

Bock Natürliche Kältemittel



CO₂ Schulung – Webinar

CO₂ Systemtechnik - Praxisworkshop Anlagentechnik

GEA BOCK- DANFOSS

BOCK

colour the world of tomorrow



Agenda CO₂ Schulung – Webinar

- 9.00-11.00 Uhr Theorieteile Danfoss und Bock
 - Inhalte CO₂-Systeme, Anlagenkomponenten
Regelung und Verdichter
 - Fragen u. Antworten
- 13.00-16.00 Uhr Praktischer Teil mit Webcams an der CO₂ Schulungsanlage
 - inkl. geplanter Diskussionsrunde



BOCK

colour the world of tomorrow



Think **green**,
choose **blue**.



GEA Compressors for natural refrigerants

Denke grün, blau wählen

GEA Bock Natürliche Kältemittel



CO₂ Verdichterbaureihen subkritisch & transkritisch

PRODUCT MANAGEMENT, GEA BOCK FRICKENHAUSEN

FRANK ALISCH, 01.10.2020

BOCK

colour the world of tomorrow



Überblick CO₂ Verdichter bei GEA Bock

BOCK

colour the world of tomorrow

1. Programm für **subkritische** CO₂ Verdichter

HGX12e/..., HGX22e/..., HGX34e/... HGX44e/... CO₂



2. Programm für **transkritische** CO₂ Verdichter

HGX2...,

neu HGX24...

HGX34...,

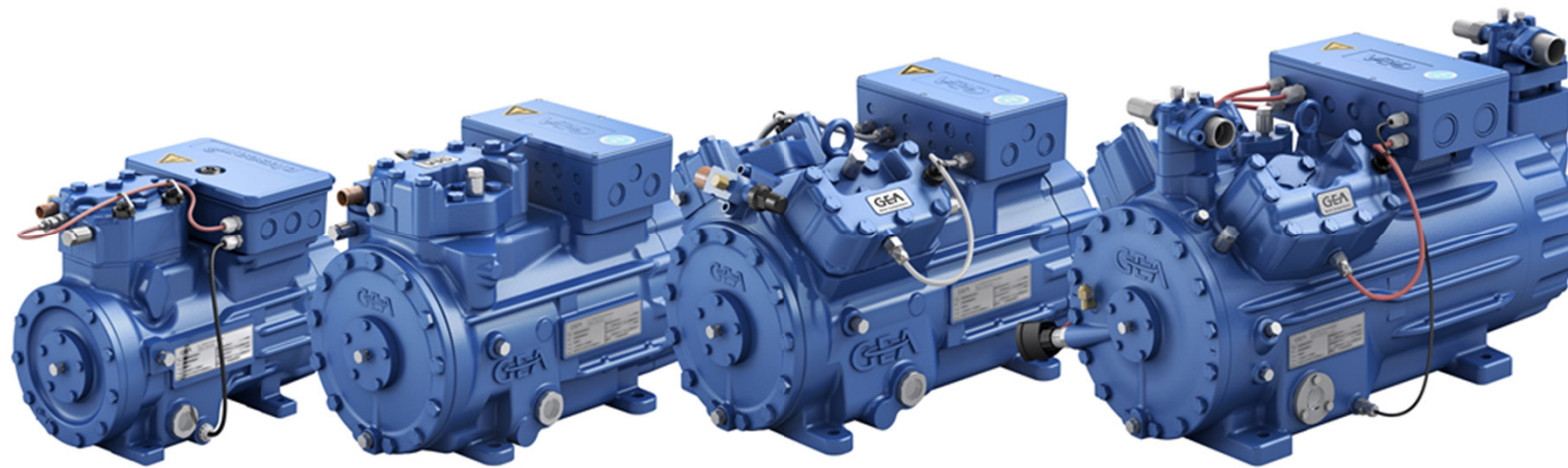
HGX46... CO₂ T



1.Subkritische CO₂ Verdichter

BOCK

colour the world of tomorrow



HGX12e CO₂

HGX22e CO₂

HGX34e CO₂

HGX44e CO₂

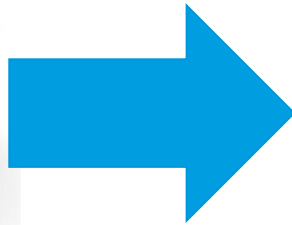
1. *HGX44e* CO₂ – Neuer subkritischer CO₂ Compressor

BOCK

colour the world of tomorrow



alte HGX4 CO₂



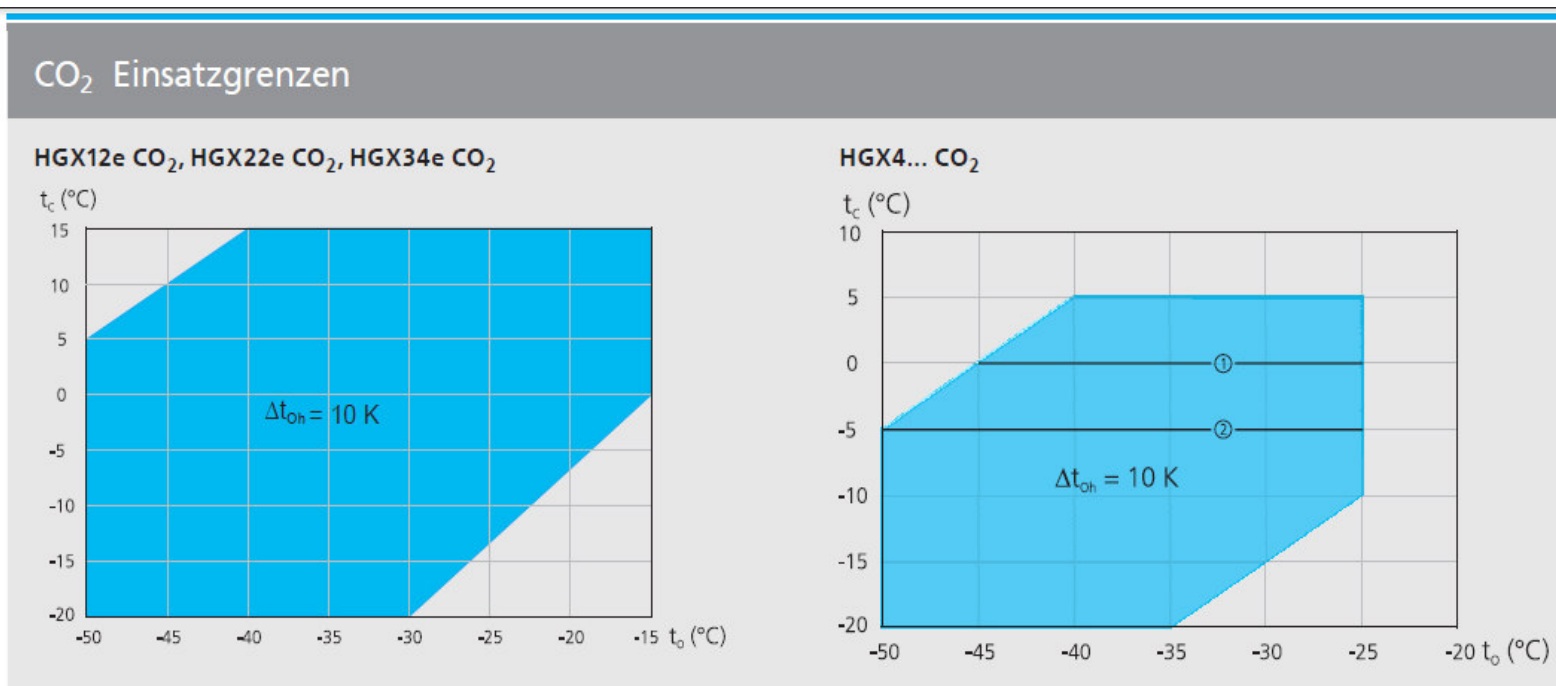
neue *HGX44e* CO₂



1. Subkritische CO₂ Verdichter – erweiterte Einsatzgrenzen

BOCK

colour the world of tomorrow



Max. Druck HGX12e-HGX34e CO₂:
LP / HP 40 / 55 bar

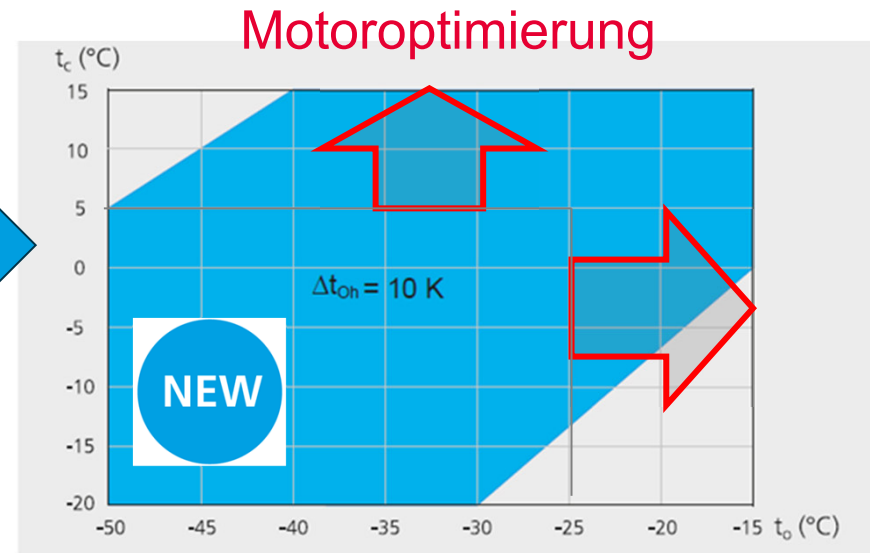
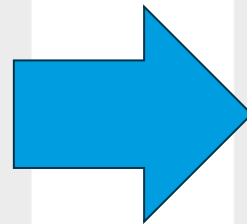
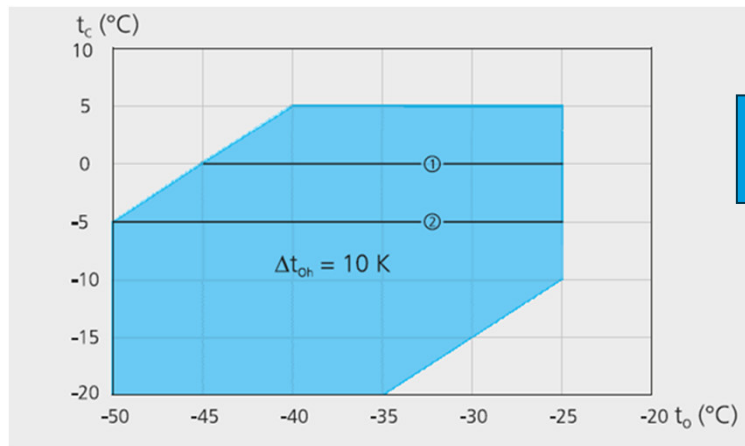


alte HGX4 CO₂: LP / HP 27 / 55 bar

1. Subkritische *HGX44e* CO₂ – erweiterte Einsatzgrenzen

BOCK

colour the world of tomorrow



HGX4 CO₂
alte (LP / HP 27 / 55 bar)



