



# Betriebsstoffvorschrift

Gasmotoren und Gasgeneratoraggregate

Gasmotor BR4000 – Marineanwendung

Gasmotor BR4000 – Generatoranwendung und Generatoraggregat

Gasmotor BR400 – Generatoraggregat

A001072/02D



A Rolls-Royce  
solution

© 2020 Copyright MTU

Diese Veröffentlichung einschließlich aller ihrer Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung oder Nutzung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der MTU. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Verbreitung, Bearbeitung, Übersetzung, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und/oder Verarbeitung in elektronischen Systemen, einschließlich Datenbanken und Online-Diensten.

Alle Informationen dieser Veröffentlichung stellen den zum Zeitpunkt des Erscheinens jeweils neuesten Stand dar. MTU behält sich das Recht vor, bei Bedarf Änderungen, Löschungen oder Ergänzungen der bereitgestellten Informationen oder Daten durchzuführen.

# Inhaltsverzeichnis

|       |  |    |  |  |
|-------|--|----|--|--|
| 1     | Vorwort  |    |  |  |
| 1.1   | Allgemeines  | 5  |  |  |
| 2     | Schmierstoffe  |    |  |  |
| 2.1   | Allgemeines  | 7  |  |  |
| 2.1.1 | Motoröl  | 7  |  |  |
| 2.1.2 | Motorölwechselintervalle   | 8  |  |  |
| 2.1.3 | Siliziumverbindungen im Brenngas   | 10 |  |  |
| 2.1.4 | Fluoreszierende Farbstoffe zur Erkennung von Leckagen im Schmierölkreislauf        | 11 |  |  |
| 2.1.5 | Schmierfette   | 12 |  |  |
| 2.1.6 | Schmierfette für allgemeine Anwendungen  | 13 |  |  |
| 2.2   | Gasmotor BR4000 - Generatoranwendung und Generatoraggregat - Marineanwendung       | 14 |  |  |
| 2.2.1 | Freigegebene Motoröle  | 14 |  |  |
| 2.2.2 | Schmierfette für Generatoren   | 16 |  |  |
| 2.2.3 | Getriebeöle  | 17 |  |  |
| 2.3   | Gasmotor BR400 - Generatoraggregat   | 18 |  |  |
| 2.3.1 | Freigegebene Motoröle  | 18 |  |  |
| 2.3.2 | Motorölwechselintervalle   | 21 |  |  |
| 2.3.3 | Schmierfette für Generatoren   | 23 |  |  |
| 3     | Kühlmittel   |    |  |  |
| 3.1   | Allgemeines  | 24 |  |  |
| 3.1.1 | Definition Kühlmittel  | 24 |  |  |
| 3.1.2 | Betriebsüberwachung / Kühlmittelaufbereitung                                       | 26 |  |  |
| 3.1.3 | Lagerstabilität der Kühlmittelkonzentrate  | 30 |  |  |
| 3.1.4 | Farbzusätze zur Erkennung von Leckagen im Kühlmittelkreislauf                      | 31 |  |  |
| 3.1.5 | Vermeidung von Schäden im Kühlsystem   | 32 |  |  |
| 3.1.6 | Ungeeignete Werkstoffe im Kühlmittelkreislauf                                      | 33 |  |  |
| 3.1.7 | Frischwasseranforderungen BR4000   | 34 |  |  |
| 3.1.8 | Frischwasseranforderungen BR400  | 35 |  |  |
| 3.2   | Gasmotor BR4000 - Marineanwendung  | 36 |  |  |
| 3.2.1 | Kühlmittel - Allgemeines   | 36 |  |  |
| 3.2.2 | Kühlmittel ohne Frostschutz - Konzentrate für leichtmetallfreie Kühlsysteme        | 37 |  |  |
| 3.2.3 | Kühlmittel ohne Frostschutz - Fertigmischungen für leichtmetallfreie Kühlsysteme   | 39 |  |  |
| 3.2.4 | Frostschutzmittel - Konzentrate für leichtmetallfreie Kühlsysteme                  | 40 |  |  |
| 3.2.5 | Frostschutzmittel - Konzentrate für besondere Anwendungen                          | 42 |  |  |
| 3.2.6 | Frostschutzmittel - Fertigmischungen für leichtmetallfreie Kühlsysteme             | 43 |  |  |
| 3.3   | Gasmotor BR4000 - Generatoranwendung und Generatoraggregat                         | 45 |  |  |
| 3.3.1 | Kühlmittel - Allgemeines   | 45 |  |  |
| 3.3.2 | Kühlmittel ohne Frostschutz - Konzentrate für leichtmetallhaltige Kühlsysteme      | 46 |  |  |
| 3.3.3 | Kühlmittel ohne Frostschutz - Fertigmischungen für leichtmetallhaltige Kühlsysteme | 47 |  |  |
| 3.3.4 | Frostschutzmittel - Konzentrate für leichtmetallhaltige Kühlsysteme                | 48 |  |  |
| 3.3.5 | Frostschutzmittel - Konzentrate für besondere Anwendungen                          | 51 |  |  |
| 3.3.6 | Frostschutzmittel - Fertigmischungen für leichtmetallhaltige Kühlsysteme           | 52 |  |  |
| 3.4   | Gasmotor BR400 - Generatoraggregat   | 54 |  |  |
| 3.4.1 | Freigegebene Kühlmittel  | 54 |  |  |
| 4     | Kraft-/Brennstoffe   |    |  |  |
| 4.1   | Allgemeines  | 55 |  |  |
| 4.1.1 | Verwendung von Kraft-/Brennstoffen   | 55 |  |  |
| 4.1.2 | Hauptbestandteile von Erdgas und Brenngasen biogenen Ursprungs                     | 56 |  |  |
| 4.1.3 | Liquid Natural Gas (LNG)   | 57 |  |  |
| 4.1.4 | Silizium- und Schwefelverbindungen im Brenngas                                     | 58 |  |  |
| 4.2   | Gasmotor BR4000 - Marineanwendung  | 59 |  |  |
| 4.2.1 | Allgemeines  | 59 |  |  |
| 4.2.2 | Anforderungen an das Brenngas  | 60 |  |  |
| 4.2.3 | Vorschrift für das Medium im Hüllraum der Gasleitung in der Marineanwendung        | 63 |  |  |
| 4.3   | Gasmotor BR4000 - Generatoranwendung und Generatoraggregat                         | 65 |  |  |
| 4.3.1 | Allgemeines  | 65 |  |  |
| 4.3.2 | Erdgas - Anforderungen an das Brenngas   | 66 |  |  |
| 4.3.3 | Biogas - Anforderungen an das Brenngas   | 69 |  |  |
| 4.4   | Gasmotor BR400 - Generatoraggregat   | 73 |  |  |
| 4.4.1 | Erdgas - Kraftstoffwerte   | 73 |  |  |
| 4.4.2 | Biogas - Kraftstoffwerte   | 74 |  |  |
| 4.4.3 | Störende Verunreinigungen  | 75 |  |  |
| 5     | Abgasmachbehandlungssystem   |    |  |  |
| 5.1   | Allgemeines  | 77 |  |  |
| 5.2   | NOx-Reduktionsmittel AUS 32 für SCR-Abgasmachbehandlungsanlagen                    | 78 |  |  |
| 5.3   | Abgaskondensat   | 80 |  |  |

|   |    |  |    |
|---|----|--|----|
| 6 Spül- und Reinigungsvorschrift für<br>Motorkühlmittelkreisläufe |    | 8.2 Anforderungen an das Heizwasser                            | 89 |
| 6.1 Allgemeines   | 81 | 9 Bestätigung Betriebsstoffe                                   |    |
| 6.2 Freigegebene Reinigungsmittel                                 | 82 | 9.1 Bestätigung durch den Betreiber von<br>Generatoraggregaten | 91 |
| 6.3 Motorkühlmittelkreisläufe spülen                              | 83 |  |    |
| 6.4 Motorkühlmittelkreisläufe reinigen                            | 84 | 10 Anhang A  |    |
| 6.5 Baugruppen reinigen   | 85 | 10.1 Abkürzungsverzeichnis                                     | 92 |
| 6.6 Kühlkreisläufe mit Bakterien-, Hefen-,<br>Pilzbefall          | 86 | 10.2 Umrechnungstabelle von SI-Einheiten                       | 93 |
| 7 Zuluft und Verbrennungsluft                                     |    | 10.3 Ansprechpartner/Service-Partner                           | 94 |
| 7.1 Allgemeines   | 87 | 11 Anhang B  |    |
| 8 Heizwasser  |    | 11.1 Index   | 95 |
| 8.1 Allgemeines   | 88 |  |    |

# 1 Vorwort

## 1.1 Allgemeines

Diese Betriebsstoffvorschrift enthält allgemeine Anweisungen für den ordnungsgemäßen und sicheren Betrieb Ihres Produkts vom Hersteller MTU.

### Begriffsdefinition MTU

Als MTU bezeichnet man die Rolls-Royce Power Systems AG und die MTU Friedrichshafen GmbH oder ein mit ihr verbundenes Unternehmen im Sinne von § 15 AktG oder ein von ihr beherrschtes Unternehmen (Joint Venture).

### Verwendete Symbole und Darstellungsmittel

Folgende, im Text hervorgehobene Anweisungen sind zu beachten:

#### Wichtig

Dieses Feld enthält wichtige oder nützliche Informationen zum Produkt für den Benutzer. Es weist auf Anweisungen, Arbeiten und Tätigkeiten hin, die einzuhalten sind, um die Beschädigung oder Zerstörung des Materials zu vermeiden.

#### Hinweis:

Ein Hinweis informiert darüber, wenn bei der Durchführung einer Arbeit etwas Besonderes zu beachten ist.

### Betriebsstoffe

Lebensdauer, Betriebssicherheit und Funktion der Antriebsanlagen sind in starkem Maße von den verwendeten Betriebsstoffen abhängig. Die richtige Auswahl und Pflege der Betriebsstoffe sind deshalb außerordentlich wichtig. Sie sind in diesen Betriebsstoffvorschriften festgelegt.

| Prüfnorm | Bezeichnung                                     |
|----------|---|
| DIN      | Deutsches Institut für Normung                  |
| EN       | Europäische Normung                             |
| ISO      | Internationale Norm                             |
| ASTM     | American Society for Testing and Materials      |
| IP       | Institute of Petroleum                          |
| DVGW     | Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. |

Tabelle 1: Prüfnormen für Betriebsstoffe

#### Wichtig

Freigegebene Betriebsstoffe dürfen nicht gemischt werden.

#### Wichtig

Der Kunde muss die Sicherheitsdatenblätter der jeweiligen Hersteller beachten.

### Aktualität der vorliegenden Druckschrift

Die Betriebsstoffvorschriften werden bei Bedarf geändert oder ergänzt. Vor Gebrauch sicherstellen, dass die aktuellste Version vorliegt. Die aktuellste Version ist aufrufbar unter:

<http://www.mtu-solutions.com>

Bei Fragen hilft Ihnen Ihr Ansprechpartner gerne weiter.

## Gewährleistung

Die Verwendung der freigegebenen Betriebsstoffe, entweder nach der namentlichen Nennung oder entsprechend der aufgeführten Spezifikation, ist Bestandteil der Gewährleistungsbedingungen.

Der Lieferant der Betriebsstoffe ist verantwortlich für die weltweit gleichbleibende Qualität der genannten Produkte.

### Wichtig

Betriebsstoffe für Antriebsanlagen können Gefahrenstoffe sein. Beim Umgang mit diesen Stoffen sowie bei deren Lagerung und Entsorgung sind gewisse Regeln zu beachten.

Diese Regeln ergeben sich aus den Herstellerangaben, gesetzlichen Bestimmungen und technischen Regelwerken, die in dem jeweiligen Land gültig sind. Da von Land zu Land große Unterschiede bestehen können, ist eine allgemeingültige Aussage über die zu beachtenden Regeln im Rahmen dieser Betriebsstoffvorschriften nicht möglich.

Der Anwender der hierin genannten Produkte ist daher verpflichtet, sich über die geltenden Bestimmungen selbst zu informieren. MTU übernimmt keine Haftung bei unsachgemäßer oder gesetzwidriger Verwendung der von ihr freigegebenen Betriebsstoffe.

Im Umgang mit Betriebsstoffen sind die „Regeln zum Umweltschutz“ zu beachten (siehe Betriebsanleitung, Sicherheitskapitel, Demontage und Entsorgung), da diese gesundheitsgefährdend und feuergefährlich sind.

Unsachgemäße Verwendung der Betriebsstoffe führt zur Belastung der Umwelt:

- Betriebsstoffe dürfen nicht in Erdboden oder Kanalisation gelangen.
- Gebrauchte Betriebsstoffe müssen der Altölverwertung oder Sondermüllentsorgung zugeführt werden.
- Gebrauchte Filtereinsätze und -patronen müssen der Sondermüllentsorgung zugeführt werden.

### Wichtig

Der Besteller / Betreiber trägt die Verantwortung für die Einhaltung der Kraft-/Brennstoffwerte.

## Konservierung

Alle Informationen zur Konservierung, Nach- und Entkonservierung inklusive der zugelassenen Konservierungsstoffe ist zu finden in den Konservierungs- und Nachkonservierungsvorschriften (Publikationsnummer A001070/...). Die aktuellste Version ist aufrufbar unter:

<http://www.mtu-solutions.com>

## 2 Schmierstoffe

### 2.1 Allgemeines

#### 2.1.1 Motoröl

Bei der Auswahl eines Motoröls für Gasmotoren ist die Gasart, mit der der Motor betrieben wird, von entscheidender Bedeutung. Der Gasmotor darf nur mit freigegebenem Motoröl betrieben werden.

Freigegebene Motoröle sind in folgenden Kapiteln angegeben:

- Für BR4000 (→ Seite 14)
- Für BR400 (→ Seite 18)

Ein wesentlicher Faktor ist der Anteil störender Verunreinigungen im Brenngas. Dies setzt vom Betreiber regelmäßige Gaskontrollen voraus. Die zu verwendenden Gasmotoröle zeichnen sich durch geringste mögliche Aschegehalte aus. Dadurch werden erhöhte Ascheablagerungen, die zur Leistungsminderung des Katalysators bzw. zu klopfender Verbrennung führen können, vermieden.

Beim Betrieb mit Biogas wird das Motoröl unter Umständen durch korrosive Verunreinigungen belastet, die bei der Verbrennung der enthaltenen Schadstoffe (Chlor-, Fluor- und Schwefelverbindungen) entstehen. Diese korrosiven Bestandteile können auch durch spezielle Additive im Motoröl nur begrenzt neutralisiert werden.

Korrosionsschäden an den ölgeschmierten Bauteilen des Motors können nur durch häufigeren Ölwechsel vermieden werden. Um Konzentrationsspitzen bei der Belastung durch korrosive Verunreinigungen besser puffern zu können, wird ein vergrößertes Motorölvolumen dringend empfohlen.

#### Wichtig

Verbrauchte Betriebsstoffe entsprechend den am Einsatzort geltenden Vorschriften entsorgen.

#### Wichtig

Für Gasmotoren ist die Viskositätsklasse SAE 40 vorgeschrieben.  
Mehrbereichsöle sind nicht zulässig.

#### Wichtig

Mischen von Motorölen ist grundsätzlich nicht zulässig.

#### Wichtig

Im Rahmen eines Motorölwechsels ist das Umölen unter gewissen Bedingungen bei jedem Ölwechsel möglich. Hierfür Service von MTU kontaktieren.

#### Wichtig

Bei Anwendungen mit Biogas, Klärgas oder Deponiegas ist die Ölmenge in der Motorölwanne nicht ausreichend. Ein größeres Ölvolumen ist erforderlich.

## 2.1.2 Motorölwechselintervalle

### Ölbetriebszeit für Gasmotoren

Die Ölbetriebszeit wird von der Qualität des Motoröls, seiner Pflege sowie von den Betriebsbedingungen und dem verwendeten Brennstoff beeinflusst.

Aus diesem Grund muss, abhängig vom Motorölvolumen, Gasart und der Baureihe, regelmäßig eine Ölprobe gezogen und die Ölanalyse mit den Grenzwerten aus Tabelle (→ Tabelle 2) verglichen werden. Die Ölproben müssen immer unter den gleichen Randbedingungen (betriebswarmer Motor) und an der dafür vorgesehenen Stelle (Entnahmestutzen am Ölfiltergehäuse) entnommen werden.

Wenn die Grenzwerte gemäß Tabelle (→ Tabelle 2) erreicht oder überschritten werden, muss sofort ein Ölwechsel durchgeführt werden.

Wenn ein erweitertes Ölvolumen verwendet wird, müssen die Grenzwerte für Verschleißelemente umgekehrt proportional zur Volumenvergrößerung reduziert werden. Die maximal zulässige Reduzierung der Grenzwerte für die Verschleißelemente beträgt 50 % vom Grenzwert aus Tabelle (→ Tabelle 2).

Feste Wechselintervalle ohne Ölanalysen sind nach Rücksprache mit MTU zulässig.

### Grenzwerte für gebrauchte Gasmotoröle SAE 40

|  | Prüfmethode                        | Grenzwerte BR4000      | Grenzwerte BR400   |
|--|------------------------------------|------------------------|--------------------|
| Viskosität bei 100 °C (mm <sup>2</sup> /s) | ASTM D445<br>DIN 51562             | max. 17,5<br>min. 11,5 | Neuölwert +30 % ** |
| Gesamtbasenzahl TBN (mgKOH/g)              | ASTM D2896<br>ISO 3771             | min. 2,5 und TBN > TAN | Neuölwert -60 % ** |
| Säurezahl, TAN (mgKOH/g)                   | ASTM D664                          | max. Neuölwert +2,5    | Auf Werksanfrage   |
| iph-Wert                                   | ASTM D7946                         | min. 4                 | min. 4             |
| Wasser (Vol.-%)                            | ASTM D6304<br>EN 12937<br>ISO 6296 | max. 0,2               | max. 0,2           |
| Glykol (mg/kg)                             | ASTM D2982                         | max. 100               | Auf Werksanfrage   |
| Oxidation (A/cm)                           | DIN 51453                          | max. 20                | max. 30            |
| Nitration (A/cm)                           | IR-Verfahren                       | max. 20                | max. 30            |
| Verschleißelemente (mg/kg):                | DIN 51399-1/-2                     |                        |                    |
| Eisen (Fe)                                 |                                    | max. 30                | max. 50            |
| Blei (Pb)                                  |                                    | max. 20                | max. 30            |
| Aluminium (Al)                             |                                    | max. 10                | max. 20            |
| Kupfer (Cu)                                |                                    | max. 20 ***            | max. 50            |
| Zinn (Sn)                                  |                                    | max. 5                 | max. 15            |
| Silicium (Si)                              |                                    | max. 15 *              | max. 10 *          |

\* Der Grenzwert für das Verschleißelement Si bezieht sich nur auf Erdgasbetrieb.

\*\* Neuölwert auf Werksanfrage

\*\*\* Während des 1. Ölwechsels (max. 3000 Bh) liegt der Grenzwert bei 50 ppm.

Tabelle 2: Grenzwerte für gebrauchte Gasmotoröle SAE 40

### Gebrauchtölanalyse

Die Ergebnisse der Ölanalysen müssen archiviert werden.

Aus den angegebenen Prüfmethoden und Grenzwerten (→ Tabelle 2) geht hervor, wann das Ergebnis einer einzelnen Ölprobeanalyse als anormal anzusehen ist. Ein anomales Ergebnis (z. B. erhöhter Ölverschleiß) erfordert eine unverzügliche Untersuchung und Behebung des festgestellten irregulären Betriebszustandes (z. B. Überprüfung der Gasaufbereitung bzw. Gasproben analysieren).

Die Grenzwerte beziehen sich auf einzelne Ölproben. Wenn die Grenzwerte erreicht oder überschritten werden, muss sofort ein Ölwechsel durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Ölanalyse lassen nicht unbedingt einen Rückschluss auf den Verschleiß bestimmter Bauteile und Komponenten zu.

Neben den analytischen Grenzwerten sind für einen Ölwechsel auch Zustand, Betriebszustand und eventuelle Betriebsstörungen des Motors und der Anlagenperipherie maßgebend.

## 2.1.3 Siliziumverbindungen im Brenngas

Siliziumverbindungen im Gas führen zu Belägen und fördern den Verschleiß. Auch Katalysatoren werden hierdurch deaktiviert. Es wird keine Gewährleistung für Schäden übernommen, die durch Siliziumverbindungen verursacht wurden.

### Siliziumbetriebswert $Si_B$

Bei Betrieb mit siliziumhaltigen Gasen muss explizit auf den Anstieg des Siliziumgehaltes im Öl geachtet werden. Hierfür den Siliziumbetriebswert  $Si_B$  mit Hilfe der nachfolgenden Formel berechnen.

$$Si_B = \text{Delta Si Ölanalyse B - A [ppm]} \times \frac{(\text{Ölfüllmenge} + \text{Nachfüllmenge}) [\text{Liter}]}{\text{erzeugte elektrische Arbeit [kWh]}}$$

Die Einhaltung des  $Si_B$  ist vom Betreiber mit Hilfe von Ölanalysen lückenlos nachzuweisen.

### Siliziumbetriebsgrenzwert $Si_{BG}$

Bei den Siliziumbetriebsgrenzwerten  $Si_{BG}$  wird der Betrieb mit oder ohne katalytische Abgasreinigung unterschieden.

| Betrieb                          | $Si_{BG}$       |
|----------------------------------|-----------------|
| Mit katalytischer Abgasreinigung | 0               |
| Ohne katalytische Abgasreinigung | < 0,01 (BR4000) |
| Ohne katalytische Abgasreinigung | < 0,02 (BR400)  |

Für den erforderlichen Einsatz von Oxydationskatalysatoren ist erfahrungsgemäß die Nichtnachweisbarkeit zu fordern ( $Si_B = 0$ ).

Dennoch kann es aufgrund der hohen Empfindlichkeit des Katalysators zu vorzeitigem Aktivitätsverlust vor allem beim Formaldehydumsatz kommen.

#### Wichtig

MTU schließt siliziumbedingte Schäden am Motor und Katalysator von der Gewährleistung aus.

### Beispiel zur Berechnung des Siliziumbetriebswerts $Si_B$

| Beispieldaten zur Berechnung des Siliziumbetriebswerts $Si_B$ |         |                 |
|---|---------|-----------------|
| Delta Si zwischen Ölanalyse A und B                           | 20      | ppm (mg/kg)     |
| Ölfüllmenge im Umlauf   | 800     | dm <sup>3</sup> |
| Nachgefüllte Ölmenge  | 200     | dm <sup>3</sup> |
| Erzeugte elektrische Arbeit zwischen Ölanalyse A und B        | 2000000 | kWh             |

$$Si_B = 20 [\text{ppm}] \times \frac{(800 + 200) [\text{dm}^3]}{2000000 [\text{kWh}]} = 0,01$$

## 2.1.4 Fluoreszierende Farbstoffe zur Erkennung von Leckagen im Schmierölkreislauf

Die nachfolgend aufgelisteten fluoreszierenden Farbstoffe sind freigegeben zur Erkennung von Leckagen im Schmierölkreislauf.

| Hersteller             | Produktbezeichnung                            | Anwendungskonzentration | Materialnummer | Gebindegröße                                | Lagerstabilität <sup>1)</sup> |
|------------------------|---|-------------------------|----------------|---|-------------------------------|
| Chromatech Europe B.V. | D5 1000A Chromatint<br>Fluorescent Yellow 175 | 0,04 % - 0,07 %         | X00067084      | 16 kg                                       | 2 Jahre                       |
| Cimcool, Cincinnati    | Producto YFD-100                              | 0,5% - 1,0 %            |                | 5 Gallonen (Kanister)<br>55 Gallonen (Fass) | 6 Monate                      |

Tabelle 3:

<sup>1)</sup> = Ab Werksauslieferung, bezogen auf original und luftdicht verschlossene Gebinde bei frostfreier Lagerung (> 5 °C).

Die Fluoreszenz ( hellgelber Farbton) beider Farbstoffe wird mit einer UV-Lampe (365 nm) sichtbar.

## 2.1.5 Schmierfette

### **Anforderungen**

Die MTU-Bedingungen für die Freigabe von Schmierfetten sind in der Liefernorm MTL 5050 festgelegt und unter dieser Nummer erhältlich.

Die Freigabe eines Schmierfettes wird dem Hersteller schriftlich bestätigt.

### **Schmierfette für allgemeine Anwendungen**

Für alle Fettschmierstellen lithiumverseifte Fette verwenden.

Ausnahmen sind:

- Verdichterbypass, eingebaut zwischen Abgasturbolader und Ladeluftkühler
- Innenzentrierungen von Kupplungen

### **Schmierfette für Anwendungen bei höheren Temperaturen**

Für Verdichterbypass, die zwischen Abgasturbolader und Ladeluftkühler eingebaut sind, muss hochtemperaturbeständiges Fett (bis 250 °C) verwendet werden:

- Aero Shell Grease 15
- Optimol Inertox Medium

Für Verdichterbypass, die vor dem Abgasturbolader oder nach dem Ladeluftkühler angeordnet sind, genügen die Schmierfette für allgemeine Anwendungen.

