Topmotors Webinar Nr. 17

Energieeffizienz bei Kälteanlagen

16. Juni 2021, 10:00 - 11:00

Moderation: Cora von Planta, Energie Zukunft Schweiz

Referent: Christoph Messmer, FHNW

Referent: Christoph Messmer

- Ausbildung:
  - Dipl. Masch. Ing. ETH (ZH), Vertiefung Thermische Turbomaschinen, Verbrennungsmotoren
- Berufliche Tätigkeit:
  - 1988-1998: Entwicklungsingenieur Förder- und Lagertechnik
  - 1998-2011: Entwicklungs- und Vertriebsingenieur Flüssiggas-Pumpen
  - seit 2011: Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der FHNW, Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau
- Lehrtätigkeit:
  - FHNW, Studiengang Energie- und Umwelttechnik
  - Topmotors-Kurs «Industrielle Energie-Optimierung» (Pumpen/Kompressoren für Kälte und Druckluft)
  - ABB TS «Mess-, Steuer- und Regelungstechnik»

Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik

energieschweiz

TOPMOTORS

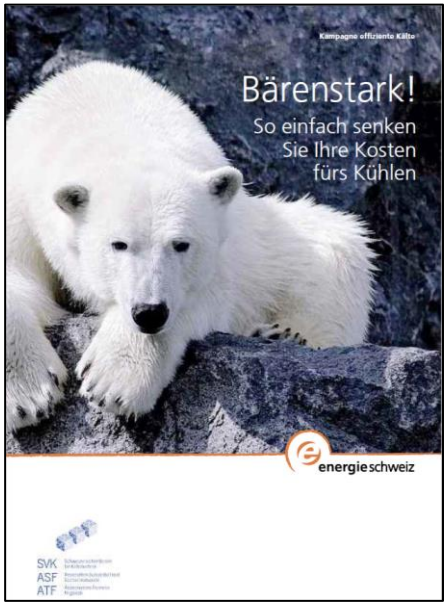
Topmotors Webinar Nr. 17: «Energieeffizienz bei Kälteanlagen»

Referent/Autor: Christoph Messmer / FHNW

Ammoniak - Klimakälteanlage FHNW Campus Muttenz

Inhalt

1. Einleitung
2. Grundlagen Kältetechnik
3. Dimensionierung Kälteanlage
4. Kältemittel
5. Betriebs- und Effizienzeinflüsse
6. Messen und Visualisieren
7. Optimierungsmöglichkeiten
8. Tools für die Optimierung



Kampagne Effiziente Kälte
Energie Schweiz / SVK

Topmotors Merkblatt 27

1. Einleitung

energieschweiz

Suche Menü

Energieeffiziente Prozesse und Anlagentechnik

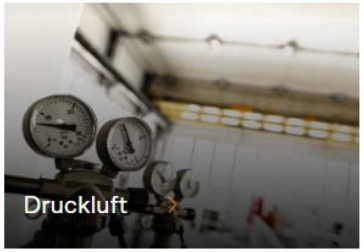
Das müssen Sie wissen

Bis 80%

der Kosten von Kälteanlagen fallen im Betrieb an, nur 20% bei der Beschaffung.

30'000 Franken

Stromkosten pro Jahr können bei mittleren Anlagen durch Optimierungen eingespart werden.



www.energieschweiz.ch/prozesse-anlagentechnik/

8 TWh/a[1] elektrische Energie für Kälteanlagen

57 TWh/a[2] Gesamte elektrische Energie CH

40 % ca. für Kälte im Haushalt und Gewerbe

40 % im Dienstleistungsbereich (mittlere und grössere Kälteanlagen für Raumklimatisierung und Prozesse, z.B. in Rechenzentren)

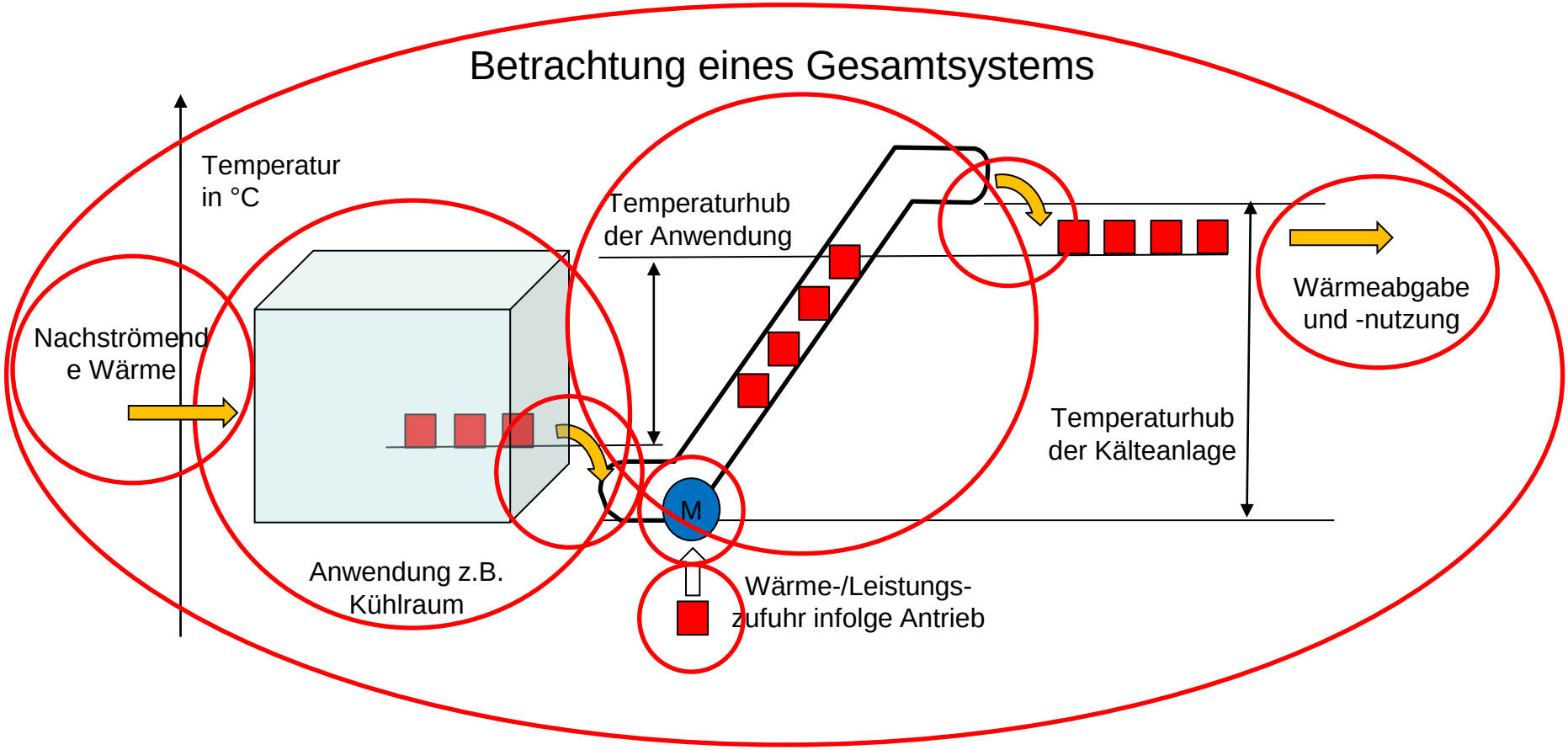
20% in der Industrie für Prozesskälte, z. B. im Nahrungsmittelbereich

