

Inhalte

Vorlesung Triebfahrzeugtechnik (Antriebskonfigurationen)

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen
8. Dieselmotor und andere Verbrennungskraftmaschinen
9. Leistungsübertragungsanlagen
- 10. Hilfs- und Nebenbetriebe**
11. Leittechnik (Überblick)
12. Fallstudien unkonventionelle Triebfahrzeuge

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.0 Überblick

Definition:

Hilfs- und Nebenbetriebe sind alle Aggregate und Anlagen, die für die betriebsgerechte Funktion der Triebfahrzeuge nötig sind und nicht direkt der Zugkraftherzeugung dienen.

Gruppenarbeit

Überlegen Sie gemeinsam, welche Funktionen auf Triebfahrzeugen neben der Erzeugung von Traktionskräften noch erfüllt werden müssen.
Welche Medien spielen dabei ggf. eine Rolle?

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.0 Überblick

Funktionen, die neben der Zugkraftherzeugung erfüllt werden müssen:

Kühlen	Heizen	Fördern	Überwachen & Steuern	Energie bereitstellen
<ul style="list-style-type: none">• Dieselmotor• Abgas• Getriebeöl• Trafoöl• Führerraum• Passagierraum	<ul style="list-style-type: none">• Führerraum• Passagierraum• Kraftstoff• Kühlmittel• Öl• Sand• Kondenswasser• Frontscheiben	<ul style="list-style-type: none">• Verbrennungsluft• Kühlluft• Kühlmittel• Kraftstoff• Öl• Sand• Frischluft• Abluft• Spurkranzschmierung	<ul style="list-style-type: none">• Triebfahrzeugführer (SiFa, LZB, PZB)• Temperaturen• Drücke• Drehzahlen• Geschwindigkeit• Ströme• Spannungen• Füllstände	<ul style="list-style-type: none">• Zugenergieversorgung• Druckluftherzeugung• Batterie• Batterieladegerät• Anlassen des Dieselmotors
Kühlanlage Klimaanlage	Vorwärmanlage Klimaanlage	Lüfter Pumpen Druckluftdüsen	Leittechnik SiFa PZB, LZB Zugfunk Brandmeldeanlage	Druckluftanlage Batterie Anlasseinrichtung

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.0 Überblick

Medien, die auf Triebfahrzeugen eine Rolle spielen:

Luft

- Kühlluft,
- Verbrennungsluft,
- Druckluft
- Raumluft

Wasser

- Kühlwasser,
- Scheibenwaschwasser,
- Frisch- und Brauchwasser (Sanitäreinrichtungen),
- Feuerlöschleinrichtung

CO₂ (Feuerlöschleinrichtung)

Öl

- Transformatoröl,
- Hydrostatiköl,
- Strömungsgetriebeöl,
- Getriebeöl,
- Schmieröl
- Kompressoröl

Kraftstoff

Sand

Gruppenarbeit

Schätzen Sie gemeinsam ab, welche Quantitäten der unterschiedlichen Betriebsstoffe auf einer dieselhydraulischen Lokomotive mitgeführt werden.

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.0 Überblick

Vossloh G 1206

Medien, die auf einer Lok G 1206 vorhanden sind:

Dieselmotorkraftstoff:	3150 L
Strömungsgetriebeöl:	300 L
Motoröl:	297 L
Radsatzgetriebeöl:	68 L
Kompressoröl:	5 L
Hydrostatiköl:	55 L
Gefrierschutzmittel (Kühlanlage)*:	610 L
Gefrierschutzmittel Scheibenwaschanlage:	5 L
Schmierfett Spurkranzschmierung:	10 kg
Sand:	360 kg
Druckluft:	940 L



*Mischung aus entmineralisiertem Wasser und Monoethylenglykol (+ weitere Beimischungen)

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.0 Überblick

Hilfs- und Nebenbetriebe, die in **allen** Triebfahrzeugen vorhanden sind:

- Kühlanlage / Kühlerlüfter
- (Führerraum-) Klimaanlage
- Druckluftanlage
- Sandungsanlage
- elektrische Energieversorgungsanlage
- Scheibenreinigungsanlage
- akustische und optische Signalanlagen sowie Beleuchtung
- Leittechnik (Steuergeräte, Diagnosegeräte, Sensorik,...)
- Sicherungstechnik (Sicherheitsfahrerschaltung, Zugbeeinflussung)
- Kommunikationstechnik (Zugfunk)
- Feuermeldeanlage

optional:

- Spurkranzschmierungsanlage
- Feuerlöschanlage
- Zugenergieversorgungsanlage



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.0 Überblick

Hilfs- und Nebenbetriebe, die in **Diesel**triebfahrzeugen zusätzlich vorhanden sind:

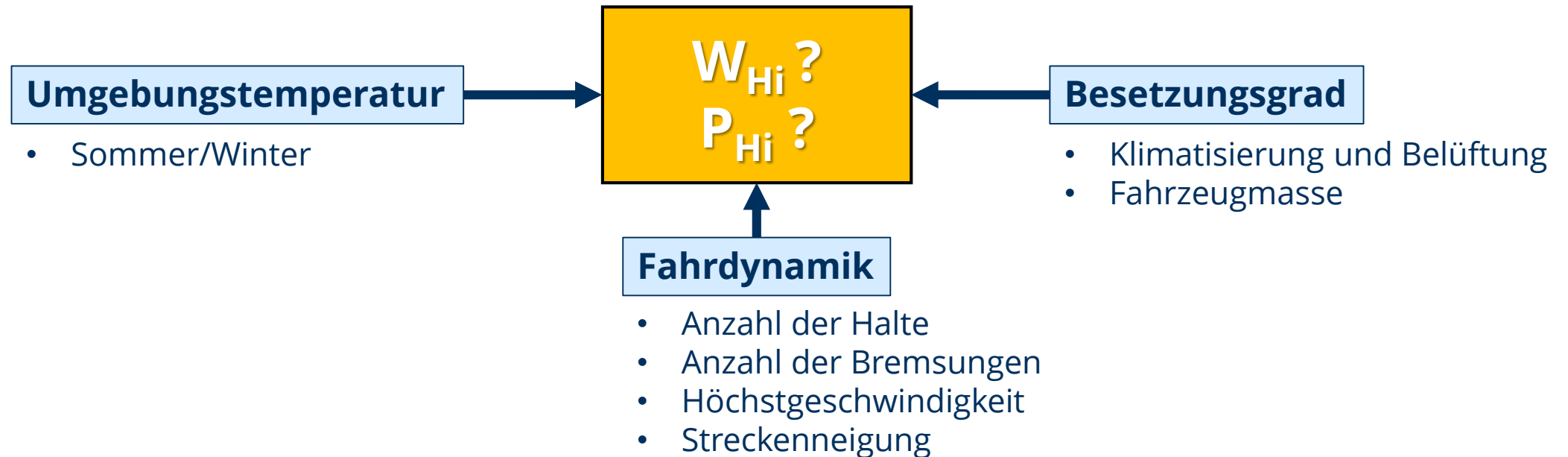
- Anlasseinrichtung
- Vorwärmanlage
- Kraftstoffanlage
- Schmierölanlage
- Verbrennungsluftansaugung
- Abgasanlage



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.1 Betriebsregime

Einflussfaktoren auf den Leistungs- und Energiebedarf von Hilfs- und Nebenbetrieben (Reisezüge)



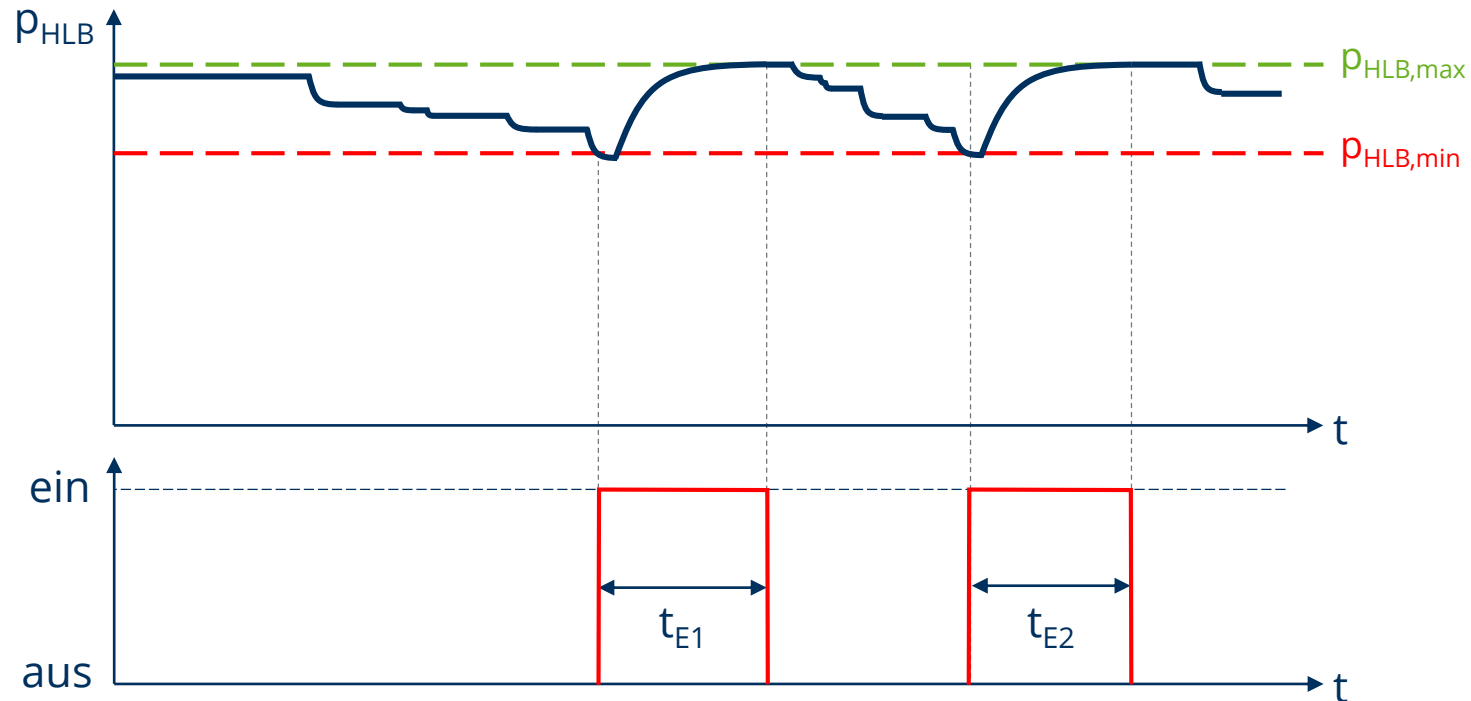
Charakterisierung des Betriebsregimes von Hilfs- und Nebenbetrieben:

- Dauerbetrieb vs. Aussetzbetrieb (relative Einschaltdauer?)
- konstante Leistungsaufnahme vs. variable Leistungsaufnahme
 - gestufte vs. stufenlose Variabilität

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.1 Betriebsregime - Aussetzbetrieb

Beispiel: Luftverdichter



Daumenregel:

relative Einschaltdauer von
Druckluftkompressoren
auf Eisenbahnfahrzeugen:

15...25 %

(Quelle: Schumann: „Air Compressor Systems for
Passenger Rail Applications“, Konferenzbeitrag,
International Compressor Engineering Conference, 2008)

mit:

p_{HLB} – Druck im HauptLuftBehälter

t_{Ei} – Einschaltdauer des i -ten Vorgangs

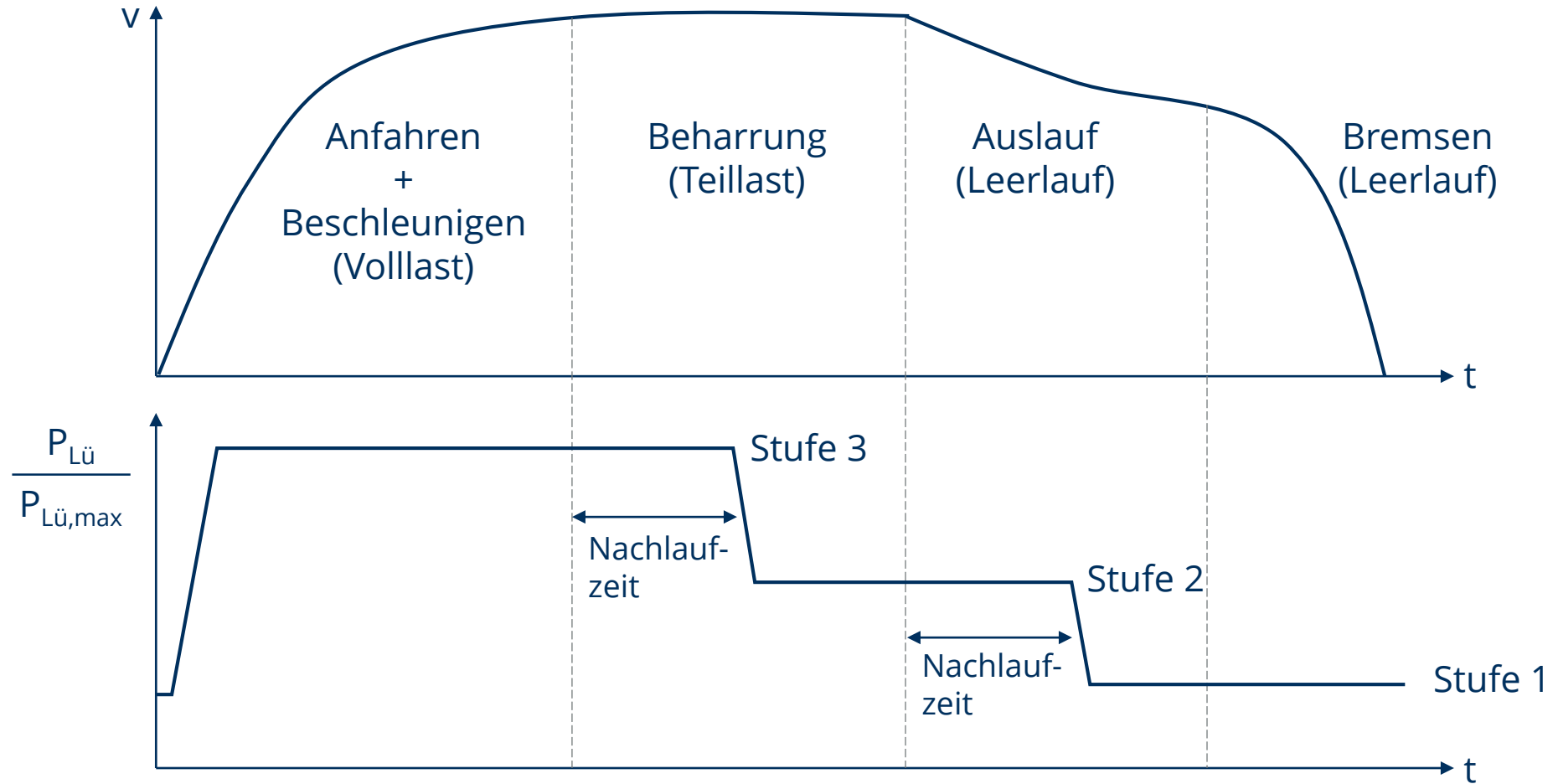
Leistungsbedarf und relative Einschaltdauer abhängig von **Druckluftbedarf**

Druckluftbedarf abhängig von: Fahrzeugart, Zugart, Anzahl der Bremsungen,
Anzahl und Art der Druckluftverbraucher

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.1 Betriebsregime - Dauerbetrieb

Beispiel: Kühlanlage (Lüfter)



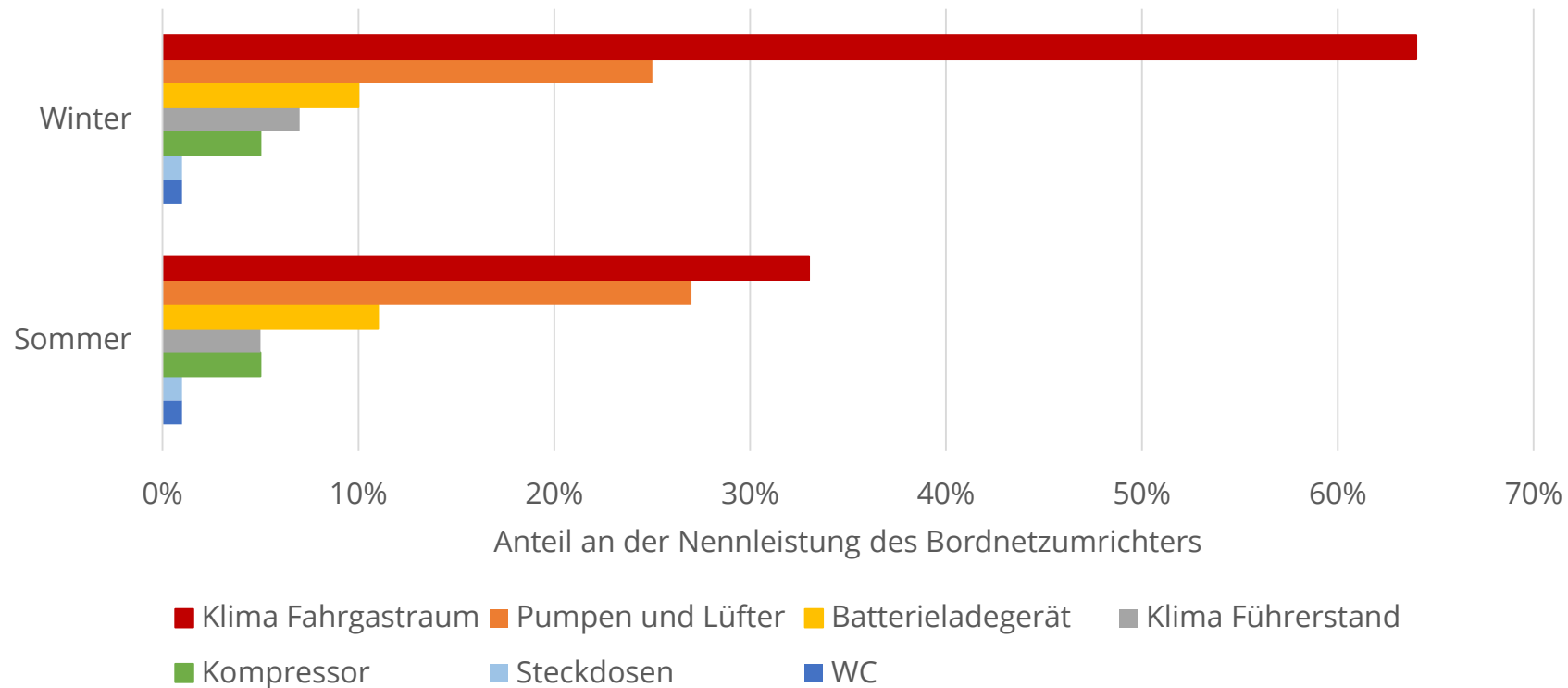
mit:
 $P_{Lü}$ – Leistungsbedarf der Lüfter

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.1 Betriebsregime – Messungen (Dissertation Sascha Giebel)

1. Kategorisierung der Leistungssenken
2. Analyse der Nennleistungen

In Abhängigkeit der Jahreszeit ergibt sich folgendes Bild:



Quelle: Giebel, Sascha: „Verfahren für ein Energiemanagement in Bordnetzen elektrischer Triebzüge“, Dissertation, TU Dresden, 2017



Messobjekt: Siemens Desiro ML

Anmerkung

Winter:

Überschreitung der Maximalleistung des Hilfsbetriebeumrichters bei gleichzeitiger Einschaltung aller Leistungssenken möglich

Implementierung eines Lastmanagements nötig!

