

Best Practice 1

# Refit Rollmaterial LION – Modernisierung

» **4. Forum EE**

24.01.2017, Olten

» **Ralf Hofer, SBB**

# Agenda

1. Einführung LION - Projekt
2. Energiesparpotentiale  
Fahrzeugklimaanlagen
3. Klimatisierungskonzept DPZ+
  - » Energieversorgungsanlage,  
Netzwerke»
  - » Luft-/Energieverteilkonzept»
  - » Kompaktklimagerät mit  
Wärmepumpenfunktion»
  - » Ergebnisse Wärmepumpentest »
  - » Resumé Wärmepumpe Bahn »
  - » Energie»spar»-Anteile HLK-Anlage

# "LION": Vier Projekte unter einem Dach



- L** Lifting Re 450, AB, B, Bt DPZ
- I** Integration NDW
- O** Optimierung DPZ in DPZPlus
- N** Neugestaltung B DPZ in HVZ-D



**DPZPlus : 113 Kompositionen SBB und 2 Kompositionen SZU mit je 1 NDW  
 8 B-Wagen SZU**



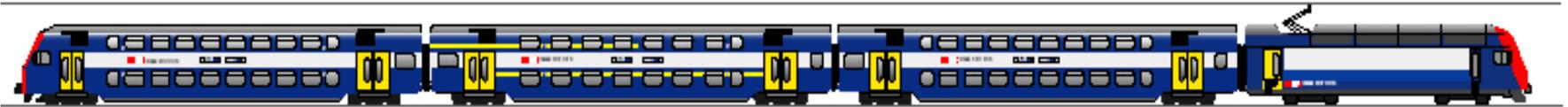
**HVZ-D : 30 Re 420**

**113 Zwischenwagen, davon 35 umgebaut in AB-Wagen**

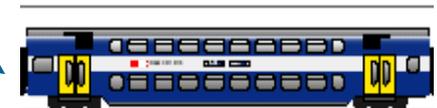
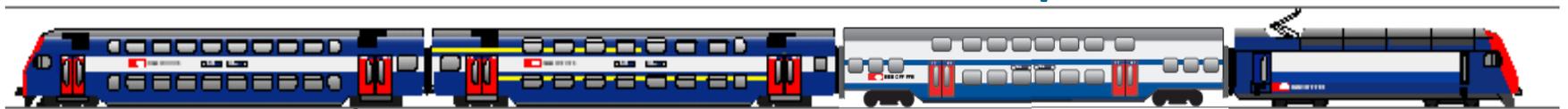
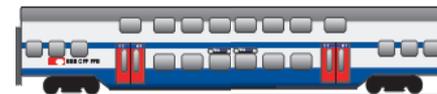
➔ **Zugbildung von 13 HVZ-D Züge: 7 Züge à 6 Zw., 6 Züge à 10 Zw.**

# LION: DPZ+ Zugkonzept

» bisherige Komposition DPZ



» Ersatz B-Wagen durch neuen Niederflur-Doppelstockwagen (NDW)



➔ HVZ-Doppelstockzug

»



# Projektziele & -inhalte DPZ → DPZ+

(Stand Projektstart 2009)

## Ziele:

- Werterhaltung für die nächsten 20 Jahren
- Vereinheitlichung Komfort- & Informationsniveaus sowie Sicherheit

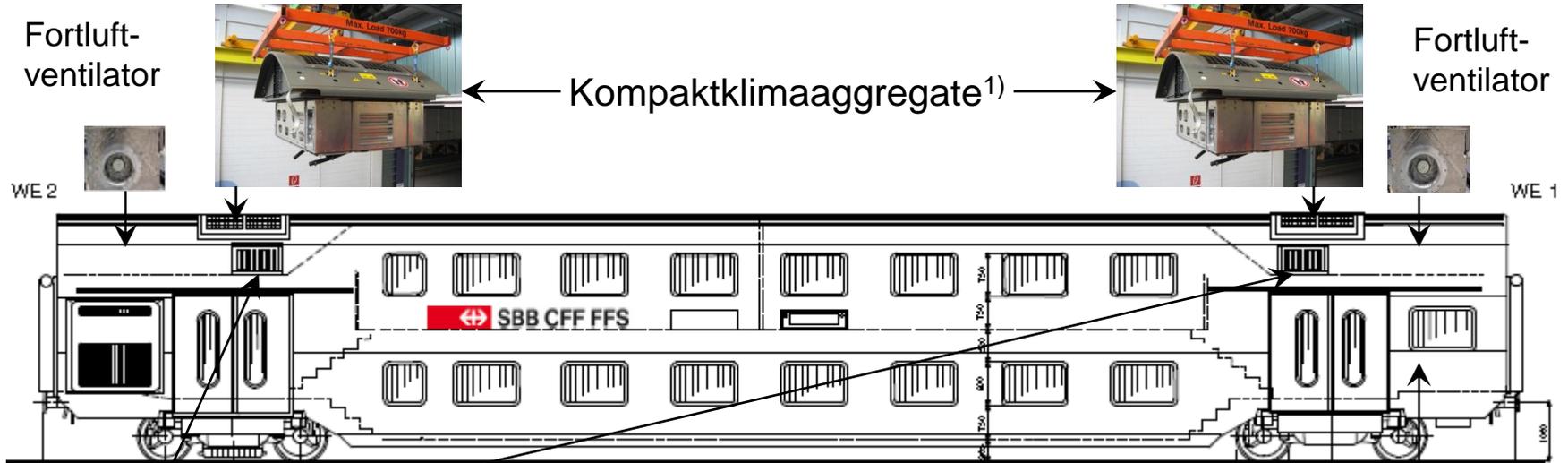
## Inhalte:

- Integration Fahrgastraum-Klimaanlage in Bt Steuer- & AB-Zwischenwagen DPZ
- Optimierung der Fahrgast-Informationssysteme
- Massnahmen zur Einhaltung der aktuellen Brandschutznormen
- Sanierung Aussenkasten & Neuanstrich aller DPZ-Wagen und Re 450
- Erneuerung Innenausbau, d.h. Polster und Ersatz Bodenbeläge
- Technische Ertüchtigung elektronische Systeme und Komponenten

