

Luftgekühlte Verflüssiger und Rückkühler



Energieeinsparung durch optimierte

- Planung
- Auswahl
- Betriebweise
- Aufstellung
- Reinigung

20.02.2008

Heinz Jackmann



- Planung der Anlage
 - Auslegung mit kleinem DT
 - Unterkühlung
 - Ventilatoren

- Optimierter Betrieb
 - Regelung der Verflüssigungstemperatur
 - Drehzahlregelung

- Aufstellung / Reinigung
 - Aufstellung
 - Reinigung

- Zusammenfassung





Planung der Anlage



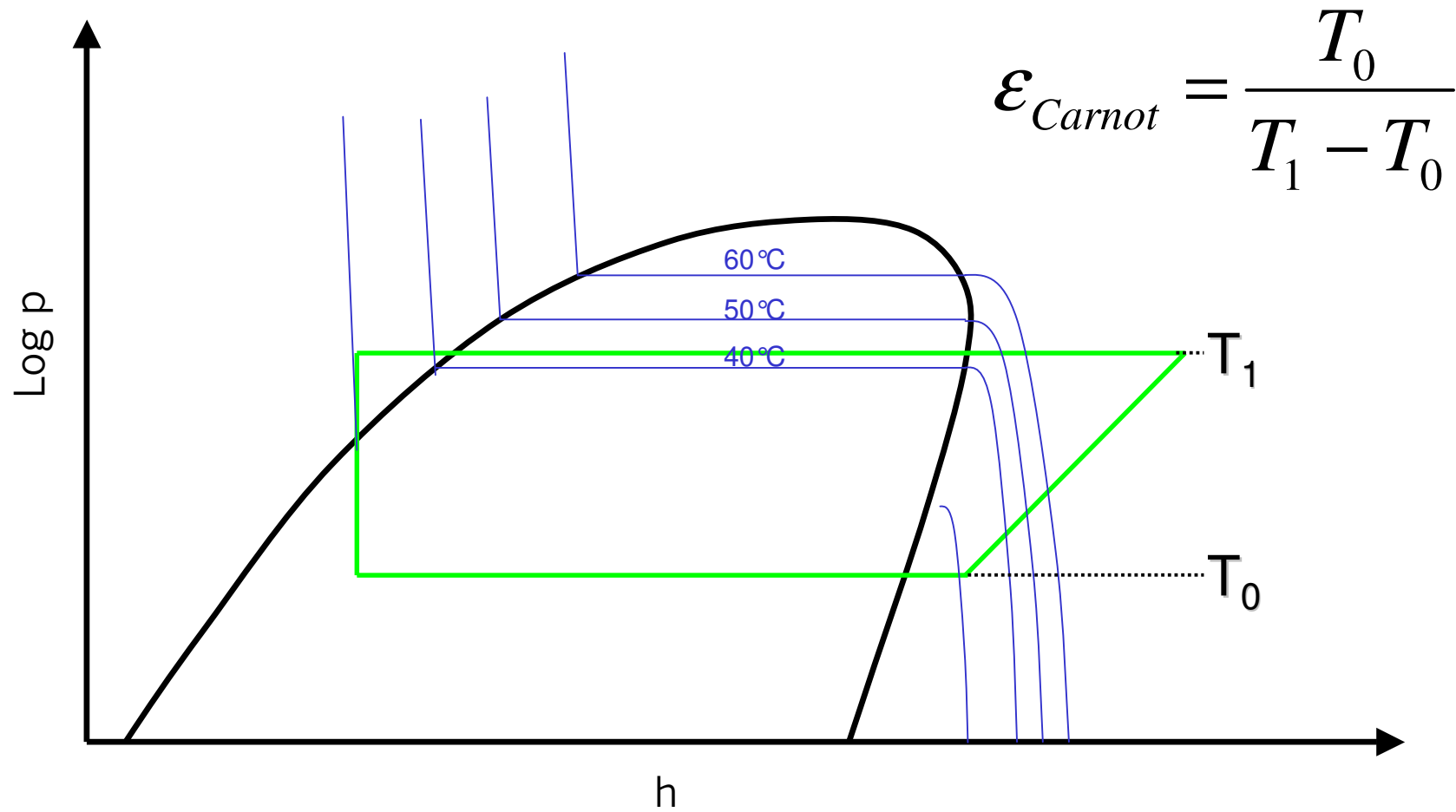
- **Bei der Planung** der Kälteanlage, sollte bereits die Forderung nach Energieeinsparung berücksichtigt werden
- **Bei der Ausschreibung** sollte die Forderung nach Energieeffizienz festgelegt werden
- **Nach der Inbetriebsetzung** sollte der Energieverbrauch nachgewiesen werden.





Auslegung der Verflüssiger / Rückkühler

Carnot-Wirkungsgrad



Leistungszahlen in der Praxis

$$\varepsilon_{real} \approx \eta_g \frac{T_0}{T_1 - T_0}$$

Gütegrad

Abhängig von:

- Kältemittel
- Verdichter
- Prozessführung
- ...

0,5

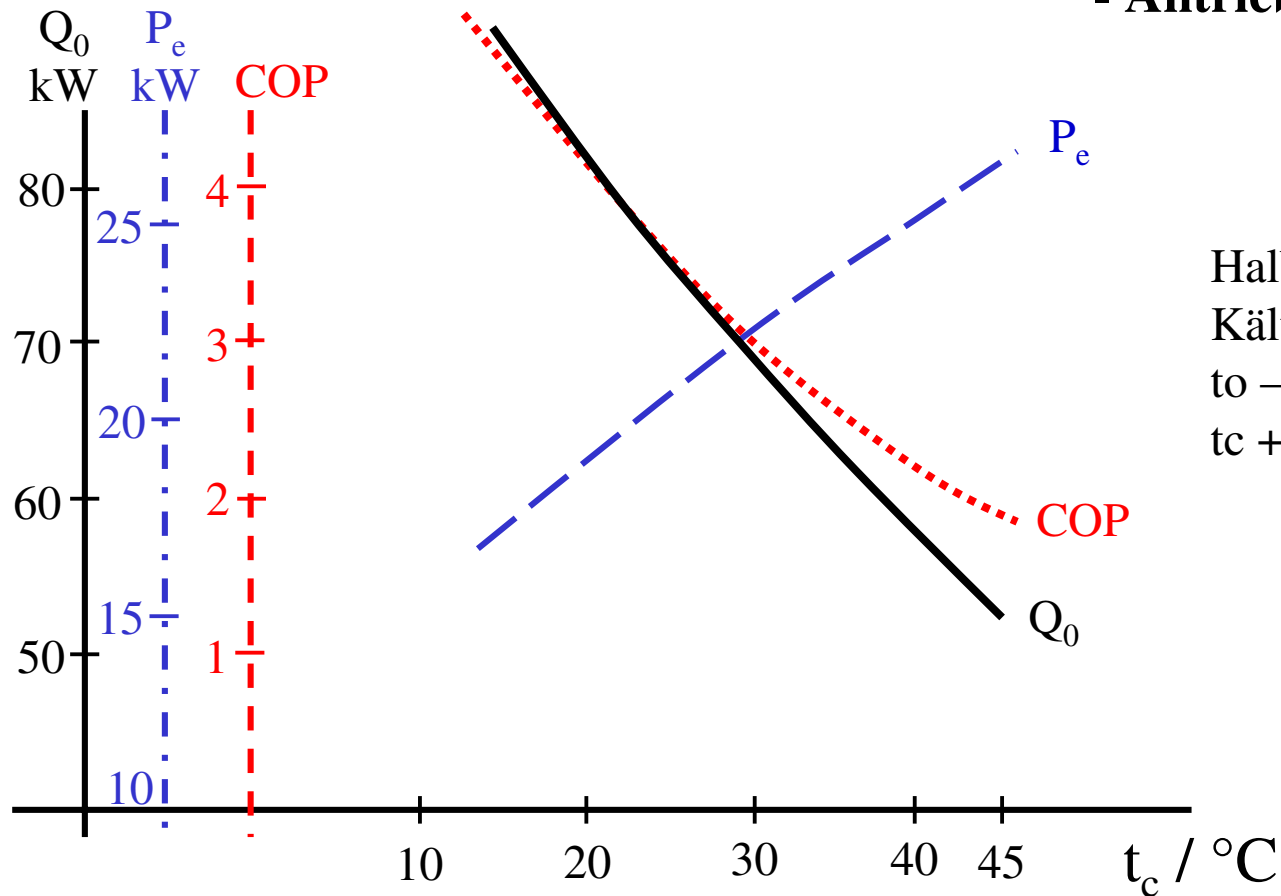


Einfluss der Verflüssigungstemperatur auf den COP



Einfluss der Verflüssigungstemperatur t_c auf

- COP Wert
- Kälteleistung
- Antriebsleistung



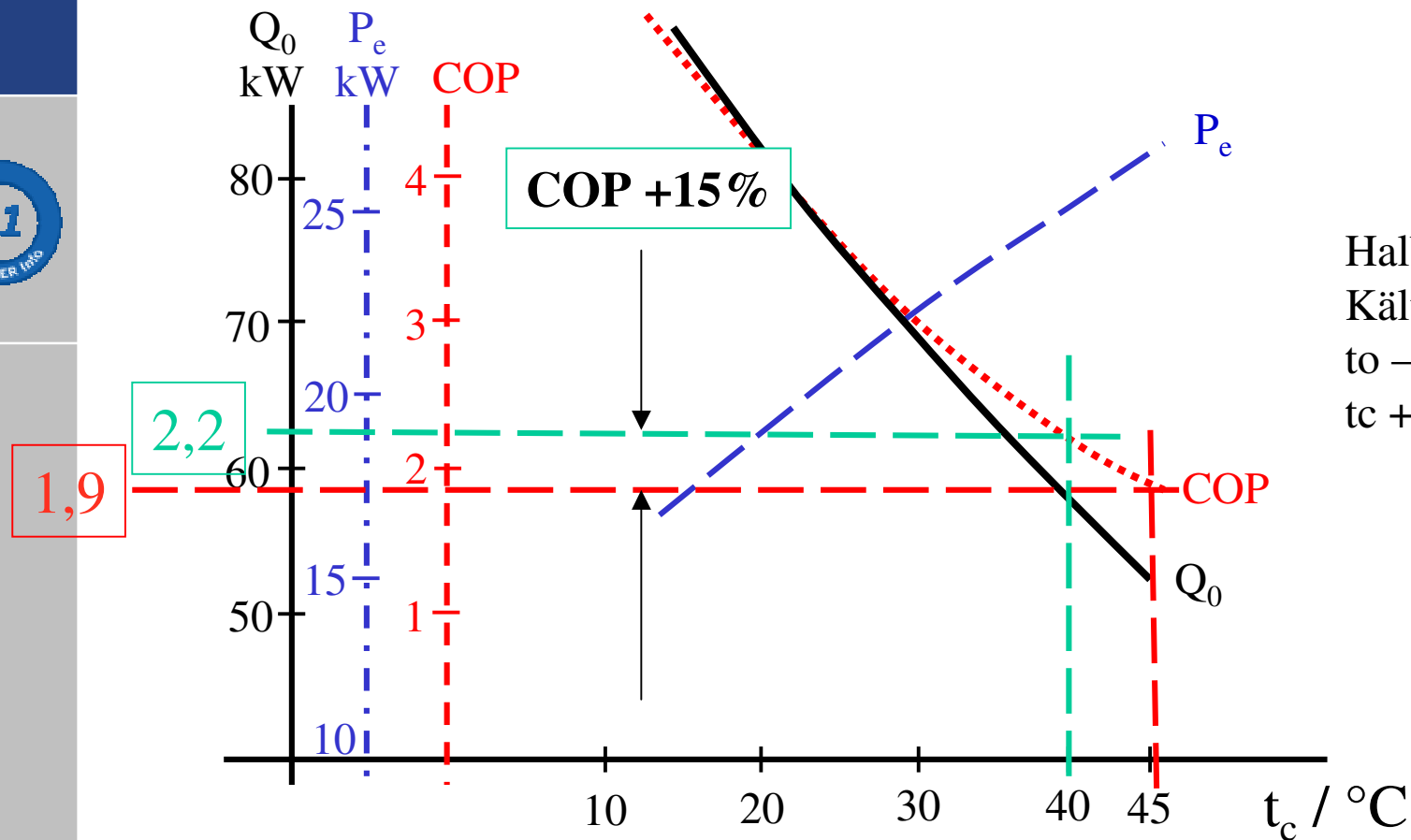
Halbhermetik
Kältemittel 404a
 t_o -10°C
 t_c $+45^\circ\text{C}$



Einfluss der Verflüssigungstemperatur auf den COP



Beispiel: Verflüssigungstemperatur 40°C statt 45°C



Halbhermetik
Kältemittel 404a
 t_o -10°C
 t_c +45°C



Einfluss der Verflüssigungstemperatur auf den COP



Einfluss T_c auf COP nach Kältemittel

Kältemittel:		$t_c = 40 \text{ °C}$	$t_c = 30 \text{ °C}$
R134a	$t_o = 0 \text{ °C}$	3,3 %	3,9 %
	$t_o = -10 \text{ °C}$	2,7 %	3,1 %
R404A	$t_o = -10 \text{ °C}$	3,1 %	3,6 %
	$t_o = -40 \text{ °C}$	2,5 %	2,6 %
R717 (NH ₃)	$t_o = -10 \text{ °C}$	2,3 %	3,1 %

