

Auswahl der richtigen Schmierstoffe für CO₂, brennbare Kohlenwasserstoffe und A2L-Kältemittel

Fachtagung: Natürliche Kältemitteltechnologien in der Praxis

BOCK GmbH, Product Management, Frickenhausen, 20.10.2021

BOCK

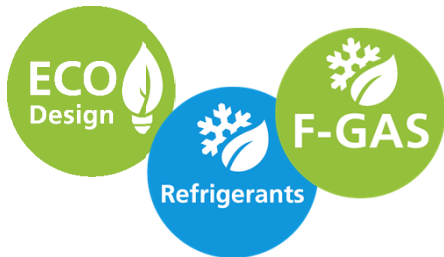
Bayerisches Landesamt für
Umwelt



colour the world
of tomorrow

Warum alternative Kältemittel?

Normen & gesetzliche Bestimmungen



Kigali-Änderung / Übereinkommen v. Paris
EU F-Gas Regulierung / European Green Deal
Klimaallianz der Vereinigten Staaten
Kanada FKW Reduzierungsplan
Japan F-Gase Gesetz
Australien/Neuseeland FKW Reduzierung
Steuerliche Maßnahmen & Anreize

Investitionen & Betriebskosten



Direkt (Kältemittelleckage) & indirekt (Energieverbrauch) Einfluss

CO₂ Fußabdruck

BOCK



Verantwortlichkeit



Herausforderung für Anlagen- und Verdichtertechnik

mit alternativen Kältemitteln



- + hohe Betriebs- und Stillstandsdrücke
- + Systemtechnik



- + Brennbarkeit
- + Sicherheitskonzept



- + Brennbarkeit
- + Sicherheitskonzept
- + weitere Umwelteinflüsse

**Hohe Kältemittellöslichkeit
im Verdichter-Öl**



**Reduzierte Ölviskosität
(erschwertes Schmierverhalten)**

Grund-Öle in Kältetechnik und Wärmepumpen

- **Mineralöle**

Einsatz mit R22, NH₃ und Kohlenwasserstoffe möglich

- **Alkylbenzolbasis (AB)**

Einsatz mit R22 mit Vorteilen in der Tiefkühlung und in der thermischen Stabilität

- **Polyalphaolefine (PAO)**

Einsatz mit NH₃ und Kohlenwasserstoffe besonders geeignet bei Tieftemperaturanwendungen

- **Polyolesterbasis (POE)**

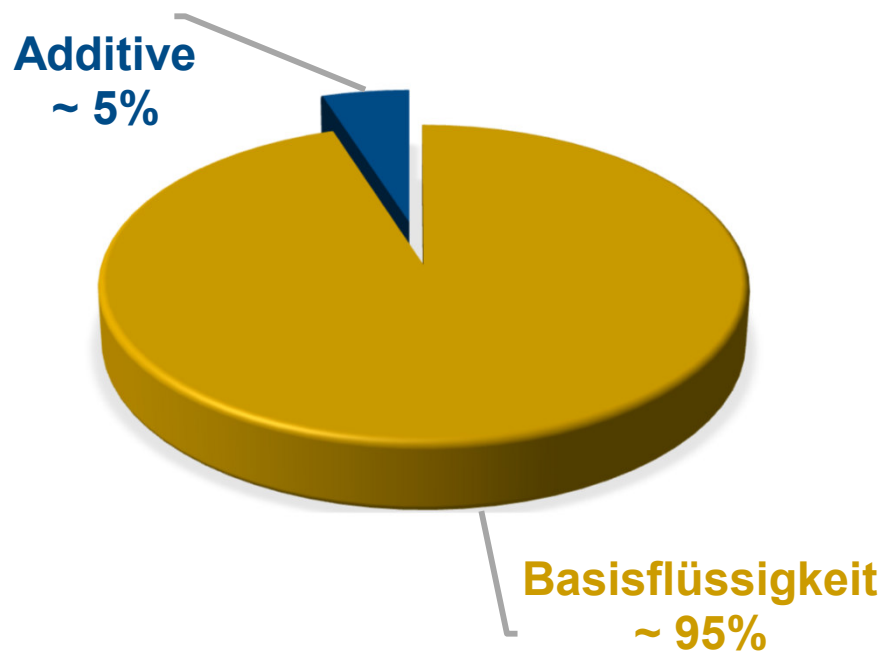
Einsatz mit HFKWs, HFOs, Gemische und CO₂ (spezielle Additivierung)

- **Polyalkylenglykolbasis (PAG)**

Einsatz mit HFKWs (z.B. PKW A/C), CO₂ und Kohlenwasserstoffen

- ...