1) BFE: Elektrizitätsbedarf für Kühlen in der Schweiz, Zürich 2012
2) Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2019

2. Grundlagen Kältetechnik

Kälteanlagen sind Transportmaschinen

Es wird keine Kälte «produziert», sondern Wärme entzogen und wegtransportiert



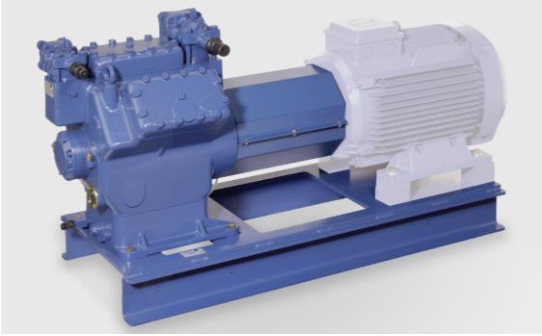
2. Grundlagen: Kompressoren für verschiedene Anwendungen

Vollhermetische Verdichter Danfos

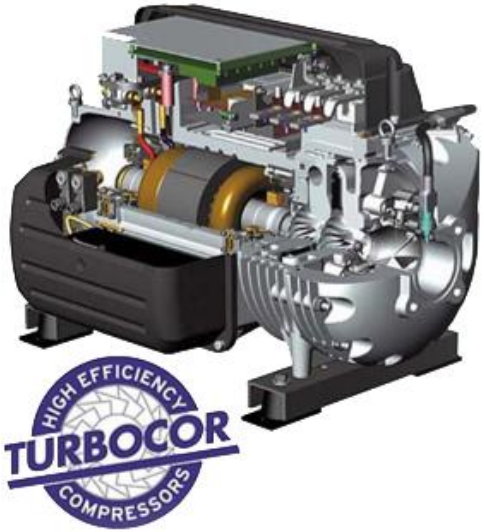
Halbhermetischer Kolbenverdichter
Fa. Bock

Schraubenverdichter
halbhermetisch Bitzer

Scroll-Verdichter
vollhermetisch
Emerson Copeland

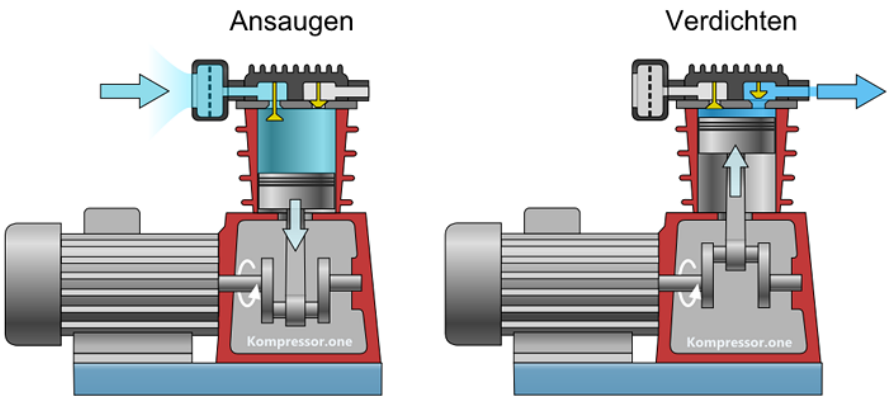


Offener Kolbenverdichter
Fa. Bock

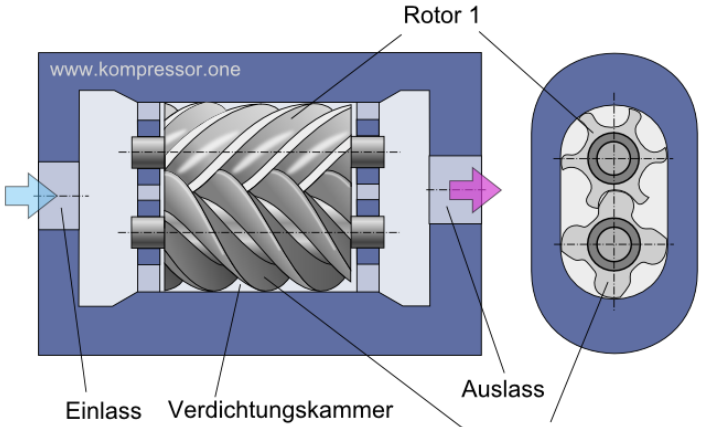


Turboverdichter Turbocor

2. Grundlagen: Kompressoren für verschiedene Anwendungen

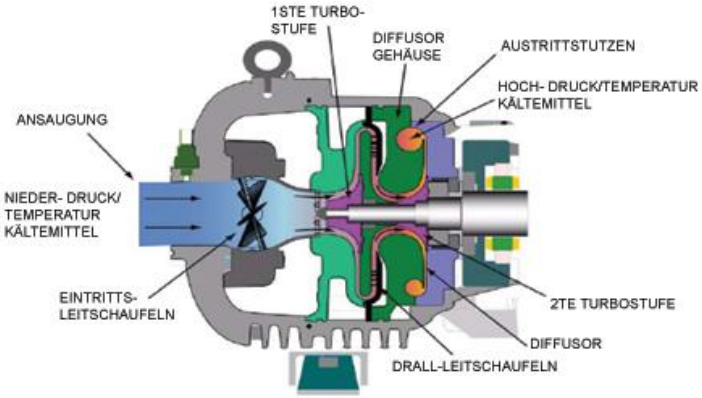


Kolbenverdichter



Schraubenverdichter

Scrollverdichter Copeland



Turboverdichter 2-stufig Turbocor

Es gibt noch weitere Konstruktionen !