# Energiesparpotentiale Fahrzeugklimaanlagen

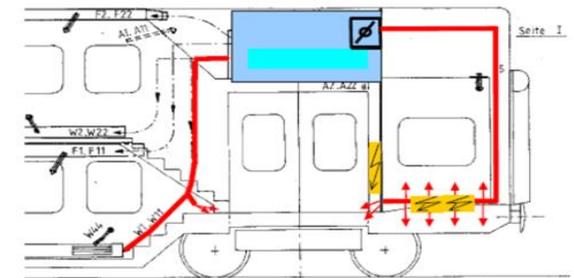
Hardware	DPZ+	Automation/Software	DPZ+
Kein Nachheizen sowie geregeltes Entfeuchten		FreeCooling, FreeHeating	
Bivalenter Betrieb Kälte- als Wärmepumpe		Besetzungsabh. Regulierung Aussenluftvolumenströme	
Transmissionsverluste & Infiltration Fahrzeug senken		Schlummerbetrieb u./o. energieoptimiertes Abstellen	
Wärmerückgewinnung aus Fortluft, Abwärmenutzung		Opt. Vorheizen, Vorkühlen mit Umluft	
Frequenzumformer, EC-Motoren, Leistungskaskadierung Heizer		Stufenlose Leistungsregulierung Kälte- & Wärmepumpen, Ventilatoren	
Druckverlustoptimierte Luftverteilsysteme		Busbasierte Leitsysteme zur opt. Verbrauchergruppen	
Mischluftanlagen		Bedarfsabhängige Zuluftvolumenstromregulierg.	

# Klimatisierungskonzept DPZ+ AB-Wagen



Aussenluftansaugung,  
 Düsenlüftungsgitter  
 (Wetterschutz)  
 und Luftfilter

**Neugestaltete Zuluftversorgung  
 Einstieg-Treppe sowie Drängelzone**  
 Zulufteinblasungen zum Unterdeck zur  
 schnelleren Kompensation von Kaltluft-  
 einträgen bei Türöffnung im Winter sowie  
 bei der Türsäule am Einstieg  
 ventilierte Nachheizkörper Drängelzone



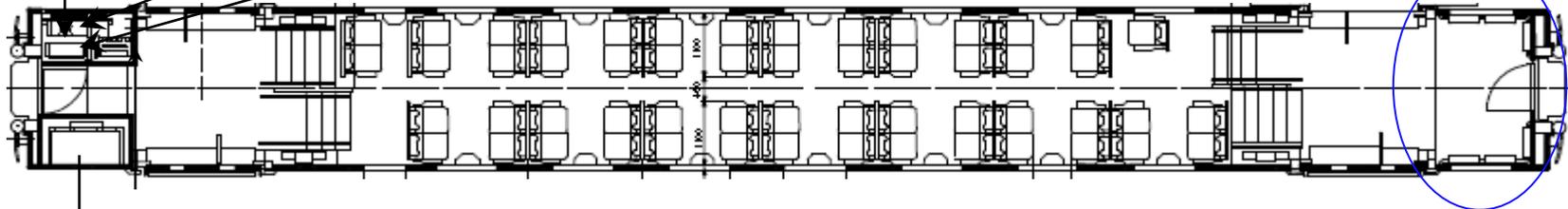
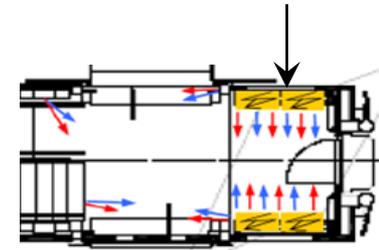
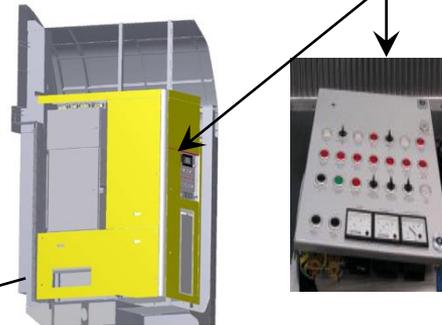
NUR-LUFT-Klimaanlage mit zentraler Luftaufbereitung in 2 baugleichen  
 Kompaktklimaaggregaten<sup>1)</sup> pro Fahrzeug (AB & Bt identisch)

