

Reversible Wärmepumpensysteme für automobile Anwendungen

Armin Hafner

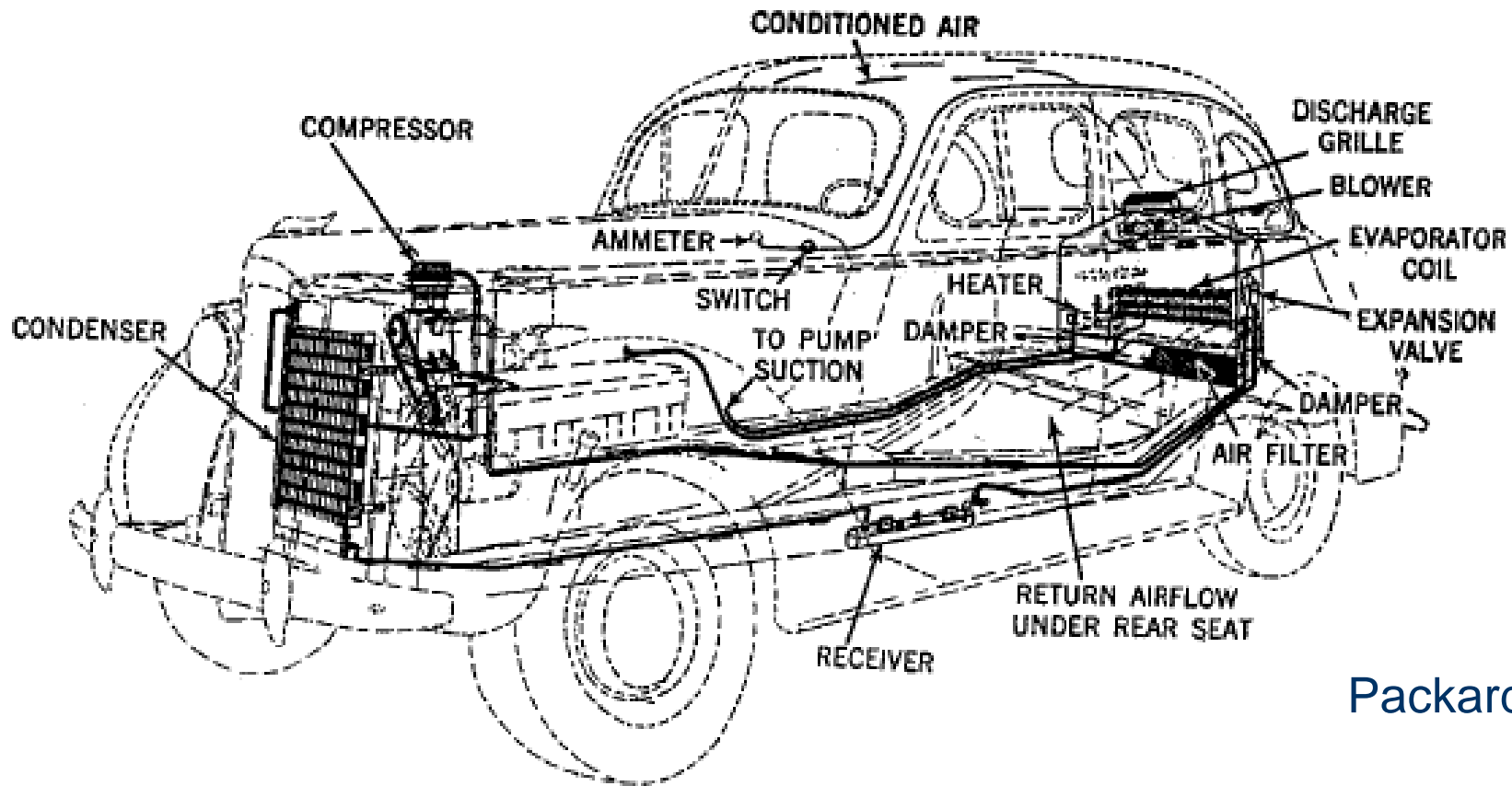
SINTEF Energy Research

Energy Processes

Inhalt

- Einleitung
- Wärmepumpende Systeme
- Design von Reversiblen Wärmeaustauschern
- Betriebsweisen von Wärmepumpensystemen
- Luftseitige Temperaturverteilung
- Inneres Volumen von Wärmeaustauschern
- Zusammenfassung

Der Anfang



Packard 1939

Erstes Automobil das serienmäßig mit einer Klimaanlage ausgestattet wurde

Wärmepumpende Systeme

■ Wärmequellen:

- Außenluft (Abluft)
- Abwärme des Motors, dh. Kühlflüssigkeit des Motors
- Abwärme vom Abgasstrom eines Verbrennungsmotors

