

**„Klimaschutz und Kostensenkung durch Energieeffizienz in der Transportkühlung:  
Welchen Beitrag leistet die Branche?“  
Branchentagung am 10. November 2005 in Berlin**

---

# **Kostensenkung und Klimaschutz: Was leistet die Hybrid-Technologie?**

**P. Großkopf, Dr. M. Burke  
FRIGOBLOCK Grosskopf GmbH**



# Die bekannten FRIGOBLOCK-Vorteile

---

- Hochleistungskältemittel R410A statt R404A: 60% mehr Kälteleistung, 15% weniger Energieverbrauch, um 45% reduzierter GWP-Wert
- FRIGOBLOCK-Walzengebläse mit Drehstromantrieb garantiert einfache, verlustfreie Regelung mit max. Luftvolumen und max. Luftwurfweite
- 4-Wege-Wärmepumpenschaltung für höchste Heizleistung und extrem schnelle Abtauvorgänge in 5-10 Minuten
- deutlich größere Verdampfer- und Verflüssigerflächen erhöhen die Kälteleistung und senken den Energieverbrauch um mehr als 20%
- auf hohe Druckverhältnisse und geringen Schadraum optimierte, langsam drehende Kälteverdichter: höhere Effizienz in der Tiefkühlung
- verlustfreie, zuverlässige, einfache und präzise elektrische Regelung
- wirtschaftlichstes elektrisches Antriebssystem sowohl für den Fahr- als auch für den Netzbetrieb mit extrem langer Lebensdauer

# HD25-Aufliegerkälteanlage mit Hybrid-Antrieb

## Kombination von Netz-, Generator- und Dieselantrieb



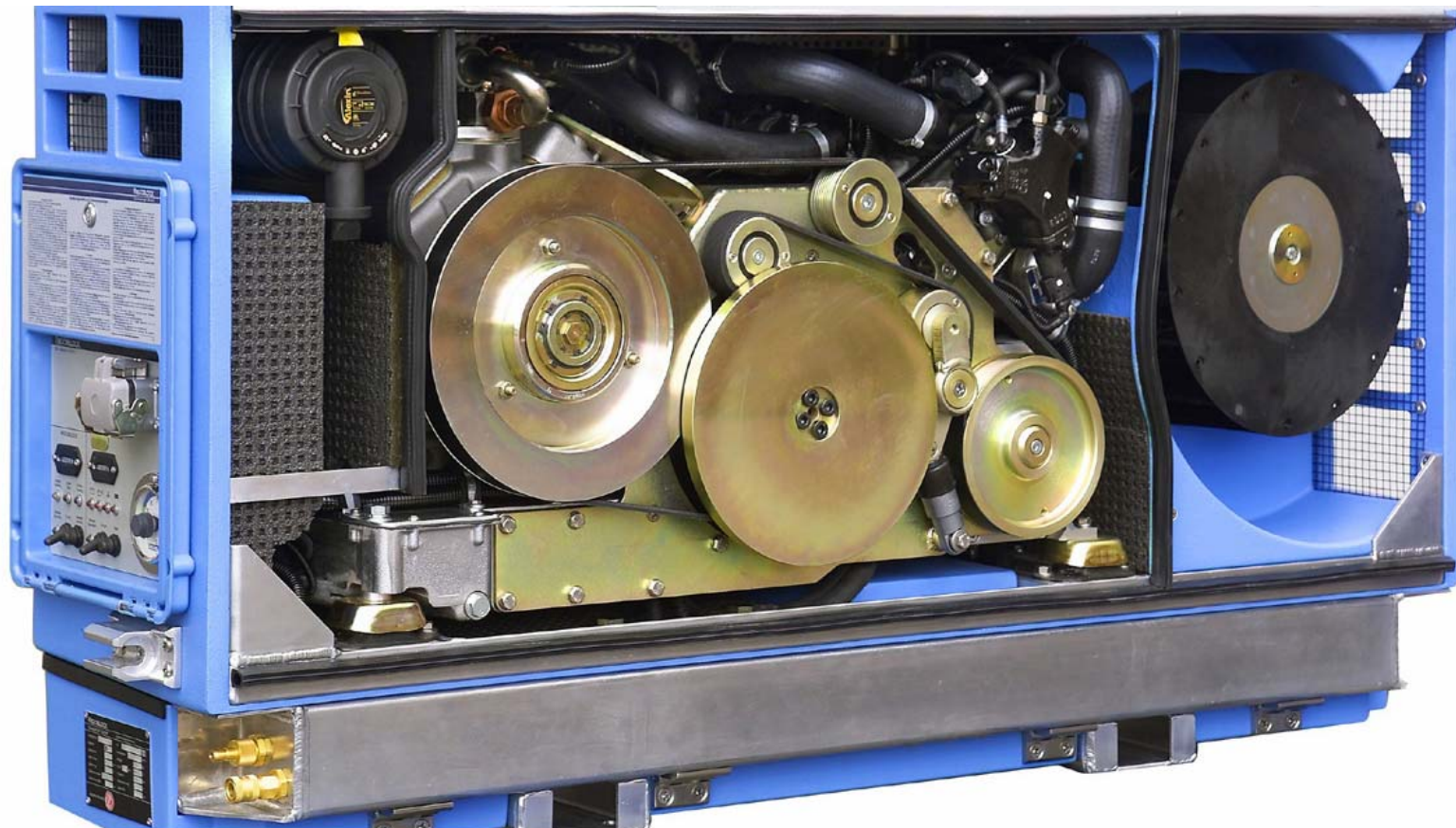
- extrem kompakte Antriebseinheit mit Dieselmotor, wassergekühltem Motor-generator und Kälteverdichter  
→ mehr Bauraum für Kälteanlage
- thermische Trennung von Dieselmotor, Wasserkühler und Ladeluftkühler von Verflüssiger und Verdampfer, außen liegender Abgasschalldämpfer mit Katalysator und Rußfilter  
→ keine zusätzl. Wärmebelastung
- optimale Luftführung mit seitlicher Abluftführung und stirnseitiger Zuluftführung, kein Kurzschluß von Zu- und Abluft  
→ keine Erwärmung der Zuluft

# HD25-Aufliegerkälteanlage mit Hybrid-Antrieb

## Schallkapselung senkt Schallpegel auf unter 60 dB(A)

Dieselmotor, Kälteverdichter und Motorgenerator sind vollständig schallgekapselt. Hierdurch wird der Schallpegel um 10 dB(A) = 90% gesenkt.