### **Schmierfette für Innenzentrierungen von Kupplungen**

Schmierfette für die Innenzentrierungen:

- Esso Unirex N 3 (temperaturbeständig bis ca. 160 °C)

### **Schmierstoffe für Sonderanwendungen (nur BR4000)**

#### **Öle für Abgasturbolader**

Im allgemeinen sind Abgasturbolader mit integrierter Ölversorgung am Motorschmieröl-Kreislauf angeschlossen.

Für ABB-Abgasturbolader, die nicht am Motorschmieröl-Kreislauf angeschlossen sind, sind Turbinenöle auf Mineralölbasis der Viskositätsklasse ISO-VG 68 zu verwenden.

#### **Schmierstoffe für Bogenzahnkupplungen**

Für Bogenzahnkupplungen sind zur Schmierung je nach Einsatzfall folgende Schmierstoffe freigegeben:

- Fa. Klüber: Structovis BHD MF (strukturviskoses Schmieröl)
- Fa. Klüber: Klüberplex GE 11-680 (Getriebehaftschmierstoff)

Die Anwendung des jeweiligen Schmierstoffes bzw. dessen Betriebszeiten sind in den einschlägigen Betriebsanleitungen bzw. Wartungsplänen festgelegt.

## 2.1.6 Schmierfette für allgemeine Anwendungen

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel "Schmierfette" (→ Seite 7)

| Hersteller                     | Markenname                | Anmerkungen |
|--------------------------------|---------------------------|-------------|
| Aral AG                        | Mehrzweckfett Arallub HL2 |             |
| BP p.l.c.                      | Energrease LS2            |             |
| Castrol Ltd.                   | Spheerol AP2              |             |
| Chevron                        | Multifak EP2              |             |
| SRS Schmierstoff Vertrieb GmbH | SRS Wiolub LFK2           |             |
| Shell Deutschland GmbH         | Shell Gadus S2 V220 2     |             |
| Total                          | Total Multis EP2          |             |
| Veedol International           | Multipurpose              |             |

*Tabelle 4:*

## 2.2 Gasmotor BR4000 - Generatoranwendung und Generatoraggregat - Marineanwendung

### 2.2.1 Freigegebene Motoröle

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel "Allgemeines" (→ Seite 7).

#### Motoröle für Gasmotoren BR4000

| Hersteller          | Markenname       | SAE Viskositätsklasse | Baumuster           |                   |                         |           |           |           | Bemerkung / Materialnummer   |
|---------------------|------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|--|
|                     |                  |                       | 4000L61 / L62 / L63 | 4000L64 / L64FNER | 4000L32 / L33 / L32FNER | 4000L32FB | 4000L62FB | 4000Mx5xN |  |
| MTU Friedrichshafen | GEO BG Power B2L | 40                    |                     |                   |                         | X         | X         |           | 20 l Gebinde:<br>X00072870<br>205 l Gebinde:<br>X00072871<br>IBC:<br>X00072872 |
|                     | GEO NG Power X2L | 40                    | X                   |                   |                         |           |           |           | 20 l Gebinde:<br>X00072874<br>205 l Gebinde:<br>X00072875<br>IBC:<br>X00072876 |
|                     | GEO NG Power X3L | 40                    | X                   | X                 | X                       |           |           | X         | 20 l Gebinde:<br>X00072877<br>205 l Gebinde:<br>X00072878<br>IBC:<br>X00072879 |

X = Freigabe für Baumuster

Tabelle 5: Motoröle für Gasmotoren BR4000

#### Wichtig

Zur Ermittlung der Motorölwechselintervalle müssen alle 250 Bh Ölproben entnommen und analysiert werden. Die Grenzwerte müssen eingehalten werden (→ Seite 8).

## Alternative Motoröle für Gasmotoren BR4000

| Hersteller                            | Markenname                                    | SAE Viskositätsklasse | Baumuster           |                   |                         |           |           |           |
|---------------------------------------|---|-----------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                                       |   |                       | 4000L61 / L62 / L63 | 4000L64 / L64FNER | 4000L32 / L33 / L32FNER | 4000L32FB | 4000L62FB | 4000Mx5xN |
| Addinol                               | MG 40 Extra LA                                | 40                    |                     |                   |                         | X         | X         |           |
|                                       | MG 40 Extra Plus                              | 40                    |                     |                   |                         |           | X         |           |
| BayWa AG                              | Tectrol MethaFlexx HC Premium                 | 40                    |                     |                   |                         | X         | X         |           |
| Castrol Ltd.                          | Castrol Duratec L                             | 40                    | X                   |                   | X *                     |           |           |           |
| Chevron (Texaco)                      | Geotex LA 40                                  | 40                    | X                   |                   | X *                     |           |           |           |
|                                       | HDAX 7200                                     | 40                    | X                   | X                 | X                       |           |           |           |
| Exxon Mobil Corporation               | Mobil Pegasus 705                             | 40                    | X                   |                   | X *                     |           |           |           |
|                                       | Mobil Pegasus 805 (55 Gallonen: 23538056)     | 40                    | X                   |                   | X *                     |           |           |           |
|                                       | Mobil Pegasus 1005 (55 Gallonen drum: 800019) | 40                    | X                   | X                 |                         |           |           | X         |
| Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH       | Titan Ganymet Ultra                           | 40                    |                     |                   |                         | X         | X         |           |
|                                       | Titan Ganymet LA                              | 40                    | X                   |                   |                         |           |           |           |
| NILS S.p.A.                           | Burian  | 40                    |                     |                   |                         |           | X         |           |
| Schnell Motoren GmbH                  | Schnell Protect Oil                           | 40                    |                     |                   |                         | X         | X         |           |
| Shell International Petroleum Company | Shell Mysella S3 N 40                         | 40                    | X                   |                   | X *                     |           |           |           |
|                                       | Shell Mysella S5 N 40                         | 40                    | X                   | X                 | X                       |           |           |           |
| SRS Schmierstoff Vertrieb GmbH        | SRS Mihagrün LA 40                            | 40                    | X                   |                   | X *                     |           |           |           |
| Total Deutschland                     | Nateria MH40                                  | 40                    | X                   |                   | X *                     |           |           |           |
|                                       | Nateria MJ40                                  | 40                    |                     |                   |                         |           | X         |           |
|                                       | Nateria MP40                                  | 40                    | X                   | X                 | X                       | X         | X         | X         |
| Petro-Canada Europe Lubricants Ltd.   | Sentron CG 40 (205 L Drum: 800262)            | 40                    |                     |                   |                         | X         | X         |           |
|                                       | Sentron LD 5000                               | 40                    | X                   |                   |                         |           |           |           |
|                                       | Sentron LD 8000 (205 L Drum: 800315)          | 40                    | X                   | X                 | X                       |           |           | X         |

X = Freigabe für Baumuster  
\* Bei der Verwendung dieser Motoröle verkürzt sich die Standzeit.

Tabelle 6: Alternative Motoröle für Gasmotoren BR4000

### Wichtig

Zur Ermittlung der Motorölwechselintervalle müssen alle 250 Bh Ölproben entnommen und analysiert werden. Die Grenzwerte müssen eingehalten werden (→ Seite 8).

## 2.2.2 Schmierfette für Generatoren

Die Lager werden werkseitig bei den Generatorherstellern vorgeschmiert.

Bei der Inbetriebnahme muss ein weiteres Schmiermittel eingebracht werden.

### Wichtig

Die Angabe direkt am Generator ist immer maßgebend.  
Herstellerangabe auf dem Generatortypenschild beachten.

Folgende Informationen werden herstellerseitig an den Generatoren angebracht:

- Zu verwendendes Schmierfett
- Schmiermenge
- Schmierintervall

Der gültige Wartungsplan muss beachtet werden.

Weitere Informationen sind den Herstellerunterlagen zu entnehmen.

### Wichtig

Während der ersten Betriebsstunden des Generators sollte die Temperatur der Lager überwacht werden.

### Wichtig

Eine nicht ausreichende Schmierung kann zur Übertemperatur und Schädigung der Lager führen.

## Schmierfette für Generatoren bei BR4000 Gas

| Generatorhersteller | Schmierfett (MTU-Materialnummer)              |
|---------------------|---|
| Leroy-Somer         | Shell Gadus S3 V220C2 (X00067217) *           |
|                     | Mobil Polyrex™ EM: grade NLGI 2 (X00071899) * |
| Cummins             | KLUEBER ASONIC GHY72 (09110145007)            |
| Hitzinger           | LUKOIL SIGNUM EPX2 (X00071900)                |

\* Ein Mischbetrieb der beiden Schmierfette ist gemäß Hersteller nicht möglich und somit nicht erlaubt. Herstellerangabe auf dem Generatortypenschild beachten.

## 2.2.3 Getriebeöle

### Freigegebene Schmieröle

Gilt nur bei 60 Hz Anwendungen.

| Hersteller / Lieferant | Bezeichnung  | SAE Viskositätsklasse | Bemerkung |
|------------------------|--|-----------------------|-----------|
| Mobil                  | Mobilgear SHC XMP320 (5 Gallonen: 800233 / (55 Gallonen: 800232) | 40                    | S         |
| Mobil                  | SHC 632 (5 Gallonen: 800235 / (55 Gallonen: 800234)              | 40                    | S         |
| Klüber                 | GEM4-320N  | 40                    | S         |
| Total                  | Carter SH320   | 40                    | S         |

**S = Synthetisches Schmieröl**

Tabelle 7: Freigegebene Schmieröle

#### Wichtig

Es sind nur synthetische Getriebeölsorten zulässig.

### Füllmengen

| Getriebetyp | Motor                  | Liter |
|-------------|------------------------|-------|
| GU 320      | 8V4000Lx<br>12V4000Lx  | 65    |
| GU 395      | 16V4000Lx<br>20V4000Lx | 92    |

Tabelle 8: Füllmengen

Der Prüflauf erfolgt bei MTU mit Mobil SHC 632.

MTU-Materialnummer:

- 09110149525 – Getriebeöl MOBIL SHC 632 (Fass)
- 09110149555 – Getriebeöl MOBIL SHC 632(Kanister)

Ölwechselintervalle:

- Siehe auch Wartungsplan von MTU und Bedienungsanleitung des Getriebeherstellers
- Erster Ölwechsel nach 500 Betriebsstunden, dann alle 6000 Betriebsstunden
- Regelmäßige Ölanalyse gemäß Wartungsplan

Das Getriebeöl im kalte Zustand genau bis zur Mitte des Schauglases auffüllen. Während des Betriebs sinkt der Ölstand am Schauglas zunächst ab, kann dann aber durch Temperaturexpansion über dieses ansteigen. Die Entlüftung erfolgt über die Labyrinthdichtung an den Wellen.

## 2.3 Gasmotor BR400 - Generatoraggregat

### 2.3.1 Freigegebene Motoröle

#### Motoröle für Saugmotoren BR400

| Hersteller / Lieferant | Markenname                     | SAE Viskositätsklasse | Bemerkung |      |
|------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------|------|
| MTU Friedrichshafen    | GEO NG POWER X2L <sup>2)</sup> | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |

Tabelle 9: Motoröle für Saugmotoren BR400

1) Zulassung begrenzt auf Motorumgebungstemperatur > +10 °C

2) 20 l Gebinde: X00072874 / 205 l Gebinde: X00072875 / IBC: X00072876

M Mineralisches Motoröl

E Erdgas

P Propangas

#### Alternativ Motoröle für Saugmotoren BR400

| Hersteller / Lieferant                | Markenname                    | SAE Viskositätsklasse | Bemerkung |      |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------|------|
| Addinol Lube Oil GmbH                 | ECO GAS 4000 XD               | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
|                                       | MG 40 Extra LA                | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
| AUTOL                                 | ELA 40                        | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
| AVIA AG                               | LA 40                         | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
|                                       | LA Plus 40                    | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
| Castrol                               | Duratec HPL                   | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
|                                       | Duratec XPL                   | 40 <sup>1)</sup>      | S         | E, P |
| Chevron Texaco                        | HDAX 7200                     | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
| BayWa AG                              | TECTROL Methaflexx HC Premium | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
|                                       | TECTROL Methaflexx NG         | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
| Eni Schmiertechnik GmbH               | Eni Geum 40                   | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
| ExxonMobil                            | SHC Pegasus 40                | 40 <sup>1)</sup>      | S         | E, P |
|                                       | Pegasus 605                   | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
|                                       | Pegasus 705                   | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
|                                       | Pegasus 805                   | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
|                                       | Pegasus 1005                  | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
|                                       | Pegasus 1107                  | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
| Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH       | Titan Ganymet LA              | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
|                                       | Titan Ganymet Ultra           | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
| Kuwait Petroleum                      | Q8 Mahler MA                  | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
| Petro-Canada Europe Lubricants Ltd.   | Sentron LD 5000               | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
|                                       | Sentron LD 8000               | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |
| Shell International Petroleum Company | Shell Mysella S5 N 40         | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P |

TIM-ID: 0000053541 - 006

| Hersteller / Lieferant                | Markenname            | SAE Viskositätsklasse | Bemerkung |   |   |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|---|---|
|                                       |                       |                       | M         | E | P |
| Shell International Petroleum Company | Shell Mysella S5 S 40 | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E | P |
| Total Deutschland                     | Total Nateria MP40    | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E | P |
| WIPA Chemicals International          | Ecosyn GE 4004        | 40 <sup>1)</sup>      | S         | E | P |

Tabelle 10: Alternativ Motoröle für Saugmotoren BR400

- 1) Zulassung begrenzt auf Motorumgebungstemperatur > +10 °C  
S Synthetisches Motoröl  
M Mineralisches Motoröl  
E Erdgas  
P Propangas

## Motoröle für Turbomotoren BR400

| Hersteller / Lieferant | Markenname                     | SAE Viskositätsklasse | Bemerkung |   |   |
|------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------|---|---|
|                        |                                |                       | M         | E | P |
| MTU Friedrichshafen    | GEO NG POWER X2L <sup>2)</sup> | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E | P |
|                        | GEO BG POWER B2L <sup>3)</sup> | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B | K |

Tabelle 11: Motoröle für Turbomotoren BR400

- 1) Zulassung begrenzt auf Motorumgebungstemperatur > +10 °C  
2) 20 l Gebinde: X00072874 / 205 l Gebinde: X00072876 / IBC: X00072875  
3) 20 l Gebinde: X00072870 / 205 l Gebinde: X00072872 / IBC: X00072871  
M Mineralisches Motoröl  
E Erdgas  
P Propangas  
B Biogas  
K für Katalysator geeignet

## Alternative Motoröle für Turbomotoren BR400

| Hersteller / Lieferant | Markenname                    | SAE Viskositätsklasse | Bemerkung |   |     |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------|---|-----|
|                        |                               |                       | M         | E | P   |
| AUTOL                  | BGJ 40                        | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B | K   |
|                        | ELA 40                        | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E | P   |
| AVIA AG                | HA 40                         | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B | K   |
|                        | LA 40                         | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E | P   |
|                        | LA Plus 40                    | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E | P   |
| Addinol Lube Oil GmbH  | ECO GAS 4000 XD               | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E | P   |
|                        | MG 40 Extra Plus              | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B | K   |
|                        | MG 40 Extra LA                | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E | P   |
| NILS                   | Burian                        | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B | K   |
| BayWA AG               | TECTROL Methaflexx D          | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B | K   |
|                        | TECTROL Methaflexx HC Plus    | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B | K   |
|                        | TECTROL Methaflexx HC Premium | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E | P   |
|                        | TECTROL Methaflexx HC Premium | 40                    | M         | B | SRK |
|                        | TECTROL Methaflexx NG         | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E | P   |

| Hersteller / Lieferant                | Markenname            | SAE Viskositätsklasse | Bemerkung |         |     |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|---------|-----|
|                                       |                       |                       |           |         |     |
| Castrol                               | Duratec HPL           | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
|                                       | Duratec XPL           | 40 <sup>1)</sup>      | S         | E, P    | K   |
| Chevron Texaco                        | Geotex LA 40          | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
|                                       | Geotex LF 40          | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B       | K   |
|                                       | HDAX 7200             | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
| Eni Schmiertechnik GmbH               | Eni Geum 40           | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
| ExxonMobil                            | SHC Pegasus 40        | 40 <sup>1)</sup>      | S         | E, P    | K   |
|                                       | Pegasus 605           | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
|                                       | Pegasus 610           | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B       | K   |
|                                       | Pegasus 705           | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
|                                       | Pegasus 710           | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B       | K   |
|                                       | Pegasus 805           | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
|                                       | Pegasus 1107          | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K;  |
| Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH       | Titan Ganymet         | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B       | K   |
|                                       | Titan Ganymet LA      | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
|                                       | Titan Ganymet Plus    | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B       | K   |
|                                       | Titan Ganymet Ultra   | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
|                                       | Titan Ganymet Ultra   | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B       | SRK |
| Hessol Lubrication GmbH               | Hessol Gasmotorenöl   | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B       | K   |
| Kuwait Petroleum                      | Q8 Mahler HA          | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B       | K   |
|                                       | Q8 Mahler MA          | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
| Petro-Canada Europe Lubricants Ltd.   | Sentron CG 40         | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B       | K   |
|                                       | Sentron LD 5000       | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
|                                       | Sentron LD 8000       | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
| Shell International Petroleum Company | Shell Mysella S5 N 40 | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
| Shell International Petroleum Company | Shell Mysella S5 S 40 | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P, B | K   |
| Total Deutschland                     | Total Nateria MJ40    | 40 <sup>1)</sup>      | M         | B       | K   |
| Total Deutschland                     | Total Nateria MP40    | 40 <sup>1)</sup>      | M         | E, P    | K   |
| WIPA Chemicals International          | Ecosyn GE 4004        | 40 <sup>1)</sup>      | S         | E, P    | K   |

Tabelle 12: Alternative Motoröle für Turbomotoren BR400

- 1) Zulassung begrenzt auf Motorumgebungstemperatur > +10 °C
- S Synthetisches Motoröl
- M Mineralisches Motoröl
- E Erdgas
- P Propangas
- B Biogas
- K für Katalysator geeignet
- SRK Schwefelresistenter Katalysator

## 2.3.2 Motorölwechselintervalle

### Mineralöl – Motorölsystem mit Ölabspritzung und Zusatzvolumen

Wenn das Zusatzvolumen wie z. B. 800 l für E3066Dx vergrößert wird, erhöht sich auch das Ölwechselintervall auf das 4-fache der Angabe für das Zusatzvolumen von 200 l.

Auch in diesen Fällen sind regelmäßige Ölanalysen erforderlich.

| Bezeichnung<br>Module / Aggregate mit Motor-<br>typ | Motorölsystem mit Ölabspritzung und Zusatzvolumen |                               |
|---|---|-------------------------------|
|   | Ölwechsel nach Betriebsstun-<br>den               | Min. Größe des Zusatzvolumens |
| E3066D1-D3  | 2500  | 200 l                         |
| E3066D4   | 3000  | 200 l                         |
| E3066Lx/Zx  | 1000  | 120 l                         |
| E3042D1-D3  | 1250  | 200 l                         |
| E3042D4   | 1500  | 200 l                         |
| E3042Lx/Zx  | 1000  | 200 l                         |
| E3042Lx/Zx  | 5000 (oder Ölanalyse)                             | 1000 l                        |
| B3066Lx/Zx  | 1000  | 200 l                         |
| B3042Lx/Zx  | 1000  | 300 l                         |

Tabelle 13: Mineralöl – Motorölsystem mit Ölabspritzung und Zusatzvolumen

### Mineralöl – Motorölsystem nur mit Frischölnachfüllung (ohne Ölabspritzung)

| Bezeichnung<br>Module / Aggregate mit Motor-<br>typ | Motorölsystem nur mit Frischölnachfüllung (ohne Ölabspritzung) |  |
|---|--|--|
|   | Ölwechsel nach Betriebsstun-<br>den                            | Empfohlene Größe Frischölbe-<br>hälter |
| E3066D1-D3  | 600  | 60 l                                   |
| E3066Lx/Zx  | 300  | 60 l                                   |
| E3042D1-D3  | 600  | 60 l                                   |
| E3042Lx/Zx  | 300  | 60 l                                   |

Tabelle 14: Mineralöl – Motorölsystem nur mit Frischölnachfüllung (ohne Ölabspritzung)

### Synthetiköl – Motorölsystem mit Ölabspritzung und Zusatzvolumen

Wenn das Zusatzvolumen wie z. B. 800 l für E3066Dx vergrößert wird, erhöht sich auch das Ölwechselintervall auf das 4-fache der Angabe für das Zusatzvolumen von 200 l.

Auch in diesen Fällen sind regelmäßige Ölanalysen erforderlich.

| Bezeichnung<br>Module / Aggregate mit Motor-<br>typ | Motorölsystem mit Ölabspritzung und Zusatzvolumen |                               |
|---|---|-------------------------------|
|   | Ölwechsel nach Betriebsstun-<br>den               | Min. Größe des Zusatzvolumens |
| E3066Lx/Zx  | 2000  | 200 l                         |
| E3042Lx/Zx  | 1000  | 160 l                         |
| E3042Lx/Zx  | 8000 (oder Ölanalyse)                             | 1000 l                        |

Tabelle 15: Synthetiköl – Motorölsystem mit Ölabspritzung und Zusatzvolumen

## Synthetiköl – Motorölsystem nur mit Frischölnachfüllung (ohne Ölabspritzung)

| Bezeichnung<br>Module / Aggregate mit Motor-<br>typ | Motorölsystem nur mit Frischölnachfüllung (ohne Ölabspritzung) |  |
|---|--|--|
|   | Ölwechsel nach Betriebsstun-<br>den                            | Empfohlene Größe Frischölbe-<br>hälter |
| E3066D1-D3  | 1250   | 50 l                                   |
| E3066D4   | 1500   | 50 l                                   |
| E3066Lx/Zx  | 600  | 50 l                                   |
| E3042D1-D3  | 1250   | 100 l                                  |
| E3042D4   | 1500   | 100 l                                  |
| E3042Lx/Zx  | 600  | 100 l                                  |

Tabella 16: Synthetiköl – Motorölsystem nur mit Frischölnachfüllung (ohne Ölabspritzung)

### 2.3.3 Schmierfette für Generatoren

#### Schmierfette für Generatoren BR400

| Generatorhersteller | Schmierfett            |
|---------------------|------------------------|
| Leroy-Somer         | Lebensdauer geschmiert |

**Wichtig**  
Herstellerangabe auf dem Generatortypenschild beachten.

# 3 Kühlmittel

## 3.1 Allgemeines

### 3.1.1 Definition Kühlmittel

#### Wichtig

Sicherstellen, dass Betriebsstoffe in entsprechend großen Auffangbehältern aufgefangen werden. Sicherheitsdatenblätter beachten und Betriebsstoffe nach länderspezifischen Vorgaben entsorgen.

Kühlmittel =

Kühlmittelzusatz (Konzentrat) + Frischwasser in vorgegebenem Mischungsverhältnis

- Einsatzfertig für die Anwendung im Motor

Frostschutzmittel =

Korrosionsinhibitor + Glykol + Additive + Wasser

- In den Vorgängerversionen der Betriebsstoffvorschriften wurde der Begriff "Korrosionsgefrierschutzmittel" verwendet. Zum besseren Verständnis wird der Begriff "Frostschutzmittel" verwendet.

Frostschutz ist erforderlich bei Motoren in Einsatzgebieten, in denen Temperaturen unter dem Gefrierpunkt auftreten können.

Der jeweilige Anwendungskonzentrationsbereich ist im Abschnitt Betriebsüberwachung angegeben.

Kühlmittel ohne Frostschutz =

Korrosionsinhibitor + Additive + Wasser

- In den Vorgängerversionen der Betriebsstoffvorschriften wurde der Begriff "wasserlösliche Korrosionsschutzmittel" verwendet. Diese Bezeichnung wird ab sofort durch die Bezeichnung "Kühlmittel ohne Frostschutz" ersetzt.

Von MTU freigegebene Kühlmittel haben gute Korrosionsschutzwirkung unter der Voraussetzung, dass sie in ausreichender Konzentration eingesetzt werden. Der jeweilige Anwendungskonzentrationsbereich ist im Abschnitt Betriebsüberwachung angegeben.

Freigegebene Kühlmittelzusätze sind in folgenden Kapiteln angegeben:

- Für BR4000 Gasmotor – Marineanwendung (→ Seite 37)
- Für BR4000 Gasmotor – Generatoranwendung und Generatoraggregat (→ Seite 46)
- Für BR400 Gasmotor – Generatoraggregat (→ Seite 54)

Bestehende Sondervereinbarungen bleiben weiterhin gültig.

#### Wichtig

In Verbindung mit messinghaltigen Kühlern dürfen keine nitrithaltigen Kühlmittelzusätze verwendet werden.