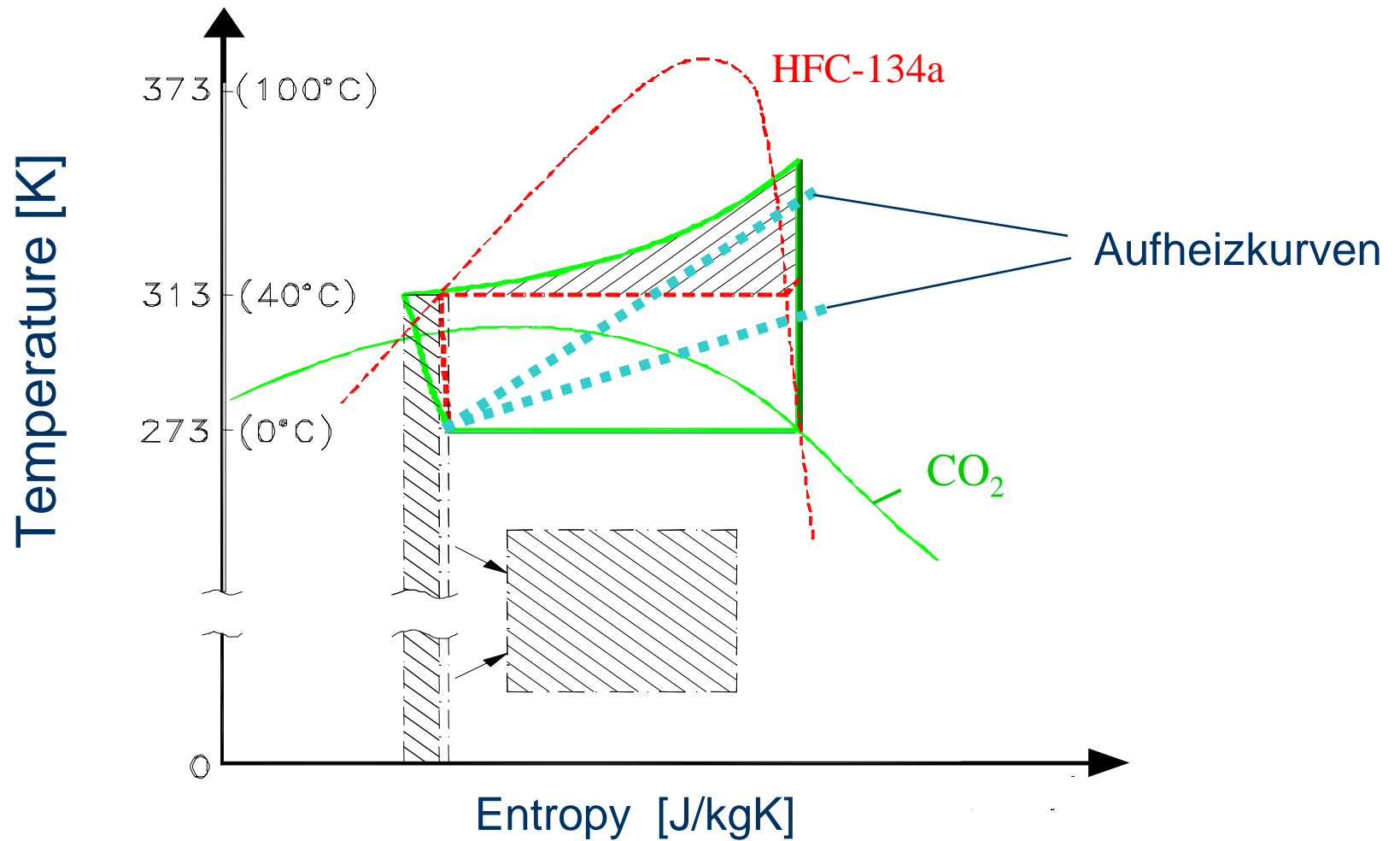
■ Kälteanlage

- transkritischer oder konventioneller Prozessverlauf

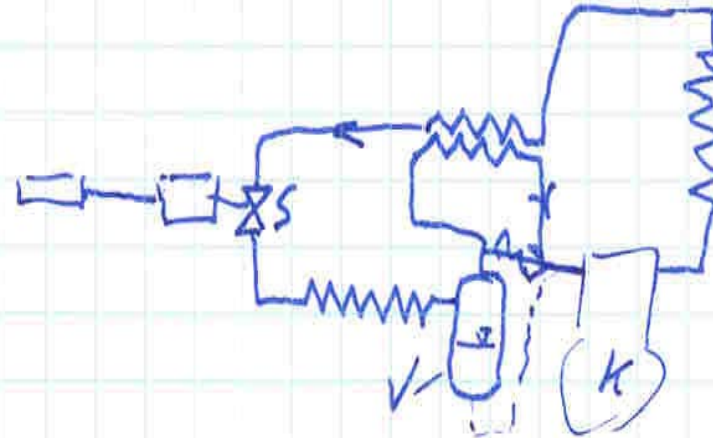
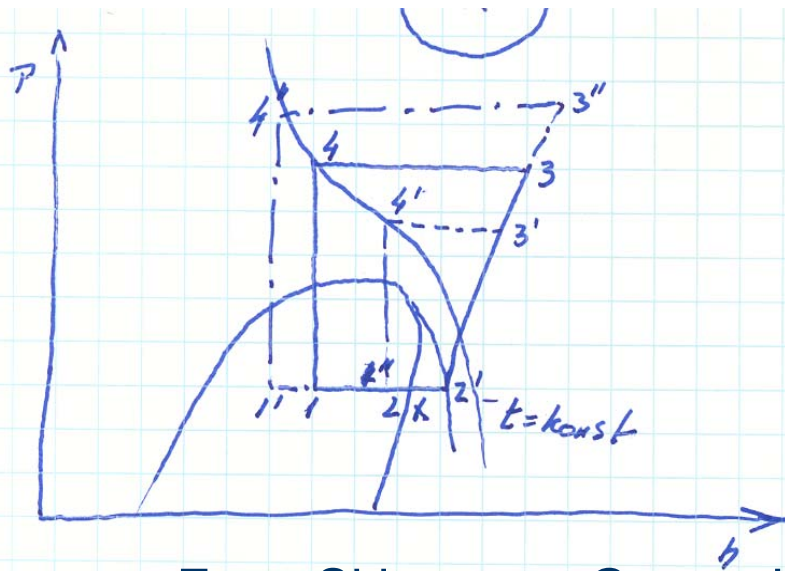
■ Wärmesenken:

- Luft in der HVAC-Kammer (direkt)
- Kühlwasserflüssigkeit (indirekt)

Wärmepumpende systeme



Wärmepumpende systeme



Erste Skizze von Gustav Lorentzen des sogenannten Shecco Kreislaufes, WO 90/07683



Design von reversiblen Wärmeaustauscher

■ Herausforderungen:

- Berstdruckanforderungen im reversiblen Betrieb
- Kreuz-Gegenstrom Verschaltung der Rohre
- Temperaturbegrenzungen (HVAC-Kammer)
- Zurückbleibende Feuchtigkeit nach einem AC-Betrieb
- Wärmeleitung im Wärmeaustauscher (Exergiverlust)
- Temperaturverteilung des Luftstrom nach dem Wärmeaustauscher

Wärmeaustauscher Designs

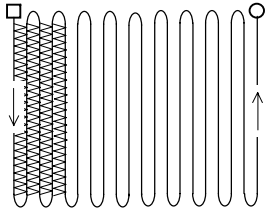
Brazed microchannel (MPE)-tube and louvered fin Complete Al

Brazed plate and fin
Plate: Al / Fin: Al
Limited to low pressure applications.

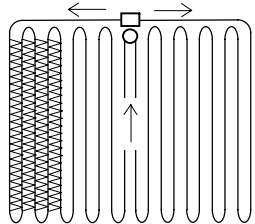
Expanded round-tube and fin
Tube: Cu or Al
Fin: Al

Serpentine flow

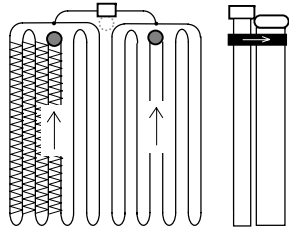
Single-pass serpentine flow:
Bent MPE-tube.



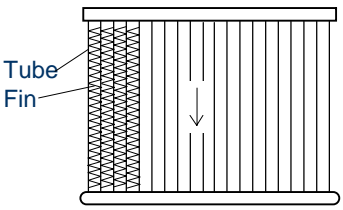
Multi(2)-pass serpentine flow:
Bent MPE-tubes.



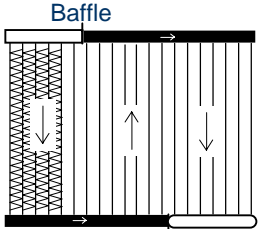
Multi(4)-pass serpentine flow, multi(2)-row:
Cross-row headers, var. bent MPE-tubes, split (separate) fins*.*



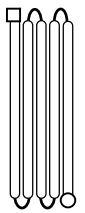
Parallel flow



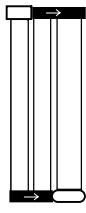
Single-pass parallel flow:
Header on both sides.



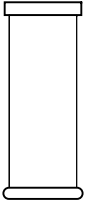
Multi(3)-pass parallel flow:
Baffles generate passes.



Multi(5)-row serpentine



Multi(3)-row header



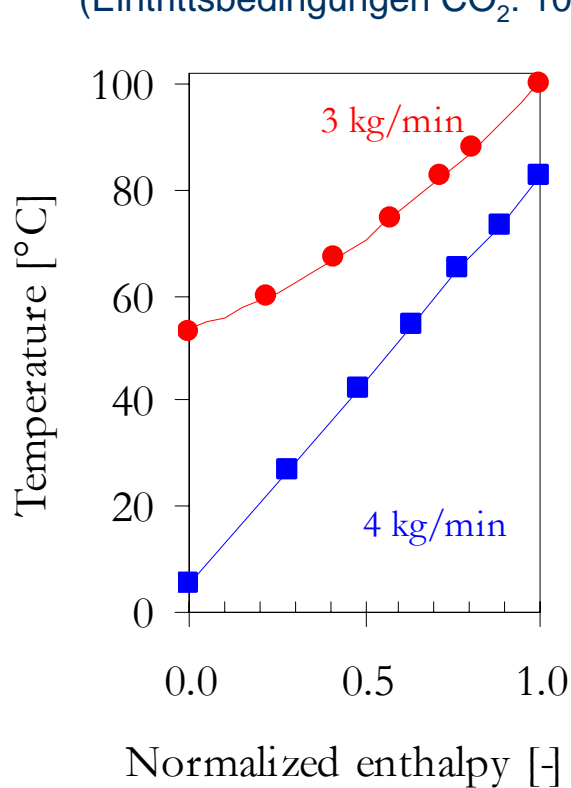
Single-row

Betriebsweisen des WP-Systems

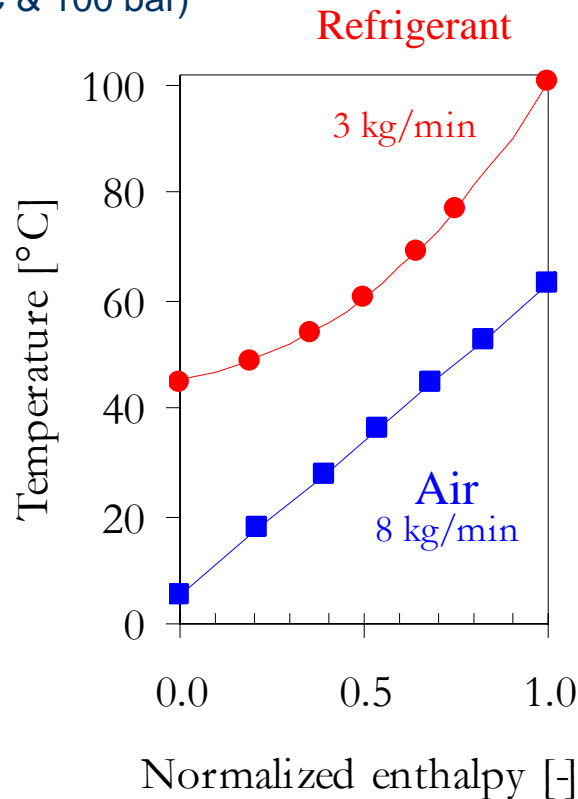
- Maximale Luftauslasstemperatur
 - geringer Luftvolumenstrom
 - großer Kältemittelmassenstrom
- Maximale Heizleistung
 - sowohl der Luftvolumenstrom als auch der Kältemittelmassenstrom werden auf dem höchst möglichen Niveau gefahren
 - Umluftbetrieb ergibt ein rasches Aufheizen des Fahrgastraumes
- Maximale Heizleistungszahl (COP_{HP})
 - minimaler Temperaturunterschied zwischen Lufteintritts- und Kältemittelaustrittstemperatur (temperature approach)