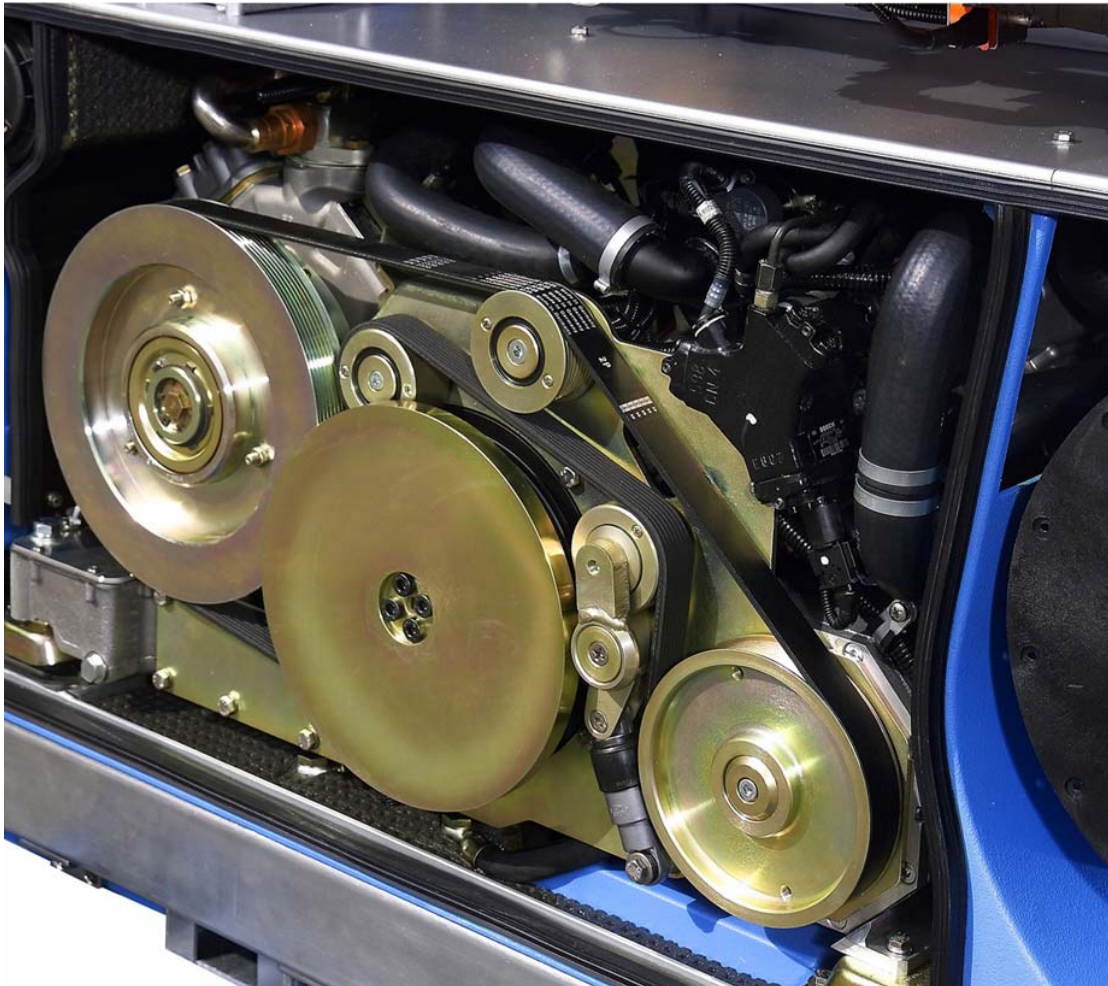
Mit dem Drehstrom-Radialgebläse werden gleichzeitig der Wasser-, Ladeluft- und Kraftstoffkühler sowie der schallgekapselte Motorraum gekühlt.



# Antriebseinheit der Hybrid-Transportkälteanlage

---

## Selbstnachspannender, langlebiger Aramid-Multi-V-Riementrieb



### Kälteverdichter

- durch Magnetkupplung zuschaltbar
  - lastfreier Anlauf des Dieselmotors
  - Lüfterdauerlauf im Regelbetrieb
  - Entlastung der Fliehkraftkupplung
- mit Zylinderabschaltung zur zusätzlichen Leistungsanpassung

### wassergekühlter Motorgenerator

- elektr. Antrieb der Verdampfer- und Verflüssigerlüfter
  - ohne aufwendigen Riementrieb
  - zuverlässige el. Lüfterregelung

