

---

## 2091/11 DE

Ersatz für:  
0199-99-12091/10



## Vorschrift für Kühlflüssigkeit

**Gültig für: CG132, CG170, CG260**

Der 11. Austausch erfolgt wegen:

- Aktualisierung der freigegebenen Kühlsystemsenschutzmittel

Inhaltsverzeichnis:

- Allgemeine Informationen
- Kühlsysteme
- Kühlsystemsenschutzmittel
  - Chemische Korrosionsschutzmittel
  - Gefrierschutzmittel mit Korrosionsinhibitoren
- Aufbereitung der Kühlflüssigkeit
  - Kühlwasserbeschaffenheit
  - Beimischung von chemischen Korrosionsschutzmitteln
  - Beimischung von Gefrierschutzmitteln
- Grenzwerte der Kühlflüssigkeit
  - Motorkreis
  - Heizkreis
- Prüfen und Wechseln der Kühlflüssigkeit
- Reinigen des Kühlsystems
- Entsorgen der Kühlflüssigkeit
- Freigegebene Kühlsystemsenschutzmittel
  - Chemische Korrosionsschutzmittel
  - Gefrierschutzmittel mit Korrosionsinhibitoren

---

Impressum:  
Caterpillar Energy Solutions GmbH  
Servicedokumentation  
M. Granson  
Carl-Benz-Str. 1  
68167 Mannheim  
Deutschland  
Tel: +49 621 384-8455  
Fax: +49 621 384-8841  
Ausgabedatum:  
2014-03-21

Bemerkung:  
Die in dieser Unterlage genannten Teilenummern unterliegen nicht dem Änderungsdienst.  
Verbindlich für die Ersatzteilbestimmung ist ausschließlich die Ersatzteildokumentation.

Verteiler:  
- TR  
- Gemäß SIT 7010



2091/11 DE

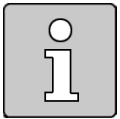
## Allgemeine Informationen



### Zerstörungsgefahr von Bauteilen

Durch nicht freigegebene KÜHLSYSTEMSCHUTZMITTEL

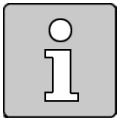
- Der Motor bzw. die Anlage darf nur mit den freigegebenen KÜHLSYSTEMSCHUTZMITTELN betrieben werden



Für die Einhaltung der beschriebenen KÜHLFLÜSSIGKEITSVORSCHRIFT ist ausschließlich der Betreiber verantwortlich.

Für Schäden, die durch Verwendung nicht freigegebener KÜHLSYSTEMSCHUTZMITTEL oder nicht bestimmungsgemäßen Betrieb entstehen, haftet der Motorenhersteller nicht.

Jeweilige länderspezifische, gesetzliche Bestimmungen sind vom Betreiber in eigener Verantwortung zu beachten.



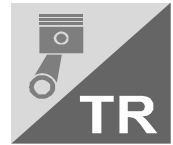
Alle Angaben in diesem Technischen Rundschreiben entsprechen dem derzeitigen Kenntnisstand. Bei Rückfragen wenden Sie sich an Ihren Caterpillar-Händler.

Das in diesem Rundschreiben genannte Kühlwasser ist Wasser mit einer geeigneten Beschaffenheit zur Aufbereitung der KÜHLFLÜSSIGKEIT ⇒ siehe Kapitel Kühlwasserbeschaffenheit.

Die KÜHLFLÜSSIGKEIT besteht aus Kühlwasser unter Zugabe von KÜHLSYSTEMSCHUTZMITTELN ⇒ siehe Kapitel Aufbereitung der KÜHLFLÜSSIGKEIT.

Die KÜHLFLÜSSIGKEIT muss für alle Komponenten im Motor (unterschiedliche Metalle, Elastomere) geeignet sein und den unterschiedlichen Anforderungen im Motorkühlkreis, Heizkreis und Gemischkühlkreis oder Ladeluftkühlkreis genügen. Hierfür ist eine entsprechende Beschaffenheit der KÜHLFLÜSSIGKEIT erforderlich, um Schäden insbesondere an dem Abgaswärmetauscher durch mangelhafte Qualität der KÜHLFLÜSSIGKEIT zu vermeiden ⇒ siehe Kapitel Grenzwerte der KÜHLFLÜSSIGKEIT.