Betriebsweisen des WP-Systems

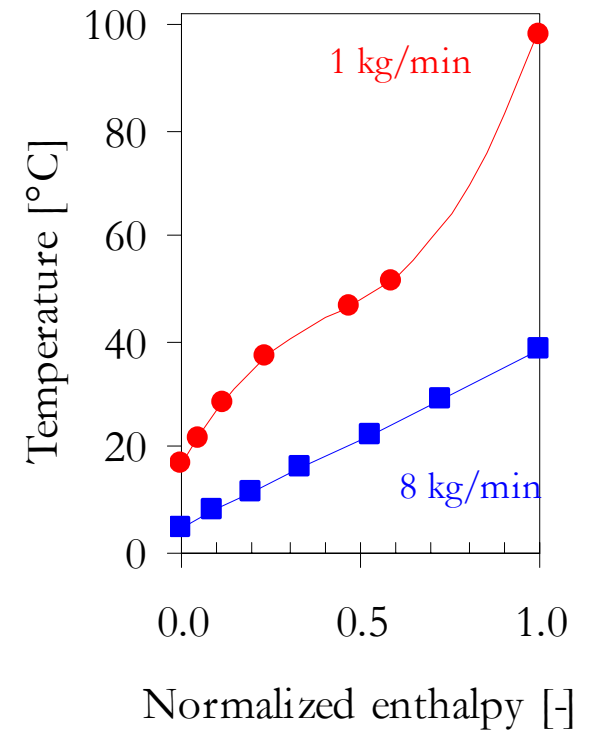
Beispiel gemessener Werte eines Multi (6)-reihigen Wäremäustauschers
(Eintrittsbedingungen CO₂: 100°C & 100 bar)