# Weltweit sparsamster, leichtester, kompaktester CDI-Diesel



## FRIGOBLOCK HD25 mit DaimlerChrysler CDI-Dieselmotor

**3 Zyl., 800 cm<sup>3</sup>**

**elektr. Kennfeldsteuerung**

**Common Rail Einspritzung  
Vor- und Nacheinspritzung**

**Turbolader, Ladeluftkühler  
extrem wirtschaftlich**

**extrem leise**

**Alu-Druckgußgehäuse  
70 kg Gewicht**

**Euro3 – Abgasqualität,  
Euro4 in Kürze,  
auf Wunsch Katalysator  
und Partikelfilter**

## Kälteanlagen mit herkömmlichem Industriedieselmotor

**4 Zyl., 2200 cm<sup>3</sup>**

**mechanische Regelung**

**Vorkammer-/Direkt-  
einspritzung**

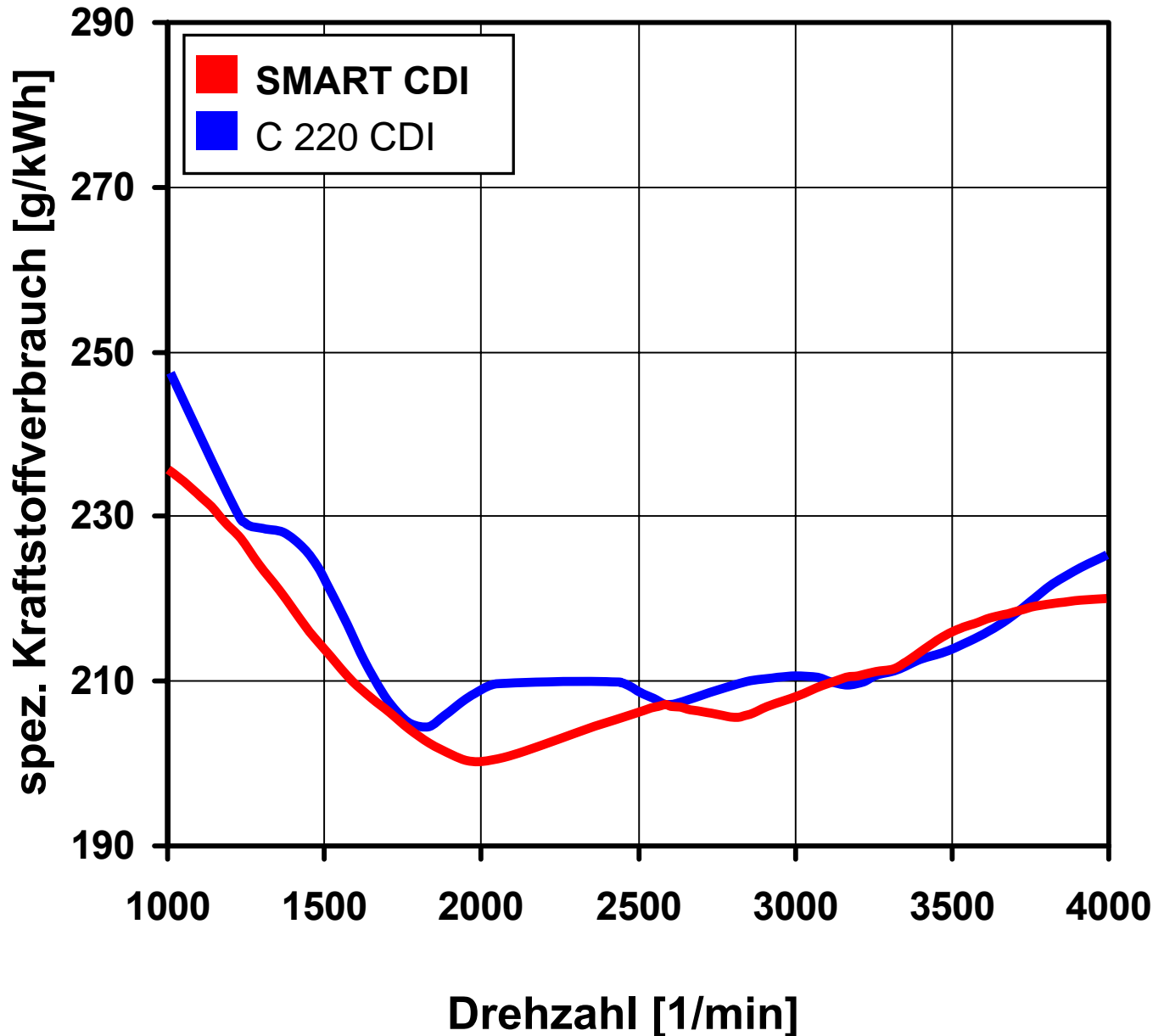
**30% mehr  
Treibstoffverbrauch**

**10 dB(A) mehr  
Geräuschemission**

**Graugußgehäuse  
200 – 250 kg**

**Industriemotorstandard  
mit deutlich höheren  
Abgasemissionen**

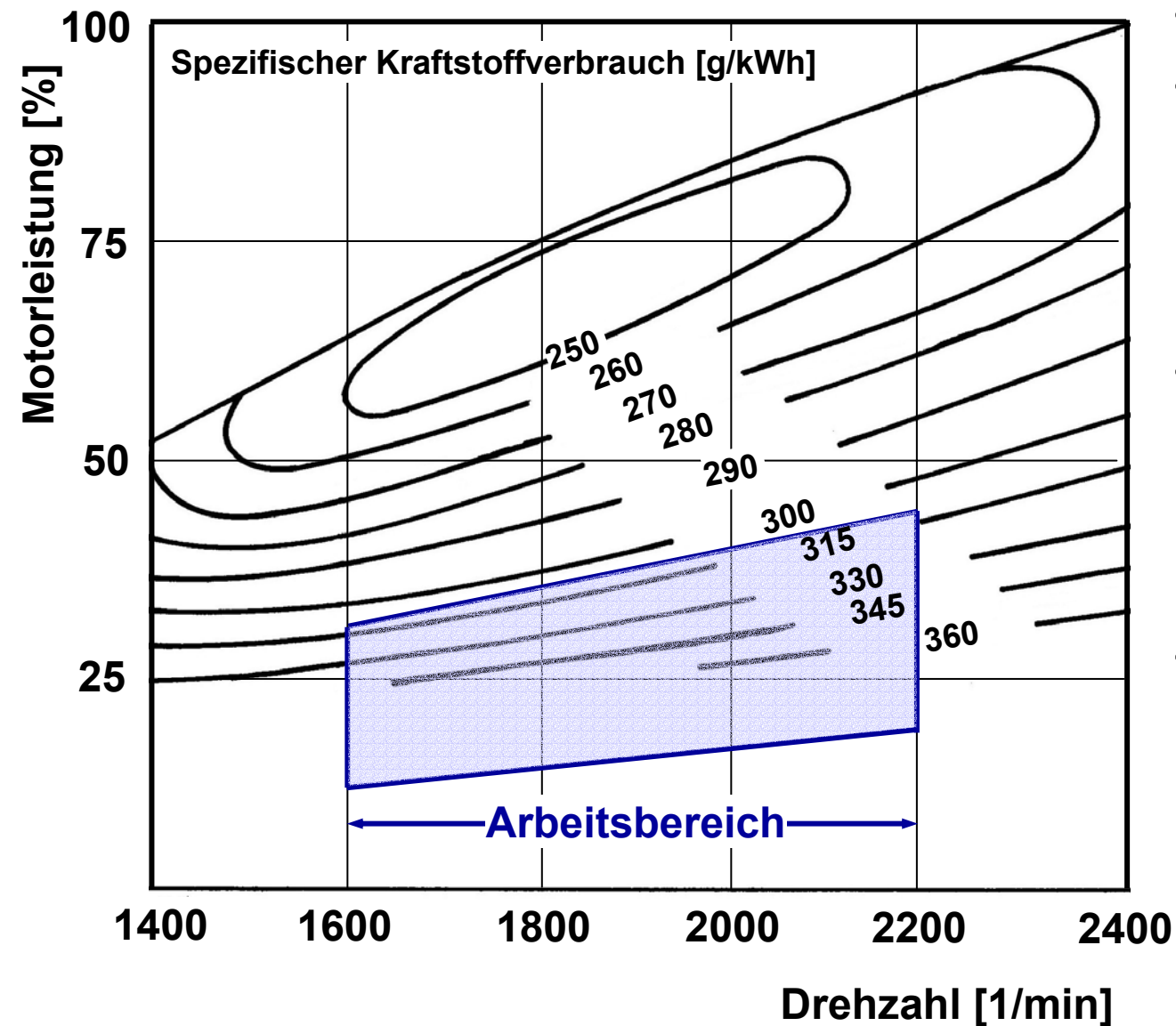
# Spezifischer Kraftstoffverbrauch des Smart CDI-Dieselmotors