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.1 Betriebsregime – Messungen (Dissertation Sascha Giebel)

Genauere Untersuchung des 3~ AC (400 V) – Bordnetzes im Fahrzeugbetrieb (ohne Fahrzeugabstellung – Kriterium: Führerstand besetzt)



Messobjekt: Siemens Desiro ML

Komponente	relative Einschaltdauer im Messzeitraum
Hauptluftkompressor	17 %
Lüfter der Kühlanlage	35 %
Ölpumpen	100 %
Kühlmittelpumpen	100 %
Klimaanlagen	100 %
Batterieladegerät	100 %

Quelle: Giebel, Sascha: „Verfahren für ein Energiemanagement in Bordnetzen elektrischer Triebzüge“, Dissertation, TU Dresden, 2017

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.1 Betriebsregime – Messungen (Dissertation Sascha Giebel)

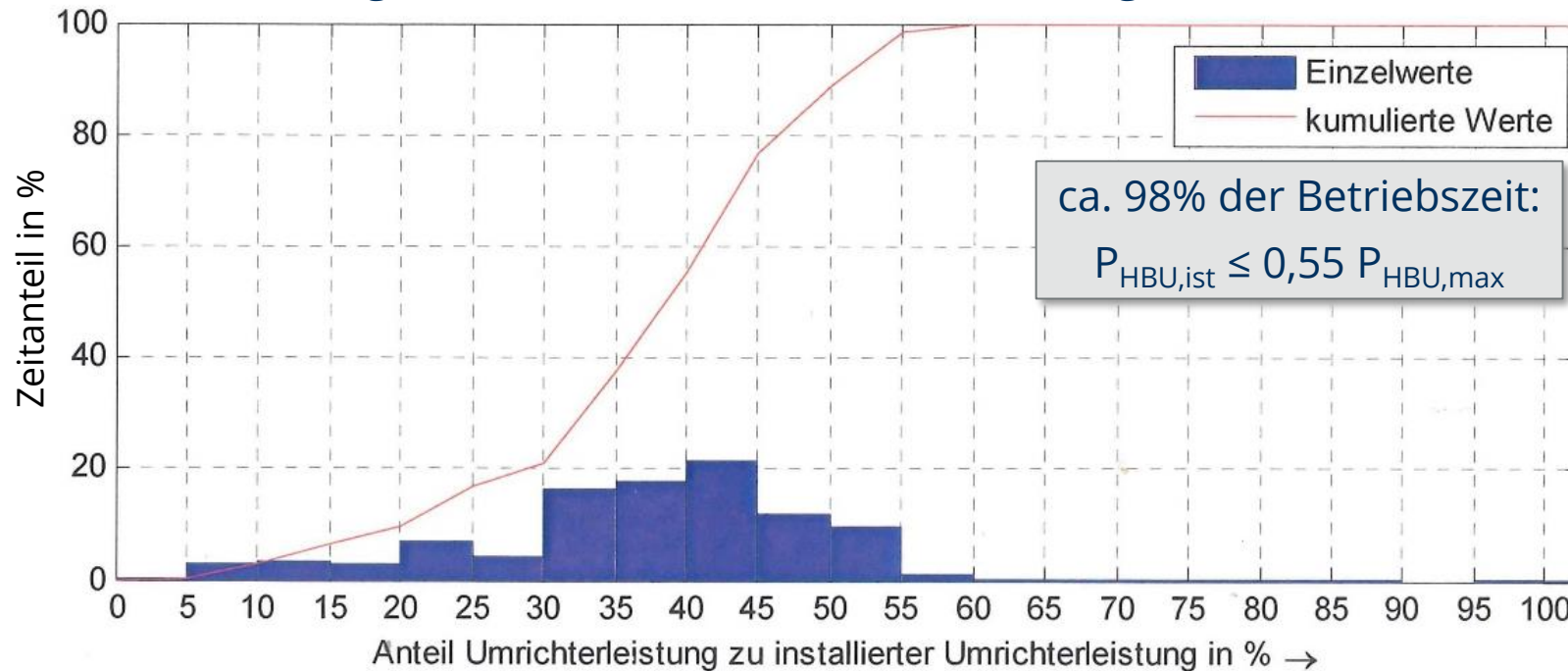
Messergebnisse (Fahrzeugbetrieb, ohne Abstellphasen), **Teil 1**

Energiebedarf des 3~AC-Bordnetzes = 13...42 % des Gesamtenergiebedarfes



Messobjekt: Siemens Desiro ML

Ausnutzung der Hilfsbetriebeumrichterleistung im Fahrbetrieb:



Anteil am Bordnetzenergiebedarf:

Hauptluftkompressor:	1,3 %
Lüfter der Kühlanlage:	0,8 %
Ölpumpen:	5,4 %
Kühlmittelpumpen:	7,6 %
Klimaanlagen:	75,0 %
Batterieladegerät:	8,9 %

Beachtung:

Messungen bei „gemäßigten“ Außentemperaturen (ca. 2...16 °C)

Quelle: Giebel, Sascha: „Verfahren für ein Energiemanagement in Bordnetzen elektrischer Triebzüge“, Dissertation, TU Dresden, 2017

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

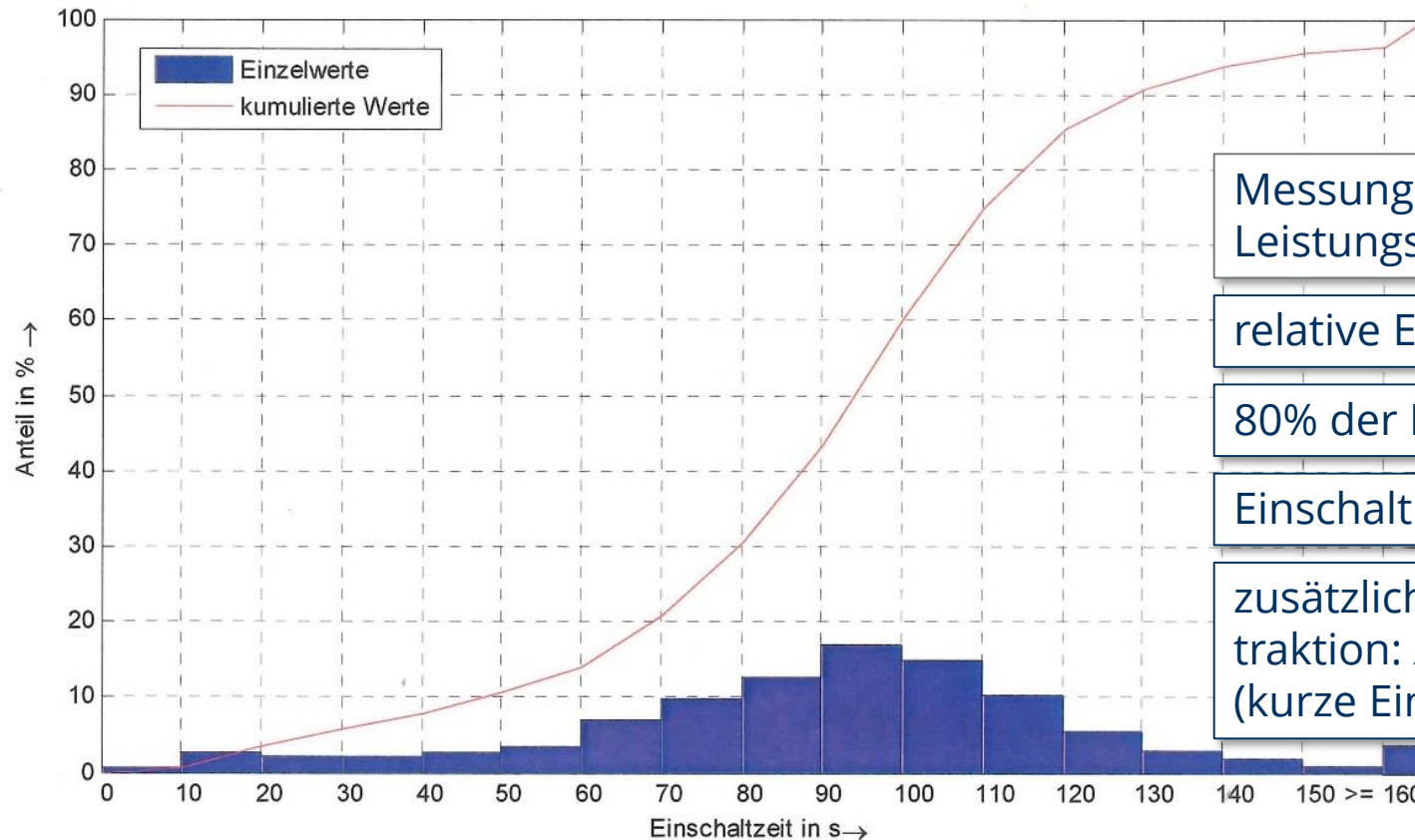
10.1 Betriebsregime – Messungen (Dissertation Sascha Giebel)

Messergebnisse (Fahrzeugbetrieb, ohne Abstellphasen), Teil 2



Messobjekt: Siemens Desiro ML

Einschaltzeiten des Hauptluftkompressors:



Messungen im Depot:
Leistungsaufnahme Kompressor = const.

relative Einschaltdauer im Messzeitraum: 17 %

80% der Fälle: Einschaltzeit = 70...140 s

Einschaltkriterium Einfachtraktion: $p_{HLB} < 8,5 \text{ bar}$

zusätzliches Einschaltkriterium bei Doppeltraktion: Anforderung durch führendes Fahrzeug (kurze Einschaltzeiten)

Quelle: Giebel, Sascha: „Verfahren für ein Energiemanagement in Bordnetzen elektrischer Triebzüge“, Dissertation, TU Dresden, 2017

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.1 Betriebsregime – Messungen (Dissertation Sascha Giebel)

Messergebnisse (Fahrzeugbetrieb, ohne Abstellphasen), Teil 3

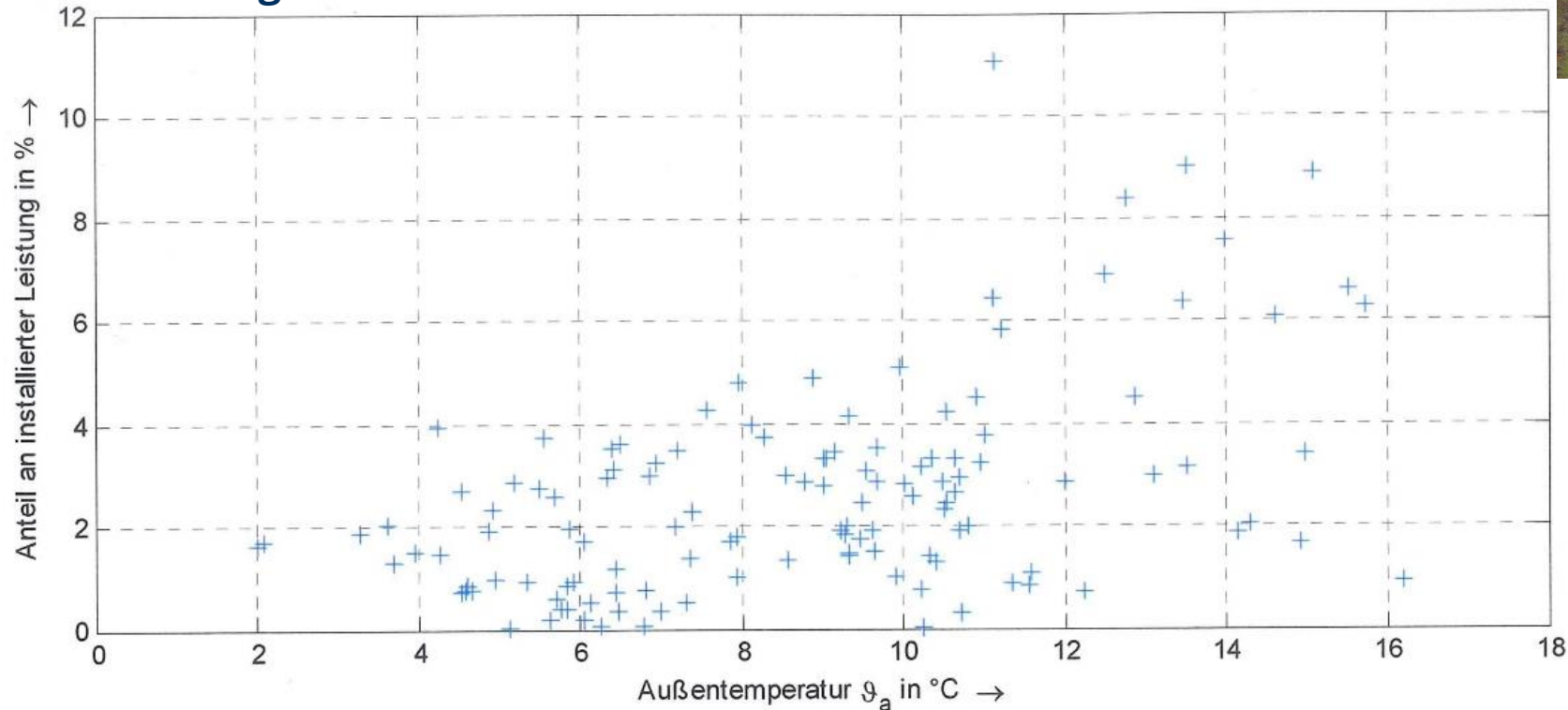


Messobjekt: Siemens Desiro ML

Lüftermotoren polumschaltbar ausgeführt

$$P_{Lü} \sim T_{amb} \text{ und } P_{T,ist}$$

Leistungsbedarf der Kühlerlüfter:



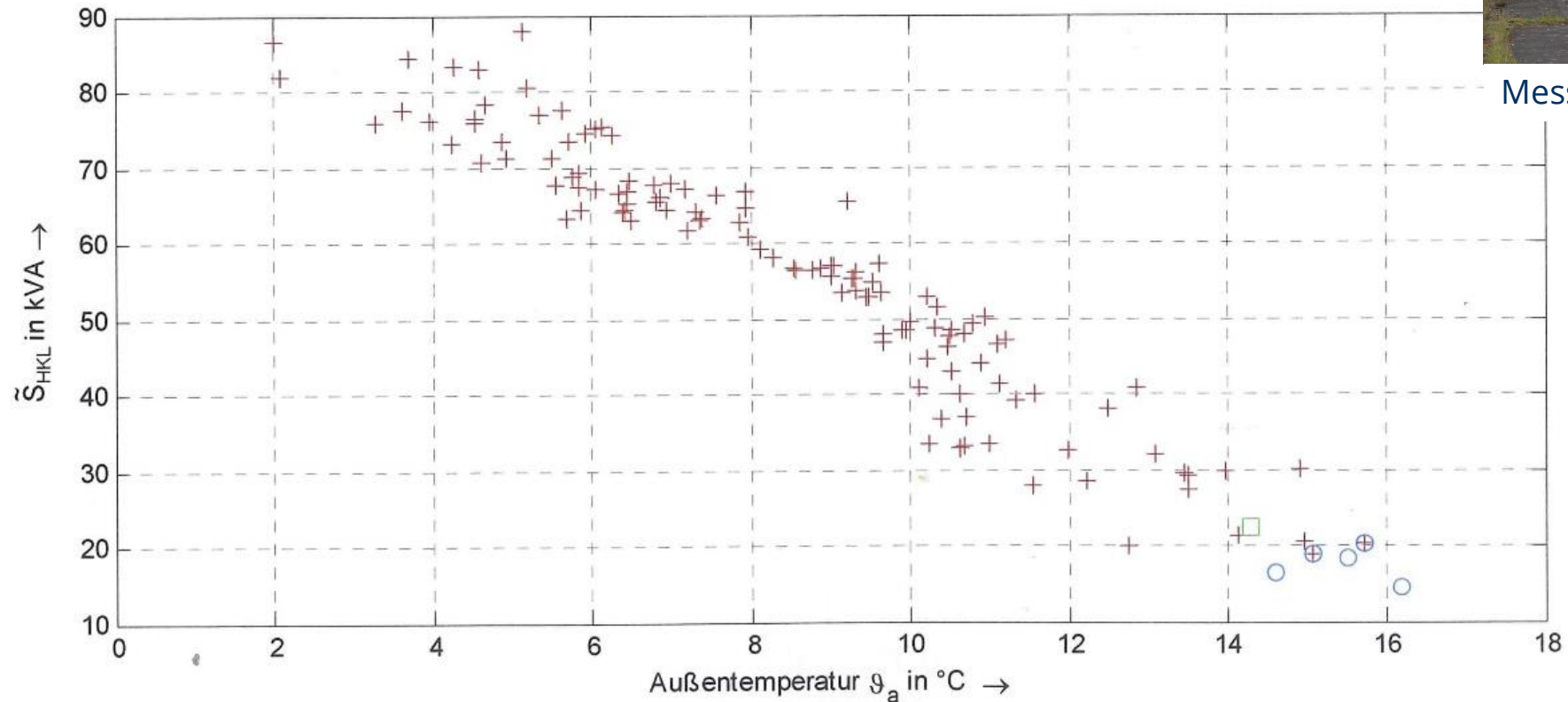
Quelle: Giebel, Sascha: „Verfahren für ein Energiemanagement in Bordnetzen elektrischer Triebzüge“, Dissertation, TU Dresden, 2017

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.1 Betriebsregime – Messungen (Dissertation Sascha Giebel)

Messergebnisse (Fahrzeugbetrieb, ohne Abstellphasen), Teil 4

Leistungsbedarf der Klimaanlage:



Messobjekt: Siemens Desiro ML

Quelle: Giebel, Sascha: „Verfahren für ein Energiemanagement in Bordnetzen elektrischer Triebzüge“, Dissertation, TU Dresden, 2017

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

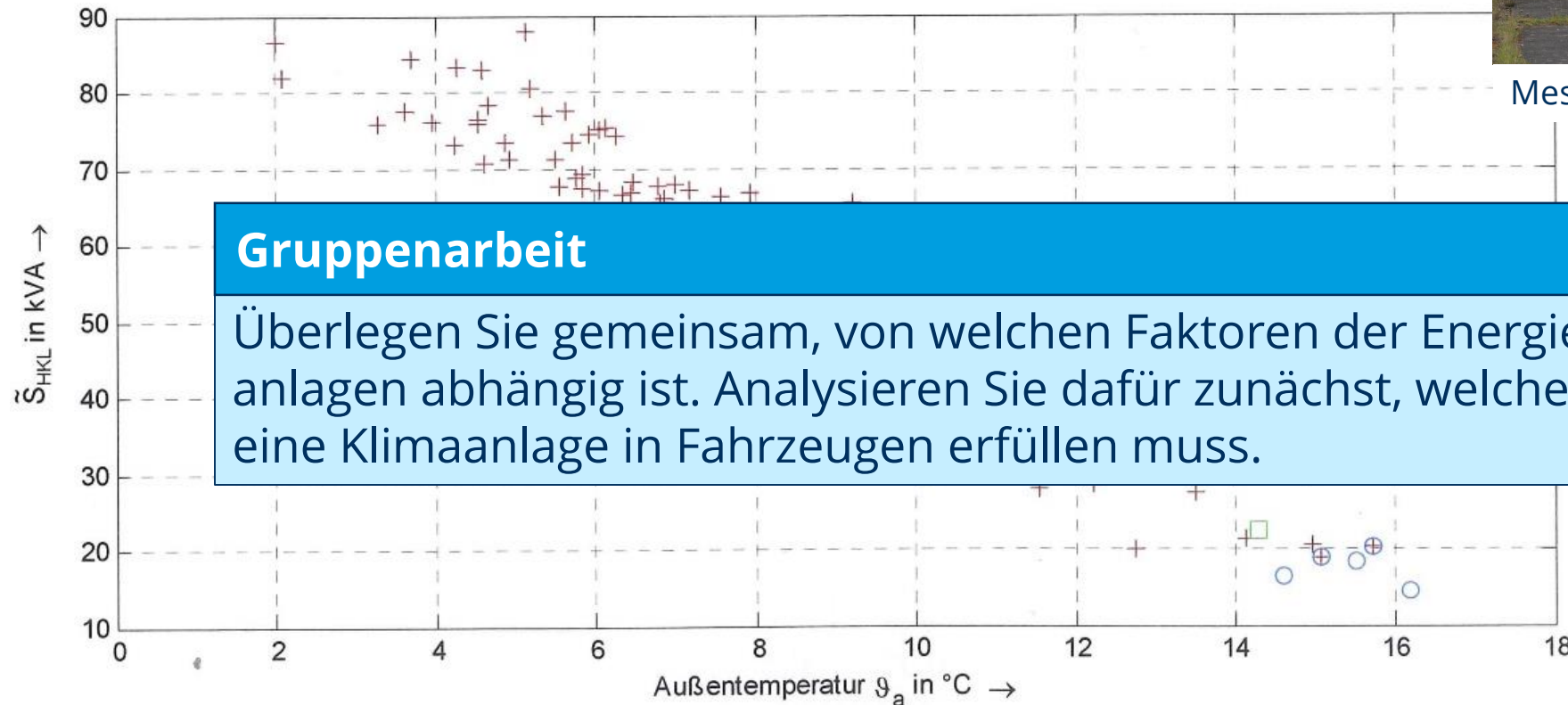
10.1 Betriebsregime – Messungen (Dissertation Sascha Giebel)

Messergebnisse (Fahrzeugbetrieb, ohne Abstellphasen), Teil 4

Leistungsbedarf der Klimaanlage:



Messobjekt: Siemens Desiro ML



Quelle: Giebel, Sascha: „Verfahren für ein Energiemanagement in Bordnetzen elektrischer Triebzüge“, Dissertation, TU Dresden, 2017

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.2 Charakterisierung von Hilfs- und Nebenbetrieben

Exkurs: Klimaanlage



Grundfunktionen

Beeinflussung von:

- **Lufttemperatur**
 - Heizen
 - Kühlen
- **Luftfeuchtigkeit**
 - Lufttrocknung
 - Luftbefeuchtung
- **Luftzusammensetzung**
 - Frischluft
 - Umluft
 - Mischluft
- **Luftdruck**
 - bei Tunnelfahrten
 - bei Zugbegegnungen (HGV!)

