

Ausblick Air Cycle Technologie

Reinhard Aigner | Liebherr-Transportation Systems GmbH & Co KG

Abschlussfachgespräch zum
Umwelt-Forschungsprojekt zur
Klimatisierung von Zügen

Berlin, 25. Januar 2018

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

LIEBHERR

Umwelt 
Bundesamt



Air Cycle im Unterdruckprozess

Eingesetzt im ICE 3 (2.BS)

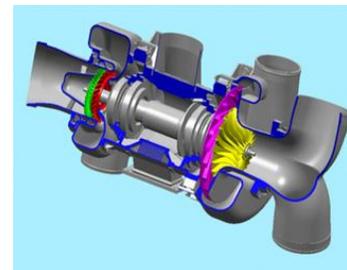
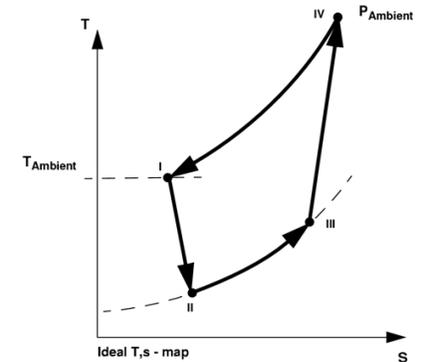
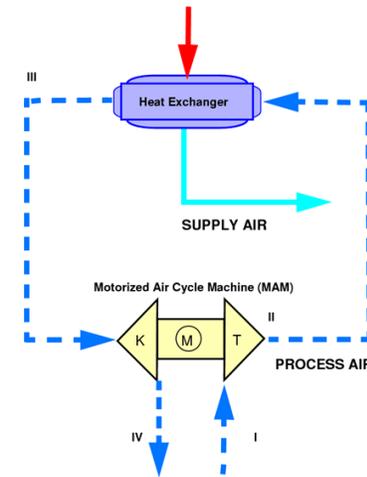
- Kälteerzeugung mit wartungsfreier Turbomaschine
- Stufenlose Kälteleistungsregelung 0-100%

Vorteile

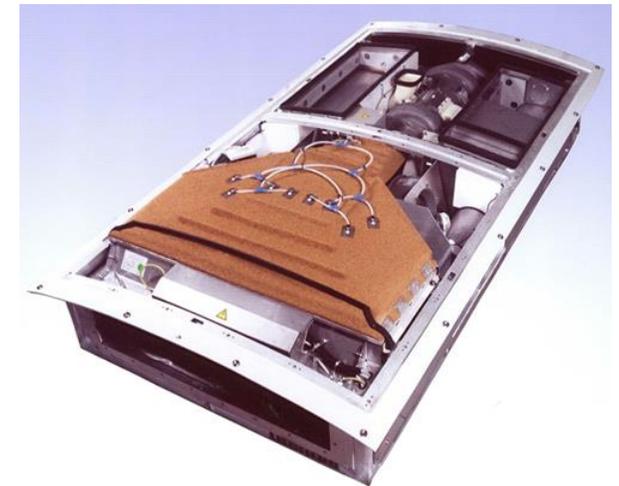
- Kältemittel Luft – keine Umweltbelastung durch Kältemittel
- Betriebsfähig auch bei extremen Umgebungsbedingungen – keine prozessbedingte Grenzen
- Hohe Regelgüte - hoher Passagierkomfort
- Einfacher Aufbau, einfache Wartung (keine klassische Kälteanlage) – kurze Wartezeiten

Nachteil:

- Relativ voluminös und massige Komponenten zufolge Unterdruck
- Eingeschränkte Flexibilität bei der Integration ins Fahrzeug

