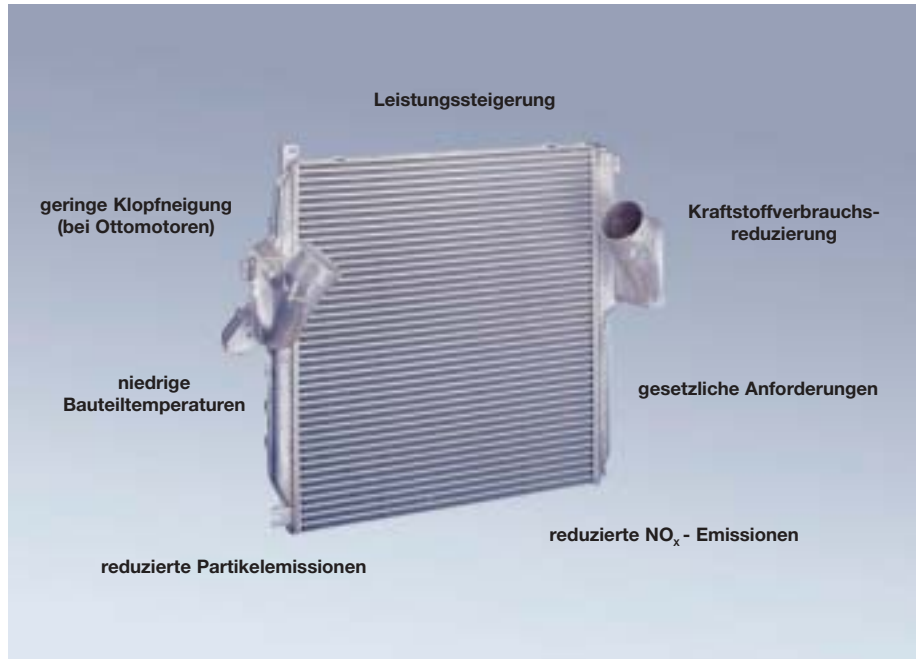
Die Leistung eines Verbrennungsmotors hängt von der verbrannten Kraftstoffmenge ab. 1 kg Kraftstoff benötigt 14,7 kg Luft zur vollständigen Verbrennung beim Ottomotor, das sogenannte stöchiometrische Verhältnis. Ein wirksames Mittel der Leistungssteigerung ist die Aufladung von Verbrennungsmotoren.



5.4.2 Anforderungen

Erhöhung der Kühlleistung

Bei PKWs trifft der steigende Bedarf an Kühlleistung auf zunehmende Beschränkungen des Bauraums im Vorderwagen. Heute dominieren noch kompakte Ladeluftkühler. Eine Lösung des Problems der geringen Bautiefe bietet die Vergrößerung des kompakten Ladeluftkühlers zu einem flächigen, vor dem Kühlmittelkühler montierten Ladeluftkühler, wie er bei schweren Nutzfahrzeugen Standard ist. Entsprechend nimmt die Verwendung dieser Bauform zu. Allerdings ist das in vielen Fahrzeugen nicht möglich, da der dafür benötigte Bauraum bereits vergeben ist oder auf Grund anderer Anforderungen - wie dem Fußgängerschutz - nicht mehr zur Verfügung steht. Mit zwei neuen Systemen kann der Konflikt zwischen Bauraum und Leistungsbedarf gelöst werden: der Ladeluft-Vorkühlung und der indirekten Ladeluftkühlung.



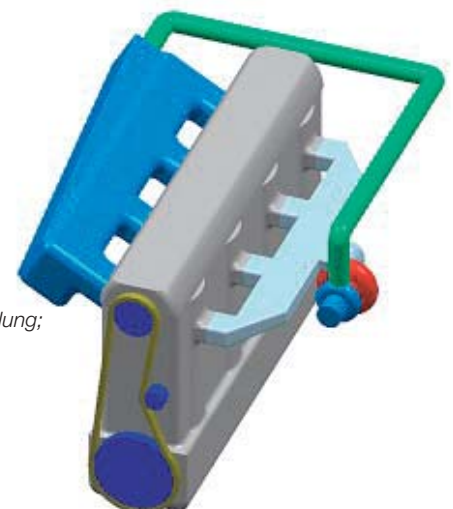
5.4.3 Direkte Ladeluftkühlung

Durch den Einsatz des neuen Ladeluft-Vorkühlers, der mit Kühlmittel aus dem Motorkreislauf gespeist wird, wird ein Teil der Ladeluft-Abwärme vom Ladeluftkühler zum Kühlmittelkühler verschoben. Da somit die zusätzliche Ladeluft-Abwärme, die infolge der Leistungssteigerung anfällt, durch den Vorkühler abgeführt wird, kann das Konzept eines blockförmigen Ladeluftkühlers beibehalten werden. Der Ladeluft-Vorkühler, ebenfalls ein Kompakt-Kühler, wird zwischen Turbolader und Ladeluft-/Luft-Kühler platziert. Durch die Ladeluft-Vorkühlung lässt sich die Leistung eines bestehenden Konzeptes deutlich steigern.

Ladeluftführung bei Ladeluft-/Luft-Kühlung; beispielhaft



Ladeluft-/Kühlmittel-Kühlung als Baueinheit mit Luftsammler



Ladeluftführung bei Ladeluft-/Kühlmittel-Kühlung; beispielhaft

Das erforderliche Bauvolumen eines Ladeluft-/Kühlmittel-Kühlers liegt bei 40 - 60 % eines Ladeluft-/Luft-Kühlers.

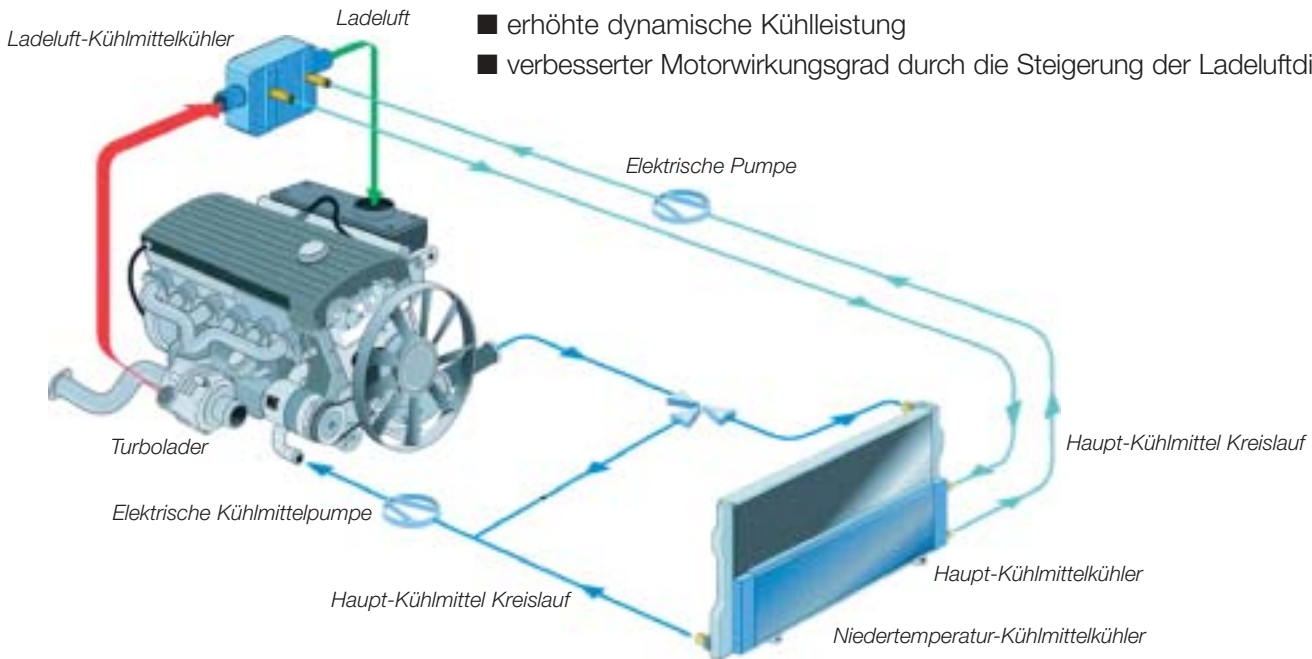
5.4.4 Indirekte Ladeluftkühlung

Die zweite Möglichkeit, den Konflikt zwischen Bauraum und Leistungsbedarf zu lösen, besteht im Einsatz der indirekten Ladeluftkühlung. Beim PKW besteht dieses Kühlsystem in der Regel aus einem kompletten, vom Motorkühlkreislauf unabhängigen Kühlmittelkreislauf. Eingebunden in diesen Kreislauf sind ein Niedertemperatur-Kühlmittelkühler und ein Ladeluft/Kühlmittel-Kühler. Die Ladeluft-Abwärme wird zuerst auf das Kühlmittel übertragen und danach im Niedertemperatur-Kühlmittelkühler an die Umgebungsluft abgeführt. Dieser Kühler ist im Frontend des Fahrzeugs untergebracht, wo sich bei der herkömmlichen, luftgekühlten Ladeluftkühlung der Ladeluft/Luft-Kühler befindet.

Da der Niedertemperaturkühler deutlich weniger Platz als ein vergleichbarer Ladeluft/Luft-Kühler benötigt, wird Raum im Frontend frei. Außerdem entfallen die voluminösen Ladeluftleitungen vom Fahrzeug-Frontend zum Motor. Insgesamt wird das Packaging im Frontend deutlich vereinfacht, was die Kühlluftströmung durch den Motorraum entsprechend verbessert.

Im Vergleich zur Ladeluft-Vorkühlung (Direkt) ergeben sich durch die indirekte Ladeluftkühlung folgende positive Effekte:

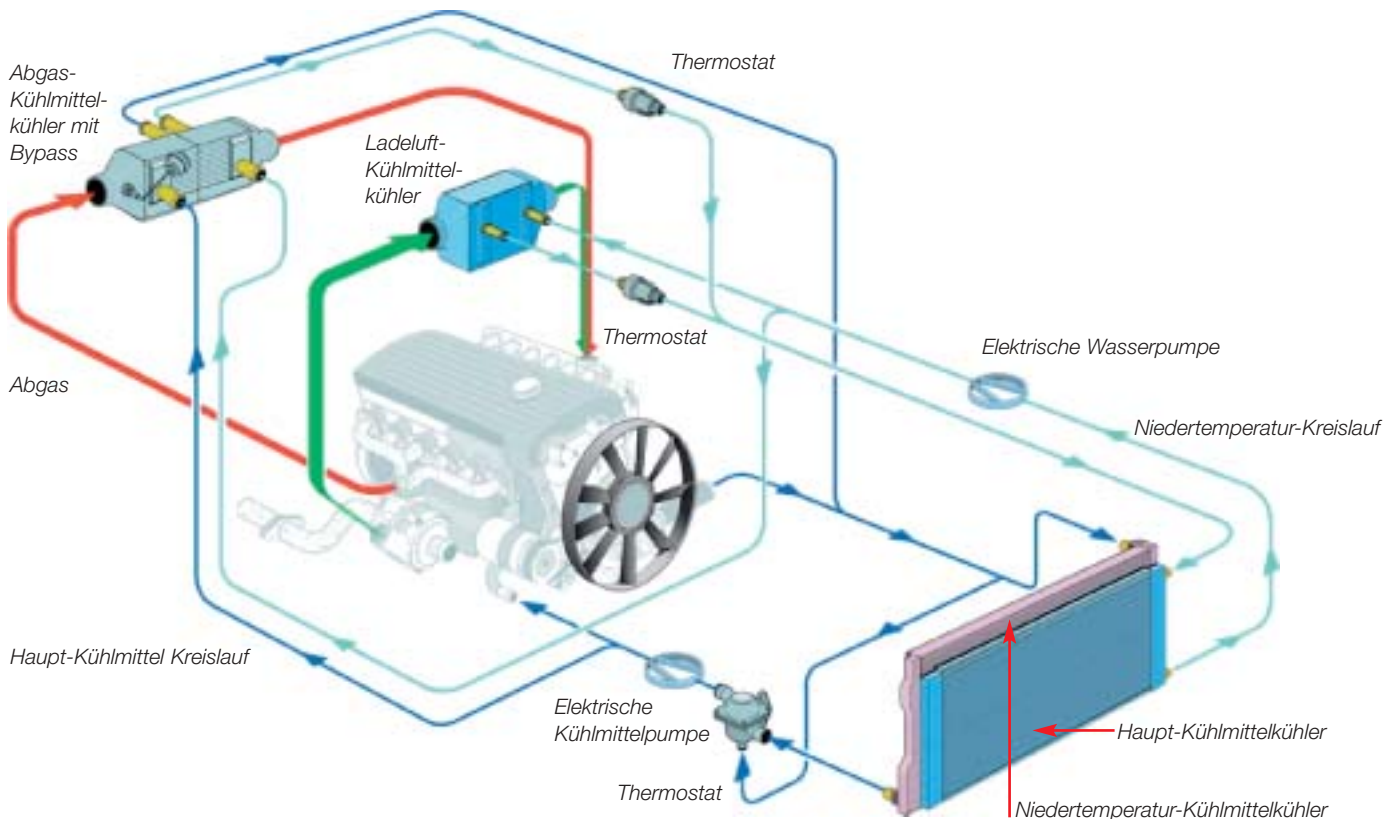
- deutlich reduzierter Ladeluft-Druckabfall
- verbesserte Motordynamik durch ein geringeres Ladeluftvolumen
- erhöhte dynamische Kühlleistung
- verbesserter Motorwirkungsgrad durch die Steigerung der Ladeluftdichte