Einflussfaktoren

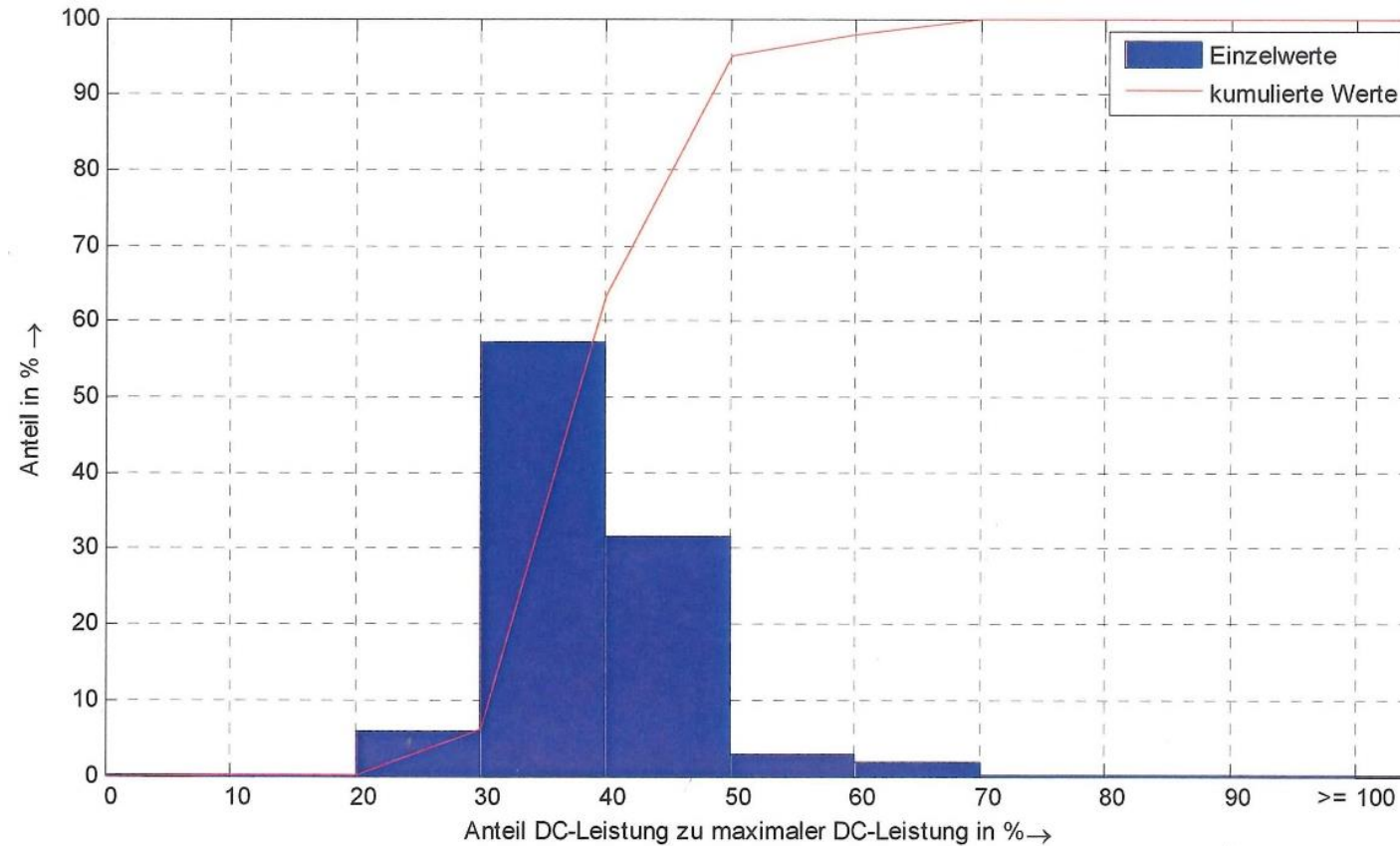
- **Umgebungsbedingungen**
 - Außenlufttemperatur
 - Außenluftfeuchte
 - Sonneneinstrahlung
 - exponierte Oberfläche
 - Einstrahlungswinkel
 - Strahlungsintensität
 - Absorptionskoeffizient
 - Reflexionskoeffizient
 - Durchlasskoeffizient
- **Besetzungsgrad**
(biologische und technische)
 - Wärmequellen
 - Luftfeuchtigkeit
 - Luftzusammensetzung
- **Fahrgastwechsel**
 - -dauer
 - -frequenz
- **Fahrzeugkasten**
 - Fensterfläche
 - Wandaufbau
 - Wärmedurchgang
 - Querschnitt und Führung der Luftkanäle
 - Lage der Luftansaugung
 - Lage der Luftauslässe
- **Fahrgeschwindigkeit**
 - erzwungene Konvektion
- **Instandhaltungszustand**
- **eingesetztes Kühlmittel**

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.1 Betriebsregime – Messungen (Dissertation Sascha Giebel)

Messergebnisse (Fahrzeugbetrieb, ohne Abstellphasen), Teil 5

Leistungsbedarf des Gleichspannungsnetzes (110 V):



Quelle: Giebel, Sascha: „Verfahren für ein Energiemanagement in Bordnetzen elektrischer Triebzüge“, Dissertation, TU Dresden, 2017



Messobjekt: Siemens Desiro ML

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

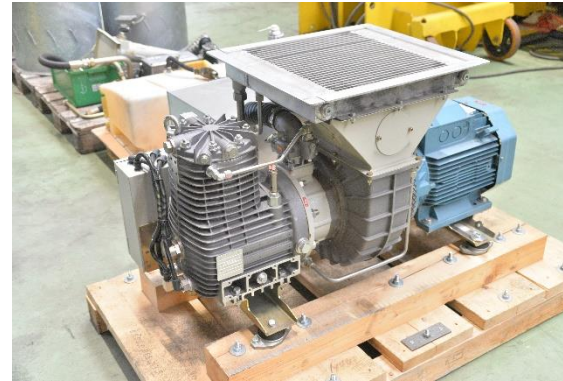
10.2 Charakterisierung von Hilfs- und Nebenbetrieben

Was?

Wozu?

Wie?

Wodurch?



benötigte Energieformen?

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.2 Charakterisierung von Hilfs- und Nebenbetrieben

Was?

Kühlanlage

Wozu?

Kühlung thermisch hoch belasteter Baugruppen des Antriebsstranges und ggf. seiner Peripherie (z.B. Ladeluftkühler)

Wie?

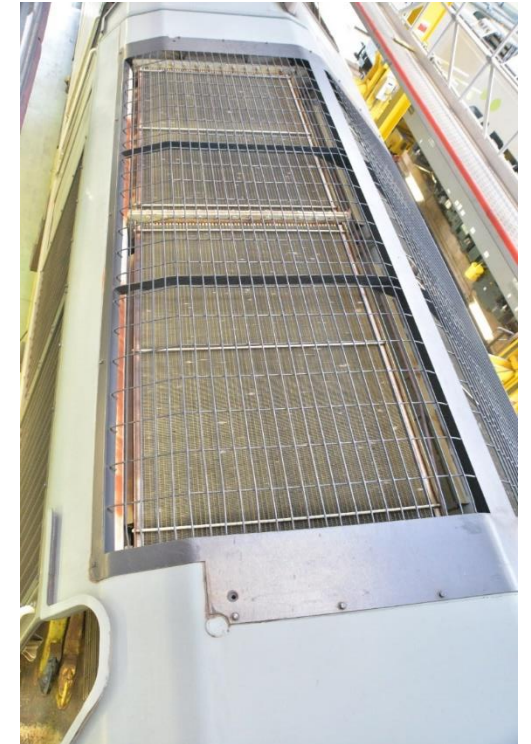
Erzeugung eines Kühlluftstromes und Umwälzung von Kühlwasser/Kühlmittel

Wodurch?

Kühlerlüfter, Kühlwasserumwälzpumpe

benötigte Energieformen:

mechanische Energie
(hydrostatische Lüfterantriebe, Pumpen),
elektrische Energie
(elektrische Lüfterantriebe)



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.2 Charakterisierung von Hilfs- und Nebenbetrieben

Was?

Kraftstoffanlage

Wozu?

Speicherung, Förderung, Aufbereitung und Bereitstellung von Kraftstoff

Wie?

Erzeugung eines Kraftstoffstromes

Wodurch?

Tank, Filter, Kraftstoffförderpumpe

benötigte Energieformen:

mechanische oder elektrische Energie



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.2 Charakterisierung von Hilfs- und Nebenbetrieben

Was?

Vorwärmanlage

Wozu?

Vorwärmung der Betriebsstoffe zur Minimierung des Dieselmotorverschleißes sowie zur Gewährleistung der Startmöglichkeit des Systems

Wie?

Umwälzung und Erwärmung der Betriebsstoffe

Wodurch?

Heizpatronen, elektrische Heizkomponenten, Ölbrenner, Pumpen

benötigte Energieformen:

elektrische Energie (oft: Fremdeinspeisung),
chemische Energie (Dieselkraftstoff, Heizöl)



Foto: Karim Benabdellah



Foto: Karim Benabdellah

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.2 Charakterisierung von Hilfs- und Nebenbetrieben

Was?	Druckluftanlage
Wozu?	Bereitstellung von Druckenergie für Bremse, Makrofon, Sandungsanlage, Spurkranzschmierung
Wie?	Verdichtung von Umgebungsluft
Wodurch?	Kompressor, Lufttrocknungsanlage
benötigte Energieformen:	elektrische oder mechanische Energie



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.2 Charakterisierung von Hilfs- und Nebenbetrieben

Was?	Schmierölsystem
Wozu?	Transport und Reinigung des Schmieröls, Schaffung günstiger Voraussetzungen für Dieselmotorstart (Aufbau eines Schmieröldruckes, Zuführung vorgewärmtes Öl)
Wie?	Erzeugung und Lenkung eines Schmierölstromes
Wodurch?	Pumpen, Filter, Abscheider
benötigte Energieformen:	mechanische oder elektrische Energie

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.2 Charakterisierung von Hilfs- und Nebenbetrieben

Was?

Klimaanlage

Wozu?

Gezielte Einstellung von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftzusammensetzung in geschlossenen Räumen (Lüftung, Heizung/Kühlung, Entfeuchtung)

Wie?

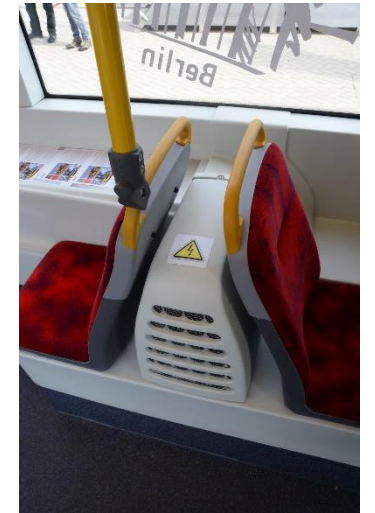
Erzeugung und gezielte Leitung einer warmen oder kalten Luftströmung sowie Regulierung des Luftaustausches mit der Umgebung

Wodurch?

Ventilatoren/Lüfter, Heizregister, Kältemaschine (Klima-Kompressor), Verdampfer

benötigte Energieformen:

elektrische Energie



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.2 Charakterisierung von Hilfs- und Nebenbetrieben

Was?	„Stromversorgungsanlage“ / Bordnetz
Wozu?	Bereitstellung elektrischer Energie im Fahrzeugstillstand, beim Anlassen des Dieselmotors oder während der Fahrt
Wie?	Aufrechterhaltung einer definierten Wechsel- und/oder Gleichspannung
Wodurch?	Fahrzeuggatterie, Lichtmaschine (Diesel-Tfz), Hilfsbetriebeumrichter (E-Tfz), externe Spannungsquelle
benötigte Energieformen:	elektrische Energie (z.T. gewandelt aus chemischer oder mechanischer Energie)



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiele



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel 1 – BR 642



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel BR 642

Charakterisierung des Fahrzeuges

Fahrzeugart:	zweiteiliger Triebwagen
Antriebsart:	Dieselmotor mit hydro- mechanischer Lü
Nennleistung:	2 x 275 kW bis 2 x 360 kW
Höchstgeschwindigkeit:	120 km/h
kleinste Dauerfahrgeschwindigkeit:	10 km/h
Radsatzfolge:	B' [2] B'
Anzahl Sitzplätze (davon Klappsitze):	123 (13)
Anzahl Stehplätze:	90
Gesamtmasse:	70,3 t
Höchstmasse:	86,0 t



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiele BR 642

Charakterisierung ausgewählter Hilfs- und Nebenaggregate

Kühlanlage:

- hydrostatisch angetriebene Kühlerlüfter
- Einbindung des Kühlwassers in die Fahrzeugheizung
- Temperaturbereich Motorkühlwasser: 77...85 °C
- Förderstrom der Kühlwasserumwälzpumpe: ca. 5,3 L/min

Außentüren:

- elektrisch angetrieben mit Gleichstrommotoren (24 V DC Nennspannung)

WC-Nasszelle:

- Spannungsversorgung: 24 V DC (max. 2 A)
- Druckluftversorgung: 260 L/min @ 6 bar

Batterie:

- 24 V und 225 Ah (ca. 5,4 kWh)

Anlasser:

- 6,6 kW @ 24 V



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel BR 642

Welche Medien werden mitgeführt (Bezug: Gesamtfahrzeug)?

Medium	Füllmenge	Masse (Schätzung)
Kraftstoff	1200 L	1008 kg
Heizöl	300 L	252 kg
Sand		80 kg
Frischwasser	120 L	120 kg
Abwasser	350 L	350 kg
Kühlwasser	268 L	268 kg
Motoröl	84 L	75 kg
Getriebeöl	70 L	62 kg
Öl Radsatzwendegetriebe	17 L	15 kg
Öl Radsatzgetriebe	15 L	13 kg
Gesamt		2243 kg



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiele BR 642

Kraftstoffanlage:

Fassungsvermögen der Dieseltanks: 2 x 600 L

Fördermenge der Einspritzpumpe
bei $n_{DM} = 1500$ U/min: 3,0 L/min
bei $n_{DM} = 1900$ U/min: 3,5 L/min
bei $n_{DM} = 2100$ U/min: 3,8 L/min

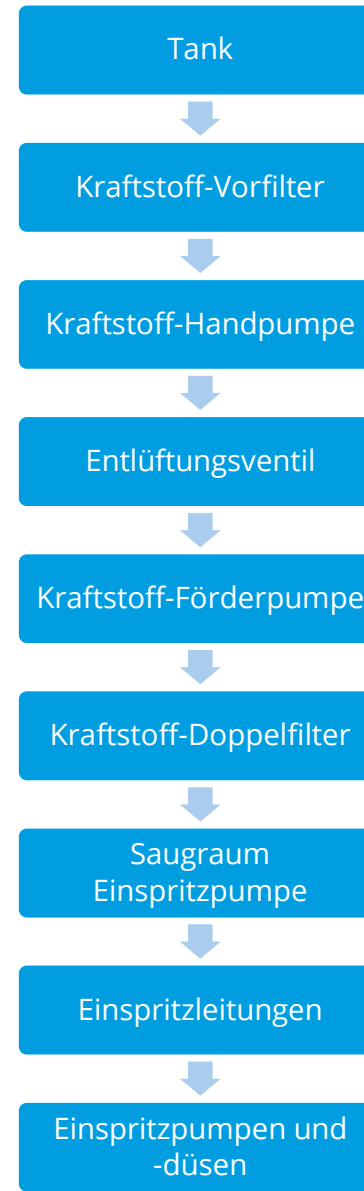
Antrieb der Kraftstoff-Förderpumpe: mechanisch

keine Vorwärmung des Dieselkraftstoffes

Beheizung des Kraftstofffilters bei $T_{amb} < 5,5$ °C

Verwendung von Winter-Dieselmotorkraftstoff bei niedrigen Temperaturen

Stoff-Flusspfad vom Kraftstofftank zum Motor



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiele BR 642

Stromversorgungsanlage:

Nennspannung des Bordnetzes: 24 V DC

Nennkapazität der Fahrzeugbatterien: 225 Ah

Lichtmaschine @ max. Drehzahl:

Spannung: 28 V
Strom: 550 A

Batterieladegerät:

Nachladung aus Ortsnetz mit
230 V AC 50 Hz und 16 A möglich

Elektrische Energiesenken:

- Klimaanlage Fahrgastraum
- Batterieüberwachung
- Heizung Heizöl(-filter)
- Heizung Kondensat
- Heizung Stirnfenster (max. 1 kW)
- Heizung Kupplung
- Heizung WC
- Heizung Lufttrocknungsanlage
- Heizung Dieselkraftstofffilter
- Anlassmaschine
- Magnetschienenbremse
- Beleuchtung Fahrgastraum
- Türantriebe und Türsteuerung
- Kühlbox
- Fahrkartenautomat und -entwerter
- Fahrgastinformationssystem (FIS)
- Einstiegsrampensteuerung
- Bremssteuergerät
- Gleitschutzsteuergerät
- Displays
- Spitzensignal
- Schluss-Signal
- WC
- Scheibenwischanlage