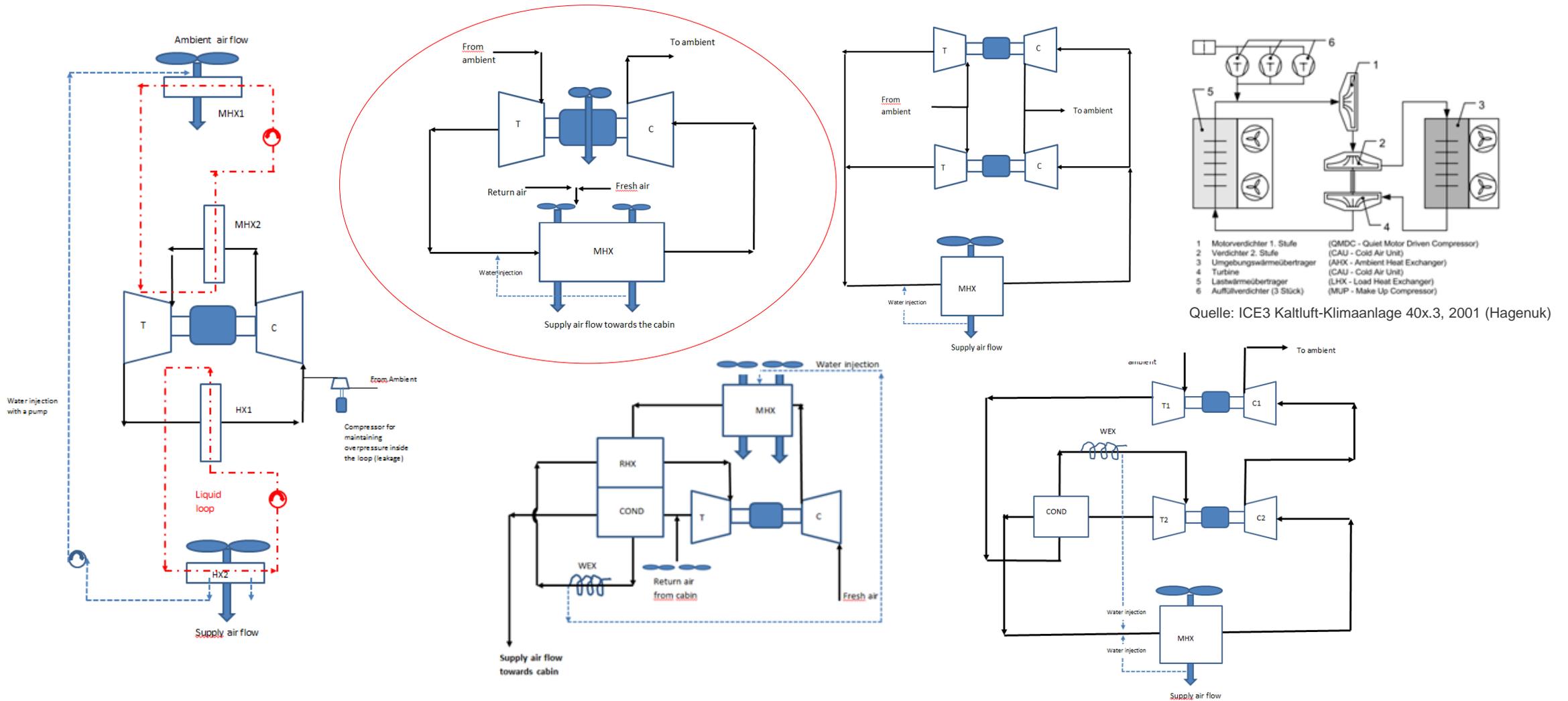


ICE 3 – Turbomaschine



ICE 3 - Air Cycle Klimagerät

Air Cycle Architektur - Beispiele



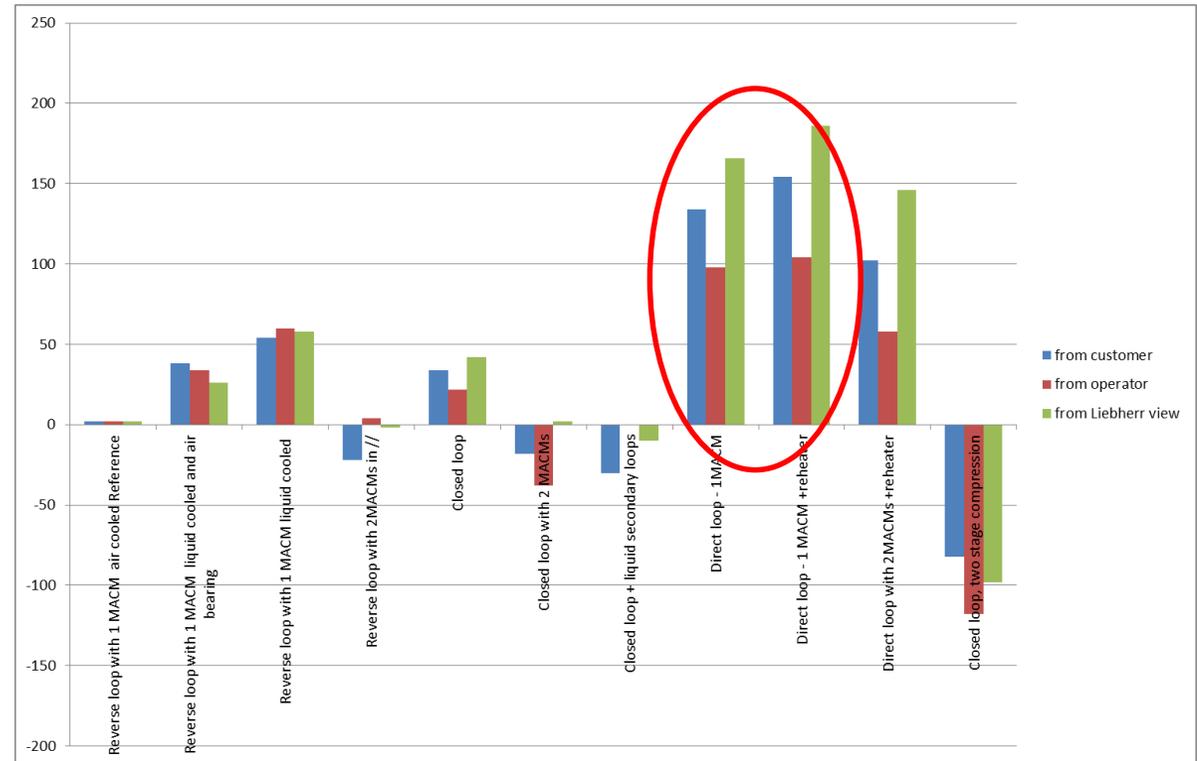
Air Cycle Architektur - Nutzwertanalyse

Bewertung der Architekturen auf log. Werteskala von -9 bis +9 nach den Kriterien

- Anschaffungskosten
- Max. Leistungsaufnahme, Energieverbrauch
- Gewicht, Integration
- Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartbarkeit
- Funktion bei Extrembedingungen

Bewertung der Kriterien nach Relevanz 1-10 für

- Kunde (Waggonbauer)
- Betreiber
- Liebherr (OEM)



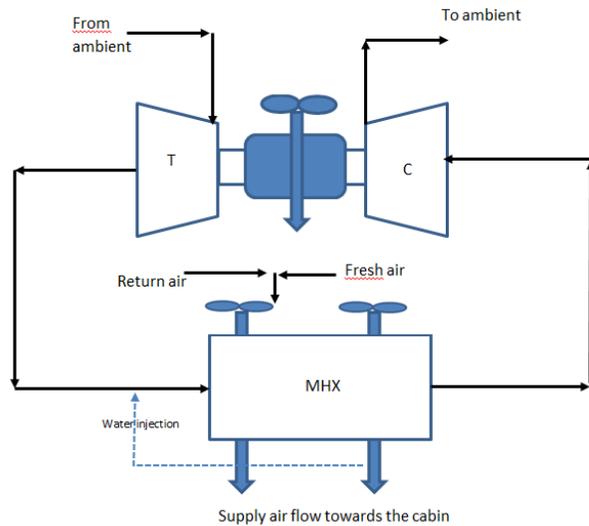
Ergebnis der Architekturen in der Nutzwertanalyse



Beste Bewertung für „ACS - open direct loop“

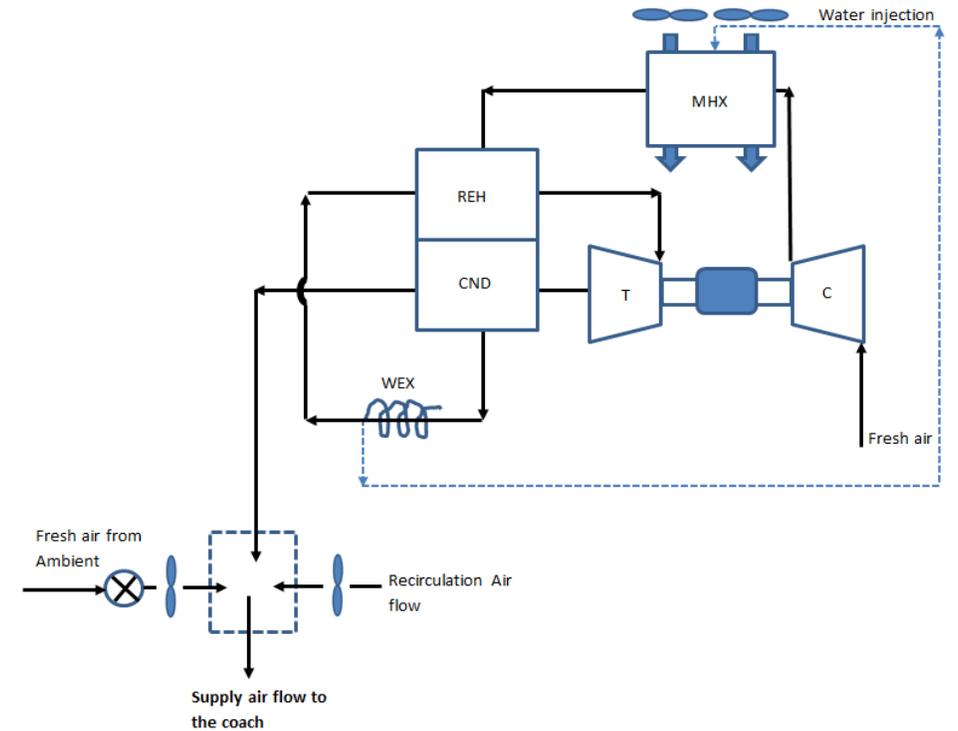
Air Cycle Architektur – Nächste Generation