5.4.5 Temperierung der Motor-Prozessluft

Nach einem Kaltstart und auch bei extrem niedrigen Außentemperaturen während der Fahrt ist es sinnvoll, die Ladeluftkühlung auszusetzen. Motor und Katalysator erreichen dann schneller ihre optimale Betriebstemperatur, wodurch weniger Kaltstart-Emissionen, hauptsächlich Kohlenwasserstoffe (HC), entstehen. Bei einem Ladeluft/Luft-Kühler ist dies nur mit großem Aufwand durch einen ladeluftseitigen Bypass möglich. Bei der indirekten Ladeluftkühlung hingegen kann durch eine einfache Regelung des Kühlmittel-Volumenstroms die Kühlung der Ladeluft nicht nur ausgesetzt, sondern auch ihre Temperatur geregelt werden. Durch eine Verknüpfung des Kühlmittelkreislaufs für die Ladeluftkühlung mit dem für die Motorkühlung und eine intelligente Regelung der Kühlmitteldurchsätze, kann die indirekte Ladeluftkühlung zur Ladeluft-Temperierung ausgebaut werden. Der Ladeluftkühler kann dabei entweder vom heißen Kühlmittel des Motorkreislaufs oder vom kalten Kühlmittel des Niedertemperaturkreislaufes durchströmt werden. Die Regelung der Ladeluft-Temperatur ist für die

Abgasnachbehandlung durch Partikelfilter und Katalysatoren wichtig. Beide benötigen eine bestimmte Mindest-Abgastemperatur für einen optimalen Betrieb. Beim Katalysator ist diese Mindesttemperatur identisch mit seiner Anspringtemperatur, beim Partikelfilter mit der Regenerationstemperatur, die für eine Verbrennung des eingelagerten Rußes erforderlich ist. Im Teillastbetrieb des Fahrzeugs (Stadtverkehr, Stop-and-Go) werden diese Abgastemperaturen nicht immer erreicht. Auch in diesen Fällen können die Emissionen durch ein Aussetzen der Kühlung oder sogar eine Erwärmung der Ladeluft reduziert werden, denn in jedem Falle wird die Temperatur des Abgases dadurch erhöht. Beide Optionen sind am einfachsten durch die indirekte Ladeluftkühlung zu realisieren.



5.4.6 Modernes Design für hohe Ansprüche

Leistungsvergleich der neuen Konzepte

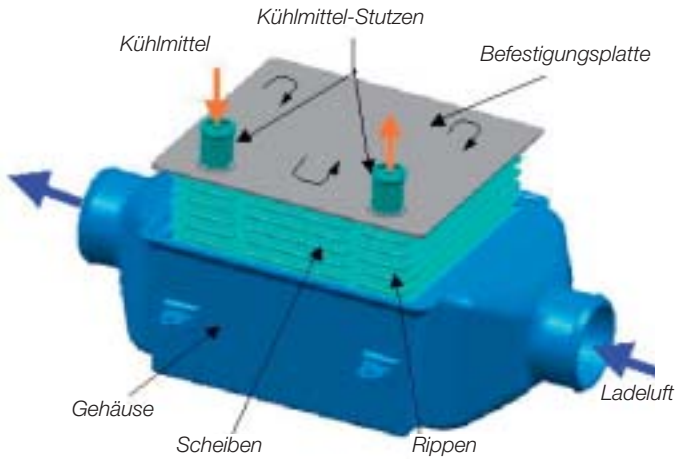
Der erzielbare Leistungsvorteil der neuen Konzepte Ladeluft-Vorkühlung und indirekte Ladeluftkühlung zeigt sich im Vergleich mit den heute vorherrschenden kompakten Ladeluftkühlern sowie den leistungsfähigeren flächigen Ladeluftkühlern: Die Ladeluftkühlung wird erheblich verbessert; bei der indirekten Ladeluftkühlung wird außerdem der Ladeluft-Druckabfall signifikant reduziert.

Ladeluftkühler für höhere Festigkeitsanforderungen

Steigende Belastungen der Ladeluftkühler hinsichtlich Drücke und Temperaturen erfordern ein neues Design und neue Materialien für die Kühlermatrix und die Luftkästen. Bei PKWs hat die Ladeluft beim Eintritt in den Kühler heute eine Temperatur von bis zu 150°C und einen Druck von 2,2 bar. In Zukunft werden Temperaturen und Drücke auf etwa 200°C und bis zu 3 bar ansteigen. Um diesen Anforderungen zu genügen, werden die Luftkästen aus wärmefesten Kunststoffen hergestellt. Oder der Ladeluftkühler, einschließlich der Luftkästen, wird komplett aus Aluminium gefertigt.

5 Andere Kühlungs-Systeme

Bei Nutzfahrzeugen werden noch höhere Belastungen erwartet. Gegenüber heute 200°C und 3 bar werden infolge der niedrigeren EURO-5-Emissionsgrenzwerte 260°C und bis zu 4 bar erwartet. Durch Änderungen der Konstruktion der Ladeluftkühler wird das Spannungsniveau, das sich aufgrund der Druckbelastung einstellt, soweit gesenkt, dass die höheren Belastungen ohne weiteres verkraftet werden. Weiteres Potential für Festigkeitssteigerung bietet der Kühlmittel-Ladeluftkühler durch seine kompakte Bauform.



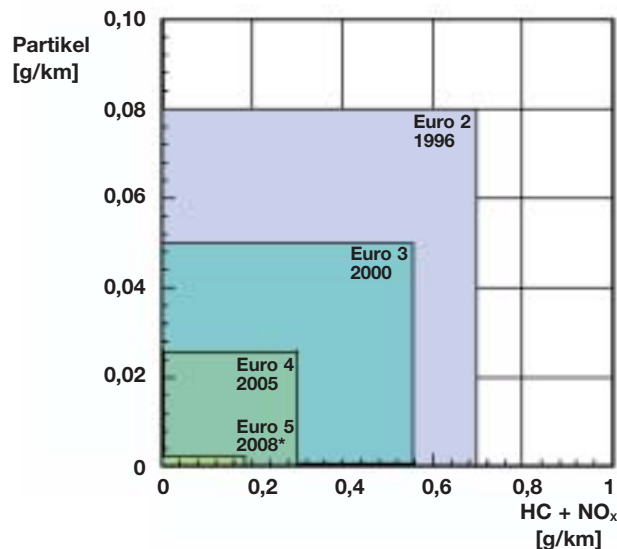
Scheibenbauweise



Einbau in Guss- oder Kunststoffgehäuse

5.5 EURO 5 und seine Bedeutung

Bei Diesel-Pkw erfordert Euro 5 gegenüber Euro 4 eine weitere kräftige Senkung der Emissionen: bei Kohlenwasserstoffen (HC) und Stickoxiden (NOx) um 40%, bei Partikeln um 90%. Für diese Ziele wird die Temperierung der Motoransaugluft immer wichtiger. Das von Behr entwickelte Ansaugluft-Temperatur-Management (ATM) reduziert die Emissionen am Entstehungsort, unterstützt die Abgasnachbehandlung und erleichtert die Regeneration des Partikelfilters. Außerdem wird durch Synergien zwischen den Subsystemen des ATM weniger installierte Kühlleistung als für heutige Systeme benötigt und somit Kraftstoff und Bauraum gespart.



5.5.1 Funktionsprinzip des Ansaugluft-Temperatur-Managements (ATM)

Das ATM besteht aus drei Subsystemen: der indirekten Ladeluftkühlung, der gekühlten Abgasrückführung und der Motorkühlung. Diese Subsysteme werden so miteinander verknüpft und geregelt, dass die Ansaugluft gekühlt und beheizt, die Verbrennungstemperatur angehoben und gesenkt werden kann. Die Temperatur-Absenkung erfolgt durch die Kühlung von Ladeluft und Abgasen sowie dadurch, dass der Ladeluft so viel Abgase wie nach dem Lastzustand des Motors möglich beigemischt werden und die Sauerstoffkonzentration im Zylinder entsprechend vermindert wird. Zur Erhöhung der Verbrennungstemperatur werden Ladeluft- und Abgaskühlung ausgesetzt, zusätzlich kann die Ladeluft beheizt werden.

5.5.2 Senkung der Emissionen

NOx: Da die NOx-Bildung exponentiell von der Verbrennungstemperatur abhängt, hat ihre Senkung eine starke NOx-Minderung zur Folge: Pro 10°C Temperatursenkung um etwa 10%; der Kraftstoffverbrauch sinkt dabei um 0,5 bis 1%. HC und CO: Beim Kaltstart ist die Verbrennungstemperatur meist noch niedrig, die Verbrennung unvollständig, die HC- und CO-Bildung deshalb hoch. Da der Oxidationskatalysator in dieser Phase seine Betriebstemperatur noch nicht erreicht hat, kommt es zu Emissionen. In bestimmten Situationen (Stadtverkehr im Winter, Stop-and-Go) können Verbrennungs- und Katalysatortemperatur auch im normalen Fahrbetrieb so weit absinken, dass HC- und CO-Emissionen auftreten. In beiden Fällen reduziert die schnelle Anhebung der Verbrennungs- und damit der Abgastemperatur durch das ATM die Entstehung von HC und CO und fördert deren Umwandlung im Katalysator. Die Temperaturanhebung erfolgt durch ein Aussetzen der Abgaskühlung. Zu diesem Zweck ist der Abgaskühler mit einem integrierten Bypass und einer Schaltklappe ausgestattet. Durch Messungen auf einem Rollenprüfstand an einem turboaufgeladenen 1,9-Liter-Dieselmotor wurde eine etwa 30-prozentige Senkung der HC- und CO-Emissionen beim Kaltstart ermittelt.

5.5.3 Regeneration des Partikelfilters

Wenn der Partikelfilter voll ist, muss der eingelagerte Ruß verbrannt werden. Auch dazu wird die Abgastemperatur, die meistens unter der Rußzündtemperatur von 550°C liegt, durch das ATM angehoben. Die Rußverbrennung kann aber auch durch eine Senkung der Rußzündtemperatur eingeleitet werden, z.B. durch ein Kraftstoffadditiv wie CER. Eine Kombination beider Verfahren, Anhebung der Abgastemperatur und Senkung der Rußzündtemperatur, hat Vorteile: die Additivmenge kann reduziert, das Zugabesystem vereinfacht werden. Wird die Temperaturanhebung durch das ATM jedoch mit einer Nacheinspritzung verbunden, ist ein zusätzliches System für die Filterregeneration meist nicht erforderlich.

5.5.4 Energie-Einsparung

Im Ladeluft- und Abgaskühler fallen je nach Motorlast unterschiedliche Wärmemengen an. Bei Teillast, bei der die Abgasrückführtrate über 50 Prozent betragen kann, wird mehr Kühlmittel im Abgaskühler als im Ladeluftkühler benötigt. Bei einigen Teillastpunkten, z.B. 50 km/h in der Ebene, kann komplett auf die Ladeluftkühlung verzichtet und alle Kühlleistung dem Abgaskühler zur Verfügung gestellt werden. Bei Vollast hingegen muss praktisch die ganze Kühlleistung für die Ladeluftkühlung verwendet werden. Durch eine solche bedarfsgerechte Verteilung der Kühlmittelströme können installierte Kühlleistung und Bauraum beträchtlich verringert werden, die Kühlerstirnfläche z.B. um bis zu 10%.

5.5.5 Subsysteme des Ansaugluft-Temperatur-Managements

Indirekte Ladeluftkühlung

Durch die Ladeluftkühlung wird die Luftdichte im Zylinder erhöht und die Verbrennungstemperatur gesenkt. Beim ATM wird die Ladeluft nicht wie üblich durch Luft gekühlt, sondern durch ein flüssiges Kühlmittel, eine Wasser-Glykol-Mischung wie sie zur Motorkühlung verwendet wird. Die Ladeluft-Abwärme wird zuerst auf das Kühlmittel übertragen und danach in einem Niedertemperatur-Kühlmittelkühler an die Umgebungsluft abgeführt.