Hohe
Luftauslass-
temperatur

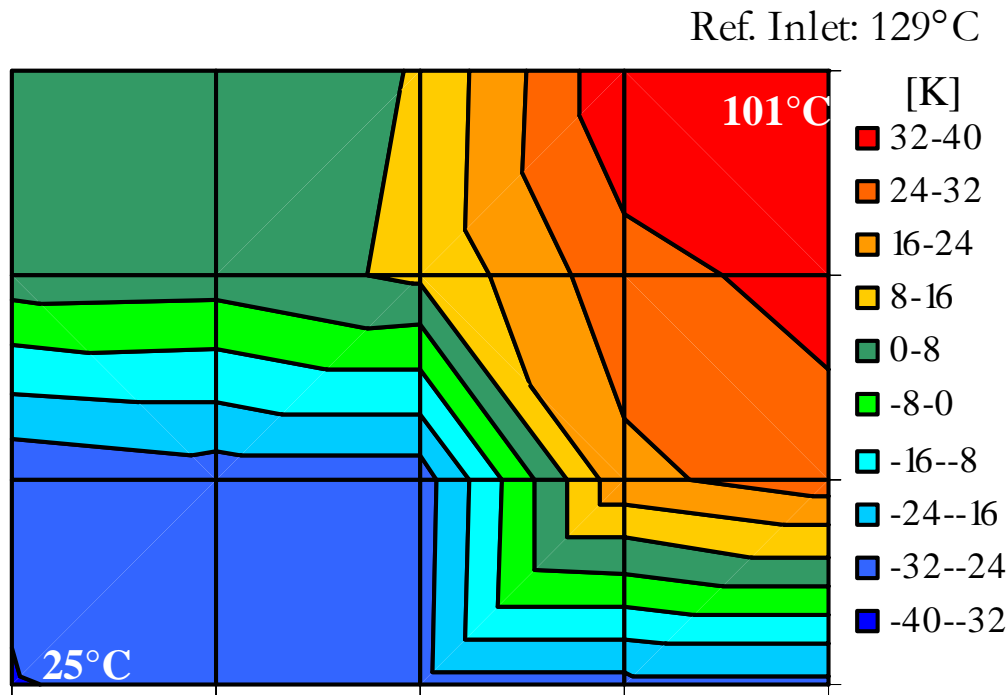


Grosse
Heizleistung



Hohe
Leistungszahl

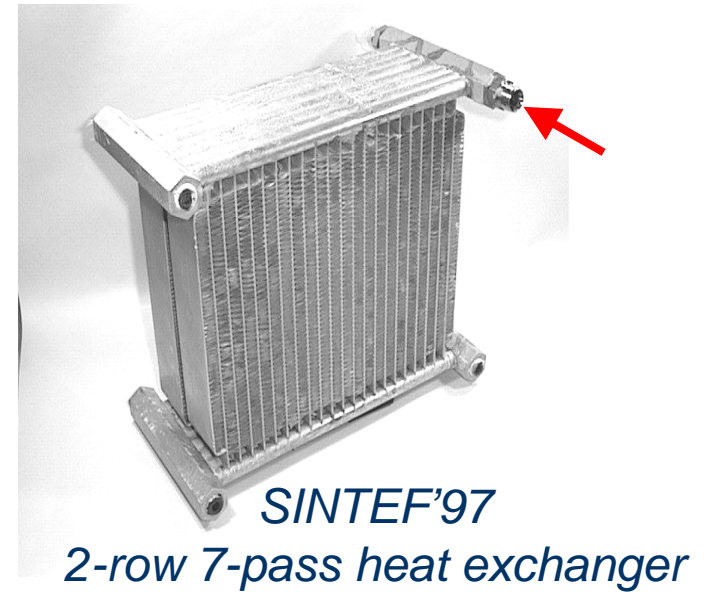
Luftseitige Temperaturverteilung



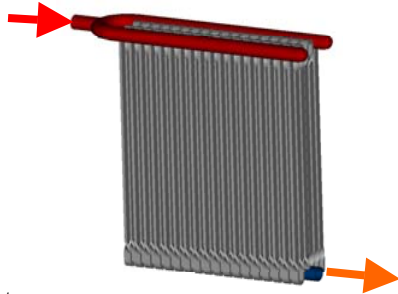
Ref. outlet: 33.4°C

Average air inlet temperature: 4.2 °C

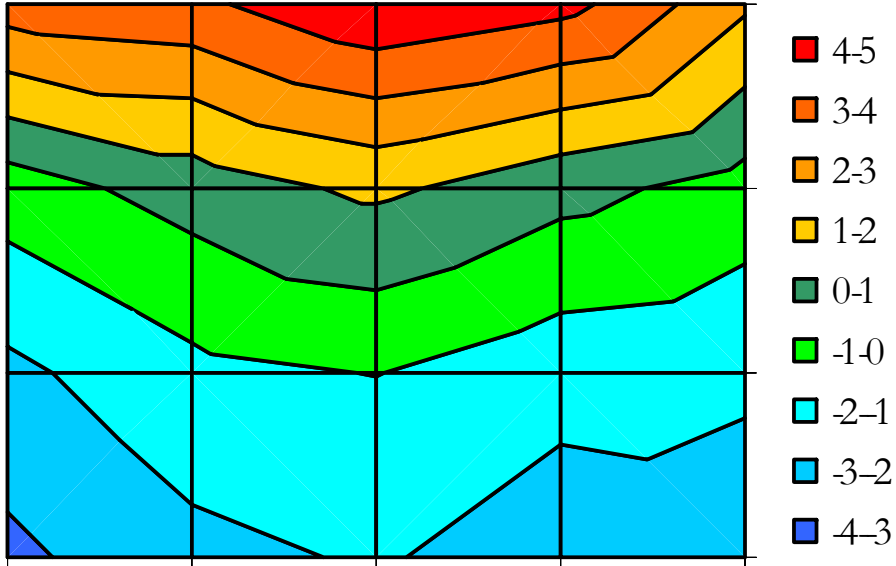
Average air outlet temperature: ~ 67 °C



Luftseitige Temperaturverteilung

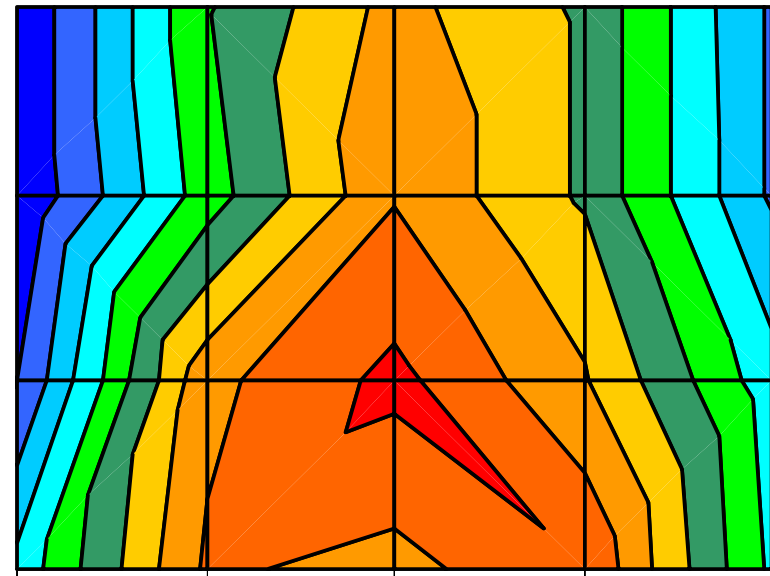
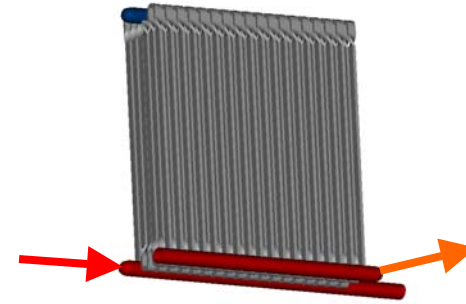


Ref. inlet:



Air temperature rise 7 K

Ref. outlet



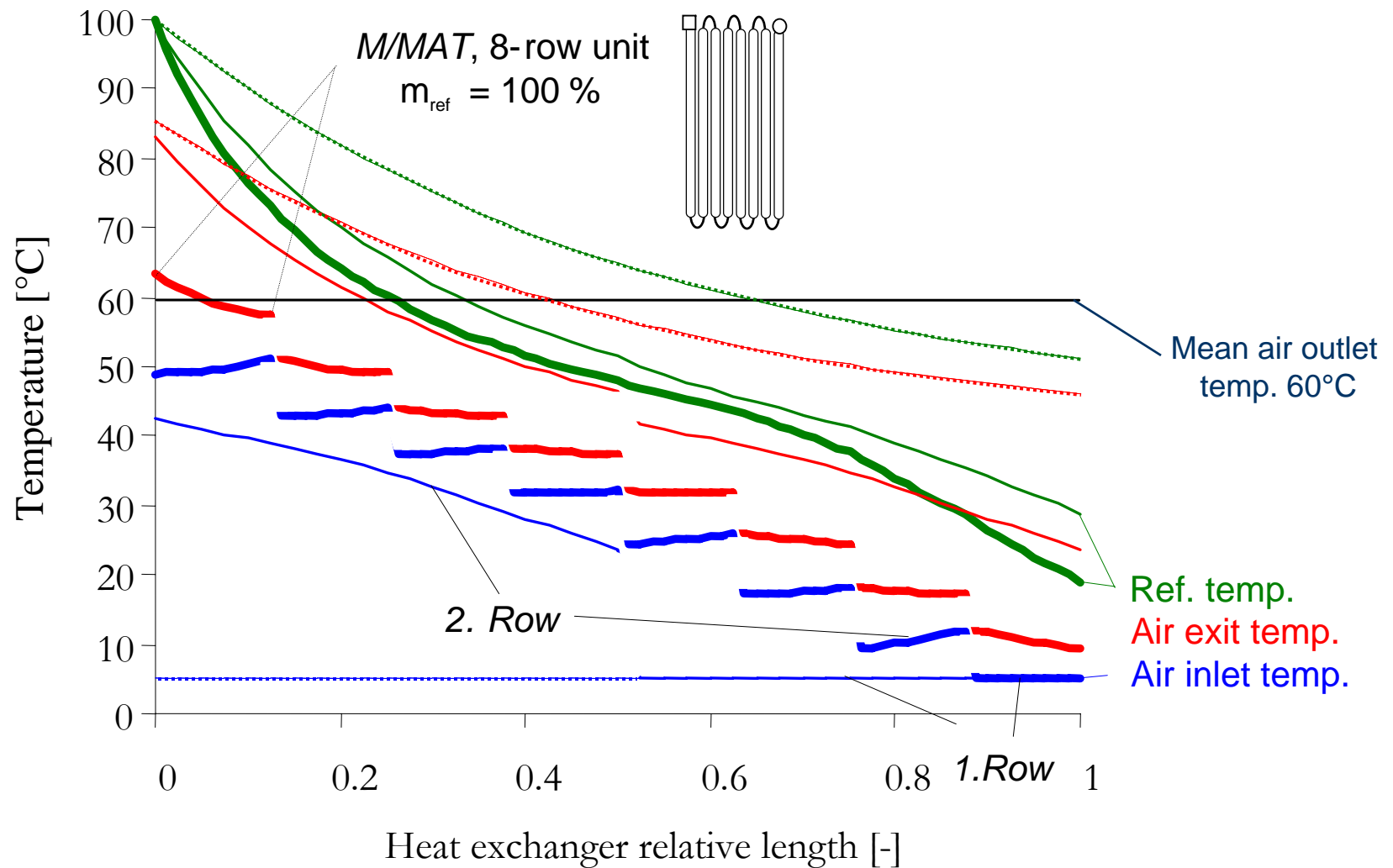
Ref. inlet: 129 °C

Ref. outlet: 37.4 °C

Air inlet temperature -4.2°C

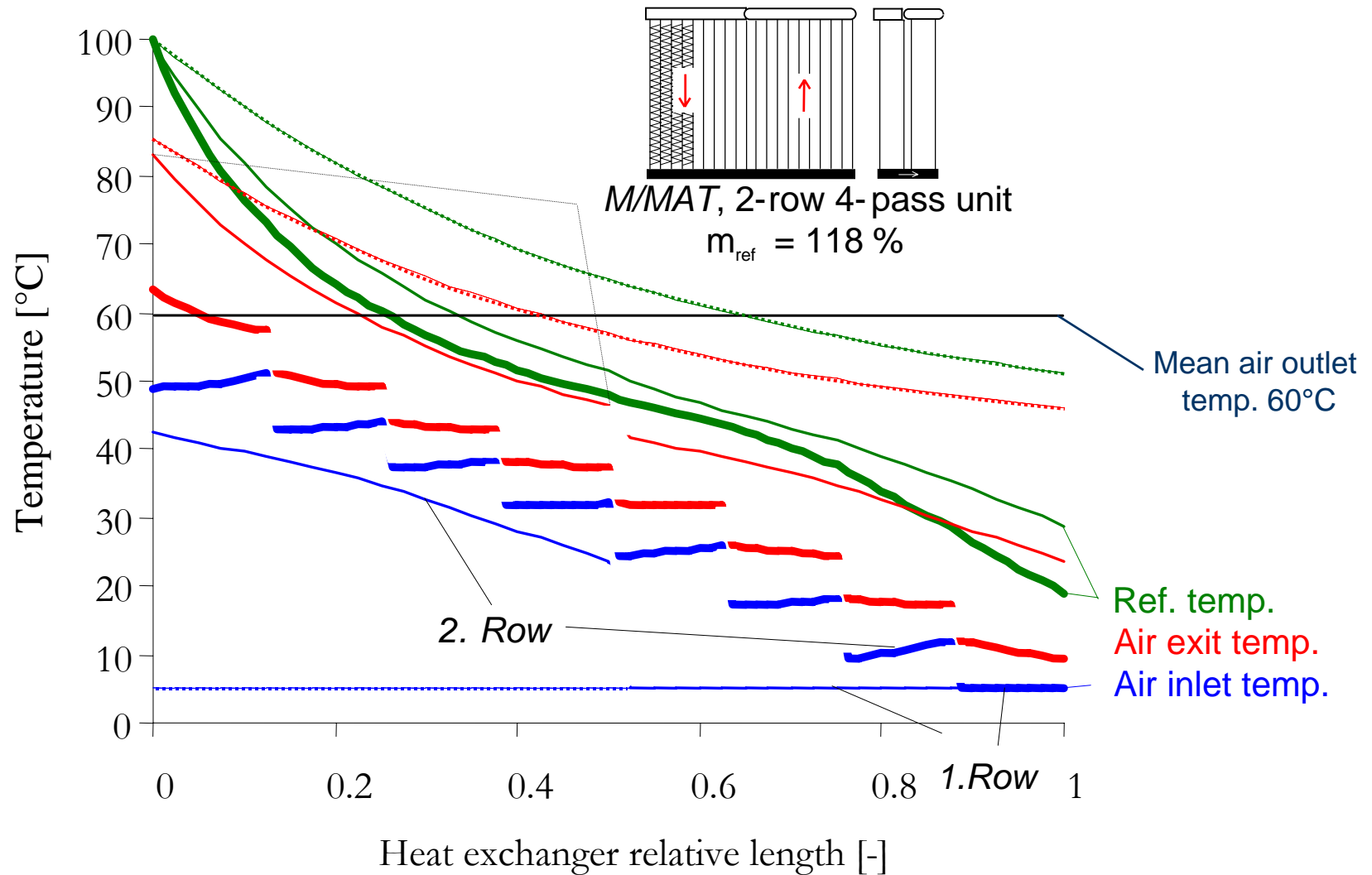
Air outlet temperature 66.4°C

Luftseitige Temperaturverteilung



M/MAT = Maximum / Minimum Airside Temperature

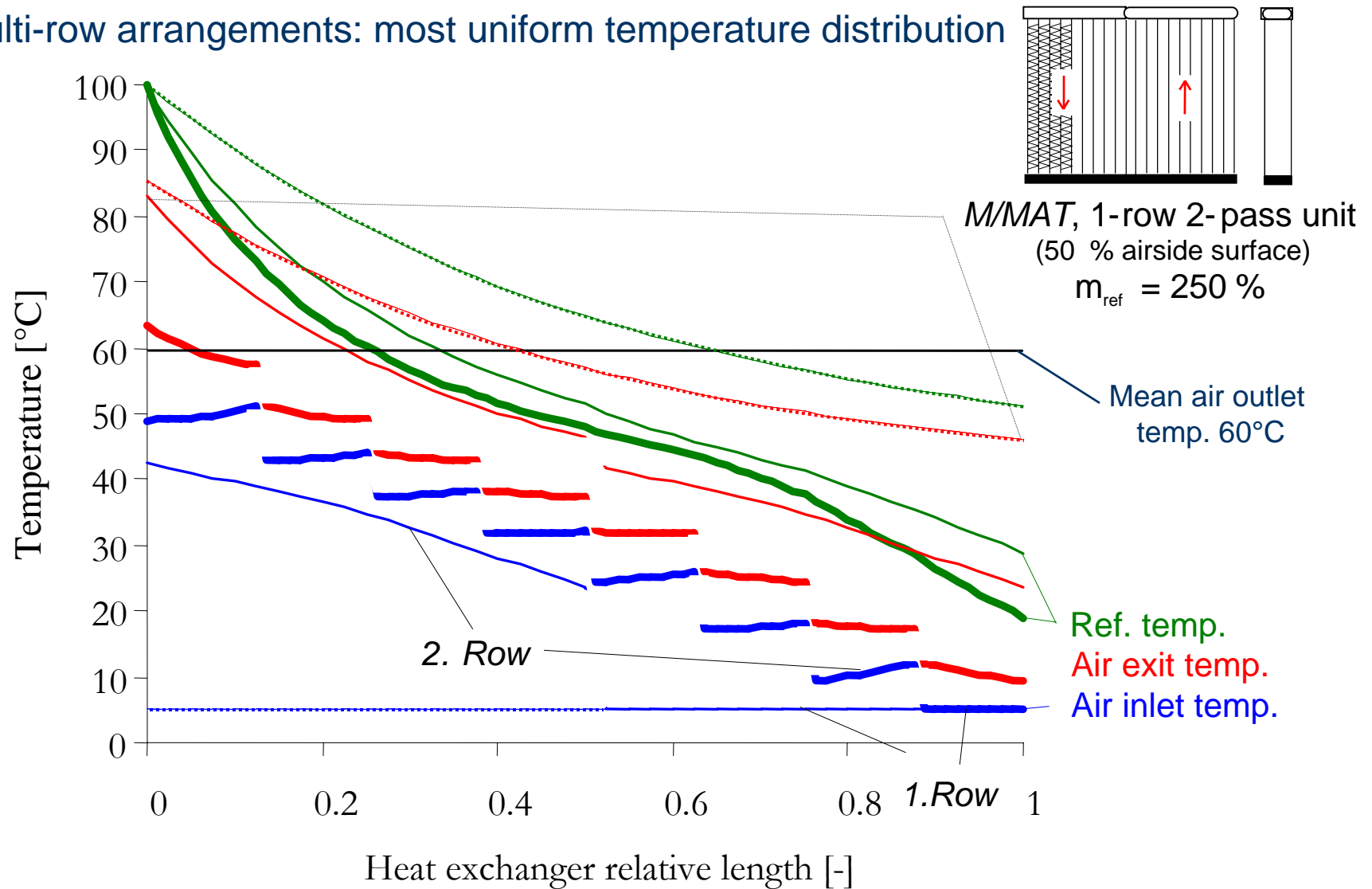
Luftseitige Temperaturverteilung



M/MAT = Maximum / Minimum Airside Temperature

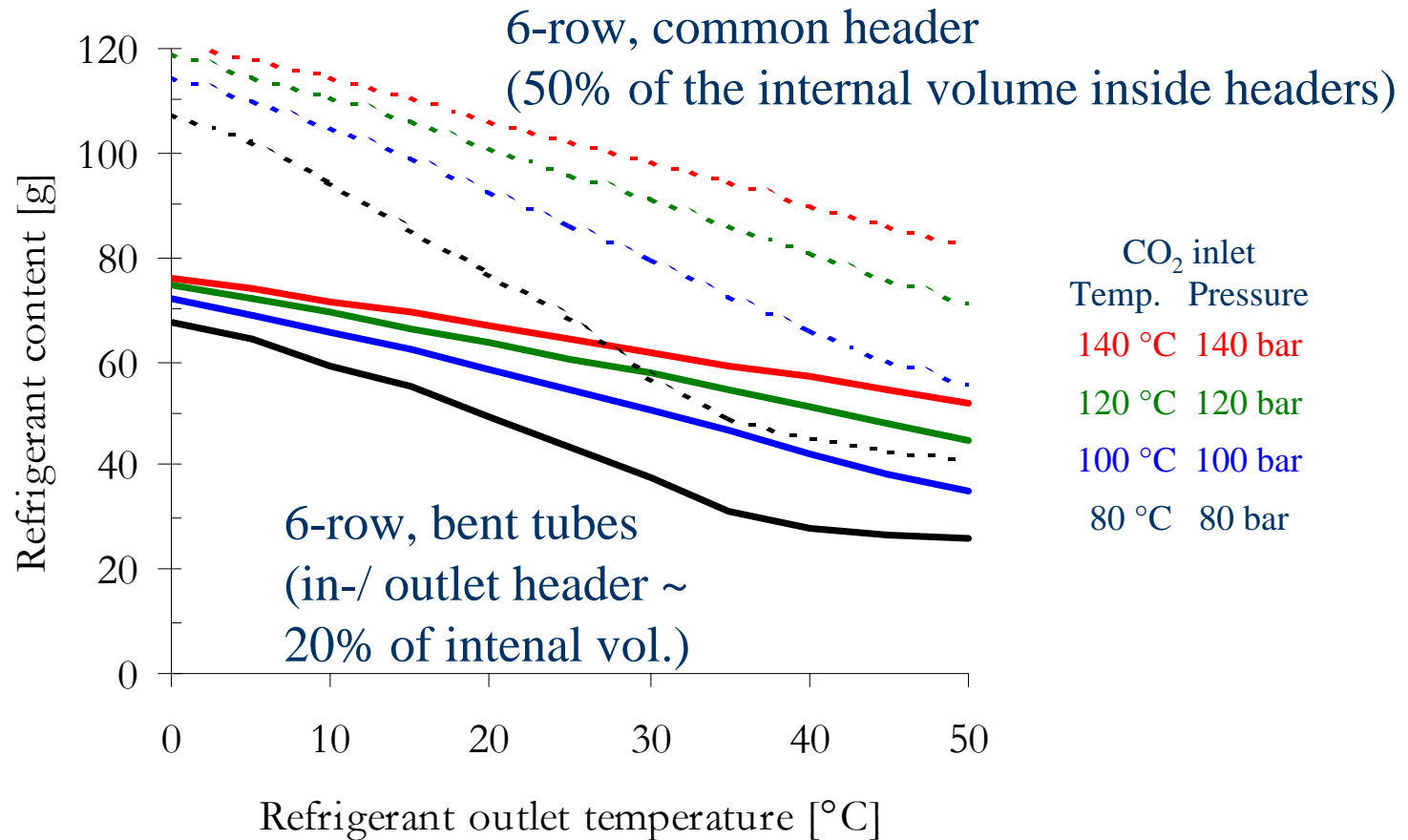
Luftseitige Temperaturverteilung

Multi-row arrangements: most uniform temperature distribution



M/MAT = Maximum / Minimum Airside Temperature