Stand der Technik - ACS „open reverse loop“



better efficiency
smaller components
less weight
less cost
...

Nächste Generation – ACS „open direct loop“

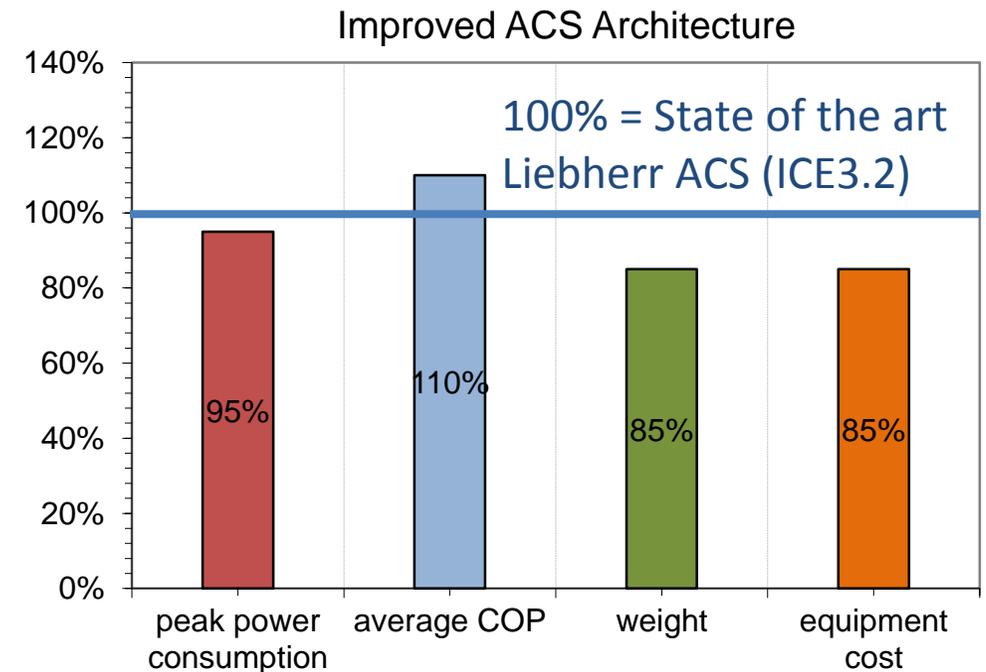


Prozessluft wird zur Kabinenzuluft; Stand der Technik bei Aircraft

Air Cycle Architektur - Nächste Generation

Zusätzliche Vorteile durch ACS „open direct loop“

- Überdruckprozess - höhere Luftdichte - kleinere Komponenten
- Höhere Flexibilität bei der Integration
- Höhere Turbomaschinendrehzahl
- Optional Luftlagerung der Turbomaschine
- Optional Wärmepumpenschaltung
- Kontrollierte Entfeuchtung ohne elektr. Gegenheizen
- Geringere elektrische Leistungsaufnahme
- Geringeres Gewicht
- Geringere Anschaffungskosten