Die Vorteile der indirekten Ladeluftkühlung:

- höhere Kühlleistung als bei der herkömmlichen Ladeluft/Luft-Kühlung
- größere Zylinderfüllungsrate infolge des geringeren Ladeluft-Druckverlustes
- kürzere Ansprechzeit der Ladeluftkühlung durch die motornahe Platzierung des Ladeluftkühlers

Gekühlte Abgasrückführung:

Sie bewirkt eine Verringerung der Sauerstoffkonzentration im Zylinder, wodurch Temperatur und Geschwindigkeit der Verbrennung sinken. Das Ansaugluft-Temperatur-Management (ATM) ist sowohl für die Hochdruck-, wie für die Niederdruck-Abgasrückführung geeignet. Bei der Hochdruck-Abgasrückführung wird das Abgas vor dem Turbolader entnommen, im Abgaskühler gekühlt und dann der Ladeluft zugemischt. Wenn die Ansauglufttemperatur zur Verbesserung der Abgasnachbehandlung angehoben werden soll, wird der Abgaskühler durch einen Bypass umgangen. Die Niederdruck-Abgasrückführung ist eine Option für die Zukunft. Dabei wird das Abgas nicht vor, wie bei der Hochdruck-Abgasrückführung, sondern nach dem Abgasturbolader und auch nach dem Partikelfilter entnommen. Danach wird es gekühlt und der Ladeluft vor dem Verdichter des Turboladers zugemischt.

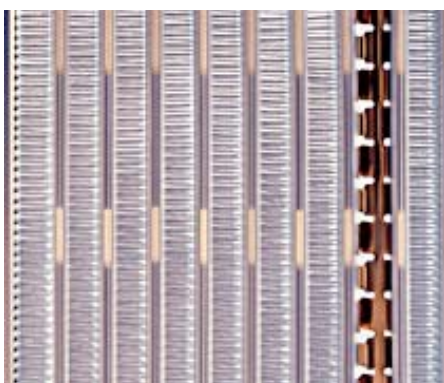
Ladeluft-Aufheizung:

Die Ansaugluft kann beim ATM auf vierfache Weise angehoben werden: durch Aussetzen der Ladeluftkühlung oder der Abgaskühlung, durch beides zusammen sowie zusätzlich durch eine Beheizung der Ladeluft. Zur Beheizung wird ein heißer Kühlmittelteilstrom vom Motorkühlkreislauf abgezweigt und zum Ladeluftkühler geführt. Bei Tests mit einem 2-Liter-Diesel-Aggregat auf einem Motorprüfstand mit 2 bar effektivem Mitteldruck, wurden die Abgastemperaturen nach der Turbine gemessen, die sich durch Variation der Ansaugluft-Temperaturen entsprechend den oben genannten Möglichkeiten ergaben. Durch das Aussetzen der Ladeluftkühlung ergab sich die geringste Abgas-Temperaturerhöhung: etwa 6°C. Wurde die Ladeluft mit dem etwa 85°C heißen Motorkühlmittel (Thermostattemperatur) beheizt, stieg die Abgastemperatur nach Turbine um ca. 16°C. Das max. Potential durch Beheizung dürfte bei 20°C liegen. Der höchste Anstieg, ca. 57°C, ergab sich durch das Aussetzen der Abgaskühlung (schaltbarer Abgaskühler). Wird dies mit der Beheizung der Ladeluft verbunden, kann die Abgastemperatur um über 70°C angehoben werden. Bei einem effektiven Mitteldruck von vier bar ist sogar eine Anhebung um etwa 110°C möglich.

Durch den hohen Wirkungsgrad moderner Direkteinspritzer, Diesel und Ottomotoren (Direct Injection-Motoren), reicht die Motor-Abwärme an kalten Tagen oft weder für eine schnelle Aufheizung des Innenraums aus, noch für komfortable Temperaturen bei Stadtfahrten und bei Stop-and-Go-Verkehr. Auch die Fahrsicherheit wird beeinträchtigt, denn die Scheiben können beschlagen. Zur Beseitigung des Heizleistungsdefizits, entwickelt Behr drei Arten von Zuheizern: elektrische PTC-Zuheizer und CO₂-Wärmepumpen für die spontane Aufheizung der Zuluft sowie Abgaswärmeübertrager für die schnellere Aufheizung des Kühlmittels. Durch die Kühlmittel-Aufheizung werden Leistung und Spontaneität der konventionellen Heizung erhöht, außerdem wird die Motor-Kaltstartphase verkürzt. Die Wärmepumpen arbeiten auf Basis der neuen CO₂-Klimaanlage. Mit den genannten Zuheizern können die EU-Spezifikation EC 78317 und die US-Spezifikation FMVSS 103 für die Frontscheiben-Defrostung bei Fahrzeugen mit Direct Injection-Motoren problemlos eingehalten werden. PTC-Elemente gehören zu den nichtlinearen Keramik-Widerständen. PTC steht für Positive Temperature Coefficient, d.h. der elektrische Widerstand steigt mit der Temperatur des Elementes. Ganz genau stimmt das aber nicht, denn zunächst sinkt er mit steigender Temperatur. Die Widerstandskennlinie hat in diesem Bereich eine negative Temperaturcharakteristik. Erst wenn der minimale Widerstand erreicht ist, ändert sich die negative in eine positive Temperaturcharakteristik, d.h. mit weiter steigender Temperatur sinkt der Widerstand zuerst langsam, ab etwa 80°C nimmt er dann stark zu, und zwar so lange, bis der PTC-Stein praktisch keinen zusätzlichen Strom mehr aufnimmt. An diesem Punkt beträgt die Oberflächentemperatur des PTC-Steins, wenn keine Luft durch den PTC-Heizer strömt, etwa 150°C, die des Metallrahmens ca. 110°C.



6.1 Aufbau und Funktionsweise



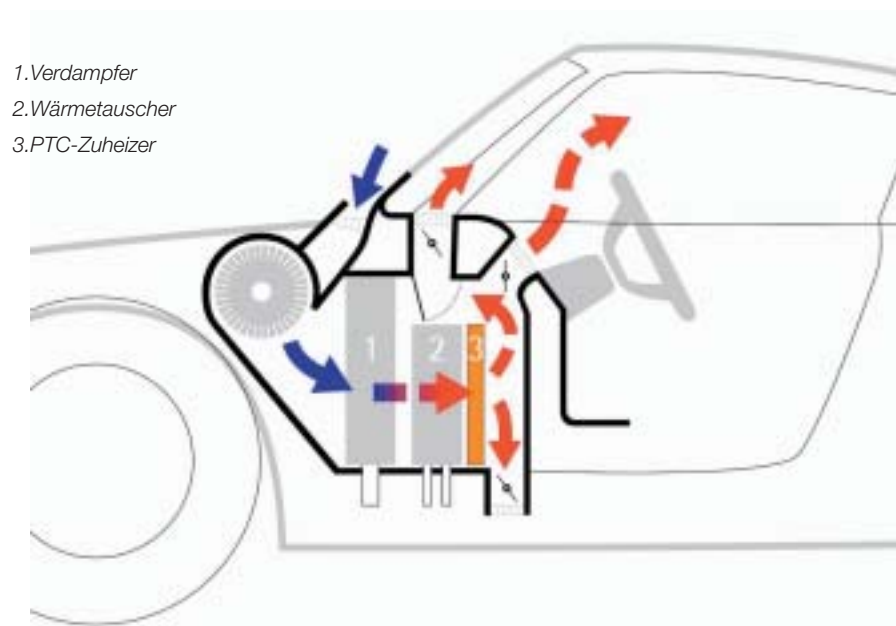
Der PTC-Heizer besteht aus mehreren Heizelementen, einem Befestigungsrahmen, einem Isolationsrahmen und den Relais oder der Leistungselektronik. Die Heizelemente setzen sich zusammen aus PTC-Keramiksteinen, Kontaktblechen, Anschlüssen und Aluminium-Wellrippen. Die Wellrippen vergrößern die Wärme abgebende Oberfläche der Kontaktbleche. Zur Steigerung des luftseitigen Wärmeübergangs sind die Wellrippen mit Schlitzen versehen, den Kiemen. Durch den verbesserten Wärmeübergang kann die Einschaltstrom-Überhöhung gegenüber Zuheizern mit unbekiemten Wellrippen deutlich verringert werden. Das hat den Vorteil, dass einzelne PTC-Stränge öfter zugeschaltet werden können. Der Heizer kann deshalb mit insgesamt höherer Leistung betrieben werden. Das Produktions-Know-how für die Bekiemung stammt aus der Kühlerfertigung. Der Zuheizer ist in der Klimaanlage im Luftstrom direkt hinter dem konventionellen Wärmetauscher, einem Kühlmittel-Luft-Wärmetauscher, angeordnet. Dadurch wird der Bauraumbedarf auf ein Minimum beschränkt. Bei niedrigen Außentemperaturen und kaltem Motor wird der PTC-Heizer zunächst nur von kalter oder vom Wärmetauscher leicht erwärmter Luft durchströmt. Temperatur und Widerstand der Heizelemente sind niedrig, die Heizleistung dagegen ist hoch. Mit dem Ansprechen der konventionellen Heizung steigen Lufttemperatur und Widerstand, entsprechend sinkt die Heizleistung. Bei einer Oberflächentemperatur eines PTC-Heizers, der mit 25°C warmer Luft durchströmt wird, wird ein Volumenstrom von 480 kg Luft pro Stunde erreicht. Das Heizungsnetz nimmt bei dieser Lufttemperatur eine Durchschnittstemperatur von 50 °C an.

6.2 Leistung und Spontaneität

Der Nennwiderstand des PTC-Steins kann verschieden gewählt werden, entsprechend ändern sich Stromaufnahme und Leistung. Ein niedriger Nennwiderstand lässt im Betrieb eine hohe Heizleistung zu. Die Leistungen der PTC-Heizungen liegt zwischen 1 und 2 kW. Mit 2 kW ist die Leistungsgrenze des 12-V-Netzes (150A bei 13V) erreicht. Bei einem 42-V-Bordnetz wären höhere Leistungen möglich. Durch die geringe Masse und dadurch, dass die elektrisch erzeugte Wärme ohne Umwege direkt an den Luftstrom abgegeben wird, spricht die PTC-Heizung praktisch sofort an. Diese hohe Spontaneität ist das kennzeichnende Merkmal des PTC-Zuheizers. Da außerdem der Motor, infolge der zusätzlichen Belastung des Generators, schneller auf Betriebstemperatur kommt, spricht auch die konventionelle Heizung schneller an. Diese zusätzliche Heizleistung beträgt etwa zwei Drittel der Leistung des PTC-Heizers. Praktisch kann diese Heizleistung der PTC-Heizung zugerechnet werden. Die Leistung des PTC-Heizers des Modells 220 CDI der neuen E-Klasse beträgt 1,6 kW. Der PTC-Heizer ist direkt nach dem konventionellen Wärmetauscher in dem Heizungs-Klimamodul integriert.

Versuchsbeispiel:

Das Fahrzeug wurde über Nacht auf minus 20°C Ölsumpftemperatur heruntergekühlt. Danach wurde es im Klimawindkanal 30 Minuten im 3.Gang mit einer Geschwindigkeit von 32 km/h gefahren, was für den Stadtverkehr eine realistische mittlere Geschwindigkeit ist. Nach 20 Minuten erreichte die Durchschnittstemperatur mit PTC-Heizer in der Kabine 18°C, ohne waren es nur 10°C. Die „Wohlfühltemperatur“ von 24°C wurde mit PTC-Heizer nach 30 Minuten, ohne erst nach über 50 Minuten erreicht.



6.3 Betriebssicherheit

Durch die charakteristische Widerstandskurve der PTC-Steine wird verhindert, dass sich die PTC-Heizung überhitzt. Die Temperatur der Oberfläche des Metallrahmens liegt stets unter 110°C. Zudem wird bei höheren Ausblastemperaturen des Wärmetauschers die Leistung der PTC-Heizung zurück genommen. Durch eine Leistungselektronik lässt sich die PTC-Heizung in mehreren Stufen bzw. stufenlos regeln, so dass sie der benötigten Heizleistung oder der zur Verfügung stehenden elektrischen Leistung angepasst werden kann.

6.4 Ansteuerung

Die Ansteuerung des PTC-Heizers erfolgt entweder extern mit Relais oder durch eine integrierte Regelung mit Leistungselektronik. Bei der Relais-Ansteuerung legt der Fahrzeughersteller fest, welche und wieviele Stufen zugeschaltet werden. Bei der im Zuheizer integrierten Regelung wird zwischen minimaler und hoher Funktionalität unterschieden. Bei minimaler Funktionalität werden die Stufen einzeln zugeschaltet. Die Leistungselektronik schützt den Zuheizer gegen Überspannung, Kurzschluss und Verpolung. Eine Diagnosemöglichkeit ist bei dieser Regelung nicht vorgesehen. Bei der gestuften Regelung sind bis zu acht Stufen möglich. Bei dem in der E-Klasse eingesetzten PTC-Zuheizer sind es sieben Stufen. Die Ansteuerung erfolgt in Abhängigkeit von Stromhaushalt und Zuheizbedarf, d.h. dem gewünschten thermischen Komfort. Bei der Regelung mit hoher Funktionalität erfolgt die Ansteuerung der Leistungselektronik z.B. stufenlos durch den fahrzeugseitigen LIN- oder CAN-Bus. Dadurch kann der Strom, den das Bordnetz in jeder Situation zur Verfügung stellt, stets optimal für die Zuheizung ausgenutzt werden.