Im Kapitel Freigegebene KÜHLSYSTEMSCHUTZMITTEL sind die Produkte aufgelistet, die als KÜHLSYSTEMSCHUTZMITTEL freigegeben sind.

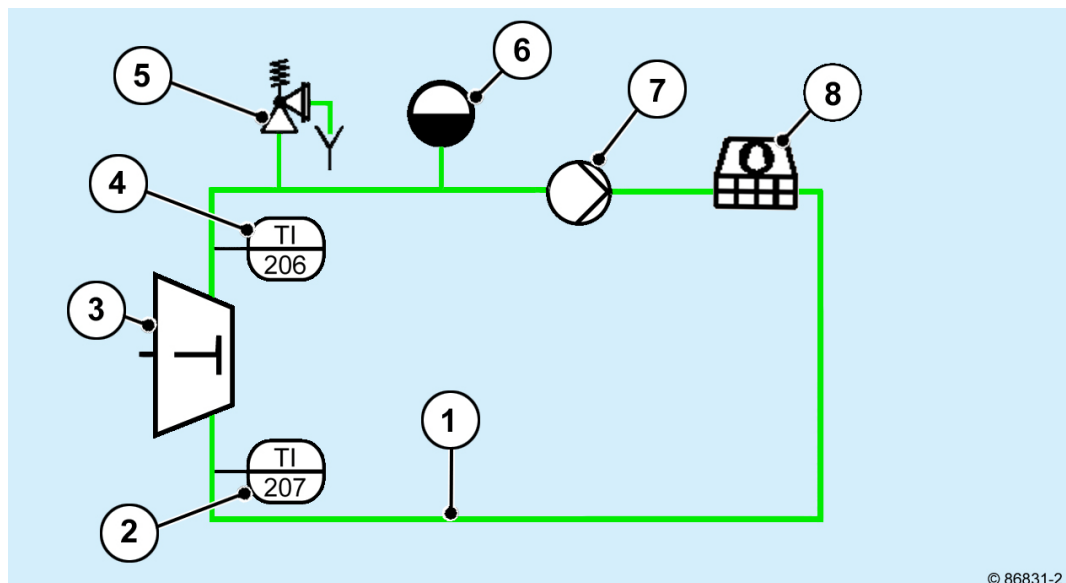


## Kühlsysteme

Je nach Anforderungen werden Kühlsysteme unterschiedlich ausgeführt.

Nachfolgend sind die Ausführungen von Kühlkreisläufen vereinfacht dargestellt:

A) Kühlsystem ohne Wärmenutzung:

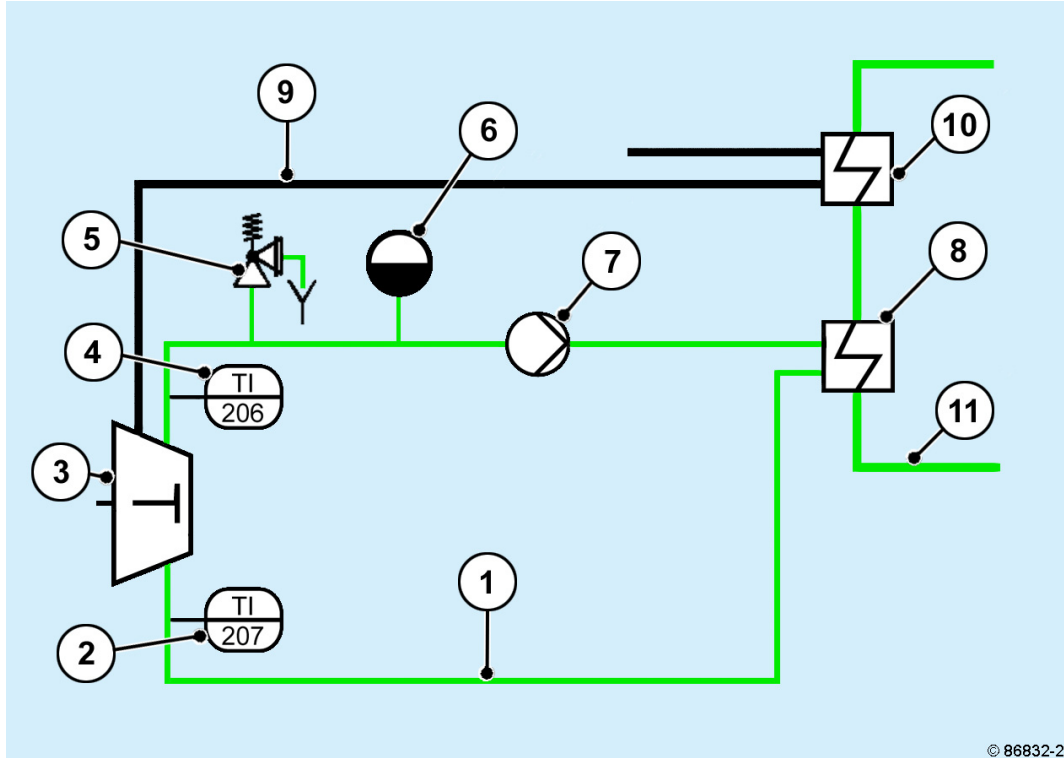


- 1 Motorkühlkreis
- 2 Temperaturfühler Motoreintritt
- 3 Motor
- 4 Temperaturfühler Motorausritt
- 5 Sicherheitsventil
- 6 Membranausdehnungsgefäß
- 7 Kühlflüssigkeitspumpe
- 8 Kühler



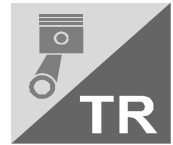
2091/11 DE

B) Kühlsystem mit Abgaswärmetauscher im Heizkreis:

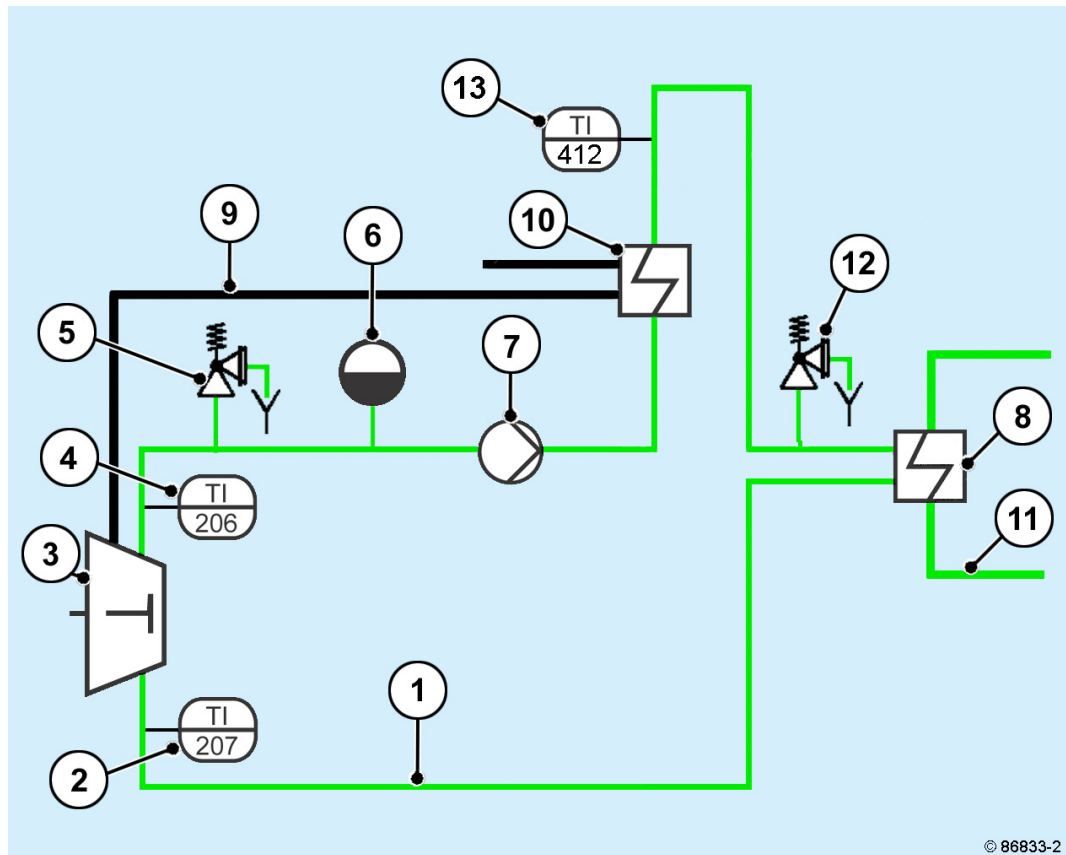


© 86832-2

- 1 Motorkühlkreis
- 2 Temperaturfühler Motoreintritt
- 3 Motor
- 4 Temperaturfühler Motorausritt
- 5 Sicherheitsventil
- 6 Membranausdehnungsgefäß
- 7 Kühlflüssigkeitspumpe
- 8 Wärmetauscher
- 9 Abgas
- 10 Abgaswärmetauscher
- 11 Heizkreis

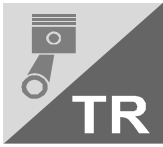


C) Kühlsystem mit Abgaswärmetauscher im Motorkühlkreis:



© 86833-2

- 1 Motorkühlkreis
- 2 Temperaturfühler Motoreintritt
- 3 Motor
- 4 Temperaturfühler Motorausritt
- 5 Sicherheitsventil
- 6 Membranausdehnungsgefäß
- 7 Kühlflüssigkeitspumpe
- 8 Wärmetauscher
- 9 Abgas
- 10 Abgaswärmetauscher
- 11 Heizkreis
- 12 Sicherheitsventil
- 13 Temperaturfühler Abgaswärmetauscher-Austritt



2091/11 DE

## Kühlsystemsenschutzmittel



### Zerstörungsgefahr von Bauteilen

Kühlsystemsenschutzmittel, die aus unterschiedlichen Ausgangsprodukten hergestellt wurden, dürfen nicht gemischt werden.

- Bei der Umstellung des Kühlkreislaufes auf ein anderes Produkt ist die Verträglichkeit der Produkte sicherzustellen. Gegebenenfalls muss das Kühlsystem vor der Umstellung gespült werden



### WARNUNG

#### Vergiftungsgefahr

Durch das Mischen von aminhaltigen und nitrithaltigen Mitteln  
Schwere Verletzungen oder Tod können die Folge sein

- Aminhaltige und nitrithaltige Mittel nicht mischen, da dabei krebserregende Nitrosamine entstehen

Bei den Systemschutzmitteln wird unterschieden zwischen:

- Chemischen Korrosionsschutzmitteln, die durch chemische Reaktionen einen Schutzfilm auf Metalloberflächen bilden und dadurch Schäden wie Korrosion und Kavitation am Kühlsystem verhindern, jedoch keinen Frostschutz bieten
- Gefrierschutzmitteln mit Korrosionsinhibitoren, die das Einfrieren der Kühlflüssigkeit vermeiden und zugleich einen Korrosionsschutz bieten

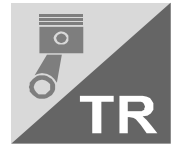
## Chemische Korrosionsschutzmittel

Chemische Korrosionsschutzmittel haben folgende Eigenschaften:

| Eigenschaften      |              |
|--------------------|--------------|
| Korrosionsschutz   | gut          |
| Kavitationsschutz  | befriedigend |
| Gefrierschutz      | keiner       |
| Pflegeaufwand      | gering       |
| Betriebssicherheit | gut          |

Chemische Korrosionsschutzmittel, die Silikate enthalten, können die Gleitringdichtungen der Kühlflüssigkeitspumpen beschädigen. Daher sind diese Mittel nicht bei den freigegebenen Produkten aufgelistet.

2091/11 DE



**Gefrierschutzmittel mit Korrosionsinhibitoren**

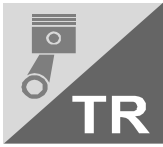
Bei der Verwendung von Gefrierschutzmittel reduziert sich der Wärmeübergangswert (Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit) der Kühlflüssigkeit.

Es ist sicherzustellen, dass das Kühlsystem dafür ausgelegt ist.

Gefrierschutzmittel mit Korrosionsinhibitoren haben folgende Eigenschaften:

| <b>Eigenschaften</b> |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| Korrosionsschutz     | gut                              |
| Kavitationsschutz    | befriedigend                     |
| Gefrierschutz        | abhängig vom Mischungsverhältnis |
| Pflegeaufwand        | gering                           |
| Betriebssicherheit   | gut                              |

Gefrierschutzmittel mit Korrosionsschutz werden verwendet, wenn Umgebungstemperaturen unter dem Gefrierpunkt auftreten können.