# Klimatisierungskonzept DPZ+ AB-Wagen

HS- & NS- Schaltschrank



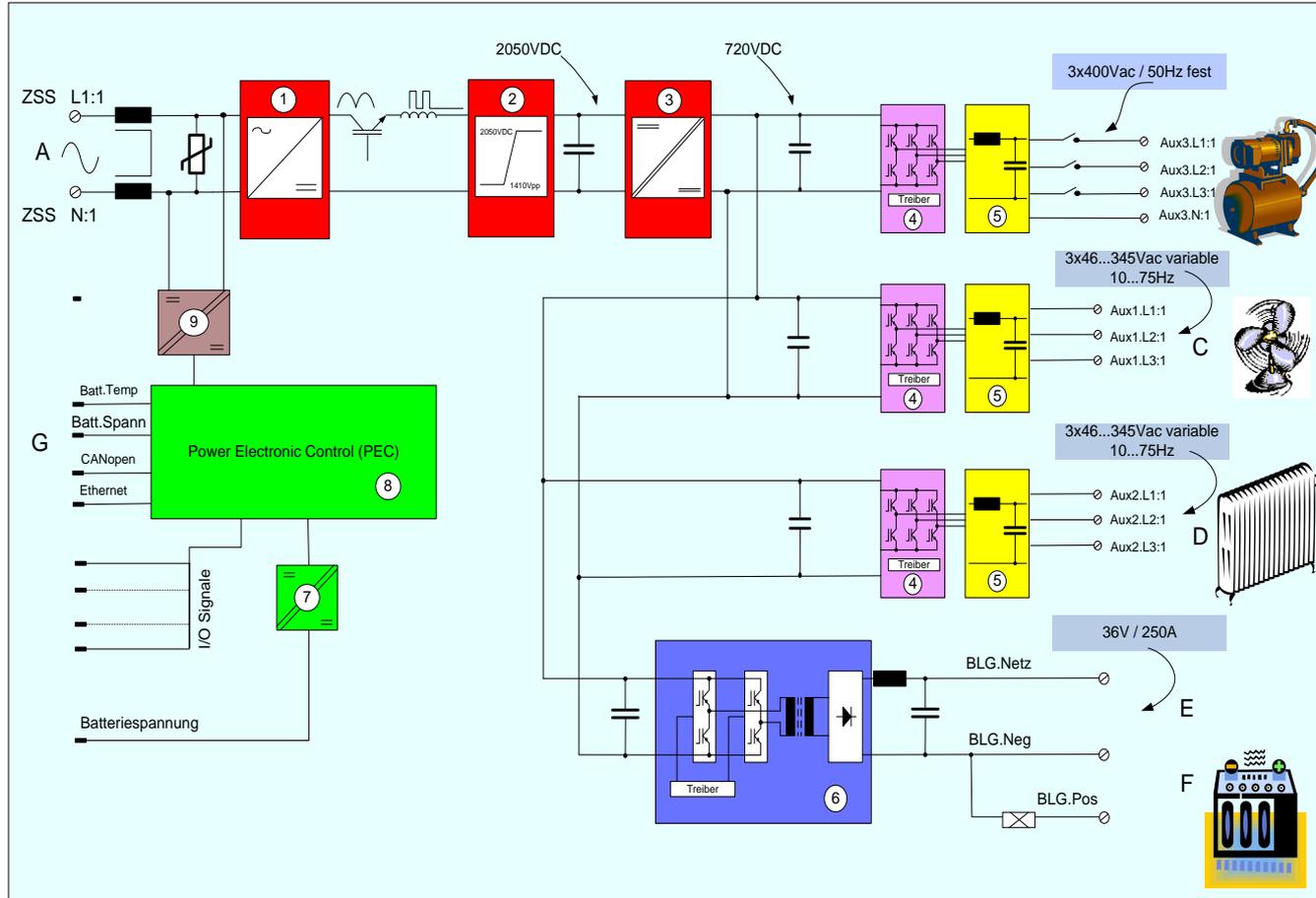
Umbau Bedientafel Neu gestaltete Drängelzone



Neue Energieversorgungsanlage (EVA) Borderline® M80 AC 80 009A<sup>2)</sup>  
 mit Zwangskühlung mit stufenlos steuerbaren EC-Ventilator sowie  
 Apparateschrank anstelle bisherigem WC

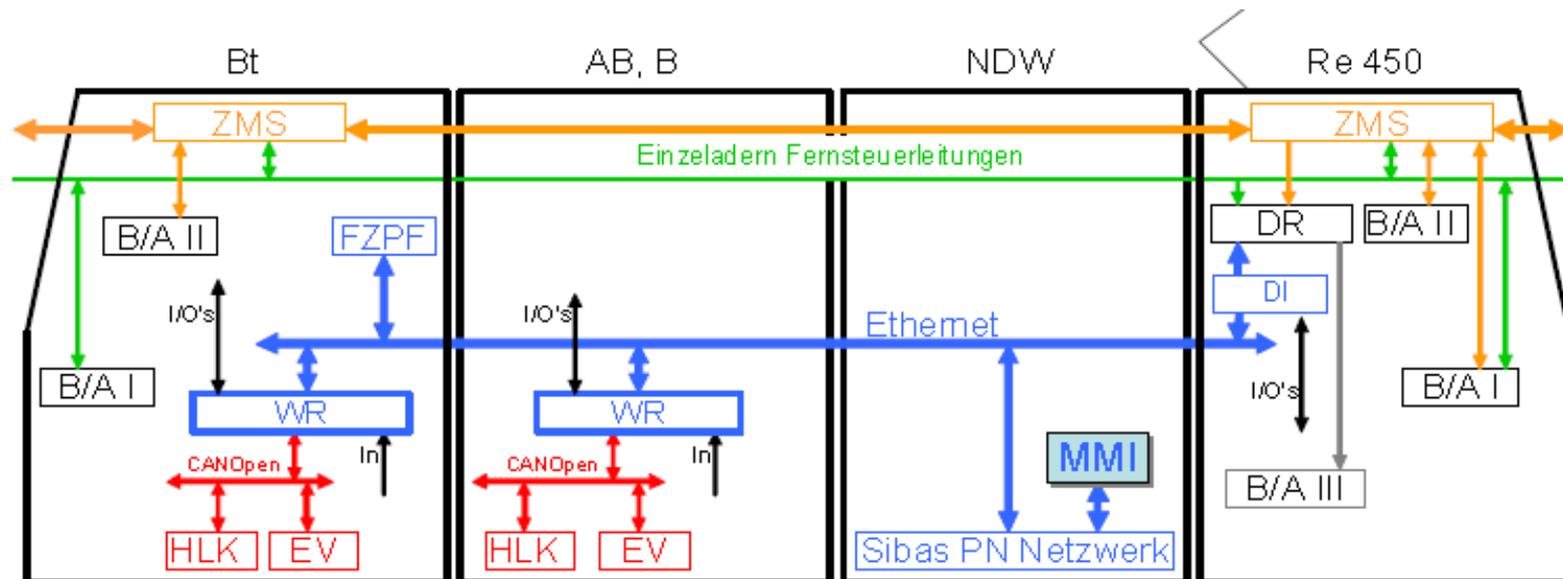
Neue Energieversorgungsanlage<sup>2)</sup> sowie komplett erneuertes elektrisches  
 Schaltmaterial Hoch- und Niederspannung

# Energieversorgungsanlage<sup>2)</sup>



EVA Borderline® M80 AC 80 009A, <sup>2)</sup>Lieferant ABB Schweiz mit Eingangsteil an ZSS ab 1000V; Ausgangsteil fixer Wechselrichter (WR) S= 40kVA, U= 400VAC, f= 50Hz sowie 2 variable WR S= 23.9 kVA, U= 46 .. 345 VAC, f= 10-75Hz