Für überschlägige Betrachtung:

$$T_c - 1K = COP \sim + 3\%$$



Energieeinsparung durch
Reduzierung der Temperaturdifferenz



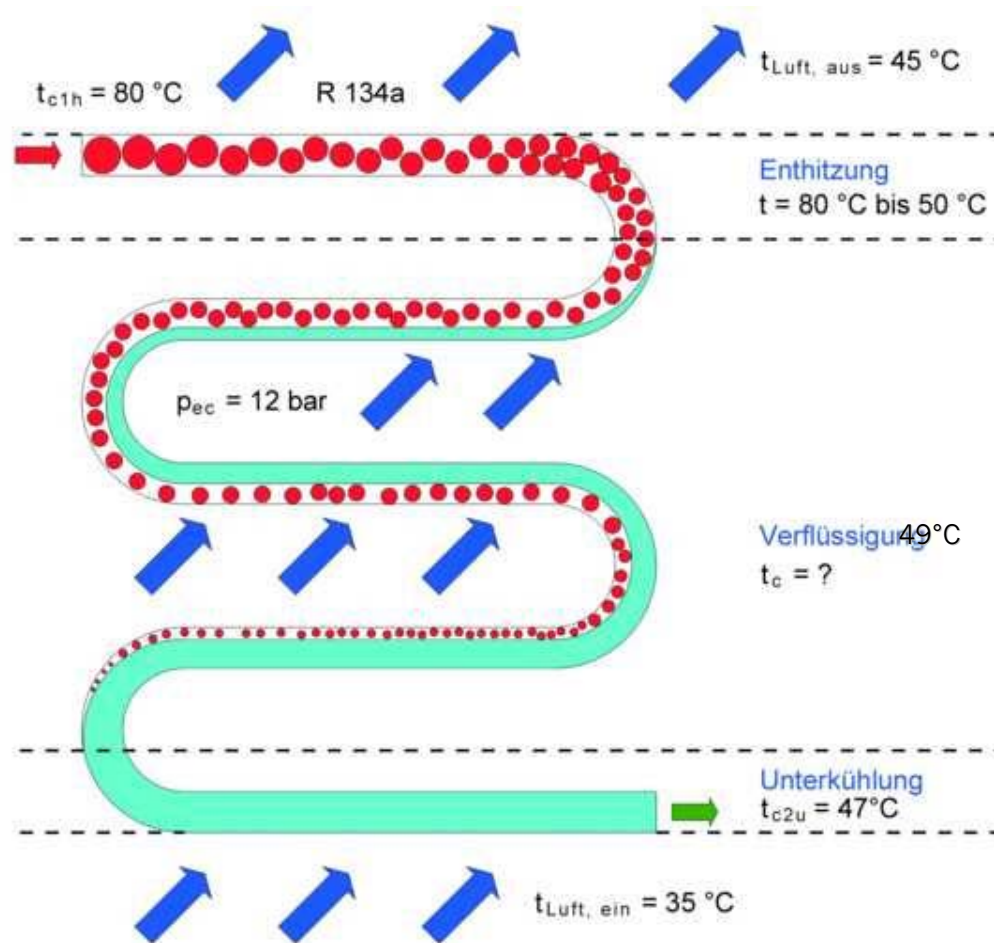
- Verflüssiger / Rückkühler groß auslegen
- Durch Absenken der Verflüssigungstemperatur wird der Gütegrad verbessert

$$T_c - 1K = \text{COP} \sim + 3\%$$

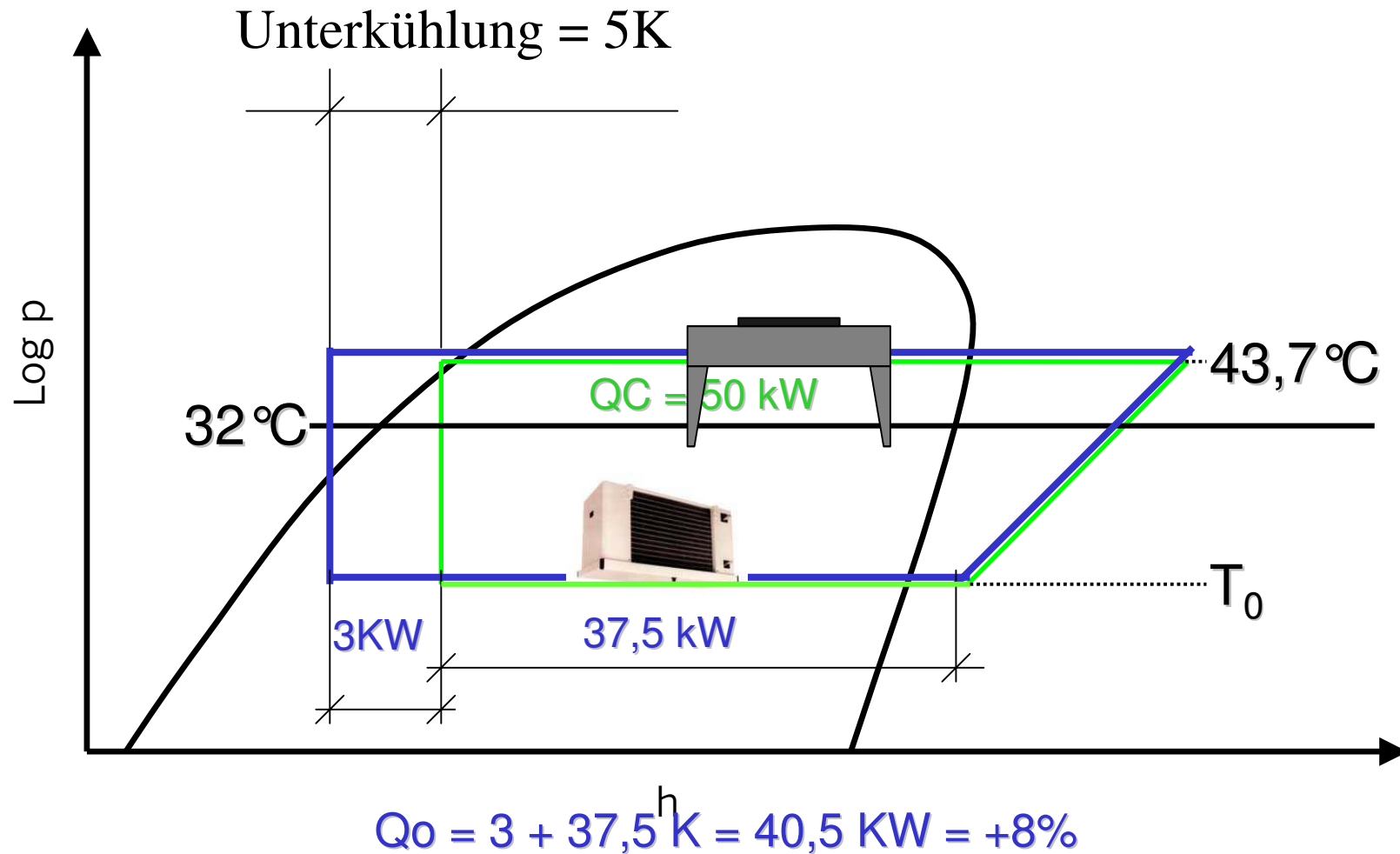


Energieeinsparung durch Unterkühlung

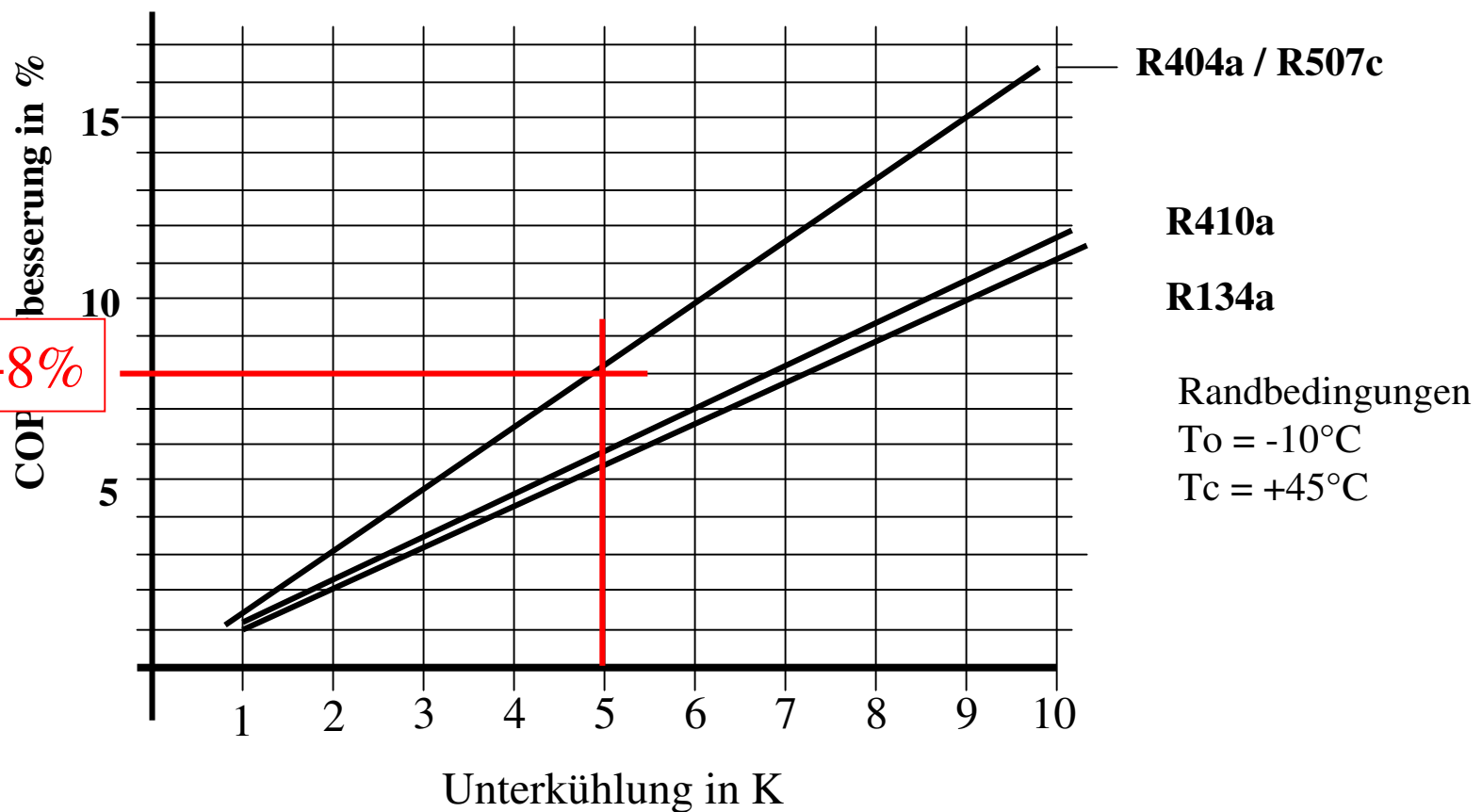
Verflüssiger Grundprinzip



Leistungsgewinn durch Unterkühler



Einfluss der Unterkühlung auf den COP



COP +8%

Energieeinsparung durch Unterkühler



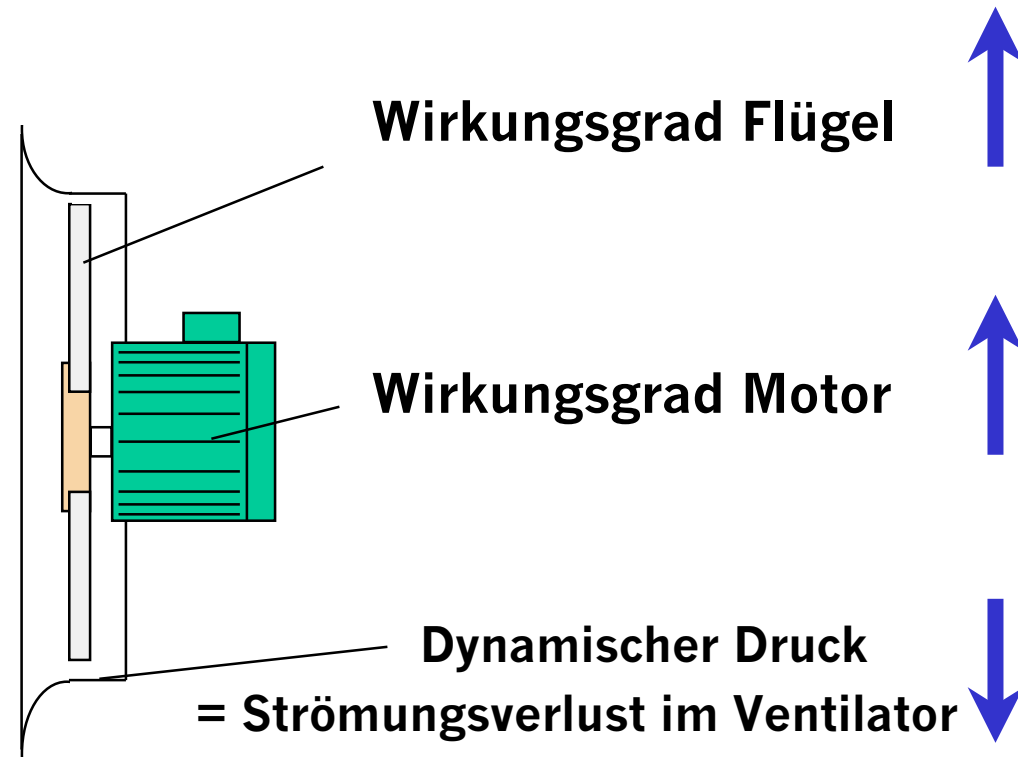
- Zusätzliche Kälteleistung ohne Verdichterenergie
- Verbesserung des COP