#### Wichtig

Bei jedem Kühlmittelwechsel auf ein anderes Produkt muss ein Spüllauf mit Wasser durchgeführt werden. Für Spül- und Reinigungsvorschriften für Motorkühlmittelkreisläufe, siehe (→ Seite 81).

#### Wichtig

In manchen Anwendungsgebieten ist die Verwendung von Frostschutzmitteln auf Propylenglykolbasis vorgeschrieben. Diese Produkte besitzen eine geringere Wärmeleitfähigkeit als die gebräuchlichen Ethylenglykolprodukte. Dadurch tritt im Motor ein erhöhtes Temperaturniveau auf. Für den Einsatz bei sehr niedrigen Temperaturen (< -40 °C) steht das Produkt BASF G206 zur Verfügung.

Eine korrosionsschützende Wirkung der Kühlmittel wird nur durch einen voll gefüllten Kühlkreislauf gewährleistet.

Nur die zugelassenen Korrosionsschutzmittel zur Innenkonservierung des Kühlkreislaufs bieten auch bei abgelassenem Medium einen ausreichenden Korrosionsschutz. Das heißt, dass nach Ablassen des Kühlmittels eine Konservierung des Kühlkreislaufs erfolgen muss wenn keine Kühlmittelneubefüllung erfolgt. Die Vorgehensweise ist in der Konservierungsvorschrift A001070/... beschrieben.

Die Kühlmittelfüllung muss aus geeignetem Frischwasser und einem von MTU freigegebenem, Kühlmittelzusatz aufbereitet werden. Die Aufbereitung des Kühlmittels muss außerhalb des Motors vorgenommen werden.

#### Wichtig

Mischungen verschiedener Kühlmittelzusätze sowie Zusatzadditive (auch in Kühlwasserfiltern und Filtern nach Anlagenkomponenten) sind nicht zugelassen.

#### Wichtig

Bei Fertigmischungen wird der Anteil an Kühlmittelzusatz (Konzentrat) immer zuerst genannt.  
Beispiel: Coolant AH 40/60 Antifreeze Premix = 40 Vol% Kühlmittelzusatz / 60 Vol% Frischwasser

### 3.1.2 Betriebsüberwachung / Kühlmittelaufbereitung

Die Vorabüberprüfung des Frischwassers und Überwachung des Kühlmittels sind für einen störungsfreien Motorbetrieb sehr wichtig. Die Überprüfung des Kühlmittels hat mindestens einmal jährlich bzw. bei jeder Befüllung zu erfolgen und kann mit Hilfe des MTU-Prüfkoffers durchgeführt werden. Der Prüfkoffer enthält alle hierfür erforderlichen Geräte, Chemikalien und eine Gebrauchsanweisung.

Folgende Untersuchungen können mit dem MTU-Prüfkoffer durchgeführt werden:

- Bestimmung der Gesamthärte (°d)
- Bestimmung des pH-Wertes
- Bestimmung des Chloridgehaltes bei Frischwasser
- Bestimmung der Frostschutzmittelkonzentration
- Bestimmung der Konzentration des Kühlmittels ohne Frostschutz

Die Untersuchung des Frischwassers und der Kühlmittel können bei MTU in Auftrag gegeben werden. Anzuliefern sind mindestens 0,25 l.

#### Zulässige Konzentrationen von Frostschutzmitteln

|   | Minimum  |           |           | Maximum   |
|---|--|-----------|-----------|-----------|
| Frostschutzmittel auf Ethylenglykolbasis          | 35 Vol.-%  | 40 Vol.-% | 45 Vol.-% | 50 Vol.-% |
| Mit Frostschutz bis*                              | -20 °C   | -25 °C    | -31 °C    | -37 °C    |
| BASF G206   | 65 Vol.-% zur Anwendung bei Außentemperaturen bis zu -65 °C in arktischen Regionen |           |           |           |
| * = Frostschutzangaben ermittelt nach ASTM D 1177 |  |           |           |           |

Tabelle 17: Zulässige Konzentrationen von Frostschutzmitteln

| Wichtig  |
|--|
| Nach Spülung des Motorkühlwasserkreislaufs darf die Konzentration des Frostschutzmittels 35 Vol.-% nicht unterschreiten. |

Frostschutzmittel werden dem Frischwasser in einer Konzentration von mindestens 35 Vol.-% beigemischt, wenn ein Frostschutz bis - 20 °C ausreichend ist. Wenn niedrigere Umgebungstemperaturen erwartet werden, muss die Konzentration entsprechend erhöht werden. Es darf keine Konzentration über 50 Vol.-% entstehen.

Gemische, in denen der Anteil des Frostschutzmittels unter 35 Vol.-% liegt, gewährleisten keinen ausreichenden Korrosionsschutz

Das aufbereitete Wasser im Sommer- und Winterbetrieb verwenden. Kühlmittelverluste so ausgleichen, dass die Frostschutzmittelkonzentration erhalten bleibt.

## Zulässige Konzentrationen – Kühlmittel ohne Frostschutz für alle Anwendungen

| Zulässiger Konzentrationsbereich | Hersteller                       | Markenname   | Ablesewert am Handrefraktometer <sup>1)</sup> bei 20 °C (= Brixzahl)<br>Vol.-% |     |     |     |     |     |
|----------------------------------|----------------------------------|--|--|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                  |                                  |  | 7  | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| 9 bis 11 Vol.-%                  | MTU Friedrichshafen              | Coolant CS 100 Corrosion Inhibitor Concentrate         | 3,5  | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
|                                  |                                  | Coolant CS 10/90 Corrosion Inhibitor Premix            | 3,5  | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
|                                  | MTU America                      | Power Cool® Plus 6000                                  | 3,5  | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
|                                  | Arteco                           | Freecor NBI  | Bitte Testkit des Herstellers verwenden  |     |     |     |     |     |
|                                  | BASF SE                          | Glysacorr G93 green                                    | 3,5  | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
|                                  | CCI Corporation                  | A 216  | 4,9  | 5,6 | 6,3 | 7,0 | 7,7 | 8,4 |
|                                  | CCI Manufacturing IL Corporation | A 216  | 4,9  | 5,6 | 6,3 | 7,0 | 7,7 | 8,4 |
|                                  | Chevron                          | Texcool A-200  | Bitte Testkit des Herstellers verwenden  |     |     |     |     |     |
|                                  | Detroit Diesel Corporation       | Power Cool Plus 6000                                   | 4,9  | 5,6 | 6,3 | 7,0 | 7,7 | 8,4 |
|                                  | Drew Marine                      | Drewgard XTA   | 3,5  | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
|                                  | ExxonMobil                       | Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor         | 4,9  | 5,6 | 6,3 | 7,0 | 7,7 | 8,4 |
|                                  | Ginouves                         | York 719   | 3,5  | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
|                                  | Old World Industries Inc.        | Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A 216) | 4,9  | 5,6 | 6,3 | 7,0 | 7,7 | 8,4 |
|                                  | Valvoline                        | Zerex G-93   | 3,5  | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |

<sup>1)</sup> = Konzentrationsermittlung mittels geeignetem Handrefraktometer

Tabelle 18: Zulässige Konzentrationen – Kühlmittel ohne Frostschutz für alle Anwendungen

Das Handrefraktometer mit klarem Wasser bei Kühlmitteltemperatur kalibrieren. Die Kühlmitteltemperatur sollte 20 °C betragen. Die Angaben des Herstellers beachten.

### Wichtig

Nach Spülung des Motorkühlwasserkreislaufs darf die Konzentration des Korrosionsmittels 9 Vol.-% nicht unterschreiten.

## Zulässige Konzentrationen – zusätzliche Kühlmittel ohne Frostschutz ausschließlich für Marine (leichtmetallfrei)

| Zulässiger Konzentrationsbereich  | Hersteller                  | Markenname  | Ablesewert am Handrefraktometer <sup>1)</sup> bei 20 °C (= Brixzahl)<br>Vol.-% |     |      |     |      |     |
|---|-----------------------------|---|--|-----|------|-----|------|-----|
|   |                             |   | 7  | 8   | 9    | 10  | 11   | 12  |
| 7 bis 11 Vol.-%   | Arteco                      | Havoline Extended Life Corrosion Inhibitor XLI [EU 32765] | 2,6  | 3,0 | 3,4  | 3,7 | 4,1  | 4,4 |
|   | Nalco                       | Alfloc (Maxitreat) 3443                                   | 1,75   | 2,0 | 2,25 | 2,5 | 2,75 | 3,0 |
|   |                             | Alfloc (Maxitreat) 3477                                   | 1,75   | 2,0 | 2,25 | 2,5 | 2,75 | 3,0 |
|   | PrixMax Australia Pty. Ltd. | PrixMax RCP   | 2,6  | 3,0 | 3,4  | 3,7 | 4,1  | 4,4 |
|   | Total                       | WT Supra  | 2,6  | 3,0 | 3,4  | 3,7 | 4,1  | 4,4 |
| 5 bis 6 Vol.-%  | Fleetguard                  | DCA-4L  | Bitte Testkit des Herstellers verwenden  |     |      |     |      |     |
| 3 bis 4 Vol.-%  | Detroit Diesel Corporation  | Power Cool 2000   | Bitte Testkit des Herstellers verwenden  |     |      |     |      |     |
|   | Nalco                       | Alfloc 2000   |  |     |      |     |      |     |
|   |                             | Nalco 2000  |  |     |      |     |      |     |
|   |                             | Nalcool 2000  |  |     |      |     |      |     |
|   |                             | Trac 102  |  |     |      |     |      |     |
| Penray  | Pencool 2000                |   |  |     |      |     |      |     |
| <sup>1)</sup> = Konzentrationsermittlung mittels geeignetem Handrefraktometer |                             |   |  |     |      |     |      |     |

Tabelle 19: Zulässige Konzentrationen – zusätzliche Kühlmittel ohne Frostschutz ausschließlich für Marine (leichtmetallfrei)

Das Handrefraktometer mit klarem Wasser bei Kühlmitteltemperatur kalibrieren. Die Kühlmitteltemperatur sollte 20 °C betragen. Die Angaben des Herstellers beachten.

## Zulässige Konzentrationen – Frostschutzmittel auf Ethylenglykolbasis

Die Konzentrationsermittlung erfolgt mittels geeignetem Glykolrefraktometer und direktem Ablesen des Skalenwerts in Vol.-%.

### Eichtabelle für Frostschutzmittel für besondere Anwendungen

| Ablesewert am Handrefraktometer bei 20 °C (=Brixzahl) |               | Entspricht einer Konzentration von |
|---|---------------|------------------------------------|
| I. Propylenglycol Frostschutzmittel                   | II. BASF G206 |                                    |
| 26,3  | 24,8          | 35 Vol.-%                          |
| 26,9  | 25,5          | 36 Vol.-%                          |
| 27,5  | 26,1          | 37 Vol.-%                          |
| 28,2  | 26,7          | 38 Vol.-%                          |
| 28,8  | 27,4          | 39 Vol.-%                          |
| 29,5  | 28,0          | 40 Vol.-%                          |
| 30,1  | 28,6          | 41 Vol.-%                          |
| 30,8  | 29,2          | 42 Vol.-%                          |

| Ablesewert am Handrefraktometer bei 20 °C (=Brixzahl) |               | Entspricht einer Konzentration von |
|---|---------------|------------------------------------|
| I. Propylenglycol Frostschutzmittel                   | II. BASF G206 |                                    |
| 31,3  | 29,8          | 43 Vol.-%                          |
| 31,9  | 30,4          | 44 Vol.-%                          |
| 32,5  | 30,9          | 45 Vol.-%                          |
| 33,1  | 31,5          | 46 Vol.-%                          |
| 33,7  | 32,1          | 47 Vol.-%                          |
| 34,2  | 32,6          | 48 Vol.-%                          |
| 34,8  | 33,2          | 49 Vol.-%                          |
| 35,3  | 33,8          | 50 Vol.-%                          |
|   | 34,4          | 51 Vol.-%                          |
|   | 34,9          | 52 Vol.-%                          |
|   | 35,5          | 53 Vol.-%                          |
|   | 36,1          | 54 Vol.-%                          |
|   | 36,7          | 55 Vol.-%                          |
|   | 37,2          | 56 Vol.-%                          |
|   | 37,8          | 57 Vol.-%                          |
|   | 38,3          | 58 Vol.-%                          |
|   | 38,9          | 59 Vol.-%                          |
|   | 39,4          | 60 Vol.-%                          |
|   | 39,9          | 61 Vol.-%                          |
|   | 40,5          | 62 Vol.-%                          |
|   | 41,0          | 63 Vol.-%                          |
|   | 41,5          | 64 Vol.-%                          |
|   | 42,0          | 65 Vol.-%                          |

Tabelle 20: Eich Tabelle für Frostschutzmittel für besondere Anwendungen

### Grenzwerte für Kühlmittel

| pH-Wert bei Verwendung von   |              |           |
|--|--------------|-----------|
| - Frostschutzmittel  | min. 7,5     | max. 9,0  |
| - Kühlmittel ohne Frostschutz für Motoren mit Leichtmetallanteilen | min. 7,5     | max. 9,0  |
| - Kühlmittel ohne Frostschutz für Motoren ohne Leichtmetallanteile | min. 7,5     | max. 11,0 |
| Silicium (gültig für Si-haltige Kühlmittel)                        | min. 25 mg/l |           |

#### Wichtig

Zur ganzheitlichen Beurteilung einer Kühlmittelfunktionalität sind neben den oben genannten Grenzwerten auch die jeweils kühlmittelspezifischen Kenndaten sowie die verwendete Frischwasserqualität zu berücksichtigen.

### 3.1.3 Lagerstabilität der Kühlmittelkonzentrate

Die Angabe der Lagerstabilität basiert auf original verschlossenen und luftdichten Gebinden bei einer Lager-temperatur bis max. 30 °C.

Herstellerangaben beachten.

| Kühlmittelkonzentrat           | Grenzwert   | Markenname / Bemerkungen  |
|--------------------------------|-------------|---|
| Frostschutzmittel              | ca. 3 Jahre | Herstellerangaben beachten  |
| Propylenglykolhaltige Produkte | 3 Jahre     | BASF G206   |
| Kühlmittel ohne Frostschutz    | 6 Monate    | Nalco Trac 102  |
|                                | 2 Jahre     | Arteco Freecor NBI<br>Chevron Texcool A-200<br>Detroit Diesel Corp. Power Cool 2000<br>Nalco Alfloc 2000<br>Nalco Nalcool 2000<br>Nalco Nalco 2000<br>Penray Pencool 2000<br>PrixMax RCP  |
|                                | 3 Jahre     | BASF Glyscorr G93 green<br>Drew Marine Drewgard XTA<br>Ginouves York 719<br>MTU Friedrichshafen Coolant CS100<br>MTU America Power Cool® Plus 6000<br>Nalco Alfloc (Maxitreat) 3477<br>Valvoline ZEREX G-93   |
|                                | 5 Jahre     | Arteco Havoline Extended Life Corrosion Inhibitor XLI [EU 032765]<br>CCI Corporation A216<br>CCI Manufacturing IL A216<br>Chevron Texaco Extended Life Corrosion Inhibitor Nitrite Free [US 236514]<br>Detroit Diesel Corp. Power Cool Plus 6000<br>ExxonMobil Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor Fleetguard DCA-4L<br>Old World Industries Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A216)<br>Total WT Supra |

Tabelle 21: Lagerstabilität der Kühlmittelkonzentrate

| Wichtig   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Lagerung darf aus Korrosionsschutzgründen nicht in verzinkten Behältern erfolgen. Dies ist bei etwaigen Umfüllerfordernissen zu berücksichtigen.</li> <li>• Behälter sind dicht verschlossen an einem kühlen, trockenen Ort zu lagern. Im Winter ist auf Frostschutz zu achten.</li> <li>• Weitere Informationen sind den Produkt- und Sicherheitsdatenblättern der einzelnen Kühlmittel zu entnehmen.</li> </ul> |

TIM-ID: 0000078631 - 002

### 3.1.4 Farbzusätze zur Erkennung von Leckagen im Kühlmittelkreislauf

Der nachfolgend aufgelistete fluoreszierende Farbstoff ist freigegeben als Zusatz für Kühlmittel ohne Frostschutz und Frostschutzmittel zur Erkennung von Leckagen.

| Hersteller                                   | Produktbezeichnung                | Materialnummer | Gebindegröße | Lagerstabilität <sup>1)</sup> |
|--|-----------------------------------|----------------|--------------|-------------------------------|
| Chromatech Inc.<br>Chromatech Europe<br>B.V. | D11014 Chromatint<br>Uranine Conc | X00066947      | 20 kg        | 2 Jahre                       |

Tabelle 22: Freigegebene Farbzusätze

<sup>1)</sup> = Bezogen auf original und luftdicht verschlossene Gebinde bei frostfreier Lagerung (> 5 °C)

#### **Anwendung:**

Es sind ca. 40 g Farbstoff auf 180 l Kühlmittel zuzugeben.

Diese Farbstoffmenge ist großzügig ausgelegt und nicht zu überschreiten.

Die Fluoreszenz (gelber Farbton) ist bei Tageslicht gut erkennbar. In dunklen Räumen kann UV-Licht mit einer Wellenlänge von 365 nm verwendet werden.

### 3.1.5 Vermeidung von Schäden im Kühlsystem

- Beim Nachfüllen (nach Kühlmittelverlust) ist darauf zu achten, dass nicht nur mit Wasser sondern auch mit Konzentrat nachgefüllt wird. Der vorgeschriebene Frostschutz bzw. Korrosionsschutz muss erreicht sein.
- Nicht mehr als 50 Vol.-% Frostschutzmittel verwenden. Die Gefrierschutzeigenschaft wird sonst verringert und die Wärmeabfuhr verschlechtert. Einzige Ausnahme: BASF G206 (besondere Anwendung)
- Das Kühlmittel darf keine Öl- oder Kupferrückstände (in fester oder gelöster Form) aufweisen.
- Derzeit zugelassene Korrosionsschutzmittel zur Innenkonservierung des Kühlkreislaufs sind überwiegend auf wässriger Basis und bieten keinen Frostschutz. Da nach Ablassen des Mediums noch eine Restmenge im Motor verbleibt, ist darauf zu achten, dass konservierte Motoren frostsicher gelagert werden.
- Ein Kühlmittelkreislauf kann i. d. R. nicht vollständig entleert werden, d. h. Restmengen an gebrauchtem Kühlmittel bzw. Frischwasser eines Spülvorgangs bleiben im Motor zurück. Diese Restmengen können bei einem einzufüllenden Kühlmittel (angemischt aus Konzentrat bzw. Verwendung einer Fertigmischung) einen Verdünnungseffekt hervorrufen. Dieser Verdünnungseffekt wird umso größer sein je mehr Anbauteile sich am Motor befinden. Auf eine Überprüfung und ggf. Anpassung der Kühlmittelkonzentration im Kühlmittelkreislauf ist zu achten.

#### Wichtig

Alle in dieser Betriebsstoffvorschrift freigegebenen Kühlmittel beziehen sich generell nur auf Kühlmittelkreise von MTU-Motoren / Systemen. Bei kompletten Antriebsanlagen ist zusätzlich die Betriebsstofffreigabe der Komponentenhersteller zu beachten.

#### Wichtig

Aus Korrosionsschutzgründen ist es nicht zulässig, einen Motor mit reinem Wasser, ohne Zusatz eines freigegebenen Korrosionsschutzinhibitors, in Betrieb zu nehmen.

### 3.1.6 Ungeeignete Werkstoffe im Kühlmittelkreislauf

#### **Bauteile aus Kupfer-, Zink- und Messingwerkstoffen**

Bauteile aus Kupfer-, Zink- und Messingwerkstoffen oder mit verzinkten Oberflächen im Kühlmittelkreislauf (inkl. Zu- und Ableitungen) können, wenn verschiedene Voraussetzungen nicht beachtet werden, in Verbindung mit unedleren Metallen (z. B. Aluminium), eine elektrochemische Reaktion bewirken. Infolge werden Bauteile aus unedleren Metallen von Korrosion oder gar Lochfraß befallen. Der Kühlmittelkreislauf wird an diesen Stellen undicht.

#### **Nichtmetallische Werkstoffe**

- Kein EPDM- und keine Silikonelastomere verwenden, wenn emulgierbare Korrosionsschutzöle verwendet werden bzw. sonstige Öle in den Kühlmittelkreislauf eingetragen werden.

#### **Kühlwasserfilter / Filter nach Anlagenkomponenten**

- Wenn derartige Filter verwendet werden dürfen nur Produkte eingesetzt werden, die keine Zusätze enthalten. Zusatzadditive wie Silikate, Nitrite usw. können die Schutzwirkung bzw. Lebensdauer eines Kühlmittels herabsetzen und ggf. zu einem Angriff der im Kühlwasserkreislauf verbauten Werkstoffe führen.

#### **Information:**

Bei Unklarheiten zur Werkstoffverwendung an Motor und Anbauteilen / Bauteilen in Kühlmittelkreisläufen, ist Rücksprache mit der jeweiligen Fachabteilung von MTU zu halten.

### 3.1.7 Frischwasseranforderungen BR4000

Zur Aufbereitung von Kühlmittel mit und ohne Frostschutz darf nur sauberes und klares Wasser mit Werten aus nachfolgenden Tabellen verwendet werden. Wenn die Grenzwerte für das Wasser überschritten werden, kann entsalztes Wasser zugemischt werden, um die Härte bzw. den Salzgehalt herabzusetzen.

| Parameter                                 | Minimum         | Maximum   |
|---|-----------------|---|
| Summe der Erdalkalien *)<br>(Wasserhärte) | 0 mmol/l<br>0°d | 2,7 mmol/l<br>15°d                                |
| pH-Wert bei 20 °C                         | 5,5             | 8,0   |
| Chlorid-Ionen                             |                 | 100 mg/l  |
| Sulphat-Ionen                             |                 | 100 mg/l  |
| Summe Anionen                             |                 | 200 mg/l  |
| Bakterien                                 |                 | 10 <sup>3</sup> KBE (Kolonie bildende Einheit)/ml |
| Pilze, Hefen                              | sind unzulässig |   |

Table 23: Frischwasseranforderungen BR4000

\*) Gebräuchliche Bezeichnungen für die Wasserhärte in verschiedenen Ländern:

1 mmol/l = 5,6°d = 100 mg/kg CaCO<sub>3</sub>

- 1°d = 17,9 mg/kg CaCO<sub>3</sub>, USA-Härte
- 1°d = 1,79° französische Härte
- 1°d = 1,25° englische Härte

### 3.1.8 Frischwasseranforderungen BR400

Zur Aufbereitung des Kühlmittels darf nur sauberes und klares Wasser mit Werten aus nachfolgenden Tabellen verwendet werden. Wenn die Grenzwerte für das Wasser überschritten werden, kann entsalztes Wasser zugemischt werden, um die Härte bzw. den Salzgehalt herabzusetzen.

| Allgemeine Anforderungen          | Klar, farblos und frei von ungelösten Stoffen |                                   |
|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| pH-Wert (25 °C)                   | 7,4 bis 8,5                                   |                                   |
| Elektrische Leitfähigkeit (25 °C) | < 300   | µS/cm                             |
| Summe Erdalkalien                 | 0,9 bis 1,3<br>5 bis 7                        | mmol/l<br>°dH                     |
| Chloride                          | < 80  | mg/l                              |
| Sulfate                           | < 70  | mg/l                              |
| Eisen                             | < 0,2   | mg/l                              |
| Bakterien                         | < 10 <sup>3</sup>                             | KBE (Kolonie bildende Einheit)/ml |
| Pilze, Hefen                      | sind unzulässig                               |                                   |

Table 24: Frischwasseranforderungen BR400

## 3.2 Gasmotor BR4000 - Marineanwendung

### 3.2.1 Kühlmittel - Allgemeines

#### Wichtig

Der Kühlmittelwechsel hängt von der Betriebszeit (Stunden/Jahr) des Motors ab, je nachdem welche Betriebszeit zuerst erreicht wird.

Betriebsstunden = Vorwärmzeit + Betriebszeit Motor

#### Wichtig

Alle Angaben beziehen sich auf den motorseitigen Kühlmittelkreislauf, externe Anbauteile bleiben unberücksichtigt.

#### Wichtig

Bei leichtmetallfreiem Motorkühlmittelkreislauf aber leichtmetallhaltigen Anbauteilen (z. B. externe Kühlanlage) werden die Kühlmittelfreigaben für leichtmetallhaltige Kühlsysteme empfohlen. Bei Unklarheiten zur Kühlmittelverwendung ist Rücksprache mit ihrem Ansprechpartner zu halten.

#### Wichtig

Bei Einsatz abweichender Produkte erlischt die Gewährleistung.

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel "Allgemeines" (→ Seite 24) und "Ungeeignete Werkstoffe im Kühlmittelkreislauf" (→ Seite 33).

Gegebenenfalls abweichende Sondervereinbarungen zwischen dem Kunden und MTU bleiben weiterhin gültig.