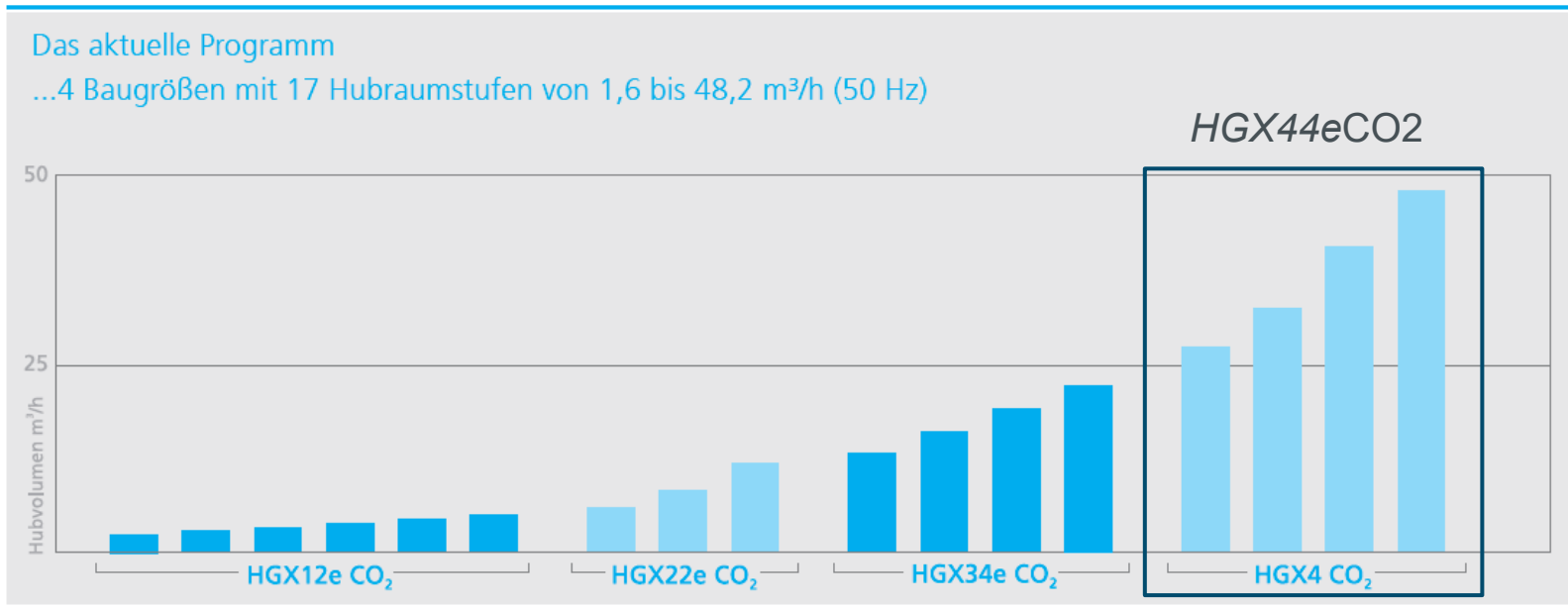
HGX44e CO₂

Still stand pressure: LP/HP:
30/55 bar

1. Subkritische CO₂ Verdichter – Produktübersicht

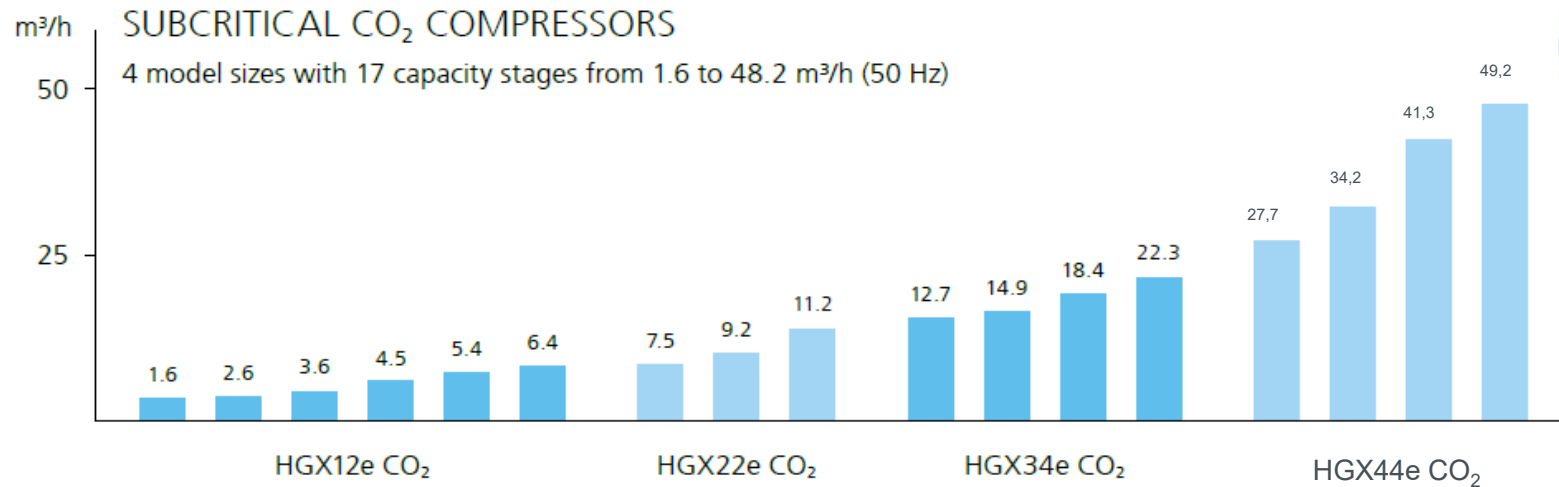
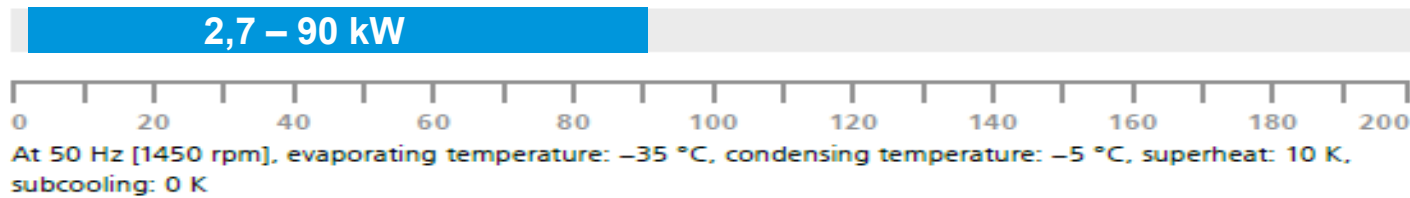


Fördervolumenstrom m³/h



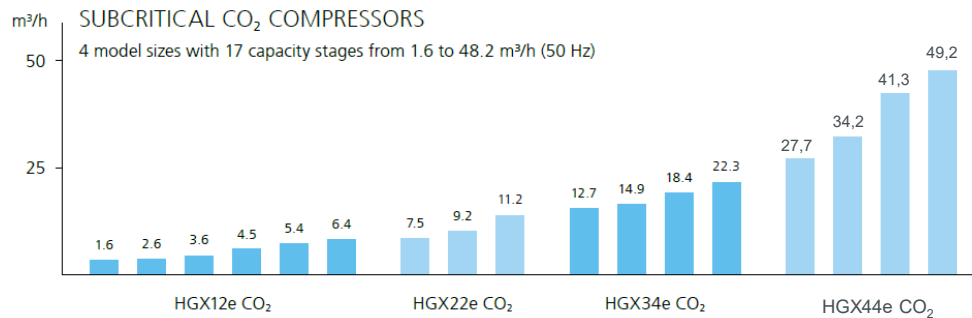
1. Subkritische CO₂ Verdichter – Produktübersicht

COOLING CAPACITY

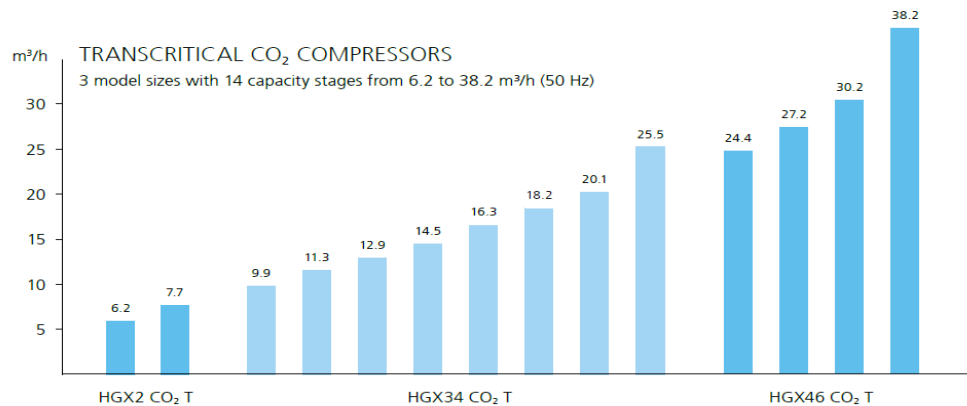


GEA Bock – CO₂ Compressor Program

LT Applications



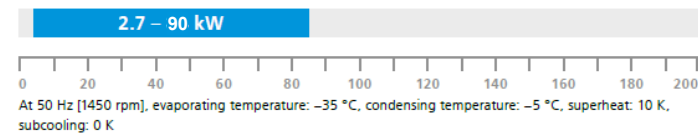
LT, MT, PC, AC & HP Applications



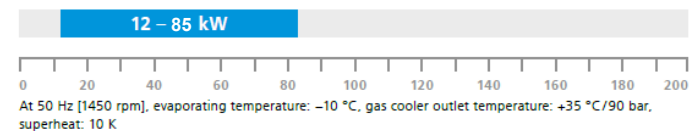
BOCK

colour the world of tomorrow

COOLING CAPACITY



COOLING CAPACITY



Further information:

Bock VAP compressor selection program: vap.gea.com

Bock CO₂ T(ool) for CO₂ systems calculation

on request: vap@gea.com

2. Transkritische CO₂ Verdichter

BOCK

colour the world of tomorrow

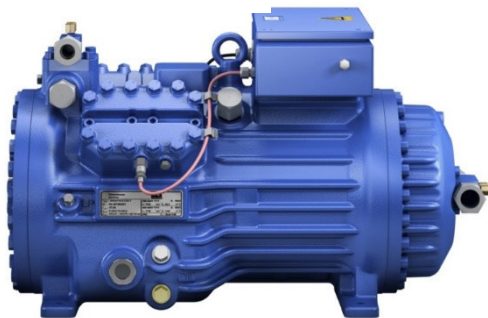


Wird ersetzt durch



HGX2 CO₂ T – 2 Zylinder
6,2 ÷ 7,7 m³/h (50 Hz)

HGX24 CO₂ T – 4 Zylinder
4,3 ÷ 9,7 m³/h (50 Hz) (noch keine Freigabe)



HGX34 CO₂ T – 4 Zylinder
9,9 ÷ 25,5 m³/h (50 Hz)



HGX46 CO₂ T – 6 Zylinder
24,4 ÷ 38,2 m³/h (50 Hz)



Vergleich der Verdichter-Kolbendurchmesser

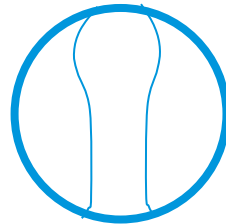


BOCK

colour the world of tomorrow

R744: HGX34/110-4 S CO₂ T
(9,9 m³/h @50Hz)

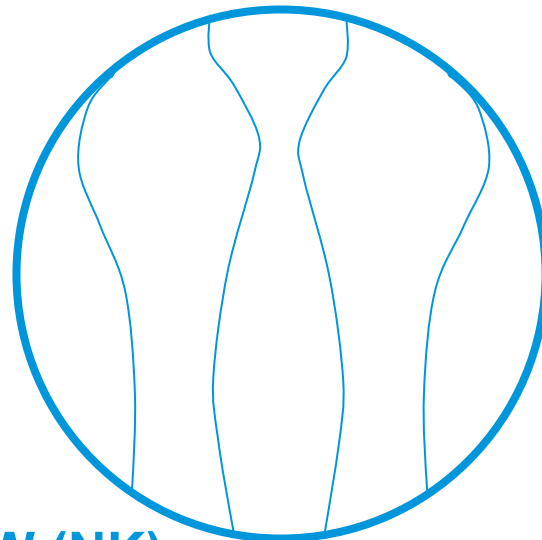
4 x



Ø 28

R134: HGX44e/770-4
(67,0 m³/h @50Hz)

4 x



Transcritical CO₂ Compressors

Ø 70

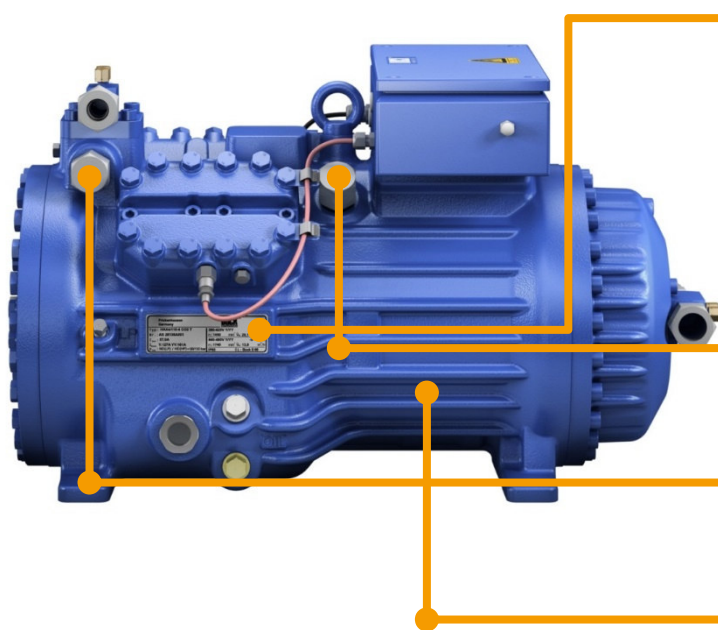
Kälteleistung ≈ 20 KW (NK)

Standard Einsatzbedingungen

2. Transkritische CO₂ Verdichter HGX34 & HGX46 CO₂ T – 4- & 6-Zylinder

BOCK
colour the world of tomorrow

1. Sicherheit



Konstruiert für transkritische
CO₂ Drücke

LP 100 bar

→ Berstdruck 300 bar

HP 150 bar

→ Berstdruck 450 bar (mit Öl 1x im Jahr)

Druckentlastungsventil LP

Nach EN12639

Druckentlastungsventil HP

Nach EN12639

Druck- & Leckage-Tests
jedes Verdichters auf dem Prüfstand



2. Verdichterkonstruktion – Berstdruck allgemein

1. Sicherheit

Berstdruck – EN 12693 (Norm Verdrängungsverdichter für Kältemittel)

3 x max. zulässiger Betriebsdruck (Typschild Verdichter T)- regelmäßig wiederholte Prüfung 1x Jährlich

**Transkritische Verdichter:
(Faktor x 3)**

Max. zulässiger

Druck:	Berstdruck:
• HP 150 bar →	450 bar
• LP 100 bar → (Typenschildangaben)	300 bar

Subkritische Verdichter: Ausnahme in Serienprüfung
Prüfdruck= Berstdruck (Faktor x 1,5)

Max. zulässiger

Druck:	Berstdruck:
HP 55 bar →	83 bar
LP 40 bar → (Typenschildangaben)	60 bar

Alle subkritischen und transkritischen CO₂ Verdichter sind mit Druckentlastungsventilen (LP und HP) ausgestattet.

BOCK

colour the world of tomorrow



6.7 Druckentlastungsventile

ACHTUNG ⚠
Der Verdichter ist mit zwei Druckentlastungsventilen ausgerüstet. Je ein Ventil auf der Saug- und Drucksseite. Bei Überschreiten unzulässiger Drucklagen öffnen die Ventile und verhindern einen weiteren Druckanstieg.
Dabei wird CO₂ in die Umgebung abgeblasen!
Druckentlastungsventile dürfen nicht ständig ansprechen. Beim Abblasen kommt es zu extremen Bedingungen, die zu einer stetigen Leckage führen können. Anlage nach dem Auslösen der Druckentlastungsventile auf Kältemittelverlust überprüfen!
Die Druckentlastungsventile ersetzen keine Druckschalter und die zusätzlichen Sicherheitsventile in der Anlage. Generell sind Druckschalter in die Anlage einzubauen und nach EN 378-2 oder einer entsprechenden Sicherheitsnorm auszulagern, bzw. einzustellen.
Nichtbeachten kann zu Verletzungsgefahr durch auströmendes CO₂ über die beiden Druckentlastungsventile zur Folge haben!



2. Subkritische CO₂ Verdichter Sicherheit Verdichterkonstruktion – Druckberechnung

1. Sicherheit

Berstdruck – EN 12693 (Norm Verdrängungsverdichter für Kältemittel)

Subkritische Verdichter: (Ausnahme in Serienprüfung Faktor x 1,5)

Prüfdruck= Berstdruck

Subkritische Verdichter:

Max. zulässiger

Überdruck:

HP 55 bar →

LP 40 bar →

(Typenschildangaben)

Berstdruck:

83 bar

60 bar



Alle subkritischen CO₂ Verdichter sind mit **Druckentlastungsventilen** ausgestattet.

Text über "Einfügen Kopf- u. Fußzeile" einfügen

BOCK

colour the world of tomorrow

6.7 Druckentlastungsventile



ACHTUNG

Der Verdichter ist mit zwei Druckentlastungsventilen ausgerüstet. Je ein Ventil auf der Saug- und Druckseite. Bei überschreiten unzulässiger Drucklagen öffnen die Ventile und verhindern einen weiteren Druckanstieg.

Dabei wird CO₂ an die Umgebung abgeblasen!

Druckentlastungsventile dürfen nicht ständig ansprechen. Beim Abblasen kommt es zu extremen Bedingungen, die zu einer stetigen Leckage führen können. Anlage nach dem Auslösen der Druckentlastungsventile auf Kältemittelverlust überprüfen!

Die Druckentlastungsventile ersetzen keine Druckschalter und die zusätzlichen Sicherheitsventile in der Anlage. Generell sind Druckschalter in die Anlage einzubauen und nach EN 378-2 oder einer entsprechenden Sicherheitsnorm auszulegen, bzw. einzustellen.

Nichtbeachten kann zu Verletzungsgefahr durch ausströmendes CO₂ über die beiden Druckentlastungsventile zur Folge haben!



3. Transkritische CO₂ Verdichter –

1. Sicherheit

Verdichterkonstruktion – Druckberechnung

Berstdruck – EN 12693 (Norm Verdrängungsverdichter für Kältemittel)

3 x max. zulässiger Überdruck (Typschild Verdichter)

Konstruiert für optimale transkritische CO₂ Drücke

Transkritische Verdichter:

Max. zulässiger

Überdruck:	Berstdruck:
HP 150 bar →	450 bar
LP 100 bar →	300 bar

(Typenschildangaben)



- Alle transkritischen CO₂ Verdichter sind mit **Druckentlastungsventilen** ausgestattet.

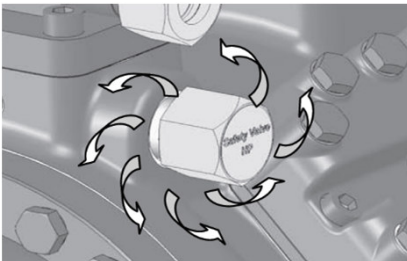
Verdichter-Konstruktion – Druckentlastungsventile (Serienmäßig GEA Bock)

BOCK
colour the world of tomorrow

1. Sicherheit

Alle CO₂ Verdichter sind mit **Druckentlastungsventilen** ausgestattet (LP und HP). Stillstandsdruck Typenschilddaten. Auslösung der **Druckentlastungsventilen** nach Typenschilddaten der Verdichter.