2. Grundlagen: Weiter Komponenten

Direktverdampfer-Register für Lüftungskanäle / www.troxhesco.ch

Thermostatische Expansionsventile
Quelle: Frankonia Hydraulik

Luftgekühlte Kondensatoren
Bild: Terag Thermo Energie

Plattenwärmeübertrager, für flüssigkeitsgekühlte Kondensatoren oder Verdampfer bei Kaltwassersätzen
Quelle: Heatcool.de

Elektronische Expansionsventile
Quelle: Carel.de

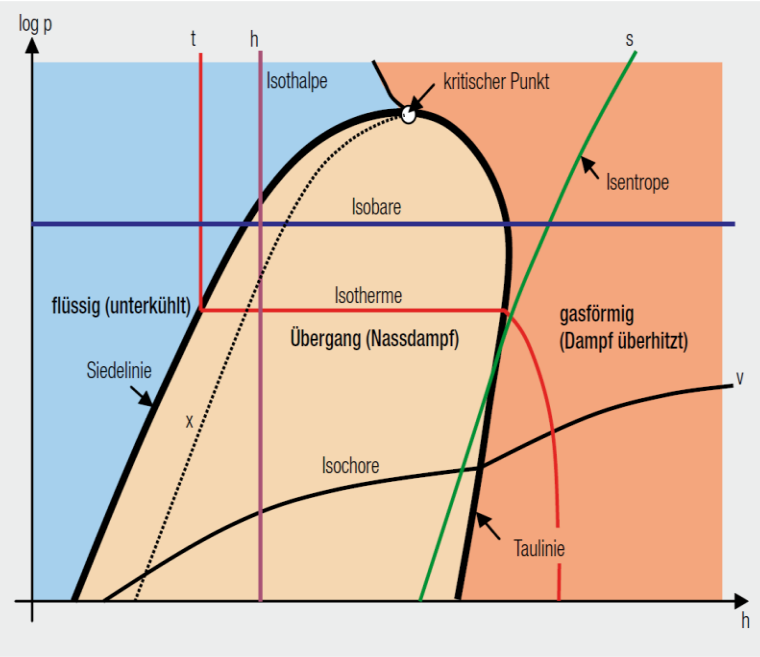
Rohrbündel-Wärmeübertrager bei einem flüssigkeitsgekühlten Kaltwassersatz
Quelle: H'Stars (Guangzhou) Kühlgeräte-Gruppe Ltd.

Es gibt noch weitere Konstruktionen !

2. Grundlagen: Das Log p - h Diagramm der Kältetechnik

Abbildung 1.2: Verlauf der physikalischen Zustandsgrössen im log p,h-Diagramm

Legende:
log p: Druck in bar
s: Entropie in kJ/kg
h: Enthalpie in kJ/kg
v: spezifisches Volumen in m³/kg
t: Temperatur in °C
x: Dampfanteil in %



Logp – h Diagramm schematisch
Wärmepumpen (Planung, Optimierung, Wartung, Betrieb) BFE

Definition: $h \equiv u + p * v$

$h = spezifische\ Enthalpie\ in\ kJ/kg$
$u = spezifische\ innere\ Energie\ in\ kJ/kg$
$v = spezifisches\ Volumen\ m^3/kg$

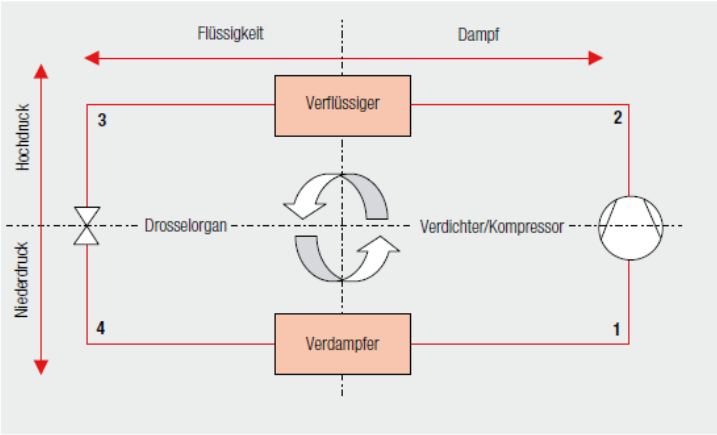


Abbildung 1.3: Prinzip des Kaltdampf-Kompressionsverfahrens

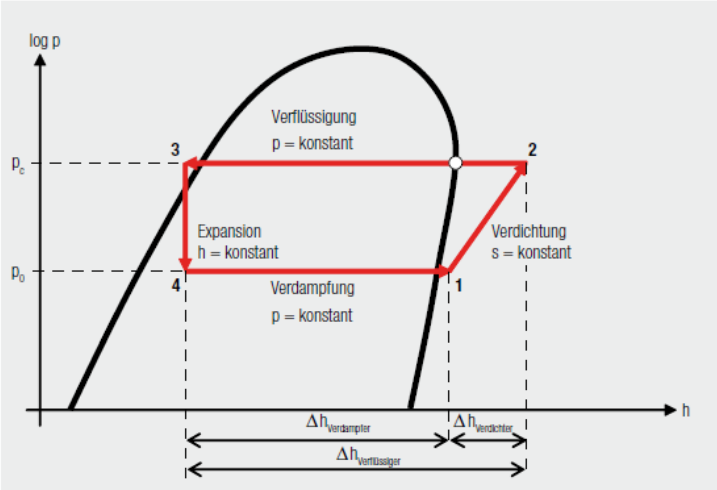
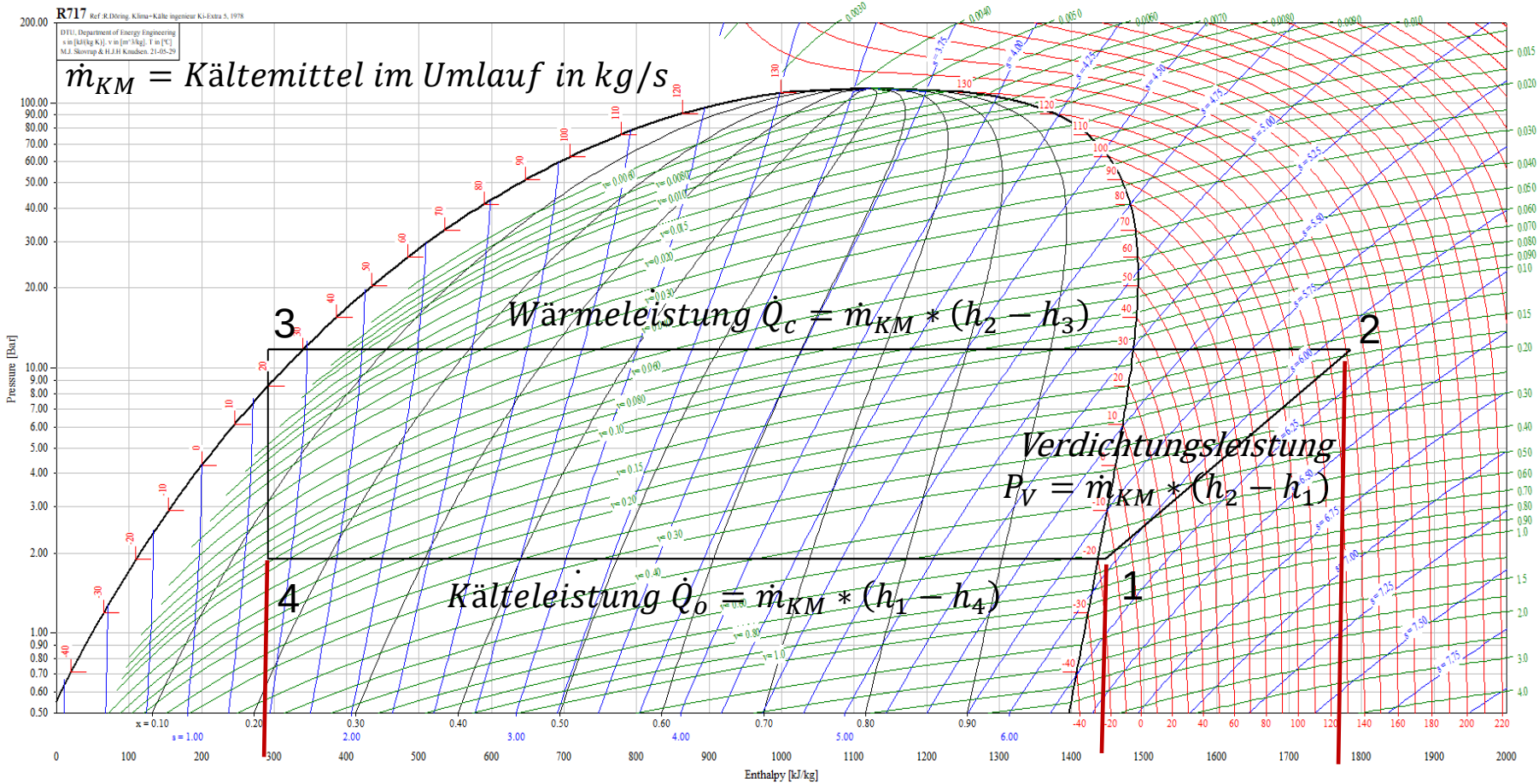