### 3.2.2 Kühlmittel ohne Frostschutz – Konzentrate für leichtmetallfreie Kühlsysteme

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel “Kühlmittel” (→ Seite 24)

#### Kühlmittel ohne Frostschutz – Konzentrate

| Hersteller                       | Markenname   | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer  |
|----------------------------------|--|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|--|
|                                  |  | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |  |
| MTU Friedrichshafen GmbH         | Coolant CS100 Corrosion Inhibitor Concentrate                    |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      | X00057233 (20 l)<br>X00057232 (210 l)<br>X00070455 (1000 l)<br>Auch erhältlich über MTU Asia         |
| MTU America Inc.                 | Power Cool® Plus 6000 Concentrate                                |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      | Grün eingefärbt<br>23533526 (1 Gallone)<br>23533527 (5 Gallonen)<br>Erhältlich über MTU America Inc. |
| Arteco NV                        | Freecor NBI  |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      |  |
|                                  | Havoline Extended Life Corrosion Inhibitor [EU Code 32765] (XLI) | X           |          |        |          |          | 6000 / 2                      |  |
| BASF SE                          | Glyscorr G93 green   |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      | X00054105 (Fass)<br>X00058062 (Kanister)   |
| CCI Corporation                  | A 216  | X           |          |        |          | X        | 6000 / 2                      |  |
| CCI Manufacturing IL Corporation | A 216  | X           |          |        |          | X        | 6000 / 2                      | X00051509 (208 l)  |
| Chevron Corp.                    | Texcool A - 200  |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      |  |
| Chevron Lubricants               | Delo XLI Corrosion Inhibitor - Concentrate                       | X           |          |        |          |          | 6000 / 2                      |  |
| Detroit Diesel Corp.             | Power Cool Plus 2000   |             | X        | X      |          |          | 6000 / 2                      |  |
|                                  | Power Cool Plus 6000   | X           |          |        |          | X        | 6000 / 2                      | Rot eingefärbt   |
| Drew Marine                      | Drewgard XTA   |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      |  |
| ExxonMobil                       | Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor                   | X           |          |        |          | X        | 6000 / 2                      |  |
| Fleetguard                       | DCA-4L   |             | X        | X      | X        |          | 2000 / 1                      |  |
| ImproChem                        | COOL-18  |             | X        | X      |          |          | 6000 / 2                      |  |
| Nalco                            | Alfloc (Maxitreat) 3477  | X           |          |        |          |          | 6000 / 2                      |  |
|                                  | Alfloc 2000  |             | X        | X      |          |          | 6000 / 2                      |  |
|                                  | Nalco 2000   |             | X        | X      |          |          | 6000 / 2                      |  |
|                                  | Nalcool 2000   |             | X        | X      |          |          | 6000 / 2                      |  |
|                                  | Trac 102   |             | X        | X      |          |          | 6000 / 2                      |  |
| Old World Industries Inc.        | Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A 216)           | X           |          |        |          | X        | 6000 / 2                      |  |
| Penray                           | Pencool 2000   |             | X        | X      |          |          | 6000 / 2                      |  |

TIM-ID: 0000019146 - 007

| Hersteller                     | Markenname     | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer |
|--------------------------------|----------------|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|---------------------------------|
|                                |                | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |                                 |
| PrixMax Australia Pty.<br>Ltd. | PrixMax RCP    | X           |          |        |          |          | 6000 / 2                      |                                 |
| Total Lubrifiants              | Total WT Supra | X           |          |        |          |          | 6000 / 2                      |                                 |
| Valvoline                      | Zerex G-93     |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      |                                 |
| YORK SAS                       | York 719       |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      |                                 |

Tabelle 25:

### 3.2.3 Kühlmittel ohne Frostschutz – Fertigmischungen für leichtmetallfreie Kühlsysteme

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel “Kühlmittel” (→ Seite 24)

#### Kühlmittel ohne Frostschutz – Fertigmischungen

| Hersteller                | Markenname                                  | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer   |
|---------------------------|---|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|---|
|                           |   | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |   |
| MTU-Friedrichshafen GmbH  | Coolant CS 10/90 Corrosion Inhibitor Premix |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      | X00069385 (20 l)<br>X00069386 (210 l)<br>X00069387 (1000 l)<br>(Vertriebsregion: Italien) |
| Nalco                     | Alfloc (Maxitreat) 3443 (7 %)               | X           |          |        |          |          | 6000 / 2                      |   |
| PrixMax Australia Pty Ltd | PrixMax RCP Premix                          | X           |          |        |          |          | 6000 / 2                      |   |

Tabelle 26:

### 3.2.4 Frostschutzmittel – Konzentrate für leichtmetallfreie Kühlsysteme

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel "Kühlmittel" (→ Seite 24).

**Wichtig**  
Bei Schiffsmotoren ist die Verwendung von Frostschutzmitteln nur bei Seewassertemperaturen bis höchstens 25 °C zulässig. Dies gilt für alle Motoren, die mit Seewasser gekühlt werden.

#### Frostschutzmittel – Konzentrate

| Hersteller                         | Markenname   | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer  |
|------------------------------------|--|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|--|
|                                    |  | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |  |
| MTU Friedrichshafen GmbH           | Coolant AH100 Antifreeze Concentrate               | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00057231 (20 l)<br>X00057230 (210 l)<br>X00068202 (1000 l)<br>Auch erhältlich über MTU Asia |
| AVIA AG                            | Antifreeze APN                                     | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|                                    | Antifreeze APN-S                                   | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
| BASF SE                            | Glystantin G48 blue green                          | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00058054 (25 l)<br>X00058053 (210 l)  |
|                                    | Glystantin G30 pink                                | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      | X00058072 (Kanister)<br>X00058071 (Fass)   |
| BayWa AG                           | Tectrol Coolprotect                                | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| BP Lubricants                      | ARAL Antifreeze Extra                              | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Bucher AG Langenthal               | Motorex Coolant G48                                | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Castrol                            | Castrol Radicool NF                                | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| CCI Corporation                    | L415   | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| CCI Manufacturing IL Corporation   | C521   | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| Classic Schmierstoff GmbH + Co. KG | Classic Kolda UE G48                               | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Comma Oil & Chemicals Ltd.         | Comma Xstream® G30® Antifreeze Coolant Concentrate | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|                                    | Comma Xstream® G48® Antifreeze Coolant Concentrate | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Detroit Diesel Corp.               | Power Cool Plus Coolant                            | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| ExxonMobil                         | Mobil Delvac Extended Life Coolant                 | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
|                                    | Mobil Antifreeze Advanced                          | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|                                    | Mobil Antifreeze Extra                             | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|                                    | Esso Antifreeze Advanced                           | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|                                    | Esso Antifreeze Extra                              | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |

TIM-ID: 000080984 - 003

| Hersteller  | Markenname   | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer          |
|---|--|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|--|
|   |  | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |  |
| Finke Mineralölwerk GmbH                                    | AVIATICON Finkofreeze F30                            | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|   | AVIATICON Finkofreeze F48                            | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Fuchs Petrolub SE   | Maintain Fricofin                                    | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|   | Maintain Fricofin G12 Plus                           | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      | X00058074 (Kanister)<br>X00058073 (Fass) |
| Gaszpromneft Lubricants Ltd.                                | BELAZ G-Profi Antifreeze Red                         | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      | X00058075 (Fass)                         |
| Kuttenkeuler  | Kuttenkeuler Antifreeze ANF KK48                     | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|   | Glyostar® ST48                                       | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| INA Maziva Ltd.   | INA Antifriz AI Super                                | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Mitan Mineralöl GmbH  | Alpine C30   | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|   | Alpine C48   | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|   | CAR1 Premium Longlife Kühlerschutz C48               | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| MJL Bangladesh Limited Lube Oil Blending Plant East Patenga | Omera Premium Coolant                                | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
| Nalco Australia   | Nalcool NF 48 C                                      | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Old World Industries Inc.                                   | Blue Mountain Heavy Duty Extended Life Coolant       | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
|   | Final Charge Global Extended Life Coolant Antifreeze | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| OMV   | OMV Coolant Plus                                     | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|   | OMV Coolant SF                                       | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
| Panolin AG  | Panolin Anti-Frost MT-325                            | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Raloy Lubricantes   | Antifreeze Long Life NF-300 Concentrate              | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| SMB - Sotragal / Mont Blanc                                 | Antigel Power Cooling Concentrate                    | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Total   | Glacelf MDX  | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Valvoline   | Zerex G-48   | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|   | Zerex G-30   | X           |          |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| YORK SAS  | York 7 16  | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| ZAO Obninskorgsintez  | Lukoil Antifreeze HD G12 K                           | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |

Tabelle 27:

### 3.2.5 Frostschutzmittel – Konzentrate für besondere Anwendungen

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel “Kühlmittel” (→ Seite 24)

#### Konzentrate für besondere Anwendungen

| Hersteller | Markenname | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer                   |
|------------|------------|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|---|
|            |            | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |   |
| BASF SE    | G206       | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      | Für Einsätze in arktischen<br>Regionen (< -40 °C) |

Tabelle 28:

### 3.2.6 Frostschutzmittel – Fertigmischungen für leichtmetallfreie Kühlsysteme

#### Frostschutzmittel – Fertigmischungen

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel "Kühlmittel" (→ Seite 24).

| Hersteller                       | Markenname  | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer  |
|----------------------------------|---|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|--|
|                                  |   | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |  |
| MTU Friedrichshafen GmbH         | Coolant AH 35/65 Antifreeze Premix                    | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00069382 (20 l)<br>X00069383 (210 l)<br>X00069384 (1000 l)<br>(Vertriebsgebiet: Italien)          |
|                                  | Coolant AH 40/60 Antifreeze Premix                    | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00070533 (20 l)<br>X00070531 (210 l)<br>X00070532 (1000 l)<br>(Vertriebsgebiet: England, Spanien) |
|                                  | Coolant AH 50/50 Antifreeze Premix                    | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00070528 (20 l)<br>X00070530 (210 l)<br>X00070527 (1000 l)<br>(Vertriebsgebiet: England)          |
|                                  | Coolant RM 30 (40 %)                                  | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      | X00073922 (20 l)<br>X00073916 (205 l)<br>X00073923 (1000 l)  |
| MTU America Inc.                 | Power Cool® Universal 35/65 mix                       | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | 800085 (5 Gallonen)<br>800086 (55 Gallonen)  |
|                                  | Power Cool® Universal 50/50 mix                       | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | 800071 (5 Gallonen)<br>800084 (55 Gallonen)  |
| Bantleon                         | Avilub Antifreeze Mix (50 %)                          | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00049213 (210 l)  |
| BayWa AG                         | Tectrol Coolprotect Mix 3000                          | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      | Frostschutz bis -24 °C   |
| Bucher AG Langenthal             | Motorex Coolant G48 ready to use (50/50)              | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Castrol                          | Castrol Radicool NF Premix (45 %)                     | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| CCI Corporation                  | L 415 (50 %)  | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| CCI Manufacturing IL Corporation | C 521 (50 %)  | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| Cepsa Comercial Petróleo S.A.U   | Xtar Super Coolant Hybrid NF 50 %                     | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Detroit Diesel Corp.             | Power Cool Plus Prediluted Coolant (50/50)            | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| ExxonMobil                       | Mobil Delvac Extended Life Prediluted Coolant (50/50) | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| Finke Mineralölwerk GmbH         | AVIATICON Finkofreeze F30 RM 40:60 +                  | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|                                  | AVIATICON Finkofreeze F48 RM 50:50                    | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |

TIM-ID: 000.000.0966 - 003

| Hersteller                     | Markenname   | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer |
|--------------------------------|--|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|---------------------------------|
|                                |  | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |                                 |
| Old World Industries Inc.      | Blue Mountain Heavy Duty<br>Extended Life Prediluted<br>Coolant (50/50)      | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |                                 |
|                                | Final Charge Global Extended<br>Life Prediluted Coolant / Antifreeze (50/50) | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |                                 |
| Raloy Lubricantes              | Antifreeze Long Life NF-300<br>Ready-to-Use (50/50)                          | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
| SMB - Sotragal / Mont<br>Blanc | L.R.-30 Power Cooling<br>(44 %)  | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
|                                | L.R.-38 Power Cooling<br>(52 %)  | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
| Total                          | Coolelf MDX (-26 °C)   | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
| Tosol-Sinzez                   | Glystantin Alu Protect/G30<br>Ready Mix                                      | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |                                 |
|                                | Glystantin Protect Plus/G48<br>Ready Mix                                     | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
| Valentin Energie GmbH          | Valentin Coolant Plus<br>-25 °C Ready  | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |                                 |
| ZAO Obninskorgsintez           | Lukoil Antifreeze HD G12<br>(50 %)   | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |                                 |

Tabelle 29:

## 3.3 Gasmotor BR4000 – Generatoranwendung und Generatoraggregat

### 3.3.1 Kühlmittel – Allgemeines

#### Wichtig

Der Kühlmittelwechsel hängt von der Betriebszeit (Stunden/Jahr) des Motors ab, je nachdem welche Betriebszeit zuerst erreicht wird.

Betriebsstunden = Vorwärmzeit + Betriebszeit Motor

#### Wichtig

Alle Angaben beziehen sich auf den motorseitigen Kühlmittelkreislauf, externe Anbauteile bleiben unberücksichtigt.

#### Wichtig

Bei leichtmetallfreiem Motorkühlmittelkreislauf aber leichtmetallhaltigen Anbauteilen (z. B. externe Kühlanlage) werden die Kühlmittelfreigaben für leichtmetallhaltige Kühlsysteme empfohlen. Bei Unklarheiten zur Kühlmittelverwendung ist Rücksprache mit ihrem Ansprechpartner zu halten.

#### Wichtig

Bei Einsatz abweichender Produkte erlischt die Gewährleistung.

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel "Allgemeines" (→ Seite 24) und "Ungeeignete Werkstoffe im Kühlmittelkreislauf" (→ Seite 33).

Gegebenenfalls abweichende Sondervereinbarungen zwischen dem Kunden und MTU bleiben weiterhin gültig.

### 3.3.2 Kühlmittel ohne Frostschutz – Konzentrate für leichtmetallhaltige Kühlsysteme

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel "Kühlmittel" (→ Seite 24).

#### Kühlmittel ohne Frostschutz – Konzentrate

| Hersteller                       | Markenname   | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer  |
|----------------------------------|--|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|--|
|                                  |  | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |  |
| MTU-Friedrichshafen GmbH         | Coolant CS100 Corrosion Inhibitor Concentrate          |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      | X00057233 (20 l)<br>X00057232 (210 l)<br>X00070455 (1000 l)<br>Auch erhältlich über MTU Asia         |
| MTU America Inc.                 | Power Cool® Plus 6000 Concentrate                      |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      | Grün eingefärbt<br>23533526 (1 Gallone)<br>23533527 (5 Gallonen)<br>Erhältlich über MTU America Inc. |
| Arteco NV                        | Freecor NBI  |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      |  |
| BASF SE                          | Glyscorr G93 green                                     |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      | X00054105 (Fass)<br>X00058062 (Kanister)   |
| CCI Corporation                  | A 216  | X           |          |        |          | X        | 6000 / 2                      |  |
| CCI Manufacturing IL Corporation | A 216  | X           |          |        |          | X        | 6000 / 2                      | X00051509 (208 l)  |
| Chevron Corp.                    | Texcool A - 200  |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      |  |
| Detroit Diesel Corp.             | Power Cool Plus 6000                                   | X           |          |        |          | X        | 6000 / 2                      | Rot eingefärbt   |
| Drew Marine                      | Drewgard XTA   |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      |  |
| ExxonMobil                       | Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor         | X           |          |        |          | X        | 6000 / 2                      |  |
| Old World Industries Inc.        | Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A 216) | X           |          |        |          | X        | 6000 / 2                      |  |
| Valvoline                        | Zerex G-93   |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      |  |
| YORK SAS                         | York 719   |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      |  |

Tabelle 30:

### 3.3.3 Kühlmittel ohne Frostschutz – Fertigmischungen für leichtmetallhaltige Kühlsysteme

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel "Kühlmittel" (→ Seite 24).

#### Kühlmittel ohne Frostschutz – Fertigmischungen

| Hersteller               | Markenname                                 | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer   |
|--------------------------|--|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|---|
|                          |  | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |   |
| MTU Friedrichshafen GmbH | Coolant CS10/90 Corrosion Inhibitor Premix |             | X        |        |          |          | 6000 / 2                      | X00069385 (20 l)<br>X00069386 (210 l)<br>X00069387 (1000 l)<br>(Vertriebsgebiet: Italien) |

Tabelle 31:

### 3.3.4 Frostschutzmittel – Konzentrate für leichtmetallhaltige Kühlsysteme

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel "Kühlmittel" (→ Seite 24).

#### Frostschutzmittel – Konzentrate

| Hersteller                         | Markenname   | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer  |
|------------------------------------|--|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|--|
|                                    |  | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |  |
| MTU Friedrichshafen GmbH           | Coolant AH100 Antifreeze Concentrate               | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00057231 (20 l)<br>X00057230 (210 l)<br>X00068202 (1000 l)<br>Auch erhältlich über MTU Asia |
| AVIA AG                            | Antifreeze APN                                     | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|                                    | Antifreeze APN-S                                   | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
| BASF SE                            | Glystantin G05                                     |             | X        | X      |          |          | 9000 / 5                      |  |
|                                    | Glystantin G48 blue green                          | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00058054 (25 l)<br>X00058053 (210 l)  |
|                                    | Glystantin G30 pink                                | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      | X00058072 (Kanister)<br>X00058071 (Fass)   |
|                                    | Glystantin G40 pink (Konzentrat)                   | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      | X00066724 (20 l)<br>X00066725 (210 l)<br>Anwendungskonzentration 40 bis 50 Vol%              |
| BayWa AG                           | Tectrol Coolprotect                                | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| BP Lubricants                      | ARAL Antifreeze Extra                              | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Bucher AG Langenthal               | Motorex Coolant G48                                | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|                                    | Motorex Coolant M 4,0 Concentrate                  | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      | Anwendungskonzentration 40 bis 50 Vol%   |
| Castrol                            | Castrol Radicool NF                                | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| CCI Corporation                    | L415   | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| CCI Manufacturing IL Corporation   | C521   | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| Clariant                           | Genantin Super                                     |             | X        | X      |          |          | 9000 / 3                      |  |
| Classic Schmierstoff GmbH + Co. KG | Classic Kolda UE G48                               | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Comma Oil & Chemicals Ltd.         | Comma Xstream® G30® Antifreeze Coolant Concentrate | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|                                    | Comma Xstream® G48® Antifreeze Coolant Concentrate | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Detroit Diesel Corp.               | Power Cool Antifreeze                              |             | X        | X      |          |          | 9000 / 3                      |  |
|                                    | Power Cool Plus Coolant                            | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
|                                    | Power Cool Diesel Engine Coolant                   |             | X        | X      |          |          | 9000 / 3                      |  |

TIM-ID: 0000080987 - 003

| Hersteller  | Markenname   | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer          |
|---|--|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|--|
|   |  | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |  |
| ExxonMobil  | Mobil Delvac Extended Life Coolant                   | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
|   | Mobil Antifreeze Advanced                            | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|   | Mobil Antifreeze Extra                               | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|   | Mobil Antifreeze Special                             |             | X        | X      |          |          | 9000 / 5                      |  |
|   | Mobil Heavy Duty Coolant                             |             | X        | X      |          |          | 9000 / 3                      |  |
|   | Mobil Mining Coolant                                 |             | X        | X      |          |          | 9000 / 3                      |  |
|   | Esso Antifreeze Advanced                             | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|   | Esso Antifreeze Extra                                | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Finke Mineralölwerke GmbH                                   | AVIATICON Fincofreeze F30                            | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|   | AVIATICON Fincofreeze F40                            | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|   | AVIATICON Fincofreeze F48                            | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Fuchs Petrolub SE   | Maintain Fricofin                                    | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|   | Maintain Fricofin G12 Plus                           | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      | X00058074 (Kanister)<br>X00058073 (Fass) |
| Gazpromneft Lubricants Ltd.                                 | Belaz G-Profi Antifreeze Red                         | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
| Krafft S.L.U  | Refrigerante ACU 2300                                |             | X        | X      |          |          | 9000 / 3                      | X00058075 (Fass)                         |
| Kuttenkeuler  | Kuttenkeuler Antifreeze ANF KK48                     | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|   | Glyostar® ST48                                       | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| INA Maziva Ltd.   | INA Antifriz AI Super                                | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Mitan Mineralöl GmbH  | Alpine C30   | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
|   | Alpine C48   | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|   | CAR1 Premium Longlife Kühlerschutz C48               | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| MJL Bangladesh Limited Lube Oil Blending Plant East Patenga | Omera Premium Coolant                                | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
| Nalco   | Nalcool 5990   | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
| Nalco Australia   | Nalcool NF 48 C                                      | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| Old World Industries Inc.                                   | Blue Mountain Heavy Duty Extended Life Coolant       | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
|   | Fleetcharge SCA Precharged Coolant/ Antifreeze       |             | X        | X      |          |          | 9000 / 3                      |  |
|   | Final Charge Global Extended Life Coolant Antifreeze | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| OMV   | OMV Coolant Plus                                     | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|   | OMV Coolant SF                                       | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |  |
| Panolin AG  | Panolin Anti-Frost MT-325                            | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |

TIM-ID: 000.0080987 - 003

| Hersteller                  | Markenname                              | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer                                     |
|-----------------------------|---|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|---|
|                             |   | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |   |
| Penske Power Systems        | Power Cool - HB500 Coolant Concentrate  | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      |   |
| Raloy Lubricantes           | Antifreeze Long Life NF-300 Concentrate | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      |   |
| Recochem Inc.               | R542                                    | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      |   |
| SMB - Sotragal / Mont Blanc | Antigel Power Cooling Concentrate       | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |   |
| Total                       | Glacelf MDX                             | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |   |
| Valvoline                   | Zerex G-05                              |             | X        | X      |          |          | 9000 / 5                      |   |
|                             | Zerex G-48                              | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      |   |
|                             | Zerex G-30                              | X           |          |        |          |          | 9000 / 5                      |   |
|                             | Zerex G-40                              | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      | Anwendungskonzentration<br>40 bis 50 Vol%<br>Artikelnummer: 800 180 |
| YORK SAS                    | York 716                                | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |   |
| ZAO Obninskorgsintez        | Lukoil Antifreeze HD G12 K              | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |   |

Tabelle 32:

### 3.3.5 Frostschutzmittel – Konzentrate für besondere Anwendungen

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel “Kühlmittel” (→ Seite 24)

#### Konzentrate für besondere Anwendungen

| Hersteller | Markenname | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer                   |
|------------|------------|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|---|
|            |            | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |   |
| BASF SE    | G206       | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      | Für Einsätze in arktischen<br>Regionen (< -40 °C) |

Tabelle 33:

### 3.3.6 Frostschutzmittel – Fertigmischungen für leichtmetallhaltige Kühlsysteme

Einzelheiten und Besonderheiten siehe Kapitel "Kühlmittel" (→ Seite 24).