**Der Smart CDI-Dieselmotor, eine der jüngsten Entwicklungen von DaimlerChrysler, ist der leichteste, kompakteste und sparsamste Dieselmotor der Welt.**

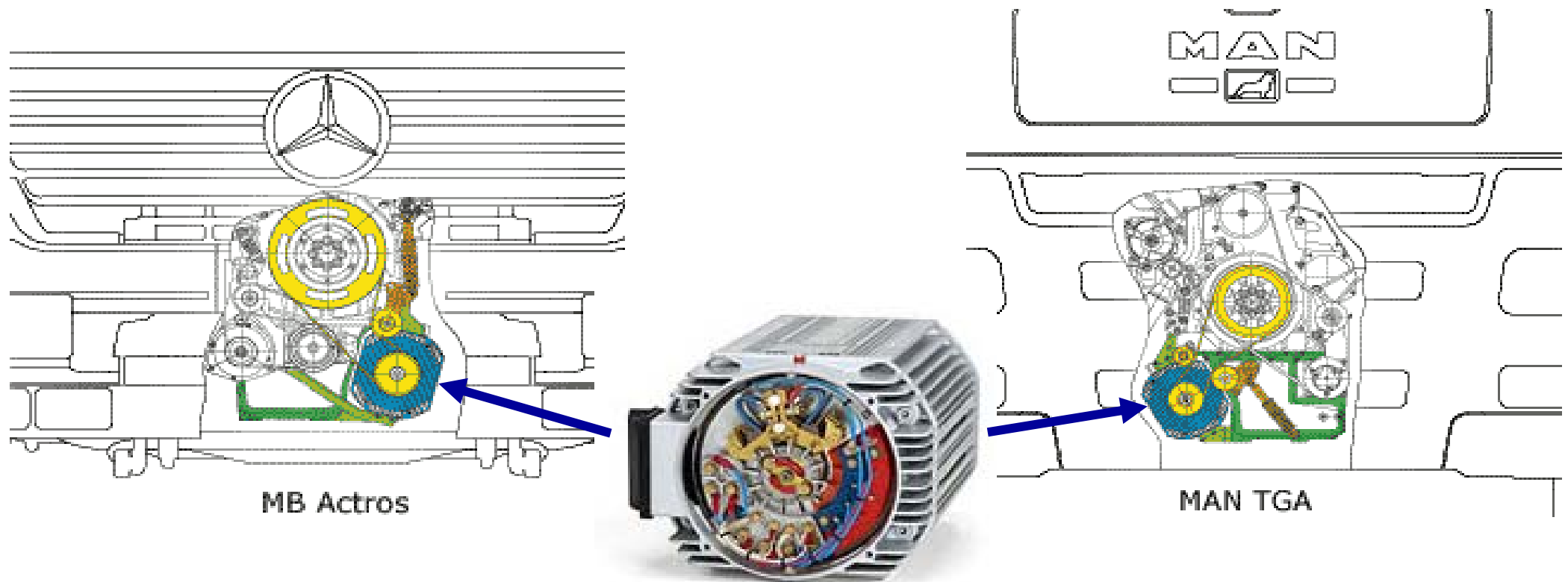
**Mit einem Kraftstoffverbrauch von 200 g/kWh unterbietet er selbst grössere CDI-Dieselmotore und erreicht fast die extrem niedrigen Werte heutiger LKW-Motore.**