Zusätzlich zur Sicherheit gegen Überspannung, Kurzschluss und Verpolung enthält die Leistungselektronik mit hoher Funktionalität einen Überstromschutz pro Stufe, einen Schutz der Leiterplatte gegen Überhitzung und eine Spannungsüberwachung. Die Regelung mit hoher Funktionalität ist durch einen EPROM diagnosefähig und erlaubt damit die Hinterlegung der Varianten. (EPROM = Erasable Programmable Read Only Memory, also ein programmierbarer Nur-Lese-Speicher, dessen Inhalt wieder gelöscht werden kann).

6.5 Neuentwicklung

Seit 2004 gibt es die neuen Generation von PTC-Zuheizern, die sich von den vorherigen durch ein niedrigeres Gewicht, einen geringeren Druckabfall (senkt die Gebläseleistung) und niedrigere Herstellkosten unterscheidet.

Technische Charakteristik:

- Elektrische Zuheizung; Leistung 1 - 2 kW
- Wärmequelle: selbstregelnde PTC-Keramiksteine, max. Temperatur an der Oberfläche der Keramik 150°C, wenn keine Luft das Heiznetz durchströmt
- Ausgezeichnete Wärmeübertragung durch Wellrippen-Technologie bei geringem Druckverlust in der Zuluft
- Gestufte oder lineare Ansteuerung über Relais oder Steuerelektronik
- Hohe Spontaneität und hoher Wirkungsgrad
- Aufbau im Baukastensystem ermöglicht optimale Anpassung an den vorhandenen Bauraum im Fahrzeug
- Absolut betriebssicher, keine Gefährdung von benachbarten Bauteilen durch inhärente Temperaturbegrenzung (PTC-Charakteristik)
- Aufgrund des niedrigen Druckverlustes nur geringe Erhöhung der erforderlichen Gebläseleistung

7.1 Kühlmittel, Frostschutz und Korrosionsschutz



Verschiedenfarbige Kühlmittel

Kühlmittel ist der Oberbegriff für die sich im Kühlsystem befindliche Kühlflüssigkeit. Kühlmittel schützt vor Frost, Rost, Überhitzung und schmiert. Es hat die Aufgabe die Motorwärme aufzunehmen und über den Kühler abzuführen. Das Kühlmittel ist ein Gemisch aus Wasser und Frostschutz (Glykol/Ethanol), das mit diversen Additiven (Bitterstoffe, Silikat, Antioxidanten, Schaumverhütern) versehen und eingefärbt ist. Bitterstoffe sollen verhindern, dass das Kühlmittel versehentlich getrunken wird. Silikate bilden eine Schutzschicht auf den Metalloberflächen und verhindern u.a. Kalkablagerungen. Antioxidanten verhindern die Korrosion von Bauteilen. Schaumverhüter unterdrücken das Aufschäumen des Kühlmittels. Glykol hält Schläuche und Dichtungen geschmeidig und hebt den Siedepunkt des Kühlmittels an.

Das Mischungsverhältnis Wasser/Frostschutz sollte bei 60:40 bis 50:50 liegen. Dies entspricht in der Regel einem Frostschutz von -25 °C bis -40 °C . Das minimale Mischungsverhältnis sollte 70:30 und das maximale Mischungsverhältnis 40:60 betragen. Durch weitere Erhöhung des Frostschutzanteils (z.B. 30:70) ist keine Absenkung des Gefrierpunktes mehr zu erzielen. Im Gegenteil, ein unverdünnt eingesetztes Frostschutzmittel gefriert bereits bei ca. -13 °C und leitet bei Temperaturen von über 0 °C nicht genügend Motorwärme ab. Der Motor würde somit überhitzt. Da Glykol einen sehr hohen Siedepunkt aufweist, kann durch das richtige Mischungsverhältnis der Siedepunkt des Kühlmittels auf bis zu 135 °C erhöht werden. Darum ist auch in warmen Ländern ein ausreichender Frostschutzanteil wichtig. Es ist immer der Hersteller-Empfehlung zu folgen, eine typische Zusammensetzung könnte 40/60% oder 50/50% mit der Nutzung von inhibiertem Wasser (Trinkwasser-Qualität) sein.

Das Kühlmittel bzw. dessen Zusätze unterliegen einem gewissen Verschleiß, d.h. ein Teil der Additive wird im Laufe der Jahre verbraucht. Sind z.B. die Korrosionsschutz-Additive aufgebraucht, kommt es zu einer Braunfärbung des Kühlmittels. Aus diesem Grund schreiben einige Fahrzeughersteller einen Wechselintervall des Kühlmittels vor (z.B. Opel Sintra: alle 5 Jahre). Allerdings werden die Kühlsysteme neuerer Fahrzeuge immer öfter mit sogenannten Long Life Kühlmitteln (z.B. VW G12 Plus) befüllt. Unter normalen Umständen (wenn keine Verunreinigung vorliegt) ist kein Kühlmittelwechsel mehr erforderlich (VW) oder aber erst nach 15 Jahren bzw. 250.000 km (neuere Mercedes-Modelle). Generell sollte das Kühlmittel bei Verunreinigungen (Öl, Korrosion) und bei Fahrzeugen, die nicht mit Long Life Kühlmitteln befüllt sind, gewechselt werden. Hinsichtlich Spezifikationen, Wechselintervall, Mischungsverhältnis und Mischbarkeit von Frostschutzmittel sind unbedingt die Angaben der Fahrzeughersteller zu beachten. Kühlmittel darf nicht in das Grundwasser gelangen oder über den Ölabscheider abgeleitet werden. Es ist gesondert aufzufangen und zu entsorgen.

7.2 Kühler-Wartung

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

7.3 Spülen des Kühlsystems

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

Verunreinigungen können sein:

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

Je nach Verschmutzungsgrad ist das Kühlsystem mit warmem Wasser oder auch mit einer speziellen Spülflüssigkeit zu reinigen. Je nach Fahrzeughersteller und Symptom gibt es verschiedene Vorgehensweise zum Spülen. So gibt Audi, bei einer rostbraunen Verfärbung des Kühlmittels und einer Beanstandung der Heizleistung z.B. beim A6, das Spülen mit einer speziellen Spülflüssigkeit vor. Bei dem mehrfachen Spülvorgang muss das Thermostat ausgebaut und die Heizleistung vor und nach dem Spülen gemessen werden. Opel weist z.B. bei den Modellen Corsa B, Vectra B und Omega B bis Modelljahr 1997 darauf hin, dass ein sich zugesetzter Kühler möglicherweise die Ursache für eine zu hohe Motortemperatur ist. In diesem Fall soll mit warmem Wasser (> 50 °C) gespült und neben dem Kühler auch noch alle kühlmittelführenden Teile (Wärmetauscher, Zylinderkopf usw.) erneuert werden. Der Grad der Verunreinigung und die Vorgaben der Fahrzeughersteller geben somit das Verfahren und eingesetzte Spülmedium vor. Beachtet werden sollte auf jeden Fall, dass sich aufgrund ihrer Bauweise (z.B. Flachrohr) bei modernen Kühlsystemen nicht mehr alle Bauteile spülen lassen und somit ausgetauscht werden müssen.

Dies trifft insbesondere für folgende Bauteile zu:

- Thermostat
- Kühler
- Elektrische Ventile
- Verschlussdeckel
- Wärmetauscher

Ist der Kühlmittelstand im Ausgleichsbehälter aufgrund der Verschmutzung (Öl, Rost) nicht mehr zu erkennen, muss der Behälter ebenfalls ersetzt werden. Das Thermostat und der Verschlussdeckel sollten grundsätzlich erneuert werden. Bei der Verwendung von speziellen Kühlsystemreinigern ist darauf zu achten, dass diese keine Dichtungsmaterialien angreifen und nicht ins Grundwasser gelangen bzw. nicht über den Ölabscheider abgeführt werden. Die Reinigungsmittel müssen zusammen mit dem Kühlmittel aufgefangen und gesondert entsorgt werden. Nach dem Spülen ist das System nach Fahrzeugherstellerangabe neu mit Kühlmittel (Spezifikation, Mischungsverhältnis beachten) zu befüllen, zu entlüften und auf Funktion und Dichtigkeit zu überprüfen.

7.4 Entlüftung des System bei Befüllung

Lufteinschlüsse im Kühlsystem von Kraftfahrzeugen sind mittlerweile ein weitverbreitetes Problem. Verursacht werden diese „Luftblasen“ durch die Positionierung des Kühlers bzw. Ausdehnungsgefäßes auf dem Niveau des Fahrzeugmotors oder gar unter diesem. Somit kann das vollständige Entlüften des Kühlsystems nach einer erfolgten Reparatur oder beim



Austausch des Kühlmittels ein ernsthaftes Problem darstellen. Im Kühlsystem verbliebene Luft verringert deutlich die Zirkulation des Kühlmittels und kann zur Überhitzung des Motors und daraus resultierenden kapitalen Schäden führen. Abhilfe schafft hier das Airlift-System von Behr Hella Service (Art. Nr.: 8PE 351 225-201).

Hiermit kann man:

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

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

7.5 Typische Schäden

7.5.1 Kühler

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



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



Kalkablagerung durch Verwendung von reinem Wasser (ohne Kühlmittel).



Zusatzstoffe verursachen Reaktionen mit dem Material und dem Kühlmittel.

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

7.5.2 Wärmetauscher



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

7.6 KÜHLSYSTEMPRÜFUNG UND DIAGNOSE

Bei Störungen im Kühlsystem, wie z.B. ungenügender Heizleistung, Motor kommt nicht auf Betriebstemperatur oder Überhitzung, ist es möglich, mit einfachen Mitteln der Fehlerursache nachzugehen. Als Erstes sollte das Kühlsystem auf einen ausreichenden Kühlflüssigkeitsstand, Verunreinigungen, Frostschutz und Undichtigkeiten hin untersucht werden. Auf eine ausreichende Spannung des Keilriemens bzw. Keilrippenriemens ist ebenfalls zu achten. Danach kann die Fehlersuche, je nach Symptom, durch das Beobachten von Komponenten bzw. Abgreifen von Temperaturen wie folgt fortgesetzt werden:

7.6.1 Motor überhitzt:

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

7.6.2 Motor wird nicht warm:

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

7.6.3 Heizung wird nicht ausreichend warm:

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

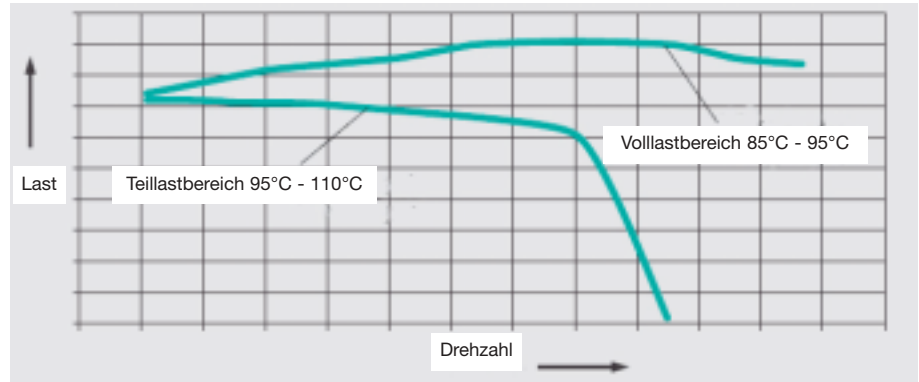


8 Elektronisch geregelte Kühlung (Beispiel VW 1,6l APF Motor)

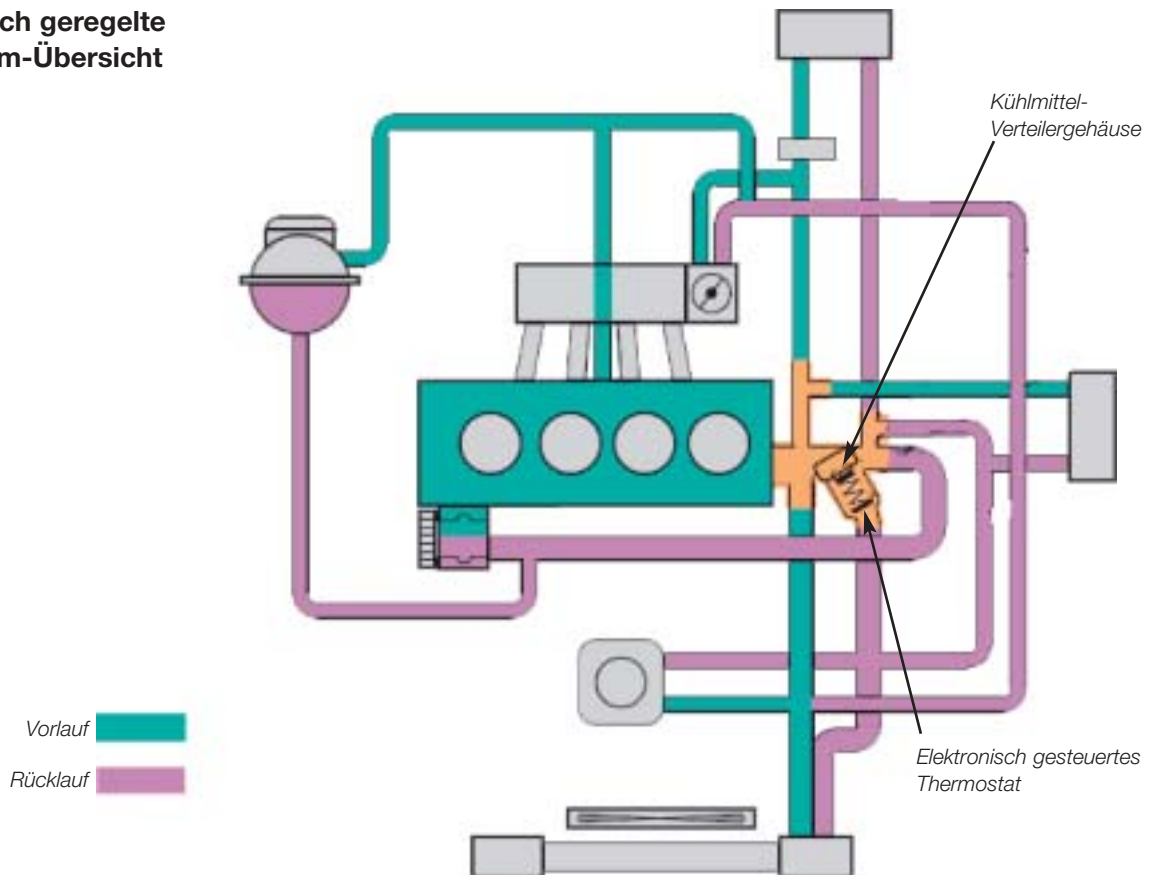
8.1 Das Kühlmittel-Temperaturniveau

Von der einwandfreien Kühlung des Motors hängt seine Leistungsfähigkeit mit ab. Bei der thermostatgeregelten Kühlung bewegen sich die Kühlmittel-Temperaturen im Teillastbereich von 95°C bis 110°C und im Volllastbereich von 85°C bis 95°C. Höhere Temperaturen im Teillastbereich ergeben ein günstigeres Leistungsniveau, was sich auf Verbrauch und Schadstoffe im Abgas günstig auswirkt. Durch niedrigere Temperaturen im Volllastbereich erhöht sich die Leistung. Die angesaugte Luft wird weniger erwärmt, das führt zur Leistungssteigerung.

Kühlmittel-Temperaturniveau in Abhängigkeit von der Motorlast



8.2 Elektronisch geregelte Kühlsystem-Übersicht



Die Entwicklung einer elektronisch geregelten Kühlung hatte zum Ziel, die Betriebstemperatur des Motors je nach Lastzustand auf einen Sollwert zu regeln. Nach Kennfeldern, die im Motorsteuergerät abgelegt sind, wird über das elektrisch zu beheizende Thermostat und die Kühlerlüfterstufen eine optimale Betriebstemperatur geregelt. Die Kühlung kann so im gesamten Leistungs- und Lastzustand des Motors angepasst werden.

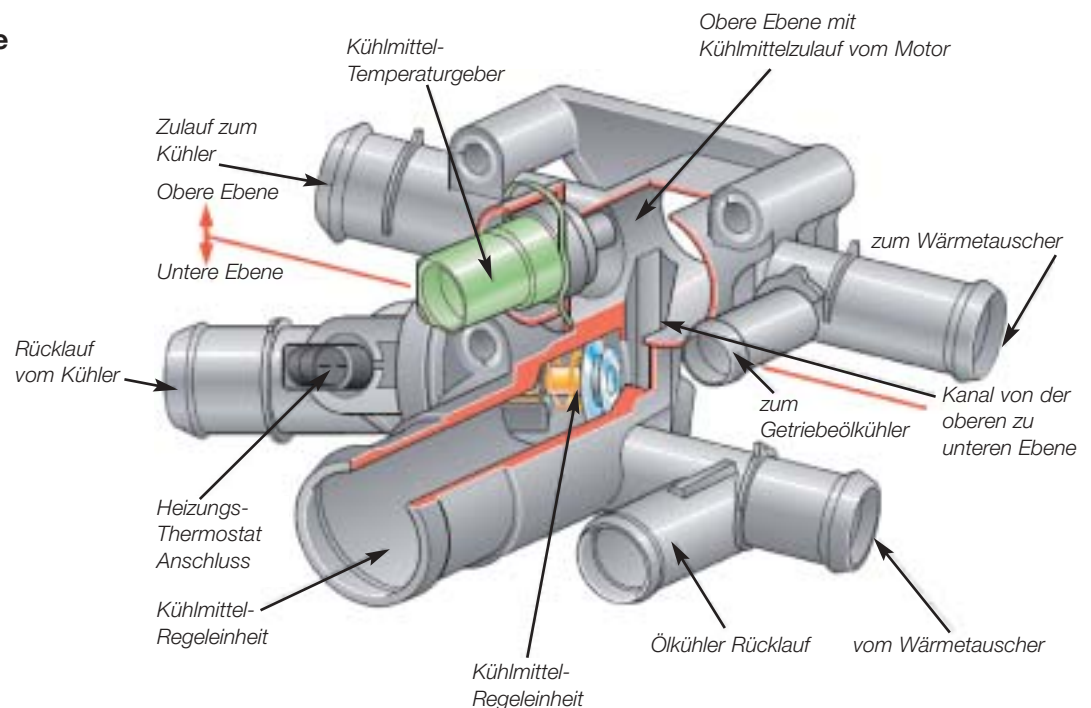
Die Vorteile durch die Anpassung der Kühlmittel-Temperatur an den momentanen Betriebszustand des Motors sind:

- Verbrauchsreduzierung im Teillastbereich
- Reduzierung der CO- und HC-Emissionen

Änderungen gegenüber dem herkömmlichen Kühlkreislauf:

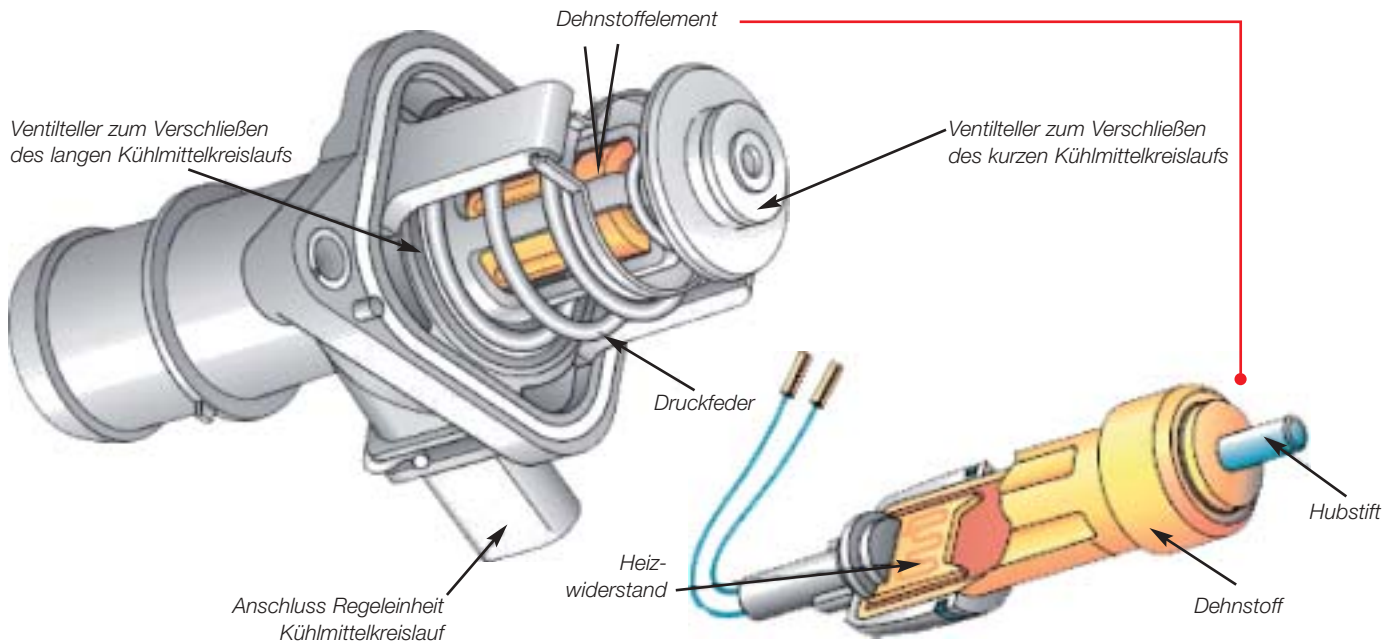
- Einbindung in den Kühlkreislauf durch minimale konstruktive Änderungen
- Kühlmittel-Verteilergehäuse und Thermostat sind eine Baueinheit
- Der Kühlmittelregler (Thermostat) am Motorblock entfällt
- Das Motorsteuergerät enthält zusätzlich die Kennfelder des elektronisch geregelten Kühlsystems

8.3 Kühlmittel-Verteilergehäuse



Das Kühlmittel-Verteilergehäuse ist anstelle des Anschlussstutzens direkt am Zylinderkopf angebaut. Es sollte in zwei Ebenen betrachtet werden. Von der oberen Ebene werden die einzelnen Bauteile mit Kühlmittel versorgt. Eine Ausnahme macht der Zulauf zur Kühlmittelpumpe. In der unteren Ebene des Verteilergehäuses ist der Kühlmittelrücklauf von den einzelnen Bauteilen angeschlossen. Ein senkrecht stehender Kanal verbindet die obere mit der unteren Ebene. Der Thermostat öffnet/schließt mit seinem kleinen Ventilteller den senkrechten Kanal. Das Kühlmittel-Verteilergehäuse ist praktisch die Verteilerstation des Kühlmittels zum großen oder kleinen Kühlkreislauf.

8.4 Kühlmittel-Regeleinheit



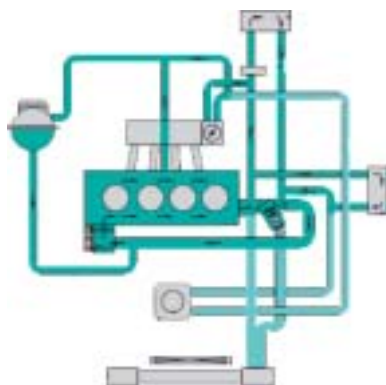
Die Funktionsbauteile:

- Dehnstoff-Thermostat (mit Wachselement)
- Widerstandsheizung im Wachselement
- Druckfedern zum mechanischen Verschließen der Kühlmittelkanäle, 1 großer und 1 kleiner Ventilteller

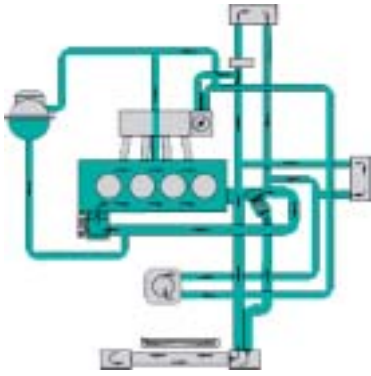
Die Funktion:

Das Dehnstoff-Thermostat im Kühlmittel-Verteilergehäuse ist ständig vom Kühlmittel umgeben. Das Wachselement regelt unbeheizt wie bisher, ist aber auf eine andere Temperatur ausgelegt. Über die Kühlmittel-Temperatur wird das Wachs flüssig und dehnt sich aus. Diese Ausdehnung bewirkt einen Hub am Hubstift. Sie erfolgt im Normalfall (ohne Bestromung) entsprechend dem neuen Temperaturprofil von 110°C Kühlmittel-Temperatur am Motoraustritt. Im Wachselement ist ein Heizwiderstand eingebettet. Wird dieser bestromt, erwärmt er das Wachselement zusätzlich und der Hub, also die Verstellung, erfolgt nun nicht allein in Abhängigkeit von der Kühlmittel-Temperatur, sondern so, wie das vom Motorsteuergerät nach Kennfeld vorgegeben wird.

8.5 Langer und kurzer Kühlmittelkreislauf



Wie bei den vorherigen Kreisläufen gibt es zwei Kreisläufe, die in diesem Fall gesteuert sind. Der kurze Kreislauf, bei Motor-Kaltstart und Teillast, dient zum schnellen Aufwärmen des Motors. Die kennfeldgesteuerte Motorkühlung wirkt noch nicht. Der Thermostat im Kühlmittel-Verteilergehäuse hat den Rücklauf vom Kühler gesperrt und den kurzen Weg zur Kühlmittelpumpe freigegeben. Der Kühler ist nicht in den Kühlmittelumlauf eingebunden.