# Netzwerk Topologie DPZ+



Neue Leitechik pro Wagen - Wagenrechner (WR) sowie je 1 Klima- & Diagnoserechner inkl. 1 Multifunktions- sowie analog-I/O-Modul pro Klimagerät (HLK) sowie Leitreehner EVA mit I/O - Anbindung via CanOpen; Wagenrechner für Diagnose sowie Instandhaltungsprüfläufe via Ethernet vernetzt mit Diagnoseschnittstellenreehner auf der Lok Re450

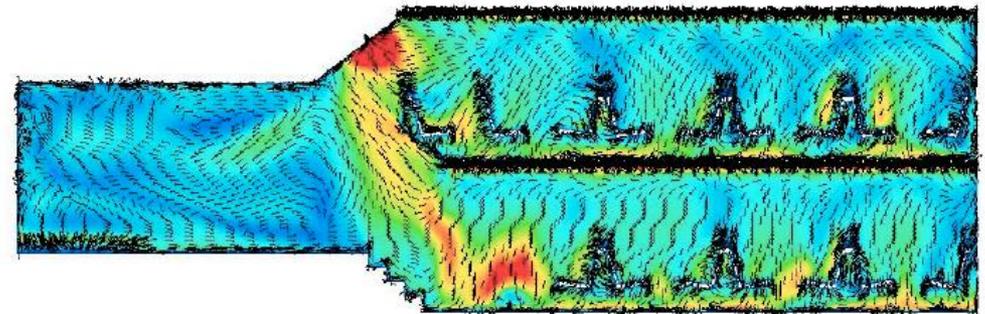
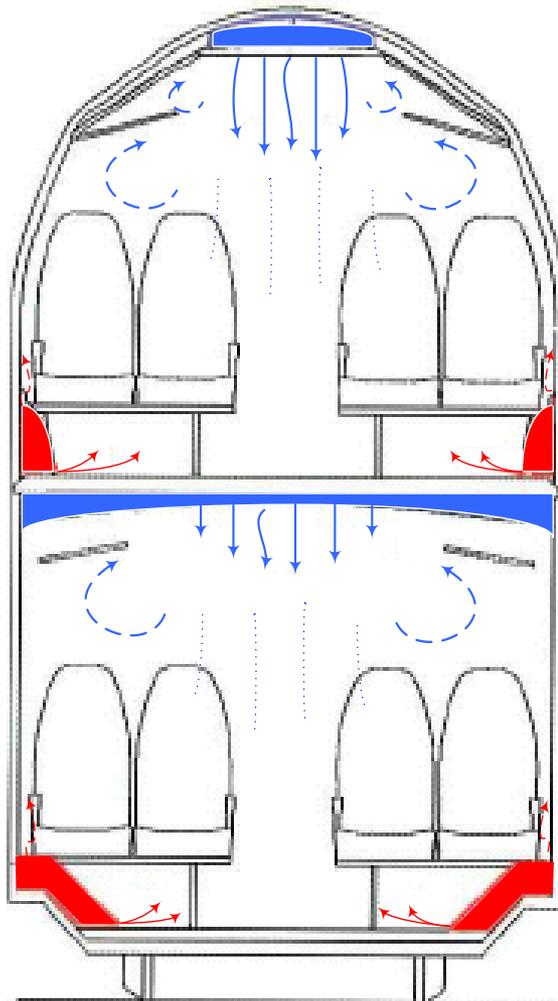
# Konzept der Luftverteilung in den Fahrgasträumen

Bewährtes Grundprinzip der Luftzufuhr in den Fahrgasträumen:

- Warmluft über Kanäle im Bodenbereich
- Kühlluft über Multilochdecke im Deckenbereich

Grundprinzip wurde unverändert übernommen.

Multilochdecke sowie Primärverteilung Warmluft wurde angepasst



- ← Zuluft Kühlen
- ← Zuluft Heizen
- ← Sekundärluft

CFD Analyse zur Optimierung der Luft- / Energieverteilung des DPZ+ im Auftrag Fa. Liebherr Transportations<sup>1)</sup>

# Klimaaggregat mit Wärmepumpenfunktion<sup>1)</sup>

**Kälteleistung:**  $\Sigma$  32.0 kW; stufenlos steuerbar  
 UD: 14.0 kW, OD: 17.0 kW

**Heizleistung:**  $\Sigma$  28.0 kW; getaktet oder WP  
 UD: 10.5 kW, OD: 17.5 kW

**Zuluftvolumenstrom:**

-  $\Sigma$  2'900 m<sup>3</sup>/h; stufenlos steuerbar  
 UD+ZD / OD: 1'680 / 1'220 m<sup>3</sup>/h

**Aussenluftvolumenstrom:**

- Max. / Min.: 1'450 / 800 m<sup>3</sup>/h



Deckenkanal  
Unterdeck

Bodenkanal  
Unterdeck

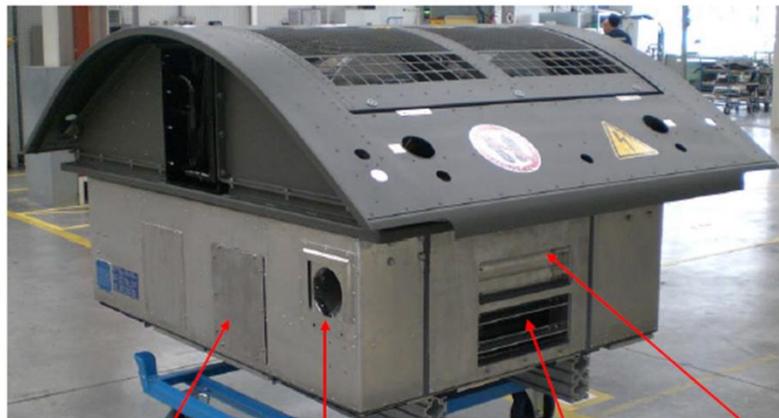
Deckenkanal  
Oberdeck

Bodenkanal  
Oberdeck

Einspeisung  
X1, X2, X3, X4

Umluft

Aussenluft



Öffnung für  
Fahrerstand  
(geschlossen)

Öffnung für  
Zwischendeck  
(offen)