# Verbrauchskennfeld und Arbeitsbereich herkömmlicher Dieselmotoren

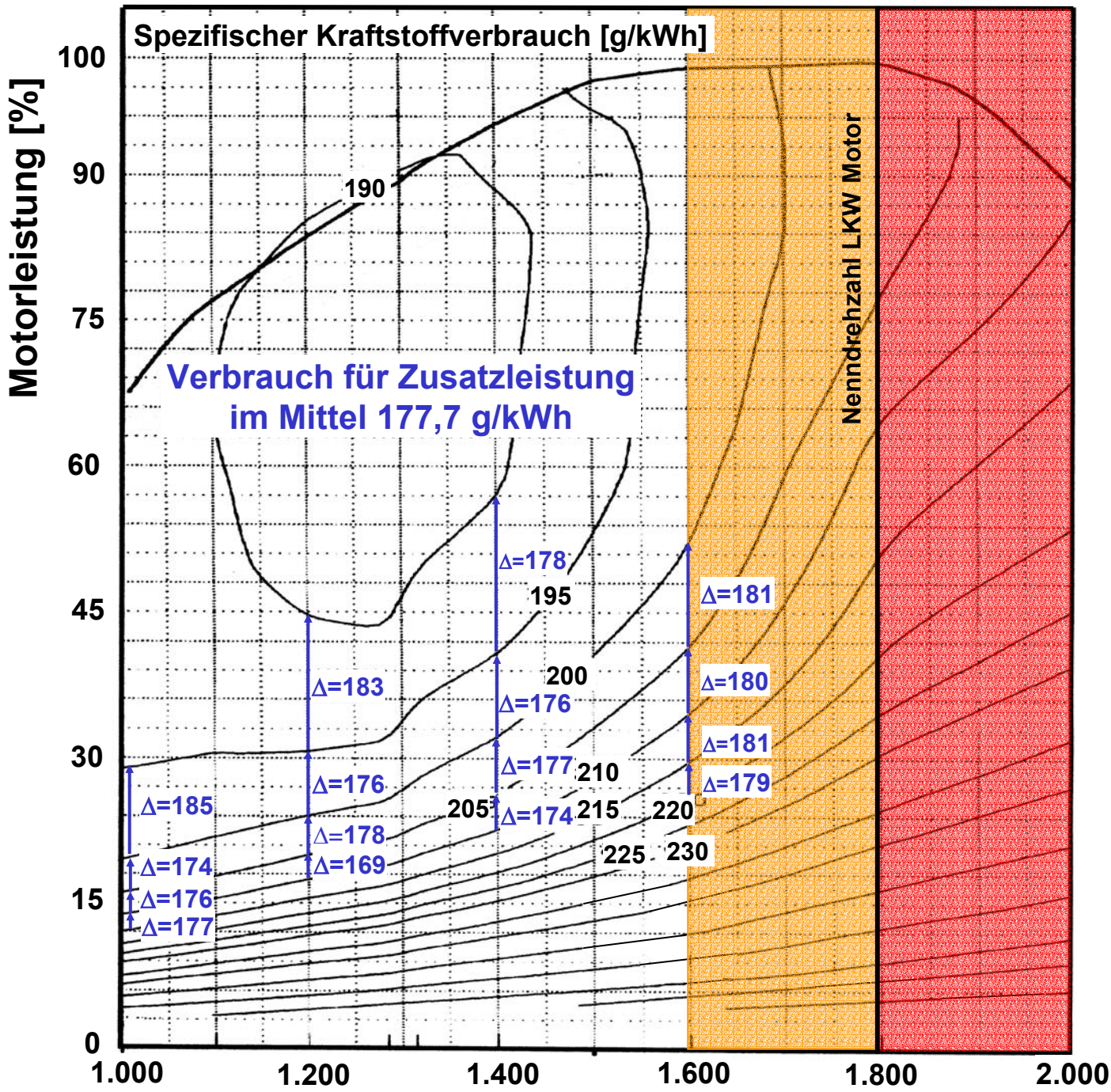


- Kälteverdichter nicht abschaltbar
- Regelung nur durch verschleiß- und verbrauchsintensiven Start-Stop-Betrieb bei unterbrochener Luftumwälzung im Laderaum
- bei empfindlichen Produkten Regelung nur durch verlustbehaftetes Gegenheizen möglich (Temperaturmodulation)
- wegen Kaltstart mit angekoppeltem Kälteverdichter kleiner Drehzahlbereich mit geringer Auslastung und hohem Treibstoffverbrauch des Dieselmotors

# Generatorantrieb: wirtschaftlichster Antrieb bei der Fahrt



- **Generatorvorrüstung ab Werk durch LKW-Hersteller**
- **kaum Verschleißteile (Kohlebürsten, nachschmierbare Kugellager)**
- **höchste Zuverlässigkeit und Lebensdauer (>1 Mio km / >30.000 h)**
- **geringste Wartungskosten aller Antriebssysteme**
- **höchster Wirkungsgrad (>90%) aller Antriebssysteme**



← grüner Drehzahlbereich → ← gelber / roter Drehzahlbereich

**Verbrauchskennfeld eines modernen LKW-Motors**

Der Kraftstoffverbrauch für **zusätzlichen Leistungsbedarf** liegt bei modernen LKW-Motoren im Mittel **unter 180 g/kWh**, da die thermischen sowie mechanischen Verluste kaum noch ansteigen. Im Schubbetrieb des LKW-Motors wird die Antriebsleistung des Generators völlig ohne zusätzlichen Kraftstoffverbrauch erzeugt. Der Durchschnittsverbrauch beim **Generatorbetrieb** beträgt damit nur noch **maximal 160 bis 170 g/kWh** und damit **50% weniger** als bei herkömmliche Kältemaschinen.

# Tatsächlicher Kraftstoffmehrverbrauch im realen Fahrzyklus

Berechnet mit dem ARTEMIS-Programm der TU Graz  
im Auftrag des Umweltbundesamtes

|   |              | Sattelzug (Euro 3) |                      |                               |          | Solo-LKW (Euro 3) |                      |                               |          |
|---|--------------|--------------------|----------------------|-------------------------------|----------|-------------------|----------------------|-------------------------------|----------|
|   |              | ohne Generator     | mit Generator (9 kW) | spez. Kraftstoffmehrverbrauch | Änderung | ohne Generator    | mit Generator (9 kW) | spez. Kraftstoffmehrverbrauch | Änderung |
| <b>Zyklus 1</b><br><b>Autobahn</b><br>(≤120 km/h)   | km/h         | 79,97              | 79,97                |                               |          | 79,99             | 79,99                |                               |          |
|   | fuel [kg/h]: | 19,48              | 21,09                | 1,61kg/h / 9 kW =             | 8,3%     | 16,59             | 18,26                | 1,67kg/h / 9 kW =             | 10,1%    |
|   | NOx [g/h]:   | 520,48             | 562,84               | <b>178,9 g/kWh</b>            | 8,1%     | 455,60            | 500,33               | <b>185,6 g/kWh</b>            | 9,8%     |
|   | HC [g/h]:    | 22,07              | 22,22                |                               | 0,7%     | 20,09             | 20,15                |                               | 0,3%     |
|   | CO [g/h]:    | 131,54             | 134,11               |                               | 2,0%     | 104,73            | 107,60               |                               | 2,7%     |
|   | PM [g/h]:    | 10,80              | 11,07                |                               | 2,5%     | 9,14              | 9,45                 |                               | 3,4%     |
| <b>Zyklus 2</b><br><b>Landstraße</b><br>(≤100 km/h) | km/h         | 66,37              | 66,37                |                               |          | 66,37             | 66,37                |                               |          |
|   | fuel [kg/h]: | 17,16              | 18,59                | 1,43 kg/h / 9 kW =            | 8,3%     | 14,05             | 15,52                | 1,47kg/h / 9 kW =             | 10,4%    |
|   | NOx [g/h]:   | 468,37             | 503,75               | <b>158,9 g/kWh</b>            | 7,6%     | 398,09            | 437,78               | <b>163,3 g/kWh</b>            | 10,0%    |
|   | HC [g/h]:    | 19,58              | 20,05                |                               | 2,4%     | 17,74             | 18,18                |                               | 2,5%     |
|   | CO [g/h]:    | 97,83              | 100,67               |                               | 2,9%     | 82,90             | 86,37                |                               | 4,2%     |
|   | PM [g/h]:    | 8,80               | 9,13                 |                               | 3,7%     | 7,69              | 8,02                 |                               | 4,3%     |
| <b>Zyklus 3</b><br><b>innerorts</b><br>(≤50 km/h)   | km/h         | 25,85              | 25,85                |                               |          | 25,85             | 25,85                |                               |          |
|   | fuel [kg/h]: | 12,48              | 13,86                | 1,38kg/h / 9 kW =             | 11,1%    | 9,67              | 11,01                | 1,34kg/h / 9 kW =             | 13,9%    |
|   | NOx [g/h]:   | 338,12             | 381,52               | <b>153,3 g/kWh</b>            | 12,8%    | 268,60            | 313,81               | <b>148,9 g/kWh</b>            | 16,8%    |
|   | HC [g/h]:    | 17,47              | 18,35                |                               | 5,0%     | 15,91             | 16,66                |                               | 4,7%     |
|   | CO [g/h]:    | 96,46              | 100,92               |                               | 4,6%     | 76,86             | 81,44                |                               | 6,0%     |
|   | PM [g/h]:    | 7,92               | 8,23                 |                               | 4,0%     | 6,58              | 6,82                 |                               | 3,7%     |