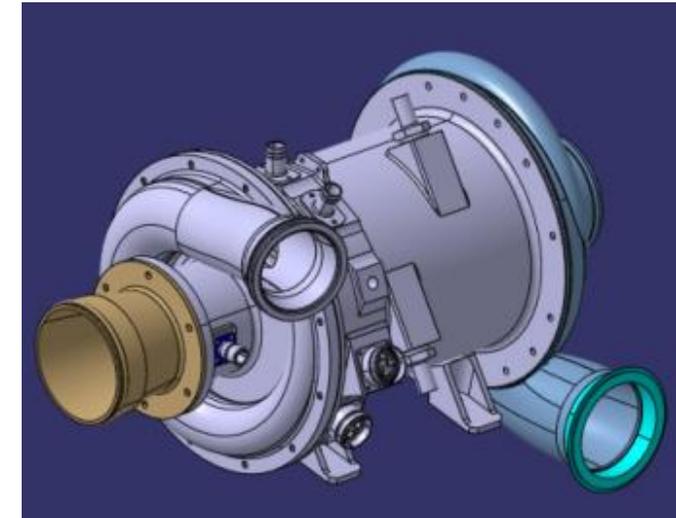


ACS direct loop - Hauptkomponenten

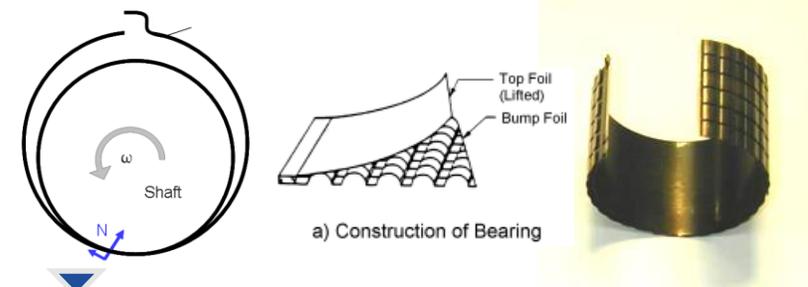
Motorkühlturbine (MKT)

Erzeugt kalte Luft (gekühlte Frischluft für den Passagiererraum)

- Max Massenstrom entspricht max. Frischluftstrom
- Drehzahl ca. 60.000 min⁻¹
- Eine Baugröße für weiten Kühlleistungsbereich
- Luftlagertechnologie aus der Luftfahrt
- Kälteleistung max. 45kW
- Motorleistung 50kW bei 65.000 min⁻¹
- Bauhöhe < 350mm
- Gewicht ca. 30 kg



Design einer Turbomaschine für direct loop



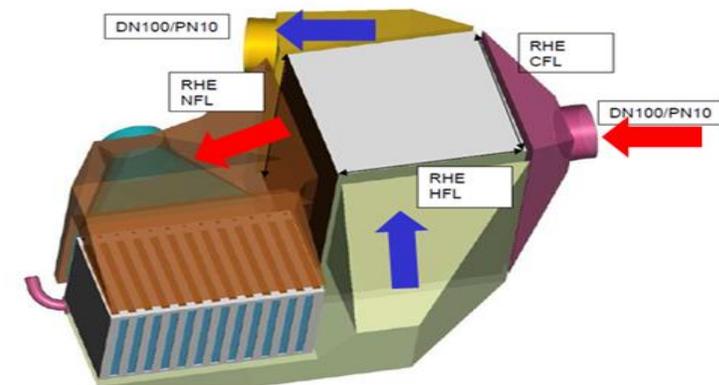
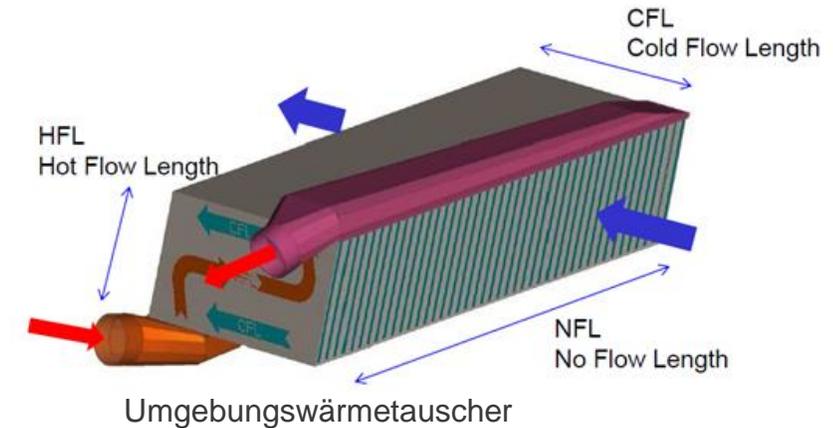
Prinzip und Design der Luftlagerung