Aufbau von Verdichter-Schmierstoffe



Beispiele für **Additive**:

1. Antioxidantien
2. Verschleißschutz
3. Entschäumer
4. ...

Auswahl der Additive nach:

- a. Kältemittel
- b. Anwendung
- c. Verdichtertyp

NH₃: keine Additive auf Phosphor-Basis möglich (chemische Reaktionen)

CO₂: Verschleißschutzadditive notwendig (Mischreibung)

Eigenschaften Verdichter-Schmierstoffe

Wichtige Eigenschaften und Prüfungen:

1. Mischbarkeit und Löslichkeitsverhalten (Stillstand & Betrieb des Verdichters)
2. Chemische Verträglichkeit (Kältemittel und Werkstoffe im Verdichter und Kältekreislauf)
3. Schmierungseigenschaften
4. Kältefließverhalten (Pourpoint)
5. Thermische Stabilität
6. Viskositätsindex - Viskositäts- & Temperaturverhalten (VI)
7. Flammpunkt

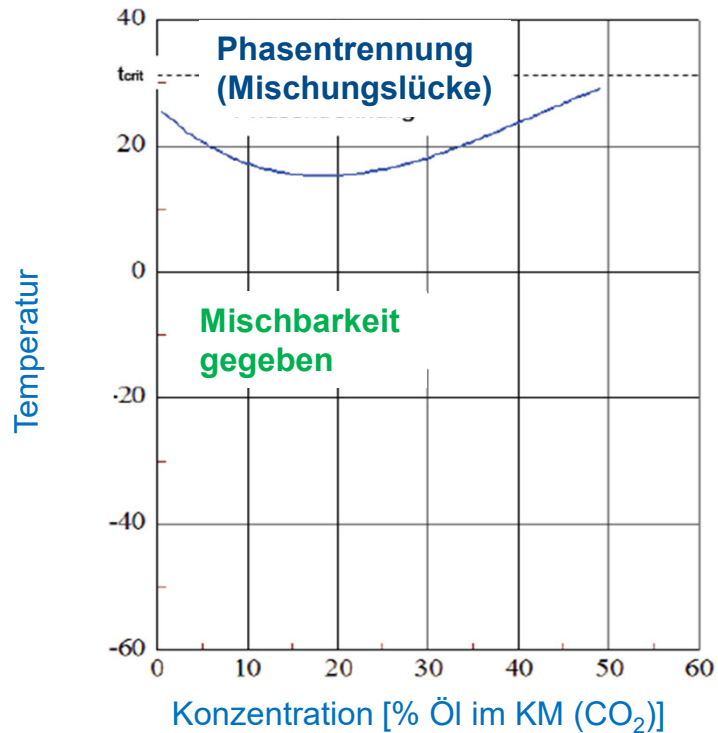
Anforderungen nach Norm.