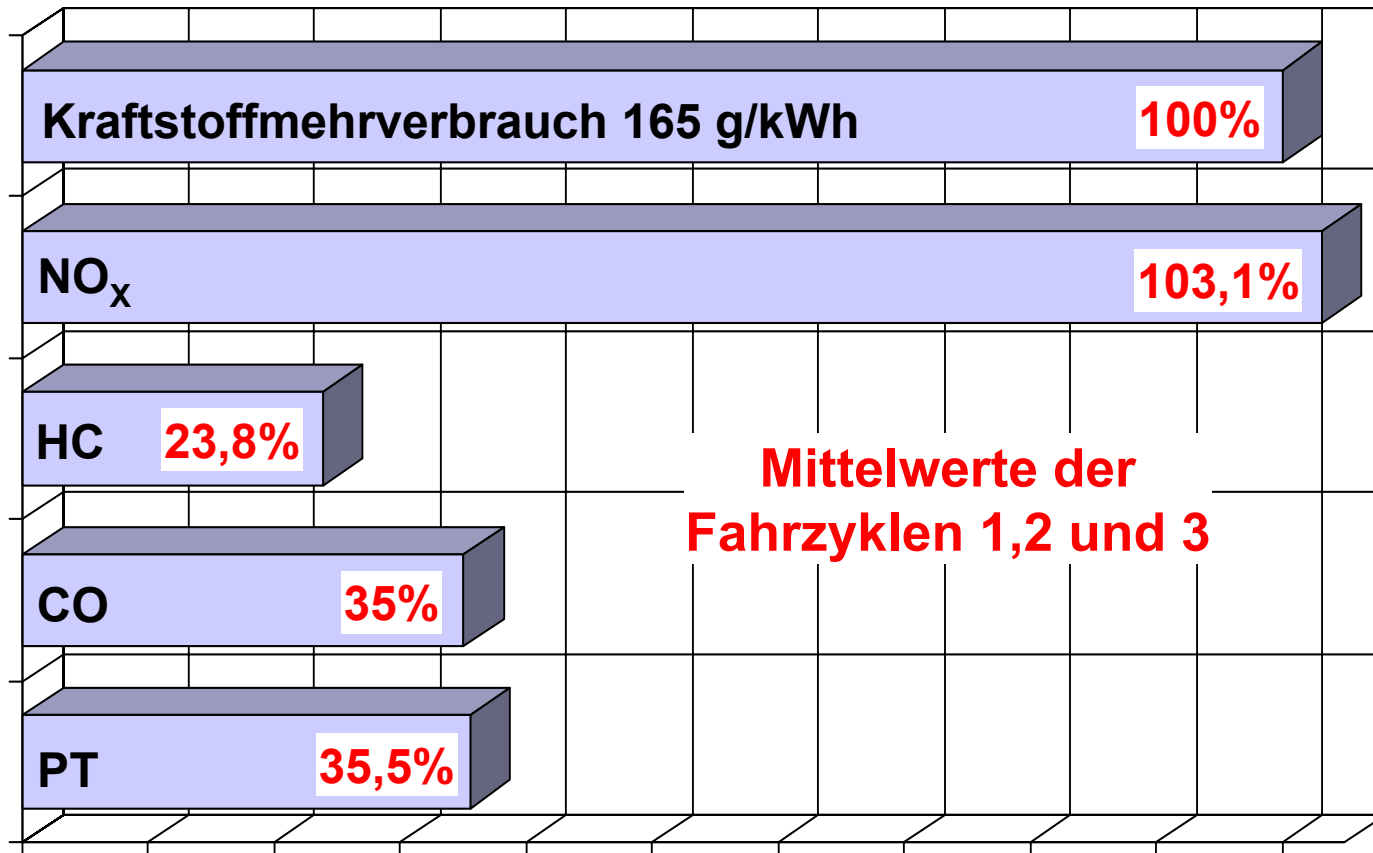
Ø Kraftstoffmehrverbrauch

163,7 g/kWh

164,8 g/kWh

165,9 g/kWh

# Unterproportionale Zunahme der Schadstoffemissionen beim Generatorantrieb während der Fahrt



Die ohnehin bereits sehr geringen Schadstoffemissionswerte von modernen LKW-Motoren werden zum Teil für die Zusatzleistung des FRIGOBLOCK-Generators nochmals um 65% (PT, CO) bis 76% (HC) reduziert.

# Tatsächlicher Kraftstoffmehrverbrauch im realen Fahrzyklus

Berechnet mit dem ARTEMIS-Programm der TU Graz  
im Auftrag des Umweltbundesamtes

|   |              | Sattelzug (Euro 3) |                      |                               |          | Solo-LKW (Euro 3) |                      |                               |          |
|---|--------------|--------------------|----------------------|-------------------------------|----------|-------------------|----------------------|-------------------------------|----------|
|   |              | ohne Generator     | mit Generator (9 kW) | spez. Kraftstoffmehrverbrauch | Änderung | ohne Generator    | mit Generator (9 kW) | spez. Kraftstoffmehrverbrauch | Änderung |
| <b>Zyklus 1</b><br><b>Autobahn</b><br>(≤120 km/h)   | km/h         | 79,97              | 79,97                |                               |          | 79,99             | 79,99                |                               |          |
|   | fuel [kg/h]: | 19,48              | 21,09                | 1,61kg/h / 9 kW =             | 8,3%     | 16,59             | 18,26                | 1,67kg/h / 9 kW =             | 10,1%    |
|   | NOx [g/h]:   | 520,48             | 562,84               | <b>178,9 g/kWh</b>            | 8,1%     | 455,60            | 500,33               | <b>185,6 g/kWh</b>            | 9,8%     |
|   | HC [g/h]:    | 22,07              | 22,22                |                               | 0,7%     | 20,09             | 20,15                |                               | 0,3%     |
|   | CO [g/h]:    | 131,54             | 134,11               |                               | 2,0%     | 104,73            | 107,60               |                               | 2,7%     |
|   | PM [g/h]:    | 10,80              | 11,07                |                               | 2,5%     | 9,14              | 9,45                 |                               | 3,4%     |
| <b>Zyklus 2</b><br><b>Landstraße</b><br>(≤100 km/h) | km/h         | 66,37              | 66,37                |                               |          | 66,37             | 66,37                |                               |          |
|   | fuel [kg/h]: | 17,16              | 18,59                | 1,43 kg/h / 9 kW =            | 8,3%     | 14,05             | 15,52                | 1,47kg/h / 9 kW =             | 10,4%    |
|   | NOx [g/h]:   | 468,37             | 503,75               | <b>158,9 g/kWh</b>            | 7,6%     | 398,09            | 437,78               | <b>163,3 g/kWh</b>            | 10,0%    |
|   | HC [g/h]:    | 19,58              | 20,05                |                               | 2,4%     | 17,74             | 18,18                |                               | 2,5%     |
|   | CO [g/h]:    | 97,83              | 100,67               |                               | 2,9%     | 82,90             | 86,37                |                               | 4,2%     |
|   | PM [g/h]:    | 8,80               | 9,13                 |                               | 3,7%     | 7,69              | 8,02                 |                               | 4,3%     |
| <b>Zyklus 3</b><br><b>innerorts</b><br>(≤50 km/h)   | km/h         | 25,85              | 25,85                |                               |          | 25,85             | 25,85                |                               |          |
|   | fuel [kg/h]: | 12,48              | 13,86                | 1,38kg/h / 9 kW =             | 11,1%    | 9,67              | 11,01                | 1,34kg/h / 9 kW =             | 13,9%    |
|   | NOx [g/h]:   | 338,12             | 381,52               | <b>153,3 g/kWh</b>            | 12,8%    | 268,60            | 313,81               | <b>148,9 g/kWh</b>            | 16,8%    |
|   | HC [g/h]:    | 17,47              | 18,35                |                               | 5,0%     | 15,91             | 16,66                |                               | 4,7%     |
|   | CO [g/h]:    | 96,46              | 100,92               |                               | 4,6%     | 76,86             | 81,44                |                               | 6,0%     |
|   | PM [g/h]:    | 7,92               | 8,23                 |                               | 4,0%     | 6,58              | 6,82                 |                               | 3,7%     |