Umluft

Aussenluft

**Verflüssigerluftvolumenstrom:**

- Max./Min.: 12'000 / 6'000 m<sup>3</sup>/h

**Kältemittel:**

- R134a, Füllmasse 13 kg

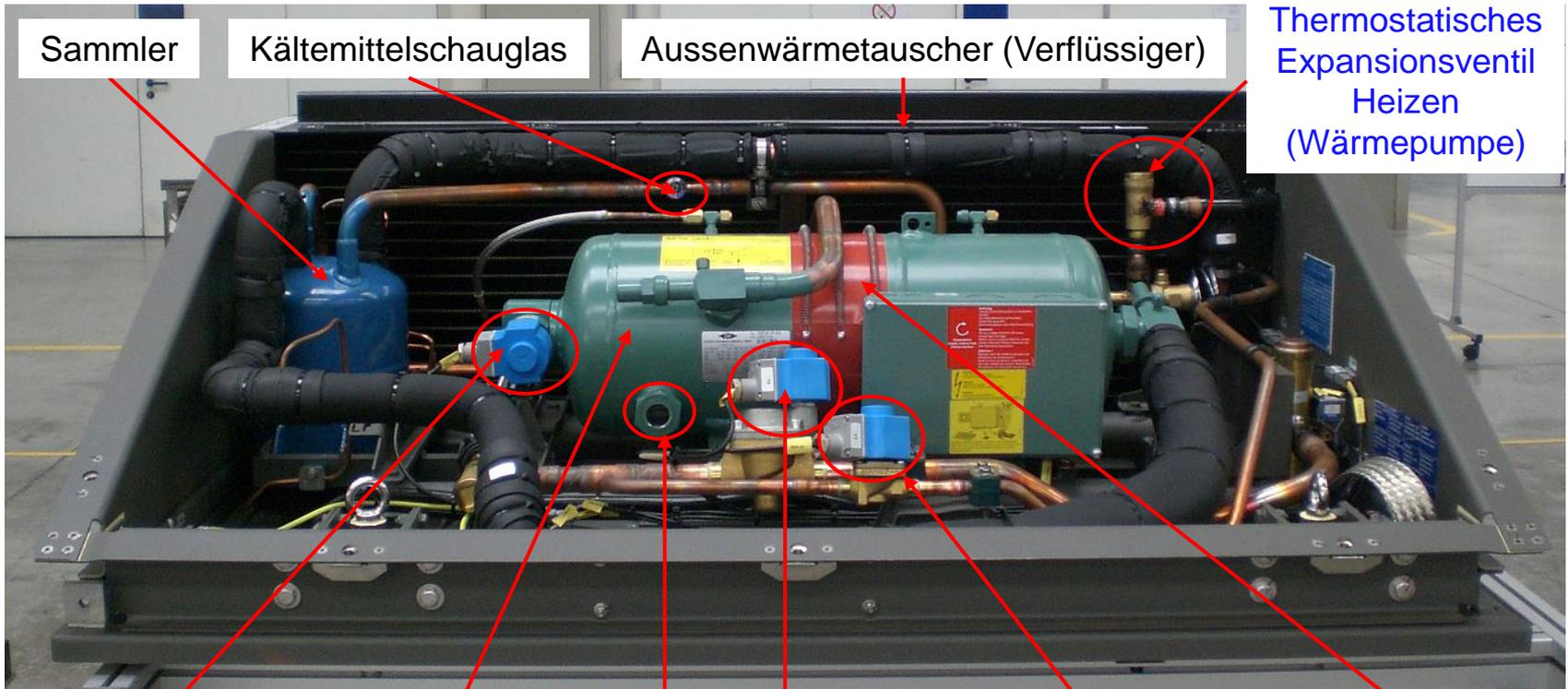
**Dimensionen:**

- Länge/Breite/Höhe: 1'500/2'103/1'002 mm

**Masse:** 630 kg

<sup>1)</sup>KKG Lieferant Fa. Liebherr Transportation Systems

# Verdichter-Verflüssiger-Aggregat



Sammler

Kältemittelschauglas

Aussenwärmetauscher (Verflüssiger)

Thermostatisches  
Expansionsventil  
Heizen  
(Wärmepumpe)