#### Frostschutzmittel – Fertigmischungen

| Hersteller                       | Markenname                                   | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer  |
|----------------------------------|--|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|--|
|                                  |  | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |  |
| MTU Friedrichshafen GmbH         | Coolant AH 35/65 Antifreeze Premix           | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00069382 (20 l)<br>X00069383 (210 l)<br>X00069384 (1000 l)<br>(Vertriebsgebiet: Italien)          |
|                                  | Coolant AH 40/60 Antifreeze Premix           | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00070533 (20 l)<br>X00070531 (210 l)<br>X00070532 (1000 l)<br>(Vertriebsgebiet: England, Spanien) |
|                                  | Coolant AH 50/50 Antifreeze Premix           | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00070528 (20 l)<br>X00070530 (210 l)<br>X00070527 (1000 l)<br>(Vertriebsgebiet: England)          |
|                                  | Coolant RM30 (40%)                           | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      | X00073922 (20 l)<br>X00073916 (205 l)<br>X00073923 (1000 l)  |
| MTU America Inc.                 | Power Cool® Universal 35/65 mix              | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | 800085 (5 Gallonen)<br>800086 (55 Gallonen)  |
|                                  | Power Cool® Universal 50/50 mix              | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | 800071 (5 Gallonen)<br>800084 (55 Gallonen)  |
|                                  | Power Cool® Off-Highway Coolant 50/50 Premix |             | X        | X      |          |          | 9000 / 5                      | 23533531 (5 Gallonen)<br>23533532 (55 Gallonen)  |
| Bantleon                         | Avilub Antifreeze Mix (50 %)                 | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      | X00049213 (210 l)  |
| BayWa AG                         | Tectrol Coolprotect Mix 3000                 | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      | Frostschutz bis -24 °C   |
| Bucher AG Langenthal             | Motorex Coolant G48 ready to use (50/50)     | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
|                                  | Motorex Coolant M 4,0 ready to use           | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      | Frostschutz bis -38 °C   |
| Castrol                          | Castrol Radicool NF Premix (45 %)            | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |
| CCI Corporation                  | L 415 (50 %)                                 | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| CCI Manufacturing IL Corporation | C 521 (50 %)                                 | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |  |
| Cespa Comercial Petróleo S.A.U.  | Xtar Super Coolant Hybrid NF 50%             | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |  |

TIM-ID: 0000078607 - 004

| Hersteller                  | Markenname  | Inhibitoren |          |        |          |          | Betriebszeit<br>Stunde / Jahr | Bemerkungen /<br>Materialnummer |
|-----------------------------|---|-------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------------|---------------------------------|
|                             |   | Organisch   | Silizium | Nitrit | Phosphat | Molybdat |                               |                                 |
| Detroit Diesel Corp.        | Power Cool Plus Prediluted Coolant (50/50)                                | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |                                 |
|                             | Power Cool Prediluted (50/50) Diesel Engine Coolant                       |             | X        | X      |          |          | 9000 / 3                      |                                 |
| ExxonMobil                  | Mobil Delvac Extended Life Prediluted Coolant (50/50)                     | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |                                 |
| Finke Mineralölwerk GmbH    | AVIATICON Finkofreeze F30 RM 40:60 +                                      | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |                                 |
|                             | AVIATICON Finkofreeze F48 RM 50:50  | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
| Old World Industries Inc.   | Blue Mountain Heavy Duty Extended Life Prediluted Coolant (50/50)         | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |                                 |
|                             | Final Charge Global Extended Life Prediluted Coolant / Antifreeze (50/50) | X           |          |        |          | X        | 9000 / 3                      |                                 |
|                             | Fleet Charge SCA Precharged 50/50 Prediluted Coolant                      |             | X        | X      |          |          | 9000 / 3                      |                                 |
| Penske Power Systems        | Power Cool - HB500 Premix 50/50   | X           | X        |        |          |          | 9000 / 3                      |                                 |
| Raloy Lubricantes           | Antifreeze Long Life NF-300 Ready-to-Use (50/50)                          | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
| SMB - Sotragal / Mont Blanc | L.R.-30 Power Cooling (44 %)  | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
|                             | L.R.-38 Power Cooling (52 %)  | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
| Tosol-Sintez                | Glysantin Alu Protect/G30 Ready Mix                                       | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |                                 |
|                             | Glysantin Protect Plus/G48 Ready Mix                                      | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
| Total                       | Coolelf MDX (-26 °C)  | X           | X        |        |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
| Valentin Energie GmbH       | Valentin Coolant Plus -25 °C Ready  | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |                                 |
| Valvoline                   | Zerex G-05 50/50 Mix  |             | X        | X      |          |          | 9000 / 5                      |                                 |
| ZAO Obninskorgsintez        | Lukoil Antifreeze HD G12 (50 %)   | X           |          |        |          |          | 9000 / 3                      |                                 |

Tabelle 34:

TIM-ID: 0000078607 - 004

## 3.4 Gasmotor BR400 - Generatoraggregat

### 3.4.1 Freigegebene Kühlmittel

| Wichtig  |
|--|
| Bei Einsatz abweichender Produkte erlischt die Gewährleistung. |

#### Frostschutzmittel – Fertigmischungen (silikatfrei)

| Hersteller / Lieferant          | Bezeichnung                  |
|---------------------------------|------------------------------|
| MTU Friedrichshafen GmbH        | Coolant RM 30*               |
| BayWa AG                        | Tectrol Coolprotect MIX3000* |
| Montana                         | Kühlerfrostschutz BHKW -25°* |
| Valentin Energie GmbH           | Coolant Plus -25° Ready*     |
| * Verlängerte Standzeit möglich |                              |

Tabelle 35:

#### Frostschutzmittel – Konzentrate

| Hersteller / Lieferant | Bezeichnung            |
|------------------------|------------------------|
| BASF                   | Glysantin G30          |
| Aral                   | Antifreeze Silikatfrei |

Tabelle 36:

#### Hinweis zur Gewährleistung

Es wird dringend angeraten Frostschutzmittel-Fertigmischungen für den Motorkühlkreislauf zu verwenden.

Wenn derartige Fertigmischungen verwendet werden, ist Folgendes gewährleistet:

- Das Verhältnis Wasser zu Frostschutzmittel ist korrekt eingestellt
- Das verwendete (Frisch-) Wasser liegt innerhalb der Spezifikationen der „Anforderungen an das Motorkühlwasser“.

Nur wenn Wasser gemäß Spezifikation verwendet wird, können die Bauteilstandzeiten eingehalten werden. Andernfalls besteht bei vielen Bauteilen die Gefahr von Ablagerungen, die zu reduzierter Wärmeübertragung und somit zu geringerer Funktionalität (Wärmetauscher) bzw. zu Überhitzung von Bauteilen führen können.

Bei „Selbstmischung“ des Kühlmittels beachten:

- Nur die zugelassenen, silikatfreien Frostschutzmittel im angegebenen Verhältnis zu Wasser verwenden
- Ein Bestätigungsformular muss unterzeichnet werden, dass das verwendete Wasser die Anforderungen gemäß Betriebsstoffvorschriften erfüllt.

Die Konzentration ist gemäß dem Wartungsplan in regelmäßigen Abständen zu prüfen. Die Überprüfung des Kühlmittels sollte mindestens einmal jährlich bzw. bei jeder Befüllung erfolgen. Die Kühlmittelfüllung muss aufgrund von Alterung nach 25.000 Betriebsstunden oder spätestens nach 3 Jahren ausgetauscht werden.

# 4 Kraft-/Brennstoffe

## 4.1 Allgemeines

### 4.1.1 Verwendung von Kraft-/Brennstoffen

#### Wichtig

Die angegebenen Grenzwerte zur Feuchte im Kraftstoff müssen eingehalten werden, da sonst die Gewährleistung erlischt.

#### Wichtig

Es dürfen keine korrosiven Verbindungen (z. B. Siloxane, Phosphor-, Arsen-, Schwermetall-, Schwefel-, Ammoniak-, Chlor-, Fluor-, Brom-, Jodverbindungen) im Kraftstoff enthalten sein.  
Die angegebenen Grenzwerte müssen eingehalten werden, da sonst die Gewährleistung erlischt.

Gasmotoren dürfen ausschließlich mit den, für den jeweiligen Gasmotortyp freigegebenen Gasen betrieben werden.

Bei Erdgasbetrieb aus dem öffentlichen Netz muss spätestens vor Inbetriebnahme des Motors folgendes durch das zuständige Gasversorgungsunternehmen bestätigt werden:

- Ob die im jeweiligen Datenblatt angegebene Mindestmethanzahl und der Heizwertbereich eingehalten werden
- Ob Butan- oder Propanluftgemisch zeitweise zugemischt wird
- Ob auch Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz möglich ist (Abstimmung über Werksabfrage). Gasanalyse muss vorliegen.

Die Verwendungsmöglichkeit der freigegebenen Gasarten muss mindestens halbjährlich durch Gasanalyse kontrolliert werden. Folgende Änderungen können dadurch erkannt und Maßnahmen eingeleitet werden:

- Gaszusammensetzung
- Schädliche Bestandteile im Gas

Die Verwendung von Kraftstoffen beschränkt sich im gesamten Anwendungs- und Betriebsbereich des Motors auf rein gasförmige Brennstoffe. Flüssige Brennstoffe sind nicht zulässig.

Der Kraftstoff muss technisch frei von Nebel, Staub und Flüssigkeit sein. Kondensation im Gassystem muss durch geeignete Maßnahmen verhindert werden (Entfeuchtung, Schutz vor Abkühlung, Anwärmen etc.). Korrosive Bestandteile dürfen nur in den nachstehend genannten Konzentrationen enthalten sein (→ Seite 56).

Bei einer Rohgasqualität oberhalb der angegebenen Schwefelgrenzwerte muss eine auf die Gasqualität der Anlage ausgelegte Gasentschwefelung installiert werden.

## 4.1.2 Hauptbestandteile von Erdgas und Brenngasen biogenen Ursprungs

### Allgemeingültige Grenzen für die Hauptbestandteile von Erdgas und Brenngasen biogenen Ursprungs

Die für Gasmotoren in Frage kommenden Komponenten sind in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt:

- Allgemeingültige Grenzen für die Hauptbestandteile von Erdgas (→ Tabelle 37)
- Allgemeingültige Grenzen für die Hauptbestandteile von Brenngasen biogenen Ursprungs (→ Tabelle 38)

#### Hauptbestandteile von Erdgas

| Komponente   | Einheit | Wertebereich (Maximalwert) |
|--|---------|----------------------------|
| CH <sub>4</sub>  | Vol.-%  | 80 bis 100                 |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (bzw. Summe C <sub>2</sub> H <sub>x</sub> )  | Vol.-%  | < 12                       |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (bzw. Summe C <sub>3</sub> H <sub>x</sub> )  | Vol.-%  | < 9                        |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (bzw. Summe C <sub>4</sub> H <sub>x</sub> ) | Vol.-%  | < 2                        |
| C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>   | Vol.-%  | < 0,3                      |
| Kohlenwasserstoffe C5+   | Vol.-%  | < 0,1                      |
| CO <sub>2</sub>  | Vol.-%  | < 10                       |
| N <sub>2</sub>   | Vol.-%  | < 15                       |
| Summe CO <sub>2</sub> + N <sub>2</sub>                                     | Vol.-%  | < 15                       |
| O <sub>2</sub>   | Vol.-%  | < 3                        |
| H <sub>2</sub>   | Vol.-%  | < 2                        |
| CO   | Vol.-%  | < 0,2                      |

Tabelle 37:

Die oben aufgelisteten Komponenten gelten für Erdgaszusammensetzungen. Andere Komponenten als die oben aufgeführten Komponenten sind (neben Spurenstoffen) für Erdgaszusammensetzungen nicht üblich.

Wenn die Komponenten des Erdgases die aufgeführten Maximalwerte überschreiten, muss vor Verwendung dieses Erdgases eine Anfrage bei MTU erfolgen.

#### Hauptbestandteile von Brenngasen biogenen Ursprungs, vornehmlich aus Fermentationsprozessen (Werte sind luftfrei angegeben)

| Komponente      | Einheit | Wertebereich (Maximalwert) |
|-----------------|---------|----------------------------|
| CH <sub>4</sub> | Vol.-%  | 40 bis 85                  |
| CO <sub>2</sub> | Vol.-%  | 20 bis 55                  |
| N <sub>2</sub>  | Vol.-%  | < 10                       |
| O <sub>2</sub>  | Vol.-%  | < 3                        |
| H <sub>2</sub>  | Vol.-%  | < 2                        |
| CO              | Vol.-%  | < 0,2                      |

Tabelle 38:

Die oben aufgelisteten Komponenten gelten für Brenngase biogenen Ursprungs. Andere Komponenten als die oben aufgeführten Komponenten sind (neben Spurenstoffen) für derartige Brenngase nicht üblich.

Wenn die Komponenten des Brenngases die aufgeführten Maximalwerte überschreiten, muss vor Verwendung dieses Biogases eine Anfrage bei MTU erfolgen.

### 4.1.3 Liquid Natural Gas (LNG)

#### **Anmerkungen zu Liquid Natural Gas (LNG)**

Es ist zu beachten, dass die LNG-Bunker-Delivery-Note im IGF-Code die Komponentenanteile in Massenprozent ausweist. Diese Darstellung weicht erheblich von den üblichen Darstellungen in Mol oder Volumenprozent ab.

LNG-Tankbehälter dürfen nur zu 90% des Tankvolumens mit LNG befüllt werden. Jede Wärmezufuhr im Tankbehälter führt zur Verdampfung kleiner Mengen an flüssigem LNG, das sich dann als Gas in der "Boil Off" Phase sammelt. Die Zusammensetzung des Boil-Off-Gases hängt von der Zusammensetzung der flüssigen Phase ab. Der N<sub>2</sub>-Anteil der Boil-Off-Phase kann 20 mal größer sein als der Stickstoffgehalt in der flüssigen Phase. Im allgemeinen kann Boil-Off-Gas 20 Vol.-% Stickstoff und 80 Vol.-% Methan sowie Spuren von Äthan enthalten.

LNG nach EN 1160 ist auf ein unteres Methanlimit von 75% Massenanteil und auf ein oberes Stickstofflimit von 5% Massenanteil begrenzt.

Zur Vermeidung von Rollover-Effekten wird die Verwendung von LNG mit Stickstoffgehalten <1 Ma.-% empfohlen.

Rollover bezeichnet die Dampfbildung und den infolge dessen entstehenden Druckanstieg aufgrund schneller Vermischung von Flüssigkeitsschichten, wenn Flüssigkeit unterer Schichten im Tank in Bezug auf den Druck im oberen Gasraum des Tanks überhitzt sind.

In LNG befinden sich keine bzw. nur Spuren von CO<sub>2</sub>, da CO<sub>2</sub> bei Temperaturen unterhalb von -56 °C und bei tanküblichen Drücken von 5,2 bar in fester Form vorliegt. Unter Normaldruckbedingungen sublimiert CO<sub>2</sub> bei -78,5 °C.

#### 4.1.4 Silizium- und Schwefelverbindungen im Brenngas

Siliziumverbindungen im Gas führen zu Belägen und fördern den Verschleiß. Auch Katalysatoren werden hierdurch deaktiviert. Es wird keine Gewährleistung für Schäden übernommen, die durch Silizium-Schwefelverbindungen verursacht wurden.

Zur Bestimmung der Si-Konzentration im Schmieröl und dessen Grenzwert, siehe Kapitel Schmierstoffe (→ Seite 10).

#### **Ermittlung des Siliziumanteils und des Schwefelgehalts im Brenngas aus der Gasanalyse**

Es werden die gemessenen Konzentrationen bzw. der Schwefelgehalt der einzelnen Verbindungen mit den Si-,S-Masseanteilen multipliziert und der Siliziumgehalt bzw. Schwefelgehalt ermittelt.

Das Ergebnis wird auf den Heizwert des Brenngases bezogen und auf 10 kWh Energiegehalt (entspricht 1 m<sup>3</sup> i.N. CH<sub>4</sub>) normiert.

#### **Gemessener Siliziumanteil aus der Gasanalyse (bzw. Schwefelkonzentration)**

|                                      |                   |                             |
|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Konzentration Silizium im Klärgas    | K Si              | 5,1 mg/m <sup>3</sup> i.N.  |
| CH <sub>4</sub> Gehalt des Klärgases | K CH <sub>4</sub> | 65 Vol.-%                   |
| Heizwert Klärgas                     | Hi <sub>n</sub>   | 6,5 kWh/m <sup>3</sup> i.N. |

#### **Beispiel: Berechnete Konzentration des Siliziums begrenzt auf Hi<sub>n</sub> = 10 kWh/m<sup>3</sup>i.N.**

$$K_{Si} \cdot 10 \text{ (kW/m}^3\text{i.N.)} = K_{Si \text{ gemessen}} \times \frac{Hi_{n \text{ gemessen}}}{10 \text{ (kWh/m}^3\text{i.N.)}} =$$

$$5,1 \text{ (mg Si/m}^3 \text{ i.N.)} \times \frac{6,5}{10} = 3,3 \text{ (mg Si/m}^3 \text{ i.N.)}$$

## 4.2 Gasmotor BR4000 - Marineanwendung

### 4.2.1 Allgemeines

#### Wichtig

Es werden keine Gewährleistungen für Beeinträchtigungen und/oder Schäden (Korrosion, Verunreinigungen etc.) übernommen, die durch Gase oder Stoffe entstanden sind, deren Vorhandensein bei Vertragsabschluss nicht bekannt und vereinbart waren.

## 4.2.2 Anforderungen an das Brenngas

### Anforderungen und Randbedingungen für MTU-Gasmotoren im Marineeinsatz

| Bezeichnung  | Einheit                              | Grenzwert                   | Bemerkung   |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|---|
| Gasart   |                                      | Natural Gas                 | Gilt für Erdgas H, andere Gase sind derzeit nicht freigegeben.  |
| Methanzahl MZ  | –                                    | ≥70                         | Je nach Baumuster, Leistung und Brennstoffverbrauch können Anpassungen notwendig werden. Die Betriebsanleitung (Techn.-Daten) beachten. Für niedrigere Werte sind eine Rücksprache mit dem Hersteller sowie eine Gasanalyse erforderlich. Reduzierung der Motorleistung durch Klopfüberwachung. Methanzahl nach DIN EN 16726 berechnet. |
| Heizwert $H_{i,n}$   | kWh/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>      | 9,2 < $H_{i,n}$ < 11,5      | Bei niedrigeren und höheren Grenzwerten ist eine Rücksprache mit dem Hersteller erforderlich.   |
| Wobbeindex $W_{I,i,n}^{1), 2)}$  | kWh/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>      | 11,77 < $W_{I,i,n}$ < 14,18 | Der Wobbeindex steht mit dem Heizwert in Zusammenhang. Der Wobbeindex darf weder überschritten noch unterschritten werden.  |
| Zulässige Änderungsgeschwindigkeit des Heizwerts <sup>1)</sup>   | kWh/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> /min | 0,067                       | Lineare, stetige Änderung erforderlich mit einer Änderungshäufigkeit von 1/h  |
| Gasdichte <sup>2)</sup>  | kg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>       | 0,73 bis 0,84               | Die Gasdichte kann je nach Zusammensetzung schwanken, für eine bestimmte Gasart ist sie konstant. Bei Verwendung von Gasen aus unterschiedlichen Gasversorgungsbereichen können sich Änderungen der Dichte ergeben.   |
| Mindestwert für Gasdruck vor Gasregelstrecke   | bar(g)                               | 0,5                         | Relevant für Leerlauf und Schwachlast. Spezifikation für Gasregelstrecke des jeweiligen Projekts / Motortyps beachten.  |
| Zulässiger Bereich für Gasdruck vor Gasregelstrecke für volle Motorleistung und Beschleunigungsvermögen. | bar(g)                               | 6,0... 10,0                 | Spezifikation für Gasregelstrecke des jeweiligen Projekts / Motortyps beachten.   |
| Gasdruckabweichung vom Einstellwert  | bar                                  | ±0,5                        | Der Einstellwert für Gasdruck vor Gasregelstrecke darf nicht unterschritten werden.   |
| Zulässige Änderungsgeschwindigkeit des Gasdrucks vor Gasregelstrecke                                     | bar/s                                | 0,3                         | Stetige Änderung erforderlich, gilt für dynamischen und Beharrungszustand des Motors.   |

| Bezeichnung  | Einheit  | Grenzwert         | Bemerkung   |
|--|--|-------------------|---|
| Gastemperatur  | °C   | 10...40           | Kondensation von Wasserdampf bei <10 °C, thermische Alterung von NBR-Werkstoffen (Dichtungen, Membranen) und Einfluss auf Elastizitätsverhalten bei höheren Temperaturen. Für den Startvorgang gelten die Mindesttemperaturen ebenfalls. Spezifikation für Gasregelstrecke des jeweiligen Projekts / Motortyps beachten. Für niedrigere und höhere Temperaturen ist eine Rücksprache mit dem Hersteller erforderlich. |
| Zulässige Änderungsgeschwindigkeit der Gastemperatur             | K/min  | 10                |   |
| Wasser: Taupunkttemperatur                                       | °C   | 0                 | Bei Betriebsdruck. Keine Wasserdampfkondensation im Druck- und Temperaturbereich. Bei höheren Werten ist eine Gastrocknung vorzusehen. Gültig für den gesamten Gastemperaturbereich.  |
| Öldämpfe (HC mit Kohlenstoffzahl >5)                             | mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>                 | <10               | Keine Kondensation in Brenngas und Brenngasluftgemisch führenden Leitungen. Keine Bildung von kondensierbaren Ölnebeln.   |
| HC-Lösungsmitteldämpfe   | mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>                 | 0                 | Rücksprache mit Hersteller und Analyse erforderlich   |
| Organisch gebundenes Silicium (z. B. Silane, Siloxane, Silikone) | mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> CH <sub>4</sub> | <1,0              | Rücksprache mit Hersteller und Analyse erforderlich   |
| Anorganisch gebundenes Silicium                                  | mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>                 | <5                | Bei Si >5 mg/m <sup>3</sup> N bezogen auf 100% CH <sub>4</sub> Brenngasgehalt sind Verschleißprodukte in der Ölanalyse zu beachten.   |
| Staub 3- 10 µm   | mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>                 | <5                | DVGW Arbeitsblatt G260  |
| Staub <3 µm  | mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>                 | Analyse           | Analyse erforderlich  |
| Schwefelwasserstoff  | mg/kg  | 7                 | DIN 51624   |
| Gesamtschwefel   | mg/kg  | 10                | DIN 51624   |
| Chlor  | mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>                 | 10 <sup>3</sup> ) | Bei höheren Werten Rücksprache mit Hersteller und Analyse erforderlich  |
| Fluor  | mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>                 | 5 <sup>3</sup> )  | Bei höheren Werten Rücksprache mit Hersteller und Analyse erforderlich  |

| Bezeichnung     | Einheit                        | Grenzwert        | Bemerkung  |
|-----------------|--------------------------------|------------------|--|
| Chlor + Fluor   | mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> | 10 <sup>3)</sup> | Bei höheren Werten Rücksprache mit Hersteller und Analyse erforderlich |
| NH <sub>3</sub> | ppm                            | 70 <sup>3)</sup> | Bei höheren Werten Rücksprache mit Hersteller und Analyse erforderlich |

Tabelle 39:

1) = Heizwert

Die Wärmemenge, die bei vollständiger Verbrennung einer gegebenen Gasmenge in Luft frei werden würde, wobei der Druck p bei dem die Reaktion abläuft konstant bleibt und alle Verbrennungsprodukte auf die gleiche Temperatur t wie die der Reaktionspartner zurückgeführt werden. Dabei liegen alle diese Verbrennungsprodukte gasförmig vor.

Die Standardenthalpie von Heizwert und Wobbeindex sind bezogen auf eine Temperatur von 25 °C. Es ist zu beachten, dass in der amerikanischen Literatur auf Referenztemperaturen von 15 °C bezogen wird.

Umrechnungen auf andere Referenztemperaturen können mit EN ISO 6976 oder mit EN ISO 14912 durchgeführt werden.

2) = Volumetrische Größen sind auf Normzustand nach DIN 1343 bezogen. Normzustand ist derjenige Referenzzustand, der durch die Normtemperatur  $T_n = 273,15 \text{ K}$  bzw.  $t_n = 0 \text{ °C}$  und den Normdruck  $p_n = 101325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar}$  festgelegt ist.

Es ist zu beachten, dass in der amerikanischen Literatur und neuere Standards wie DIN EN 16726 der Standardenthalpiebezug für Heiz- und Brennwerte, Wobbeindex auf 15 °C bezogen sind und volumetrische Größen durch die Normtemperatur  $T_0 = 288,15 \text{ K}$  bzw.  $t_0 = 15 \text{ °C}$  und den Normdruck  $p_n = 101325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar}$  festgelegt sind.

3) = Ein nicht bindender Richtwert bei Verwendung von Oxidationskatalysatoren. Analyse und Rücksprache mit MTU erforderlich.

Die Grenzwerte sind auf einen Heizwert von 10 kWh/m<sup>3</sup><sub>n</sub> bezogen. Dies entspricht einem Bezug auf Brennstoffe mit 100 Vol.-% Methan, bzw. bei Vorhandensein anderer brennbarer Bestandteile im Brennstoff einem gleichwertigen Energieäquivalent und damit einem gleichwertigen Schadstoffeintrag.

## 4.2.3 Vorschrift für das Medium im Hüllraum der Gasleitung in der Marineanwendung

### Grundsätzliches

Entsprechend der IGF 5.5.2 sind alle brenngasführenden Leitungen, die in einem "safe machinery concept"-konformen Maschinenraum geführt werden, doppelwandig auszuführen. Dieser Hüllraum um die Brennstoffleitung soll mit Hilfe eines Mediums und entsprechender Messtechnik die Detektion einer Brenngasleckage ermöglichen. Der IGF-Code sieht hierfür grundsätzlich zwei Möglichkeiten vor:

1. Spülung/Lüftung des Hüllraums mit Luft
2. Herstellung eines höheren Druckniveaus - als das des Brenngases, in der Hülle um die Brennstoffleitung mit einem inerten Gas.