Das Gas bekommt einen Drall in der Kappe



Transkritische Verdichter
LP & HP (Lieferumfang)

Achtung: Diese ersetzen nicht die Sicherheitsventile der Anlage.

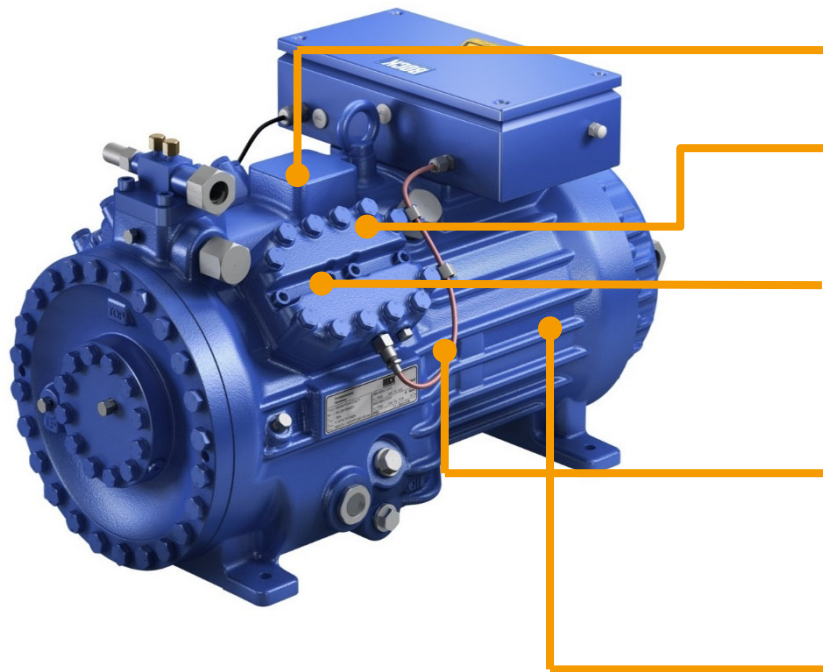


Subkritische Verdichter
LP & HP (Lieferumfang)



2. Transkritischer CO₂ Verdichter HGX34 & HGX46 CO₂ T – 4- & 6-Zylinder

2. Effizienz



Höchster COP / EER
Verglichen mit Wettbewerb

Optimierte Ventilplatten

- Kleiner Schadraum
- Strömungsoptimiert

Thermische Trennung
red. Wärmeaustausch

- Zylinderkopf
- Gehäuse (intern)

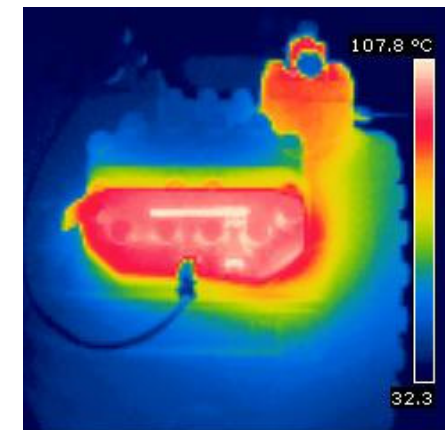
Optimierte Strömung

- Druck- & Saugventil
- Verdichter intern

Optimierte Elektromotoren

BOCK

colour the world of tomorrow

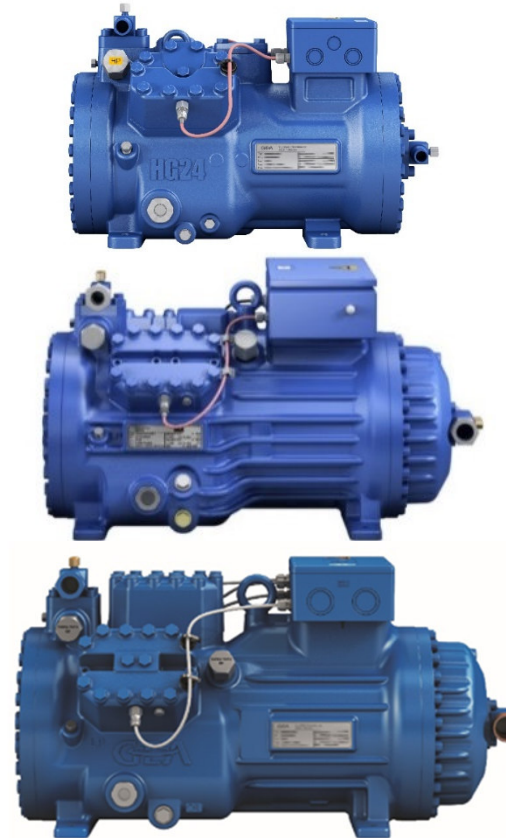
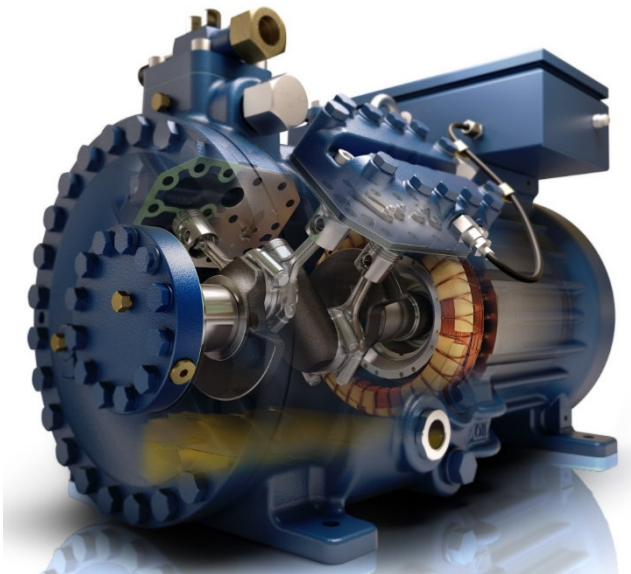


Transkritische CO₂ Verdichter HGX24 & HGX34 & HGX46 CO₂ T – 4 & 6 Zylinder

BOCK

colour the world of tomorrow

3. Langlebigkeit



CO₂ T Verdichter – Langlebigkeit / Nachhaltigkeit

3. Langlebigkeit

BOCK

colour the world of tomorrow



Anforderungen an den Verdichter – Ölmanagement

3. Langlebigkeit

- Generell hohe Löslichkeit von CO₂ Kältemittel im Öl
- Besonderer Verschleißschutz im Verdichter erforderlich
- Optimiertes Ölmanagement im Verdichter besonders für folgende Bedingungen notwendig:
 - Höhere Verdampfungstemperatur mit hohem Massenstrom (z.B. Parallelverdichtung)
 - Höhere Verdichterdrehzahl (z.B. Leistungsregelung mit FU > 50 Hz)

Optimiertes Ölmanagementsystem im Verdichter:

- Trennung Öl- vom Kältemittel
- Ölrückführung aus dem Sauggas in den Ölsumpf (Verdichter) muss gewährleistet sein



BOCK

colour the world of tomorrow



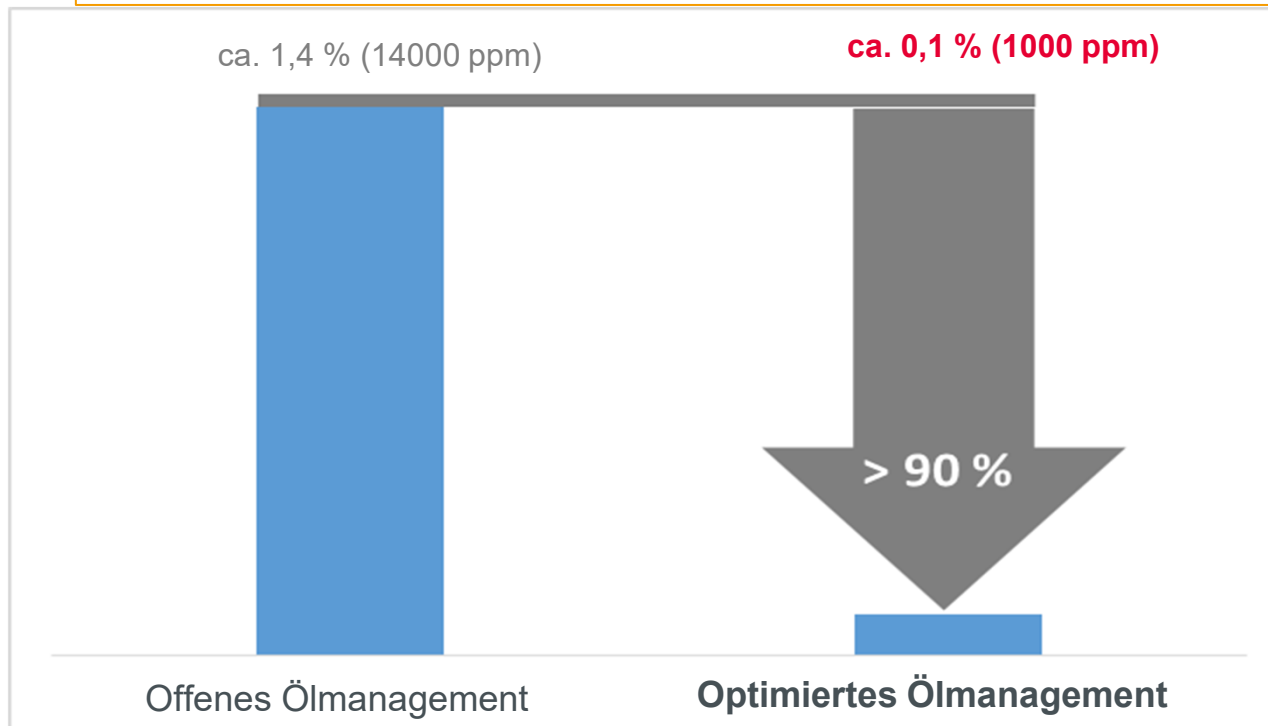
Anforderungen an den Verdichter – Ölmanagement

3. Langlebigkeit

BOCK

colour the world of tomorrow

Ölwurfreduzierung bei $t_o = 3^\circ\text{C}$ (37,7 bar (abs.)) @ 50 Hz
Wird der Druck höher erhöht sich auch der Ölwurf (gilt für alle Verdichter)