Magnetventil  
Leistungsregler  
Verdichter

Verdichter VSK  
3161-15  
Fa. Bitzer

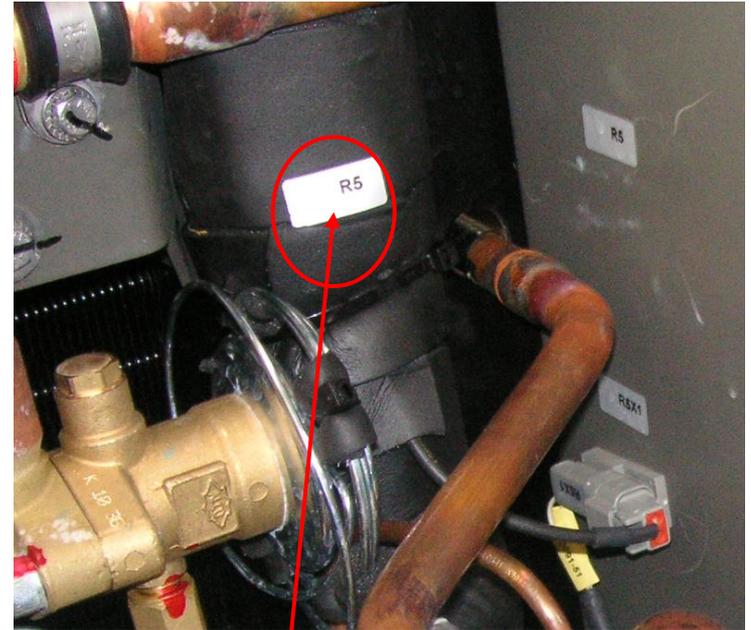
Ölschauglas

Magnetventil  
Heissgasabtauung

Magnetventil  
Druckregelung  
Heissgasabtauung

Heizmanschette  
Verdichter

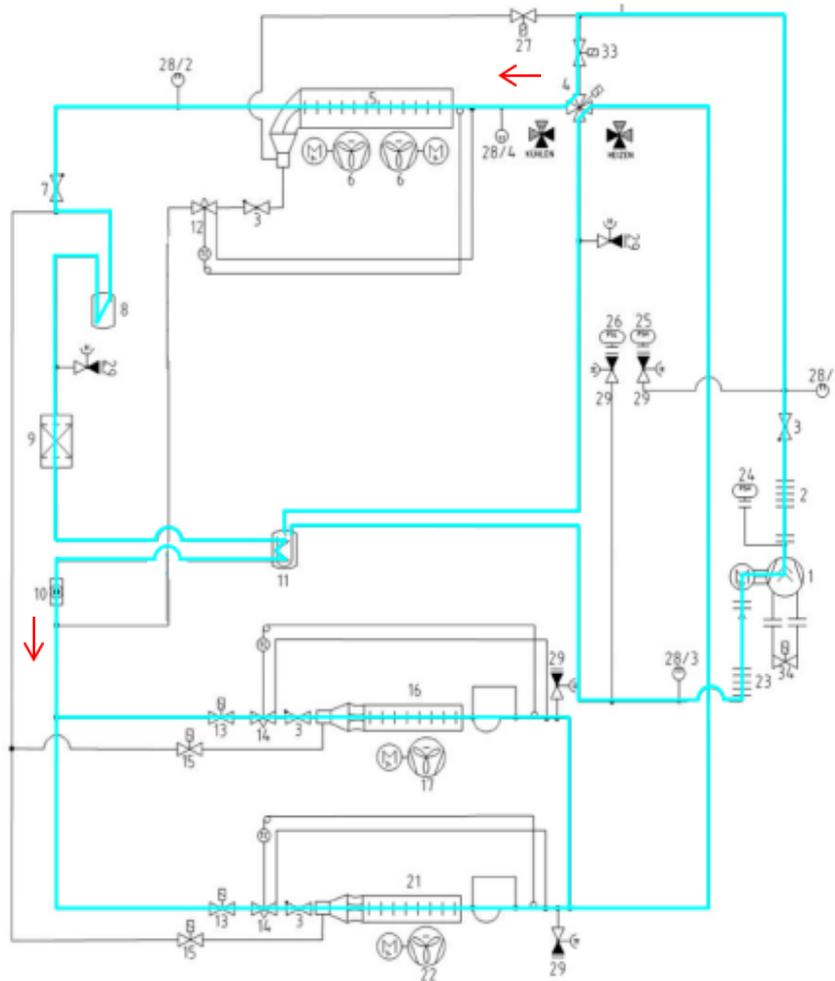
# Verdichter-Verflüssiger-Aggregat



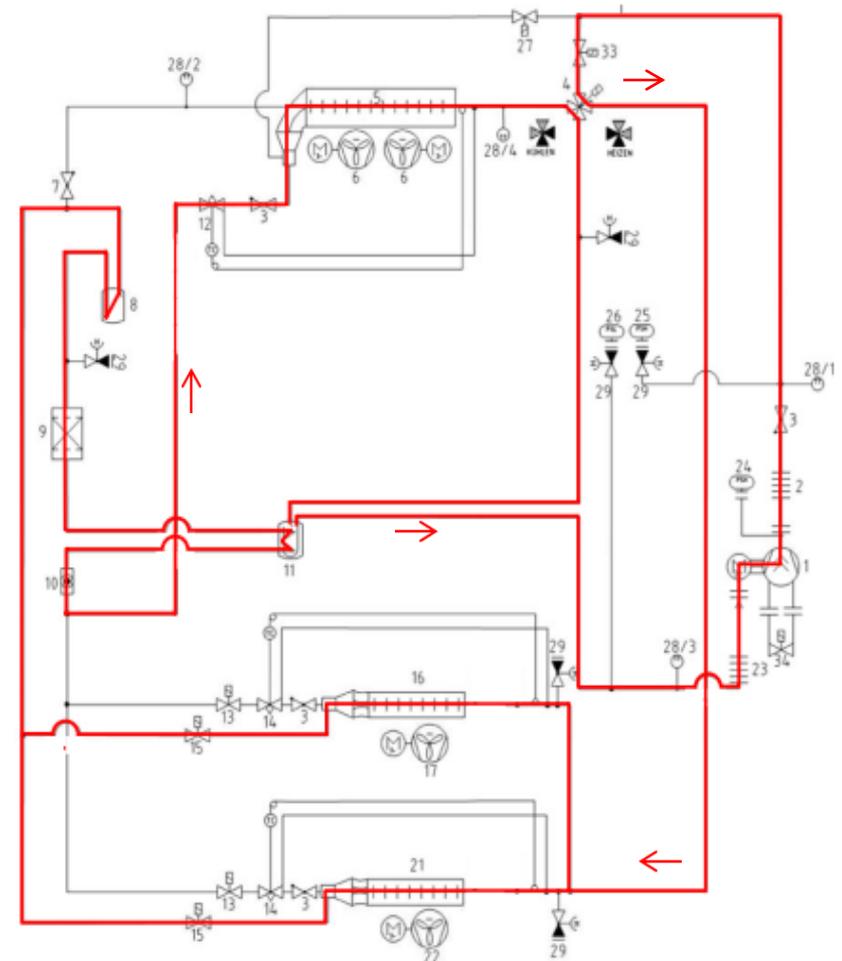
Abtautempersensord

4/2 Wegeventil für Umschaltung Kühlbetrieb /  
Wärmepumpenbetrieb

# Schaltung Kälte- & Wärmepumpenbetrieb



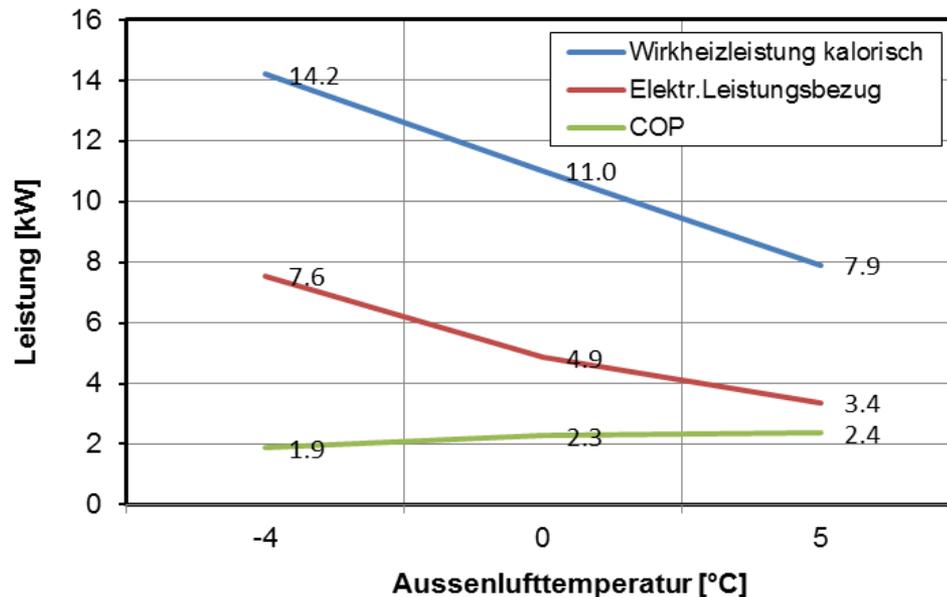
Kältekreislauf = Kühlbetrieb



Wärmepumpenbetrieb = Heizbetrieb