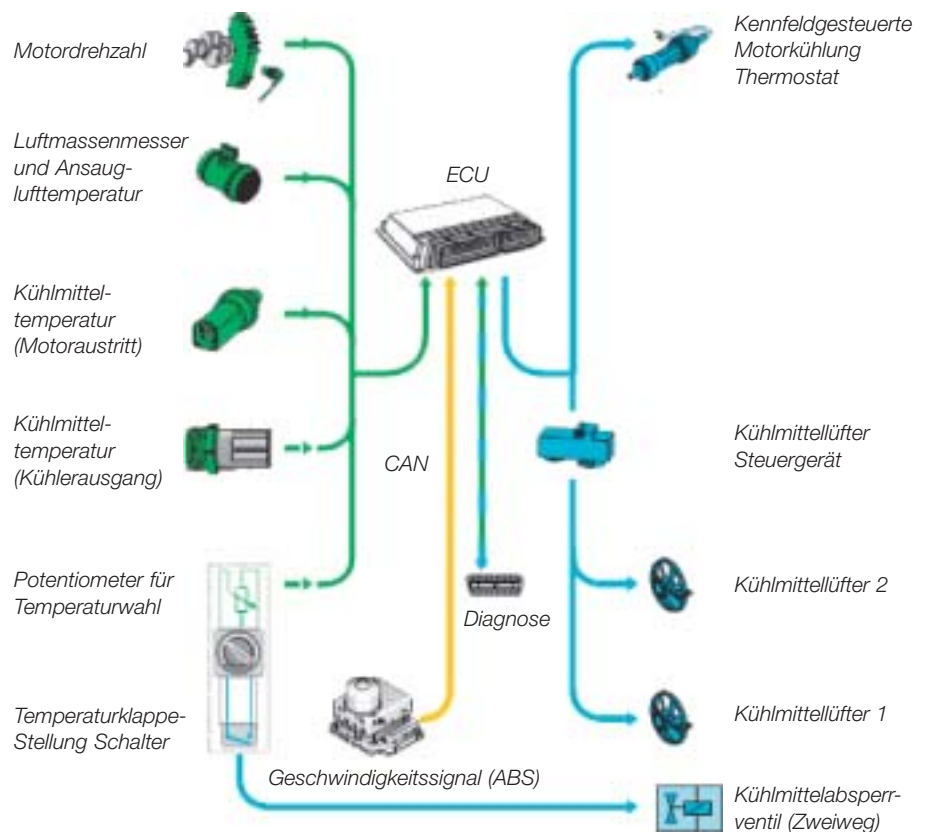
Der lange Kühlmittelkreislauf wird entweder durch das Thermostat im Kühlmittelregler nach Erreichen von ca. 110°C geöffnet oder je nach Last durch das Kennfeld. Der Kühler ist nun in den Kühlmittelkreislauf einbezogen. Zur Unterstützung der Kühlung durch den Fahrtwind oder im Leerlauf, werden Elektrolüfter nach Bedarf eingeschaltet.

8.6 Elektronische Steuerung: Übersicht

Das Motorsteuergerät wurde um die Anschlüsse für die Sensoren und Aktoren des elektronisch geregelten Kühlsystems erweitert:

- Bestromung des Thermostats (Ausgang)
- Kühlerücklauftemperatur (Eingang)
- Kühler-Lüftersteuerung (2 mal Ausgang)
- Potentiometer am Heizungsregler (Eingang)

Für alle weiterhin notwendigen Informationen werden die Sensoren der Motorsteuerung genutzt.

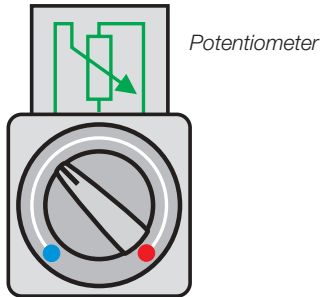


Die Berechnung der Funktionen zur Kennfeldtemperatur erfolgt jede Sekunde. Im Ergebnis der Funktionsberechnungen wird die Systemregelung eingeleitet:

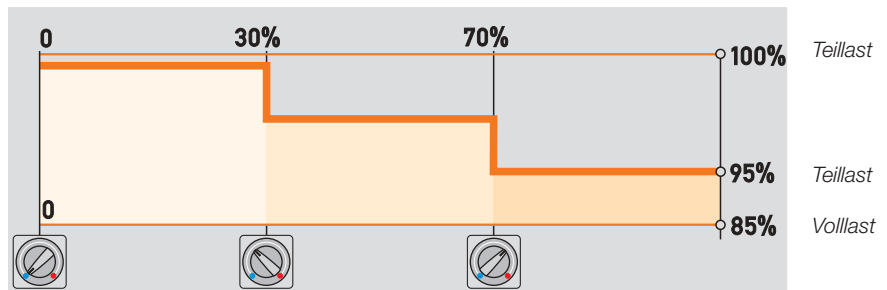
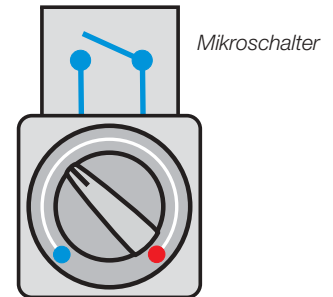
- Aktivieren (Bestromung) des Heizwiderstandes im Thermostat für kennfeldgesteuerte Motorkühlung zum Öffnen des langen Kühlkreislaufes (Regeln der Kühlmitteltemperatur).
- Ansteuern der Kühlerlüfter zur Unterstützung der schnellen Kühlmittel-Temperatursenkung.

8.7 Regulierung der Kühlmitteltemperatur bei Heizungswunsch

Die Kühlmitteltemperatur kann bei einer Fahrweise zwischen Teillast und Volllast zwischen 110°C und 85°C pendeln. Eine Temperaturdifferenz von 25°C würde sich bei eingeschalteter Heizung unangenehm im Innenraum des Fahrzeuges bemerkbar machen. Der Fahrer würde ständig nachregeln müssen. Durch das Potentiometer erkennt die Elektronik des Kühlsystems den Heizungswunsch des Fahrers und regelt dementsprechend die Kühlmitteltemperatur, z.B. ab Drehknopf-Stellung 70% = 95°C Kühlmitteltemperatur.

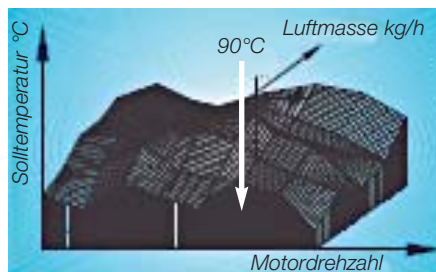


Ein Mikroschalter am Drehknopf für Temperaturwahl öffnet, sobald die Position ‚Heizung aus‘ verlassen wird. Dadurch wird ein pneumatisches Zweiwegeventil angesteuert, das wiederum durch Unterdruck das Kühlmittelabschaltventil für den Heizungswärmetauscher öffnet.

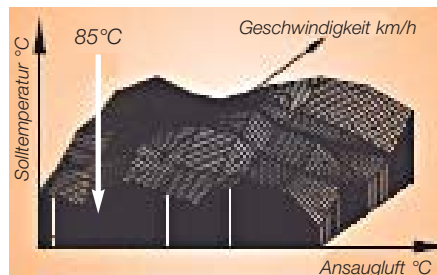


8.8 Kennfeld - Sollwerte

Die Ansteuerung des Thermostats für kennfeldgesteuerte Motorkühlung (großer oder kleiner Kühlkreislauf) wird über Kennfelder geregelt. Dort sind die entsprechenden Temperatursollwerte abgelegt. Entscheidend ist die Motorlast. Aus der Last (Luftmasse) und Drehzahl ergibt sich eine einzustellende Kühlmittel-Temperatur.



In einem zweiten Kennfeld sind Temperatursollwerte abgelegt, abhängig von der Geschwindigkeit und Ansauglufttemperatur. Daraus ergibt sich eine einzustellende Kühlmittel-Temperatur. Aus dem Kennfeldvergleich 1 zu 2 wird der jeweils niedrigere Wert als Sollwert verwendet und das Thermostat entsprechend eingestellt. Das Thermostat wird erst aktiv, wenn eine Temperaturschwelle überschritten wurde und die Kühlmittel-Temperatur dicht unterhalb des Sollwertes liegt.



8.9 Kühlmittel-Temperatur-sensor

Die Temperatursensoren arbeiten als NTC-Sensor. Die Kühlmittel-Temperatursollwerte sind im Motorsteuergerät als Kennfelder abgelegt. Die Istwerte der Kühlmittel-Temperatur werden im Kühlkreislauf an zwei verschiedenen Stellen abgenommen und als Spannungssignale dem Steuergerät mitgeteilt.



Motoraustritt Kühlmittel-Tempersensor

Kühlmittel-Istwert 1 - unmittelbar am Austritt des Kühlmittels am Motor im Kühlmittelverteiler.

Kühlmittel-Istwert 2 - am Kühler vor dem Austritt des Kühlmittels aus dem Kühler.

Signalverwendung: Der Vergleich zwischen den in den Kennfeldern abgelegten Soll-Temperaturen mit der Ist-Temperatur 1 ergibt das Tastverhältnis für die Bestromung des Heizwiderstandes im Thermostat. Der Vergleich zwischen den Kühlmittel-Istwerten 1 und 2 ist die Grundlage zur Ansteuerung der elektrischen Lüfter für Kühlmittel.

Ersatzfunktion: Bei Ausfall des Sensors (Motoraustritt) für die Kühlmittel-Temperatur wird mit einem festgelegten Ersatzwert von 95 °C die Kühlmittel-Temperaturregelung weitergeführt und die Lüfterstufe 1 dauerhaft aktiviert.

Bei Ausfall des Sensors (Kühlerausgang) für Kühlmittel-Temperatur bleibt die Regelung aktiv und die Lüfterstufe 1 dauernd aktiviert.

Bei Überschreiten einer bestimmten Temperaturschwelle wird die Lüfterstufe 2 aktiviert. Bei Ausfall beider Sensoren liegt maximale Spannung am Heizwiderstand an und die Lüfterstufe 2 ist dauernd aktiviert.

8.10 Kennfeldgesteuertes Thermostat

Im Wachselement des Dehnstoff-Thermostats ist ein Heizwiderstand eingebettet. Dieser erwärmt zusätzlich das Wachs, welches sich ausdehnt, wodurch der Hub „x“ des Hubstiftes nach dem Kennfeld erzeugt wird. Über den Hub „x“ ergibt sich die mechanische Verstellung des Thermostats. Angesteuert wird die Heizung vom Motorsteuergerät nach dem Kennfeld, über ein PWM-Signal (Puls-Weiten-Moduliert). In Abhängigkeit von der Pulsweite und der Zeit ergibt sich eine unterschiedliche Aufheizung.

Regel:

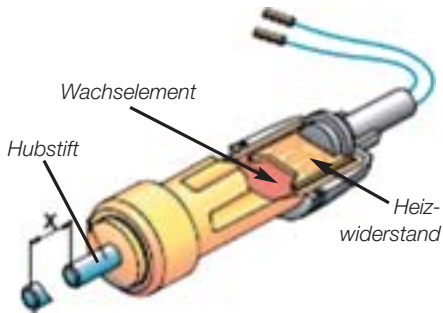
- PWM low (ohne Spannung) = hohe Kühlmittel-Temperatur
- PWM high (mit Spannung) = niedrige Kühlmittel-Temperatur

Fehlende Betriebsspannung:

- Regelung erfolgt nur mit Dehnstoffelement.
- Lüfterstufe 1 ist dauerhaft aktiviert.

Die Thermostatheizung dient nicht der Aufheizung des Kühlmittels, sie erwärmt gezielt = regelt das Thermostat zum Öffnen des großen Kühlmittelkreislaufes.

Bei Stillstand oder Startvorgang des Motors wird keine Spannung angelegt.



8.11 Zusammenfassung

Moderne Kühlsysteme sind viel technischer geworden - wie bei allen anderen Systemen, die heute im Automobil zu finden sind. Um die heutigen modernen Thermo-Management-Systeme zu verstehen und zu diagnostizieren, reichen Grundkenntnisse nicht mehr aus. Man benötigt Systemkompetenz, technische Unterlagen und die Fähigkeit logisch zu denken.

Früher gab es Motorkühlung, heute gibt es Thermo Management.