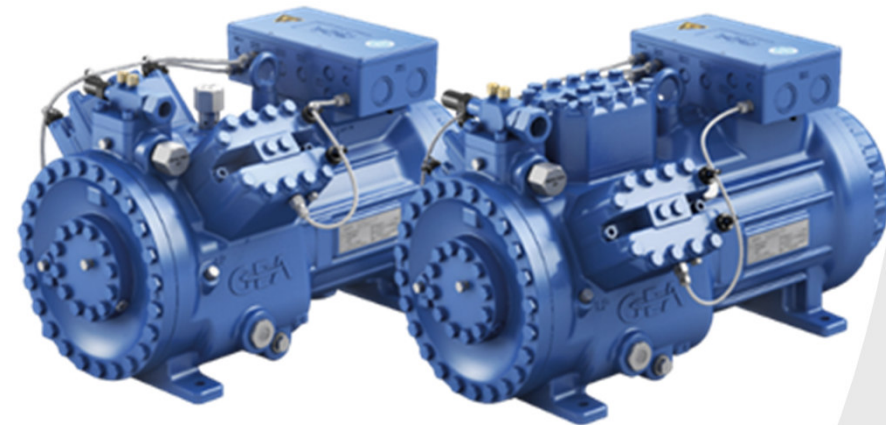
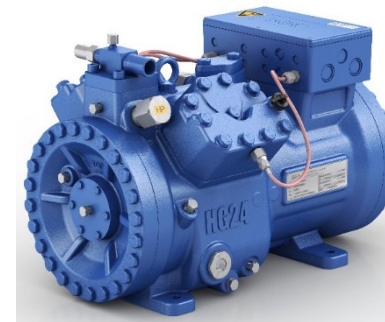
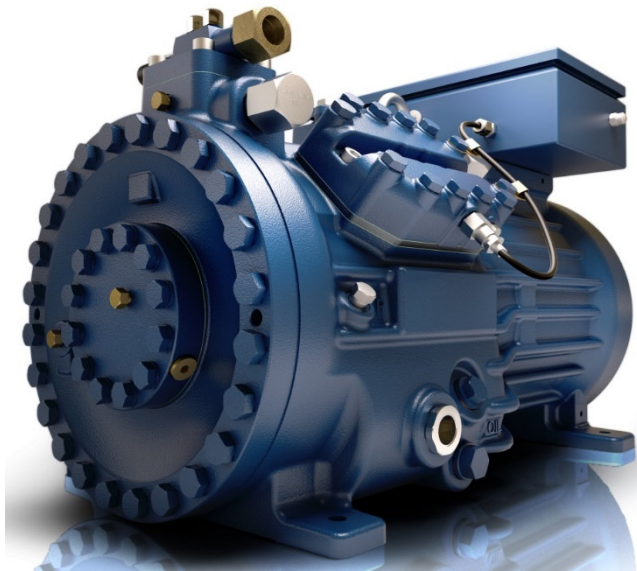


Trennung vom
Motor zum
Kurbelgehäuse



Transkritische CO2 Verdichter
HGX34 & HGX46 CO2 T – 4 & 6 Zylinder

4. Betrieb



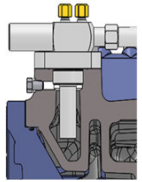
BOCK

colour the world of tomorrow

CO₂ T Verdichter – Betriebsverhalten und Anwendungen **BOCK**

colour the world of tomorrow

4. Betrieb



Niedrige Pulsationen

- Großes Hochdruckvolumen & Pulsationsdämpfer

Einsatzbedingungen für alle Anwendungen

- TK Anwendungen (Erweiterung auf Anfrage)
- NK Anwendungen
- WP/AC Anwendungen

Exzellentes Laufverhalten mit niedrigen Vibrationen (auch FU-Betrieb)

- Sehr guter Massenausgleich

Niedriger Geräuschpegel

Vorzügliche Frequenzregelung mit allen CO₂ Verdichtern

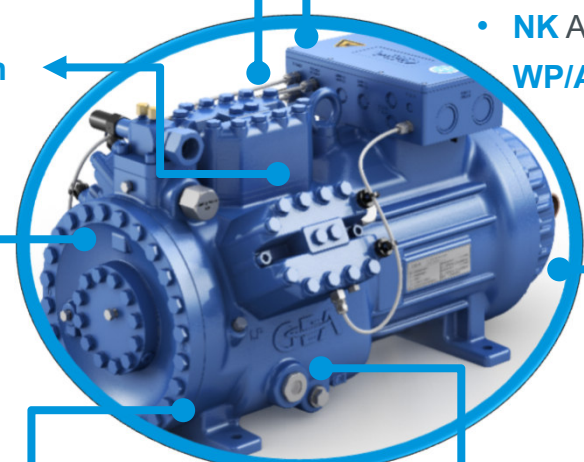
- CO₂ T trans. (4 & 6 Zylinder): 20-70 Hz
- CO₂ sub. (2/4 Zylinder): 25/30-70 Hz

Dokumentation und Support

- Benutzerfreundliche Verdichterauslegungsprogramme ("VAP", CO₂ Booster Programm "CO₂ T(ool)")
- Wichtigste Informationen immer verfügbar
- Bei Bedarf: Spezialisten in der Anwendungstechnik

Flexible Anschlussmöglichkeiten

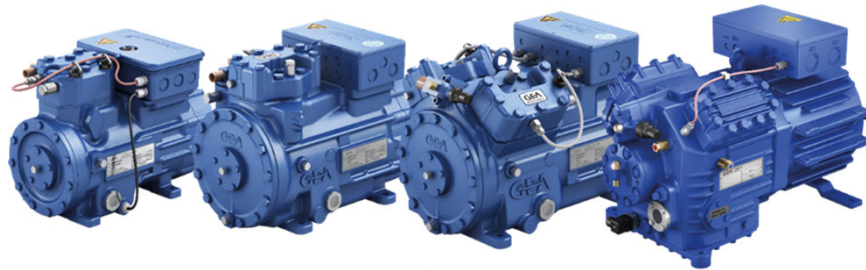
- Ölschauglas beidseitig möglich



GEA



Frequenzregelung (subkritisch)



BOCK

colour the world of tomorrow

CO₂ Verdichter:

Subkritisch:

HGX12e CO₂

(2 Zylinder)

HGX22e CO₂

(2 Zylinder)

HGX34e CO₂

(4 Zylinder)

HGX4 CO₂

(4 Zylinder)

HGX44e CO₂

Frequenzbereich:

2 Zylinder:

30-70 Hz

4 Zylinder:

25-70 Hz



Frequenzregelung (transkritisch)

BOCK

colour the world of tomorrow



CO₂ Verdichter :

Transkritisch:

HGX2 CO ₂ T	(2 Zylinder)
HGX24 CO ₂ T	(4 Zylinder)
HGX34 CO ₂ T	(4 Zylinder)
HGX46 CO ₂ T	(6 Zylinder)

Frequenzbereich :

2 Zylinder:	30-60 Hz
4 & 6 Zylinder:	20-70 Hz



Transkritische CO₂ Verdichterversion & Einsatzgrenzen **BOCK**

colour the world of tomorrow

Verdichtertypen:

ML : Mittlere & tiefe Betriebsbedingungen

- Reduzierter max. Strom & max. Leistungsaufnahme
- z.B. in Supermarktanwendungen
- Ölfüllung **C85E**

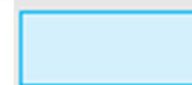
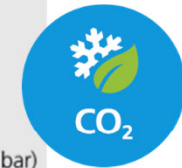
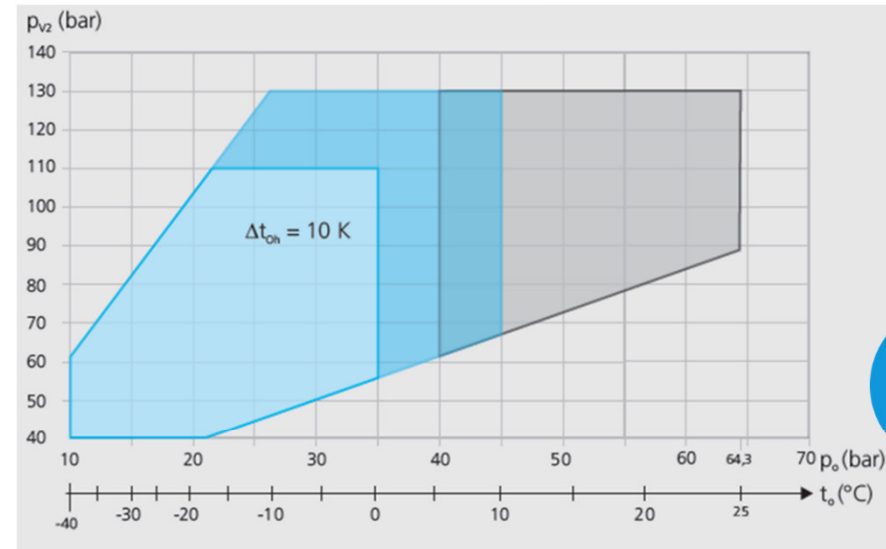
S: Erweiterte Betriebsbedingungen

- Stärkerer Motor
- Höhere Betriebsdrücke
- Großer Frequenzbereich bis zu 70 Hz
- Ölfüllung **C85E**