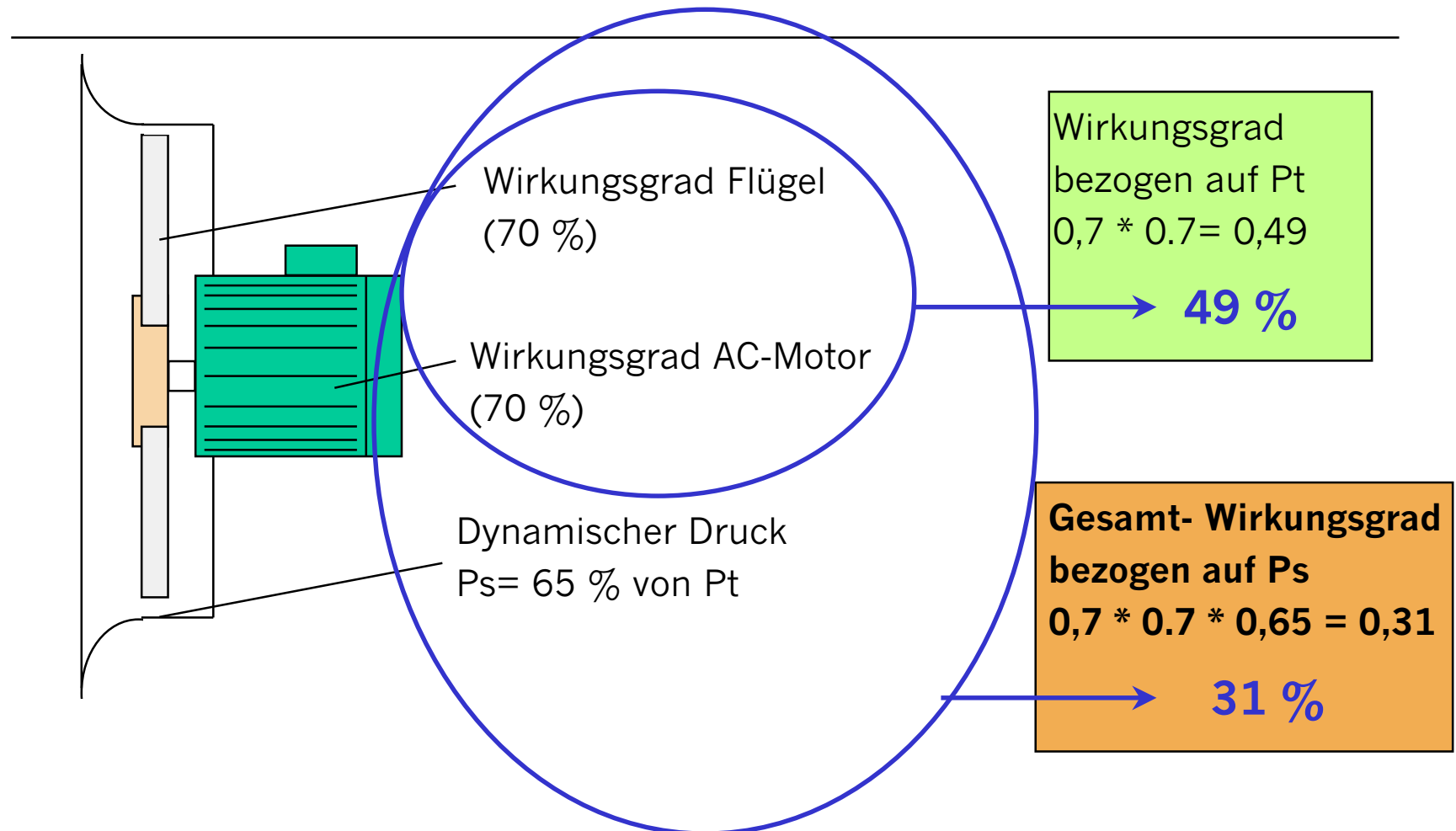


Energieeinsparung durch effiziente Ventilatoren

Ziel für Energieeinsparung



Gesamt Wirkungsgrad bei Ventilatoren



Wirkungsgrad Flügel



Einfaches Laufrad

$$\eta = 0,5 - 0,6$$



- Flügel ohne Profil
- aus Blech
- aus Kunststoff

Laufrad mit Profilierten Flügeln

$$\eta = 0,6 - 0,7$$



- Profilierte Flügel
- Angepasste Anstellwinkel

Laufrad mit Profilierten Flügeln in Sichelform

$$\eta = 0,7 - 0,75$$



- Profilierte Flügel
- Sichelform
- Niedriger Schall
- Besserer Wirkungsgrad

Laufrad mit strömungsoptimierten Flügeln (Owlet von ZA)

$$\eta = 0,75 - 0,8$$

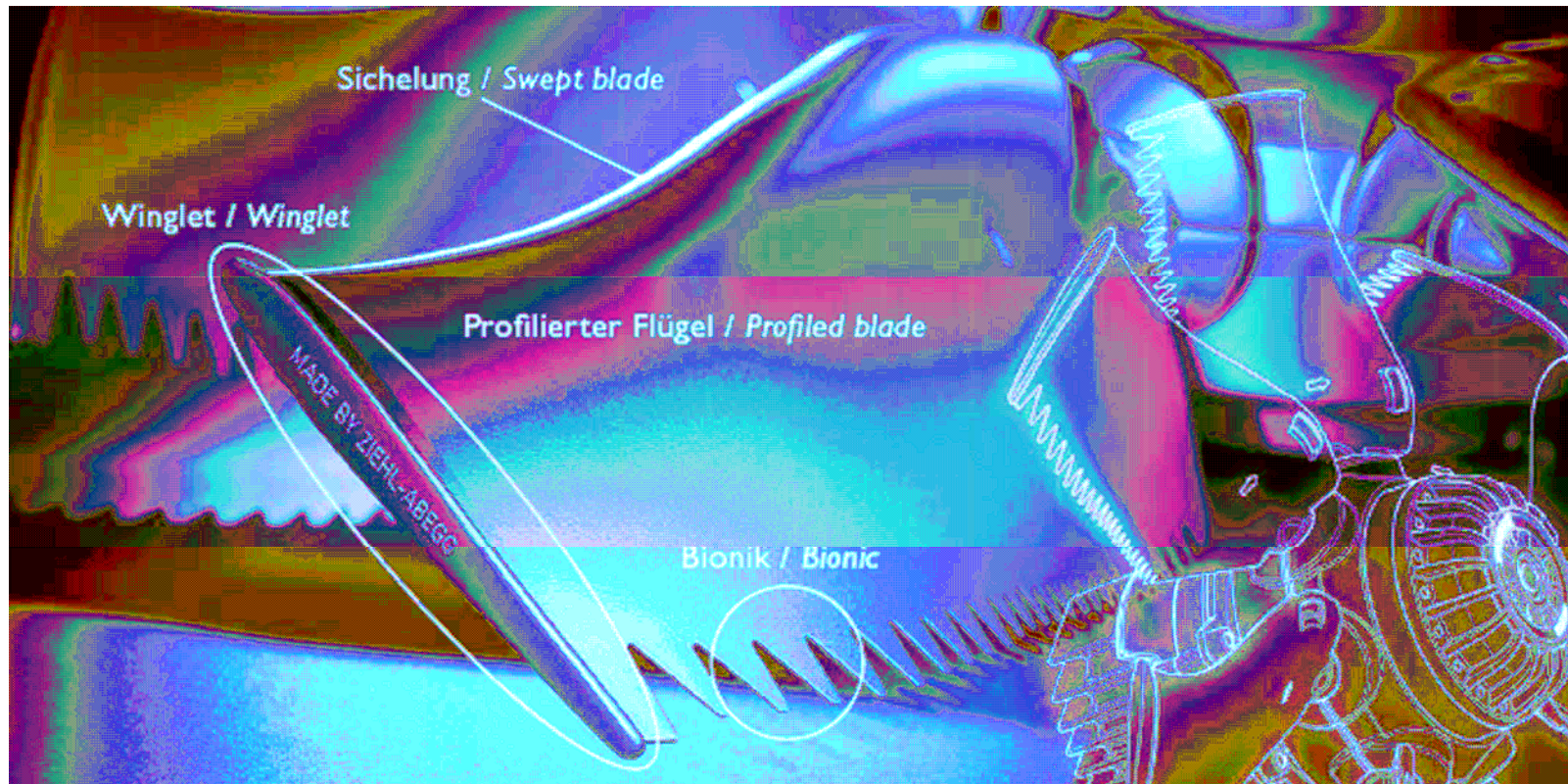


- Besondere Flügelgeometrie
- Winglets
- Optimierte Anström- und Abrisskanten
- Optimaler Wirkungsgrad
- Reduzierung der Schallemission

Wirkungsgrad Flügel



Neue Entwicklungen: ZA Owllet Flügel



Winglet: - minimiert Rückströmungen an der Flügelspitze
- verbessert den Wirkungsgrad

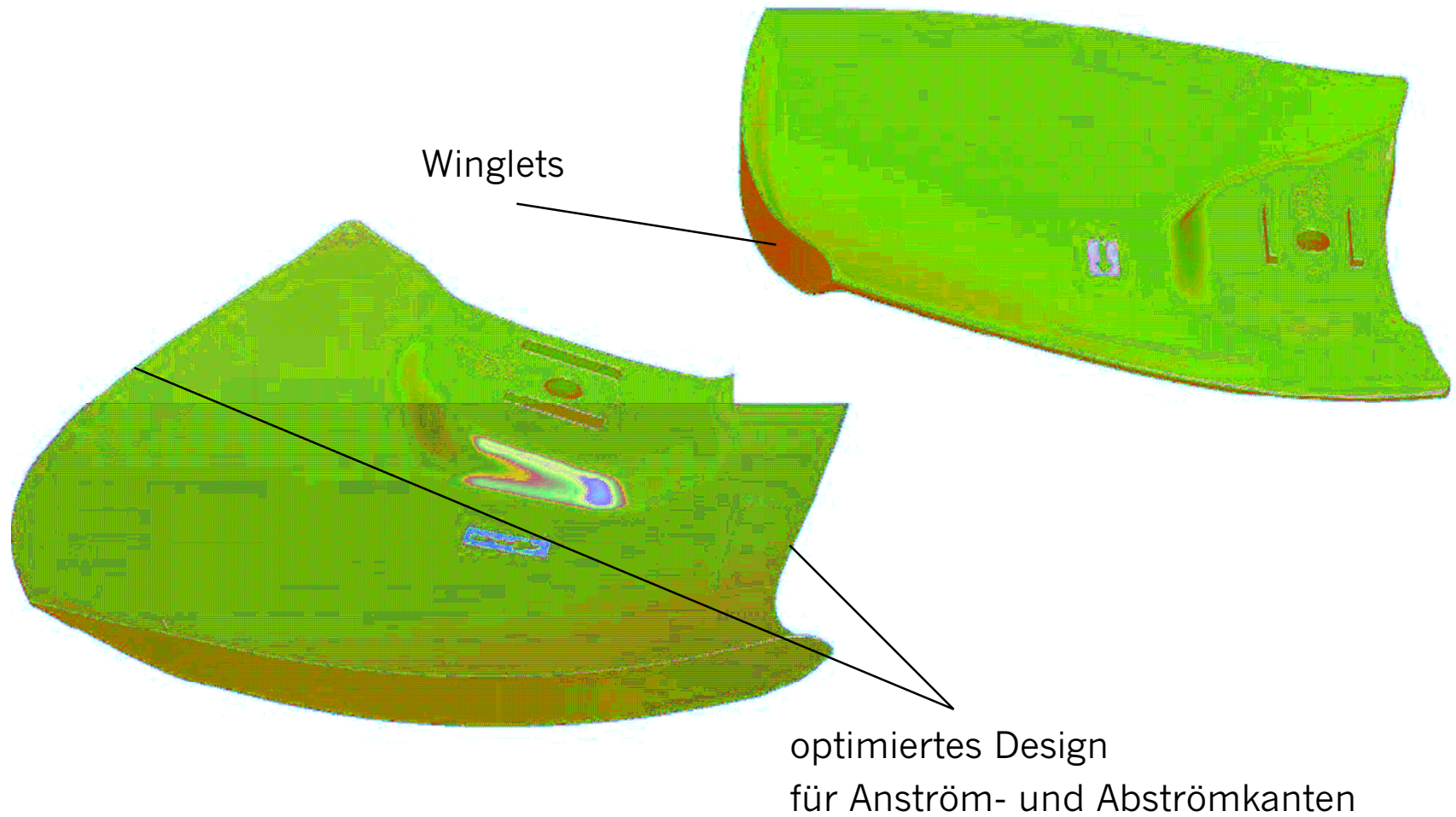
Flügelprofil: Sichelform und Bionik reduzieren den Schall.