9. Technische Informationen

9.1 Ausgleichsbehälter

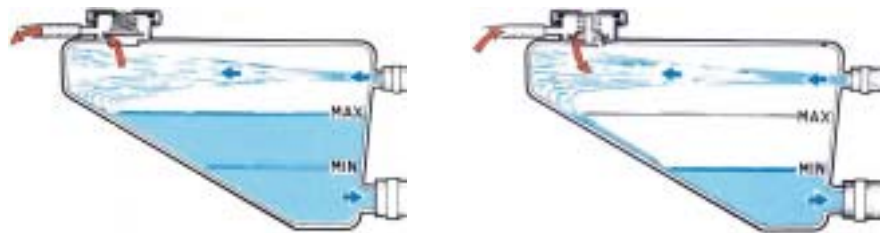
Allgemeines

Aufbau/Funktionsweise



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

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



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

Auswirkungen bei Ausfall

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

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

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

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

Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

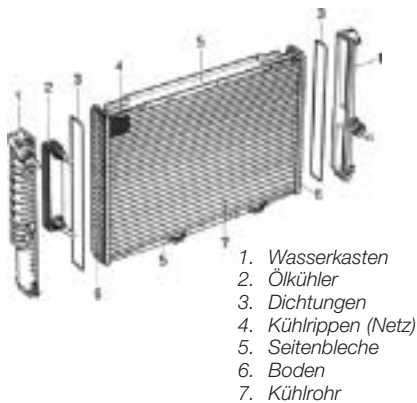
- Kühlmittelstand und Frostschutzgehalt prüfen
- Auf Verfärbung/Verunreinigung (Öl, Dichtmittel, Kalkablagerungen) des Kühlmittels achten
- Thermostat, Kühler, Wärmetauscher, Schlauchleitungen, und Schlauchverbindungen hinsichtlich Undichtigkeiten und Funktion kontrollieren
- Gegebenenfalls das Kühlsystem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

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

9. Technische Informationen

9.2 Kühlmittel-Kühler Allgemeines

Aufbau/Funktionsweise



Auswirkungen bei Ausfall



Kalkablagerungen

Fehlersuche



Ablagerungen durch Ölaustritt

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

Wichtigster Bestandteil eines Kühlmoduls ist der Kühlmittelkühler (KMK). Er besteht aus Kühlerblock und Wasserkasten, mit allen erforderlichen Anschlüssen und Befestigungselementen. Der Kühlerblock selbst wird aus dem Kühlernetz – einem Rohr/Rippen-System – den Rohrböden sowie den Seitenteilen zusammengesetzt.

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

Die Abkühlung des Kühlmittels erfolgt über die Kühlrippen (Netz). Die durch das Kühlernetz strömende Außenluft entnimmt dem Kühlmittel Wärme. Von der Bauart her, wird zwischen Fallstrom- und Querstromkühler unterschieden. Beim Fallstromkühler tritt das Wasser oben am Kühler ein und unten wieder aus. Beim Querstrom-Kühler tritt das Kühlwasser auf einer Seite des Kühlers ein und auf der anderen Seite wieder aus. Liegen beim Querstromkühler Einlauf und Auslauf auf der gleichen Seite, ist der Wasserkasten unterteilt. Der Kühler wird dann, im oberen und unteren Teil gegenläufig, vom Kühlmittel durchströmt. Querstrom-Kühler sind von der Bauart niedriger und kommen insbesondere in PKWs zum Einsatz.

Ein defekter Kühler kann sich wie folgt bemerkbar machen:

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

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

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

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

- Kühlmittel-Kühler auf äußere Verschmutzung prüfen, ggf. mit reduzierter Druckluft oder einem Wasserstrahl reinigen. Dabei nicht zu nah an die Kühlerlamellen kommen
- Kühler hinsichtlich äußerer Beschädigungen und Undichtigkeiten prüfen (Schlauchverbindungen, Bördelungen, Lamellen, Kunststoffgehäuse)
- Kühlmittel auf Verfärbung/Verunreinigung (z.B. Öl, durch defekte Kopfdichtung) und Frostschutzgehalt prüfen
- Kühlmitteldurchfluss prüfen (Verstopfung durch Fremdmaterialien, Dichtmittel, Kalkablagerungen)
- Messen der Kühlmittelintritts- und Kühlmittel-Austrittstemperatur mit Hilfe eines Infrarotthermometers (z.B. Behr Hella Service Art-Nr: 8PE 351 228-031)

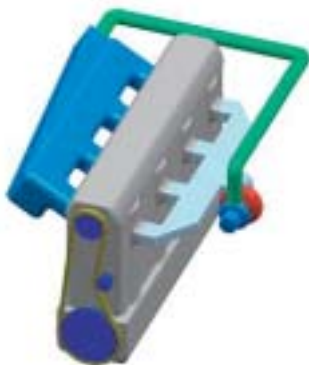
9.3 Ladeluftkühler Allgemeines



Aufbau/Funktionsweise



Direkte Ladeluftkühlung

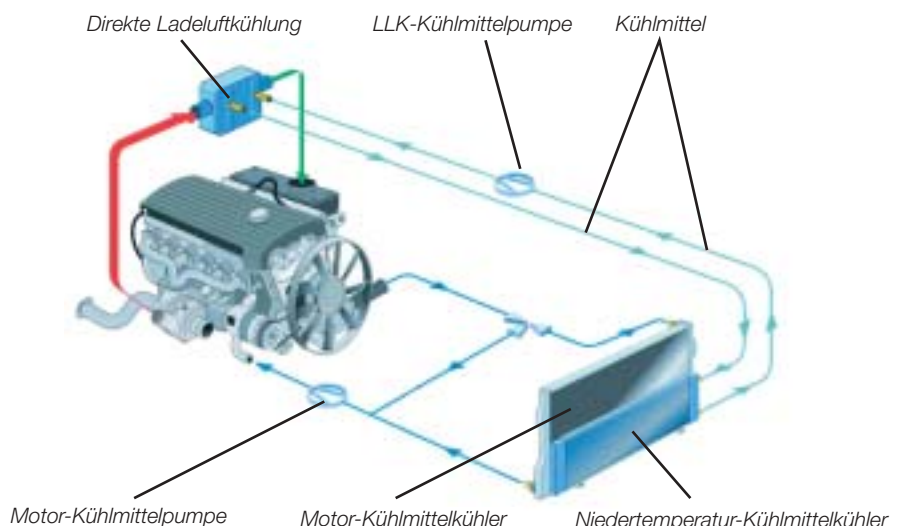


Indirekte Ladeluftkühlung/
Ansaugkrümmer mit integriertem LLK

Leistungssteigerung im gesamten Drehzahlbereich, niedriger Kraftstoffverbrauch, verbesserter Motorwirkungsgrad, Senken von Abgaswerten, thermische Entlastung des Motors - es gibt eine Vielzahl von Gründen die Verbrennungsluft aufgeladener Motoren mit Ladeluftkühlern zu kühlen. Grundsätzlich sind zwei Kühlungsarten zu unterscheiden. Die direkte Ladeluftkühlung, wo der Ladeluftkühler im Bereich des Vorderwagens verbaut ist und über die Umgebungsluft (Fahrtwind) gekühlt wird und die indirekte Ladeluftkühlung, wobei Kühlmittel den Ladeluftkühler durchströmt und die Wärme ableitet.

Vom Aufbau her, entspricht der Ladeluftkühler dem des Kühlmittelkühlers. Das abzukühlende Medium ist beim Ladeluftkühler (LLK) nicht Kühlmittel, sondern vom Turbolader kommende komprimierte heiße Luft (bis 150 °C). Grundsätzlich kann der Ladeluft durch die Außenluft oder dem Motor-Kühlmittel Wärme entzogen werden. Die Ladeluft tritt in den LLK ein und wird bei der direkten Ladeluftkühlung, vom Fahrtwind durchströmt und gelangt abgekühlt zum Ansaugtrakt des Motors. Beim kühlmittelekühlten LLK kann die Einbaulage des LLK fast frei gewählt werden, wobei auch das geringere Bauvolumen von Vorteil ist. So können beispielsweise bei der indirekten Ladeluftkühlung, der kühlmittelekühlte LLK und der Ansaugtrakt eine Einheit bilden. Ohne einen zusätzlichen Kühlkreislauf, kann die Ladeluft allerdings nur bis in die Nähe der Kühlmitteltemperatur abgesenkt werden.

Mit Hilfe eines gesonderten, vom Motor-Kühlmittelkreislauf unabhängigen LLK-Kühlmittel-Kreislaufs, lässt sich der Wirkungsgrad des Motors, durch Zunahme der Luftdichte, weiter steigern. Eingebunden in diesen Kreislauf, sind ein Niedertemperatur-Kühlmittelkühler und ein Ladeluft-Kühlmittelkühler. Die Ladeluft-Abwärme wird zuerst auf das Kühlmittel übertragen und dann im Niedertemperatur-Kühlmittelkühler an die Umgebungsluft abgeführt. Der Niedertemperatur-Kühler ist im Frontend des Fahrzeugs untergebracht. Da der Niedertemperatur-Kühler deutlich weniger Platz benötigt, als eine herkömmlicher luftgekühlter LLK, wird Raum im Frontend frei. Zudem entfallen die voluminösen Ladeluftleitungen.



9. Technische Informationen

Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter Ladeluftkühler kann sich wie folgt bemerkbar machen:

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

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

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

Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

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

9.4 Ölkühler Allgemeines

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

Aufbau/Funktionsweise



Diverse Ölkühler



Stapelscheiben-Ölkühler

Bei hoch belasteten Fahrzeugaggregaten reicht eine konventionelle Kühlung heute nicht mehr aus. So ist z.B. die Kühlung des Motoröls sehr ungleichmäßig, da sie von der Außentemperatur und dem Fahrtwind abhängig ist. Luftgekühlte Ölkühler, die im Luftstrom der Fahrzeugfront liegen, tragen zu einer ausreichenden Abkühlung der Öltemperatur bei. Flüssigkeitsgekühlte Ölkühler sind an den Kühlmittelskreislauf des Motors angeschlossen und bieten eine optimale Temperaturregelung. Hierbei durchströmt Kühlmittel den Ölkühler. Bei warmem Motor entzieht das Kühlmittel dem Öl Wärme und kühlt es ab. Bei kaltem Motor erwärmt sich das Kühlmittel schneller als das Öl und führt somit dem Öl Wärme zu. Dadurch erreicht das Öl schneller seine Betriebstemperatur. Ein schnelles Erreichen der Betriebstemperatur bzw. eine gleichbleibende Betriebstemperatur, ist besonders bei Automatik-Getrieben und Lenkhilfen von Bedeutung. Es besteht ansonsten die Gefahr, dass z.B. die Lenkung zu schwer- oder zu leichtgängig wird. Rohr-Kühler werden heute immer mehr durch kompakte Ganz-Aluminium Stapelscheiben-Kühler ersetzt. Diese bieten eine größere Flächenkühlung, bei gleichzeitig geringerem Bauraum und können an den verschiedensten Stellen im Motorraum angebracht werden. Ein defekter Ölkühler kann sich wie folgt bemerkbar machen:

Auswirkungen bei Ausfall

- Mangelhafte Kühlleistung
- Ölverlust
- Erhöhte Öltemperatur
- Verunreinigtes Kühlmittel

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

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

Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

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

9.5 PTC - Zusatzheizer Allgemeines



Bild 1

Durch den hohen Wirkungsgrad moderner, direkteinspritzender Motoren (z.B. TDI) reicht die Abwärme an kalten Tagen für eine schnelle Aufheizung des Fahrzeug-Innenraumes nicht mehr aus. Durch PTC-Zuheizer (Bild 1), die in Fahrtrichtung vor dem Wärmetauscher verbaut sind, wird eine schnellere Aufheizung des Innenraumes bewirkt. Sie bestehen aus mehreren temperaturabhängigen, elektrisch angesteuerten Widerständen. Ohne Verzögerung wird Energie aus dem elektrischen Bordnetz entnommen und direkt als Wärme, über den Gebläseluftstrom, an den Fahrzeug-Innenraum abgegeben.

Aufbau/Funktionsweise

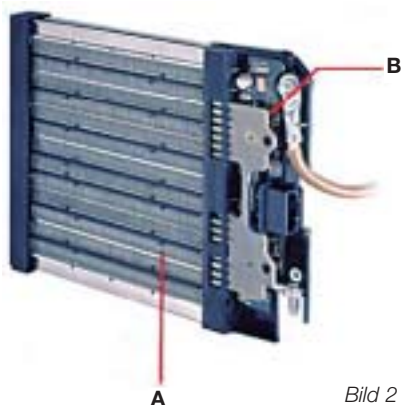
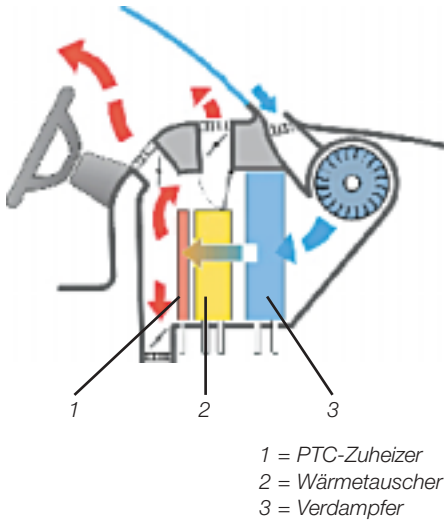


Bild 2

PTC-Elemente gehören zu den nichtlinearen Keramik-Widerständen. „PTC“ steht für „Positive Temperature Coefficient“, d.h. der elektrische Widerstand steigt mit der Temperatur des Elementes. Ganz genau stimmt das aber nicht, denn zunächst sinkt er mit steigender Temperatur. Die Widerstandskennlinie hat in diesem Bereich eine negative Temperaturcharakteristik. Erst wenn der minimale Widerstand erreicht ist, ändert sich die negative in eine positive Temperaturcharakteristik, d.h. mit weiter steigender Temperatur nimmt der Widerstand zuerst langsam ab und ab ca. 80 °C dann stark zu, und zwar so lange, bis die PTC-Heizelemente praktisch keinen zusätzlichen Strom mehr aufnehmen. An diesem Punkt beträgt die Oberflächentemperatur, wenn keine Luft durch den PTC-Heizer strömt, etwa 150 °C, die des Metallrahmens ca. 110 °C. Der PTC-Heizer besteht aus mehreren Heizelementen (Bild 2, Pos. A), einem Befestigungsrahmen, einem Isolationsrahmen und den Relais oder der Leistungselektronik (Bild 2, Pos. B).