SH: Wärmepumpenanwendung $p_o > 40$ bar

- Hohe Verdampfungsbedingungen
- Ölfüllung **C170E**

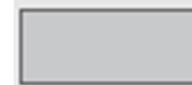
✓ **HGX34 CO₂ T** **HGX46 CO₂ T**



Verdichtervariante ML



Verdichtervariante S

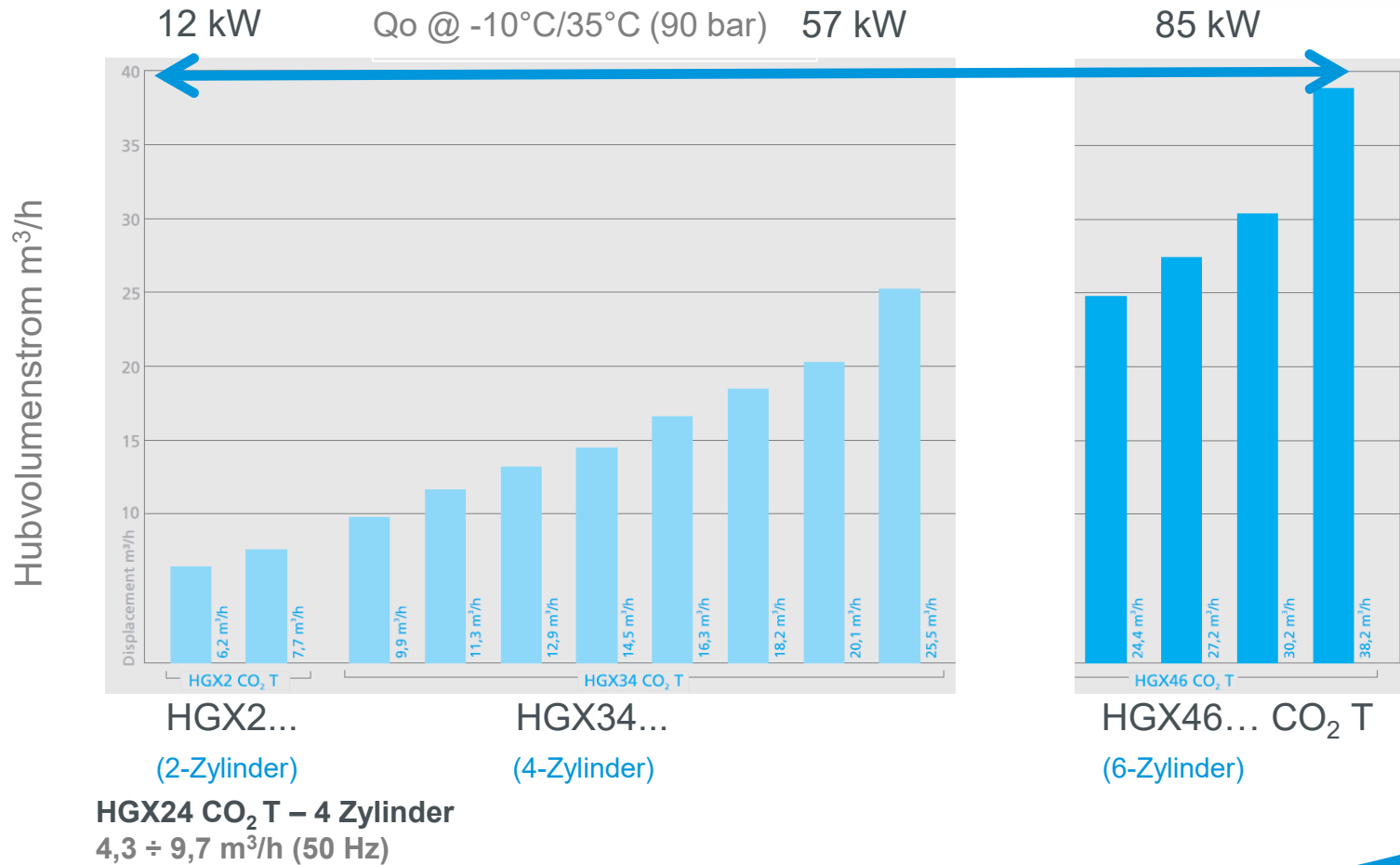


Verdichtervariante SH

Transkritische CO₂ Verdichter – Produktportfolio

BOCK

colour the world of tomorrow



Transkritische CO₂ Verdichter – Highlights



BOCK

colour the world of tomorrow

Niedrigster Ölwurf

- < 0,5 % (60 Hz)
- < 0,2 % (50 Hz)

Motoren für einen großen Drehzahlregelbereich

- Frequenzbereich **20-70 Hz**
(4- & 6-Zylinder)

Einsatzgrenzen für viele Anwendungen

- ML – Normal- und Tiefkühlung (kleinerer Motor)
- S – Stärkerer Motor (Anwendungen mit erweitertem Hochdruck, FU...)
- SH – Hohe Verdampfungstemperaturen (z.B. Wärmepumpen...)

Hohe Zuverlässigkeit mit optimiertem Triebwerk

- Niedrige Vibrationen und Pulsationen
- Hohe Zuverlässigkeit durch Verschleißschutz (gehärtete Kolben, Anlaufscheibe, Lagerschalen und Buchsen im Pleuel, Stahlpleuel, drei Kolbenringe)
- Niedriger Geräuschpegel

Hochdruckdesign (transkritische Anwendungen, hohe Stillstandsdrücke)

- LP 100 bar
- HP 150 bar

Höchste Effizienz (COP/EER)

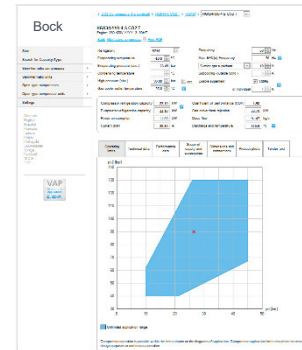
Im Vergleich zum Wettbewerb



Ölpumpe (alle Verdichter)

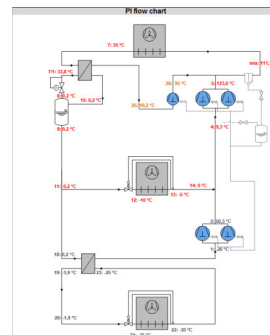
- Optimaler Schmierölkreislauf
- Öldifferenzdrucksensor (optional)

Programme zur Hilfe bei Auslegungen



BOCK
colour the world of tomorrow

GEA Bock CO₂ Auslegungssoftware VAP und CO₂ Booster-Auslegungsprogramm



Text über "Einfügen Kopf- u. Fußzeile" einfügen

6. Oktober 2020

32

Bock VAP - Auslegungssoftware für CO₂ Verdichter

BOCK

colour the world of tomorrow

The screenshot shows the Bock VAP software interface. The main window displays the model 'HGX34/110-4 S CO2 T' with various input parameters and calculated performance data. A graph at the bottom shows the application range for the compressor, plotting discharge pressure (p2) against suction pressure (p0).

Input Parameters:

- Refrigerant: R744
- Frequency: 50 Hz
- Evaporating temperature: -10.0 °C
- Evaporating pressure (abs.): 26.49 bar
- Condensing temperature: 35.0 °C
- High pressure (abs.): 90.00 bar
- Gas cooler outlet temperature: 35.0 °C
- Subcooling (outside cond.): 0 K
- Usable superheat: 100%
- Max. EFC(e)-Frequency: 70 Hz
- Suction gas superheat: 10 K
- or individual: 5 K

Performance Data:

- Compressor refrigeration capacity: 22.10 kW
- Evaporator refrigeration capacity: 22.10 kW
- Power consumption: 11.60 kW
- Current draw: 20.80 A
- Coefficient of performance (COP): 1.90
- Gas cooler heat rejection: 33.70 kW
- Mass flow: 0.147 kg/s
- Discharge end temperature: 110.5 °C

Graph: A graph showing the application range for the compressor. The y-axis is p2 [bar] (30 to 140) and the x-axis is p0 [bar] (0 to 50). A blue shaded area represents the unlimited application range. A red 'x' marks a specific operating point within this range.

Verfügbar als:

- Online Version
- Offline Version

Zu finden auf:

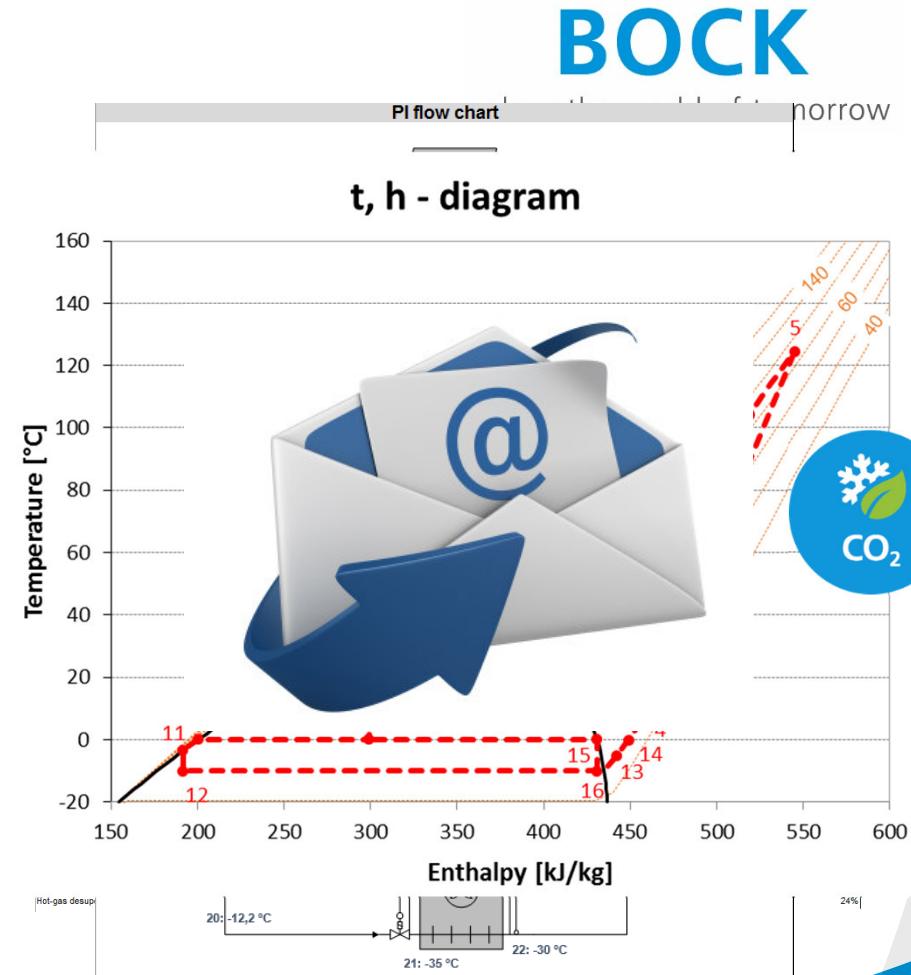
vap.bock.de



- **Verdichtersuche** für spezifische Einsatzbedingungen
- Berechnung von **Verdichterleistungsdaten**
- Verdichtertypsuche
- **Umfassende Informationen & Dokumentationen** um den Verdichter:
 - Explosionzeichnungen & Ersatzteillisten
 - Zeichnungen (2D, 3D)
 - Dokumente (Montageanleitungen, Kataloge, technische Informationen usw.)