Das Gassystem des MTU-Marinemotors ist ausgelegt in beiden Varianten betrieben zu werden. Die Gasregelstrecke kann nur mit dem Luftspülkonzept genutzt werden. Dabei sind die Medien im Hüllraum um die Gasleitung wie folgt spezifiziert:

#### 1. Luftspülkonzept

| Bezeichnung                     | Einheit  | Grenzwert | Bemerkung   |
|---------------------------------|--|-----------|---|
| Mediumtyp                       |  | Luft      | Ansaugung über separate Luftführung von außerhalb des Schiffes  |
| Mediumtemperatur Eintritt Motor | °C   | 0-50      |   |
| Luftfeuchtigkeit (abs)          | g <sub>Wasser</sub> /kg <sub>Trockene Luft</sub> | 37,7      |   |
| Salzgehalt der angesaugten Luft | ppm  | 50        |   |
| Volumenstrom                    | m <sup>3</sup> /h                                | 11,5 - 30 | Unterer Grenzwert orientiert sich an max. Volumen samt Gasregelstrecke und Zuleitungen. Unterer Grenzwert stellt den Mindestluftwechsel/Stunde sicher. Oberer Grenzwert sollte nicht überschritten werden um hohe Druckverluste zu vermeiden. |

Tabelle 40:

#### 2. Inertgas-Überdruck-Konzept

| Bezeichnung                     | Einheit   | Grenzwert  | Bemerkung  |
|---------------------------------|-----------|------------|--|
| Mediumtyp                       |           | Stickstoff | Stickstoff aus einem Generator oder aus Flaschen |
| Mediumtemperatur Eintritt Motor | °C        | 0-80       |  |
| Wassergehalt                    | Vol.-%    | ≤ 50       | Wert für Stickstoff 2,8                          |
| Reinheit des Stickstoffs        | Vol.-%    | ≥ 99,8     | Wert für Stickstoff 2,8                          |
| Sauerstoffgehalt                | Vol.-%    | ≤ 100      | Wert für Stickstoff 2,8                          |
| Druckbereich des Mediums        | bar (abs) | < 11       |  |

| Bezeichnung  | Einheit                     | Grenzwert     | Bemerkung  |
|--|-----------------------------|---------------|--|
| Volumen der Hülle am Motor (ohne Gasregelstrecke) (Doppelwandigkeit) | m <sup>3</sup> <sub>N</sub> | 0,079 - 0,095 |  |
| Leckage  | gStickstoff/h               | 1 - 1,5       | Dient zur Auslegung der Nachfüllmenge/Intervalle |

*Tabelle 41:*

Details zur Einbindung in das Gassystem und Ausführungsvorschläge für Überwachung und Anordnung der einzelnen Komponenten sind im Safety-Concept, -Schemazeichnungen und Einbauvorschriften dokumentiert.

## 4.3 Gasmotor BR4000 – Generatoranwendung und Generatoraggregat

### 4.3.1 Allgemeines

#### Wichtig

Es werden keine Gewährleistungen für Beeinträchtigungen und/oder Schäden (Korrosion, Verunreinigungen etc.) übernommen, die durch Gase oder Stoffe entstanden sind, deren Vorhandensein bei Vertragsabschluss nicht bekannt und vereinbart waren.

## 4.3.2 Erdgas – Anforderungen an das Brenngas

### Anforderungen an das Brenngas

| Bezeichnung   | Einheit                 | Grenzwert              | Bemerkung  |
|---|-------------------------|------------------------|--|
| Gasart  |                         | Erdgas                 | Gilt für Erdgas H, L und Flözgas aus nicht erschlossenen Lagerstätten (pre mining Coal Bed Methane).<br>Andere Gase sind derzeit nicht freigegeben.  |
| Methanzahländerung  | -/min.                  | 5                      | Lineare stetige Änderung mit einer Häufigkeit von maximal 1/h  |
| Heizwert $H_{i,n}$  | kWh/m <sup>3</sup> i.N. | $8,0 < H_{i,n} < 11,0$ | Für niedrigere und höhere Werte ist Werksanfrage notwendig   |
| Heizwertschwankung zum Einstellwert   | %                       | $\pm 5^{**}$           | Für höhere Werte ist Werksanfrage notwendig  |
| Zulässige Änderungsgeschwindigkeit des Heizwerts zum Einstellwert   | %/min.                  | 1,0                    | Lineare stetige Änderung erforderlich mit einer maximalen Häufigkeit von 1/h   |
| Dichte des Gases  | kg/m <sup>3</sup> i.N.  | 0,73 bis 0,84          | Die Dichte des Gases kann entsprechend der Zusammensetzung schwanken, für eine bestimmte Gasart ist sie konstant.<br>Bei Verwendung von Gasen aus unterschiedlichen Gasversorgungsbereichen können sich Änderungen der Dichte ergeben.<br>Bei Wechsel des Gaszulieferers ist eine Gasanalyse, bei Bedarf eine Anpassung der Gemischregelung notwendig. |
| Gasdruckschwankungen zum Einstellwert   | %                       | $\pm 5$                |  |
| Zulässige Änderungsgeschwindigkeit des Gasdrucks  | mbar/min.               | 1                      | Stetige Änderung erforderlich  |
| <p>* = Für Motoren mit Abgasnachbehandlung und / oder Abgaswärmenutzung können niedrigere Grenzwerte gelten. Bei Einsatz von Oxidationskatalysatoren, Analyse und Rücksprache mit MTU erforderlich.</p> <p>** = Für die optionale Betriebsart "Regelenergie mit Schnellstartfähigkeit 120 Sekunden" gilt ein Grenzwert von <math>\pm 3</math> % zum Einstellwert.</p> |                         |                        |  |

| Bezeichnung  | Einheit    | Grenzwert   | Bemerkung   |
|--|------------|-------------|---|
| Gastemperatur Erdgas aus öffentlicher Gasnetzversorgung  | °C         | 5 < T < 45  | Bei Gefahr von Taupunktunterschreitung muss die Gastemperatur erhöht werden.<br>Bei abweichenden Temperaturen besteht Gefahr thermischer Alterung von NBR-Werkstoffen (Dichtungen, Membranen) sowie Beeinflussung des Elastizitätsverhaltens.   |
| Erdgas aus örtlichen LNG-Verdampferanlagen   |            | 15 < T < 45 | Gegebene Druck- und Heizwertkombinationen können den T-Bereich einschränken. Dies kann über eine Druckanpassung kompensiert werden, damit ein Betrieb in Nennlast für den gesamten T-Bereich gewährleistet ist.<br>Bei Anlagen mit LNG-Betrieb muss der zulässige Temperaturbereich projektspezifisch abgestimmt werden. Die Ausführung der Gasverdampfung muss dazu seitens MTU bewertet werden. |
| Gastemperaturschwankung zum Einstellwert   | °C         | ± 9         |   |
| Zulässige Änderungsgeschwindigkeit der Gastemperatur   | K/min.     | 0,3         |   |
| Relative Gasfeuchte im Gas bei zulässigem Temperatur- und Druckbereich   | %          | < 80        | Keine Betauung im gesamten Gas- und Gemischsystem zulässig. Keine Wasserdampfkondensation im Druck- und Temperaturbereich.  |
| Max. Gasfeuchte, absolut   | g/kg       | < 20        | Keine Kondensation in brenngas- und brenngasluftgemisch-führenden Leitungen und Behältern zulässig.   |
| Öle / Öldämpfe (HC mit Kohlenstoffzahl >8)   | mg/m³ i.N. | < 0,4       | Keine Kondensation in brenngas- und brenngasluftgemisch-führenden Leitungen, sowie Bildung von kondensierbaren Ölnebeln   |
| Langkettige Kohlenwasserstoffe (C <sub>6</sub> - C <sub>n</sub> )  | mol %      | K.A.        | Rücksprache mit MTU erforderlich  |
| HC- Lösungsmitteldämpfe  | mg/m³ i.N. | 0           | Werksanfrage und Analyse notwendig  |
| Organisch gebundenes Silicium  | mg/m³ i.N. | <1,0        |   |
| <p>* = Für Motoren mit Abgasnachbehandlung und / oder Abgaswärmenutzung können niedrigere Grenzwerte gelten. Bei Einsatz von Oxidationskatalysatoren, Analyse und Rücksprache mit MTU erforderlich.</p> <p>** = Für die optionale Betriebsart "Regelenergie mit Schnellstartfähigkeit 120 Sekunden" gilt ein Grenzwert von ± 3 % zum Einstellwert.</p> |            |             |   |

TIM-ID: 0000051849 - 005

| Bezeichnung                          | Einheit                | Grenzwert      | Bemerkung   |
|--------------------------------------|------------------------|----------------|---|
| Anorganisches gebundenes Silicium    | mg/m <sup>3</sup> i.N. | < 6            | Bei Si > 5 mg/m <sup>3</sup> i.N. bezogen auf 100 % CH <sub>4</sub> Brenngasgehalt sind Verschleißprodukte in der Ölanalyse zu beachten   |
| Staub 3 bis 10 µm                    | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 5              | DVGW Arbeitsblatt G260<br>Staub ist derartig zu entfernen, dass der Betrieb von Gasgeräten und gas-technischen Einrichtungen normgerechter oder üblicher Konstruktion störungsfrei gewährleistet ist. |
| Staub < 3 µm                         | mg/m <sup>3</sup> i.N. | Technisch frei | Staub < 3 µm ist durch eine technische Analyse zu bewerten, gegebenenfalls sind entsprechende Spezialfilter zu verwenden.   |
| Gesamtschwefel                       | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 30             | DVGW Arbeitsblatt G260  |
| Mercaptanschwefel                    | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 6              | DVGW Arbeitsblatt G260  |
| Schwefelwasserstoff H <sub>2</sub> S | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 5              | DVGW Arbeitsblatt G260  |
| Chlor                                | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 10*            | Bei höheren Werten ist eine Werksanfrage und Analyse notwendig  |
| Fluor                                | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 5*             | Bei höheren Werten ist eine Werksanfrage und Analyse notwendig  |
| Chlor + Fluor                        | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 10*            | Bei höheren Werten ist eine Werksanfrage und Analyse notwendig  |
| NH <sub>3</sub>                      | ppm                    | 70*            | Bei höheren Werten ist eine Werksanfrage und Analyse notwendig  |

\* = Für Motoren mit Abgasnachbehandlung und / oder Abgaswärmenutzung können niedrigere Grenzwerte gelten. Bei Einsatz von Oxidationskatalysatoren, Analyse und Rücksprache mit MTU erforderlich.  
\*\* = Für die optionale Betriebsart "Regelenergie mit Schnellstartfähigkeit 120 Sekunden" gilt ein Grenzwert von ± 3 % zum Einstellwert.

Tabelle 42: Anforderungen und Randbedingungen für den Brennstoff Erdgas und die entsprechende Brennstoffversorgung

Alle aufgeführten Grenzwerte von Schadstoffen (in ppm und mg/m<sup>3</sup>) sind auf einen Heizwert von 10 kWh/m<sup>3</sup> i.N. bezogen. Dies entspricht einem Bezug auf Brennstoffe mit 100 Vol.-% Methan, bzw. bei Vorhandensein anderer brennbarer Bestandteile im Brennstoff einem gleichwertigen Energieäquivalent und damit einem gleichwertigen Schadstoffeintrag.

#### Beispiel:

- Es wird russisches Erdgas mit einem Heizwert von 10 kWh/m<sup>3</sup> i.N. verwendet. Damit entspricht der zulässige Wert für Gesamtschwefel im Gas exakt dem in der Tabelle angegebenen Grenzwert.
- Bei Verwendung eines Gases (Beispiel Osthannover) mit  $H_{i,n} = 8,15 \text{ kWh/m}^3 \text{ i.N.}$  berechnet sich der zulässige Maximalwert für Gesamtschwefel folgendermaßen:  
Zulässiger Gesamtschwefelgehalt =  $30 \text{ mg/m}^3 \text{ i.N.} \cdot (8,15 \text{ kWh/m}^3 \text{ i.N.} : 10,0 \text{ kWh/m}^3 \text{ i.N.}) = 24,5 \text{ mg/m}^3 \text{ i.N.}$

### 4.3.3 Biogas - Anforderungen an das Brenngas

#### Anforderungen an den Brennstoff Biogas

| Bezeichnung   | Einheit                 | Grenzwert                               | Bemerkung  |
|---|-------------------------|---|--|
| Gasart  |                         | Biogene Gase aus Fermentationsprozessen |  |
| Methanzahl MZ   | –                       | ≥ 115                                   | Bei Unterschreitung, Gefahr klopfender Verbrennung. Gasanalyse und Werksanfrage erforderlich   |
| Heizwert $H_{i,n}$  | kWh/m <sup>3</sup> i.N. | 4,5 < $H_{i,n}$ < 8,0                   | Für niedrigere und höhere Werte ist Werksanfrage notwendig   |
| Heizertschwankung zum Einstellwert  | %                       | ± 20                                    | Für höhere Werte ist Werksanfrage notwendig  |
| Maximale Änderungsgeschwindigkeit des Heizerts zu Einstellwert im Betrieb | %/min.                  | 1                                       | <1/ h zulässig<br>Im Normalbetrieb   |
| Schnelle Änderung des Heizerts bei Start - und Anfahrvorgängen            | %/min.                  | <10,0                                   | Mit einer Häufigkeit von <1/ h zulässig  |
| Dichte des Gases  | kg/m <sup>3</sup> i.N.  | 0,93 bis 1,40                           | Die Dichte des Gases kann entsprechend der Zusammensetzung schwanken. Bei Änderungen des Hauptsubstrats und/ oder signifikanten Änderungen im Mischungsverhältnis der Substrate ist eine Gasanalyse, bei Bedarf eine Anpassung der Gemischregelung notwendig.  |
| Gasdruckschwankung zum Einstellwert                                       | %                       | ± 10                                    | Gilt für den Gaseintritt am motorseitigen Gasdosierventil  |
| Zulässige Änderungsgeschwindigkeit des Gasdrucks                          | mbar/min.               | 1                                       | Gilt für den Gaseintritt am motorseitigen Gasdosierventil  |
| Gastemperatur   | °C                      | 5 < t < 45                              | Es sind keine Phasenübergänge im Brenngas-Luft-Gemisch während des Motorbetriebs zulässig.<br>Bei Gefahr von Taupunktunterschreitung muss die Gastemperatur erhöht werden.<br>Bei abweichenden Temperaturen besteht Gefahr thermischer Alterung von NBR-Werkstoffen (Dichtungen, Membranen) sowie Beeinflussung des Elastizitätsverhaltens bei höheren Temperaturen.<br>Grenzwerte gelten für den Gaseintritt am motorseitigen Gasdosierventil |

\* = bei diesen Werten handelt es sich um unverbindliche Richtwerte für Motoren der Baureihe 4000, für Aggregate mit Abgasnachbehandlung können niedrigere Grenzwerte gelten.

\*\* = beim Motor 20V4000L32FB sind geringere Werte gültig. Eine Werksanfrage ist erforderlich.

| Bezeichnung   | Einheit                | Grenzwert      | Bemerkung  |
|---|------------------------|----------------|--|
| Gastemperaturschwankung zum Einstellwert                              | °C                     | ± 15           | Gilt für den Gaseintritt am motorseitigen Gasdosierventil  |
| Zulässige Änderungsgeschwindigkeit der Gastemperatur                  | K/min.                 | 0,3            | Gilt für den Gaseintritt am motorseitigen Gasdosierventil  |
| Relative Gasfeuchte im Gas im zulässigen Temperatur- und Druckbereich | %                      | < 80           | Keine Betauung im gesamten Gas- und Gemischsystem zulässig<br>Keine Wasserdampfkondensation im Druck- und Temperaturbereich.   |
| Max. Gasfeuchte, absolut  | g/kg                   | < 28           | Keine Kondensation in Brenngas und Brenngasluftgemisch führenden Leitungen und Behältern zulässig.<br>Bei höheren Werten oder Gefahr der Kondensation im Betriebsbereich von Druck und Temperatur ist eine Gastrocknung vorzusehen.<br>Keine Phasenübergänge im Brenngas-Luftgemisch während des Motorbetriebs im Druck- und Temperaturbereich, bei höheren Werten ist eine Gastrocknung vorzusehen. |
| Öle / Öldämpfe  | mg/m <sup>3</sup> i.N. | < 0,4          | Keine Kondensation in Brenngas- und Brenngasluftgemisch führenden Leitungen, sowie Bildung von kondensierbaren Ölnebeln.   |
| HC-Lösungsmitteldämpfe  | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 0              |  |
| Silicium aus organischen Verbindungen                                 | mg/m <sup>3</sup> i.N. | < 4*           | Bei Si > 2 mg/m <sup>3</sup> i.N. bezogen auf 100 % CH <sub>4</sub> Brenngasgehalt sind Verschleißprodukte in der Ölanalyse zu beachten.   |
| Anorganisch gebundenes Silizium                                       | mg/m <sup>3</sup> i.N. | < 2*           |  |
| Staub 3 bis 10 µm   | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 5              | DVGW Arbeitsblatt G260   |
| Staub < 3 µm  | mg/m <sup>3</sup> i.N. | Technisch frei | Staub ist derartig zu entfernen, dass der Betrieb von Gasgeräten und gastechnischen Einrichtungen normgerechter oder üblicher Konstruktion störungsfrei gewährleistet ist. Staub < 3 µm ist durch eine technische Analyse zu bewerten, gegebenenfalls sind entsprechende Spezialfilter zu verwenden.   |
| Silicium aus organischen und anorganischen Verbindungen               | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 6*             |  |
| Gesamtschwefel  | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 800* / **      |  |
| Mercaptanschwefel   | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 4*             |  |
| Schwefelwasserstoff H <sub>2</sub> S                                  | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 850*           |  |

\* = bei diesen Werten handelt es sich um unverbindliche Richtwerte für Motoren der Baureihe 4000, für Aggregate mit Abgasnachbehandlung können niedrigere Grenzwerte gelten.

\*\* = beim Motor 20V4000L32FB sind geringere Werte gültig. Eine Werksanfrage ist erforderlich.

| Bezeichnung                              | Einheit                | Grenzwert | Bemerkung  |
|--|------------------------|-----------|--|
| Summe aller Chlor- und Fluorverbindungen | mg/m <sup>3</sup> i.N. | ≤ 40*     |  |
| Chlor                                    | mg/m <sup>3</sup> i.N. | ≤ 40*     | Bei höheren Werten ist eine Werksanfrage und Analyse notwendig |
| Fluor                                    |                        | ≤ 20*     | Bei höheren Werten ist eine Werksanfrage und Analyse notwendig |
| NH <sub>3</sub>                          | ppm                    | 70*       | Bei höheren Werten ist eine Werksanfrage und Analyse notwendig |

\* = bei diesen Werten handelt es sich um unverbindliche Richtwerte für Motoren der Baureihe 4000, für Aggregate mit Abgasnachbehandlung können niedrigere Grenzwerte gelten.  
 \*\* = beim Motor 20V4000L32FB sind geringere Werte gültig. Eine Werksanfrage ist erforderlich.

Tabelle 43: Anforderungen und Randbedingungen für den Brennstoff Biogas und die entsprechende Brennstoffversorgung

Bei Verwendung der Baureihe 4000 in Aggregaten, mit und ohne Abgaswärmekopplung und/oder Abgasnachbehandlungssystemen, sind die jeweiligen Angaben des Aggregateherstellers zu beachten.

### Anforderungen an den Brennstoff "gering belastetes Biogas"

Nachfolgende Grenzwerte definieren "gering belastetes Biogas". Alle übrigen Grenzwerte für gering belastetes Biogas entsprechen den allgemeinen Grenzwerten für Biogas (→ Tabelle 43).

| Bezeichnung   | Einheit                | Grenzwert | Bemerkung  |
|---|------------------------|-----------|--|
| Silicium aus organischen Verbindungen                   | mg/m <sup>3</sup> i.N. | < 1*      | Bei Si > 2 mg/m <sup>3</sup> i.N. bezogen auf 100 % CH <sub>4</sub> Brenngasgehalt sind Verschleißprodukte in der Ölanalyse zu beachten. |
| Anorganisch gebundenes Silizium                         | mg/m <sup>3</sup> i.N. | < 0,5*    |  |
| Silicium aus organischen und anorganischen Verbindungen | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 1,5*      |  |
| Gesamtschwefel  | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 140*      |  |
| Mercaptanschwefel                                       | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 1*        |  |
| Schwefelwasserstoff H <sub>2</sub> S                    | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 150*      |  |
| Summe aller Chlor- und Fluorverbindungen                | mg/m <sup>3</sup> i.N. | ≤ 8*      |  |
| Chlor   | mg/m <sup>3</sup> i.N. | ≤ 8*      | Bei höheren Werten ist eine Werksanfrage und Analyse notwendig   |
| Fluor   |                        | ≤ 4*      | Bei höheren Werten ist eine Werksanfrage und Analyse notwendig   |
| NH <sub>3</sub>   | ppm                    | 14*       | Bei höheren Werten ist eine Werksanfrage und Analyse notwendig   |

\* = bei diesen Werten handelt es sich um unverbindliche Richtwerte für Motoren der Baureihe 4000, für Aggregate mit Abgasnachbehandlung können niedrigere Grenzwerte gelten (→ Tabelle 45).

Tabelle 44: Anforderungen und Randbedingungen für den Brennstoff "gering belastetes Biogas" und die entsprechende Brennstoffversorgung

Alle aufgeführten Grenzwerte von Schadstoffen (in ppm und mg/m<sup>3</sup>) sind auf einen Heizwert von 10 kWh/m<sup>3</sup> i.N. bezogen. Dies entspricht einem Bezug auf Brennstoffe mit 100 Vol.-% Methan, bzw. bei Vorhandensein anderer brennbarer Bestandteile im Brennstoff einem gleichwertigen Energieäquivalent und damit einem gleichwertigen Schadstoffeintrag.

**Beispiel:**

- Es wird russisches Erdgas mit einem Heizwert von 10 kWh/m<sup>3</sup> i.N. verwendet. Damit entspricht der zulässige Wert für Gesamtschwefel im Gas exakt dem in der Tabelle angegebenen Grenzwert.
- Bei Verwendung eines Gases (Beispiel Osthannover) mit  $H_{i,n} = 8,15 \text{ kWh/m}^3 \text{ i.N.}$  berechnet sich der zulässige Maximalwert für Gesamtschwefel folgendermaßen:  

$$\text{Zulässiger Gesamtschwefelgehalt} = 30 \text{ mg/m}^3 \text{ i.N.} \cdot (8,15 \text{ kWh/m}^3 \text{ i.N.} : 10,0 \text{ kWh/m}^3 \text{ i.N.}) = 24,5 \text{ mg/m}^3 \text{ i.N.}$$

**Schadstoffkonzentrationen im Kraftstoff (bei Abgasnachbehandlung / Abgaswärmenutzung)**

Je nach Anwendung sind folgende maximal zulässigen Schadstoffkonzentrationen im Kraftstoff einzuhalten:

| Bezeichnung   | Einheit                 | Oxidationskatalysator / Abgaswärmenutzung |                         |            |
|---|-------------------------|---|-------------------------|------------|
|   |                         | Ohne* / Ohne                              | Mit / 120 °C bis 180 °C | Mit / Ohne |
| Summe aller Schwefelverbindungen (gerechnet als S)  | mg/m <sup>3</sup> i.N.  | 800                                       | 20                      | 200        |
| Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S)              | ppm                     | 550                                       | 7                       | 70         |
| Summe aller Chlorverbindungen (gerechnet als Cl)    | mg /m <sup>3</sup> i.N. | 40  | 0,5                     | 0,5        |
| Summe aller Fluorverbindungen (gerechnet als F)     | mg /m <sup>3</sup> i.N. | 40  | 0,5                     | 0,5        |
| Summe aller Siliziumverbindungen (gerechnet als Si) | mg /m <sup>3</sup> i.N. | 5   | 0                       | 0          |
| Ammoniak (NH <sub>3</sub> )                         | ppm                     | 30  | 30                      | 30         |
| Schwermetalle (Pb, Hg, As, Sb, Cd)                  | µg/m <sup>3</sup> i.N.  | Auf Nachfrage                             | 10                      | 10         |

\*= für "gering belastetes Biogas" gelten entsprechend geringere Werte (→ Tabelle 44).

Tabelle 45: Schadstoffkonzentrationen im Kraftstoff

## 4.4 Gasmotor BR400 - Generatoraggregat

### 4.4.1 Erdgas - Kraftstoffwerte

#### **Einzuhaltende Kraftstoffwerte**

Folgende Kraftstoffwerte sind am Eintritt in die Gasregelstrecke (Lieferumfang MTU) einzuhalten:

| Bezeichnung  | Einheit                       | Grenzwert |
|--|-------------------------------|-----------|
| Mindestmethanzahl                                      | Siehe Technische Beschreibung |           |
| Mindestheizwert  |                               |           |
| Änderungsgeschwindigkeit Heizwert                      | % je min                      | <1        |
| Änderungsgeschwindigkeit Methanzahl                    | MZ je min                     | <5        |
| Mindestgasfließdruck (Überdruck)                       | mbar                          | <20       |
| Maximaler Gasfließdruck (Überdruck)                    | mbar                          | <50       |
| Max. Gasdruckschwankungen (Regelschwankung kurzzeitig) | mbar                          | ±5        |
| Max. Änderungsgeschwindigkeit des Gasdrucks            | mbar/s                        | <1        |
| Gastemperatur  | °C                            | 5 bis 45  |
| Max. Wasserdampfanteil                                 | Vol.-%                        | <0,5      |
| Staubpartikel > 3 µm                                   | mg/m <sup>3</sup> i.N         | <5        |
| Ölige Bestandteile                                     | mg/m <sup>3</sup> i.N         | <0,4      |

*Tabelle 46: Einzuhaltende Kraftstoffwerte*

Korrosive Bestandteile, mit Ausnahme eines max. Gesamtschwefelgehalts von 30 mg/m<sup>3</sup>i.N., kurzzeitig 150 mg/m<sup>3</sup>i.N., dürfen nicht enthalten sein (analog DVGW Blatt G 260).