# Ergebnisse Wärmepumpentest, Teil 1

Prüffeld der Firma Liebherr Transportation Systems Korneunburg beim FAI des Klimaaggregates. Auszug aus Bericht Typprüfung 91768PGT0035\_Report\_1.0



**Leistungskennziffer:**

$$\text{COP} = P_W / P_{EI} \text{ (Nutzen/Aufwand)}$$

Übliche Industrie-Wärmepumpen Luft/Wasser Applikationen liegen bei COP > 3.2<sup>3)</sup>



<sup>3)</sup> [http://www.effiziente-waermepumpe.ch/wiki/Leistungszahl\\_\(COP\)](http://www.effiziente-waermepumpe.ch/wiki/Leistungszahl_(COP))

# Typentest HLK Klimakammer Olten

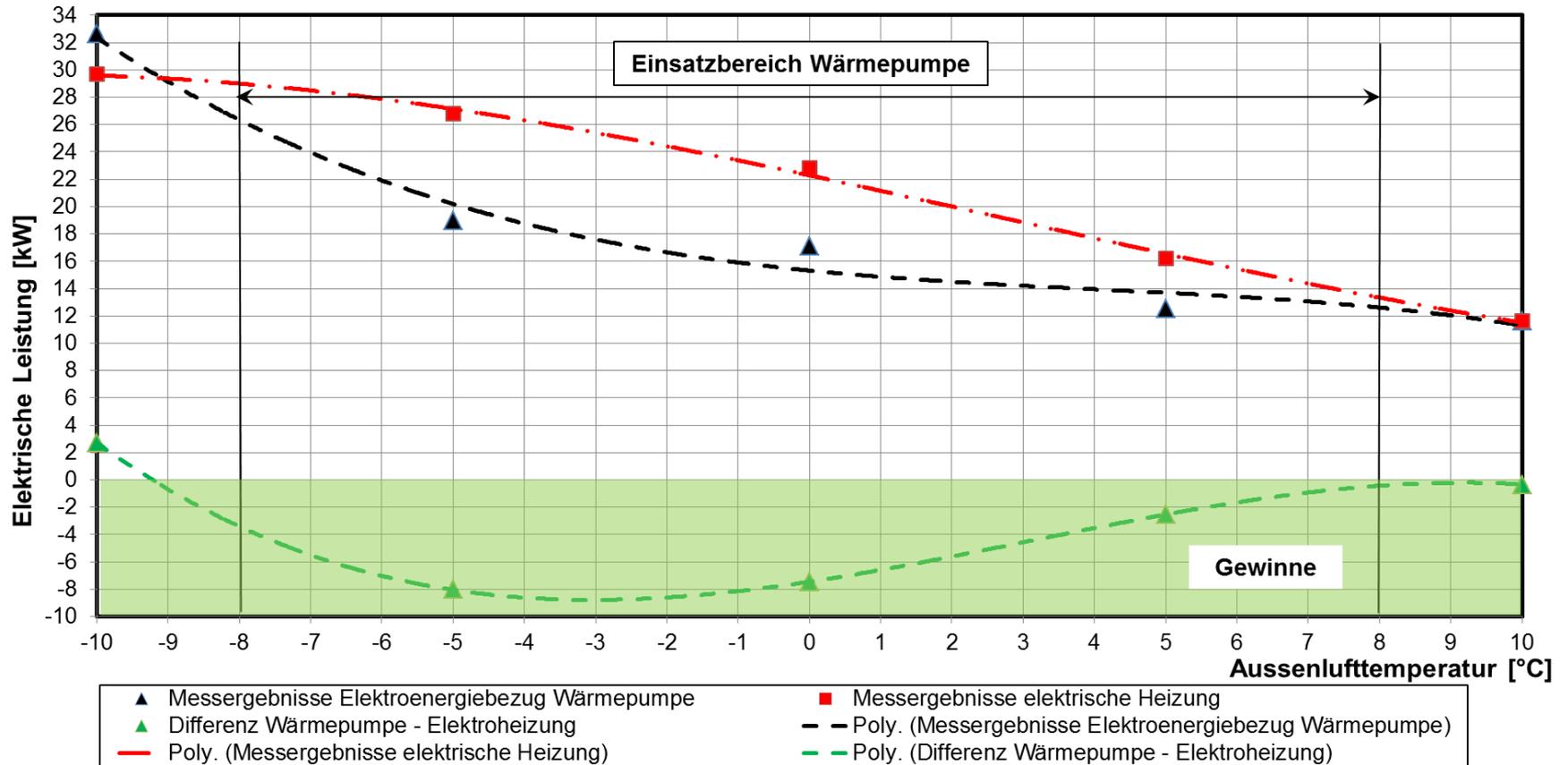
(Seit 2015 akkreditierte Prüfstelle STS 0641)