Bock CO₂ T(ool) // CO₂ Booster-Auslegungsprogramm

- Auslegung der GEA Bock CO₂ Verdichter für **Booster-Systeme**
- **Verfügbare** Anlagendesigns
 - Booster TK+NK (+ parallel Verdichter)
 - Booster nur TK
 - Nur NK
 - berechnung Wärmerückgewinnung (Ende 2020)
- Software basiert auf **Microsoft Excel**
- Software auf Anfrage verfügbar (vap@gea.com)



GEA CO₂ T(ool) // CO₂ Booster-Auslegungsprogramm

BOCK

colour the world of tomorrow

Tiefkühlung

Kältemittel: R744
 Benötigte Kälteleistung: 50,00 kW
 Anzahl Verdichter: 4 pos.
 Verdampfungstemperatur: -35,0 °C
 Verflüssigungstemperatur: -10,0 °C
 Externe Unterkühlung: 0,00 K
 Überhitzung Verdampfer: 5,00 K
 Überhitzung Saugleitung: 5,00 K
 Überhitzung IWT: 5,00 K
 Hochdruck (abs.): 35,0 bar
 Verflüssigungsdruck: 26,5 bar
 Betriebsart: Transkritisch
 Gaskühleraustrittstemp.: 35,0 °C
 Externe Unterkühlung: 0,00 K
 Überhitzung Verdampfer: 5,00 K
 Überhitzung Saugleitung: 5,00 K
 Gesamtüberhitzung / Sauggastemp.: 25,3 K / 0,0 °C
 Gesamt Unterk. / Flüssigkeitstemp.: 0,0 K / 0,2 °C
 Enthitzerleistung: 35,0 kW

Parallelverdichter

Anzahl Verdichter: 2 pos.
 Interner Flashgas-IWT: Flg. x-> Gask.
 Überhitzung Flashgas-IWT: 10,00 K
 Gesamtüberhitzung / Sauggastemp.: 10,0 K / 10,2 °C

Tiefkühlung

Verdichter	subkritisch	HGX22e#85-4 S CO ₂	HGX22e#85-4 S CO ₂	HGX22e#85-4 S CO ₂	HGX22e#85-4 S CO ₂	Gesamt
Frequenzumrichter	<input checked="" type="checkbox"/>	46 Hz	On	50 Hz	On	50 Hz
Verdichter-Kälteleistung		12,30 kW	13,40 kW	13,40 kW	13,40 kW	52,50 kW
Verdampfer-Kälteleistung		11,80 kW	12,80 kW	12,80 kW	12,80 kW	50,20 kW
Leistungsaufnahme		2,58 kW	2,81 kW	2,81 kW	2,81 kW	11,01 kW
Stromaufnahme (400V)		---	6,01 A	6,01 A	6,01 A	---
Max. Betriebsstrom		9,00 A	9,00 A	9,00 A	9,00 A	36,00 A
COP Verdichter		4,74	4,74	4,74	4,74	4,74
COP Verdampfer		4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
Verflüssigerleistung		14,90 kW	16,20 kW	16,20 kW	16,20 kW	63,50 kW
Enthitzerleistung		---	---	---	---	---
Massenstrom		---	0,052 kg/s	0,052 kg/s	0,052 kg/s	0,204 kg/s
Verdichtungsendtemperatur		---	50,3 °C	50,3 °C	50,3 °C	50,3 °C
Verhältnis Verdichter		---	25%	25%	25%	100%
Verh. zu Kältebedarf		---	26%	26%	26%	100%

Naikühlung

Verdichter	HGX34#130-4 S CO ₂	HGX34#130-4 S CO ₂	Gesamt
Frequenzumrichter	<input checked="" type="checkbox"/>	On	50 Hz
Verdichter-Kälteleistung	24,70 kW	24,70 kW	104,70 kW
Verdampfer-Kälteleistung	23,80 kW	23,80 kW	100,90 kW
Leistungsaufnahme	13,20 kW	13,20 kW	56,00 kW
Stromaufnahme (400V)	---	23,00 A	---
Max. Betriebsstrom	32,70 A	32,70 A	130,80 A
COP Verdichter	1,86	1,86	1,86
COP Verdampfer	1,79	1,79	1,79
Gaskühlerleistung	---	---	---
Enthitzerleistung	---	---	---
Massenstrom Verdichter	0,181 kg/s	0,146 kg/s	0,619 kg/s
Massenstrom Verdampfer	0,122 kg/s	0,098 kg/s	0,416 kg/s
Verdichtungsendtemperatur	135,3 °C	135,3 °C	135,3 °C
Verhältnis Verdichter	29,2%	23,6%	100%
Verh. Kältebedarf	29,4%	23,7%	100%

Parallelverdichter

Verdichter	HGX34#110-4 S CO ₂	HGX34#110-4 S CO ₂	Gesamt
Frequenzumrichter	<input type="checkbox"/>	50 Hz	On
Leistungsaufnahme	11,80 kW	11,80 kW	23,60 kW
Stromaufnahme (400V)	21,0 A	21,0 A	42,20 A
Max. Betriebsstrom	28,60 A	28,60 A	57,20 A
COP Verdichter	2,58	2,58	2,58
Massenstrom Verdichter	0,206 kg/s	0,206 kg/s	0,412 kg/s
Verdichtungsendtemperatur	95,0 °C	95,0 °C	95,0 °C
Verhältnis zu erforderl. Kapazität	50%	50%	100%

TK

NK

PV

Eingabe
NK & TK

Ausgabe-
werte
NK & TK



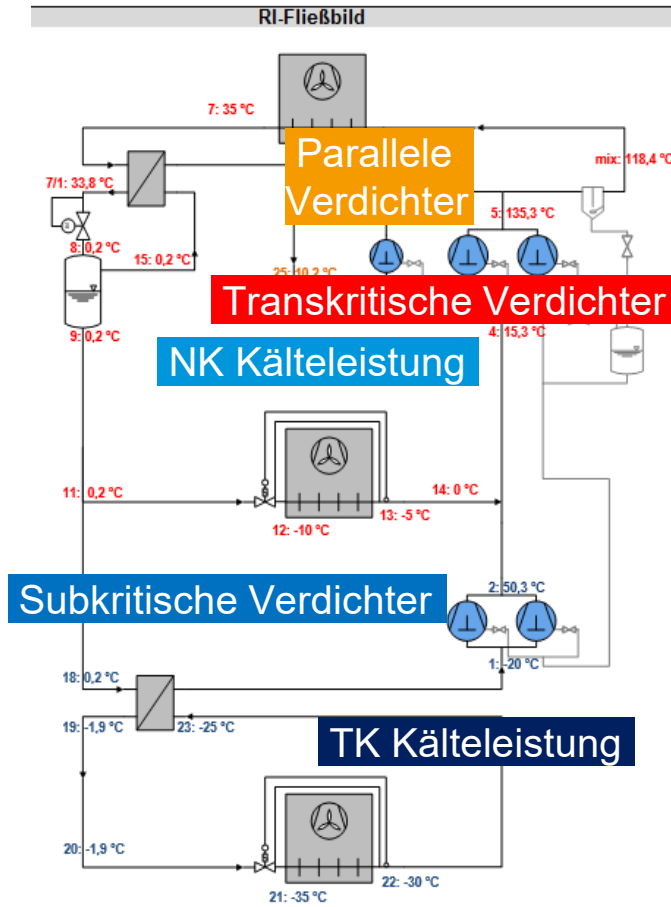
CO₂

Bei den angegebenen Leistungsdaten handelt es sich um gemessene und rechnerisch ermittelte Werte. Abweichungen können daher nicht ausgeschlossen werden.

GEA CO₂ T(ool) // CO₂ Booster-Auslegungsprogramm

BOCK

colour the world of tomorrow



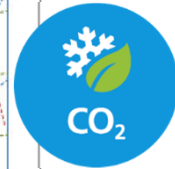
Legende zu RI-Fließbild	
Tiefkühlung	Normalkühlung
1: Eintritt TK-Verdichter	4: Eintritt NK-Verdichter
2: TK-Verdichteraustritt	5: NK-Verdichteraustritt
18: Eintritt Flüssigkeit TK-IWT	7: Gaskühleraustritt
19: Austritt Flüssigkeit TK-IWT	7/1: Austritt Flashgas-IWT (Flg. <-> Gask.)
20: Eintritt TK-Expansionsventil	8: Eintritt Mitteldruckbehälter
21: Eintritt TK-Verdampfer	9: Mitteldruckbehälter, Flüssigkeitsaustritt
22: Austritt TK-Verdampfer	11: Flüssigkeit
23: Eintritt Gas TK-IWT	12: Eintritt NK-Verdampfer
	13: Austritt NK-Verdampfer
	14: Saugleitung NK
	15: Mitteldruckbehälter, Sattdampfaustritt
Parallelverdichter	
25: Eintritt Parallel-Verdichter	
26: Austritt Parallel-Verdichter	
mix: Mischungsbereich NK- und Parallel-Verdichter	

Zustandswerte									
Zustandspkt	1	2	4	18	19	20	21	22	23
p [bar]	12,02	26,49	26,49	35,00	35,00	35,00	12,02	12,02	12,02
t [°C]	-20,00	50,25	15,27	0,16	-1,86	-1,86	-35,00	-30,00	-25,00
h [kJ/kg]	451,83	505,98	467,79	200,39	195,32	195,32	195,32	441,56	446,75
v [m³/kg]	0,0353	0,0206	0,0171	0,0011	0,0011	0,0011		0,0331	0,0342
z [%]								23,08	
Zustandspkt	4	5	7	7/1	8				
p [bar]	26,49	90,00	90,00	90,00	35,00				
t [°C]	15,27	135,25	35,00	33,76	0,16				
h [kJ/kg]	467,79	558,79	299,04	292,44	292,44				
v [m³/kg]	0,0171	0,0073	0,0015	0,0015					
z [%]					39,95				
Zustandspkt	9	11	12	13	14	15	16		
p [bar]	35,00	35,00	26,49	26,49	26,49	35,00	26,49		
t [°C]	0,16	0,16	-10,00	-5,00	0,00	0,16	-10,00		
h [kJ/kg]	200,39	200,39	200,39	442,36	449,08	430,80	430,80		
v [m³/kg]	0,0011	0,0011		0,0147	0,0154	0,0102			
z [%]				9,23			98,32		