Ø Kraftstoffmehrverbrauch

163,7 g/kWh

164,8 g/kWh

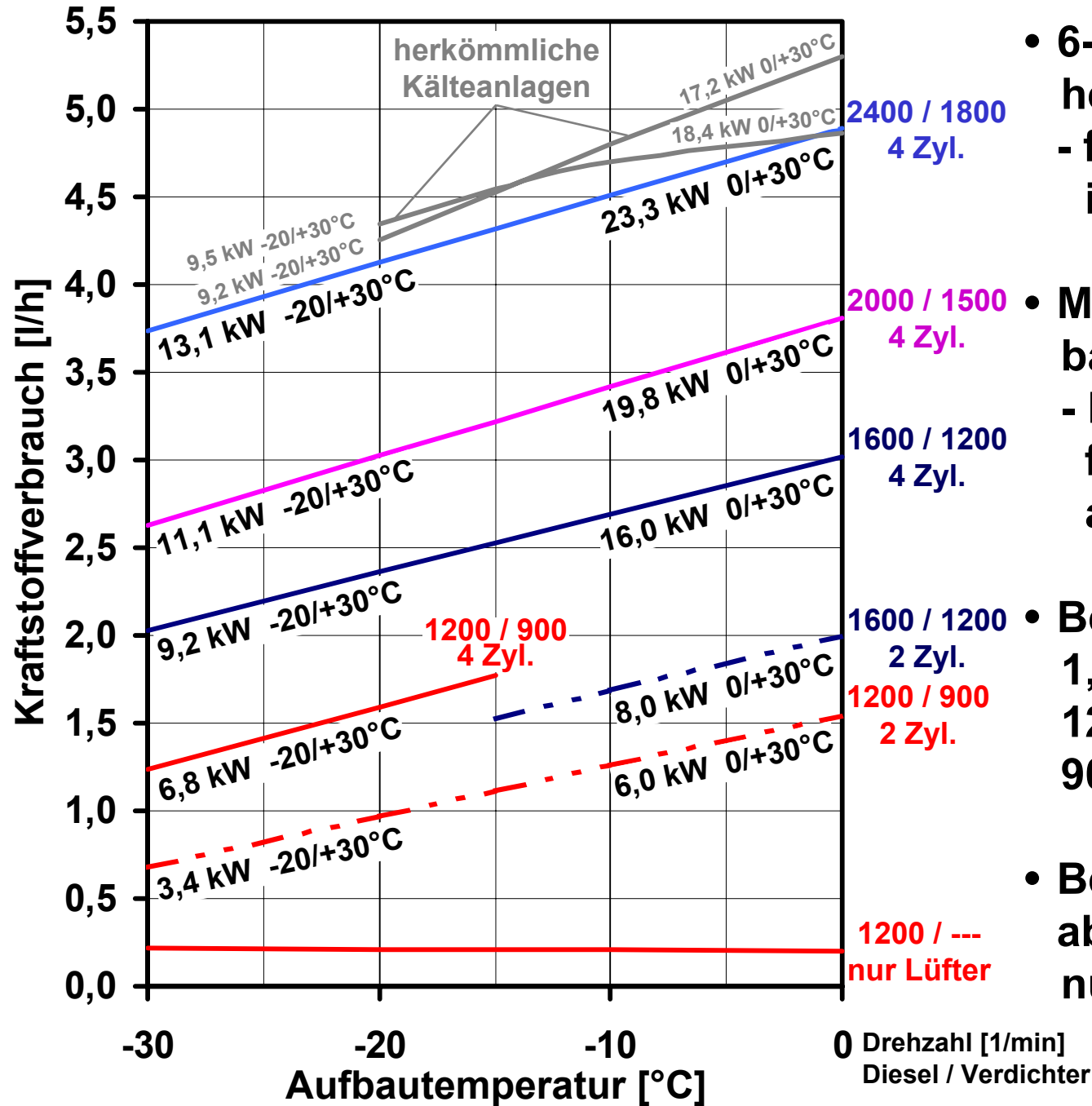
165,9 g/kWh

# Verlustfreie 6-Stufen-Leistungsregelung von 25 bis 100%

Regelung des Kälteverdichters und der Verdampfer- sowie Verflüssigerlüfter mit kontinuierlicher Luftumwälzung (kein Start-Stop-Betrieb)