9. Technische Informationen

Die Heizelemente setzen sich zusammen aus PTC-Keramiksteinen, Kontaktblechen, Anschlüssen und Aluminium-Wellrippen. Die Wellrippen vergrößern die wärmeabgebende Oberfläche der Kontaktbleche. Zur Steigerung des luftseitigen Wärmeübergangs sind die Wellrippen mit Schlitzfenstern versehen, den „Kiemen“. Durch den verbesserten Wärmeübergang kann die Einschaltstrom-Überhöhung gegenüber Zuheizern ohne „Kiemen“- Wellrippen deutlich verringert werden. Das hat den Vorteil, dass einzelne PTC-Stränge öfter zugeschaltet werden können. Der Heizer kann deshalb mit insgesamt höherer Leistung betrieben werden. Das Produktions-Know-how für die „Bekiemung“ stammt aus der Kühlerfertigung.



Der Zuheizer ist in der Heizungs-/Klimaeinheit, im Luftstrom direkt hinter dem konventionellen Wärmetauscher angeordnet, wodurch der Bauraumbedarf auf ein Minimum beschränkt wird. Bei niedrigen Außentemperaturen und kaltem Motor wird der PTC-Heizer zunächst nur von kalter oder vom Wärmetauscher leicht erwärmter Luft durchströmt. Temperatur und Widerstand der Heizelemente sind niedrig, die Heizleistung dagegen ist hoch. Mit dem Ansprechen der konventionellen Heizung steigen Lufttemperatur und Widerstand, entsprechend sinkt die Heizleistung. Bei einer Oberflächentemperatur eines PTC-Heizers, der mit 25 °C warmer Luft durchströmt wird, wird ein Volumenstrom von ca. 480 kg Luft pro Stunde erreicht. Das Heizungsnetz nimmt bei dieser Lufttemperatur eine Durchschnittstemperatur von 50 °C an.

Der Nennwiderstand der PTC-Elemente kann verschieden gewählt werden, entsprechend ändern sich Stromaufnahme und Leistung. Ein niedriger Nennwiderstand lässt im Betrieb eine hohe Heizleistung zu. Die Leistungen der PTC-Heizungen liegt zwischen 1 und 2 kW. Mit 2 kW ist die Leistungsgrenze des 12-V-Netzes (150 A bei 13 V) erreicht. Bei einem 42-V-Bordnetz wären höhere Leistungen möglich. Durch die geringe Masse und dadurch, dass die elektrisch erzeugte Wärme ohne Umwege direkt an den Luftstrom abgegeben wird, spricht die PTC-Heizung praktisch sofort an. Diese hohe Spontaneität ist das kennzeichnende Merkmal des PTC-Zuheizers. Da außerdem der Motor, infolge der zusätzlichen Belastung des Generators, schneller auf Betriebstemperatur kommt, spricht auch die konventionelle Heizung schneller an. Diese zusätzliche Heizleistung beträgt etwa zwei Drittel der Leistung des PTC-Heizers. Praktisch kann diese Heizleistung der PTC-Heizung zugerechnet werden.

Durch die charakteristische Widerstandskurve der PTC-Elemente wird verhindert, dass sich die PTC-Heizung überhitzt. Die Temperatur der Oberfläche des Metallrahmens liegt stets unter 110 °C. Zudem wird bei höheren Ausblastemperaturen des Wärmetauschers, die Leistung der PTC-Heizung zurück genommen. Durch eine Leistungselektronik lässt sich die PTC-Heizung in mehreren Stufen oder stufenlos regeln, so dass sie der benötigten Heizleistung oder der zur Verfügung stehenden elektrischen Leistung angepasst werden kann. Die Ansteuerung des PTC-Heizers erfolgt entweder extern mit Relais oder durch eine integrierte Regelung mit Leistungselektronik. Bei der Relais-Ansteuerung legt der Fahrzeughersteller fest, welche und wieviele Stufen zugeschaltet werden. Bei der im Zuheizer integrierten Regelung wird zwischen minimaler und hoher Funktionalität unterschieden. Bei minimaler Funktionalität werden die Stufen einzeln zugeschaltet.

Die Leistungselektronik schützt den Zuheizter gegen Überspannung, Kurzschluss und Verpolung. Eine Diagnosemöglichkeit ist bei dieser Regelung nicht vorgesehen. Bei der gestuften Regelung sind bis zu acht Stufen möglich. Die Ansteuerung erfolgt in Abhängigkeit von Stromverbrauch und Zuheizbedarf, d.h. dem gewünschten thermischen Komfort. Bei der Regelung mit hoher Funktionalität erfolgt die Ansteuerung der Leistungselektronik z.B. stufenlos durch den fahrzeugseitigen LIN- oder CAN-Bus. Dadurch kann der Strom, den das Bordnetz in jeder Situation zur Verfügung stellt, stets optimal für die Zuheizung ausgenutzt werden. Zusätzlich zur Sicherheit gegen Überspannung, Kurzschluss und Verpolung, enthält die Leistungselektronik mit hoher Funktionalität einen Überstromschutz pro Stufe, einen Schutz der Leiterplatte gegen Überhitzung und eine Spannungsüberwachung. Die Regelung mit hoher Funktionalität ist diagnosefähig.

Auswirkungen bei Ausfall

Ein defekter PTC-Zuheizer kann sich wie folgt bemerkbar machen:

- Verminderte Leistung der Heizung bei kaltem Motor
- Abspeichern eines Fehlercodes im Fehlerspeicher

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

- Elektrische Ansteuerung oder elektrische Anschlüsse des PTC-Zuheizers fehlerhaft
- PTC-Zuheizer defekt (Leistungselektronik, Widerstände)

Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

- Sicherung überprüfen
- Fehlerspeicher auslesen
- Messwertblöcke auslesen
- Elektrische Ansteuerung (Relais) überprüfen
- Elektrische Anschlüsse überprüfen

Über das sogenannte „Lastmanagement“, regelt das Bordnetzsteuergerät bei vielen Fahrzeugen den PTC-Zuheizer und schaltet diesen bei Überlastung des Bordnetzes auch ab. Der Status des Lastmanagements kann oftmals über die Messwertblöcke abgerufen werden. Bei Beanstandung der Heizleistung kann somit durch das Auslesen des Fehlerspeichers und der Messwertblöcke festgestellt werden, ob nicht eine Überlastung des Bordnetzes dazu geführt hat, dass der Zuheizter abgeschaltet wurde. Als Ursache einer Überlastung kommt auch ein defekter Zuheizter in Betracht.

9.6 Visco®-Kupplung Allgemeines

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

Aufbau/Funktionsweise

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

9. Technische Informationen

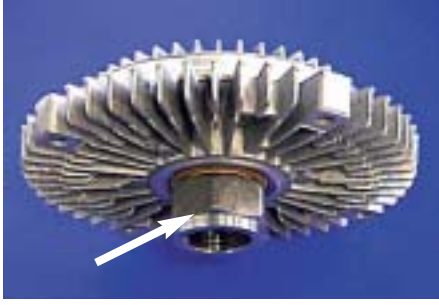


Bild 1

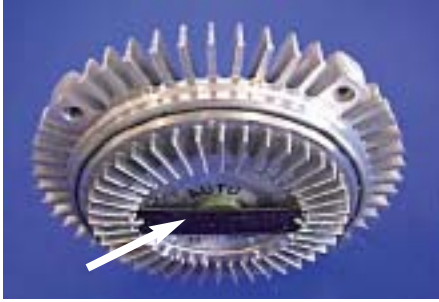
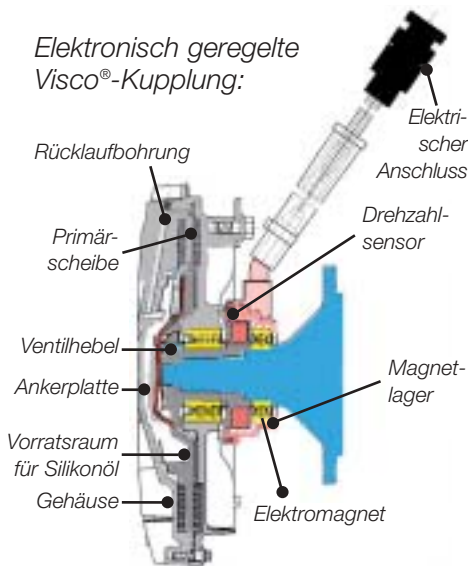


Bild 2

Auswirkungen bei Ausfall

Elektronisch geregelte Visco®-Kupplung:



Fehlersuche



Bild 3

Der Einschaltpunkt liegt bei ca. 80 °C. Bei der konventionellen Visco®-Kupplung trifft die Kühlerabluft auf ein Bimetall (Bild 2), dessen thermische Verformung das Öffnen und Schließen eines Ventils über einen Stift und Ventilhebel bewirkt. Abhängig von der Ventilstellung und damit der Ölmenge im Arbeitsraum, stellen sich die übertragbaren Drehmomente und Lüfterdrehzahlen ein. Die Öfüllmenge beträgt 30 – 50 ml (PKW). Auch bei vollständig gefülltem Arbeitsraum, besteht eine Differenz zwischen Antriebs- und Lüfterdrehzahl (Schlupf). Die dabei entstehende Wärme wird über die Kühlrippen an die Umgebungsluft abgeführt. Bei der elektronisch gesteuerten Visco®-Kupplung erfolgt die Regelung direkt über Sensoren. Ein Regler verarbeitet die Werte und ein getakteter Steuerstrom leitet sie zum integrierten Elektromagneten. Das definierte geführte Magnetfeld regelt über einen Anker das Ventil zur Steuerung des internen Ölflusses. Ein zusätzlicher Sensor für die Lüfterdrehzahl schließt den Regelkreis.

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

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

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

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

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

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

9.7 Visco®-Lüfter Allgemeines



Bild 1

Auswirkungen bei Ausfall



Bild 2

Zur Wärmeabfuhr bei NKW- und starken PKW-Motoren benötigt man neben leistungsfähigen Kühlern auch Lüfter und Lüfterantriebe, die Kühlluft besonders effizient bereitstellen. Visco®-Lüfter (Bild 1) bestehen aus einem Lüfterrad und einer Visco®-Kupplung. Sie kommen bei längseingebauten Motoren zum Einsatz und werden vor dem Kühler (Fahrtrichtung) verbaut und über einen Keilriemen oder direkt vom Motor angetrieben.

Das Lüfterrad (Bild 2) besteht meistens aus Kunststoff und ist mit der Visco®-Kupplung verschraubt. Anzahl und Stellung der Lüfterflügel variieren konstruktionsbedingt. Das Gehäuse der Visco®-Kupplung besteht aus Aluminium und verfügt über zahlreiche Kühlrippen (Bild 3). Die Regelung des Visco®-Lüfters kann durch eine reine temperaturabhängige, selbstregelnde Bimetall-Kupplung erfolgen. Regelgröße hierbei ist die Umgebungstemperatur des Kühlmittel-Kühlers. Eine andere Variante stellt die elektrisch angesteuerte Visco®-Kupplung da. Diese wird elektronisch geregelt und elektromagnetisch betätigt. Zur Regelung werden hierbei die Eingangsgrößen verschiedener Sensoren herangezogen. Weitere Informationen können Sie der technischen Information zur Visco®-Kupplung entnehmen.



Bild 3

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

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

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

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

Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

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

9. Technische Informationen

9.8 Wärmetauscher Allgemeines



Bild 1

Aufbau/Funktionsweise

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

Der Wärmetauscher besteht, wie auch der Kühlmittel-Kühler, aus einem mechanisch gefügten Rohr/Rippen-System. Der Trend geht auch hier zur Ganz-Aluminium-Bauweise. Der Wärmetauscher wird vom Kühlmittel durchflossen. Die Durchflussmenge wird meistens von mechanisch oder elektrisch angesteuerten Ventilen geregelt. Die Aufheizung der Innenraumluft erfolgt über die Kühlrippen (Netz) des Wärmetauschers. Der Luftstrom, den das Innenraum-Gebläse bzw. der Fahrtwind erzeugt, wird durch den von heißem Kühlwasser durchströmten Wärmetauscher geleitet. Dadurch erwärmt sich die Luft und gelangt dann weiter in den Fahrzeuginnenraum.

Auswirkungen bei Ausfall



Bild 2

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

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

Als Ursache dafür kommen in Betracht:

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

Fehlersuche

Prüfschritte zur Fehlererkennung:

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

Behr Hella Service GmbH
Dr.-Manfred-Behr-Straße 1
74523 Schwäbisch Hall, Germany
Tel.: 01 80-5-25 50 44
Fax: 0 79 07-94 46-3 73 79
Internet: www.behrhellaservice.com