Eigenschaften Verdichter-Schmierstoffe

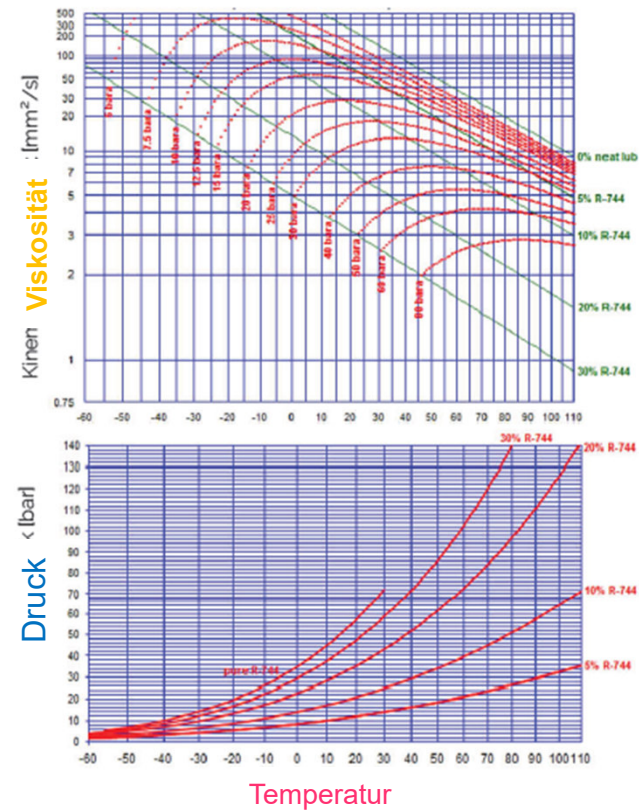
Mischungslücken

Kältemittelmischbarkeit (Mischungslücke): **Bock**lub E85 und CO₂

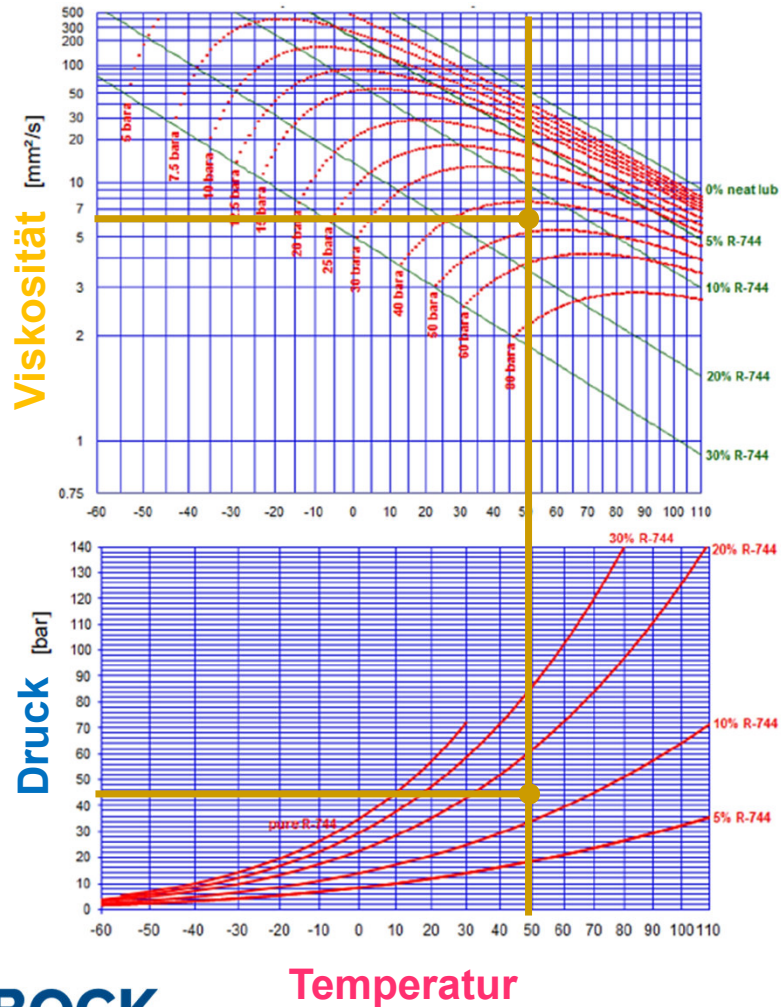


Daniel-Plot

Kinematische Viskosität und Dampfdruck **Bock**lub E85 und CO₂



Einflüsse auf die Öl-Viskosität und Verschleißschutz

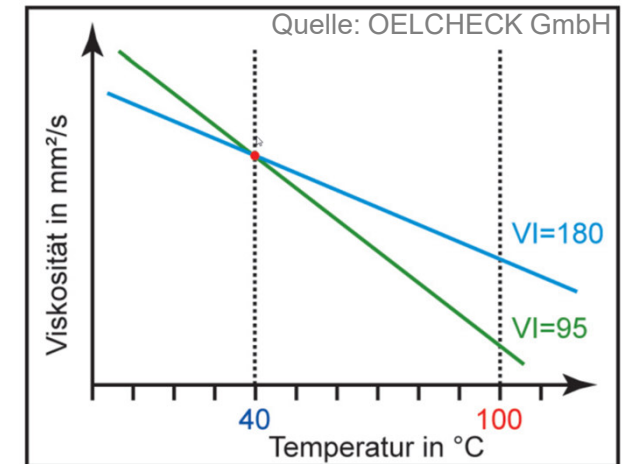


Einfluss Saugdruck/Druck im Verdichter-Ölsumpf
(Abhängig von den Betriebsbedingungen/Anwendungen):