ACS direct loop - Hauptkomponenten

Wärmetauscher

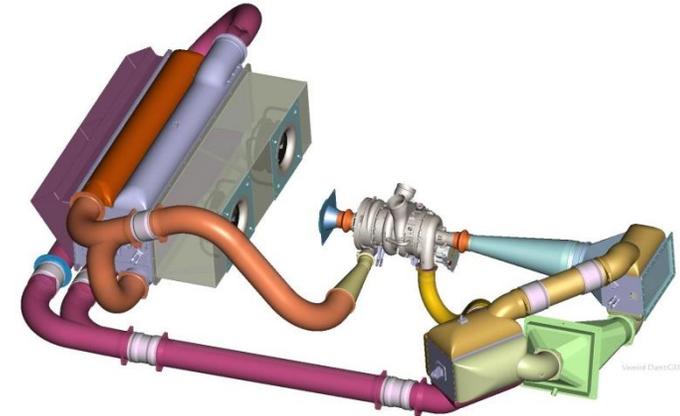
Systemwärmeabfuhr und kontrollierte Entfeuchtung der Prozessluft (Frischlufft)

- Finnen- Platten Konstruktion
- Max Druck 3,5 bar
- Max. Prozesslufttemperatur ~ 200°C
- Max. Temperatur in die Umgebung ~ 100°C
- Anpassung an Bauraum und Leistung
- Umgebungswärmetauscher ca. 55 kg
- Condenser und Re-heater ca. 40 kg



ACS direct loop - Entwicklungsplan

- Konzept Validierung (TRL3) 
 - Aerospace Komponenten Turbomaschine und Wärmetauscher
- „Down -scaled“ Rail Demonstration (TRL4/5) 
 - Aerospace Turbomaschine
 - Bahn Wärmetauscher und Komponenten (Ventile, Verbindungen, Akustik...)
- „Full-scaled“ Rail Demonstration (TRL 6)
 - Bahn Turbomaschine und Motorcontroller
 - Schnittstellenkompatibel und 45 kW Kälteleistung



ACS - Resümee

Das **umweltfreundlichste** Kältemittel

- Das Kältemittel ist Umgebungsluft
- Kein Ozonabbau oder Treibhauseffekt durch das Kältemittel
- keine Notwendigkeit Kältemittel zu kaufen, zu lagern oder zu recyceln
- **Kein Risiko des Verbots oder der Preissteigerung vom Kältemittel**

Zukunftssichere Lösung

- Im Bahneinsatz erprobt
- Die Performance ist wenig empfindlich auf Leckagen
- Robust bei extremen Umgebungsbedingungen
- **Profitiert von 40 Jahren Technologie in der Luftfahrt**

ACS - Resümee

Technologie mit **Potential**

- Das technologische und wirtschaftliche Leistungsvermögen im Bahneinsatz ist bei weitem nicht ausgeschöpft
- Breitere Anwendung reduzieren Komponenten- und anteilige Entwicklungskosten und senken weiter Anschaffungskosten und Betriebskosten
- Die aktuelle F-Gase Verordnung zeigt, dass wir mit der Technologie auf dem richtigen Weg sind

Air Cycle ist eine echte Alternative zum aktuellen Phase-down Szenario bei den Treibhaus fördernden Kältemitteln





Vielen Dank !

- © Liebherr-Aerospace & Transportation SAS 2018. Alle Rechte vorbehalten. Ausdrücklich eingeschlossen sind, ohne Begrenzung, die Rechte der Übersetzung, der Bearbeitung für andere Sprachen, der auszugsweisen Wiedergabe, der Herstellung von Photokopien oder Mikrofilmen, der Reproduktion durch Xerox oder ähnliche Methoden, der elektronischen Bearbeitung (Speicherung, Reproduktion usw.), der weiteren Verarbeitung und der Zusammenstellung des Inhaltes oder von Teilen derselben in anderer Anordnung.
- © Liebherr-Aerospace & Transportation SAS 2018. Tous droits réservés, y compris expressément, mais sans limitation, les droits de traduction, d'adaptation en d'autres langues, de la reproduction d'extraits, de la production de copies par photocopies, microfilms, copy Xerox et autres méthodes similaires, de traitement électronique (mémorisation, reproduction etc.), ou par regroupement dans un autre ordre des termes ou d'une partie des termes sous quelque forme que ce soit.
- © Liebherr-Aerospace & Transportation SAS 2018. All rights reserved, expressly including, without limitation, the rights of translation, of adaptation to other languages, of reproduction by way of abstracts, photocopies, microfilms, Xerox and similar methods, electronic processing (storage, reproduction and the like), and of rearranging the contents.