Wirkungsgrad Flügel



Neue Entwicklungen: EBM mit Winglet





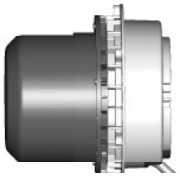




Wirkungsgrad Motor

Wirkungsgrad Motor



	 Spaltpol- motor	 Asynchron- außenläufer motor 230V 1 Ph	 Asynchron- außenläufer motor 400V 3 Ph	 Asynchron- motor Standard	 EC-Motor
Wirkungsgrad η	15–30 %	60–70 %	70–80 %	70–80 %	85–90 %
Axialventilator \varnothing	350 mm	450-500	500-1000	alle	300-1000
Antriebsleistung	30 W	30-1000 W	500-3600 W	alle	30-3000
Lebensdauer (h)	15-20000	40-50000	40-50000	40-50000	40-50000

Wirkungsgrad Motor

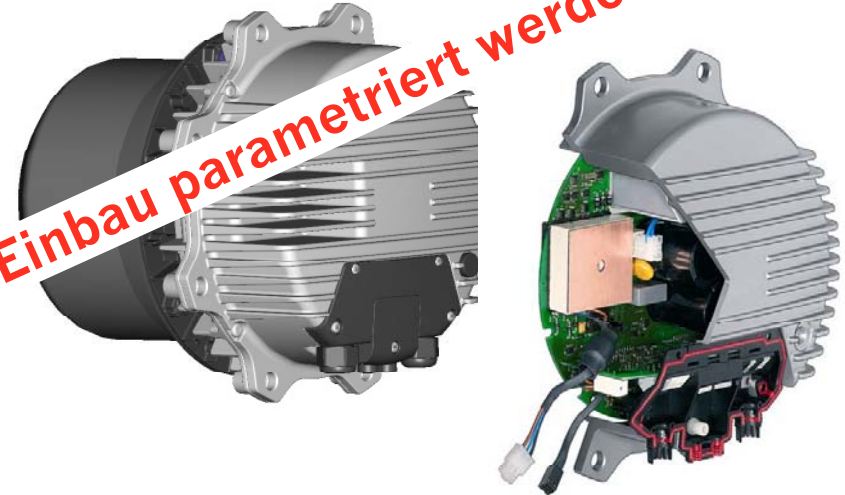


Neuentwicklungen: EC- Motor

EC- Motor als Außenläufermotor

- Antriebsleistungen bis ca. 3 kW (D=1000 mm)
- Rotor mit Permanentmagnet
 - minimiert Induktionsverluste
 - verbessert den Wirkungsgrad
- Integrierte Leistungs-Elektronik
- Integrierte Steuer-Elektronik
- Drehzahlregler
- Motorüberwachung
- Übertemperatur
- Überspannung
- Phasenausfall

EC
ELECTRONISCH
COMMUTIERT



-EC-Ventilatoren müssen vor dem Einbau parametrieren werden.

$$\eta = ca.84 - 90\%$$

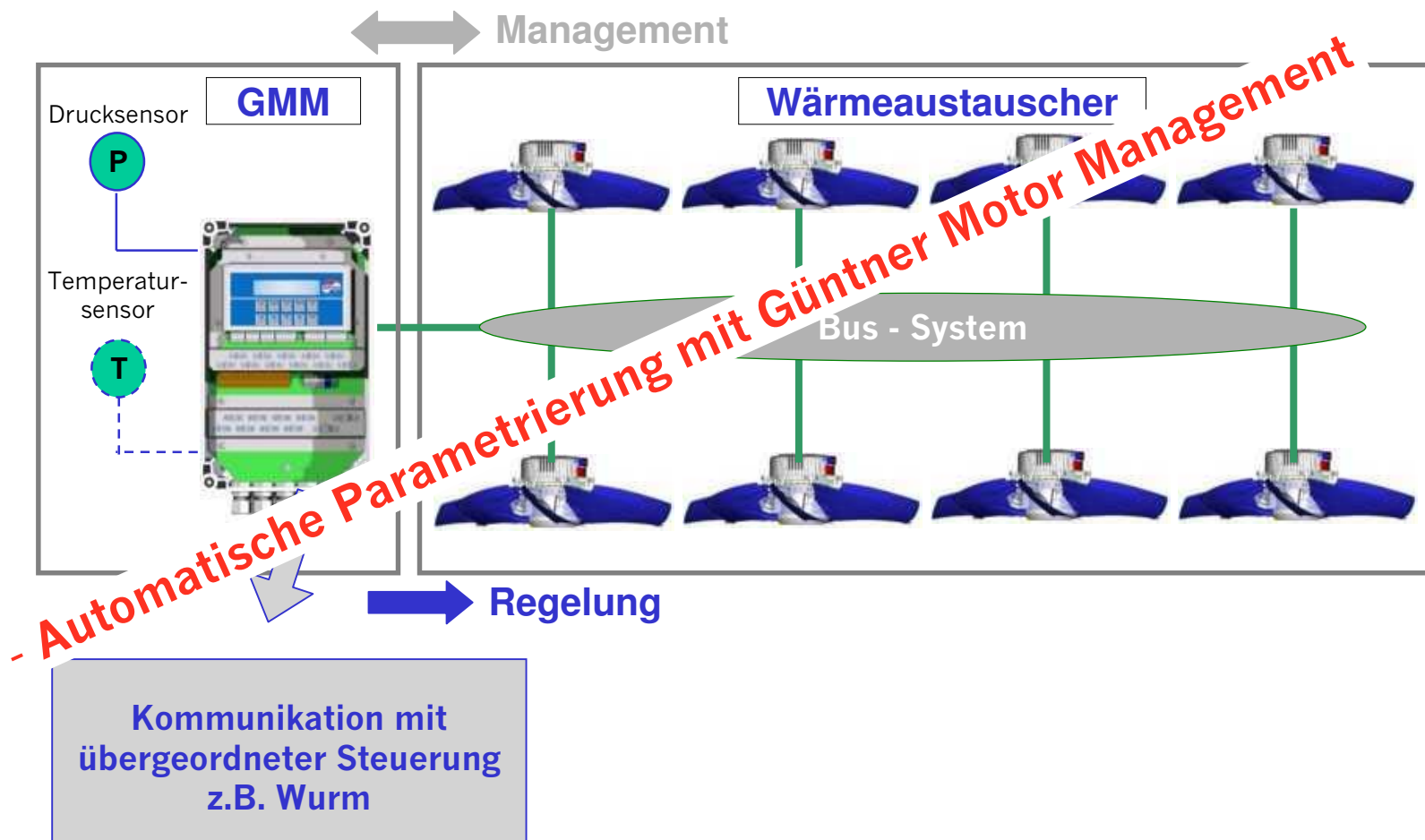


Wirkungsgrad Motor



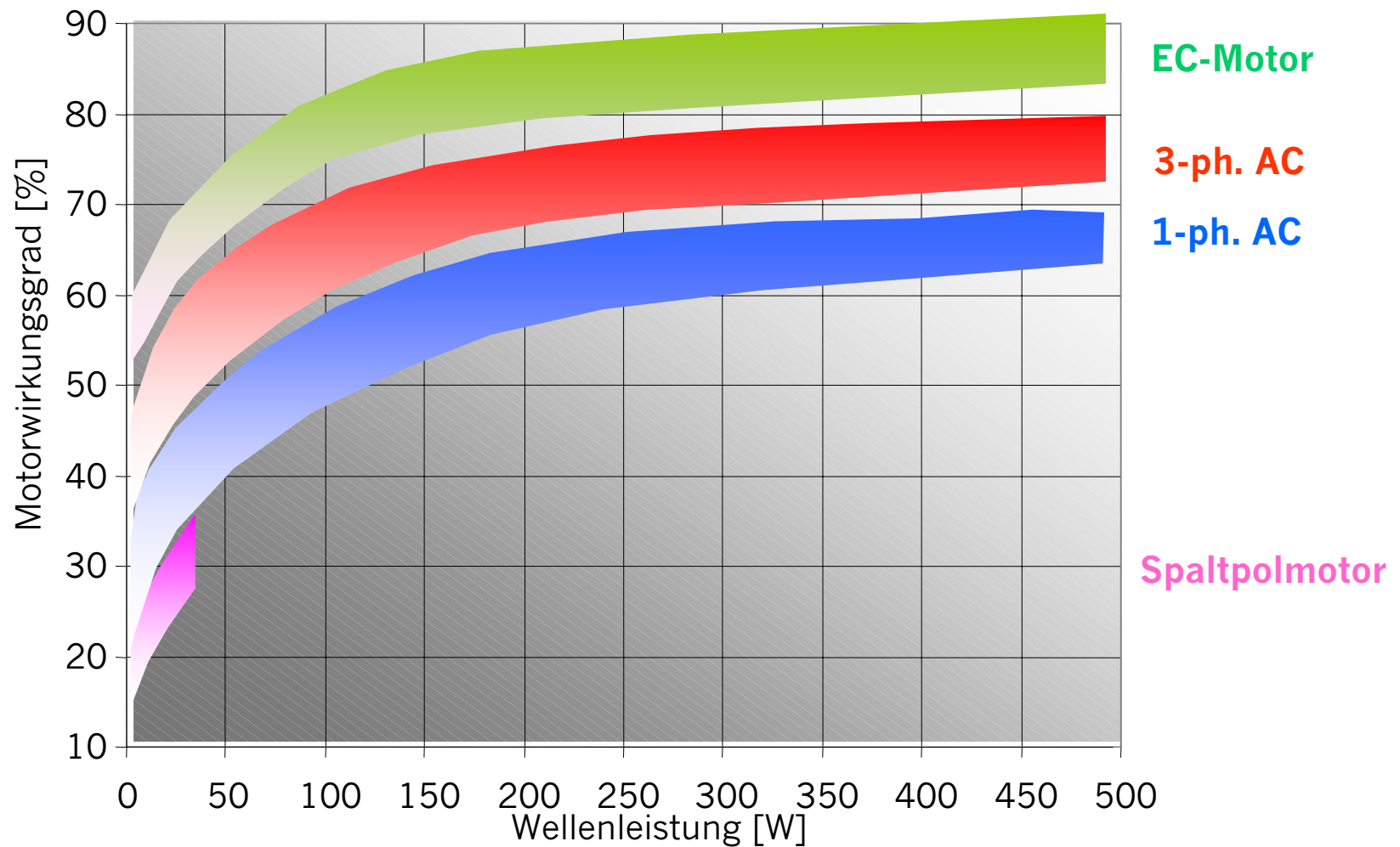
Neuentwicklungen: EC- Motor

Regelungsfunktion und Motormanagement in EINEM



Wirkungsgrad Motor

Übersicht



Energie- Effizienzklassen



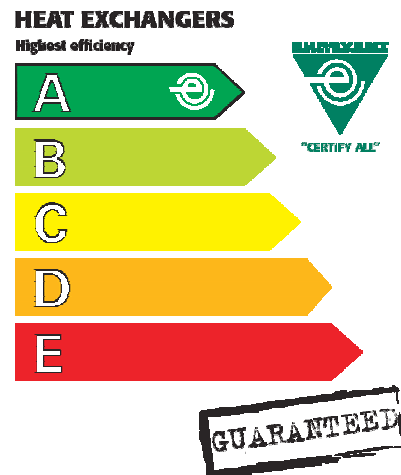
EUROVENT

Class = Energie-Effizienz-Klasse

$$R = \frac{\dot{Q}_{nom}}{P_{KI}}$$

Ursprünglich immer, große und langsam-drehende Ventilatoren

Stand der Technik: EC-Motoren



Class	Energieverbrauch	R
A	extrem niedrig	$R > 110$
B	sehr niedrig	$70 < R < 110$
C	niedrig	$45 < R < 70$
D	mittel	$30 < R < 45$
E	hoch	$30 < R$

Energieeinsparung durch effiziente Ventilatoren



- Große Durchmesser, niedrige Drehzahl
- Profilierte Flügel mit hohem Wirkungsgrad
- Antriebsmotore mit hohem Wirkungsgrad / EC Motore
- Energie- Effizienzklasse beachten