TK: **12 bar** ($t_o = -35^\circ\text{C}$ / Öl-Temp. 50°C) \rightarrow **29,1 mm²/s**
 WP: **45 bar** ($t_o = +10^\circ\text{C}$ / Öl-Temp. 50°C) \rightarrow **6,4 mm²/s**

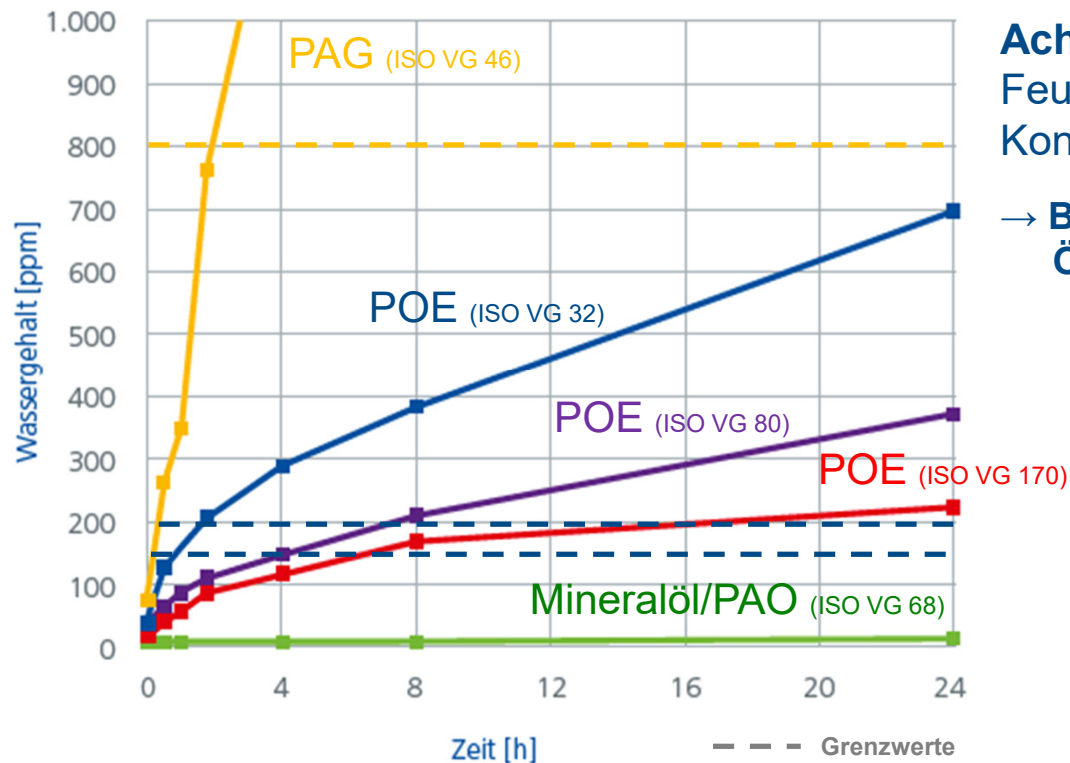
Einfluss Öltemperatur (Abhängig von den Betriebsbedingungen/Anwendungen):

WP: **45 bar** ($t_o = +10^\circ\text{C}$):
 10°C : **2,3 mm²/s**
 50°C : **6,4 mm²/s**
 80°C : **5,7 mm²/s**



Hoher Viskositätsindex (Viskositäts-Temperatur-Verhalten) bringt Vorteile

Wasseraufnahmefähigkeit (Hygroskopie) von Ölen



Achtung bei Anlagen/Verdichter Installation und Service:
Feuchtigkeit beeinflusst die chemische Stabilität der Öle negativ!
Kontakt mit Umgebungsluft vermeiden!

→ Beim Überschreiten der Ölgrenzwerte wird grundsätzlich ein Ölwechsel empfohlen!