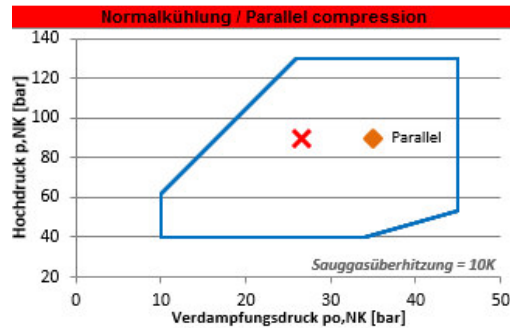
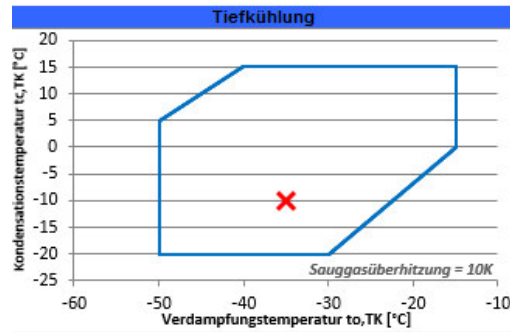
GEA CO₂ T(ool) // CO₂ Booster-Auslegungsprogramm

BOCK

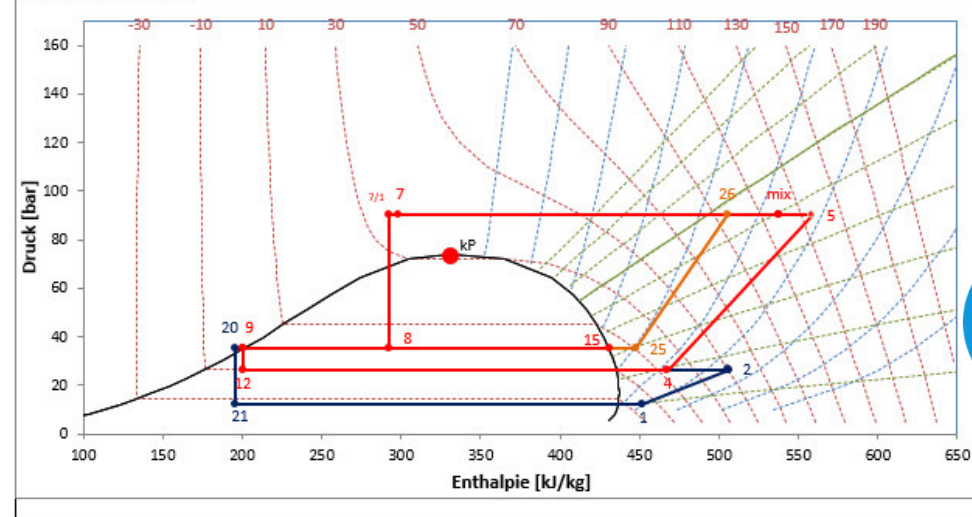
colour the world of tomorrow



Einsatzgrenzendiagramm



log p,h-Diagramm



Massenströme und weitere Ausgabewerte

Massenströme		Weitere Werte	
NK-Verdichter	0,619 kg/s	Interner Wärmeübertrager Tiefkühl	Gaskühler/Verflüssiger
NK-Verdampfer	0,416 kg/s	Wärmestrom	1,033 kW
Flashgas	0,412 kg/s	Mittl. log. Temp.diff.	21,6 K
Flüssigkeit	0,619 kg/s	Flashgas-IWT (Fl.g. <-> Gask)	Leistung
TK-Verdichter	0,204 kg/s	Wärmestrom	6,81 kW
TK-Verdampfer	0,204 kg/s	Mittl. log. Temp.diff.	29,0 K
Gaskühler	1,031 kg/s		Gask.eintrittstemp.
Parallelverdichter	0,412 kg/s		35,00 °C
Flashgas-Bypass	0,000 kg/s		Massenstrom
			1,031 kg/s
		Gesamt COP	
		COP - Verdichter gsm ¹	1,73
		COP - Verdampfer gsm ¹	1,66

Sicherheit im CO₂ – Maschinenraum (Beispielberechnung Bock) Ventilation nach EN378-1&-3

Maximale Füllmenge ohne Ventilation:
Max. Füllmenge = Praktisches Limit x Raumvolumen

Tabelle C.3 — Zulässige Kältemittel-Füllmenge

Kältemittel	Zulässige Konzentration (kg/m ³) RCL	QLMV (kg/m ³)	QLAV (kg/m ³)
R-22	0,21	0,28	0,50 ^a
R-134a	0,21	0,28	0,58 ^a
R-407C	0,27	0,44	0,49 ^a
R-410A	0,39	0,42	0,42 ^a
R-744	0,072	0,074	0,18 ^b
R-32	0,061	0,063	0,15 ^c
R-1234yf	0,058	0,060	0,14 ^c
R-1234ze	0,061	0,063	0,15 ^c

^a Basierend auf ODL
^b Basierend auf einem Volumenanteil von 10 %
^c Basierend auf 50 % LFL

- < QLMV keine Maßnahmen erforderlich
- > QLMV aber < QLAV Wert, **eine Maßnahme** erforderlich nach EN 378-3, Abschnitte 6 und 8
- > QLAV, mindestens **zwei spezifizierte Maßnahmen** sind erforderlich.

RLC: Grenzwert für die Kältemittelkonzentration (en: Refrigerant Concentration Limit)

QLMV: Grenzwert für die Füllmenge bei Mindestbelüftung
(en: Quantity Limit with Minimum Ventilation)

QLAV: Grenzwert für die Füllmenge bei zusätzlicher Belüftung
(en: Quantity Limit with Additional Ventilation)

BOCK

colour the world of tomorrow

Lüftung für übliche Betriebsbedingungen und Notlüftung:

Erforderlicher Luftstrom für die mechanische Notlüftung:

$$\dot{V} = 0,014 \times m^{2/3}$$

\dot{V} der Luftdurchsatz in m³/s
m die Masse der Kältemittel-Füllmenge, in kg, in der Kälteanlage mit der größten Füllmenge, die sich mit irgendeinem Teil in dem Maschinenraum befindet
0,014 ein Umrechnungsfaktor mit m³/s kg^{2/3}



Beispiel CO₂ Schulungsanlage Bock Frickenhausen:

$$m_{\text{Kältemittel}} < 100 \text{ kg}$$

$$\dot{V} = 1085 \text{ m}^3/\text{h}$$

15 Luftwechsel je Stunde sind für das Notlüftungssystem ausreichend.

Sicherheitskomponenten in CO₂ Systemen – EN 378-3 – im Maschinenraum, zusammengefasst

BOCK

colour the world of tomorrow



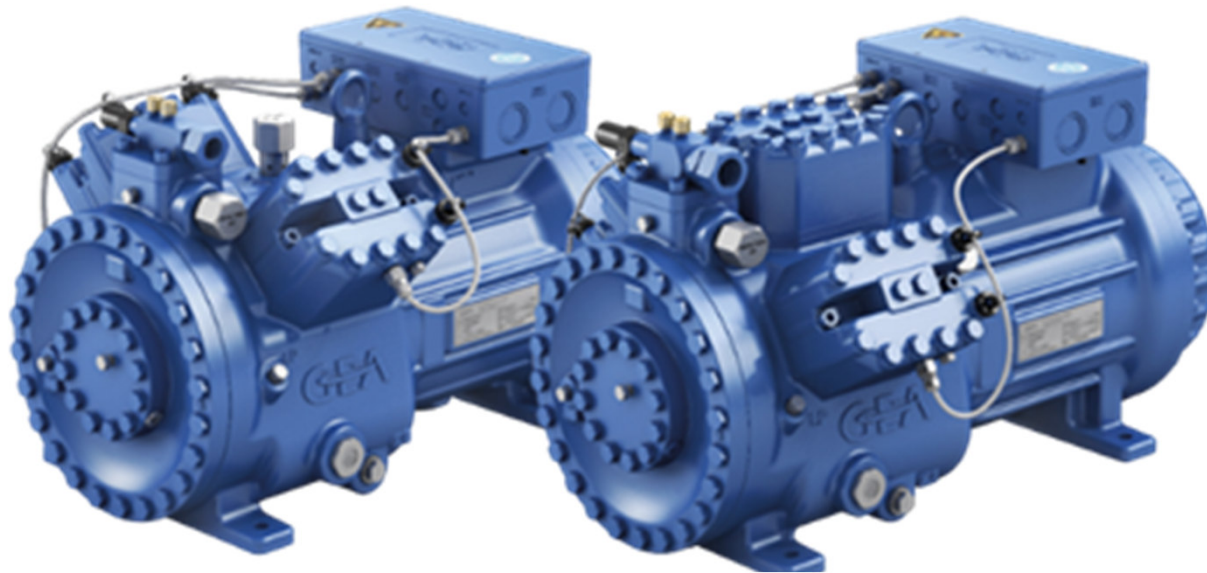
- CO₂ Detektor und Absaugung des Ventilators Bodennähe → höhere Dichte von CO₂ als Luft
- Die Stromquelle des Alarm muss unabhängig von der mechanischen Lüftung und der Kälteanlage angeschlossen sein
- Das optische (blinkende Anzeige) und akustisches Signal (Hupe 15dB(A) über Umgebungsgeräuschen) muss im Maschinenraum und Außen über den Eingängen montiert sein.
- Stufe 1 Voralarm (1500ppm) optische Anzeige und die mechanische Belüftung aktiviert.
- Stufe 2 Hauptalarm (3000ppm) zusätzlich akustisches Signal und Abschaltung der Verbundanlage.
- Maschinenraum deutlich mit Warnhinweisen beschriftet
- Überprüfung der Sicherheitskomponenten min. 1 x pro Jahr



Fragen und Antworten zu CO₂- Verdichtern ?

BOCK

colour the world of tomorrow



Text über "Einfügen Kopf- u. Fußzeile" einfügen

6. Oktober 2020

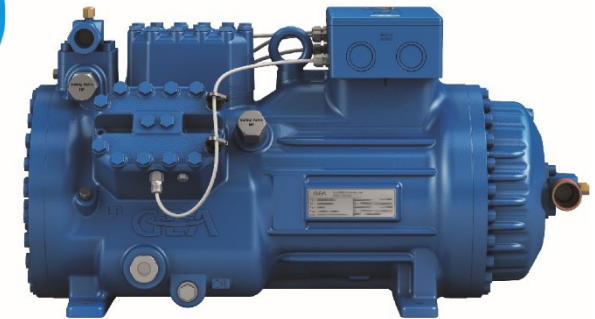
40

BOCK

colour the world of tomorrow



Think **green**,
choose **blue**.



GEA Compressors for natural refrigerants

Denke grün, blau wählen

BOCK

colour the world of tomorrow