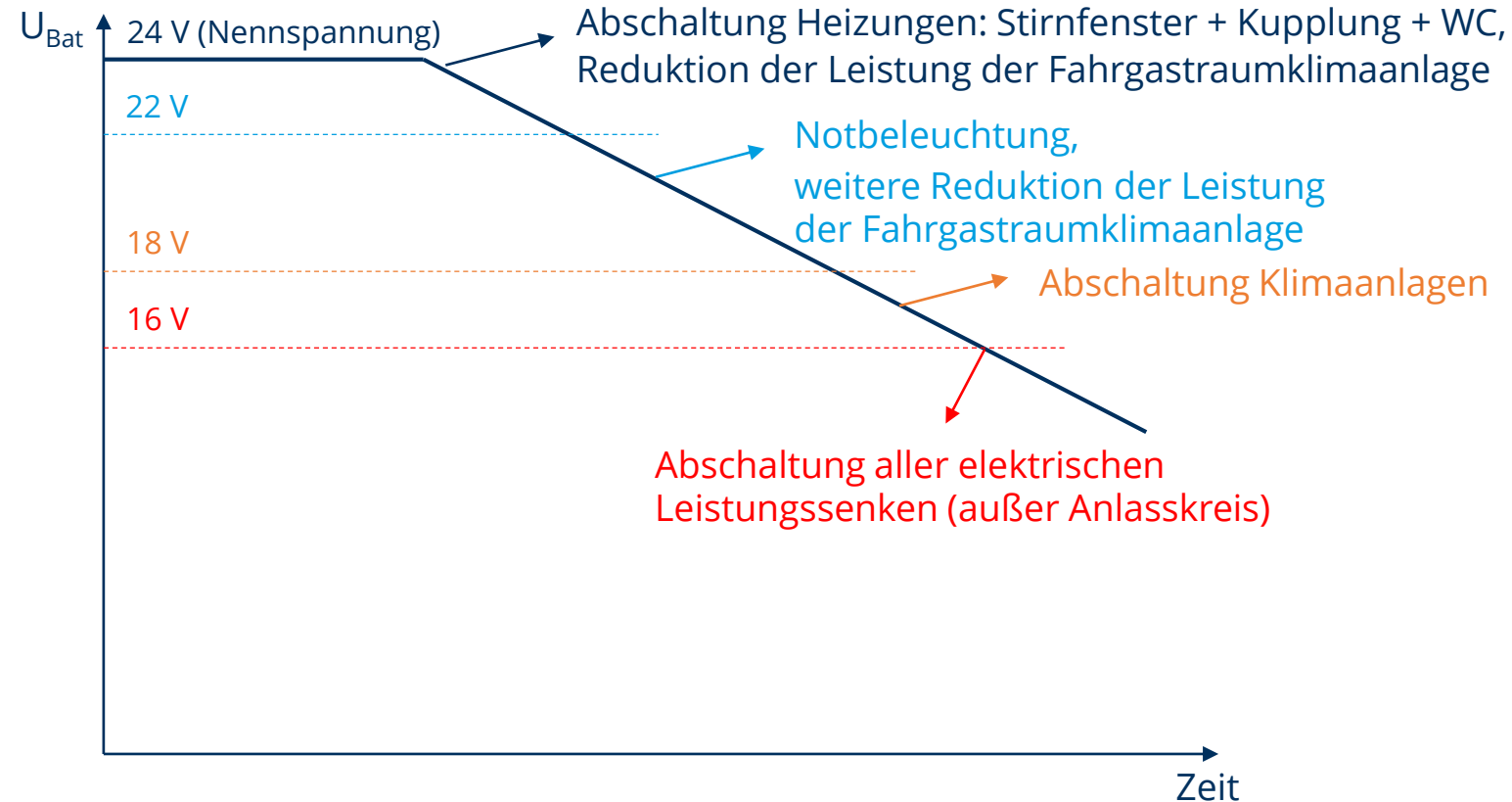


10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiele BR 642

Stromversorgungsanlage (Stillstand Dieselmotor):

Grundaufgabe der Fahrzeugbatterie: Dieselmotor-Start gewährleisten



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiele BR 642

Druckluftanlage:

Druckluftherzeugung mittels Kolbenkompressoren (direkt angetrieben)

Druckluftverbraucher:

- elektropneumatische/pneumatische Bremse
- Luftfedern
- Retarderansteuerung
- Sandstreueinrichtung
- Spurkranzschmierung
- Makrofon
- elektropneumatische Ventile WC
- Betätigung Radsatzwendegetriebe
- Mittelpufferkupplung



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiele BR 642

Klimaanlage:

Umgebungstemperaturbereich: -25 °C ... +35 °C

Spannungsversorgung: 18...**24**...30 V

Auslegungsgrenzen:

- Führerraum: min. 18 °C gesichert bis $T_{amb} = -15$ °C
- Fahrgastraum: vollbesetzt max. 30 °C bis $T_{amb} = 35$ °C

Bestandteile:

- **Heizungsanlage:**
 - Heizregister (in Dachklimaanlagen)
 - Konvektoren (im Fahrgastraum)
 - Gebläseheizkörper (im Einstiegsbereich)
 - Führerraum-Heizgerät
 - Zusatzheizgerät
- **Klima- und Belüftungsanlage:**
 - Dachklimaanlage (4 pro Fahrzeug)
 - Zusatzverdampfer (Führerraum)
 - Kältemittelverdichter (am Dieselmotor)
- Dachlüfter (statisch/dynamisch)
- Steuergerät

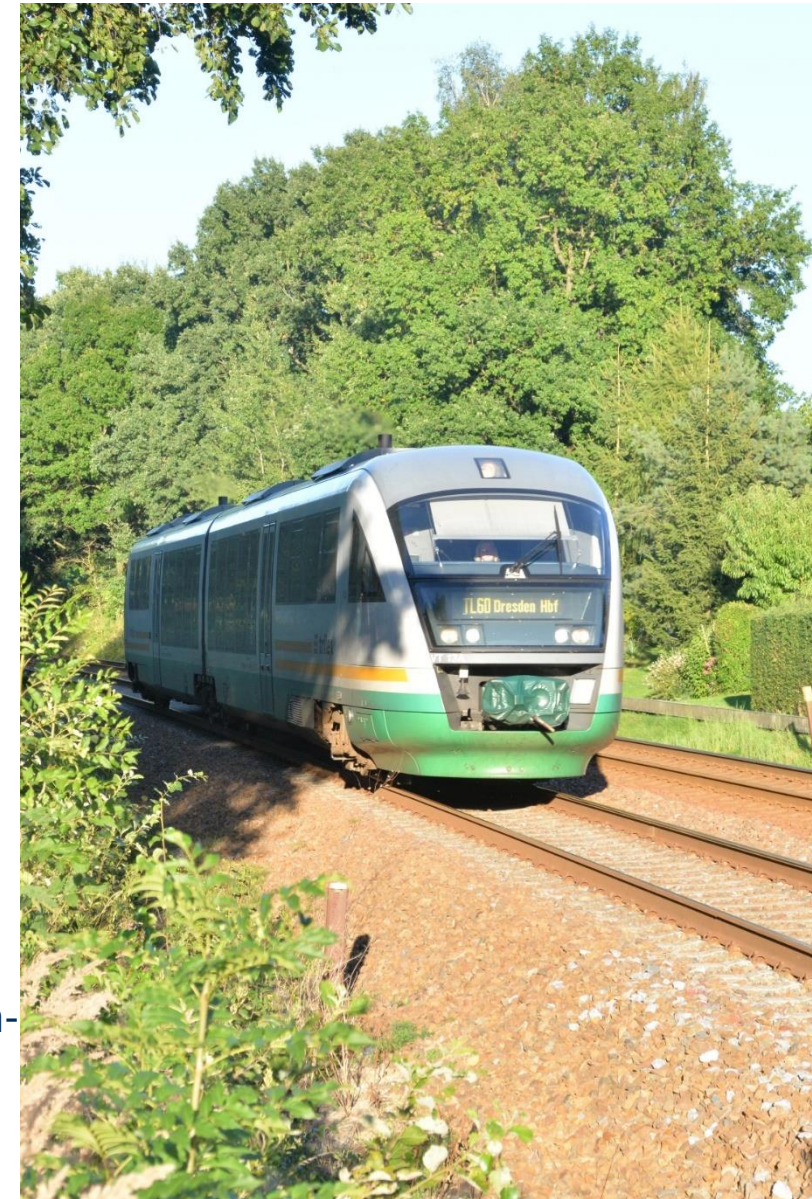


10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiele BR 642

Klimaanlage - Betriebsmodi:

- Vorheizbetrieb (el. Fremdeinspeisung):
 - Vorwärmung von Motorkühlwasser ($>40\text{ °C}$)
 - Vorwärmung Führerstand
 - Vorwärmung Fahrgastraum
- Automatikbetrieb (DM läuft)
 - Kühlen/Heizen, abhängig von Raumtemperatur
- Wartebetrieb
 - nach DM-Abschaltung (Klimaanlage nicht ausgeschaltet und Batterieschutz eingeschaltet, keine el. Fremdeinspeisung)
 - Aufrechterhaltung eines Not- oder Vorwärmbetriebs für 0,5 h
- REHEAT-Betrieb
 - forcierte Luftentfeuchtung bei hoher Luftfeuchtigkeit (max. 0,25 h)
- Unterspannung
 - Reduktion der Verdampfergebläse um 50% oder 70%, bei Spannungsabfall der Batterie
- Notbetrieb
 - Reiner Lüftungsbetrieb

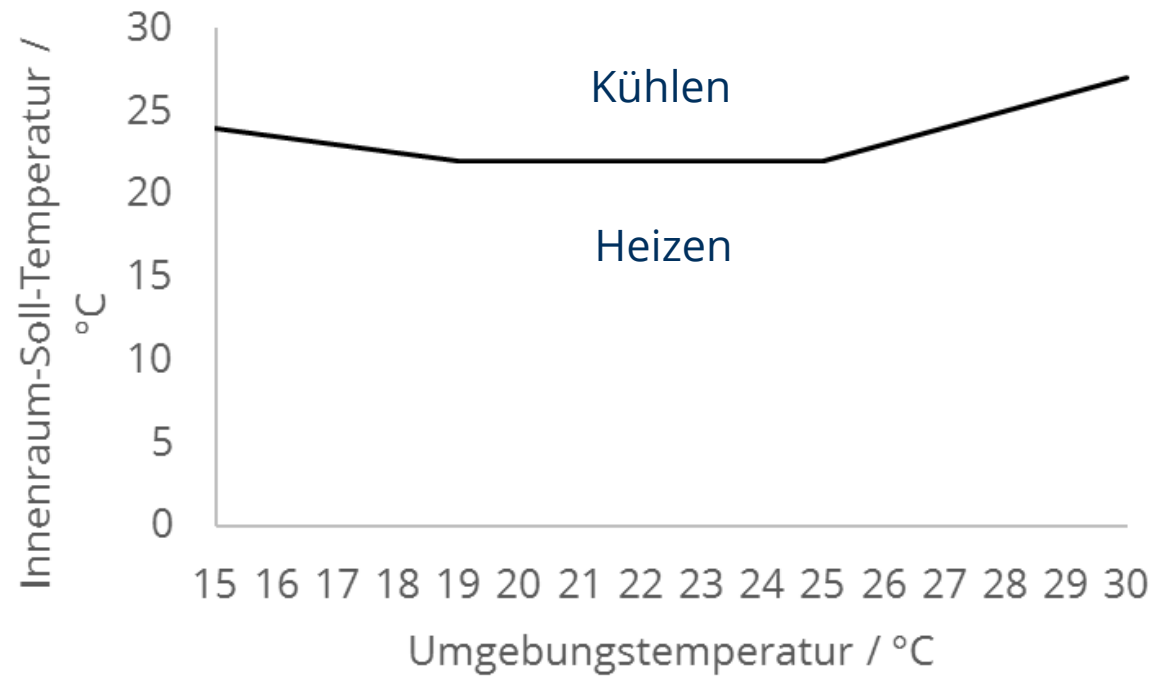


10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiele BR 642

Klimaanlage - Automatikbetrieb:

Regelung der Raumtemperatur anhand hinterlegter Kennlinie:



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel 2 – Siemens ES64U2 („Taurus“, BR 182)



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel BR 182 („Taurus“)

Charakterisierung des Fahrzeuges

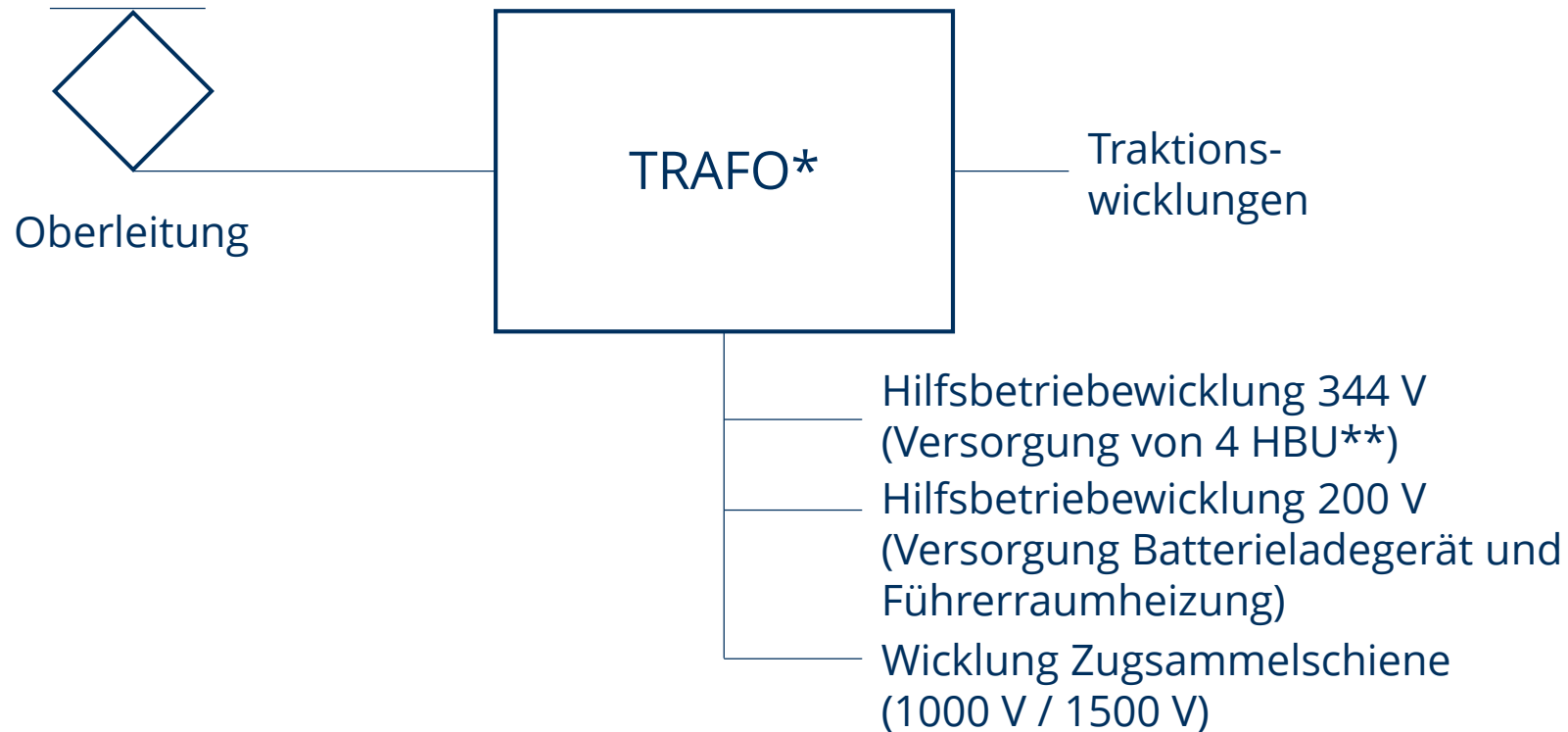
Fahrzeugart:	elektrische Hochleistungslokomotive
Antriebsart:	Drehstromantrieb
Nennleistung:	6400 kW
Höchstgeschwindigkeit:	230 km/h
Radsatzfolge:	Bo' Bo'
max. Anfahrzugkraft:	300 kN
Dienstmasse:	86,0 t ... 88,0 t



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel BR 182 („Taurus“)

Hilfsbetriebearchitektur



*Ölfüllung:

2,7 t (bzw. 2500 L)

** HBU: Hilfsbetriebeumrichter

Nennleistung:

7528 kVA (@ $T_{amb} = 12\text{ °C}$)

7228 kVA (@ $T_{amb} = 35\text{ °C}$)

Nennwirkungsgrad:

0,96 (d.h. 300 kW an Öl)



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel BR 182 („Taurus“)

Bordnetz 3~ AC 440 V

Speisung von Drehstrom-Hilfsmotoren + Trafo für 220 V, 60 Hz



variable Spannung und Frequenz

- 4 Fahrmotorenlüfter
- 2 Kühlturmlüfter



max. Lüfterdrehzahl bei:

- Kühlwasser > 40 °C
- Trafoöl > 65 °C
- Stator Fahrmotor > 120 °C
- Rotor Fahrmotor > 150 °C

feste Spannung und Frequenz

- 2 Trafo-Ölpumpen
- 2 Stromrichter-Kühlwasserpumpen
- 2 Stromrichter-Lüfter
- 2 HBU-Lüfter
- 4 Lüfter für Druckschutz
- 2 Führerstands-Klimageräte
- 1 Luftpresser



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel BR 182 („Taurus“)

Bordnetz 1~ AC 200 V

Speisung von:

- Fußbodenheizung (Führerstand)
- Nischenheizung (Führerstand)
- Heizregister der Klimageräte
- Lufttrocknungsanlage
- Heizung Sandungsanlagen
- Heizung Frontscheiben
- Heizung der Spiegel
- Batterieladegerät



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel BR 182 („Taurus“)

Bordnetz 110 V DC

Batterie:

- Nennkapazität: 92 Ah
- Nennspannung: 104 V
- Absicherung: 100 A

dauerhaft an Batterie angeschlossen:

- Federspeicherbremse,
- Führerstandsbeleuchtung,
- Maschinenraumbelichtung,
- Zugschluss-Notlicht,
- Umrichter 24 V:
 - Versorgung von:
 - Lautsprecher,
 - Türsteuerung,
 - UIC-Leitung,
 - Rauchmelder,
 - Scheibenwaschanlage,
 - Notbremsüberbrückung,
 - ep-Bremse



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel BR 182 („Taurus“)

Bordnetz 110 V DC (Fortsetzung)

über **Batterieschütz A**

(Abfall **8 Sekunden** nach Batterieauptschalter „AUS“)
an die Batterie angeschlossen:

- Zentralsteuergerät (ZSG)
- Bremssteuergerät (BSG)
- Antriebssteuergerät (ASG)
- LZB, PZB
- Gleitschutz
- Display
- Multifunktionsdisplay
- Zugfunk
- Steuerung Klimagerät
- Umrichter 12 V (Spitzen- und Schluss-Signal)
- Hilfskompressor



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel BR 182 („Taurus“)

Bordnetz 110 V DC (Fortsetzung)

über **Batterieschütz B**

(Abfall **2 Stunden** nach Batterieauptschalter „AUS“)
an die Batterie angeschlossen:

- Thermofach

über **Batterieschütz D**

(Abfall **48 Stunden** nach Batterieauptschalter „AUS“)
an die Batterie angeschlossen:

- Batteriesteuerung
- Fernsteuerung (via UIC-Kabel)

Warum 48 h?

ermöglicht Aufrüstung vom Steuerwagen aus
auch nach längerer Abstellung



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.3 Fallbeispiel BR 182 („Taurus“)

Pneumatische Hilfsbetriebe

- 4 x Sandstreueinrichtung
- Spurkranzschmierung
- Makrofone
- Radkonditionieranlage („Putzbremse“)
- Betätigung Seitenspiegel
- Verstellhilfe Triebfahrzeugführer-Sitz



Inhalte

Vorlesung Triebfahrzeugtechnik (Antriebskonfigurationen)

7. Leistungsauslegung von Triebfahrzeugen
8. Dieselmotor und andere Verbrennungskraftmaschinen
9. Leistungsübertragungsanlagen
- 10. Hilfs- und Nebenbetriebe**
 - 10.4 Kühlanlagen**
11. Leittechnik (Überblick)
12. Fallstudien unkonventionelle Triebfahrzeuge



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Welche Elemente bedürfen einer Kühlung?

