

Energieeffiziente Krankenhäuser

Messergebnisse und Erfahrungen aus 20 Krankenhäusern

3. Krankenhaus-Umwelttag NRW

17. September 2007

Fraunhofer UMSICHT

Dipl.-Ing. Carsten Beier

0208 / 85 98 – 14 16

Carsten.Beier@umsicht.fraunhofer.de



Forschungsprojekt »Energieeffiziente Krankenhäuser«



ca. 2 100 Krankenhäuser

Energiekosten ca. 2 600 €/Bett*a

Verbrauch

- Brennstoff ca. 25 000 kWh/Bett*a

- Strom ca. 7 800 kWh/Bett*a

Quelle: Statistisches Bundesamt; Tippkötter/Schüwer

Situation in vielen Krankenhäusern

- enormer Anstieg der Energiekosten

- viele Um-/Ausbaumaßnahmen

- Krankenhausnutzung ändert sich fortlaufend

- alte, ineffiziente Anlagen

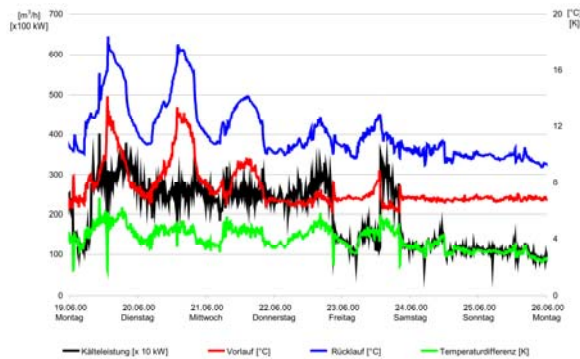
- Betrieb nicht an Bedarf angepasst



Fraunhofer

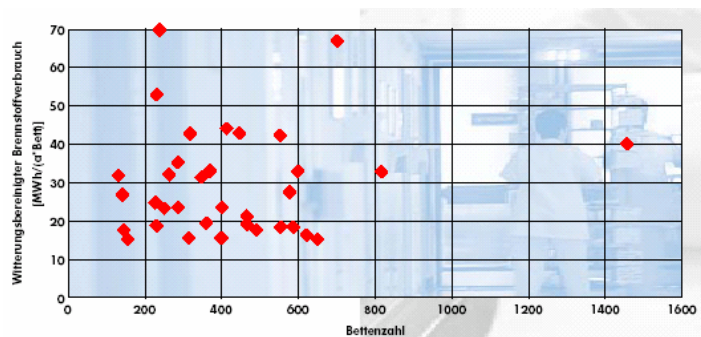
Institut
Umwelt-, Sicherheits-,
Energietechnik UMSICHT

Bisherige Werkzeuge zur Energieoptimierung



Energieanalyse

- gute Ergebnisse
- **kosten- und zeitintensiv**
- **keine Einspargarantie**



Kennzahlenvergleich

- geringer Aufwand, geringe Kosten
 - **bisher kWh/Bett*a, kWh/m²*a**
- => **keine Vergleichbarkeit (z.B. Augenklinik - Unfallklinik)**



Forschungsprojekt »Energieeffiziente Krankenhäuser«



Fraunhofer Institut
Umwelt-, Sicherheits-,
Energietechnik UMSICHT

Krankenhausvergleich in Abhängigkeit von den
individuellen Krankenseigenschaften



Einsparpotenziale aufzeigen durch

- Energiemessungen,
- allgemeine Best-Practice-Lösungen und
- Krankenhausvergleich



Fraunhofer Institut
Umwelt-, Sicherheits-,
Energietechnik UMSICHT

Verbrauchssektoren

Auswahl:

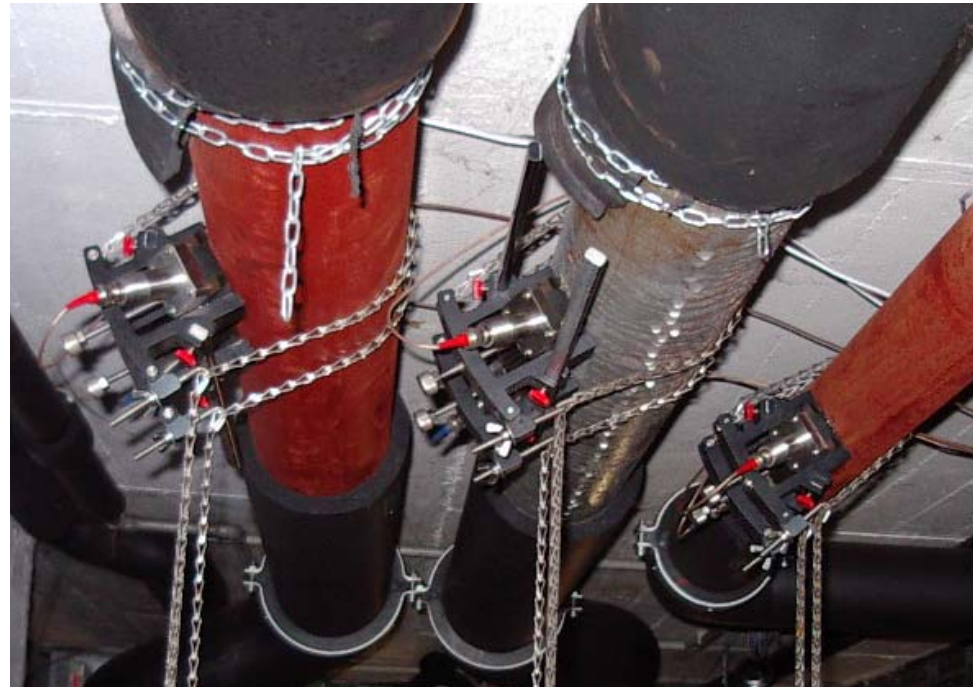
- Messaufwand vertretbar
- Energieverbrauch relevant und beeinflussbar

	Therm. Energie	Elektr. Energie	Primärenergie
1. Heizung	X		
2. Warmwasser	X		
3. Lüftung	X	X	
4. Lüftung OP	X	X	
5. Zentrale Energiewandlungsanlage	X	X	X
6. Kälte	(X)	(X)	
7. Aufzüge		X	



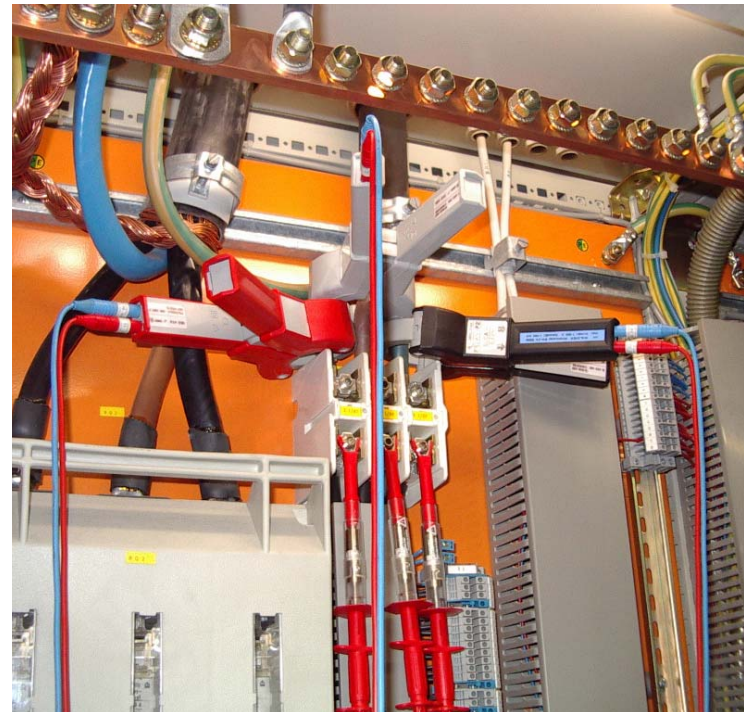
Ultraschalldurchflussmessung

- ohne Betriebsunterbrechung
- Messwerte: V' , T_{VL} , T_{RL}
- Messdauer: 1 Woche
- Messintervall: 12 min
- Messort: Vor-/Rücklaufleitung
an der Kältemaschine oder am
Verteiler



Strommengenmessung

- Strommesszangen für 3 Phasen
- Messwerte: U, I, Q der 3 Phasen
- Messdauer: 1 Woche
- Messintervall: 15 min
- Messort: Schaltschrank oder direkt an der Kältemaschine