Inneres Volumen des Wärmeaustauschers



Zusammenfassung

Hocheffiziente und kompakte Wärmeaustauscher können mit dem Kältemittel CO₂ realisiert werden. Die Querschnitte der Rohre im Wärmeaustauscher können im Vergleich zu konventionellen Systemen erheblich reduziert werden. Dadurch kann bei gleichem Bauvolumen mehr luftseitige Wärmeaustauschfläche bereitgestellt werden. Der Wärmeübergangskoeffizient wird auch positiv beeinflusst durch die reduzierten Querschnitte. Der kältemittelseitige Druckabfall in Wärmeaustauschern, sofern er zur Steigerung des Wärmeübergangs beiträgt, fällt weniger ins Gewicht bei CO₂-Systemen, als bei herkömmlichen HFKW- Systemen.

Mehrreihige Konzepte eignen sich besonders um Designs mit physische Kreuz-Gleichstrom und thermischem Kreuz-Gegenstrom zu realisieren. Niedrige Temperaturdifferenzen können dadurch erzielt werden, dh. hohe Leistungszahlen...

Konzepte die den Feuchtigkeitsanteil im Wärmeaustauscher nach einem AC Betrieb auf ein Minimum bringen sind in der Entwicklung.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

und vielen Dank an die nachfolgenden Firmen für Ihre Unterstützung.

- Hydro Pronova
(Shecco Technology)



- Visteon