BOCKlub Öle

Abhängig vom Kältemittel und Anwendung



1. **POE** - Ester speziell additiviert (**BOCKlub E85** oder C170E)
mit unterschiedlichen Viskositäten, abhängig von der Anwendung
2. **PAG** - Optional abhängig von der Anwendung



1. **PAG** - für einen breiten Anwendungsbereich (**BOCKlub G68**)
2. **PAO** - optional in Tiefkühlungsanwendungen, lange Rohrleitungsnetzen & Service-Verdichter

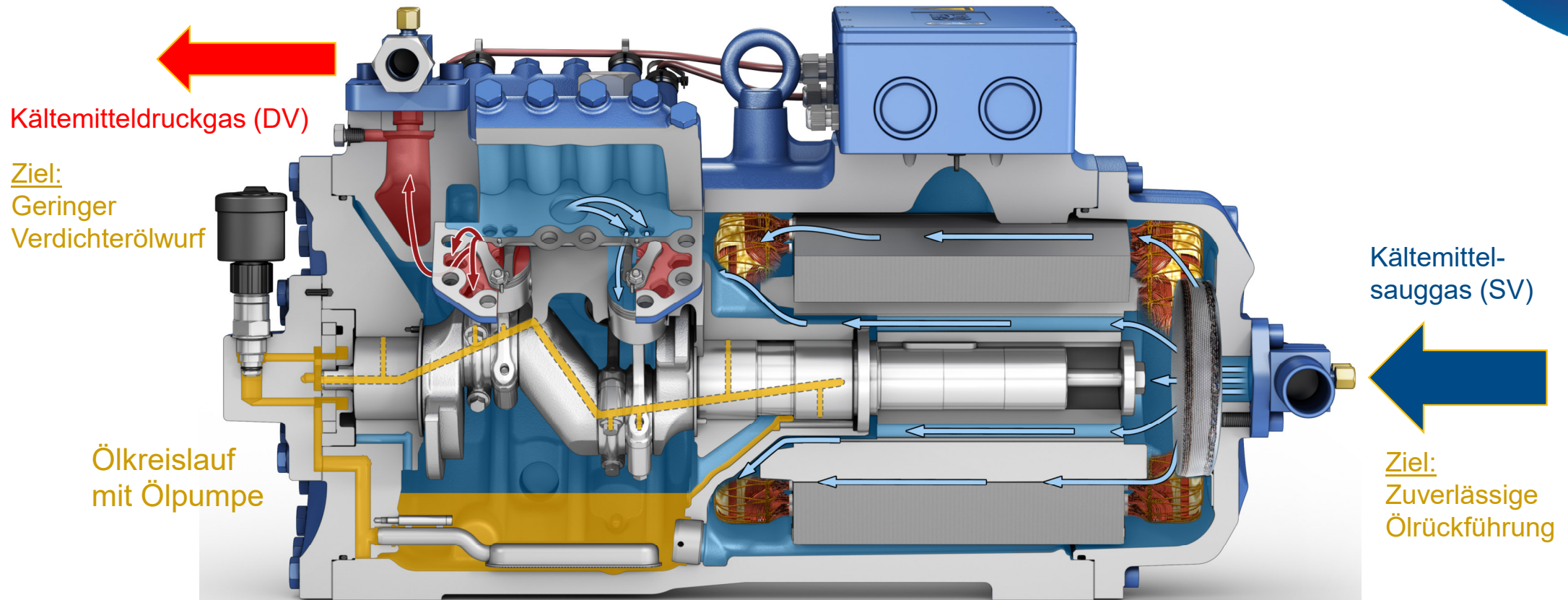


1. **POE** – Ester für FKWs, HFO und Gemische (**BOCKlub E55**)
2. **POE** - Ester speziell additiviert (**BOCKlub E85**)
für Wärmepumpenanwendungen ($t_o > 15^\circ\text{C}$)