Kälteversorgung - Kältebedarf

Einzelanlage geringer Leistung

$Q'_{\max} = 60 \text{ kW (Tag)}$

$Q'_{\min} = 30 \text{ kW (Nacht)}$

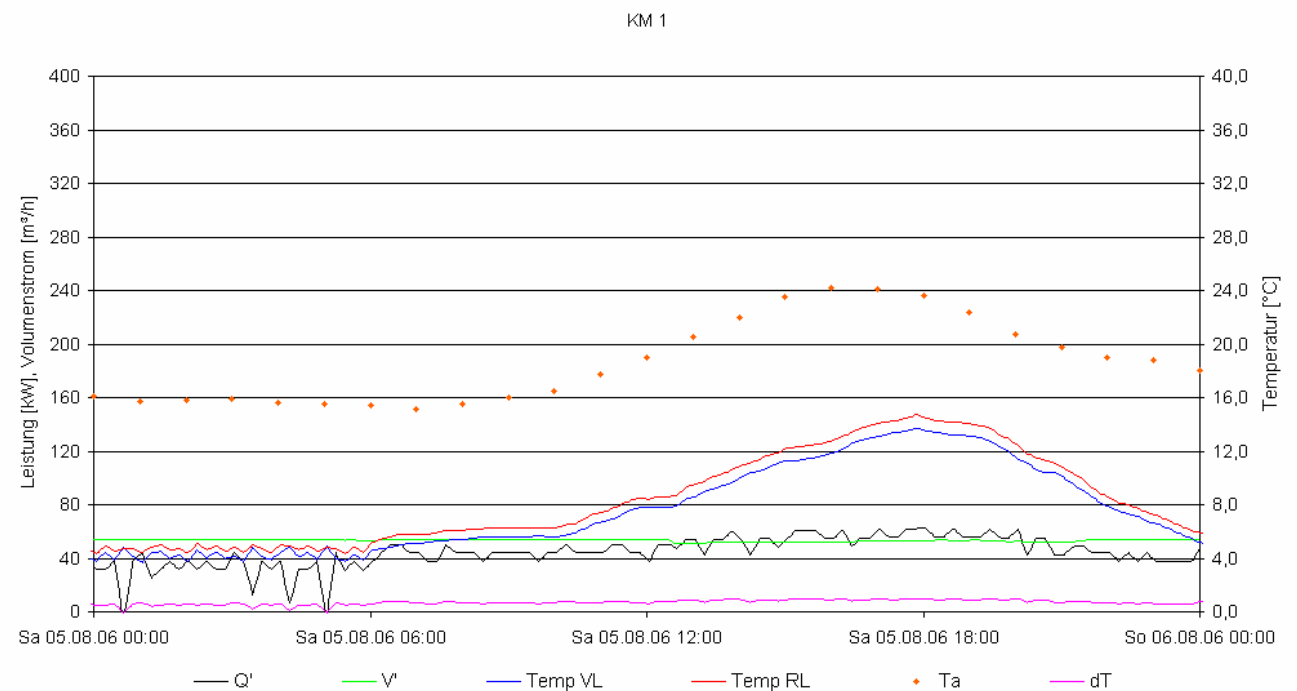
Tageslastgang

$dT < 0,5 \dots 1,0 \text{ K, optimal } 6 \text{ K}$

$T_{VL} = 4,0 \dots 13,5 \text{ }^\circ\text{C}$

Auslastung 15...25 %

COP 1,0...2,0



Kälteversorgung - Strombedarf

2 zentrale KKM großer Leistung

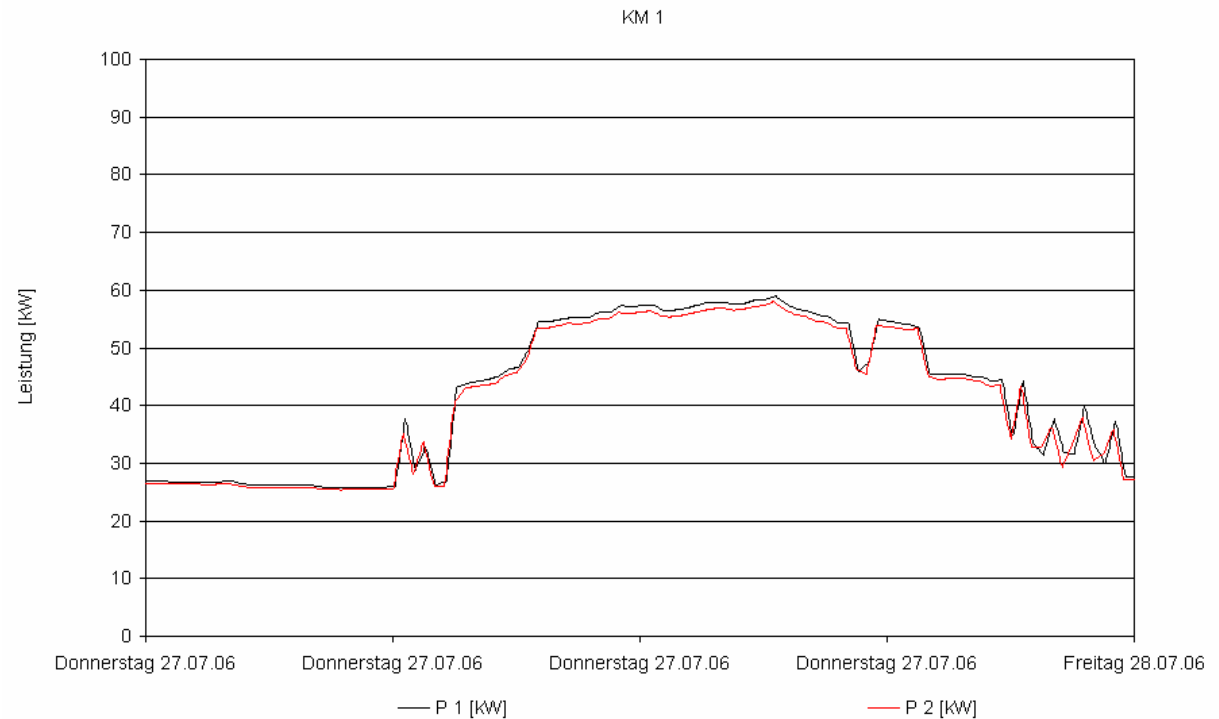
$$P_{el, max} = 2 \times 57 \text{ kW}_{el}$$

Betriebszeit 6 – 22/24 Uhr

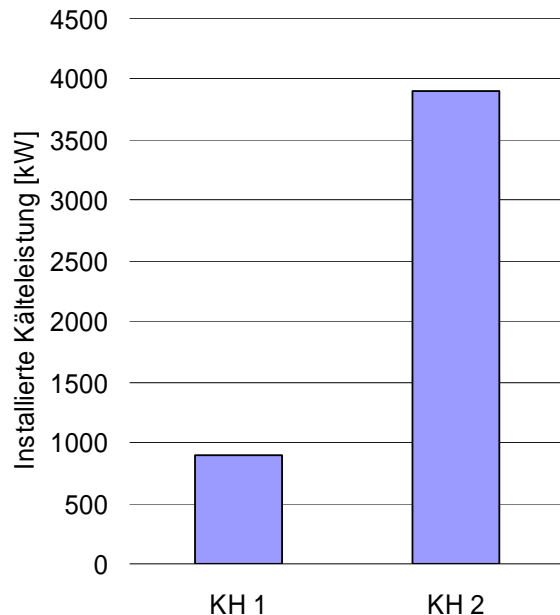
Auslastung 35...50 %

COP

- Nacht 2,0...3,0
- Tag 4,5...6,0
- Mittel 4,3



Installierte Kälteleistung – große Bandbreite



Vergleich 2 Krankenhäuser mit 600 Betten

⇒ 4,5fache Kälteleistung

Ursache:

- hoher Komfort (Klimatisierung der Eingangshalle)
- hohe technische Ausrüstung (Anzahl OPs, medizinische Geräte)

⇒ Beurteilung nach klimatisierter Fläche nicht Bettenzahl



Folgerung



- Kälte-/Strombedarf abhängig von klimatisiertem Volumen
NICHT von Bettenzahl
- $dT = 6 \text{ K}$ wird nicht erreicht => hoher Pumpstrombedarf
- T_{VL} steigt mit T_a => Leistungsgrenze?
- Rückkühlung ausreichend?
- hohe Auslastung verbessert deutlich COP
- Anlagenverbund besser als Einzelanlage
- mehrere Kompressoren => besserer COP
- COP von alten Anlagen begrenzt