- Dieselmotor
 - Ladeluft
 - Schmieröl
 - Zylinderbuchse und -kopf
- Hilfsdieselmotor
- Getriebeöl
- Hydrostatiköl
- Generator
- Transformator
- Leistungselektronik
- Fahrmotoren



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Welche Funktionen erfüllt die Kühlanlage in Dieseltriebfahrzeugen?

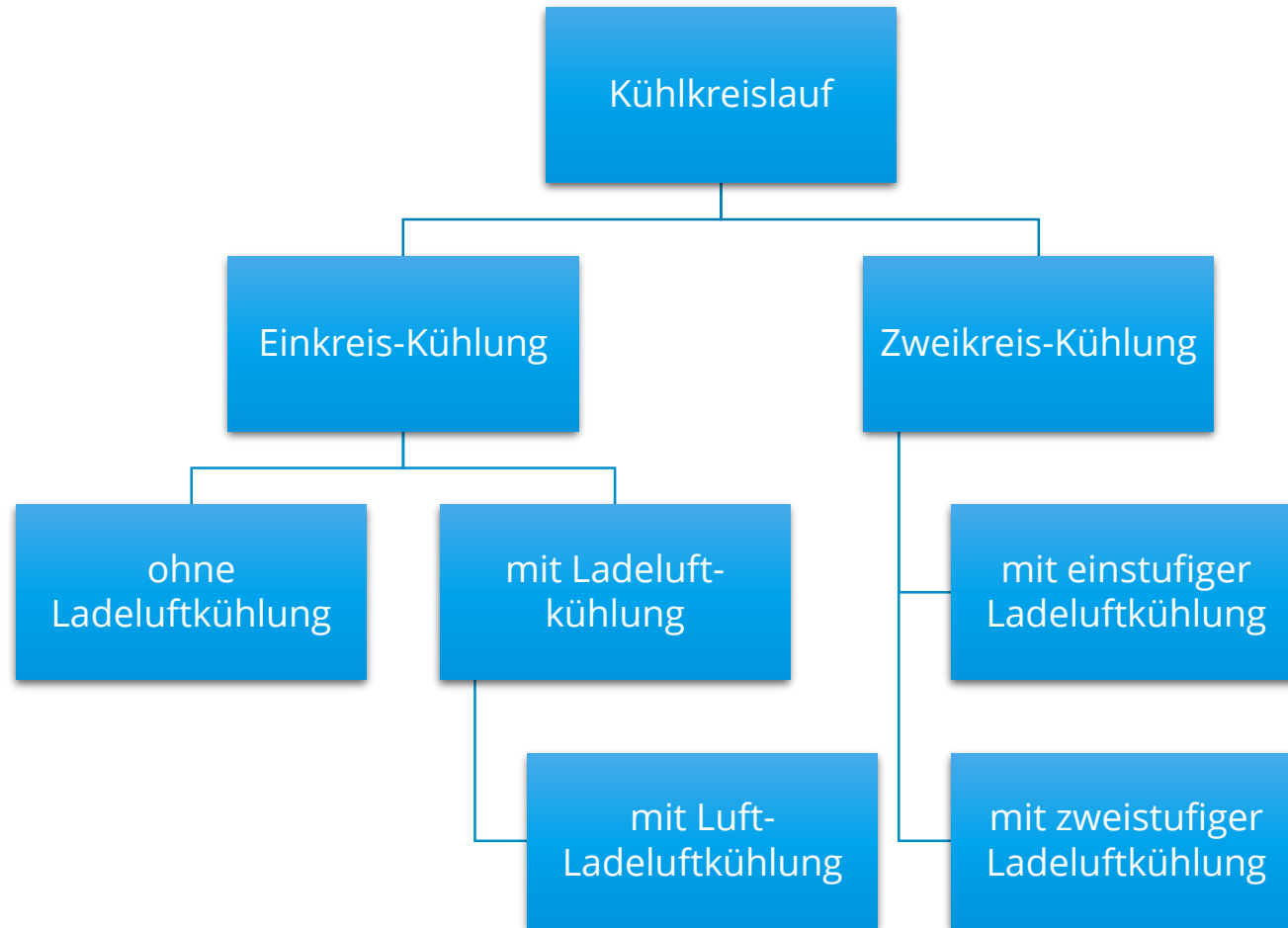
1. Vermeidung von thermischer Bauteilüberlastung
2. Ableitung von thermischer Energie aus Zylinderköpfen und Zylinderbuchsen
3. Ableitung von thermischer Energie aus Abgasleitung und Abgasturbolader (nicht in jedem Fall)
4. Vorwärmung von Schmieröl und Kraftstoff
5. Kühlung der Ladeluft
6. Heizung von Führerstand und/oder Fahrgasträumen



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Aufbau und Struktur von Kühlkreisläufen

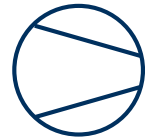


10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Elemente von Kühlanlagen in Dieseltriebfahrzeugen

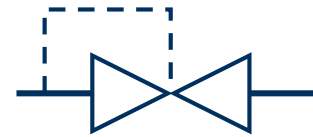
Überlegen Sie gemeinsam, welche Elemente Kühlanlagen von Dieseltriebfahrzeugen aufweisen müssen.



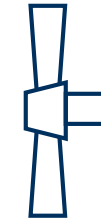
Kühlmittelumwälzpumpe



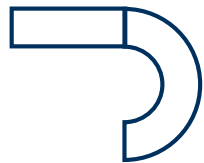
Ladeluftkühler



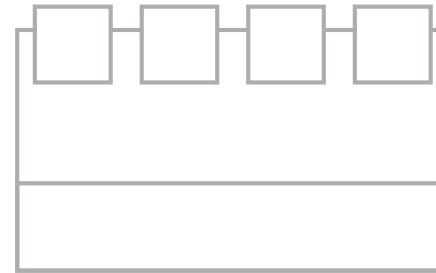
Thermostat



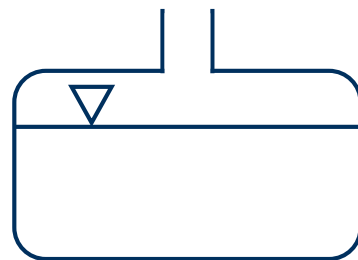
Lüfter



Verrohrung(selemente)



Dieselmotor



Ausgleichsbehälter



Ölwärmeübertrager

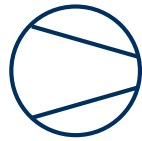


Kühlelemente (Wasser-Luft)

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

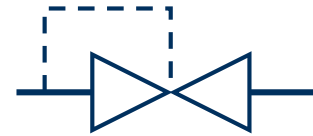
Elemente von Kühlanlagen in Dieseltriebfahrzeugen



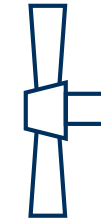
Kühlmittelumwälzpumpe



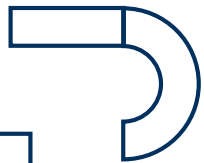
Ladeluftkühler



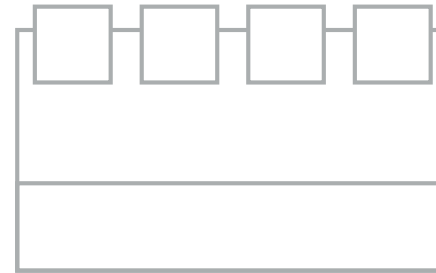
Thermostat



Lüfter



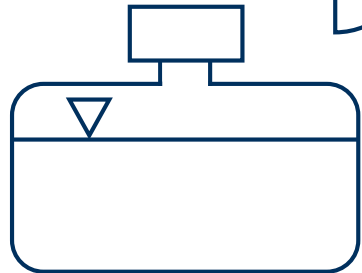
Verrohrung(selemente)



Dieselmotor

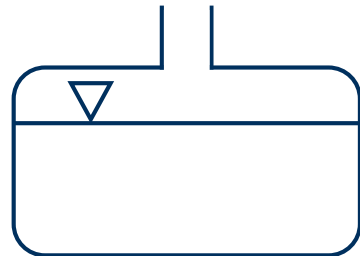


Kühlelemente



Ausgleichsbehälter

geschlossener
Kreislauf



Ausgleichsbehälter

offener
Kreislauf

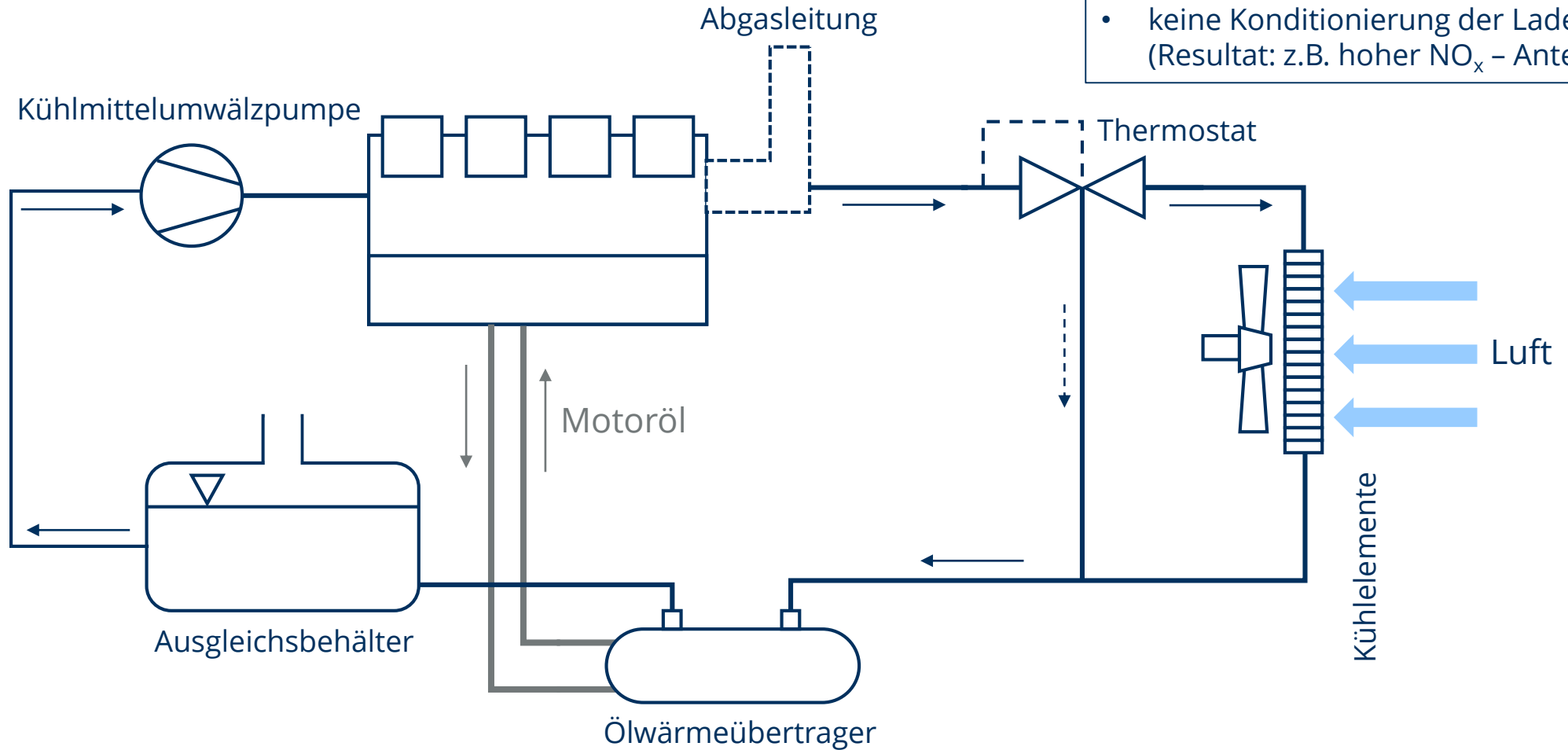


Ölwärmeübertrager

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Einkreiskühlung ohne Ladeluftkühlung



Vorteile:

- einfache Konstruktion
- geringer Bauraumbedarf

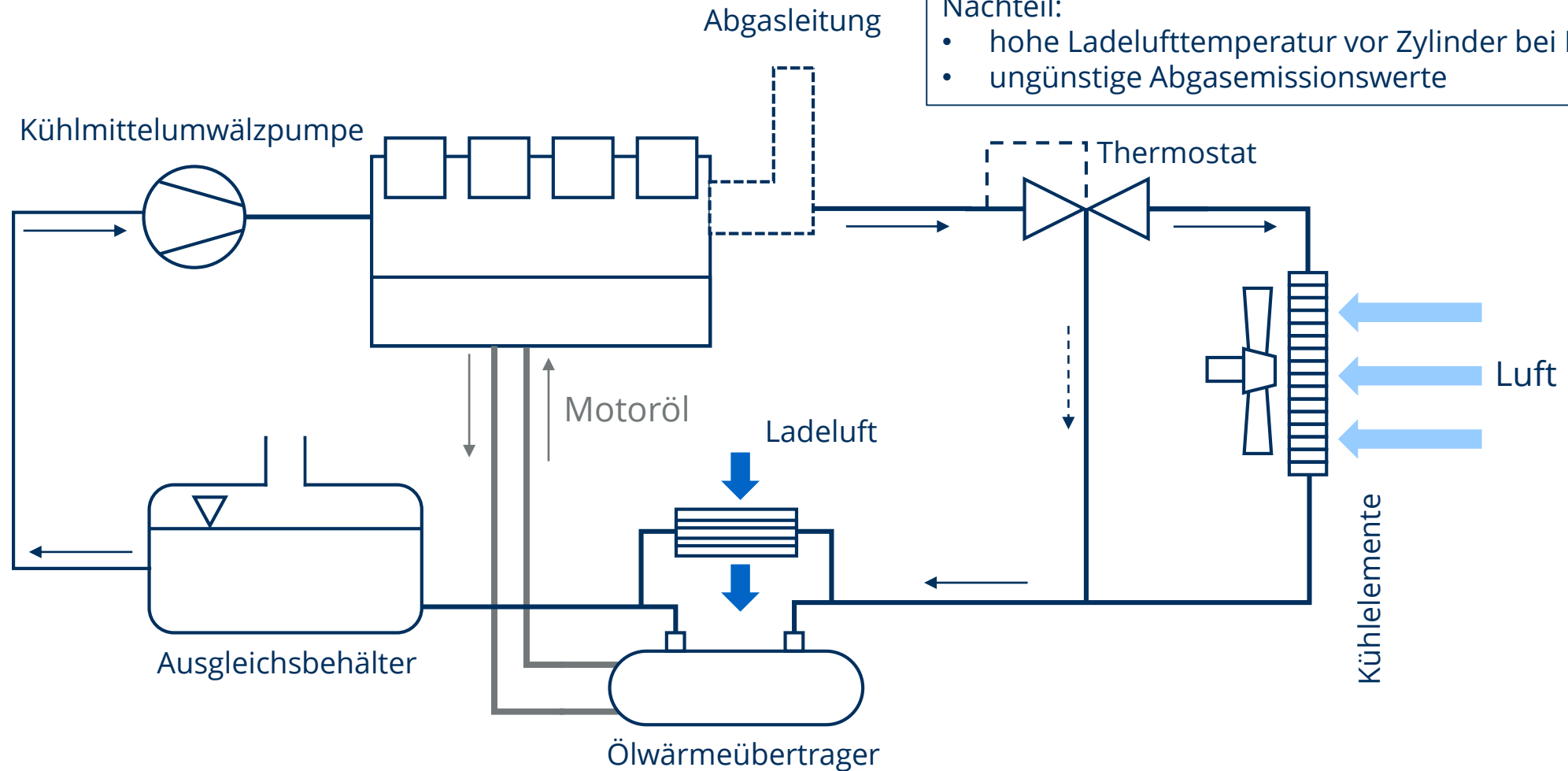
Nachteil:

- keine Konditionierung der Ladeluft
(Resultat: z.B. hoher NO_x - Anteil im Abgas)

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Einkreiskühlung mit Ladeluftkühlung



Vorteile:

- einfache Konstruktion
- geringer Bauraumbedarf
- hohe Ladelufttemperatur vor Zylinder im Leerlauf

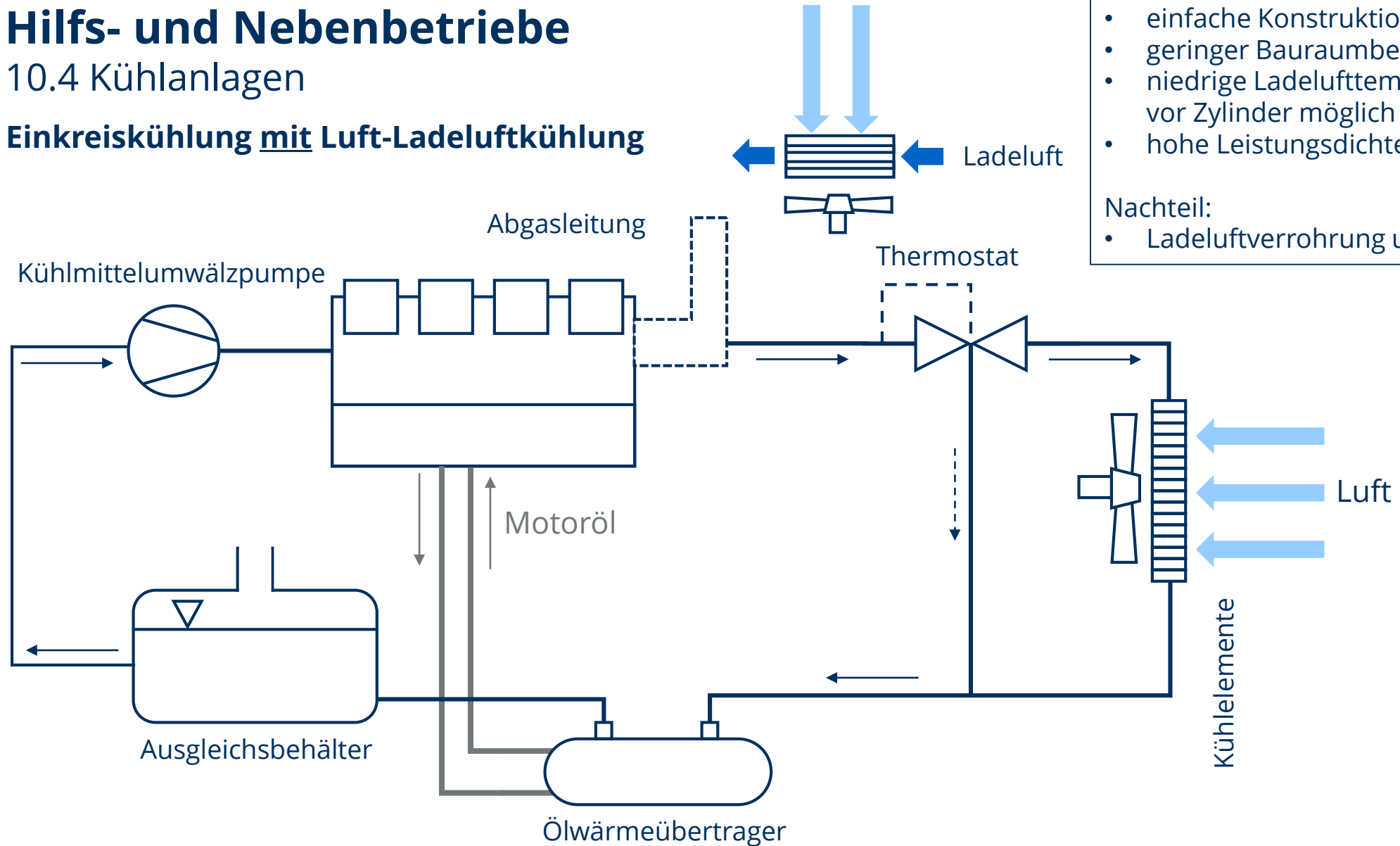
Nachteil:

- hohe Ladelufttemperatur vor Zylinder bei Nennleistung
- ungünstige Abgasemissionswerte

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Einkreiskühlung mit Luft-Ladeluftkühlung



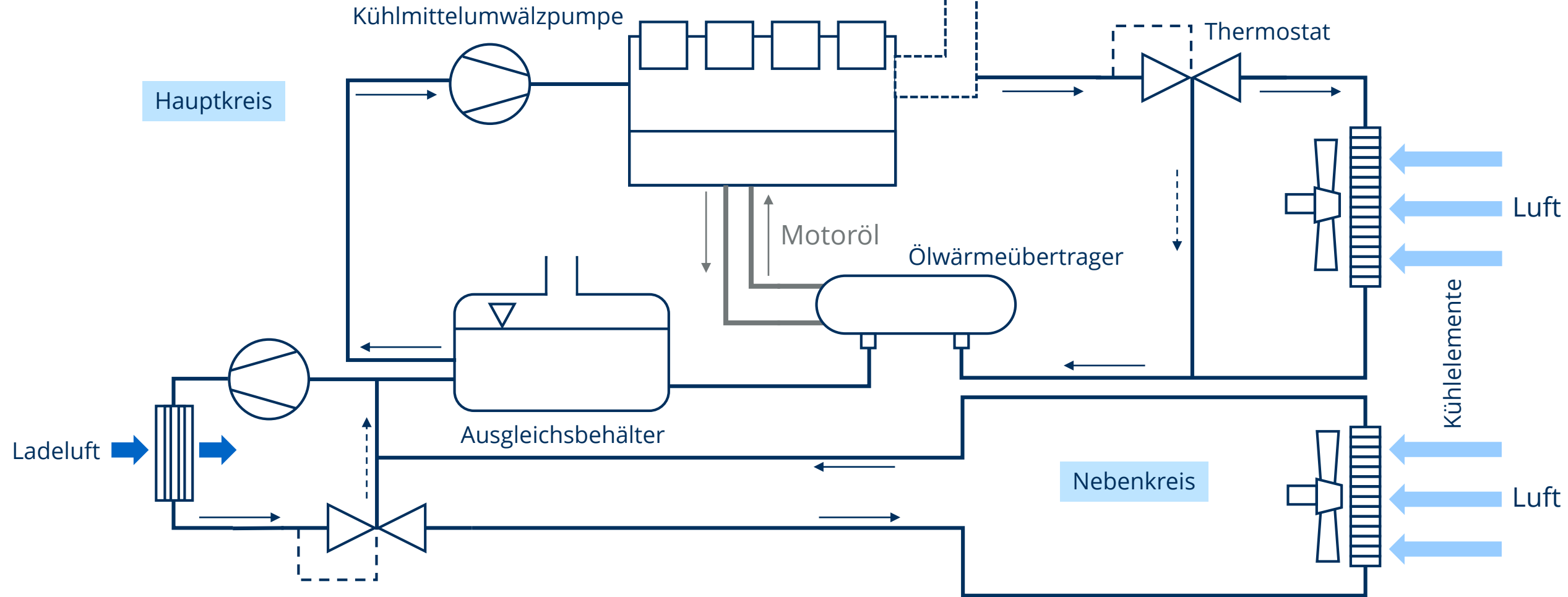
- Vorteile:
- einfache Konstruktion
 - geringer Bauraumbedarf
 - niedrige Ladelufttemperatur vor Zylinder möglich
 - hohe Leistungsdichte möglich
- Nachteil:
- Ladeluftverrohrung u.U. aufwendig

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Zweikreiskühlung mit einstufiger Ladeluftkühlung

- Vorteile:
- geringe Ladelufttemperatur vor Zylinder
 - geringe Abgasemissionen
 - Ermöglichung hoher DM-Leistungen

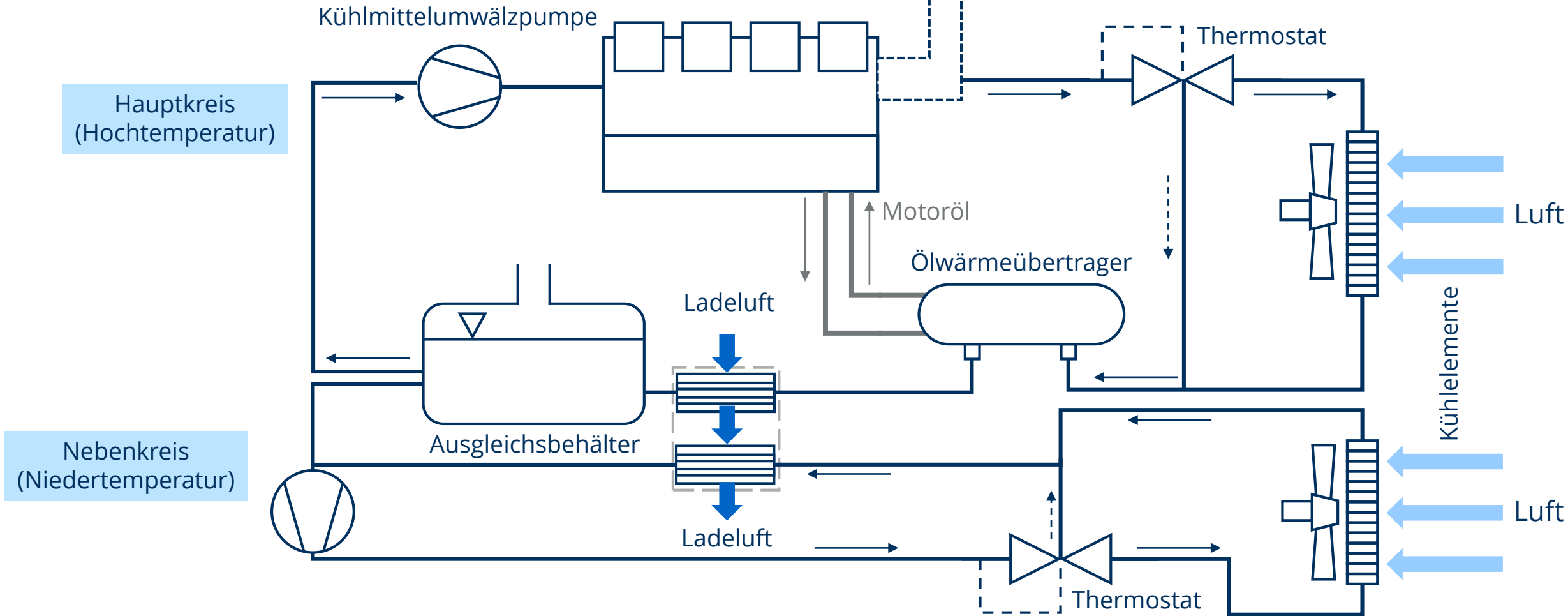


10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Zweikreiskühlung mit zweistufiger Ladeluftkühlung

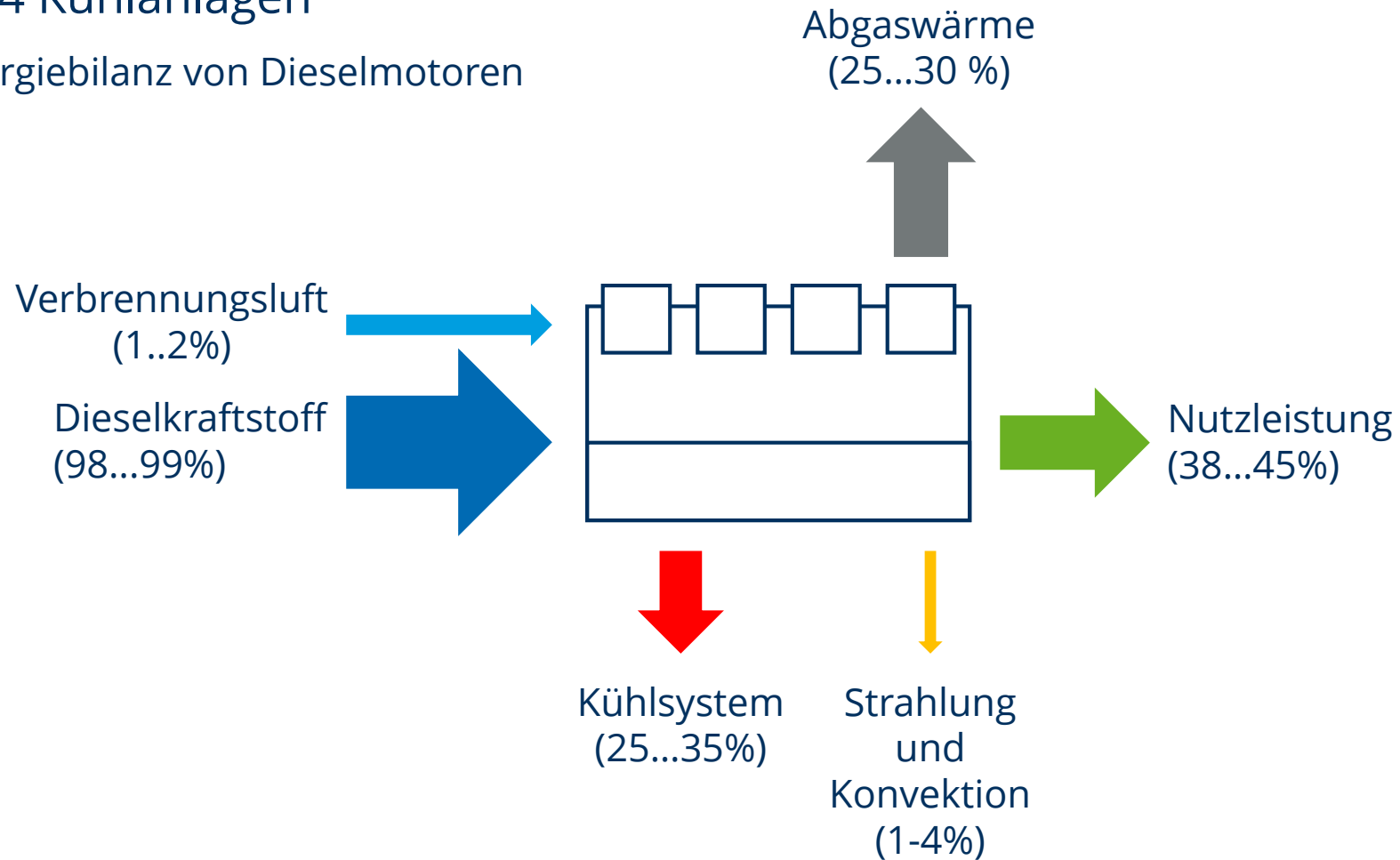
- Vorteile:
- geringe Ladelufttemperatur vor Zylinder
 - geringe Abgasemissionen
 - Ermöglichung hoher DM-Leistungen
 - kein Auskühlen des Nebenkreises im LL



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

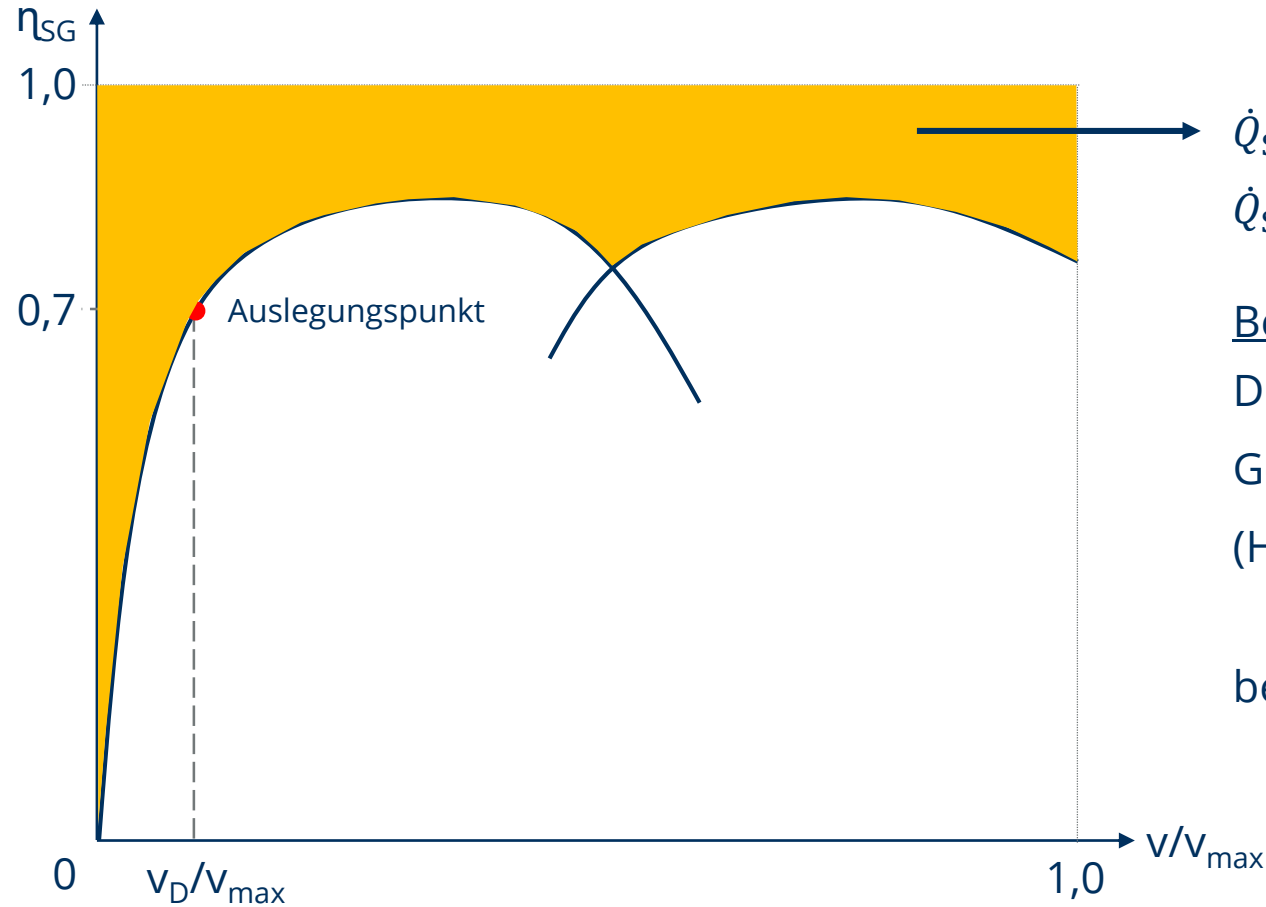
Energiebilanz von Dieselmotoren



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Energiebilanz von Strömungsgetrieben



$$\dot{Q}_{SG} = (1 - \eta_{SG}) \cdot P_{DM,T}$$

$$\dot{Q}_{SG} = 0,3 \cdot P_{DM,T}$$

Beispiel:

Dieselmotor mit $P_{nenn} = 1500 \text{ kW}$

Getriebeeingangsleistung = 1400 kW

(Hilfsbetriebefaktor = 0,067)

bei $\eta_{SG} = 0,7$: $\dot{Q} = 420 \text{ kW}$

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Parameter und Randbedingungen bei der Auslegung von Kühlanlagen:

- abzuführende **Wärmeströme**
- zulässige/angestrebte **Ein- und Austrittstemperaturen** der Medien an definierten Punkten des Kühlkreislaufes (z.B. Dieselmotor-Eingang/Dieselmotor-Ausgang)
- umlaufende **Wasser- / Kühlmittelmenge**
- **Druckabfall** im Wasser-/Kühlmittelkreislauf (Strömungswiderstand)
- **Ladeluft-Volumenstrom**
- strömungstechnische Eigenschaften der Kühlelemente unter Berücksichtigung erhöhter Strömungswiderstände durch Verschmutzungen/Verstopfungen
- **maximale Außenlufttemperatur** und **geografische Einsatzhöhe** (Luftdichte!)
- Zusammensetzung des Kühlmittels
- max. **geometrische Abmessungen** der wichtigsten Baugruppen (z.B. Lüfter, Kühlelemente)
- zulässiger **Geräuschpegel**
- Drehzahlstellung der Lüfter (einstufig, mehrstufig, stufenlos?)
- **Werkstoff** der Kühlelemente (Aluminium? Kupfer?)

Überlegen Sie gemeinsam, welche Parameter und Randbedingungen bei der Auslegung von Kühlanlagen berücksichtigt werden müssen.

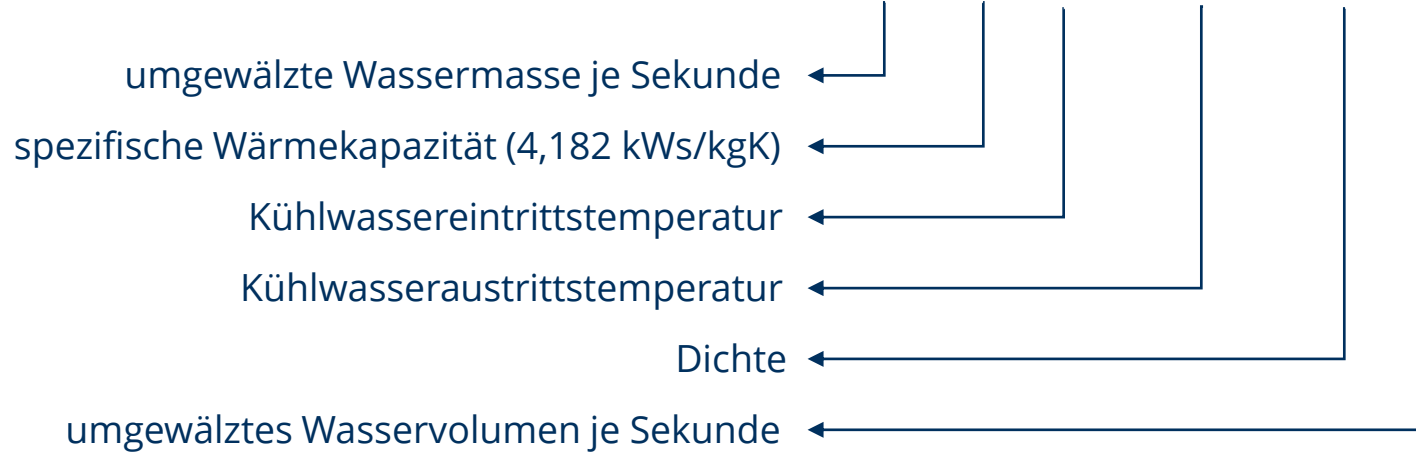
10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Grundgleichungen

Gesamtwärmestrom:
$$\dot{Q}_{ges} = \dot{Q}_{DM,W} + \dot{Q}_{DM,O} + \dot{Q}_{DM,LL} + \dot{Q}_{SG}$$

→ Dieselmotor (Wasser)
→ Dieselmotor (Öl)
→ Dieselmotor (Ladeluft)
→ Strömungsgetriebeöl

von Kühlflüssigkeit aufzunehmende Wärme:
$$\dot{Q}_W = \dot{m}_W \cdot c_W \cdot (t_{WE} - t_{WA}) = \rho_W \cdot \dot{V}_W \cdot c_W \cdot (t_{WE} - t_{WA})$$

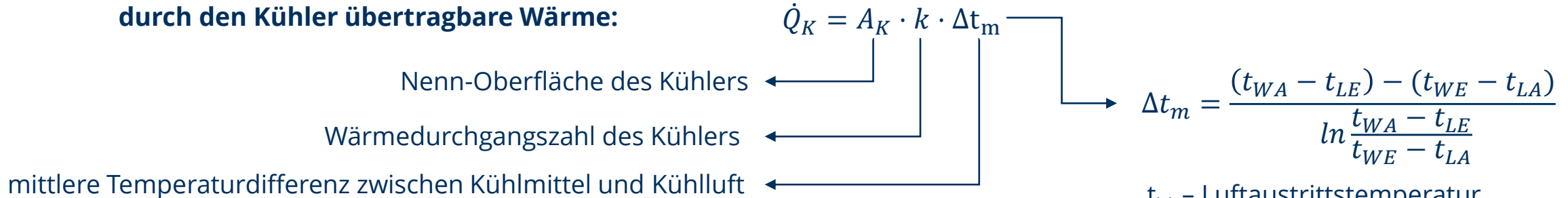


10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Grundgleichungen

von Kühlflüssigkeit aufzunehmender Wärmestrom: $\dot{Q}_W = \dot{m}_W \cdot c_W \cdot (t_{WE} - t_{WA}) = \rho_W \cdot \dot{V}_W \cdot c_W \cdot (t_{WE} - t_{WA})$