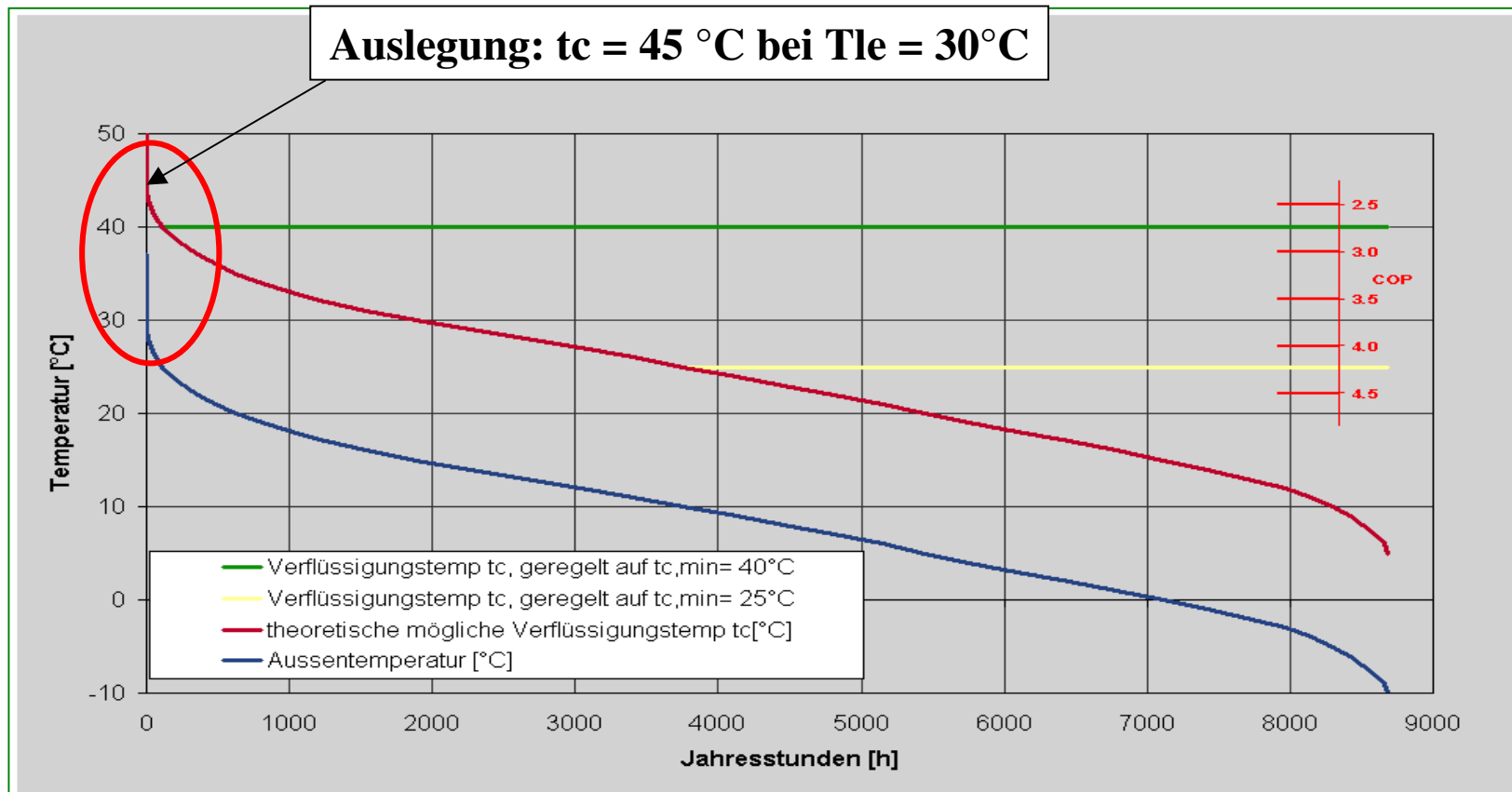
Optimierter Betrieb



Regelung der Verflüssigungstemperatur

Absenken der Verflüssigungstemperatur

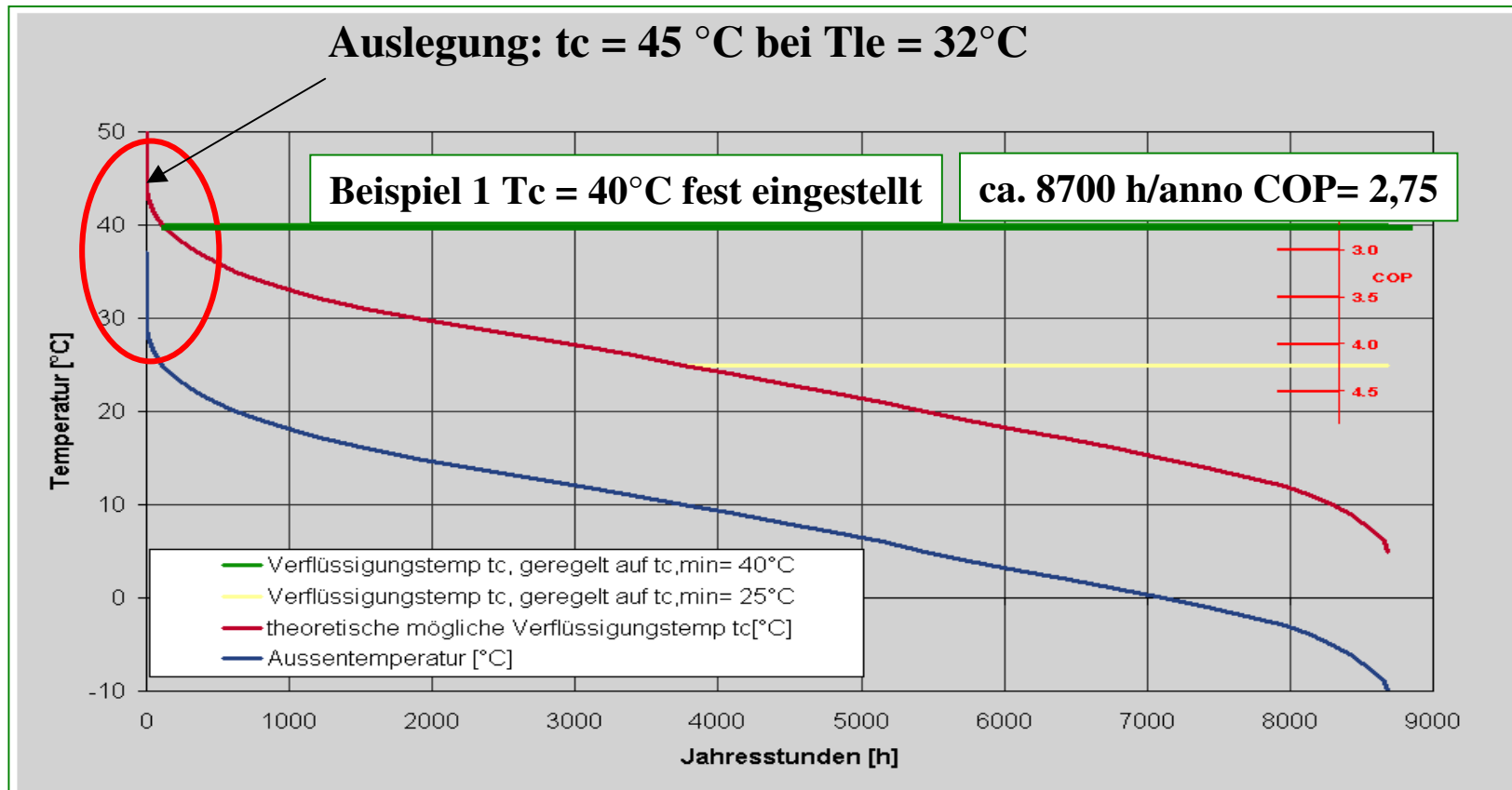
Kumulierte Temperaturverteilung am Standort München



Wenige Stunden im Jahr sind Umgebungstemperaturen größer $+32\text{ °C}$ zu berücksichtigen.

Absenken der Verflüssigungstemperatur

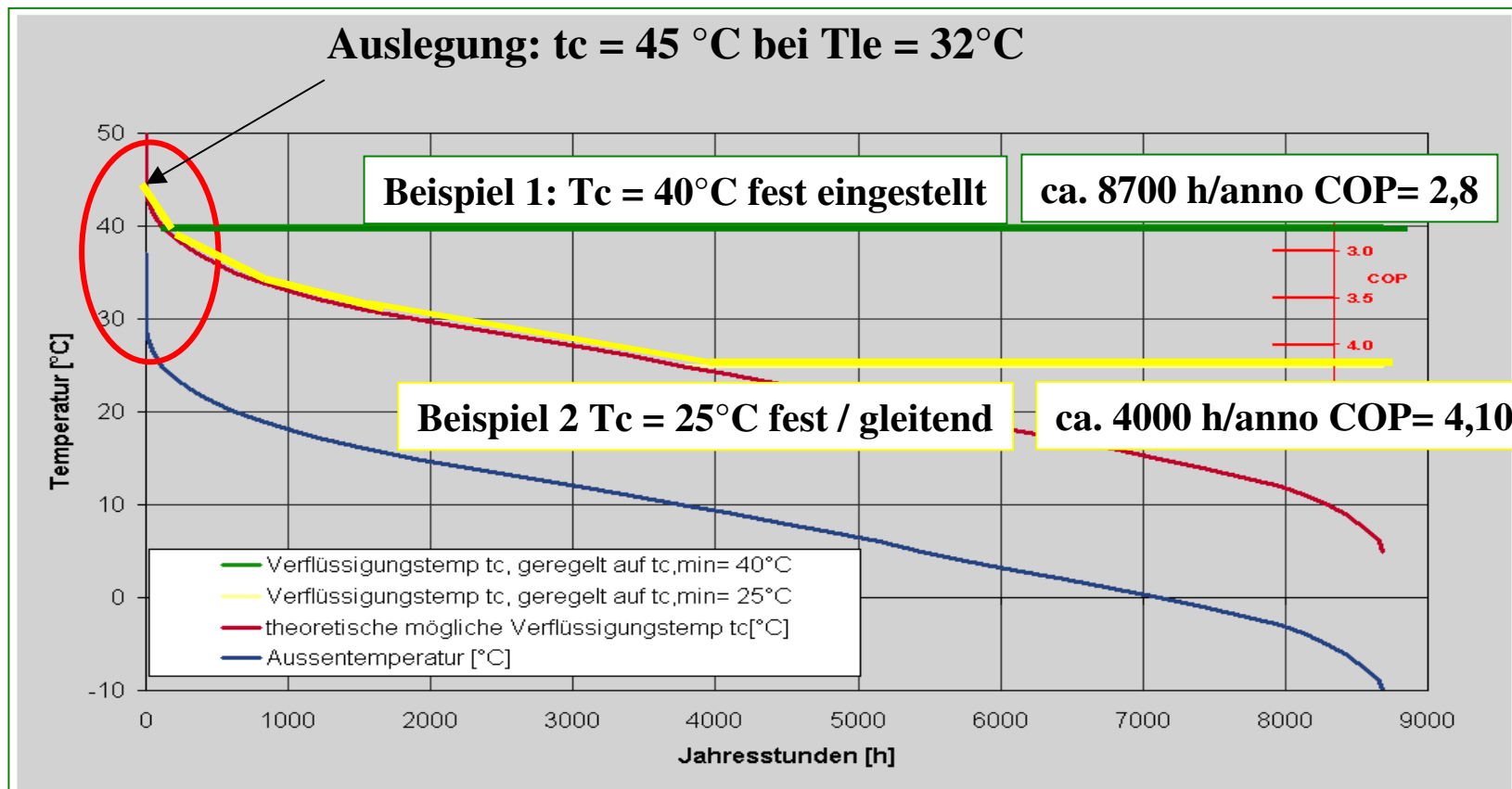
Kumulierte Temperaturverteilung am Standort München



Wenige Stunden im Jahr sind Umgebungstemperaturen größer $+32\text{ °C}$ zu berücksichtigen.

Absenken der Verflüssigungstemperatur

Kumulierte Temperaturverteilung am Standort München

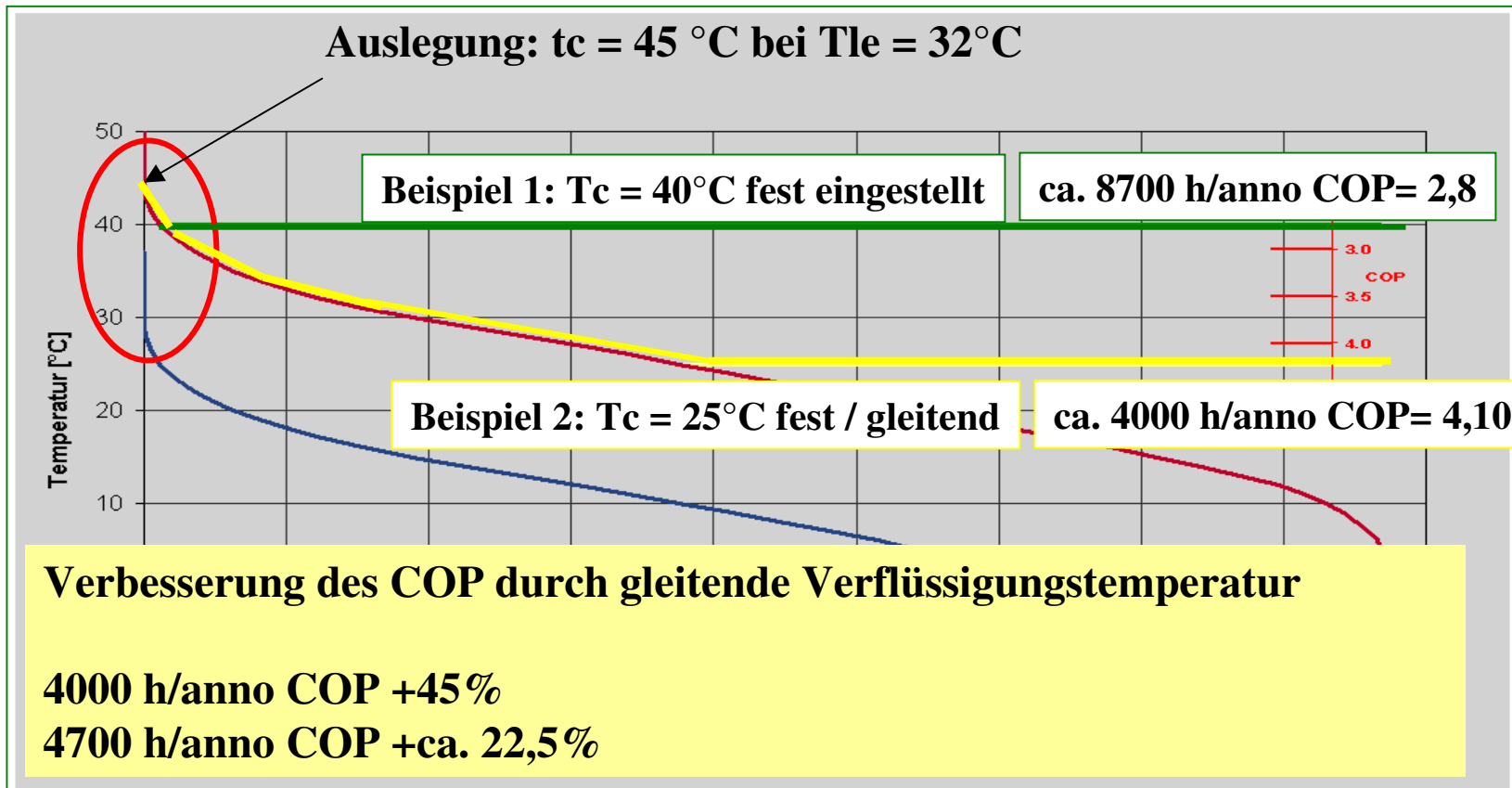


Wenige Stunden im Jahr sind Umgebungstemperaturen größer $+32^\circ\text{C}$ zu berücksichtigen.

Absenken der Verflüssigungstemperatur

Kumulierte Temperaturverteilung am Standort München

Auslegung: $t_c = 45\text{ °C}$ bei $T_{le} = 32\text{ °C}$



Wenige Stunden im Jahr sind Umgebungstemperaturen größer +32°C zu berücksichtigen.