2091/11 DE

### Aufbereitung der Kühlflüssigkeit

Die Aufbereitung der Kühlflüssigkeit erfolgt durch Zumischen eines chemischen Korrosionsschutzmittels oder eines Gefrierschutzmittels mit Korrosionsinhibitoren zum Kühlwasser.

### Kühlwasserbeschaffenheit



#### Zerstörungsgefahr von Bauteilen

- Seewasser, Flusswasser, Brackwasser oder Industrieabwasser ist als Kühlwasser für Motoren und Anlagen nicht geeignet
- Je nach Aufbau des Kühlkreislaufes müssen die nachfolgend aufgeführten Grenzwerte bei der Aufbereitung des Kühlwassers beachtet werden

Angaben über die Wasserbeschaffenheit erteilen die örtlichen Wasserwerke oder können mit dem Testset für Kühlwasser oder in einem geeigneten chemischen Labor ermittelt werden.

Probeentnahme und Wasseranalyse müssen mit größter Sorgfalt und Genauigkeit durchgeführt werden.

Als Kühlwasser für Motoren und Anlagen darf ausschließlich klares und geruchsneutrales Wasser mit folgender Beschaffenheit verwendet werden:

#### Grenzwerte des Kühlwassers für die Kühlsysteme A und B ohne Abgaswärmetauscher

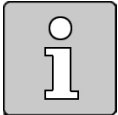
|  |                  |
|--|------------------|
| pH-Wert bei 25 °C                      | 6,5 bis 8,5      |
| Chlorid-Ionengehalt                    | maximal 100 mg/l |
| Sulfat-Ionengehalt                     | maximal 100 mg/l |
| Gesamthärte                            | 3 bis 12 °dH     |
| Karbonathärteanteil an der Gesamthärte | mindestens 3 °dH |

#### Grenzwerte des Kühlwassers für das Kühlsystem C mit Abgaswärmetauscher

|  |                  |
|--|------------------|
| pH-Wert bei 25 °C                      | 6,5 bis 8,5      |
| Chlorid-Ionengehalt                    | kleiner 20 mg/l  |
| Sulfat-Ionengehalt                     | maximal 100 mg/l |
| Gesamthärte                            | kleiner 1 °dH    |
| Karbonathärteanteil an der Gesamthärte | kleiner 1 °dH    |



2091/11 DE



Die Wasserhärte wird in Mol pro Liter, oder angesichts der geringen Konzentrationen in Millimol pro Liter (mmol/l) angegeben.

Die Maßeinheit Grad deutscher Härte (°dH) ist in Deutschland noch am gebräuchlichsten.

Die Umrechnung von Grad Deutscher Härte (°dH) in mmol/l erfolgt durch:

$$1 \text{ °dH} = 0,178 \text{ mmol/l}, \quad 1 \text{ mmol/l} = 5,6 \text{ °dH}$$

Bei Abweichung von den aufgeführten Grenzwerten erfolgt eine Aufbereitung des Kühlwassers wie folgt:

- pH-Wert zu niedrig:  
Zumischen von verdünnter Natron- oder Kalilauge.  
Hierbei ist ein Herstellen kleiner Probemischungen vor dem Zumischen empfehlenswert.
- Gesamthärte und/oder Karbonathärte zu niedrig:  
Mischen mit härterem Wasser  
Härteres Wasser ist üblicherweise in Form von Trinkwasser (Stadtwasser) verfügbar.
- Gesamthärte, Chloride und/oder Sulfate zu hoch:  
Mischen mit enthärtetem Wasser  
Enthärtetes Wasser ist destilliertes Wasser oder mit einem Ionentauscher behandeltes Wasser.

Nach dem Aufbereiten des Kühlwassers muss eine erneute Wasseranalyse durchgeführt werden.