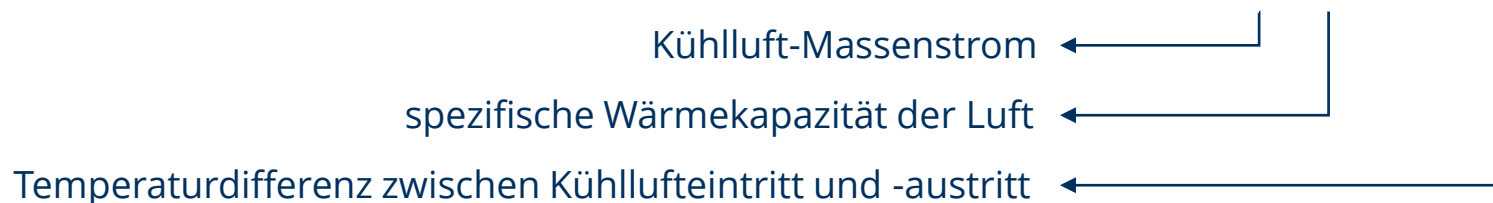
durch den Kühler übertragbare Wärme:



t_{LA} - Luftaustrittstemperatur
 t_{LE} - Lufteintrittstemperatur
 t_{WA} - Kühlwasseraustrittstemperatur
 t_{WE} - Kühlwassereintrittstemperatur

gültig für Wasser-Luft-Kühler mit Kreuzstrom-Anordnung

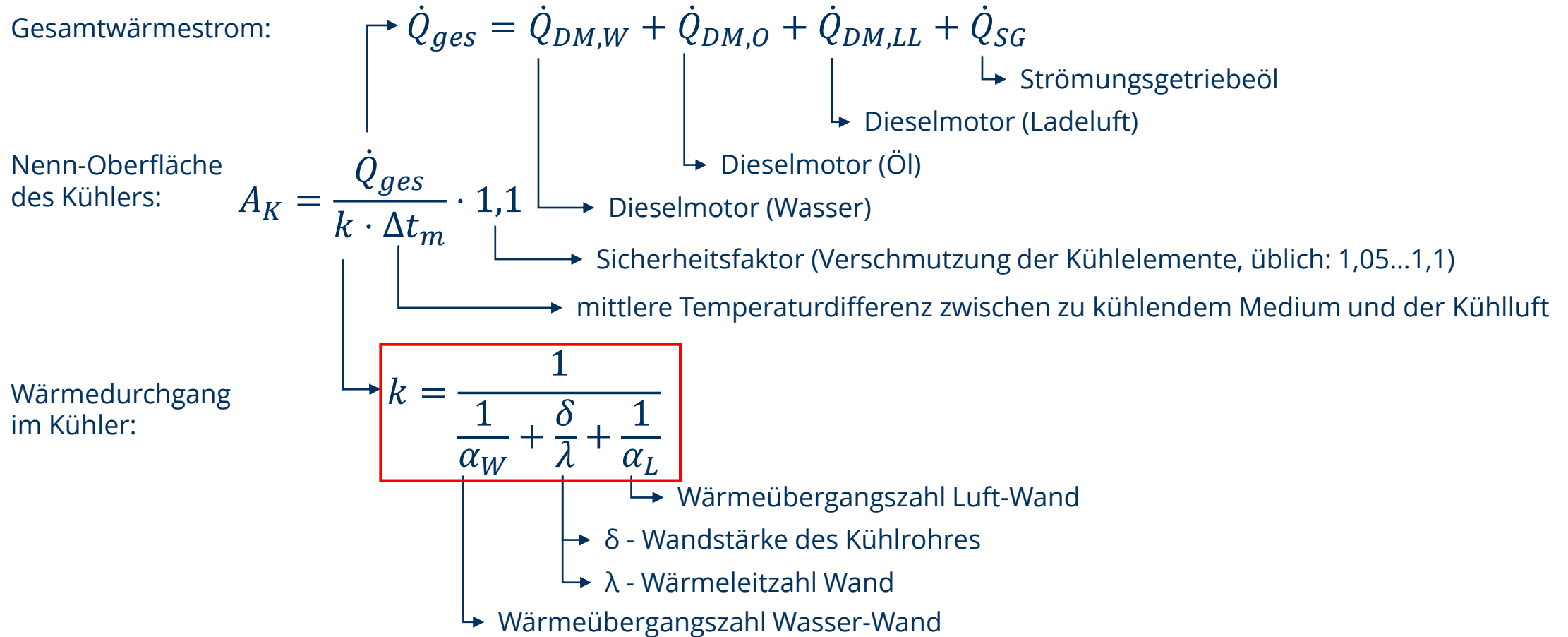
von der Kühlluft aufzunehmender Wärmestrom: $\dot{Q}_L = \dot{m}_L \cdot c_L \cdot (t_{LA} - t_{LE})$



$$\dot{Q}_{ges} = \dot{Q}_W = \dot{Q}_K = \dot{Q}_L \quad \text{stationärer Zustand}$$

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Grundgleichungen



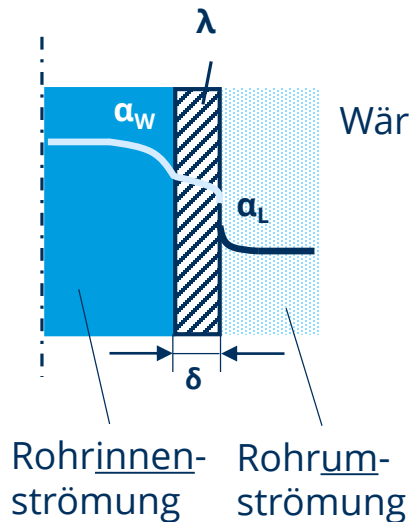
10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Wärmeübergang

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_W} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_L}}$$

Wärmeübergangszahl Wasser-Wand
Wärmeübergangszahl Luft-Wand
 δ - Wandstärke des Kühlrohres
 λ - Wärmeleitfähigkeit Wand

λ_{Alu}	= 75...236 W/mK
λ_{Kupfer}	= 240...380 W/mK
λ_{Wasser}	= 0,5562 W/mK
λ_{Luft}	= 0,0262 W/mK



Wärmedurchgang =
Wärmeübergang Wasser-Wand
+ Wärmeleitung Wand
+ Wärmeübergang Wand-Luft

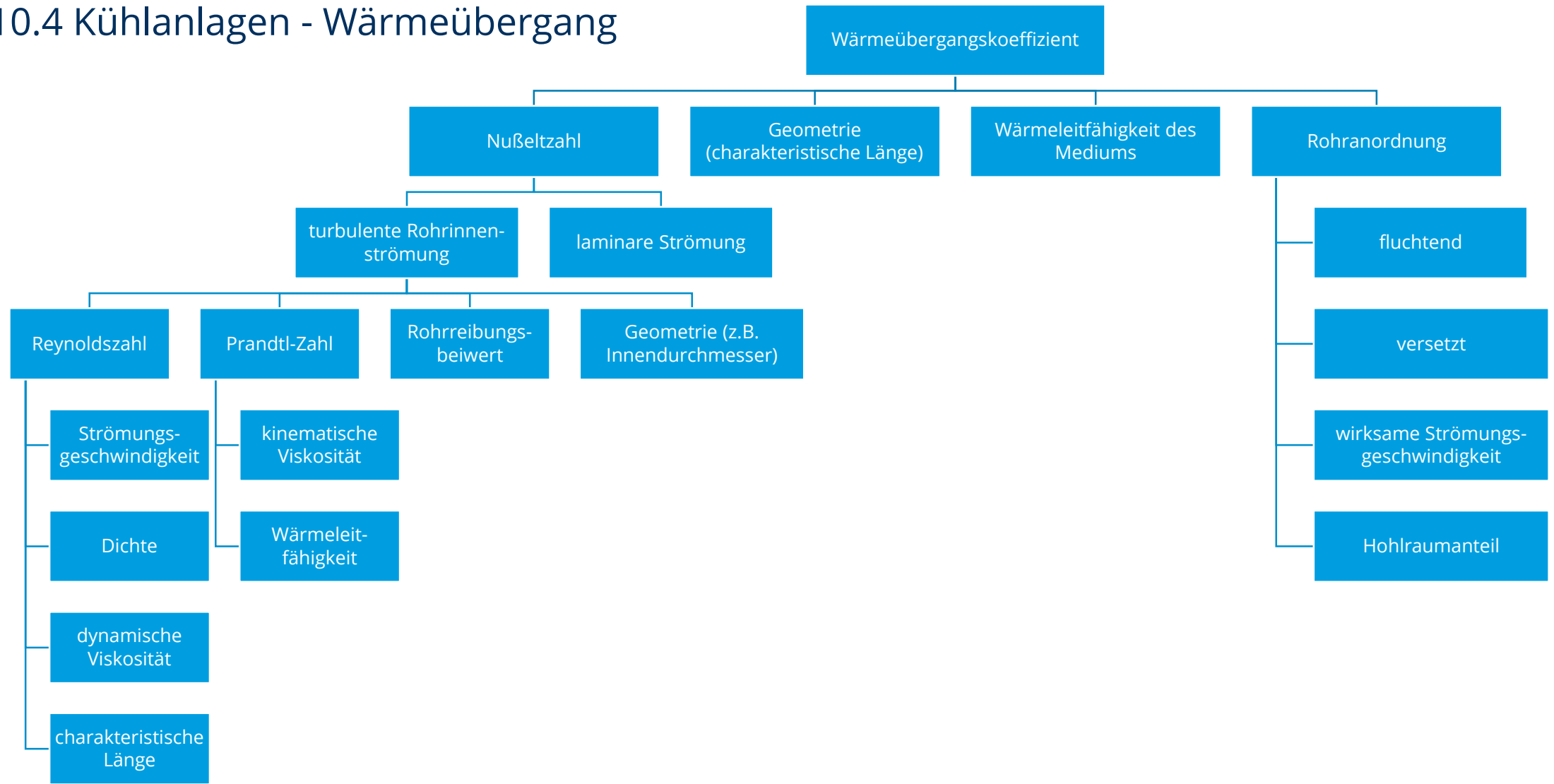
Wärmeübergang – komplexes physikalisches Phänomen

abhängig von:

- Stoffeigenschaften der beteiligten Medien
- Charakter der Strömung
- Temperaturdifferenz und Temperaturniveau
- Geometrie

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Wärmeübergang



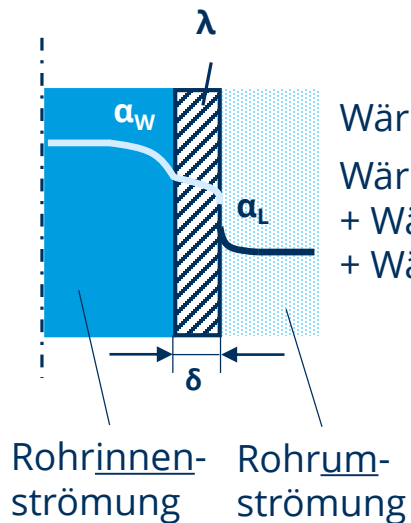
10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Wärmeübergang

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_W} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_L}}$$

$\frac{1}{\alpha_W}$ → Wärmeübergangszahl Wasser-Wand
 $\frac{\delta}{\lambda}$ → δ - Wandstärke des Kühlrohres
 $\frac{1}{\alpha_L}$ → Wärmeübergangszahl Luft-Wand
 λ → λ - Wärmeleitzahl Wand

$\lambda_{\text{Alu}} = 75...236 \text{ W/mK}$
 $\lambda_{\text{Kupfer}} = 240...380 \text{ W/mK}$
 $\lambda_{\text{Wasser}} = 0,5562 \text{ W/mK}$
 $\lambda_{\text{Luft}} = 0,0262 \text{ W/mK}$



Wärmedurchgang =
 Wärmeübergang Wasser-Wand
 + Wärmeleitung Wand
 + Wärmeübergang Wand-Luft

Anhaltswerte für Wärmedurchgangskoeffizienten k bei Wärmeübertragern:

- Rohrbündel Gas/Gas (Druck ca. 1 bar): 5...25 W/m²K
- Rohrbündel Gas/Gas (Druck > 200 bar): 150...500 W/m²K
- Rohrbündel Flüssigkeit/Gas (Druck ca. 1 bar): 15...70 W/m²K
- Rohrbündel Flüssigkeit/Gas (Druck > 200 bar): 200...400 W/m²K
- Rohrbündel Flüssigkeit/Flüssigkeit: 150...1200 W/m²K
- Plattenwärmeübertrager Gas/Flüssigkeit: 20...100 W/m²K
- Plattenwärmeübertrager Flüssigkeit/Flüssigkeit: 1200...4500 W/m²K
- **Luftgekühlte Wärmeübertrager Luft/Gas: 10...35 W/m²K**
- **Luftgekühlte Wärmeübertrager Luft/Flüssigkeit: 20...60 W/m²K**

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Grundgleichungen

Gesamtwärmestrom:

$$\dot{Q}_{ges} = \dot{Q}_{DM,W} + \dot{Q}_{DM,O} + \dot{Q}_{DM,LL} + \dot{Q}_{SG}$$

↳ Strömungsgetriebeöl

↳ Dieselmotor (Ladeluft)

↳ Dieselmotor (Öl)

↳ Dieselmotor (Wasser)

Nenn-Oberfläche
des Kühlers:

$$A_K = \frac{\dot{Q}_{ges}}{k \cdot \Delta t_m}$$

mittlere Temperaturdifferenz zwischen zu kühlendem Medium und der Kühlluft

Wärmedurchgang
im Kühler:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_W} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_L}}$$

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Temperaturen

Auslegungstemperatur (kühlluftseitig):	maximale Außentemperatur	⇒	Richtwerte:	
			ozeanisches Klima:	30 °C
			(Unterflurkühlanlage:	40 °C)
			Kontinentalklima:	40 °C
			tropisches Klima:	45 °C
Temperaturniveau des Kühlwassers/Kühlmittels:	offener Kreislauf:		80...92 °C	
	geschlossener Kreislauf:		90...105 °C	
	bei Dieselmotorstart:		40...45 °C	
Temperaturniveau des Hydrauliköls:	Traktion:		90...105 °C	
	Bremsen (Retarder):		90...125 °C	
Temperaturniveau des Schmieröls:	je nach Sorte:		80...95 °C	
<u>typische Eintrittstemperaturdifferenzen:</u>				
Dieseltreibfahrzeuge:	20...65 K			
elektrische Triebfahrzeuge (Trafo):	40...80 K			
elektrische Triebfahrzeuge (Umrichter):	15...20 K			

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

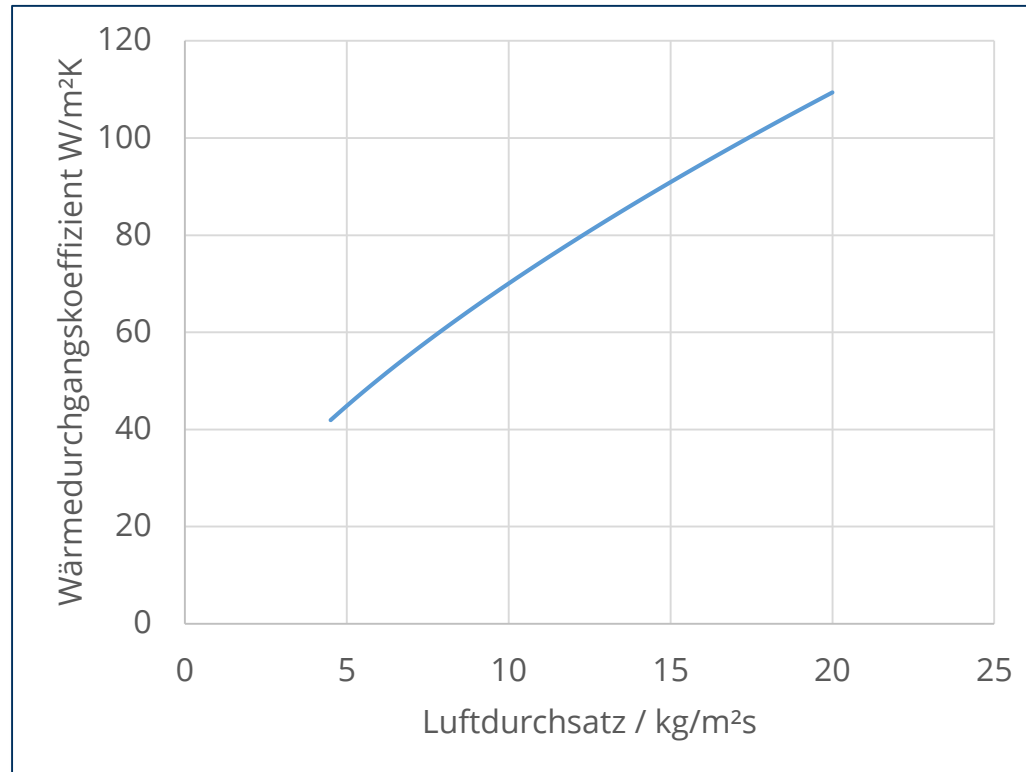
10.4 Kühlanlagen – Beispiel BR 232

2
Seitenwandkühler

je 30
Kühlelemente

je 68 Kühlrohre

8 Reihen
(4 x 9 Rohre + 4 x 8 Rohre)



3 Dachlüfter mit zusammen
111 kW @ 2000 min⁻¹



Kühlfläche der gesamten Anlage:
885 m²

Stirnfläche der gesamten Anlage:
7,76 m²

Masse der gesamten Anlage:
4800 kg

Volumen der gesamten Anlage:
13,46 m³

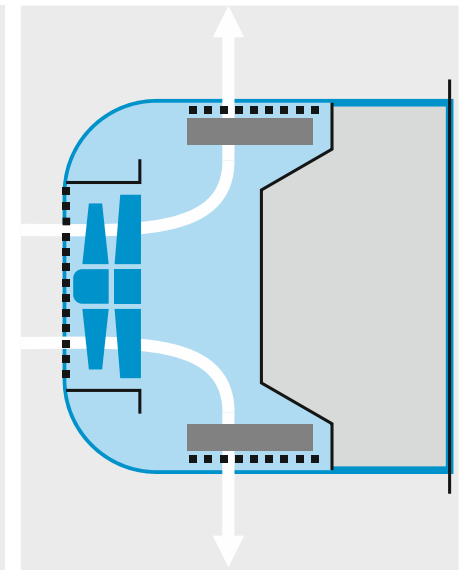
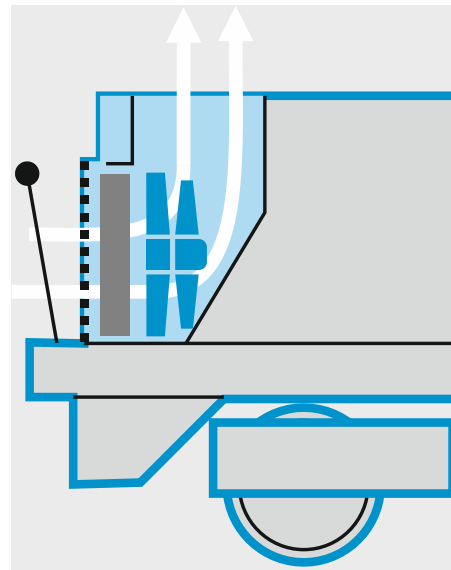
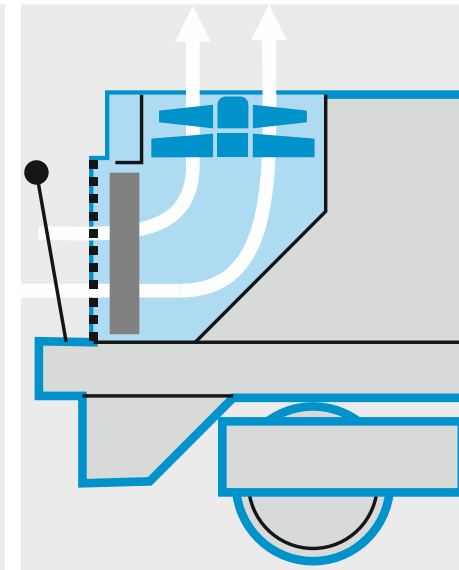
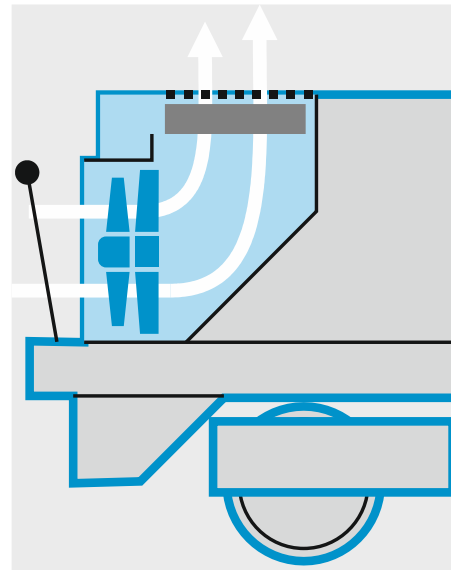
Quelle: Kuzmitsch/Krawez/Dannehl: „Ein Beitrag zur Erhöhung der Effektivität der Kühlanlage der Diesellokomotiv-Baureihe 132 der DR“, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“, Heft 5/1990, S. 935 ff.