Grenzen der minimalen Verflüssigungstemperatur



- **Zulässige Differenzdrücke für Expansionsventile**
- **Einsatzgrenzen Verdichter (Motor)**
- **Komponenten-Performance (Ölabscheider)**
- **Wärmerückgewinnung**

Beispiele für minimale Verflüssigungstemperatur



Anwendung	To	Kältemittel	Exp. Ventil	Tc min.
Klima	0°C	R 134a	thermostatisch	+30°C
			elektronisch	+25°C
Normalkälte	-10°C	R 404	thermostatisch	+25°C
			elektronisch	+20°C
Tiefkälte	-30°C	R 404	thermostatisch	+20°C
			elektronisch	+15°C

Energieeinsparung durch Regelung der Verflüssigungstemperatur



- Minimale Verflüssigungstemperatur einstellen
- Gleitende Regelung in Abhängigkeit der Außentemperatur





Drehzahlregelung



Technischer Vergleich verschiedener Systeme
zur Reduzierung der Drehzahl

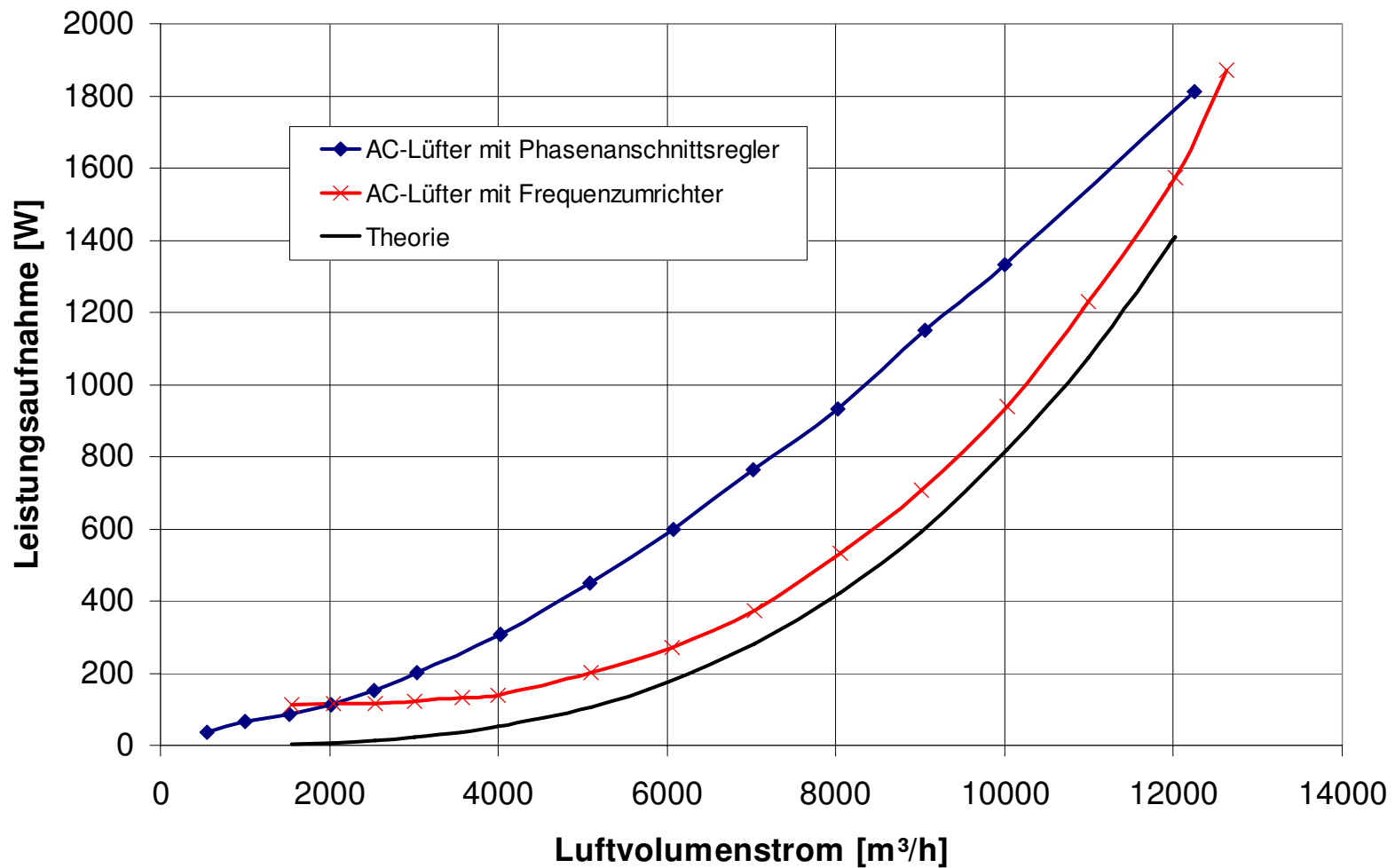


Systeme zur Drehzahlreduzierung

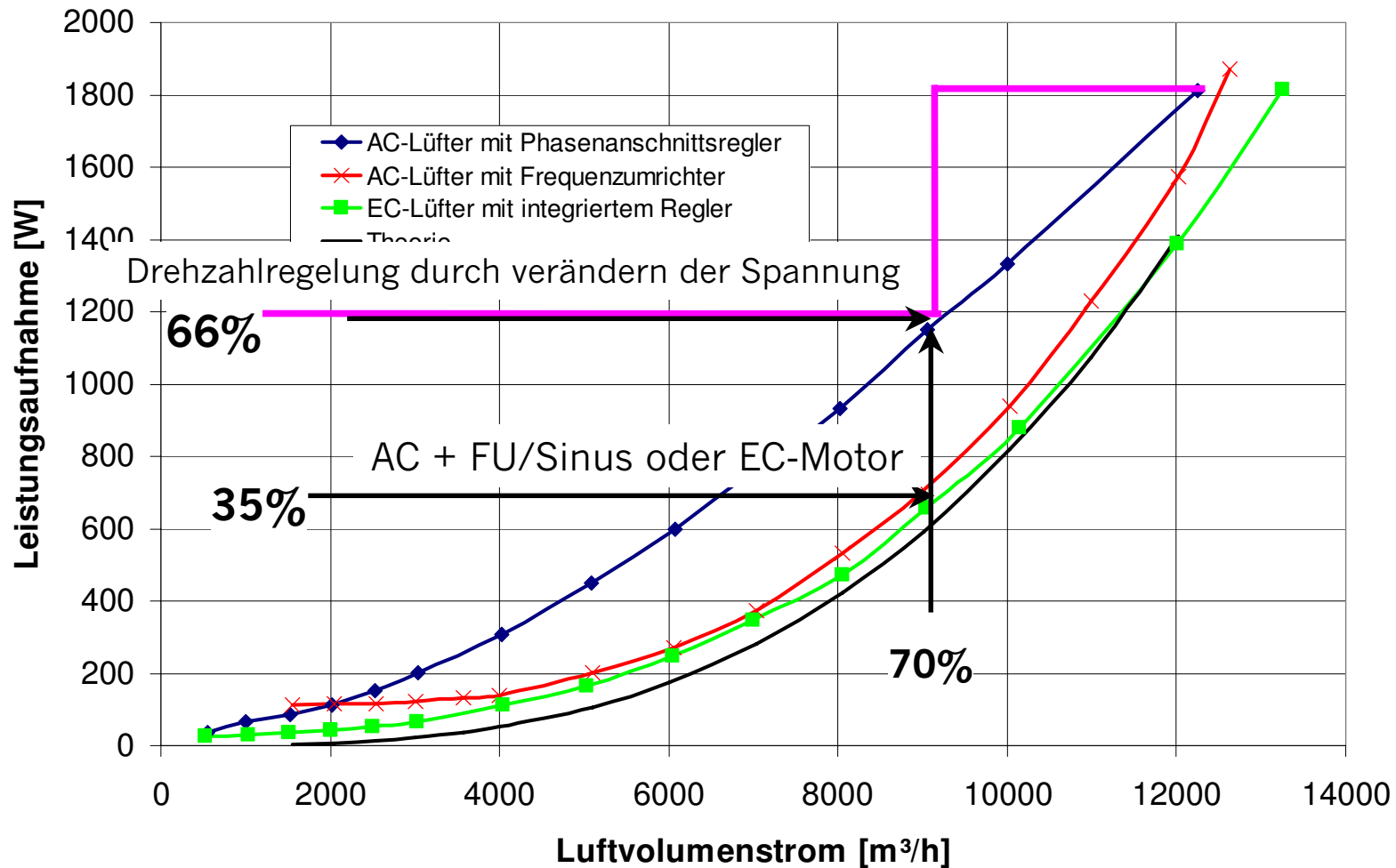


Regelsystem	Drehzahl
1-Umschaltung Dreieck – Stern	ca. 100/70 %
2-Umschaltung Dahlander	ca. 100/50 %
3-Spannungsregelung mit Trafo	ca. 10 – 100 %
4-Spannungsregelung mit Phasenanschnittregler	ca. 10 – 100 %
5-Frequenzregelung mit Frequenzumformer und Filter	ca. 10 – 100 %
6-Drehzahlgeregelte EC-Motoren	ca. 10 – 100 %

Leistungsaufnahme von Lüfter + Drehzahlregler



Leistungsaufnahme von Lüfter + Drehzahlregler



Energieeinsparung durch Drehzahlregelung



- Theoretisch fällt die Energieaufnahme in der dritten Potenz zur Drehzahl
- EC Ventilatoren erreichen optimale Werte
- Frequenzumrichter sind besser als Spannungsregelung





Aufstellung



Innen oder außen?

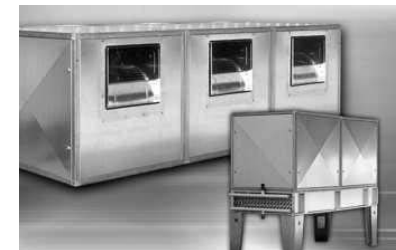
Aufstellung innen Aufstellung außen



Verflüssiger / Rückkühler
mit Axialventilatoren
Aussenaufstellung



Verflüssiger / Rückkühler
mit Radialventilatoren
Innenaufstellung

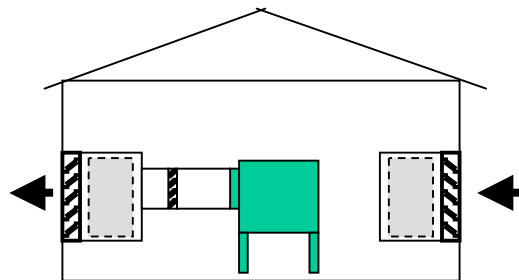


Aufstellung innen Aufstellung außen



Aufstellung im Gebäude

→ Radial- Ventilatoren



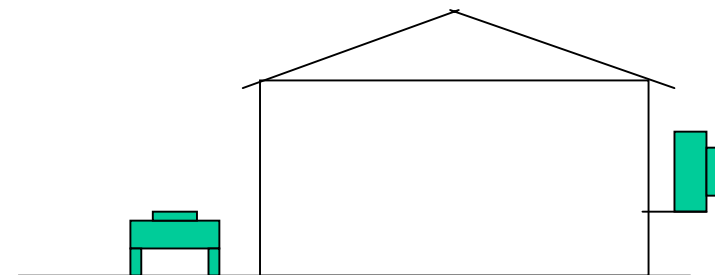
Wetterschutzgitter Eintritt	40 Pa
Wetterschutzgitter Austritt	40 Pa
Schalldämpfer Eintritt	60 Pa
Schalldämpfer Austritt	60 Pa
Luftkanäle	40 Pa

Summe Pext. = 240 Pa

Antriebsleistung
Ventilatoren: **80W
KW Q₀**

Aufstellung aussen

→ Axial- Ventilatoren



Summe Pext. = 0 Pa

Schall:	Laut	leise
Drehzahl (1/min)	1450	450

Antriebsleistung
Ventilatoren: **25W
KW Q₀** **6 W
KW Q₀**



Energieeinsparung durch die Auswahl der Bauart



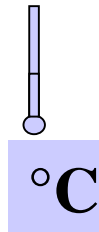
- Verflüssiger ohne Kanäle
- Verflüssiger für Außenaufstellung
- Verflüssiger mit langsam laufenden Ventilatoren



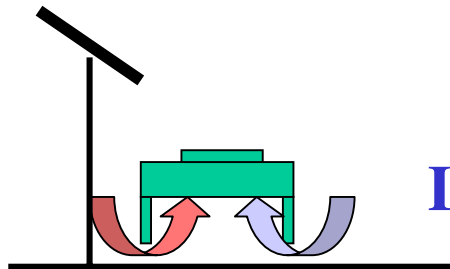
Aufstellung außen?



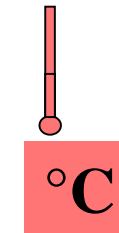
Umgebungstemperatur ?



oder



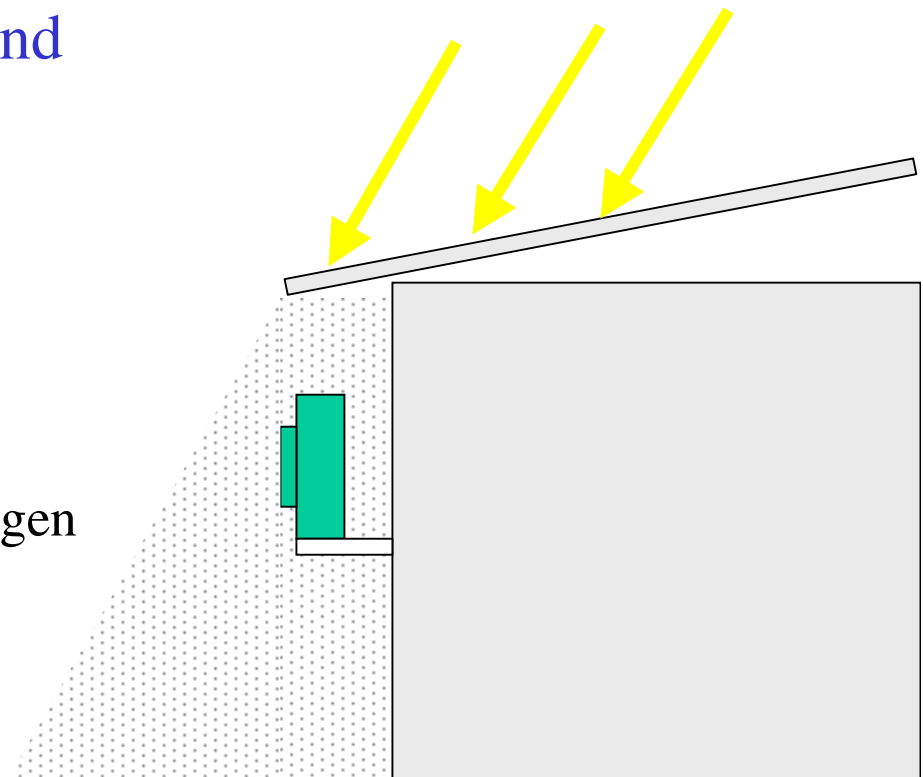
Luft Eintrittstemperatur ?