Abbildung 1.4: Der verlustfreie Prozess im log p,h-Diagramm

2. Grundlagen: Kälteprozess im Log p - h Diagramm

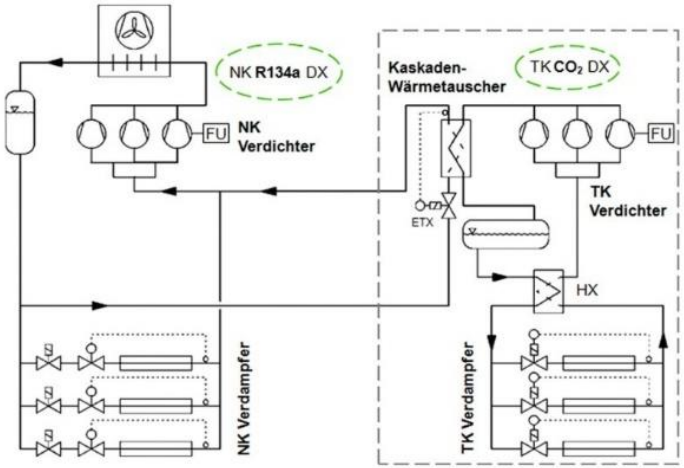
Beispiel: Einstufiger Prozess



Kreisprozess im Log p – h Diagramm Ammoniak NH3 mit Programm Coolpack generiert mit T0 = -20°C / 253 K Verdampfung, Tc = 30°C / 303 K Kondensation