Bild: BMU

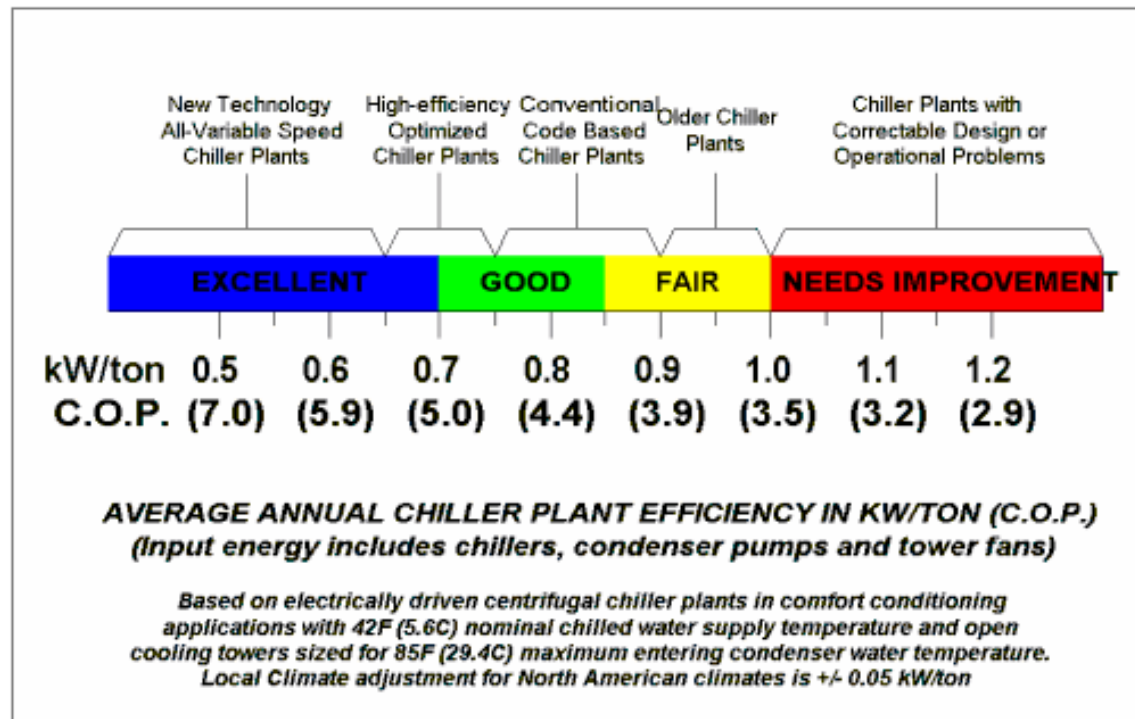


Fraunhofer
Institut
Umwelt-, Sicherheits-,
Energietechnik UMSICHT

COP - Eine Frage des Alters?

Wirkungsgradverluste

- Betriebsweise, Auslegungsfehler
- Abnutzung
- veraltete Technologie



Quelle: <http://www.automatedbuildings.com/>



Fraunhofer
Institut
Umwelt-, Sicherheits-,
Energietechnik UMSICHT

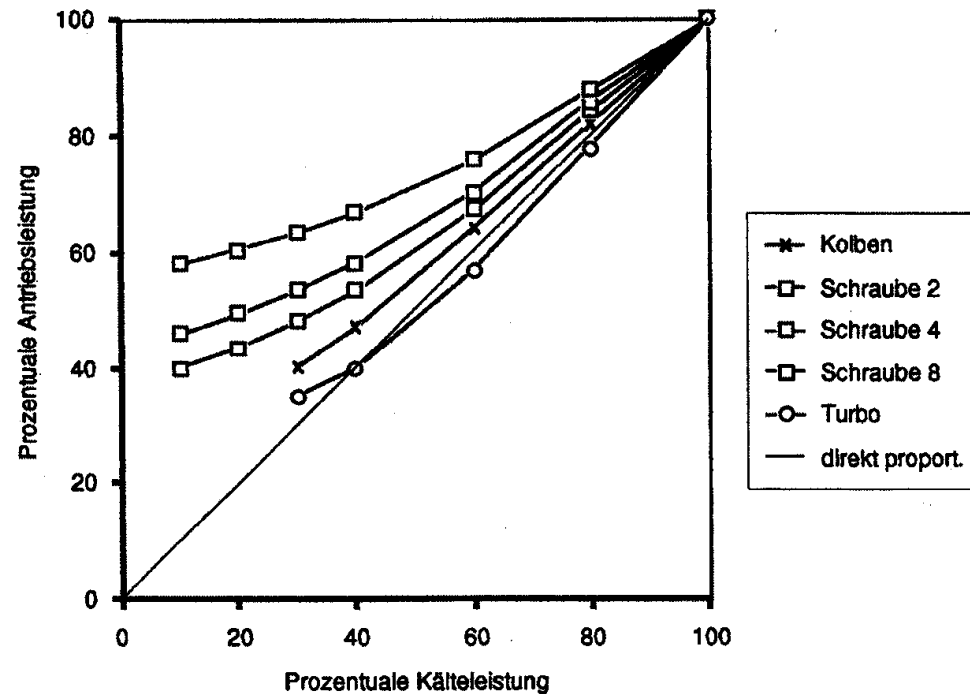
Wirkungsgrad - Verluste im Teillastbereich