BOCK

Schmiersystem im Verdichter

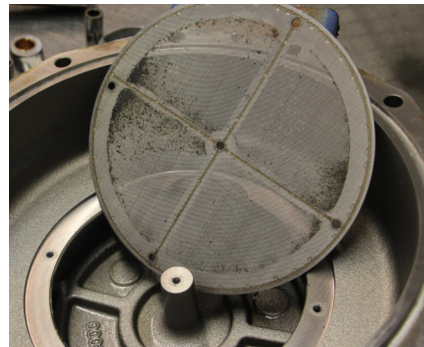
Zuverlässige und sichere Ölversorgung



Herausforderung für die Verdichter

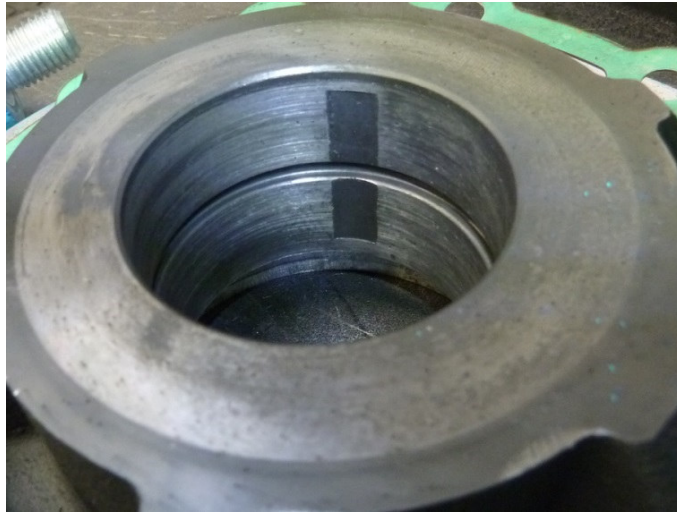
durch das Schmiersystem

- Flüssigkeitsschläge (Kältemittel/Öl)
- Mangelschmierung (Mischreibung im Schmierspalt)
- Ölaufschäumung
- Ölverlagerung
- Ölmenge
- Mindere Ölqualität (Oxidation, Hydrolyse (Reaktion mit Wasser), Fremdstoffe, Alterung, Neutralisationszahl (NZ)...))
- Schmutz
- ...



Mangelschmierung im Verdichter

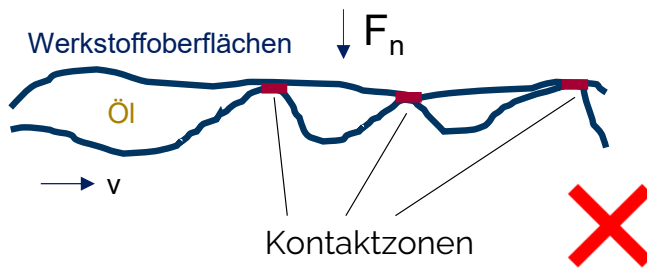
Verschleiß an Verdichterkomponenten



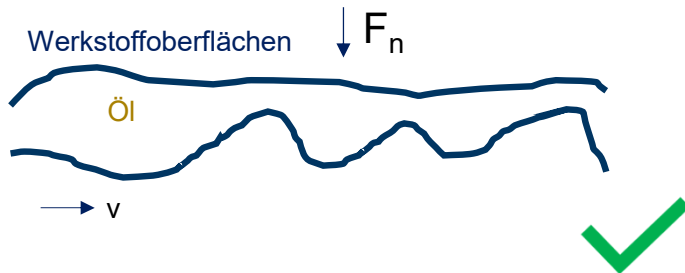
Verschleißschutz

Mangelschmierung

Mischreibung:



Flüssigkeitsreibung (Hydrodynamik):



- Teilweiser Kontakt der Werkstoffoberflächen (Spitzen) ist vorhanden
- Schmierfilm reißt ab, keine Hydrodynamik (Flüssigkeitsreibung) mehr vorhanden

Mögliche Ursachen:

- Verdünnung durch das Kältemittel
- Hohe Lagerlasten
- Hohe Temperaturen im Schmierpalt
- Niedrige Gleitgeschwindigkeiten (z.B. Start des Verdichters)

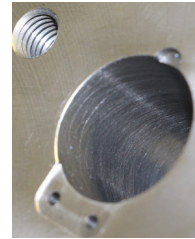
Schutz vor Materialabtrag durch **Verschleißschutzadditive** im Öl, diese bilden schützende Reaktionsschichten auf den Lagerwerkstoffen und **Lagerwerkstoffe** mit **Notlaufeigenschaften**.