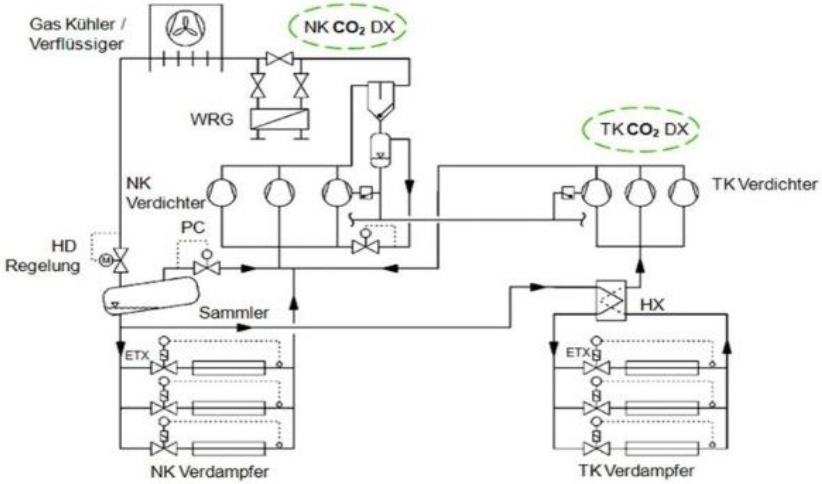
2. Grundlagen: Weitere Prozesse

Kaskaden-System R134a / CO_2

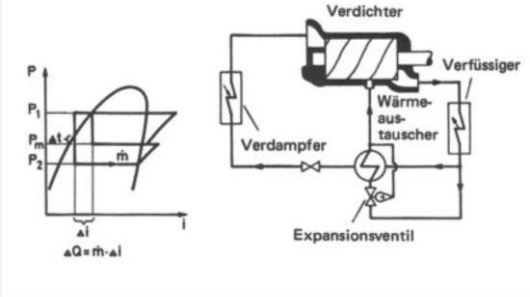


https://www.kka-online.info/artikel/kka_Optimierte_Verdichter_1270088.html

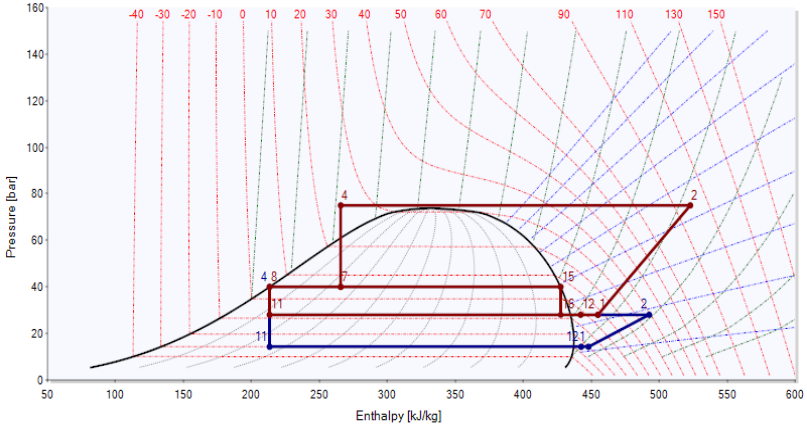
CO_2-Booster-System



Prozess mit Economizer-Schaltung



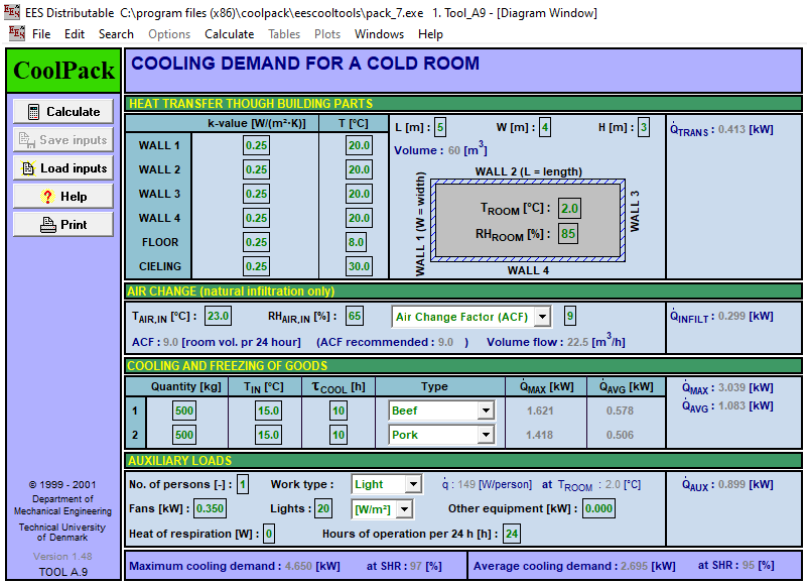
Quelle: STAL Refrigeration; Kp 1975



Quelle: Bitzer - Auslegungsprogramm

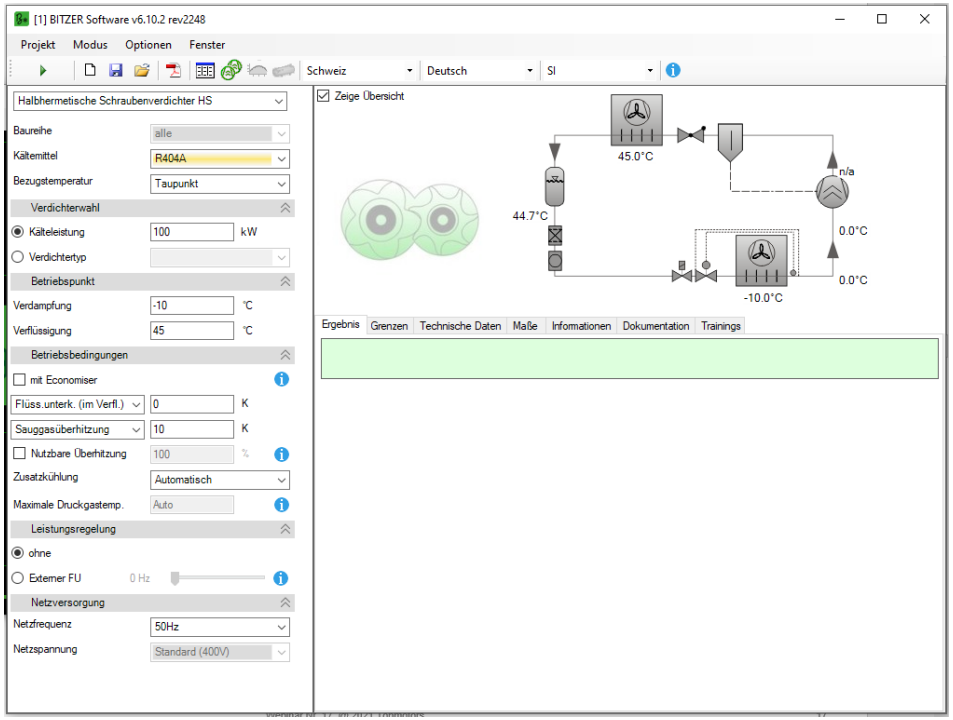
3. Dimensionierung einer Kälteanlage

1. Kühllastberechnung



2. Wahl des Prozesses und des Kältemittels

3. Auslegung des Verdichters



Quelle: Bitzer - Auslegungsprogramm

4. Auslegung Wärmeübertrager und weiterer Komponenten

3. Dimensionierung einer Kälteanlage

Energy Efficiency Ratio (EER) und Leistungszahl der Kühlanwendung (COP)

$$EER = \frac{Nutzen}{Aufwand} = \frac{Q_e}{W_{El}} = \frac{entzogene\ Wärmemenge}{elektr.Verdichterenergie}$$

Gütegrad

$$EER_{carnot}[-] = \frac{T_0 + 273.15}{T_c - T_0}$$

Zur Beurteilung von Kälteanlagen werden SEER und ESEER beigezogen.

Seasonal EER und European Seasonal EER (gewichtete Mischrechnung zur saisonalen Berücksichtigung von Klima und Teillast)

$$ESEER = \sum Gewichtungsfaktor * EER$$

Prozente beziehen sich auf Teillastwerte: ESEER = (3*EER 100% + 33*EER 75% + 41*EER 50% + 23*EER 25%) / 100

4. Kältemittel

	Ab 1755	Ab 1929	Ab 1988	Ab 2000	Ab 2015
Thema	Technische Machbarkeit	Sicherheit • Brennbarkeit • Toxizität	Ozonloch • Chlor (ODP, Ozon-abbaupotenzial)	Erderwärmung • GWP (Global Warming Potential)	Erderwärmung • GWP • unbekannte Risiken
Schwerpunkt	Natürliche Kältemittel	FCKW	HFCKW FKW	HFKW Natürliche Kältemittel	HFO Natürliche Kältemittel
Kältemittel	Äther Schwefelsäure Dichlorethylen CO_2 Ammoniak	R11 R12 Ammoniak	R22 R124 R142b Ammoniak	R134a R404A R410A R32 Ammoniak, CO_2	R1234ze R1234yf Propan Ammoniak, CO_2

Quelle: Kältemittel – Fibel, Energie Schweiz

Wichtigste Kriterien

- Gute thermodynamische Eigenschaften
- Hohe volumetrische Kälteleistung
- Für Anwendung geeignetes Druckniveau
- Niedrige Druckverluste
- Chemisch und thermisch stabil in der Anwendung
- Nicht giftig, nicht brennbar
- Gute Mischbarkeit mit Schmiermittel
- Kein Ozonabbaupotential, geringes GWP
- kostengünstig