2091/11 DE

**Beimischung von Chemischen Korrosionsschutzmitteln**



**Zerstörungsgefahr von Bauteilen**

- Eine Unterkonzentration des chemischen Korrosionsschutzmittels wirkt schädigend auf das Kühlsystem, insbesondere auf Aluminiumbauteile
- Die richtige Dosierung des chemischen Korrosionsschutzmittels beachten

Gemäß Arbeitskarte **B 9-0-4 Kühlsystem entleeren und befüllen** in der entsprechenden Betriebsanleitung wird das Korrosionsschutzmittel zuerst mit dem Kühlwasser vermischt und dann ins Kühlsystem eingefüllt.

Die notwendigen Konzentrationen des chemischen Korrosionsschutzmittels in Kühlkreisläufen werden nach den Angaben des Herstellers oder Lieferanten ermittelt.

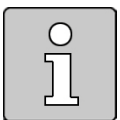
**Beimischung von Gefrierschutzmitteln mit Korrosionsinhibitoren**

Gemäß Arbeitskarte **B 9-0-4 Kühlsystem entleeren und befüllen** in der entsprechenden Betriebsanleitung wird das Gefrierschutzmittel zuerst mit dem Kühlwasser vermischt und dann ins Kühlsystem eingefüllt.

Die Kühlflüssigkeit muss nach der Aufbereitung auf den erforderlichen Gefrierschutz geprüft werden.

Der Gefrierschutz des Gefrierschutzmittels hängt von dem Mischungsverhältnis mit Kühlwasser ab:

| Gefrierschutzmittel | Kühlwasser | Gefrierschutz bis |
|---------------------|------------|-------------------|
| 35%                 | 65%        | -23 °C            |
| 40%                 | 60%        | -29 °C            |
| 45%                 | 55%        | -35 °C            |
| 50%                 | 50%        | -40 °C            |



Die Konzentration des Gefrierschutzmittels muss mindestens 35% betragen, um einen ausreichenden Korrosionsschutz sicherzustellen.

Bei Verwendung eines Gefrierschutzmittels mit Korrosionsinhibitoren zum Korrosionsschutz muss das Gefrierschutzmittel auch bei Außentemperaturen über dem Gefrierpunkt im Kühlsystem bleiben.



**Zerstörungsgefahr von Bauteilen**

- Reines Gefrierschutzmittel darf nicht ins Kühlsystem eingefüllt werden
- Sollte Gefrierschutz unter -40 °C erforderlich sein, wenden Sie sich an Ihren Caterpillar-Händler
- Die aufgeführten Grenzwerte der Kühlflüssigkeit müssen eingehalten werden

2091/11 DE



## Grenzwerte der Kühlflüssigkeit

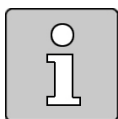
### Motorkühlkreis

#### Grenzwerte der Kühlflüssigkeit für die Kühlsysteme A und B ohne Abgaswärmetauscher im Motorkühlkreis

Wenn die Vorgaben für Kühlwasserqualität und Dosierung des Kühlsystemschutzmittels eingehalten werden, ist die Qualität der Kühlflüssigkeit ausreichend.

#### Grenzwerte der Kühlflüssigkeit für das Kühlsystem C mit Abgaswärmetauscher im Motorkühlkreis

|   |                          |
|---|--------------------------|
| pH-Wert bei 25 °C                           | 7,5 bis 8,5              |
| Chlorid-Ionengehalt                         | kleiner 20 mg/l          |
| Gesamthärte                                 | kleiner 1 °dH            |
| Füllvolumen                                 | maximal 2 m <sup>3</sup> |
| Temperatur beim Abgaswärmetauscher-Austritt | maximal 110 °C           |



Das Füllvolumen ist auf 2 m<sup>3</sup> begrenzt, um wärmestauende Ablagerungen durch ausfallendes Karbonat an den Grenzflächen des Abgaswärmetauschers zu vermeiden.

### Heizkreis

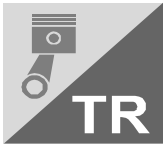


#### Zerstörungsgefahr von Bauteilen

- Die ausschließlich für Heizkreise aus Eisenwerkstoffen verwendbare Kühlflüssigkeit ist für den Motorkühlkreis nicht geeignet
- Für Schäden, die durch Verwendung dieser Kühlflüssigkeit im Motorkühlkreis entstehen, haftet der Hersteller nicht