10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Kühlerbauarten

Stirnkühler

- Ausnutzung der Fahrzeuganströmung bei Vorwärtsfahrt
- unterschiedliche Anströmbedingungen bei Vorwärts- und Rückwärtsfahrt
- kleine Anströmflächen an der Fahrzeug-Stirnwand
- nur für Triebfahrzeuge mit kleiner Leistung geeignet
- bei Triebwagen nicht mehr angewandt

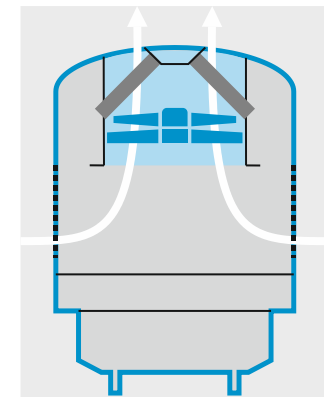
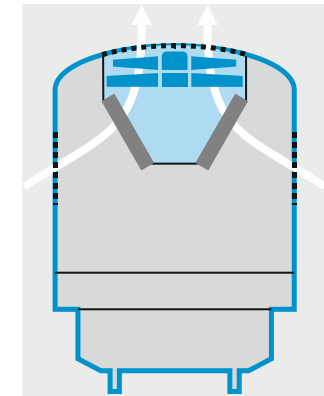
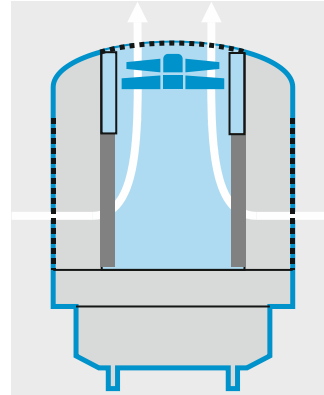


10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Kühlerbauarten

Seitenwandkühler

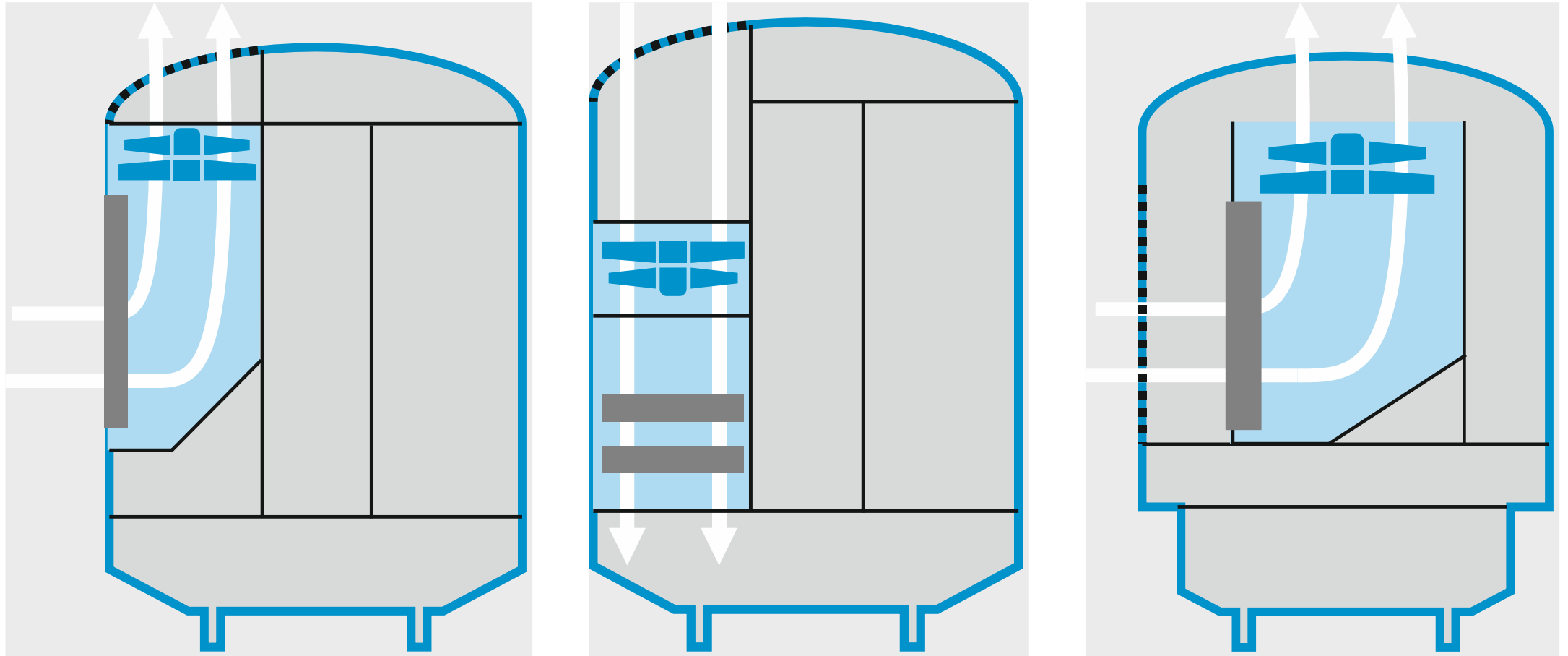
- Luftzufuhr unabhängig von Fahrtrichtung
- geeignet für hohe Geschwindigkeiten
- hoher Luftdurchsatz möglich
- geeignet für hohe Leistungen
- geringe Verschmutzungsneigung
- häufigste Bauart



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Kühlerbauarten

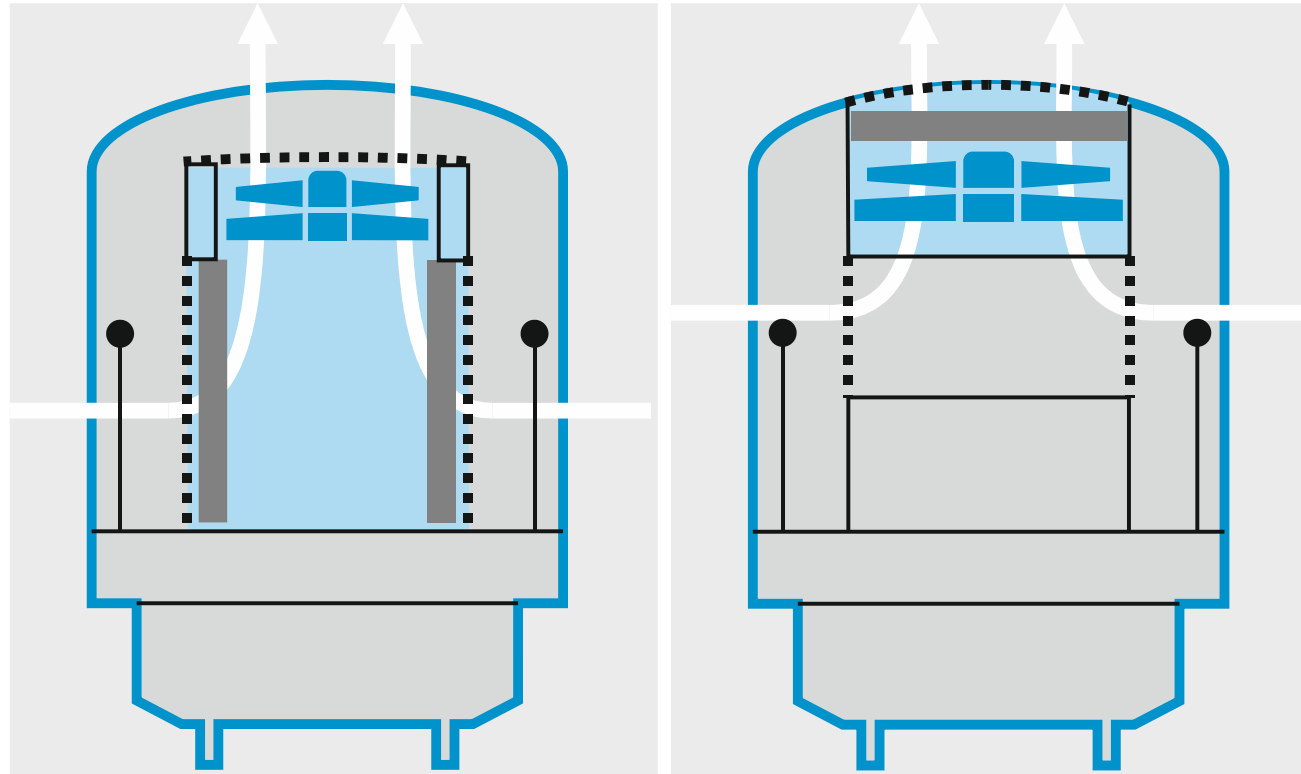
Seitenwandkühler - weitere Varianten



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Kühlerbauarten

Seitenwandkühler im Vorbau

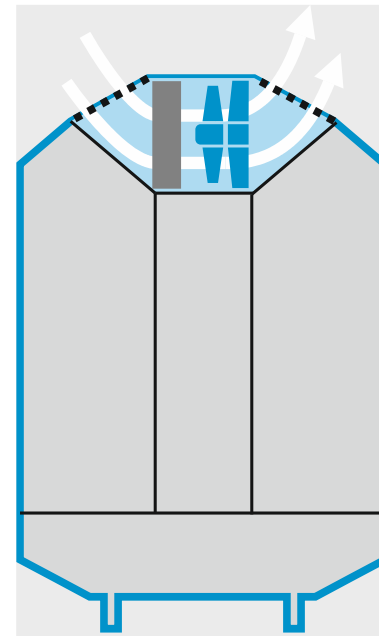
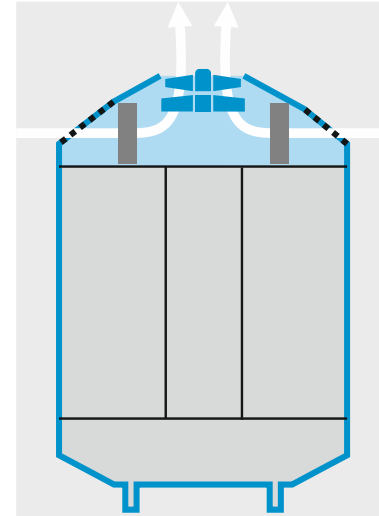


10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen - Kühlerbauarten

Dachkühler

- geringe Verschmutzungsneigung
- geringe Aufheizung der Kühlluft
- u.U. aufwendige Verrohrung

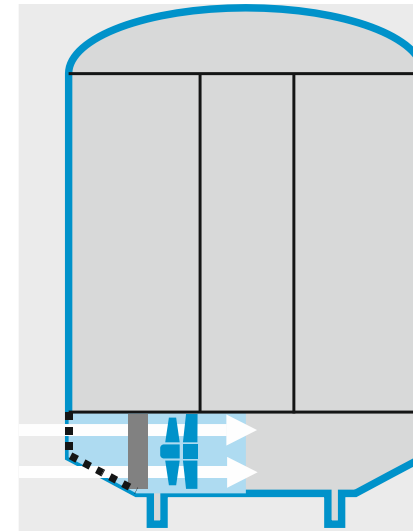


10. Hilfs- und Nebenbetriebe

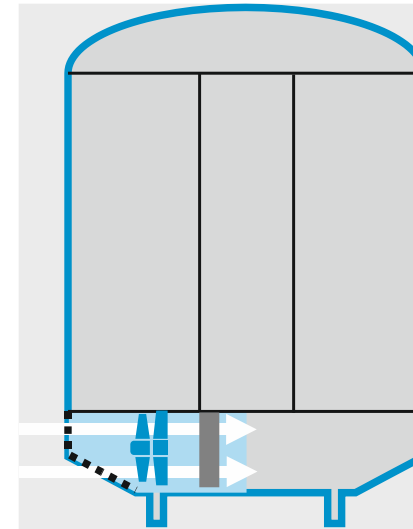
10.4 Kühlanlagen - Kühlerbauarten

Unterflurkühler / PowerPack-Kühlanlage

- hohe Verschmutzungsneigung
- Aufheizung der Kühlluft
- einfache Verrohrung (nah am Dieselmotor)



Unterflurkühlanlage mit ziehenden Lüftern



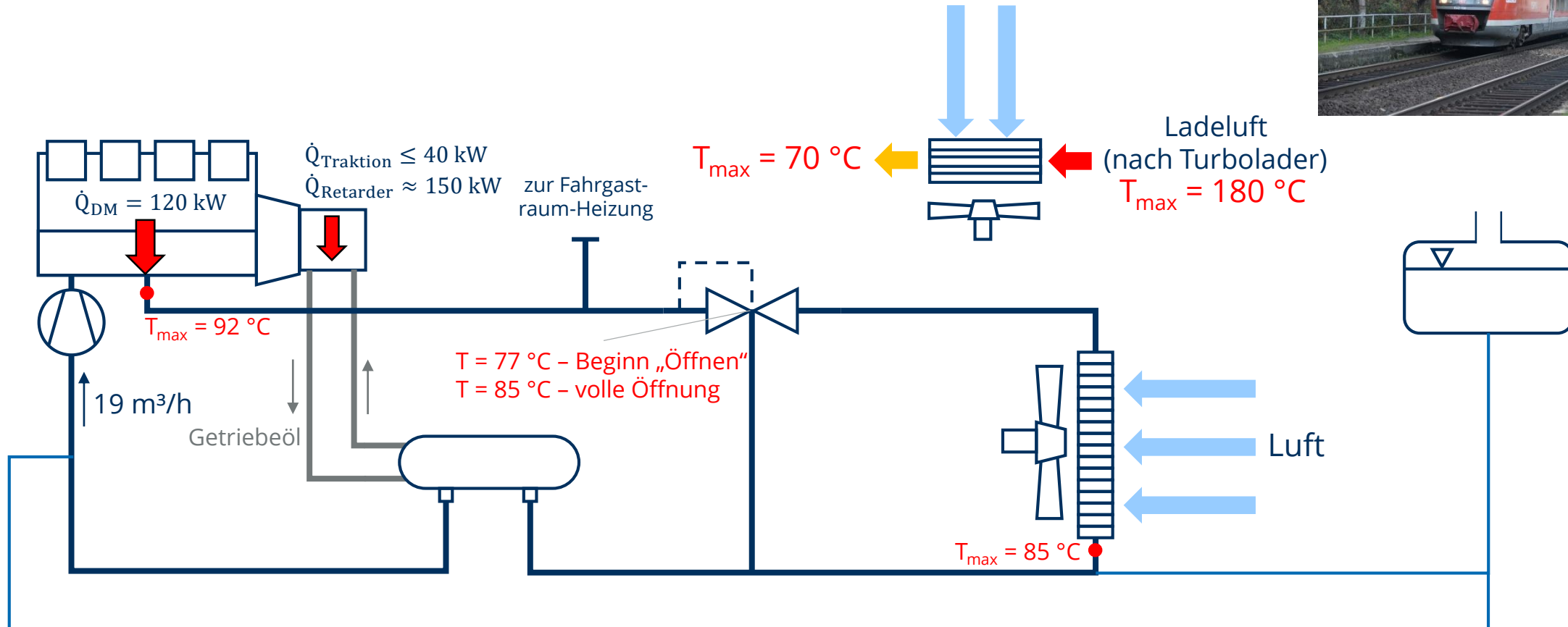
Unterflurkühlanlage mit drückenden Lüftern



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Beispiel: BR 642 - Einkreis-Kühlanlage mit Luft-Ladeluftkühlung



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Beispiel: BR 642

1. Welche Nenn-Wärmeströme werden in der Zeichnung angegeben?

Dieselmotor: 120 kW, Getriebe: 40 kW (Traktion) bzw. 150 kW (Retarder), Ladeluft: 56 kW

2. Wieso werden im Motorwasser-Kühler „nur“ 160 kW abgeführt?

Wärmeströme von Motor und Getriebe (Traktion) = 160 kW, Ladeluftkühlung separat über Luft-Luft-Kühler, Gleichzeitigkeit von Motorvollast und Retarderbetrieb ausgeschlossen

3. Wie hoch ist die maximale Kühlwasser-Temperatur und ab wann wird durch die Leittechnik eine Warnmeldung ausgegeben?

max. 92 °C, Warnung ab 94 °C (Motorstopp bei 99°C)

4. Ab welcher Kühlwassertemperatur wird der Motorwasser-Kühler überhaupt erst mit in den Kreislauf einbezogen? Warum gibt es überhaupt eine untere Grenze?

ab 77 °C, Kühlwassertemperatur soll konstant auf über 77 °C gehalten werden (Wärmespannungen im Motor vermeiden, Reibung im Motor minimieren)



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Beispiel: BR 642

5. Wie viele Kühlerlüfter sind in der Anlage verbaut und wie werden sie angetrieben?

2 Stück (je einer für Motorwasser- und Ladeluftkühler), hydrostatisch angetrieben

6. Welche Kühlwassermenge wird pro Stunde umgewälzt?

max. $19 \text{ m}^3/\text{h} = 316,7 \text{ L}/\text{min} = 5,28 \text{ L}/\text{s}$

7. Für welchen Kühlluft-Temperaturbereich ist die Anlage ausgelegt?

max. $50 \text{ }^\circ\text{C}$

8. Schätzen Sie den Leistungsbedarf der Kühlwasserpumpe ab. Wie wird die Pumpe angetrieben?

Volumenstrom = $19 \text{ m}^3/\text{h}$, Druckabfall mindestens $0,7 \text{ bar}$ – $P = \dot{V} \cdot \Delta p = 19 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 0,7 \text{ bar} = 370 \text{ W}$

Pumpen direkt (mechanisch) vom Dieselmotor angetrieben



10. Hilfs- und Nebenbetriebe

10.4 Kühlanlagen

Beispiel: BR 642

9. Wofür wird das Kühlwasser im Fahrzeug noch benutzt?

Fahrzeugheizung, Motorvorwärmung bei Leerlauf im Winter

10. Wie hoch ist die Nenntemperatur des Dieselmotorabgases?

530 °C