4. Kältemittel

Übersicht über die wichtigsten Kältemittel

Rechtlicher Status gemäss Anhang 2.10 ChemRRV	Kategorie		Kältemittel (Beispiele)	GWP[1]	Sicherheitsgruppe[2]	Bemerkungen
Verbotene Kältemittel	FCKW (chlorhaltig, perhalogeniert)		R11		A1	Verbot für Neuanlagen, Weiterverkauf, Erweiterungen und Umbauten. Bestehende Anlagen dürfen weiter betrieben, aber nicht mehr nachgefüllt werden. Für bestehende Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Meldepflicht (www.smkw.ch), Wartungsheft und Dichtigkeitsprüfung erforderlich.
			R12		A1	
			R502 (Gemisch)		A1	
			R13B1		A1	
	HFCKW (chlorhaltig, teilweise halogeniert)	Einstoff-Kältemittel	R22		A1	
		Gemische (Blends), überwiegend R22-haltig	R401A (MP39)		A1	
			R402A (HP80)		A1	
			R402B (HP81)		A1	
			R408A (FX-10)		A1	
			R409A (FX-56)		A1	
Kältemittel für begrenzte Anwendungen in neuen Anlagen und Geräten	FKW / HFKW (chlorfrei)	Einstoff-Kältemittel	R23	14800	A1	Neuerstellungen, Erweiterungen und Umbauten von Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln über bestimmten Kälteleistungen sind ab 1.12.2013 verboten. Voraussetzung für eine Ausnahmebewilligung: nach dem Stand der Technik sind die Sicherheitsanforderungen gemäss SN EN 378-1, -2 und -3 ohne in der Luft stabile Kältemittel nicht erfüllbar. Für Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Meldepflicht (www.smkw.ch), Wartungsheft und Dichtigkeitsprüfung erforderlich.
			R32	675	(A2)[4]	
			R134a	1430	A1	
			R125	3500	A1	
			R143a	4470	A2	
		Gemische (Blends)	R404A	3920	A1	
			R407C	1770	A1	
			R407F	1825	A1	
			R410A	2090	A1	
			R413A	2050	(A2)[4]	
			R417A	2350	A1	
			R422A	3140	A1	
			R422D	2730	A1	
			R437A	1685	A1	
			R507A	3980	A1	
		Gemische mit HFO (Blends)	R448A	1386	A1	
			R449A	1397	A1	
			R450A	601	A1	
			R513A	631	A1	

Übersicht über die wichtigsten Kältemittel

Rechtlicher Status gemäss Anhang 2.10 ChemRRV	Kategorie		Kältemittel (Beispiele)	GWP[1]	Sicherheitsgruppe[2]	Bemerkungen
Zulässige Kältemittel unter Vorbehalt der Einhaltung der Sicherheitsanforderungen	natürliche	Einstoff-Kältemittel	R170 (Ethan)	3	A3	Natürliche Kältemittel sind für Neuanlagen, Erweiterungen und Umbauten anzustreben. Für Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Wartungsheft erforderlich.
			R290 (Propan)	3	A3	
			R717 (NH_3)	0	(B2)[4]	
			R718 (H_2O)	< 1	A1	
			R744 (CO_2)	1	A1	
			R600a (Isobutan)	3	A3	
			R1270 (Propen)	3	A3	
		Gemische (Blends)	R290/R600a	3	A3	
			R290/R170	3	A3	
			R723 (DME/NH3)[3]	8		
	HFO (teilhalogenierte Fluor-Olefine)		HFO-1234yf	4	(A2) 4	Zulässige Kältemittel. Für Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Wartungsheft erforderlich.
			HFO-1234ze	6	(A2) 4	

[1] Treibhauspotenzial (GWP) über einen Zeithorizont von 100 Jahren, Zahlenwerte aus IPCC IV (2007). www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm; GWP-Werte für Gemische: gemäss den jeweiligen Massenanteilen der Reinstoffe gewichtete Summe der GWP-Werte der Bestandteile.
[2] Sicherheitsgruppe gemäss SN EN 378-1:2017+A2:2017
[3] R723 ist in der SN EN 378-1:2017+A2:2017 nicht erfasst (s. Hersteller Schick R723)
[4] Sicherheitsgruppe nach SN EN 378-1:2017+A2:2017; noch nicht endgültig definiert

Tabelle 3: Die wichtigsten Kältemittel (Quelle: Bundesamt für Umwelt BAFU, 2017). Seit dem 1. Mai 2017 ist die neue SN EN 378-1:2017 in Kraft. Die endgültige Tabelle mit den wichtigsten Kältemitteln wurde noch nicht abschliessend publiziert.

Berechnungsmethode für TEWI-Kennwerte, SN EN 378. (Quelle: Bitzer, 2017)

$$TEWI = (GWP \times L \times n) + (GWP \times m\,[1-\alpha_{recovery}]) + (n \times E_{annual} \times \beta)$$

Leckverluste — Rückgewinnungsverlust — Energieverbrauch

Direkter Treibhauseffekt — indirekter Treibhauseffekt

TEWI = Total Equivalent Warming Impact / GWP = Treibhauspotenzial (Zeithorizont 100 Jahre)

Topmotors Kälteanlagen-Merkblatt 2017

Siehe auch: Kältemittel – Fibel, Energie Schweiz

5. Effizienzeinflüsse: Betriebsbedingungen und Kältemittel

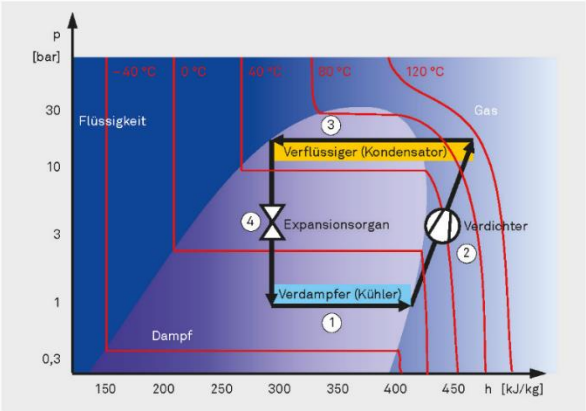


Abbildung 12: Enthalpie-Druck-Diagramm einer Kältemaschine mit −10 °C Kühltemperatur und 50 °C Umgebungstemperatur. (Quelle: energie.ch, 2017)

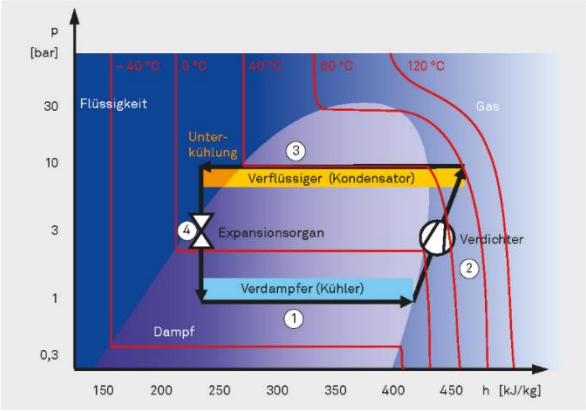


Abbildung 13: Enthalpie-Druck-Diagramm einer Kältemaschine mit -10 °C Kühltemperatur, 30 °C Umgebungstemperatur und Kühlwasser mit 15 °C. (Quelle: energie.ch, 2017)

Erhöhung der Effizienz:
Verringerung der Abgabetemperatur und evtl. zusätzliche Unterkühlung