#### Grenzwerte der Kühlflüssigkeit für den Heizkreis

|                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| pH-Wert bei 25 °C            | 9 bis 10,5          |
| elektrische Leitfähigkeit    | kleiner 0,1 mS/cm   |
| Sauerstoff (O <sub>2</sub> ) | kleiner 0,05 mg/l   |
| Chlorid                      | kleiner 20 mg/l     |
| Kupfer (Cu)                  | kleiner 0,05 mg/l   |
| Gesamt-Eisen (Fe)            | kleiner 0,05 mg/l   |
| Phosphat (PO <sub>4</sub> )  | 5 bis 10 mg/l       |
| Erdalkalien                  | kleiner 0,02 mmol/l |
| Gesamthärte                  | kleiner 0,1 °dH     |



2091/11 DE

## Prüfen und Wechseln der Kühlflüssigkeit

Das Kühlsystem muss in vorgegebenen Intervallen geprüft und gewartet werden. Dies beinhaltet u.a. die Kontrolle der Beschaffenheit der Kühlflüssigkeit und der Konzentrationen der Kühlsystemsenschutzmittel in Kühlsystemen, sowie das Nachfüllen und Wechseln der Kühlflüssigkeit.

Gemäß Arbeitskarte **B 9-1-1 Korrosions- oder Frostschutzmittelanteil in Kühlflüssigkeit prüfen** in der entsprechenden Betriebsanleitung muss das Kühlsystemsenschutzmittel in der Kühlflüssigkeit geprüft werden.

Bei Prüfung chemischer Korrosionsschutzmittel mittels Refraktometer sind die Vorgaben des Herstellers für die Umrechnung von % Brix zu Vol.% zu beachten.



Bei Prüfung der Kühlflüssigkeit sind die Herstellervorschriften des Kühlsystemsenschutzmittels zu beachten.

Alle Prüfungen müssen gemäß dem Wartungsplan durchgeführt und im Betriebstagebuch dokumentiert werden.

Unter folgenden Umständen muss die Kühlflüssigkeit ebenfalls gewechselt werden:

- Fremdwassereinbruch
- Schmieröleinbruch
- Auffälliger Trübung durch Korrosionsrückstände oder andere Schwebstoffe

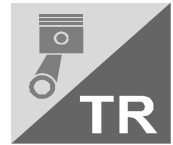


### Zerstörungsgefahr von Bauteilen

Durch nichtbeachten der Hinweise und Vorschriften zur Erzeugung und Verwendung von Kühlflüssigkeiten.

- Beim Nachfüllen der Kühlflüssigkeit muss das gleiche Produkt weiter verwendet werden
- Wenn ein Produktwechsel erforderlich ist, ist die Verträglichkeit der Produkte zu prüfen
- Bei einer Unverträglichkeit muss das gesamte Kühlsystem vor dem Produktwechsel gründlich gereinigt werden
- Der Motor bzw. die Anlage darf nur mit den freigegebenen Kühlsystemsenschutzmitteln betrieben werden

2091/11 DE

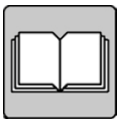


### Reinigen des Kühlsystems

Unter folgenden Umständen muss das komplette Kühlsystem gereinigt werden:

- Verschmutzungen
- Schmieröleinbruch
- Fremdwassereinbruch
- Produktwechsel (unverträgliche Produkte)
- Wartungsarbeiten

Dabei muss die komplette Kühlflüssigkeit abgelassen und das Kühlsystem mit einem freigegebenen Reinigungsmittel gespült werden.

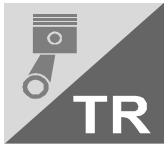


Weitere Informationen zu den Reinigungsmittel siehe

- Betriebsanleitung ⇒ Allgemein ⇒ Betriebsstoffvorschriften  
-Technisches Rundschreiben (TR) 2147 Vorschrift für Hilfsmittel

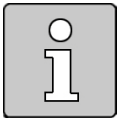
### Entsorgen der Kühlflüssigkeit

Die fachgerechte Entsorgung von Kühlflüssigkeit und Kühlsystemsenschutzmittel ist nach den jeweiligen länderspezifischen, gesetzlichen Bestimmungen und Angaben des Herstellers oder Lieferanten durch ein zugelassenes Entsorgungsunternehmen vorzunehmen.