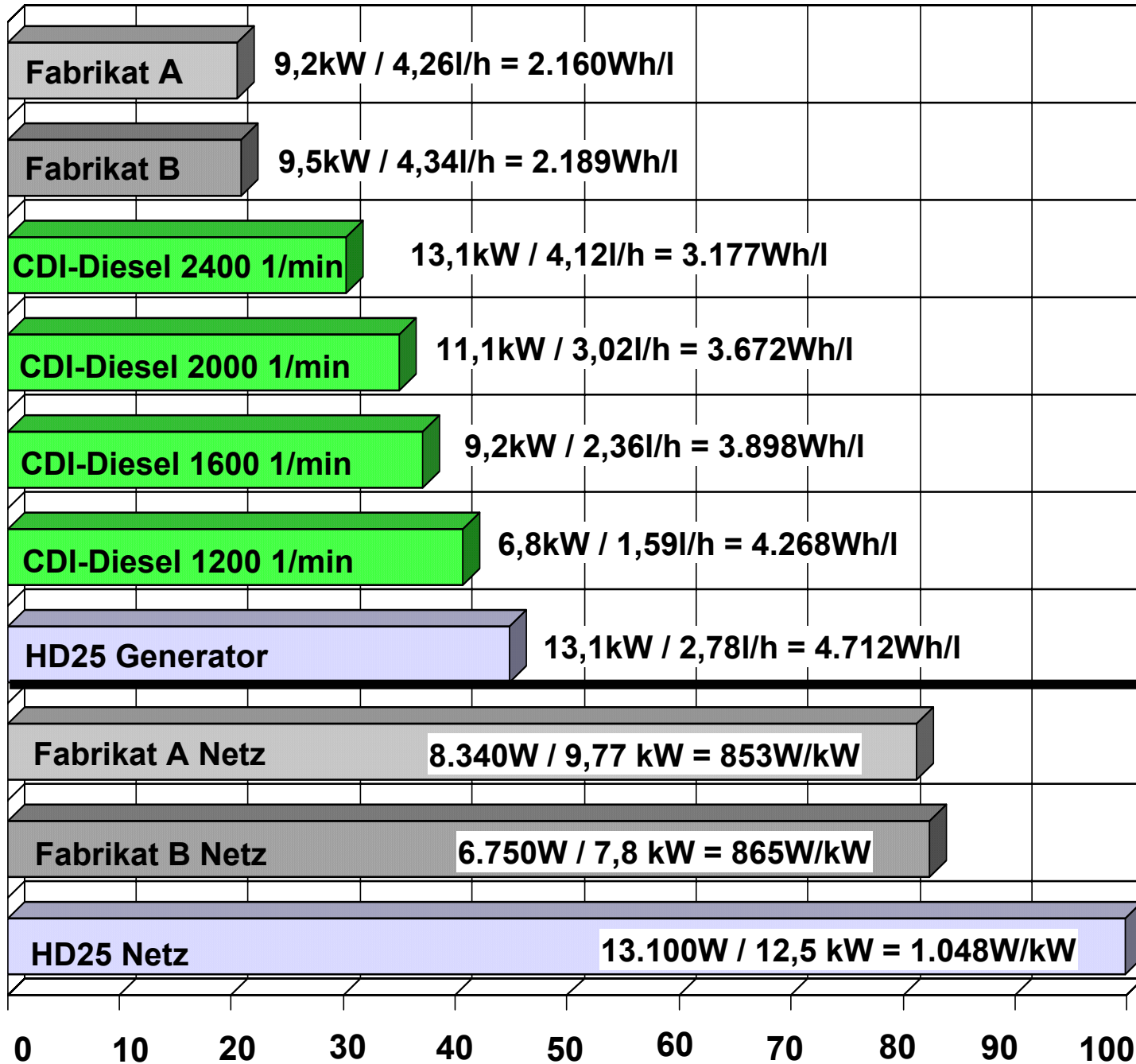
|         | Drehzahl- / Ladedruckregelung Diesel |                       |                    | Leistungsregelung Kälteverdichter<br>ATP-Kälteleistung bei 0°C und -20°C |                            |                                |
|---------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|--|----------------------------|--------------------------------|
|         | Drehzahl<br>[1/min]                  | Leistung<br>[kW (PS)] | Ladedruck<br>[bar] | 4 Zylinder   | 2 Zylinder<br>abgeschaltet | Magnetkupplung<br>abgeschaltet |
| Stufe 1 | 2.400                                | 25 (34)               | 2,2                | 23.300 W<br>13.100 W   |                            |                                |
| Stufe 2 | 2.000                                | 21 (28)               | 2,1                | 19.800 W<br>11.100 W   |                            |                                |
| Stufe 3 | 1.600                                | 15 (20)               | 2,0                | 16.000 W<br>9.200 W  | FD                         |                                |
| Stufe 4 | 1.600                                | 15 (20)               | 2,0                | TK   | 8.000 W                    |                                |
| Stufe 5 | 1.200                                | 7,5 (10)              | 1,3                | 6.800 W  |                            |                                |
| Stufe 6 | 1.200                                | 5,5 (7,5)             | 1,0                |  | 6.000 W<br>3.400 W         |                                |
|         |                                      |                       |                    |  |                            | 0 W<br>Lüfterdauerlauf         |

# 30-50% weniger Kraftstoffverbrauch durch FRIGOBLOCK 6-Stufen-Regelung



- 6-Stufen-Regelung anstelle der herkömmlichen 2-Stufen-Regelung:
  - feinfühligere Leistungsanpassung im Bereich von 25-100%
- Mit Magnetkupplung abschaltbarer Kälteverdichter:
  - Lüfterdauerlauf im Regelbetrieb für temperaturempfindliche Waren anstelle von Start-Stop-Betrieb
- Bei -30°C Kastentemperatur nur 1,2 I/h Kraftstoffverbrauch bei 1200 1/min des Dieselmotors und 900 1/min des Kälteverdichters
- Bei Lüfterdauerlauf und abgeschaltetem Kälteverdichter nur 0,2 I/h Kraftstoffverbrauch

# Vergleich der Kälteleistungszahl (COP) des FRIGOBLOCK HD25 mit Hybrid-Antrieb bei -20/+30°C



Wirkungsgrad Generator 90%  
 spez. Kraftstoffverbrauch 165g/kWh  
 spez. Gewicht Diesel 0,836 kg/l

# **Kostensenkung und Klimaschutz durch Hybrid-Technologie**

---

## **Beitrag der Hybrid-Transportkältemaschine HD25 von FRIGOBLOCK**

- **bis zu 50% höhere Kälte- und Heizleistungen durch optimierten Kältekreislauf mit dem umweltfreundlichen Hochleistungskältemittel R410A**
- **bis zu 90% geringere Geräuschemissionen**
- **drastische Senkung der Schadstoffemissionen durch moderne Motortechnik mit Kennfeld-gesteuerter Common Rail Einspritzung mit Vor- und Nacheinspritzung sowie Abgasnachbehandlung durch Katalysator und Partikelfilter**
- **Senkung des Energieverbrauchs**
  - **um mehr als 30% im Dieselbetrieb durch modernen CDI-Dieselmotor**
    - **um bis zu 50% bei Teillast durch feinfühligere, verlustfreie Regelung**
  - **um bis zu 50% im Generatorbetrieb am LKW-Motor**
- **derzeitiges Einsparpotential von bis zu 6.000 € pro Jahr**
  - **stetig zunehmend bei zukünftig weiter steigenden Kraftstoffpreisen**