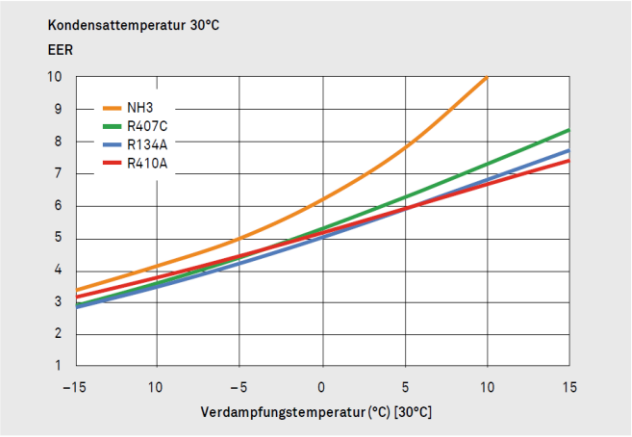


Abbildung 7: Vergleich von Wirkungsgraden mit unterschiedlichen Kältemitteln, 30 °C. (Quelle: Clima Net AG, 2017)

Erhöhung der Effizienz:
Mit korrekter Wahl des Kältemittels

Topmotors Merkblatt 27: Kälteanlagen in der Industrie

5. Effizienzeinflüsse: Betriebsbedingungen

Beispiel 2

Mit log-p-h-Diagramm für Kältemittel R410A

	Anlage I	Anlage II
Verflüssigungstemperatur t_c	48,0 °C	40 °C
Unterkühlung des Kältemittels t_u	1,0 °C	5,0 °C
Verdampfungstemperatur t_o	1,0 °C	4,0 °C
Druckabfall Verdampfer (kältemittelseitig)	1,00 bar	0,50 bar
Druckabfall Verflüssiger (kältemittelseitig)	1,00 bar	0,50 bar
Druckabfall in Saugleitung	0,30 bar	0,02 bar
Druckabfall in Druckleitung	0,50 bar	0,30 bar
Druckabfall in Flüssigkeitsleitung	0,05 bar	0,02 bar
Isentropeneffizienz	0,9	0,9
EER	3,52	5,54

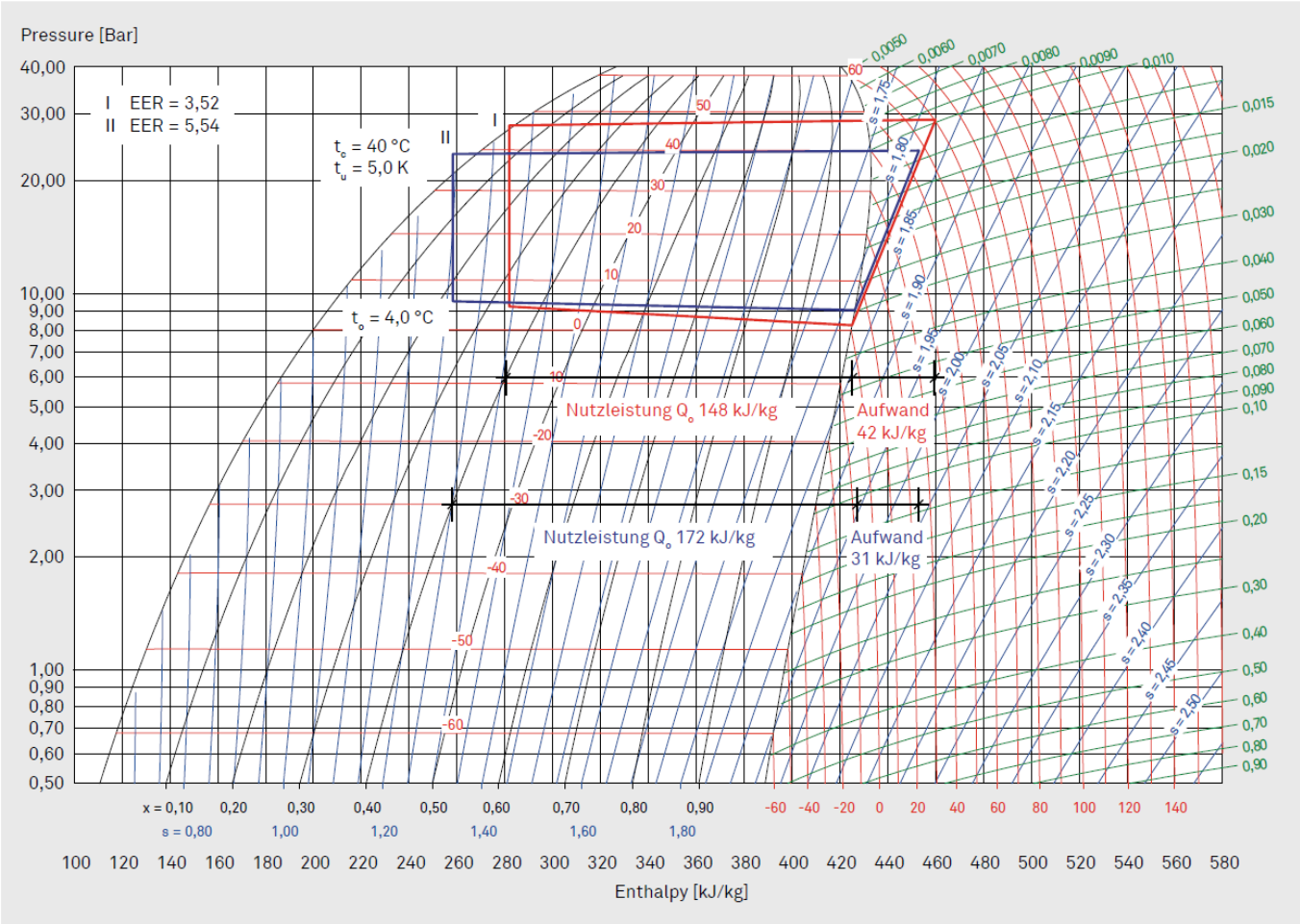
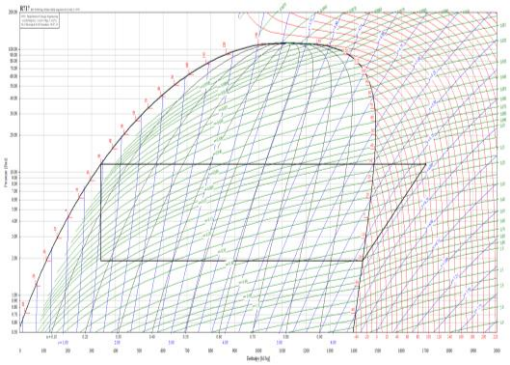


Abbildung 9: Vergleich zweier Kälteanlagen mit dem Kältemittel R410a. (Quelle: Robert Dumortier), 2017