Achtung: Der gelieferte Gasfilter (50 µm) am Eintritt der Gasregelstrecke stellt obigen Staubgrenzwert nicht sicher und dient lediglich zum Schutz der Gasarmaturen.

## 4.4.2 Biogas – Kraftstoffwerte

Schwankungen in der Gasqualität sind bei Bio-, Klär- und Deponiegas nicht zu vermeiden, ebenfalls die Anwesenheit von störenden Verunreinigungen.

Um einen störungsfreien Betrieb zu ermöglichen und Schäden zu vermeiden, müssen jedoch bestimmte Grenzwerte eingehalten werden.

Wenn sich bei der Inbetriebnahme herausstellt, dass die erforderliche Kraftstoffqualität nicht vorhanden ist, behält sich MTU eine Berechnung der abgebrochenen Inbetriebnahme vor.

Die Einhaltung der im Datenblatt genannten Emissions- und Verbrauchsangaben gelten nur für die angegebenen Referenzgaszusammensetzungen für Bio-, Klär- und Deponiegas. Hierbei ist das Volumenverhältnis  $\text{CO}_2 / \text{CH}_4$  von Bedeutung.

### Wichtig

Die aufgelisteten Komponenten / Grenzwerte sind für Biogasmotoren relevant. Andere Komponenten / Grenzwerte sind nicht zulässig.

### Einzuhaltende Kraftstoffwerte

Folgende Kraftstoffwerte sind am Eintritt in die Gasregelstrecke (Lieferumfang MTU) einzuhalten:

| Bezeichnung  | Einheit                          | Grenzwert          |
|--|----------------------------------|--------------------|
| Mindestmethanzahl                                      | Siehe Technische Beschreibung    |                    |
| Mindestheizwert  |                                  |                    |
| Änderungsgeschwindigkeit Heizwert                      | % je min                         | 1                  |
| Änderungsgeschwindigkeit Methanzahl                    | MZ je min                        | 5                  |
| $\text{CO}_2 / \text{CH}_4$ Volumenverhältnis          | -                                | $\leq 0,65$        |
| Methangehalt, feucht                                   | Vol.-%                           | Siehe techn. Daten |
| Mindestgasfließdruck (Überdruck)                       | mbar                             | 30                 |
| Maximaler Gasfließdruck (Überdruck)                    | mbar                             | 50                 |
| Max. Gasdruckschwankungen (Regelschwankung kurzzeitig) | mbar                             | $\pm 5$            |
| Max. Änderungsgeschwindigkeit des Gasdrucks            | mbar/s                           | 1                  |
| Max. Gastemperatur (ohne Derating)                     | $^{\circ}\text{C}$               | 35                 |
| Max. Sauerstoffgehalt                                  | Vol.-%                           | 2                  |
| Max. Wasserdampfanteil                                 | Vol.-%                           | 3,1                |
| Gasabkühlung auf mindestens                            | $^{\circ}\text{C}$               | $< 25$             |
| Staubpartikel $> 3 \mu\text{m}$                        | $\text{mg}/\text{m}^3\text{i.N}$ | 5                  |
| Ölige Bestandteile                                     | $\text{mg}/\text{m}^3\text{i.N}$ | 0,4                |

Tabelle 47: Einzuhaltende Kraftstoffwerte

ACHTUNG: Der gelieferte Gasfilter ( $50 \mu\text{m}$ ) am Eintritt der Gasregelstrecke stellt obigen Staubgrenzwert nicht sicher und dient lediglich zum Schutz der Gasarmaturen.

### 4.4.3 Störende Verunreinigungen

Je nach Anwendung sind folgende maximal zulässige Verunreinigungen im Kraftstoff einzuhalten:

| Bezeichnung                                       | Einheit                | Oxidationskatalysator / Abgaswärmenutzung |                          |                                |                 |                                |                  |
|---|------------------------|---|--------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|------------------|
|   |                        | Ohne / 180 °C / Ohne                      |                          | Mit EMK* / 120 °C / 180 °C     | Mit EMK* / Ohne | Mit SRK** / 180 °C             | Mit SRK** / Ohne |
|   |                        | Biogas                                    | gering belastetes Biogas | 20 mg/m <sup>3</sup> i.N. HCHO |                 | 30 mg/m <sup>3</sup> i.N. HCHO |                  |
| Summe aller Schwefelverbindungen (S)              | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 1200                                      | 140                      | 20                             | 200             | 70                             | 140              |
| entspricht Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S) | ppm                    | 840                                       | 50                       | 14                             | 140             | 50                             | 100              |
| Summe aller Chlorverbindungen (Cl)                | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 100                                       | 8                        | 0,5                            | 0,5             | 0,5                            | 0,5              |
| Summe aller Fluorverbindungen (F)                 | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 50  | 8                        | 0,5                            | 0,5             | 0,5                            | 0,5              |
| Summe aller Siliziumverbindungen (Si)             | mg/m <sup>3</sup> i.N. | 5   | 4                        | 0                              | 0               | 0                              | 0                |
| Ammoniak (NH <sub>3</sub> )                       | ppm                    | 60  | 14                       | 60                             | 60              | 60                             | 60               |
| Schwermetalle (Pb, Hg, As, Sb, Cd)                | µg/m <sup>3</sup> i.N. | auf Anfrage                               | auf Anfrage              | 10                             | 10              | 10                             | 10               |
| * EMK = Edelmetallkatalysator                     |                        |   |                          |                                |                 |                                |                  |
| ** SRK = schwefelresistenter Katalysator          |                        |   |                          |                                |                 |                                |                  |

Tabelle 48: Schadstoffkonzentrationen im Kraftstoff

Alle aufgeführten Grenzwerte von Schadstoffen (in ppm und mg/m<sup>3</sup>) sind auf einen Heizwert von 10 kWh/m<sup>3</sup> i.N. bezogen. Dies entspricht einem Bezug auf Brennstoffe mit 100 Vol.-% Methan, bzw. bei Vorhandensein anderer brennbarer Bestandteile im Brennstoff einem gleichwertigen Energieäquivalent und damit einem gleichwertigen Schadstoffeintrag.

#### Beispiel:

- Es wird russisches Erdgas mit einem Heizwert von 10 kWh/m<sup>3</sup> i.N. verwendet. Damit entspricht der zulässige Wert für Gesamtschwefel im Gas exakt dem in der Tabelle angegebenen Grenzwert.
- Bei Verwendung eines Gases (Beispiel Osthannover) mit Hi,n = 8,15 kWh/m<sup>3</sup> i.N. berechnet sich der zulässige Maximalwert für Gesamtschwefel folgendermaßen:  
 Zulässiger Gesamtschwefelgehalt = 30 mg/m<sup>3</sup> i.N. · (8,15 kWh/m<sup>3</sup>i.N. : 10,0 kWh/m<sup>3</sup> i.N.) = 24,5 mg/m<sup>3</sup> i.N.

Bei einer Rohgasqualität oberhalb der Schwefelgrenzwerte muss eine, auf die Gasqualität der Anlage ausgelegte, Gasentschwefelung installiert werden.

Mit dem schwefelresistenten MTU-Spezial-Oxidationskatalysator ist, unter Einhaltung der angegebenen Schwefelgrenzwerte im Kraftstoff, ein Betrieb ohne Feinentschwefelung zulässig.

Werden diese Grenzwerte im Betrieb überschritten, kommt es bei Abgaswärmenutzung zu verstärkter Bildung von korrosiven Ablagerungen. Durch diese Ablagerungen können Schäden entstehen, die zum Totalausfall der Bauteile führen. Eine frühere Reinigung des Abgaswärmetauschers ist dadurch erforderlich.

Aufgrund der möglichen Schwankungsbreite des Schwefelgehalts in der Praxis kann MTU keine Garantien hinsichtlich der Reinigungsintervalle abgeben.

Im Betrieb mit Oxydationskatalysator ohne Abgaswärmenutzung muss die Abgastemperatur an der Schornsteinmündung sicher über 300 °C liegen. Gegebenenfalls ist die Abgasleitung zu isolieren.

# 5 Abgasnachbehandlungssystem

## 5.1 Allgemeines

Zur Verringerung von Abgasemissionen bei stöchiometrisch betriebenen Motoren ( $\lambda = 1$ , ohne Luftüberschuss) werden 3-Wegekatalysatoren verwendet.

Zur Verringerung der Abgasemissionen bzgl. unvollständig verbrannter Verbrennungsprodukte werden bei mager betriebenen Motoren (Betrieb mit Luftüberschuss) Oxidationskatalysatoren eingesetzt.

Zur zusätzlichen Verringerung der NO<sub>x</sub>-Emissionen bei Magermotoren können SCR-Katalysatoren (Selective Catalytic Reduktion) eingesetzt werden. Diese reduzieren mit Hilfe eines Reduktionsmittels (Harnstofflösung mit 32,5 % Harnstoffanteil) die Stickoxidemissionen.

Um die Funktionalität der Katalysatoren über eine bestimmte Laufzeit gewährleisten zu können, müssen sämtliche Vorgaben der Betriebsstoffvorschrift (bzgl. Kraftstoffe, Ansaugluft, Schmieröle) eingehalten werden.

## 5.2 NO<sub>x</sub>-Reduktionsmittel AUS 32 für SCR-Abgasnachbehandlungsanlagen

Zur Sicherung der Wirksamkeit der Abgasnachbehandlungsanlage ist es zwingend erforderlich, dass das Reduktionsmittel den Qualitätsanforderungen der DIN 70070 / ISO 222 41-1 entspricht.

In Europa wird dieses Reduktionsmittel häufig mit dem Markennamen "AdBlue" bezeichnet.

Die Prüfverfahren, um die Qualität und die Charakteristik des Reduktionsmittels zu bestimmen, werden in den Normen DIN 70071 / ISO 222 41-2 beschrieben. Die nachfolgende Tabelle (→ Tabelle 49) zeigt die Qualitätsmerkmale und die dazugehörigen Prüfverfahren des Reduktionsmittels (Auszug aus der Norm ISO 222 41-1).

| Wichtig  |
|--|
| SCR-Systeme von MTU sind in der Regel auf eine Konzentration von 32,5 % Harnstoff ausgelegt. Die Verwendung von NO <sub>x</sub> -Reduktionsmitteln mit anderen Konzentrationen an Harnstoff (AUS 40, AUS 48) bedarf einer anderen Auslegung der Dosiersysteme. Systeme, die entsprechend ausgelegt sind, müssen mit der entsprechend angepassten Konzentration gefahren werden.<br>Die Reinheitsanforderungen an das Reduktionsmittel entsprechen dann denen der Normen für AUS 32 |
| Wichtig  |
| Die Verwendung von Frostschutzadditiven für AUS 32, oder sogenanntem Winterharnstoff, ist generell nicht freigegeben.  |

### Qualitätsmerkmale und Prüfverfahren des Reduktionsmittels

|                                    | Einheit           | Prüfverfahren ISO | Grenzwerte                     |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
| Harnstoffgehalt                    | Gew.-%            | 22241-2 Annex B   | 31,8 bis 33,2                  |
| Dichte bei 20 °C                   | kg/m <sup>3</sup> | 3675<br>12185     | 1087,0 bis 1092,0              |
| Brechzahl bei 20 °C                |                   | 22241-2 Annex C   | 1,3817 bis 1,3840              |
| Alkalität als NH <sub>3</sub>      | Gew.-%            | 22241-2 Annex D   | max. 0,2                       |
| Biuretgehalt                       | Gew.-%            | 22241-2 Annex E   | max. 0,3                       |
| Aldehydgehalt                      | mg/kg             | 22241-2 Annex F   | max. 5                         |
| Unlösliche Bestandteile            | mg/kg             | 22241-2 Annex G   | max. 20                        |
| Phosphatgehalt als PO <sub>4</sub> | mg/kg             | 22241-2 Annex B   | max. 0,5                       |
| Metallgehalte                      |                   | 22241-2 Annex I   |                                |
| Calcium                            | mg/kg             |                   | max. 0,5                       |
| Eisen                              | mg/kg             |                   | max. 0,5                       |
| Kupfer                             | mg/kg             |                   | max. 0,2                       |
| Zink                               | mg/kg             |                   | max. 0,2                       |
| Chrom                              | mg/kg             |                   | max. 0,2                       |
| Nickel                             | mg/kg             |                   | max. 0,2                       |
| Aluminium                          | mg/kg             |                   | max. 0,5                       |
| Magnesium                          | mg/kg             |                   | max. 0,5                       |
| Natrium                            | mg/kg             |                   | max. 0,5                       |
| Kalium                             | mg/kg             |                   | max. 0,5                       |
| Identität                          |                   |                   | Identisch zum Vergleichsmuster |

Tabelle 49: Qualitätsmerkmale und Prüfverfahren des Reduktionsmittels

## Lagerung von Reduktionsmittel

Hinweise zur Lagerung/Verpackung/Transport sowie geeigneter/ungeeigneter Werkstoffe im Reduktionsmittelkreislauf stehen in der Norm ISO 222 41-3. Hierzu auch die Herstellerangaben beachten.

Direkte Sonneneinstrahlung vermeiden, da diese das Aufkommen von Mikroorganismen und die Zersetzung des Reduktionsmittels begünstigt.

Das Reduktionsmittel AUS 32 möglichst zwischen -5 und +25 °C lagern und transportieren, um Qualitätseinbußen zu vermeiden. Längere Lagerung bei Temperaturen oberhalb von 25 °C kann zur Zersetzung des Reduktionsmittels führen.

| Max. konstante Lagertemperatur [°C] | Min. Haltbarkeit [Monat]                |
|-------------------------------------|---|
| ≤ 10                                | 36                                      |
| ≤ 25                                | 18                                      |
| ≤ 30                                | 12                                      |
| ≤ 35                                | 6                                       |
| > 35                                | Jede Charge vor Benutzung kontrollieren |

*Tabelle 50: Lagertemperatur von Reduktionsmittel*

### Wichtig

Bei -11 °C kristallisiert das Reduktionsmittel aus.

## 5.3 Abgaskondensat

### Wichtig

Sicherstellen, dass Betriebsstoffe in entsprechend großen Auffangbehältern aufgefangen werden. Betriebsstoffe nach länderspezifischen Vorgaben entsorgen. Altöl nicht verbrennen oder im Kraftstofftank entsorgen.

Bei der Verbrennung des Kraftstoffes im Motor entstehen neben Kohlendioxid und Wasserdampf auch Stickoxide NO<sub>x</sub>. Diese setzen sich in den nachgeschalteten Bauteilen in Gegenwart von kondensiertem Wasser in salpetrige Säure um. Andere anorganische und organische Säuren, z. B. Schwefelsäure oder schweflige Säure, können je nach Kraftstoffzusammensetzung ebenfalls entstehen. Kondensatproben weisen demzufolge einen leicht stechenden Geruch und gelöstes Eisen als Korrosionsprodukt auf. Die Wasserstoffionenkonzentration, d. h. der pH-Wert solcher Kondensatproben liegt in der Regel im stark bis schwach sauren Bereich bei pH = ca. 0,5 bis 4.

Der Wassertaupunkt des Abgases hängt von der Zusammensetzung des eingesetzten Brenngases ab, sowie vom Luftverhältnis mit dem der Motor betrieben wird. Der Wassertaupunkt liegt bei etwa 50 °C (Magermotoren) bis 80 °C (Lambda = 1). Die Kondensatbildung setzt, je nach säurebildender Komponente, allerdings bei Abgastemperaturen unter ca. 170 °C ein (Säuretaupunkt).

Theoretisch können aus 1 m<sup>3</sup> i.N. Erdgas 1,5 kg Kondensat entstehen. Bei Abkühlung des Abgases auf Temperaturen von ca. 100 °C fallen nur bei Anfahrvorgängen nennenswerte Mengen an Kondensat an. Bei weiterer Abkühlung der Abgastemperaturen (unterhalb T = ca. 80 °C) beginnt kontinuierlich Kondensat auszufallen.

Um den Kondensatanfall (im Abgaswärmetauscher bzw. im nachgeschalteten Abgasschalldämpfer) auf möglichst geringe Mengen begrenzt zu halten, sollte bei Aggregaten mit Abgaskühlung folgendes gewährleistet sein:

- Im Abgaswärmetauscher die Abgastemperaturen nicht unterhalb 110 °C gekühlt werden
- Die Abgasleitungen ordnungsgemäß isoliert sein
- Das Verhältnis der Anzahl der Maschinenstarts zu den Betriebsstunden möglichst gering sein (empfohlen werden Werte durchschnittlich kleiner „ein Start“ pro vier Betriebsstunden).

Kondensatleitungen aus verschiedenen Bauteilen vor dem Siphon (bzw. „Wasservorlage“) möglichst nicht zusammenführen, da sonst im Betrieb durch Zirkulation in der Kondensatleitung dauernd Kondensat ausfällt.

Für das Kondensat muss ein freier Ablauf über Siphon (bzw. „Wasservorlage“) mit einer Höhe von mindestens 400 mm vorgesehen werden. In jedem Fall muss sich der Ablauf aber mehr als 100 mm Wassersäule oberhalb des entsprechenden maximal zulässigen Abgasgedrucks der Maschine befinden. Damit wird verhindert, dass Abgas aus der Kondensatleitung austritt. Das Abgaskondensat soll in einer Neutralisationsanlage vor Einleitung in das Abwassernetz neutralisiert werden. Zusätzlich ist ein Ölabscheider erforderlich.

Der Kondensatablauf muss regelmäßig im Betrieb überprüft und gegen Einfrieren im Winter gesichert werden.

Abgaskondensat darf nur nach Rücksprache mit der örtlichen Abwasserbehörde ohne Aufbereitung in die Kanalisation abgeführt werden, keinesfalls jedoch ins Freie. Die Gemeinden in Deutschland, bzw. die von ihnen beauftragten Stellen sind verpflichtet, anfallende Abwässer abzunehmen, wozu auch das Kondensat gehört. Eine Einordnung des Kondensats in die Kategorie "Sonderabfall" ist möglich.

# 6 Spül- und Reinigungsvorschrift für Motorkühlmittelkreisläufe

## 6.1 Allgemeines

In den Kühlmittelkreisläufen können im Laufe der Zeit durch Alterung des Kühlmittelzusatzes Schlammablagerungen entstehen. Die Folge können verminderte Kühlleistung, verstopfte Entlüftungsleitungen und Wasserablassstellen sowie verschmutzte Wasserstandsschaugläser sein.

Bei ungenügender Wasserqualität oder unzulänglicher Aufbereitung kann der Kühlkreislauf ebenfalls stark verunreinigt sein.

Wenn solche Störungen auftreten, ist der Kühlmittelkreislauf mit Frischwasser ggf. mehrmals zu spülen.

Bewirken diese Spülvorgänge zu wenig oder ist der Kühlmittelkreislauf zu stark verschmutzt, sind der Kühlmittelkreislauf und die betroffenen Baugruppen zu reinigen.

Zum Spülen ist ausschließlich sauberes Frischwasser zu verwenden (kein Fluss- oder Seewasser).

Zum Reinigen dürfen nur die von MTU freigegebenen oder entsprechenden Produkte in der vorgeschriebenen Anwendungskonzentration verwendet werden, siehe (→ Seite 82). Die vorgeschriebene Verfahrensweise ist einzuhalten.

Kühlmittelkreisläufe sind immer unmittelbar nach dem Spülen bzw. Reinigen mit aufbereitetem Motorkühlmittel entsprechend den aktuellen Betriebsstoffvorschriften zu befüllen. Ansonsten besteht Korrosionsgefahr!

### Wichtig

Betriebsstoffe (aufbereitetes Motorkühlmittel), gebrauchtes Spülwasser, Reinigungsmittel und Reinigungslösungen können Gefahrstoffe sein. Beim Umgang mit diesen Stoffen sowie bei deren Lagerung und Entsorgung sind gewisse Regeln zu beachten.

Diese Regeln ergeben sich aus den Herstellerangaben, gesetzlichen Bestimmungen und technischen Regelwerken, die im Land gültig sind. Da von Land zu Land große Unterschiede bestehen können, ist eine allgemeingültige Aussage über die zu beachtenden Regeln im Rahmen dieser Spül- und Reinigungsvorschriften nicht möglich.

Der Anwender der hierin genannten Produkte ist daher verpflichtet, sich über die geltenden Bestimmungen selbst zu informieren. MTU übernimmt keinerlei Haftung bei unsachgemäßer oder gesetzwidriger Verwendung der von ihr freigegebenen Betriebsstoffe und Reinigungsmittel.

### Wichtig

Ölwärmetauscher von Motoren mit Lagerfressern oder Kolbenfressern/-reibern sind zu verschrotten.

## Prüfgeräte, Hilfsmittel und Betriebsstoffe

MTU-Prüfkoffer oder elektrisches pH-Wert-Messgerät

Benötigte Hilfsmittel:

- Druckluft
- Heißdampf

Benötigte Betriebsstoffe:

- Frischwasser
- Aufbereitetes Motorkühlmittel

## 6.2 Freigegebene Reinigungsmittel

| Hersteller  | Produktbezeichnung                 | Anwendungskonzentration |             | Bestellnummer        |
|---|------------------------------------|-------------------------|-------------|----------------------|
| <b>Für Kühlmittelkreisläufe:</b>  |                                    |                         |             |                      |
| Kluthe  | Hakutex 111 <sup>1, 5)</sup>       | 2 Vol.-%                | Flüssigkeit | X00065751            |
|   | Decorrdal 20-1 <sup>8)</sup>       | 10 Vol.-%               | Flüssigkeit | <sup>7)</sup>        |
|   | Hakupur 50-706-3 <sup>4)</sup>     | 2 Vol.-%                | Flüssigkeit | X00055629            |
| <b>Für Baugruppen:</b>  |                                    |                         |             |                      |
| Henkel  | Bonderite C-AK FD <sup>2)</sup>    | 1 bis 10 Gew.-%         | Pulver      | <sup>7)</sup>        |
|   | Bonderite C-MC 11120 <sup>3)</sup> | 2 bis 10 Gew.-%         | Pulver      | <sup>7)</sup>        |
| Kluthe  | Hakutex 60 MTU                     | 100 Vol.-%              | Flüssigkeit | X00070585<br>(25 kg) |
| <b>Für Kühlkreisläufe mit Bakterien-, Hefen-, Pilzbefall (sogenannte Systemreiniger):</b> |                                    |                         |             |                      |
| Schülke & Mayr GmbH   | Grotan WS Plus <sup>5)</sup>       | 0,15 Vol.-%             | Flüssigkeit | X00065326<br>(10 kg) |
|   | Grotanol SR2 <sup>6)</sup>         | 0,5 Vol.-%              | Flüssigkeit | X00069827<br>(10 kg) |

Tabella 51:

<sup>1)</sup> Bei leichtem Kalkbelag, leichter Korrosion

<sup>2)</sup> Bei fettem Kalkbelag

<sup>3)</sup> Bei starkem Kalkbelag, vorzugsweise

<sup>4)</sup> Nicht geeignet für verzinkte Oberflächen

<sup>5)</sup> Bakterienbefall bis  $10^4$

<sup>6)</sup> Bakterienbefall  $> 10^4$ , Pilz- und Hefenbefall

<sup>7)</sup> Wird bei MTU nicht am Lager geführt

<sup>8)</sup> Bei starker Korrosion; für Aluminiumwerkstoffe nicht zugelassen

### Wichtig

Die technischen Datenblätter und die Sicherheitsdatenblätter der Produkte sind zu beachten!

Die Reiniger sind über Niederlassungen der Hersteller oder deren Handelspartner weltweit erhältlich.

## 6.3 Motorkühlmittelkreisläufe spülen

1. Motorkühlmittel ablassen.
2. pH-Wert des Frischwassers mittels MTU-Prüfkoffer oder elektrischem pH-Wert-Messgerät messen.
3. Frischwasser in den Kühlmittelkreislauf füllen.

### Wichtig

Niemals kaltes Wasser in einen heißen Motor füllen!

4. Motor vorwärmen, anlassen und warmfahren.
5. Motor ca. 30 min. mit erhöhter Drehzahl fahren.
6. Spülwasserprobe an der Motorkühlmittelprobe-Entnahmestelle entnehmen.
7. Motor abstellen.
8. Spülwasser ablassen.
9. pH-Wert der Spülwasserprobe mittels MTU-Prüfkoffer oder elektrischem pH-Wert-Messgerät messen und mit dem pH-Wert des Frischwassers vergleichen.
  - a) pH-Wert-Differenz  $< 1$ : Aufbereitetes Motorkühlmittel einfüllen und Motor in Betrieb nehmen.
  - b) pH-Wert-Differenz  $> 1$ : Frisches Spülwasser einfüllen und Spülauf wiederholen.
  - c) Ist die pH-Wert-Differenz auch nach 4- bis 5-maligem Spülen immer noch  $> 1$ : muss der Kühlmittelkreislauf gereinigt werden, siehe (→ Seite 84). Die Baugruppen müssen eventuell auch gereinigt werden, siehe (→ Seite 85).