Schraubenverdichter

Kälte 100 %
=> Antrieb 100 %, COP 4,0

Kälte 60 %
=> Antrieb 65 %, COP 3,7

Kälte 20 %
=> Antrieb 50 %, COP 1,6



Quelle: „Energieverschwendung? Handbuch zur rationellen Einsatz von elektrischer Energie“, Energieagentur NRW (Hg.)



Technologischer Fortschritt

neue Kältemaschinen mit hohem Wirkungsgrad

sehr gutes Teillastverhalten

Kolben-Kompressions-KM
Baujahr 1978
=> COPmax = 4,0

neue drehzahlgeregelte
Turbo-KM mit Magnetlagerung
=> COP = 5,5...9,5

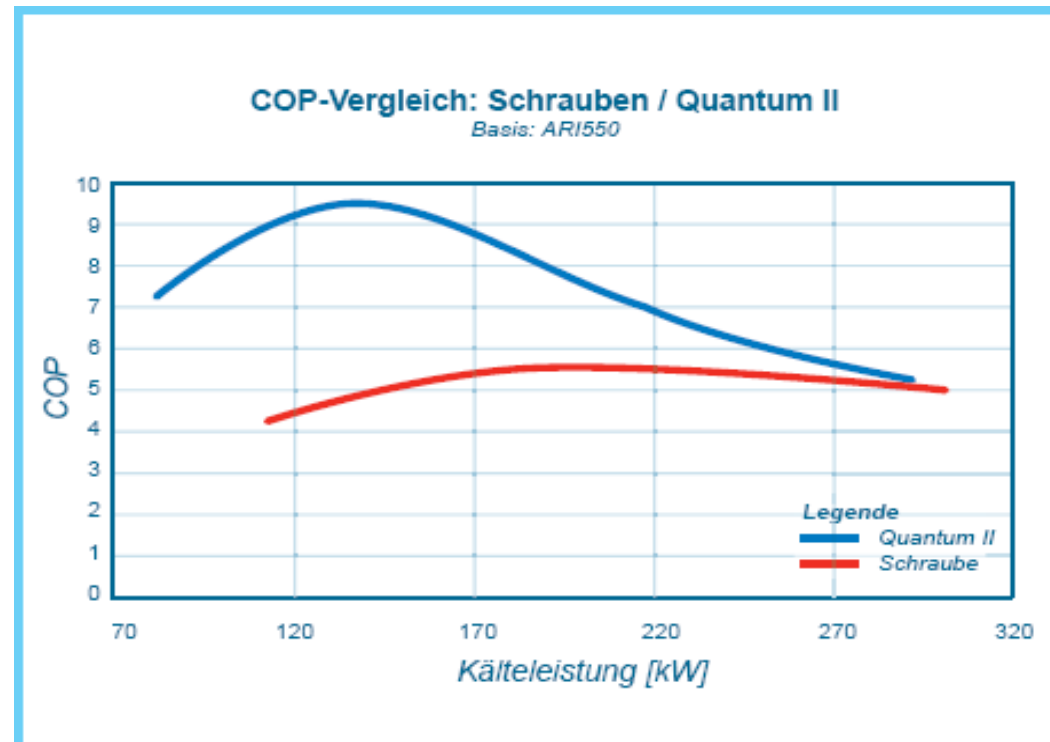


Bild: <http://www.aximaref.de>



Fazit



- => Kaum Betriebsdaten vorhanden
- => Energiemessungen machen Defizite deutlich
- => Betriebsoptimierung erforderlich (T_{VL} , dT , V'_{variabel})
- => Leistungsbegrenzung durch Rückkühlwerk
- => Wirkungsgradverluste durch Teillast
- => Enorme Unterschiede im Klimatisierungsbedarf von KH
- => hoher Energiebedarf durch alte Anlagen - Neue Anlagen/
Verfahren/Technologien steigern Energieeffizienz deutlich