Untersuchungen & Optimierungen an vier Prototypfahrzeugen je 2 AB- und 2 Bt-Fahrzeugen durchgeführt.  
Es erfolgten Prüfungen gemäss EN14750-2 & EN14813-2 sowie SBB



Pro Fahrzeug wurden gegen 250 Sensoren zur Erfassung, Beurteilung des thermischen Komforts sowie ca. 30kW Wärmelasten & Luftbefeuchter eingebaut, um die Abwärme der Fahrgäste & den Einfluss der Sonne zu simulieren. Hierzu wurden ca. 5'000 m Kabel im Fahrzeug installiert

# Ergebnisse Wärmepumpentest, Teil 2



Vergleichsmessungen Wärmepumpe-Elektroheizung DPZ+ AB-Prototyp 2, 09/2012

➔ *Energieeinsparung durch Wärmepumpenbetrieb auf der DPZ+-Flotte beträgt  $\approx 2.5$  GWh/Jahr. Dies entspricht dem Energiebedarf von ca. 360 Haushalten oder einer Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses um ca. 500t.*

# Wärmepumpenanwendung im Bahnbetrieb

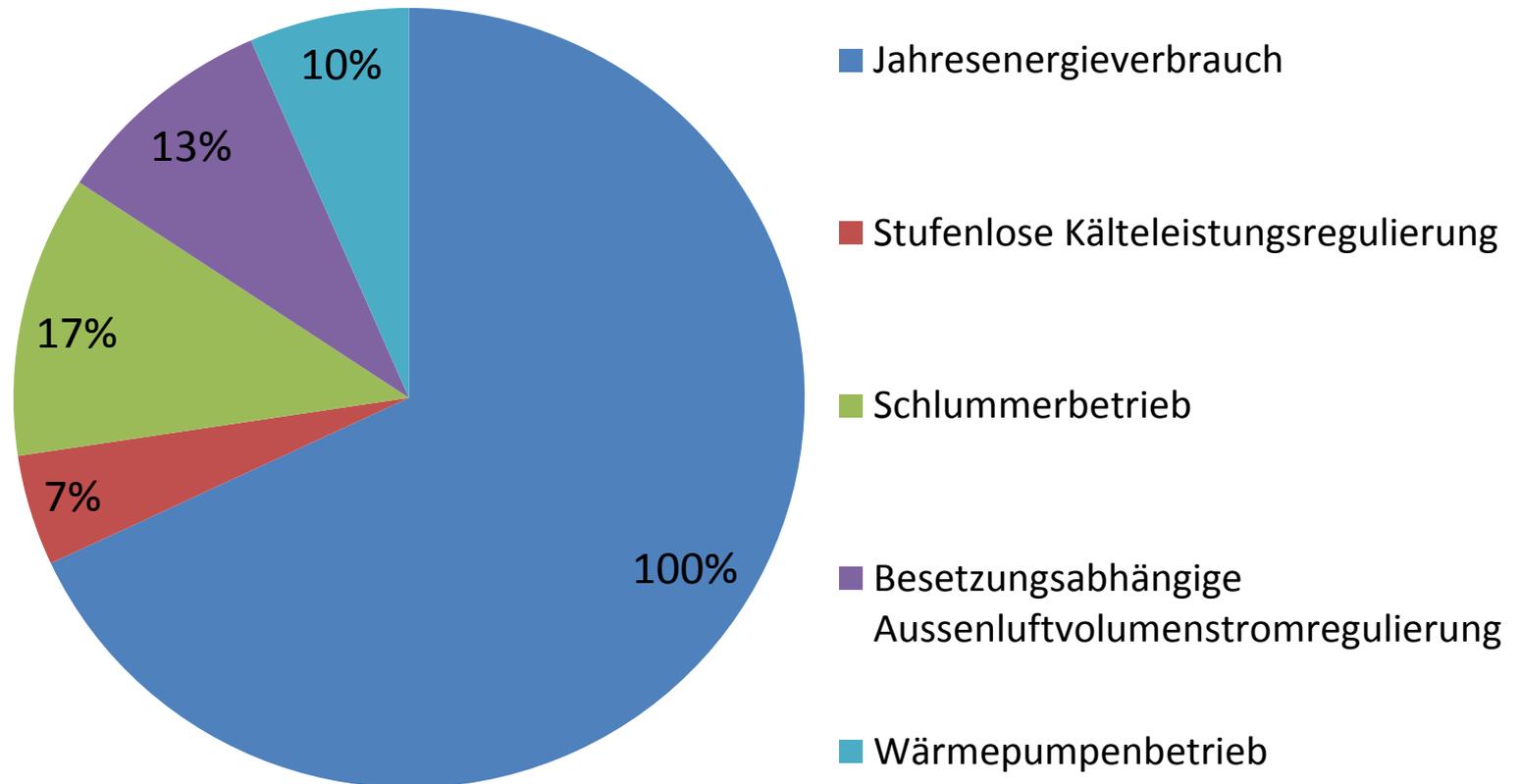
## Pro

- Hohes Energieeinsparpotential
- Je nach Aufbau der Kälteanlage relativ geringer Modifikationsaufwand, wenig Zusatz- & Verschleissteile
- Zweckmässig bei NUR-Luft Klimaanlageanlagen, d.h. keine Grundlastheizungen, wie Konvektions- oder Flächenheizungen (Boden, Seitenwand)
- Bietet Redundanzen, da Elektroheizsystem auf Grund bestehender Einsatzgrenzen der Wärmepumpe ebenso erforderlich werden.

## Contra

- Leistungszahlen tiefer als bei Industrieapplikationen, da Wärmeübertrager auf Grund Platzverfügbarkeit in Fahrzeugen eher zu klein
- Komplexe Regulierung mit Enteisung/Abtauverhalten
- Laufzeiten, Verschleissverhalten der Kältekompressoren
- Lärmemissionen Abstimmung (Nachts Abschaltung Wärmepumpe)
- Je nach Einbauort der Aggregate höhere Sensivität gegenüber Witterungseinflüssen (Schnee, Eis)

# Energie»spar»anteile - HLK DPZ+





# Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

- » **4. Forum EE**  
24.01.2017, Olten
- » **Ralf Hofer, SBB**