- Für die Auslegung der Verflüssiger / Glykolkühler ist die Luft eintrittstemperatur von Bedeutung!
- Am Ort der Aufstellung kann die Luft eintrittstemperatur von der Umgebungstemperatur abweichen!

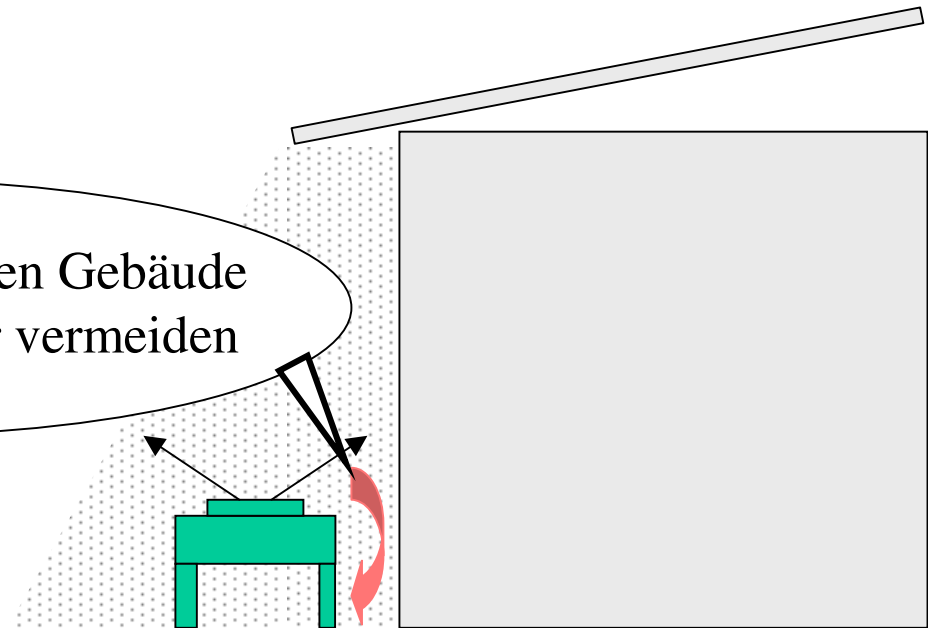
Montage an der Außenwand

- Nord- Ost- Seite bevorzugen
- Windrichtung berücksichtigen
- Luftauslass nach oben bevorzugen
- Genügend Abstand zur Wand



Aufstellung neben dem Gebäude

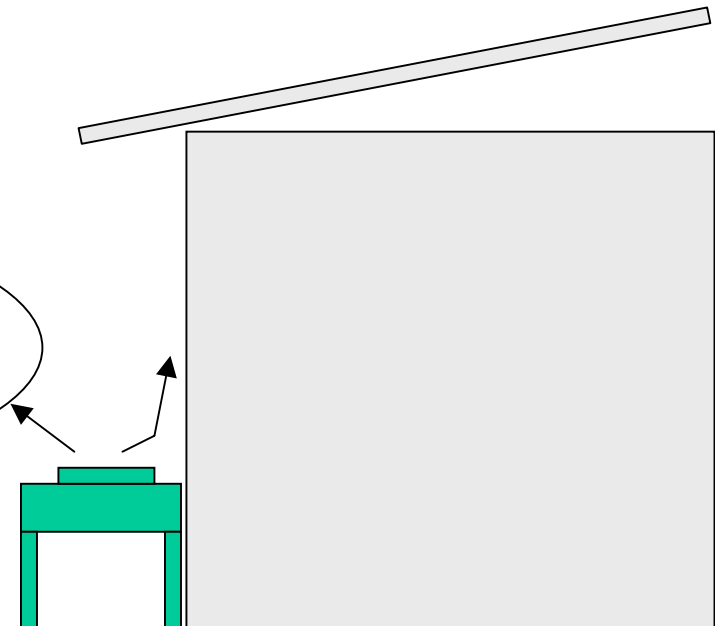
-Luftkurzschluss zwischen Gebäude
und Verfl.- Rückkühler vermeiden



Aufstellung neben dem Gebäude

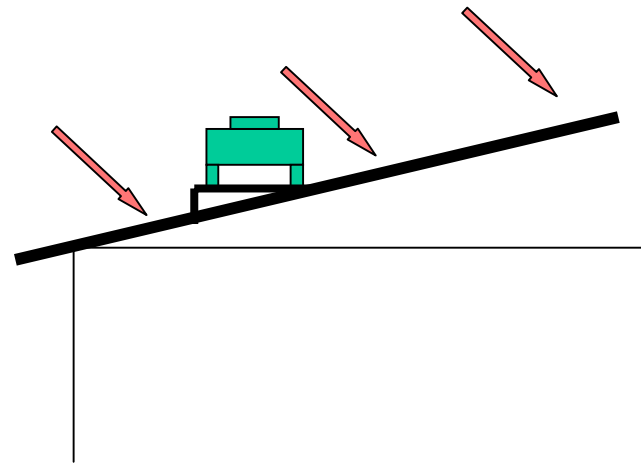
-Verflüssiger / Rückkühler
direkt an der Wand aufstellen

-Höhere Füße bei Aufstellung an der Wand
und bei Aufstellung in Gebäude- Ecken



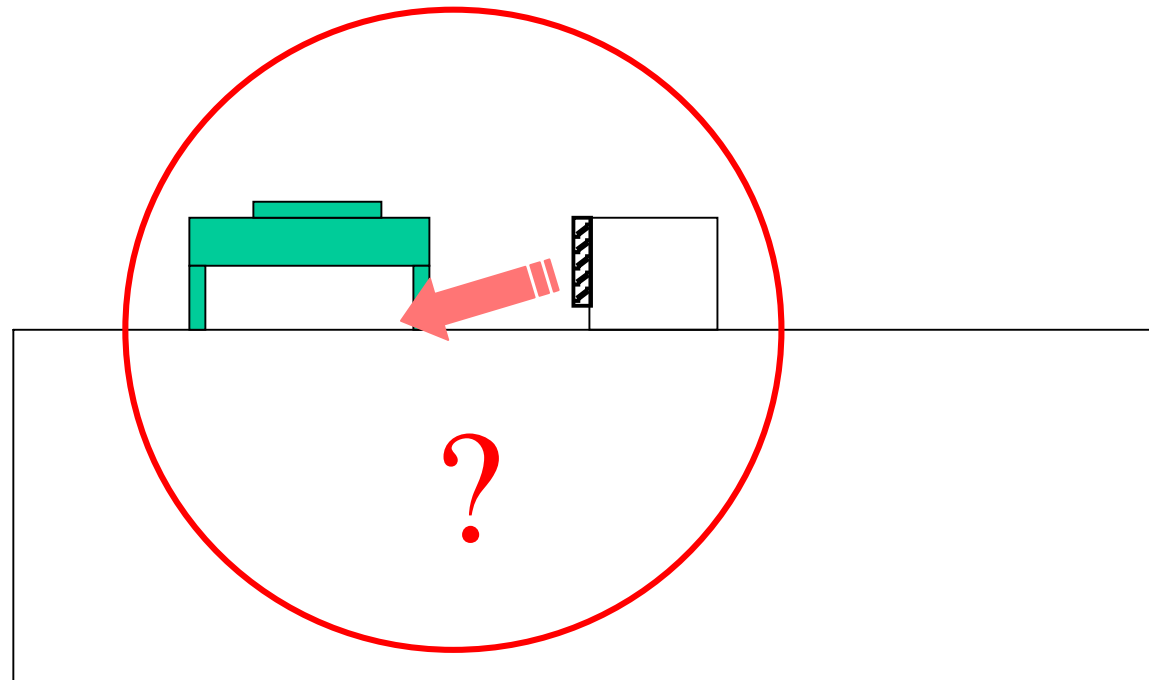
Aufstellung auf dem Dach

- Nord Ost Seite bevorzugen
- Temperaturerhöhung durch Neigung, und Farbe der Aufstellfläche



Aufstellung auf dem Dach

- Abluftsysteme beeinflussen die Temperatur
- Abluftsysteme können zu Verschmutzungen führen (Küchen, Fett)



Aufstellung auf dem Dach



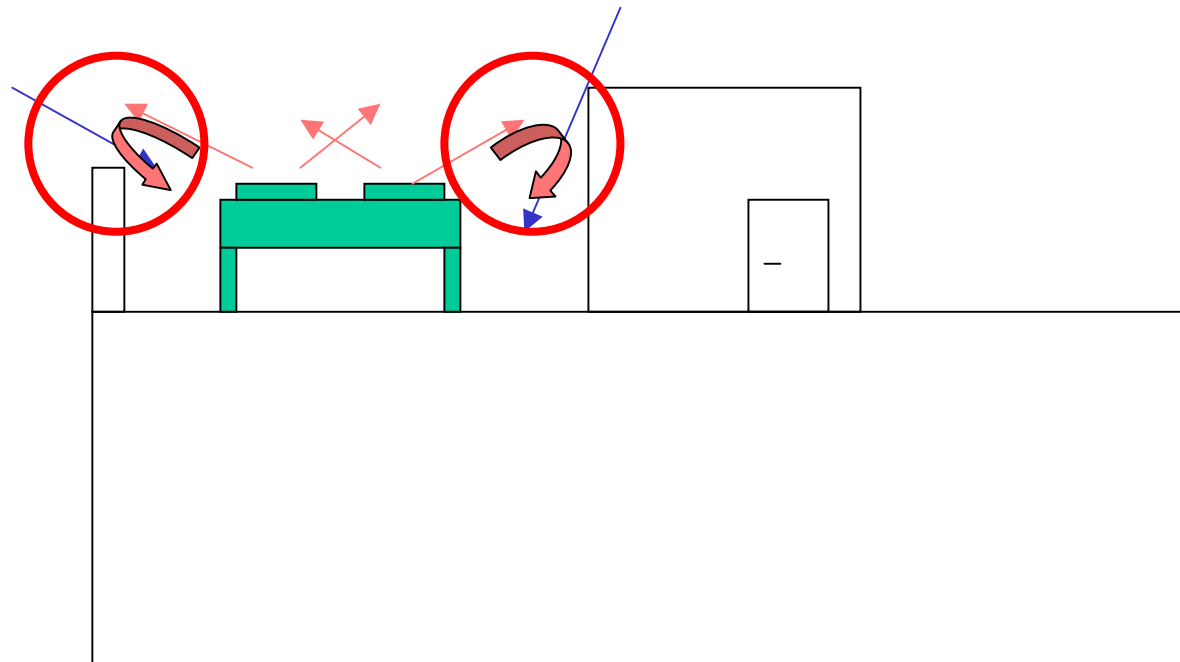
-Bepflanzte Dächer

...können zu Verschmutzungen führen



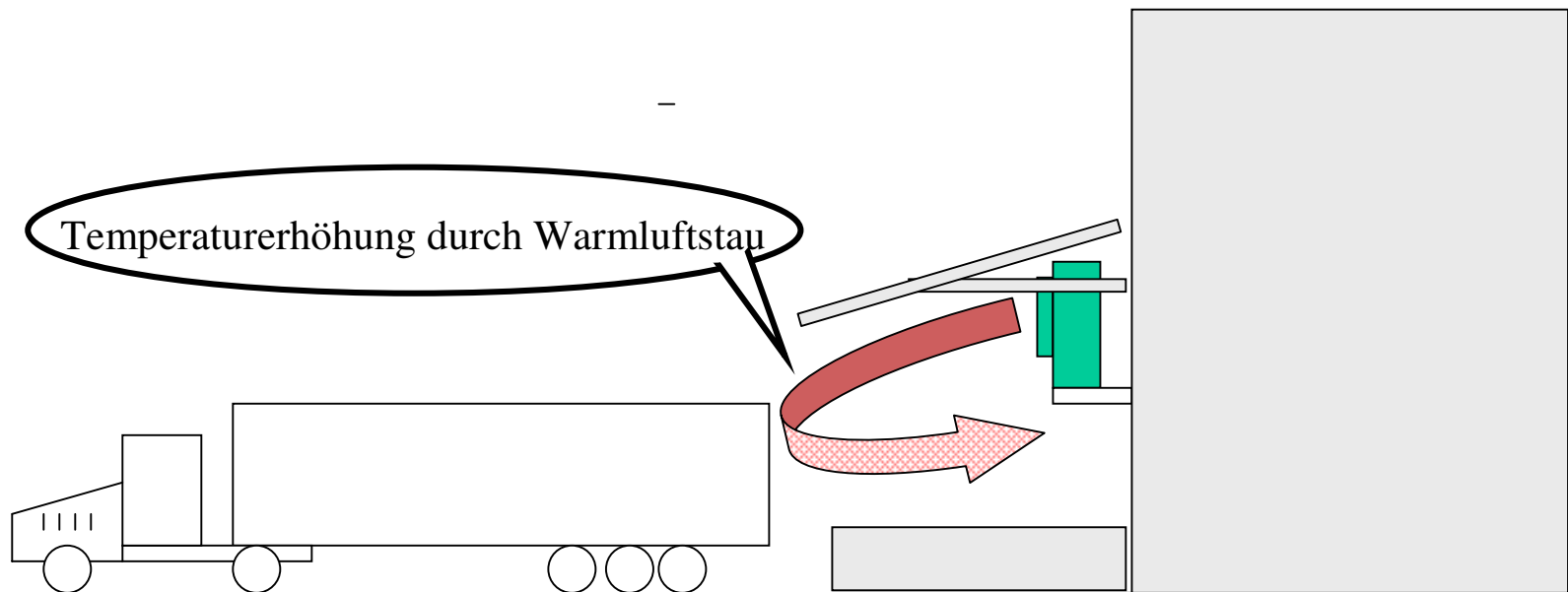
Aufstellung mit Sichtblende

-Sichtblenden und Penthäuser
behindern die Luftzufuhr und führen zu Luftkurzschluss