Verschleißschutz im Verdichter

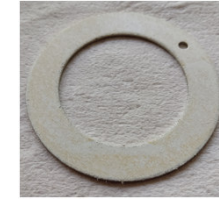
Notlaufeigenschaften



Verschleißoptimiertes
Zusammenspiel der Kolben,
-Bolzen, -Ringe



Gehobte Zylinderlaufflächen



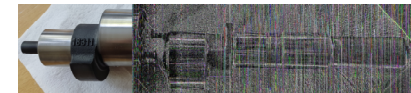
Anlaufscheiben für axiale Gleitlagerung



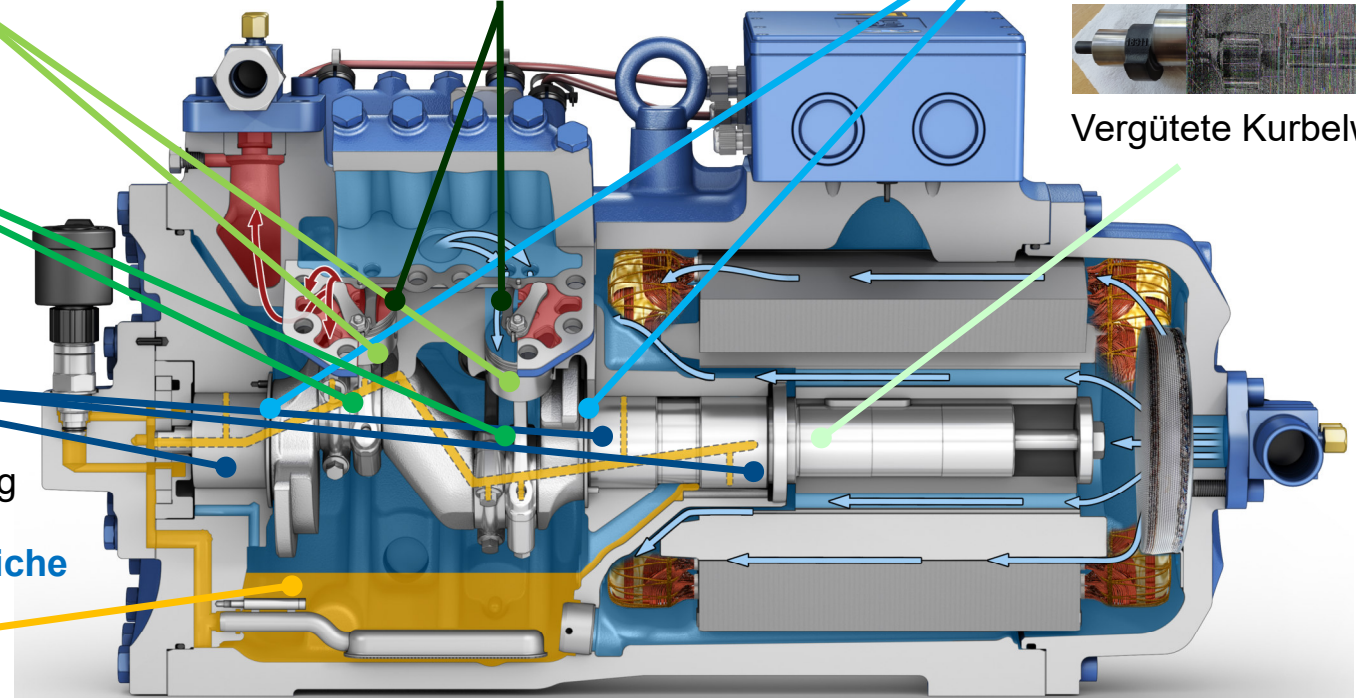
Pleuels mit Buchsen und Lagerschalen



Hauptlager für höchste Beanspruchung



Vergütete Kurbelwellen

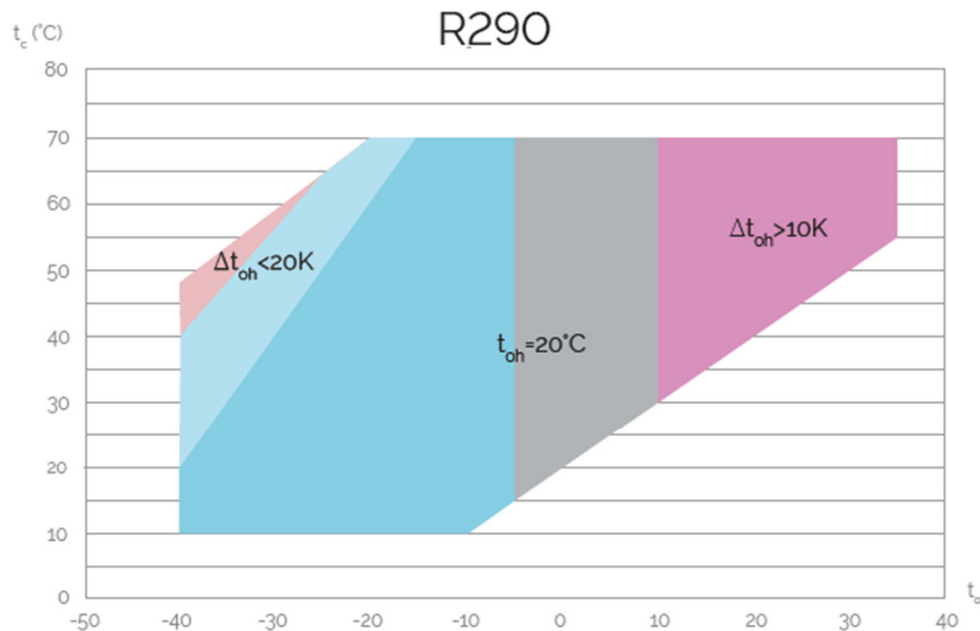


Optimale Öle für jeden Anwendungsbereiche



BOCK

Beispiel: Erweiterte Einsatzgrenzen – R290 & (R1270)



t_o Verdampfungstemperatur (°C)
 t_c Kondensationstemperatur (°C)
 Δt_{oh} Sauggasüberhitzung (K)
 t_{oh} Sauggastemperatur (°C)

● Verdichtungsendtemperatur mind. 20K über Verflüssigungstemperatur
● Zusatzkühlung oder reduzierte Sauggastemperatur ($\Delta t_{oh} < 20K$)
● Zusatzkühlung und reduzierte Sauggastemperatur ($\Delta t_{oh} < 20K$)
● Motorvariante -S- (stärkerer Motor)