2091/11 DE

### Freigegebene Kühlsystemsutzmittel

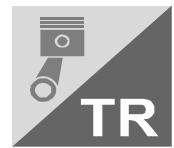


Manche Hersteller bieten fertige Mischungen für Kühlsysteme an. Wenn diese Mischungen den jeweils erforderlichen Anforderungen entsprechen, können diese verwendet werden.

### Chemische Korrosionsschutzmittel

| Gültig für:         | CG132, CG170, CG260                              |                                   |
|---------------------|--|-----------------------------------|
| Hersteller          | Produkt  | Zulässige Anwendungskonzentration |
| <b>Aqua Concept</b> | CORACON BL6                                      | 3,0 - 4,0 %                       |
| <b>Addinol</b>      | Protect Extra                                    | 5,0 - 7,5 %                       |
| <b>Arteco</b>       | Havoline XLI                                     | 5,0 - 7,5 %                       |
| <b>Caltex</b>       | Delo XLI Corrosion Inhibitor                     | 5,0 - 7,5 %                       |
| <b>Caterpillar</b>  | ELI - Extended Life Inhibitor                    | 5,0 - 7,5 %                       |
| <b>Chevron</b>      | Delo XLI Corrosion Inhibitor                     | 5,0 - 7,5 %                       |
| <b>Texaco</b>       | Ursa XLI Corrosion Inhibitor                     | 5,0 - 7,5 %                       |
|                     | Havoline Extended Life Corrosion Inhibitor (XLI) | 5,0 - 7,5 %                       |
| <b>Total</b>        | WT Supra   | 5,0 - 7,5 %                       |

2091/11 DE



**Gefrierschutzmittel mit Korrosionsinhibitoren**

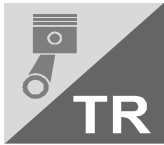


**Zerstörungsgefahr von Bauteilen**

Durch nichtbeachten der Hinweise und Vorschriften zur Erzeugung und Verwendung von Kühlfüssigkeiten.

- Durch unterschiedliche Zusammensetzungen der Gefrierschutzmittel mit Korrosionsinhibitoren sind diese in Produktgruppe 1 und 2 aufgeteilt (silikathaltig / silikatfrei)
- Produkte der Gruppe 1 dürfen nicht mit Produkten der Gruppe 2 gemischt werden

|                                      |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|
| <b>Gültig für:</b>                   | <b>CG132, CG170, CG260</b>   |
| <b>Produktgruppe 1 silikathaltig</b> |                              |
| <b>Hersteller</b>                    | <b>Produkt</b>               |
| <b>ARAL</b>                          | Antifreeze Extra             |
| <b>BASF</b>                          | Glysantin G48 / Protect Plus |
| <b>BayWa</b>                         | Tectrol Coolprotect          |
| <b>Castrol</b>                       | Radcool NF                   |
| <b>Classic</b>                       | Kolda UE G48                 |
| <b>Fuchs</b>                         | MAINTAIN FRICOFIN            |
| <b>INEOS</b>                         | Napgel C2270/1               |
| <b>Mobil</b>                         | Antifreeze Extra             |
| <b>OMV</b>                           | Coolant plus                 |
| <b>Shell</b>                         | Glyco Shell                  |
| <b>TOTAL</b>                         | Glacelf MDX                  |
| <b>Valvoline</b>                     | Zerex G48                    |



2091/11 DE

**Gültig für:** CG132, CG170, CG260

**Produktgruppe 2 silikatfrei**
**Hersteller**                      Produkt

**Addinol**

Antifreeze Extra

**Aqua Concept**

CORACON BF6

**ARTECO**

Havoline XLC

Havoline XLC-PG

**Caltex**

Extended Life Coolant

**Castrol**

Radicool SF

**Caterpillar**

ELC - Extended Life Coolant

**Chevron / Texaco**

Havoline Extended Life Coolant HELAC (ohne Nitrit und Molybdat)

Extended Life Coolant TELC (mit Nitrit und Molybdat)

DELO Extended Life Coolant/Antifreeze PG

**Fuchs**

Maintain Fricofin LL

**Gazpromneft**

G-Energy Antifreeze SNF

**Q8**

Antifreeze Long Life

**SWD Rheinol**

Antifreeze GW-12 Konzentrat

**TOTAL**

Glacelf CHP Supra

Glacelf Supra

**Service Information**

Dieses Dokument wurde digital erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.