Aufstellung unter einem Vordach

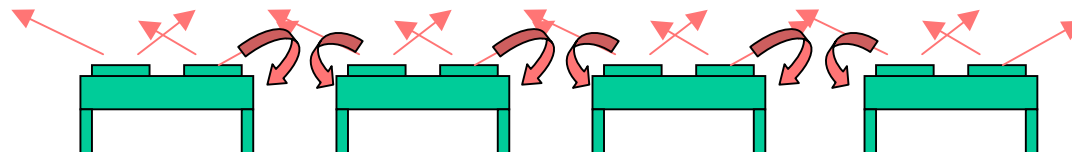
Annahme: 3 K Temperaturerhöhung = COP - 9%



Aufstellung mehrerer Verflüssiger oder Rückkühler als Gruppe

Problem:

Ein Teil der ausgeblasenen Luft strömt zurück zum Lufteintritt



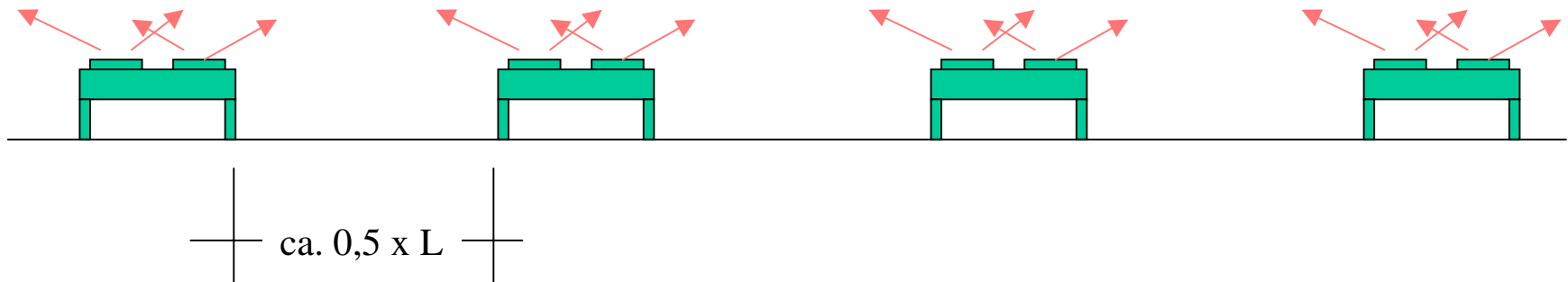
Aufstellung mehrerer Verflüssiger oder Rückkühler als Gruppe

Problem:

Ein Teil der ausgeblasenen Luft strömt zurück zum Lufteintritt

Lösung A:

- grosse Abstände zwischen den Geräten (min $0,5 \times L$)
- Windrichtung beachten !



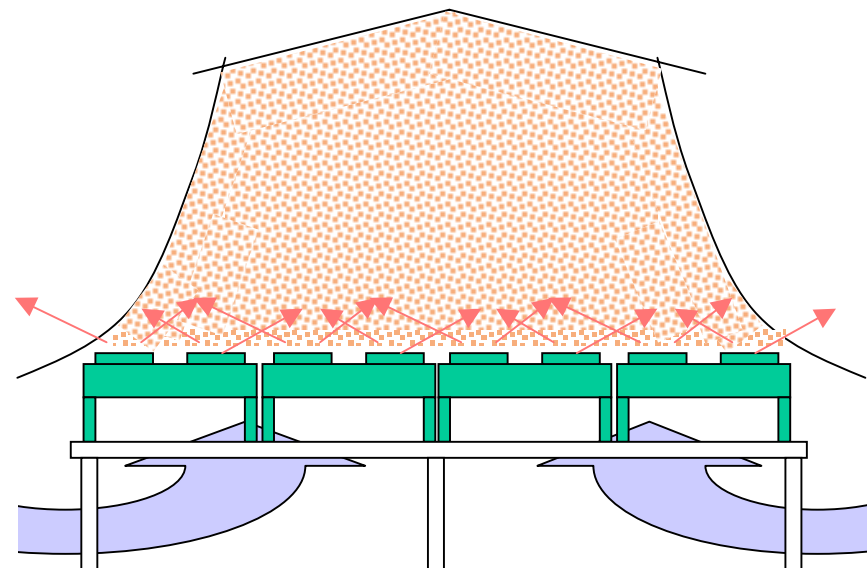
Aufstellung mehrerer Verflüssiger oder Rückkühler als Gruppe

Problem:

Ein Teil der ausgeblasenen Luft strömt zurück zum Lufteintritt

Lösung B:

- Geräte auf einem Stahlgerüst aufstellen
- Ansauggeschwindigkeit im Zuströmquerschnitt: ca. 2-3 m/sek.



Aufstellung in der Tiefgarage



- Luftaustausch in der Tiefgarage prüfen
- Luftkurzschluss vermeiden
- Evtl. Ausblaskanäle verwenden

Energieeinsparung durch optimale Aufstellung



- Temperaturerhöhung durch Sonneneinstrahlung vermeiden
- Freie Strömung von Zuluft und Abluft
- Luftkurzschluß vermeiden





Beispiele aus der Praxis

Aufstellung der Verflüssiger und Rückkühler



Aufstellung der Verflüssiger und Rückkühler



Aufstellung der Verflüssiger und Rückkühler





Reinigung



Leistungsminderung durch Verschmutzung





- **Verschmutzung bedeutet:**
Leistungsminderung des Wärmeaustauschers
 - **durch erhöhte Luftseitige Druckverluste**
 - **durch Reduzierung des Wärmedurchgangs**





Reinigung der Wärmeaustauscher:

- erhöht die **Betriebssicherheit**
- spart **Betriebskosten**

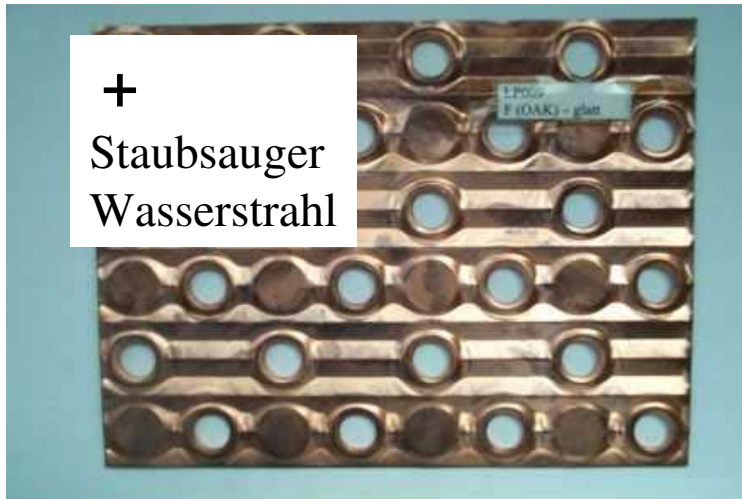




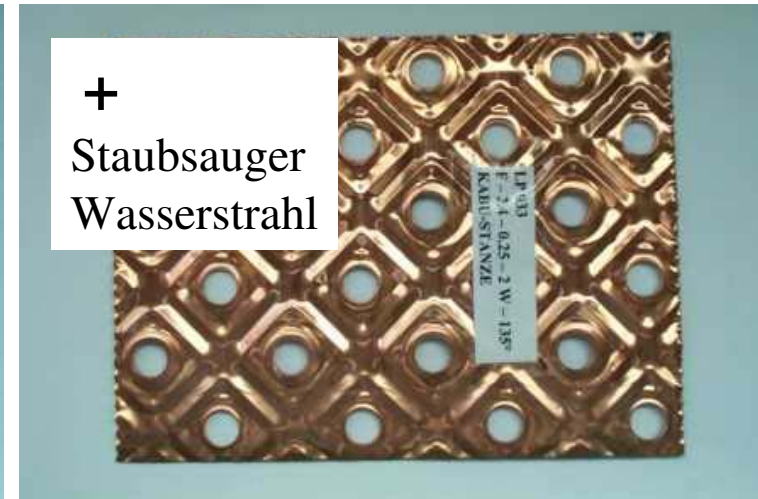
Die Bauart des Wärmeaustauschers und die Konstruktion des Gehäuses haben großen Einfluss auf die Reinigung.

Einfluß der Lamellenstruktur und Lamellenstärke

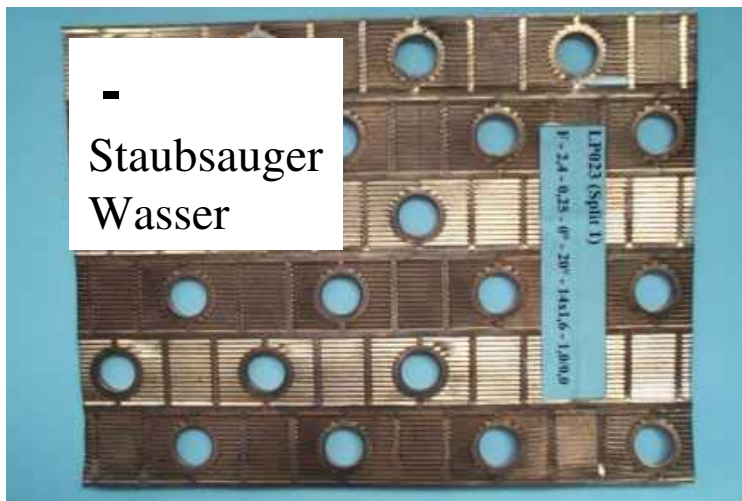
+
Staubsauger
Wasserstrahl



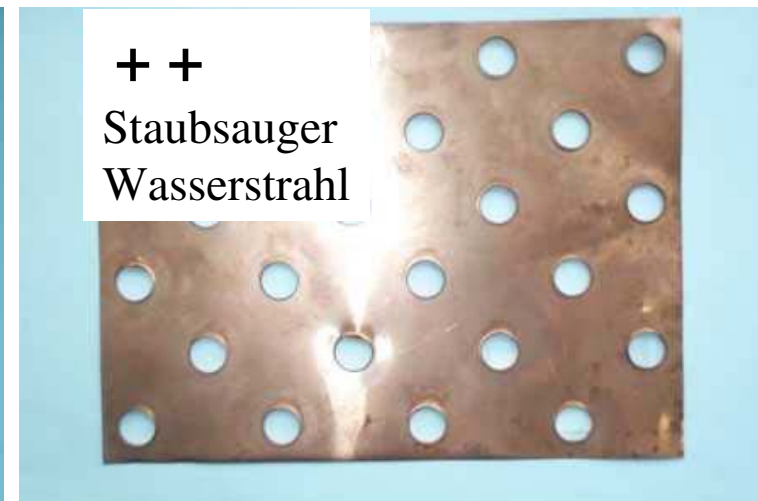
+
Staubsauger
Wasserstrahl



-
Staubsauger
Wasser



++
Staubsauger
Wasserstrahl



Microchannel Wärmeaustauscher

Einfluß der Lamellenstruktur und Lamellenstärke

Das microox[®]-Profil ermöglicht eine Reinigung mit Fächerdüse bis zu 120 bar.





Reinigungsöffnungen

Revisionsdeckel



Aufklappbare Ventilatoren



Revisionsdeckel Sonderbau



GVX Verflüssiger mit Revisionsklappe



Das Güntner GVX-Verflüssigersystem mit großer, einfach zu öffnender Reinigungsklappe.



Service- und Betriebskostensparnis



GVX Verflüssiger mit Revisionsklappe



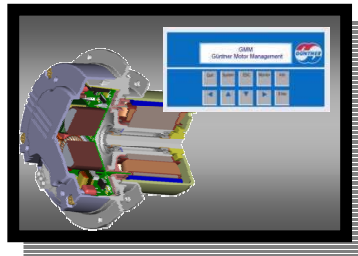


Zusammenfassung

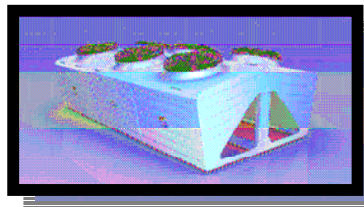
Zusammenfassung



- Energieeffizienz bei der Planung berücksichtigen
- Auslegung mit kleinen Temperaturdifferenzen
- Unterkühler sparen Energie



- Regelung der Verflüssigungstemperatur
- Drehzahlregelung mit FU oder EC Motoren
- Energie-Effizienz-Klassen beachten



- Außenaufstellung statt Innenaufstellung
- Luftkurzschluss vermeiden
- Reinigung der Wärmeübertrager



**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**