● Motorvariante -S- (stärkerer Motor) mit $\Delta t_{oh} > 10K$

Verdichtertypen:

HG44e HC & HG56e HC (inklusive: EX-HG44e & EX-HG56e HC)

Weiter HC Verdichtertypen werden folgen!

Weiter Informationen finden Sie hier:

BOCK VAP | [↗](#)

[VAP for Stationary Applications 11.8.1 \(online\)](#)
[- HG HC Standard \(bock.de\)](#)

BOCKHomepage | [↗](#)

[Home](#) | [BOCK](#)

Dank neuem BOCK oil:

BOCKlub G68 (PAG Öl)



[BOCKlub compressor oil](#) | [BOCK](#)

Bock – Produktübersicht (halbhermetische Verdichterbaureihen)

Anwendungen in der **Normalkühlung** (NK) ($t_o = -10^\circ\text{C}$)

R404A (R449A): 2,5 – 150 kW

R134a (R513A): 1,5 – 86 kW

R290/R1270: 2,4 – 147 kW

R744: 3,4 – 85 kW

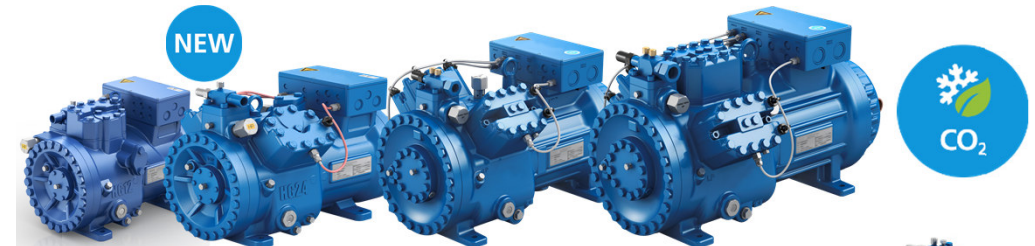


Anwendungen in der **Tiefkühlung** (TK) ($t_o = -35^\circ\text{C}$):

R404A (R449A): 0,7 – 47 kW

R290/R1270: 0,7 – 40 kW

R744: 2,7 – 90 kW



Kontinuierliche Produktentwicklung entsprechend der Marktanforderungen!

BOCK

BOCK colour the world
of tomorrow