### Wichtig

Für ergänzende Hinweise siehe Motorbetriebsanleitung.

## 6.4 Motorkühlmittelkreisläufe reinigen

1. Reiniger in vorgegebener Konzentration mit Frischwasser ansetzen. Ist der Motor warm, muss vorgeheiztes Frischwasser (45 °C) verwendet werden.
2. Als konzentrierte Vorlösung im warmen Frischwasser werden Reinigungsmittel für Kühlmittelkreisläufe angesetzt, siehe (→ Seite 82).
3. Bei Pulverprodukten so lange rühren, bis sich das Reinigungsmittel vollkommen aufgelöst hat und kein Bodensatz mehr vorhanden ist.
4. Vorlösung zusammen mit Frischwasser in den Kühlmittelkreislauf füllen.
5. Motor anlassen und warmfahren.
6. Temperatur und Dauer der Einwirkzeit nach den Vorgaben der technischen Datenblätter des Herstellers wählen.
7. Motor abstellen.
8. Reinigungsmittel ablassen und Motorkühlmittelkreislauf mit Frischwasser spülen.
9. Spülwasserprobe an der Motorkühlmittelprobe-Entnahmestelle entnehmen.
10. pH-Wert der Spülwasserprobe mittels MTU-Prüfkoffer oder elektrischem pH-Wert-Messgerät messen und mit dem pH-Wert des Frischwassers vergleichen.
  - a) pH-Wert-Differenz < 1: Aufbereitetes Motorkühlmittel einfüllen und Motor in Betrieb nehmen.
  - b) pH-Wert-Differenz > 1: Baugruppen reinigen, siehe (→ Seite 85).

### Wichtig

Für ergänzende Hinweise siehe Motorbetriebsanleitung.

## 6.5 Baugruppen reinigen

1. Baugruppen, die stärkeren Schlammablagerungen ausgesetzt sind, z. B. Ausgleichsbehälter, Vorwärmaggregate, Wärmetauscher (Wasserrückkühler, Ölwärmetauscher, Ladeluftkühler, Ladeluftvorwärmer, Kraftstoffvorwärmer, usw.) und tiefliegende Rohrleitungen, abbauen, demontieren und reinigen.
2. Vor dem Reinigen die Verschmutzung der Wasserseiten untersuchen.
3. Bei fetten Kalkbelägen zuerst die Wasserseite entfetten.
4. Festhaftende, durch Ölnebel verursachte Niederschläge in Ladeluftkühlern können mit Kluthe Hakutex 60 entfernt werden.
5. Harte Kalkbeläge mit einem Kalklösemittel entfernen. Bei hartnäckigen Kalkbelägen ggf. eine 10-%ige inhi-bierte Salzsäurelösung verwenden.
6. Ablagerungen an und in Wärmetauschereinsätzen in einem aufgeheizten Reinigungsbad lösen. Herstelleran-gaben beachten und nur freigegebene Reinigungsmittel in zulässiger Anwendungskonzentration verwenden, siehe (→ Seite 82)

### Wichtig

Ablagerungen auf der Ölseite können auch in einem Petroleumbad gelöst werden.  
Die Verweildauer im Reinigungsbad hängt von Art und Stärke der Verschmutzung sowie der Temperatur und Aktivität des Bades ab.

7. Einzelne Bauteile, wie z. B. Gehäuse, Deckel, Leitungen, Schaugläser, Wärmetauschereinsätze, mit Heiß-dampf, Nylonbürste (weiche Bürste) und kräftigem Wasserstrahl reinigen.

### Wichtig

Um Beschädigungen zu vermeiden:  
Keine harten und scharfkantigen Werkzeuge (Stahlbürste, Schaber u.ä.) verwenden (Oxydschutzschicht).  
Druck des Wasserstrahls nicht zu hoch einstellen (Beschädigung z. B. von Kühlerlamellen).

8. Wärmetauschereinsätze nach dem Reinigen entgegen der Betriebsdurchflussrichtung mit Niederdruckdampf durchblasen, mit klarem Wasser spülen (bis pH-Wert-Differenz < 1) und mit Druckluft ausblasen oder mit Warmluft trocknen.
9. Alle Bauteile auf einwandfreien Zustand prüfen, ggf. instandsetzen oder ersetzen.
10. Wärmetauscher ölseitig und motorkühlmittelseitig mit Korrosionsschutzöl spülen. Dieser Schritt kann entfal-len, wenn der Wärmetauscher unmittelbar nach dem Reinigen angebaut und in Betrieb genommen wird.
11. Nach Anbau aller Baugruppen Motorkühlmittelkreislauf einmal spülen, siehe (→ Seite 83).
12. Bei Motorinbetriebnahme den Kühlmittelkreislauf auf Dichtheit prüfen.

### Wichtig

Für ergänzende Hinweise, siehe Handbuch für Wartung und Instandhaltung des Motors.

## 6.6 Kühlkreisläufe mit Bakterien-, Hefen-, Pilzbefall

### **Systemreinigung**

Grundlage für eine wirksame Reinigung und Desinfektion des Kühlmittelsystems ist, dass das komplette Kühlsystem ausreichend lange vom Systemreiniger durchströmt wird.

Vor Ablassen wird dem verunreinigten Kühlmittel die vorgegebene Menge des freigegebenen Systemreinigers zugesetzt, siehe (→ Seite 82). Es ist zu gewährleisten, dass die Mischung min. 24 Stunden, max. 48 Stunden umgepumpt wird.

### **Spülung**

Wenn das Kühlmittel und der Systemreiniger abgelassen wurde, muss der Kühlkreislauf mit Frischwasser gespült werden. Es muss so lange gespült werden, bis keine sichtbaren Verunreinigungen mehr vorhanden sind und das Spülwasser dem pH-Wert des verwendeten Frischwassers entspricht (max. pH-Wert-Differenz < 1).

### **Neubefüllung**

Vor Neubefüllung ist sicherzustellen, dass das Kühlsystem frei von Verunreinigungen ist.

Eine Neubefüllung muss unmittelbar nach dem Spülen erfolgen da ansonsten Korrosionsgefahr besteht!

# 7 Zuluft und Verbrennungsluft

## 7.1 Allgemeines

### Wichtig

Es dürfen keine korrosiven Verbindungen in die Ansaugluft gelangen.  
Die angegebenen Grenzwerte müssen eingehalten werden, da sonst die Gewährleistung erlischt.

Bei Betrieb in Schwimmbädern oder in der Nähe von Kältemaschinen berücksichtigen, dass schon geringe Spuren von Halogenverbindungen in der Zuluft (Ansaugluft) zu Korrosion an folgenden Bauteilen führen können:

- Im Motor
- An peripheren Bauteilen, z. B. an Elektromotoren

Auch Reinigungsmittel können aggressive, korrosionsfördernde Stoffe enthalten.

Im Zweifelsfall muss Rückfrage bei MTU erfolgen.

Der Ansaugluft darf keine Desorptionsluft bzw. Off-Gase aus thermochemischen Prozessen zugeführt werden, ohne vorherige Rückfrage bei MTU.

Der zulässige Temperaturbereich mit Angabe der Minimal- und Maximaltemperatur ist im technischen Datenblatt des Motors / Aggregats angegeben.

Alle Gasmotoren von MTU können mit einer Ansaugluft unterhalb eines Taupunkts von 20 °C betrieben werden. Dabei sollte der Betrieb mit einer Ansaugluft oberhalb eines Taupunkts von 17,5 °C auf < 200 Betriebsstunden pro Jahr beschränkt bleiben. Eine Taupunkttemperatur der Ansaugluft oberhalb von 21 °C ist nicht zulässig. Bei abweichenden Werten bzw. höheren Taupunkttemperaturen der Ansaugluft ist eine Werksanfrage bei MTU notwendig.

### Grenzwerte im Gasgemisch

Das Gasgemisch besteht aus Luft und Kraftstoff. Die für den Kraftstoff angegebenen Grenzwerte dürfen im Gasgemisch nicht überschritten werden (→ Seite 55).

Die Grenzwerte im Gasgemisch sind (in ppm) deutlich geringer, als die Werte die für Kraftstoff angegeben werden (i. d. R. um ca. Faktor 20 geringer).

# 8 Heizwasser

## 8.1 Allgemeines

### Wichtig

Die Vorgaben von MTU zur Aufbereitung / Entlüftung der Wasserkreisläufe müssen eingehalten werden. Die angegebenen Grenzwerte müssen eingehalten werden, da sonst die Gewährleistung erlischt.

### Wichtig

Anforderungen an die Beschaffenheit von Heizwasser über 100 °C gelten dann, wenn Abgaswärmetauscher im Motorkühlkreislauf oder Heizkreislauf eingebaut sind.

### Wichtig

Sulfitzudosierung ist verboten.  
Alternativ wird WBcon 2347 für den Heizwasserkreislauf empfohlen.  
Es ist zu beachten, dass das Produkt Borate und Natriumhydroxid enthält, welches Materialien wie Aluminium oder Messing angreift.

### Ergänzende Hinweise

Vorsorglich wird darauf hingewiesen, dass im allgemeinen auch Maschinenbruchversicherungen keine Kosten für vorhersehbare Schäden, z. B. durch ungeeignete Wasserbeschaffenheit übernehmen.

Unter dem Begriff „Summe Erdalkalien“ ist der Gehalt an Härte bildenden gelösten Calcium- und Magnesiumsalzen zu verstehen. Für die Umrechnung in die früher übliche Maßeinheit der „Gesamthärte“ gilt:

- $1 \text{ mol/m}^3 = 5,6 \text{ dH}$
- Der pH-Wert ist ein Maß für den Säuregrad oder die Alkalität einer Lösung.
- pH = 7 neutral, < 7 sauer, > 7 alkalisch.

### Wichtig

Max. zulässige Schwankung der Heizwassereintrittstemperatur: max. 3 K / min.

## 8.2 Anforderungen an das Heizwasser

### Wichtig

Die Zugabe von Natriumsulfit als Bindemittel für Sauerstoff ist nicht zulässig.

### Wichtig

Die Basisskalierung muss mit Trinatriumphosphat erfolgen.

### Anforderungen an das Heizwasser bis 100 °C

Maßgebend ist die VDI-Richtlinie 2035 Blatt 1 (Dezember 2005) und Blatt 2 (September 1998). „Verhütung von Schäden durch Korrosion und Steinbildung in Warmwasserheizungsanlagen“ mit folgenden Richtwerten (siehe auch die entsprechenden Erläuterungen im Original):

| Allgemeine Anforderungen                                | Klar, farblos und frei von ungelösten Stoffen |               |
|---|---|---------------|
| pH-Wert (25 °C)   | 8,0 bis 9,0                                   |               |
| Elektrische Leitfähigkeit (25 °C)                       | < 250   | µS/cm         |
| Summe Erdalkalien                                       | Bis 1,5<br>Bis 8,4                            | mmol/l<br>°dH |
| Chloride  | < 50  | mg/l          |
| Sulfate   | < 50  | mg/l          |
| Phosphate   | < 10  |               |
| Sauerstoffgehalt bei Einsatz von Sauerstoffbindemitteln | < 0,1   | mg/l          |
| Eisen   | < 0,2   | mg/l          |

Tabelle 52: Anforderungen an das Heizwasser bis 100 °C

Wenn obige Grenzwerte nicht eingehalten werden, sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Gegen Steinbildung: Wasseraufbereitung (Enthärtung, Vollentsalzung, Umkehrosiose) oder Härtestabilisierung (ST-DOS-H-Produkte)
- Gegen Korrosionsvorgänge: Inhibierung oder Sauerstoffbindung (ST-DOS-H-Produkte)

### Anforderungen an das Heizwasser über 100 °C

Maßgebend ist die VdTÜV-Richtlinie TCh 1466 für die Beschaffenheit des Wassers in Heizungsanlagen, die mit Vorlauftemperatur über 100 °C betrieben werden. Danach gelten für salzarme Betriebsweise die folgenden Richtwerte:

| Allgemeine Anforderungen              | Klar, farblos und frei von ungelösten Stoffen |               |
|---------------------------------------|---|---------------|
| pH-Wert (25 °C)                       | 8,0 bis 9,0 *                                 |               |
| Elektrische Leitfähigkeit (25 °C)     | 10 bis < 250                                  | µS/cm         |
| Summe Erdalkalien                     | < 0,02<br>< 0,10                              | mmol/l<br>°dH |
| Chloride                              | < 20  | mg/l          |
| Sulfate                               | < 5 bis 10                                    | mg/l          |
| Sauerstoffgehalt                      | < 0,05  | mg/l          |
| * Abweichung gegenüber TCh 1466 (TÜV) |   |               |

| Allgemeine Anforderungen              | Klar, farblos und frei von ungelösten Stoffen |      |
|---------------------------------------|---|------|
| Phosphat                              | 5 bis 10                                      | mg/l |
| Eisen                                 | < 0,2   | mg/l |
| * Abweichung gegenüber TCh 1466 (TÜV) |   |      |

Table 53: Anforderungen an das Heizwasser über 100 °C

Maßnahmen gegen Steinbildung und Korrosionsvorgänge:

- Gegen Steinbildung: Wasseraufbereitung (Enthärtung, Vollentsalzung, Umkehrosmose) oder Härtestabilisierung (ST-DOS-H-Produkte)
- Gegen Korrosionsvorgänge: Inhibierung oder Sauerstoffbindung (ST-DOS-H-Produkte)

# 9 Bestätigung Betriebsstoffe

## 9.1 Bestätigung durch den Betreiber von Generatoraggregaten

**Wichtig**

Ohne diese Bestätigung darf eine Inbetriebnahme der Anlage nicht durchgeführt werden.

**Anlagenbeschreibung:**

**Anlage besteht aus:**

**Werk / SAP-Nr.:**

**Besteller:**

**Betreiber:**

**Projektleiter von MTU:**

Hiermit bestätigen wir, dass die Beschaffenheit der Betriebsstoffe (Kühlwasser, Gas, Schmieröl, Heizwasser etc., soweit zutreffend) der Betriebsstoffspezifikation von MTU entspricht.

Für Schäden, die aufgrund abweichender Betriebsstoffqualität entstehen, übernimmt MTU keine Gewährleistung.

**Ort, Datum**

**Rechtsverbindliche Unterschrift (Auftraggeber)**

# 10 Anhang A

## 10.1 Abkürzungsverzeichnis

| Abkürzung | Bedeutung   | Erläuterung  |
|-----------|---|--|
| ASTM      | American Society for Testing and Materials          | -  |
| Bh        | Betriebsstunden                                     | Betriebsstunden  |
| BR        | Baureihe  | Baureihe   |
| BV        | Betriebsstoffvorschrift                             | Betriebsstoffvorschrift  |
| DIN       | Deutsches Institut für Normung e. V.                | Zugleich Bezeichnung für Normen (Deutsche Industrie-Norm)          |
| DVGW      | Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. | -  |
| EN        | Europäische Norm                                    | Europäische Norm   |
| IP        | Institute of Petroleum                              | -  |
| ISO       | International Organization for Standardization      | Internationale Dachorganisation aller nationalen Normungsinstitute |
| MZ        | Methanzahl  | Methanzahl   |
| SAE       | Society of Automotive Engineers                     | US-amerikanisches Normungsgremium                                  |
| ST-DOS-H  | Sicherheitsdatenblatt                               | Sicherheitsdatenblatt  |
| VDI       | Richtlinie, Normen Regeln und Standards             | Richtlinie, Normen Regeln und Standards                            |
| VdTÜV     | Technische Regeln                                   | Technische Regeln  |
| Vol.      | Volumen   | Volumen  |

## 10.2 Umrechnungstabelle von SI-Einheiten

| SI-Einheit              | US-Einheit           | Umrechnung   |
|-------------------------|----------------------|--|
| °C                      | °F                   | $^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \cdot 1,8 + 32$   |
| kWh                     | BTU                  | 1 BTU = 0,0002930711 kWh                               |
| kWh/m <sup>3</sup> i.N. | BTU/ft <sup>3</sup>  | 1 BTU/ft <sup>3</sup> = 0,010349707 kWh/m <sup>3</sup> |
| kW                      | kBTU/hr              | 1 kBTU/hr = 0,2928104 kW                               |
| kW                      | bhp                  | 1 bhp = 0,7457 kW                                      |
| l                       | gal                  | 1 gal = 3,785412 liter                                 |
| mm                      | inch                 | 1 inch = 25,4 mm                                       |
| m                       | ft                   | 1 ft = 0,3048 m  |
| m/s                     | ft/s                 | 1 ft/s = 0,3048 m/s                                    |
| m <sup>3</sup> i.N.     | ft <sup>3</sup> i.N. | ft <sup>3</sup> = 0,02831685 m <sup>3</sup> i.N.       |
| bar                     | psi                  | 1 psi = 0,06894757 bar                                 |
| kg                      | lb                   | 1 lb = 0,4535924 kg                                    |

Tabelle 54: Umrechnungstabelle

## 10.3 Ansprechpartner/Service-Partner

### Service

Das weltweite Netz der Vertriebsorganisation mit Tochtergesellschaften, Vertriebsbüros, Vertretungen und Kundendienststützpunkten gewährleistet die schnelle und direkte Betreuung vor Ort und die hohe Verfügbarkeit unserer Produkte.

### Betreuung vor Ort

Erfahrene und kompetente Spezialisten stehen Ihnen zur Seite und geben ihre Kenntnisse und ihr Wissen an Sie weiter.

Unsere Betreuung vor Ort finden Sie im Internet unter: <http://www.mtu-solutions.com>

### 24 h Hotline

Über unsere 24 h Hotline und durch unsere hohe Flexibilität sind wir rund um die Uhr Ihr Ansprechpartner, während jeder Betriebsphase, der vorbeugenden Wartung, der korrektiven Arbeiten im Störfall, bei veränderten Einsatzbedingungen und der Ersatzteilversorgung.

Ihr Ansprechpartner in unserem Customer Assistance Center:

E-Mail: [service.de@ps.rolls-royce.com](mailto:service.de@ps.rolls-royce.com)

### Ersatzteilservice

Das Ersatzteil für Ihre Anlage schnell, einfach und korrekt identifizieren. Das richtige Ersatzteil zur rechten Zeit am richtigen Ort.

Für diese Zielsetzung bieten wir eine weltweit vernetzte Teilelogistik.

Ihr Ansprechpartner in der Zentrale:

Deutschland:

- Tel.: +49 821 74800
- Fax: +49 821 74802289
- E-Mail: [spareparts-oeg@ps.rolls-royce.com](mailto:spareparts-oeg@ps.rolls-royce.com)

Weltweit:

- Tel.: +49 7541 9077777
- Fax: +49 7541 9077778
- E-Mail: [spareparts-oeg@ps.rolls-royce.com](mailto:spareparts-oeg@ps.rolls-royce.com)

# 11 Anhang B

## 11.1 Index

### A

- Abgaskondensat 80
- Abgasnachbehandlungssystem
  - Abgaskondensat 80
  - Allgemeines 77
  - NOx-Reduktionsmittel 78
- Abkürzungsverzeichnis 92
- Aktualität der Druckschrift 5
- Anforderung
  - Kühlmittelkreislauf 33
- Anforderungen
  - Heizwasser 89
- Ansprechpartner 94

### B

- Bestätigung
  - Betreiber 91
- Betreiber
  - Bestätigung 91
- Betriebsüberwachung
  - Kühlmittel 26
- Biogas
  - Anforderungen
    - BR400 74
    - BR4000 69
  - Hauptbestandteile 56
- Brenngas
  - Generatoranwendung und Generatoraggregat
    - BR400 73, 74
    - BR4000 66, 69
  - Marineanwendung 60
  - Siliziumgehalt 10
  - Siliziumverbindungen 58
- Brennstoff
  - Verwendung 55
- Brennstoffe 59, 65
  - Biogas
    - BR400 74
    - BR4000 69
  - Erdgas
    - BR400 73
    - BR4000 66
  - Marineanwendung 60

### E

- Erdgas
  - Anforderungen
    - BR400 73
    - BR4000 66
  - Marineanwendung 60
  - Hauptbestandteile 56

Ersatzteilservice 94

### F

- Farbzusatz
  - Kühlmittelkreislauf 31
  - Schmierölkreislauf 11
- Freigegebene Betriebsstoffe
  - Motoröle für BR400 18
  - Motoröle für BR4000 14
- Frischwasser
  - Grenzwerte
    - BR400 35
    - BR4000 34
- Frostschutzmittel
  - BR400 54
  - für leichtmetallfreie Kühlsysteme
    - Fertigmischungen 43
    - Konzentrate 40
  - für leichtmetallhaltige Kühlsysteme
    - Fertigmischungen 52
    - Konzentrate 48

### G

- Gasgemisch
  - Grenzwerte 87
- Gebrauchtölanalyse 8
- Getriebeöl 17
- Grenzwerte
  - gebrauchte Gasmotoröle 8

### H

- Heizwasser
  - Allgemeines 88
  - Anforderungen 89
- Hinweise zur Benutzung 5
- Hotline 94

### K

- Konservierung
  - Motor 5
- Kraftstoff
  - Siliziumgehalt 10
  - Verwendung 55

## Kraftstoffe 59, 65

- Biogas
  - BR400 74
  - BR4000 69
- BR400
  - Verunreinigungen 75
- Erdgas
  - BR400 73
  - BR4000 66
  - Marineanwendung 60

## Kühlmittel

- Prüfkoffer 81
- Aufbereitung
  - BR400 35
  - BR4000 34
- Betriebsüberwachung 26
- BR400 54
- BR4000
  - Frostschutzmittel für leichtmetallfreie Kühlsysteme 40, 43
  - Frostschutzmittel für leichtmetallhaltige Kühlsysteme 48, 52
  - Kühlmittel ohne Frostschutz für leichtmetallhaltige Kühlsysteme 46, 47
- Definition 24
- Frischwasseranforderung
  - BR400 35
  - BR4000 34
- Frostschutzmittel
  - Konzentrate für besondere Anwendungen 42, 51
- Generatoraggregat
  - BR400 54
  - BR4000 36, 45
- Generatoranwendung 36, 45
- Grenzwerte 26
- Kühlmittel ohne Frostschutz
  - Fertigmischungen für leichtmetallfreie Kühlsysteme 39
  - Konzentrate für leichtmetallfreie Kühlsysteme 37
- Lagerstabilität 30
- Prüfkoffer 26
- Zulässige Konzentrationen 26

## Kühlmittel ohne Frostschutz

- für leichtmetallhaltige Kühlsysteme
  - Fertigmischungen 47
  - Konzentrate 46

## Kühlmittelkreislauf

- Baugruppen reinigen 85
- Leckage 31
- reinigen 84
- Reinigungsmittel 82
- spülen 83
- Verunreinigung 81
- Werkstoffe 33

## Kühlsystem

- Vermeidung von Schäden 32

## L

### Lagerung

- Kühlmittel 30

### Leckage

- Kühlmittelkreislauf 31
- Schmierölkreislauf 11
- Liquid Natural Gas (LNG) 57

## M

### Medium im Hüllraum der Gasleitung in der Marineanwendung

- Brennstoffe für Gasmotoren 63

### Motor

- Konservierung 5

### Motorkühlmittelkreislauf

- Baugruppen reinigen 85
- reinigen 84
- Reinigungsmittel 82
- spülen 83
- Verunreinigung 81

### Motoröl 7

- BR400 18
- BR4000 14

### Motorölwechselintervalle

- Generatoraggregat BR400 21
- Grenzwerte 8
- Ölabspritzung 21

## N

### NOx-Reduktionsmittel

- Allgemeines 78

## O

### Ölabspritzung 21

## P

### Prüfkoffer

- Kühlmittel 81

## R

### Reinigungsmittel 82

- Systemreiniger 86

### Reinigungsvorschrift

- Baugruppen 85
- Motorkühlmittelkreislauf 81, 84
- Systemreiniger 86

## S

### Schmierfett

- Allgemeine Anwendung 12, 13
- Anforderung 12
- für Generatoren 16, 23
- Generatoraggregat BR400 23
- Generatoraggregat BR4000 16

### Schmieröl

- BR4000 14

### Schmierölkreislauf

- Leckage 11

- Schmierstoff
  - Anforderung 12
  - Sonderanwendung 12
- Service-Partner 94
- Siliziumbetriebsgrenzwert 10
- Siliziumbetriebswert 10
- Siliziumgehalt
  - Brenngas 10
  - Kraftstoff 10
- Siliziumverbindungen
  - Brenngas 58
- Spülvorschrift
  - Baugruppen 85
  - Kühlkreisläufe mit Bakterien-, Hefen-, Pilzbefall 86
  - Motorkühlmittelkreislauf 81, 83

## V

- Verbrennungsluft 87
- Verunreinigungen
  - Kraftstoffe
    - BR400 75

## W

- Werkstoffe
  - Kühlmittelkreislauf 33

## Z

- Zuluft 87