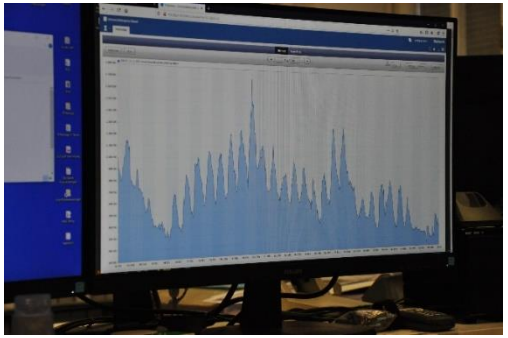
6. Messungen und Visualisierung

Messen der Kältekreis-Drücke und –Temperaturen

Monteurhilfe Testo 570



Visualisieren der Kälteleistungen



Messen der Wärmeströme

Die Wärme/Kälteleistung:

$$\dot{Q} = \dot{m} * c_w * (\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL})$$

oder

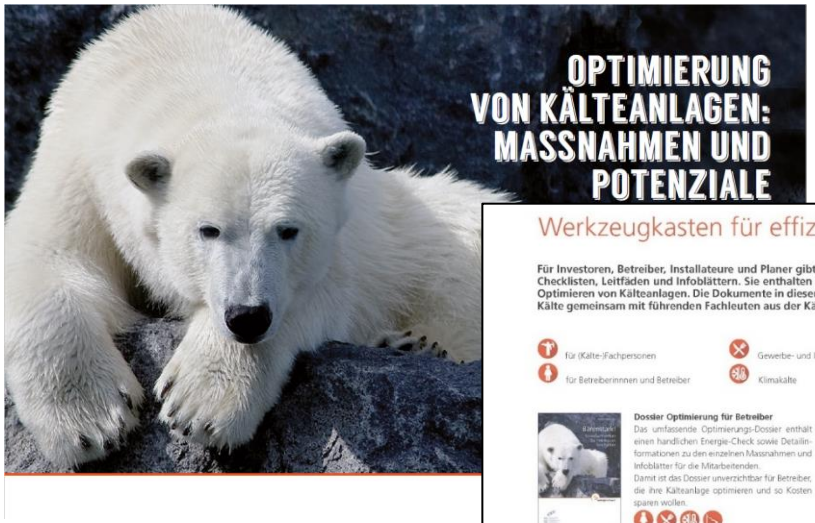
$$\dot{Q} = \dot{V} * \rho * c_w * (\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL})$$

Die anschließende Integration ergibt die Wärme-/Kältemenge:

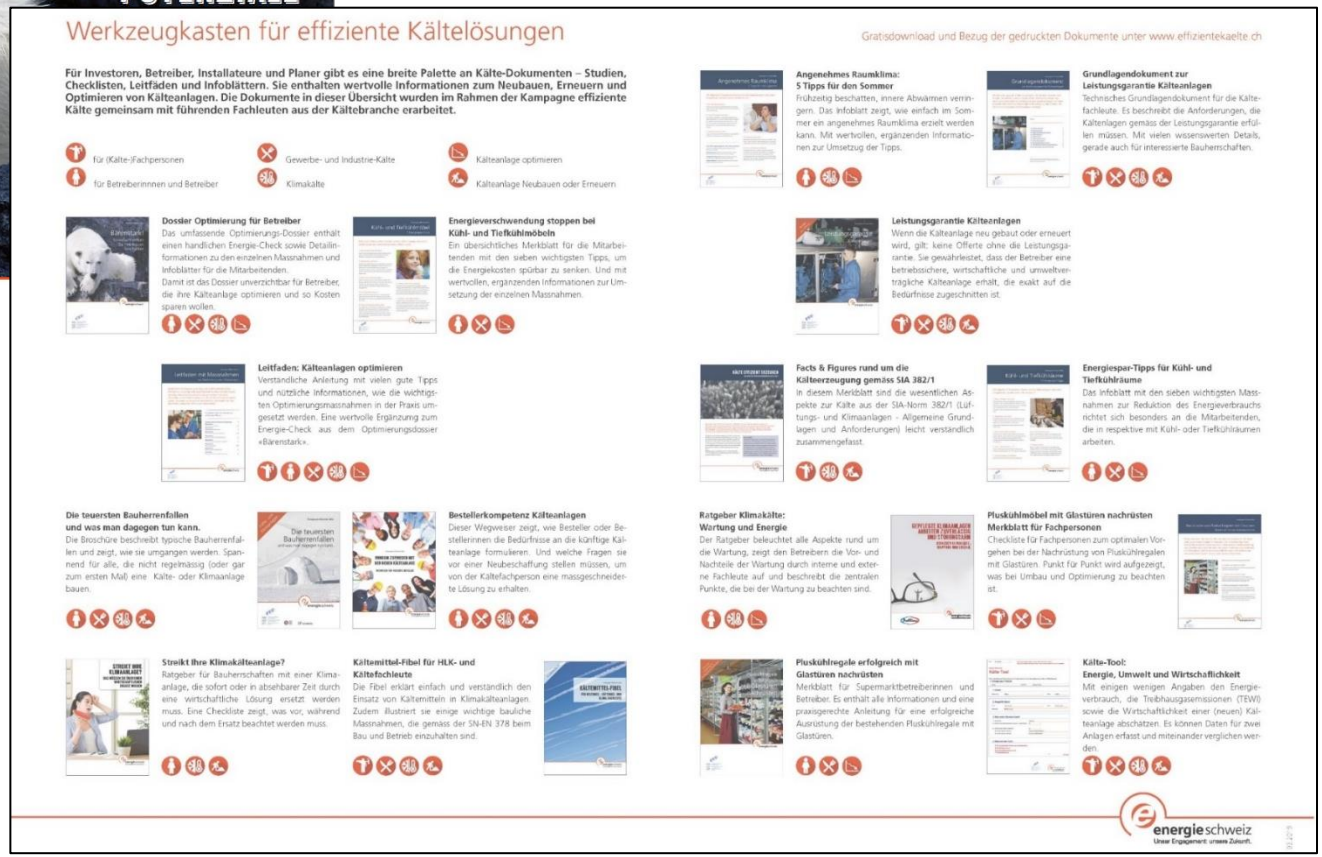
$$Q = \int \dot{Q}\, dt$$

Messen der elektrischen Leistungen

7. Optimierungsmöglichkeiten



Wichtig bei Neuanlagen/Umbauten:
Leistungsgarantie vereinbaren



Werkzeugkasten für effiziente Kältelösungen

Gratisdownload und Bezug der gedruckten Dokumente unter www.effizientekaelte.ch

Für Investoren, Betreiber, Installateure und Planer gibt es eine breite Palette an Kälte-Dokumenten – Studien, Checklisten, Leitfäden und Infoblättern. Sie enthalten wertvolle Informationen zum Neubauen, Erneuern und Optimieren von Kälteanlagen. Die Dokumente in dieser Übersicht wurden im Rahmen der Kampagne effiziente Kälte gemeinsam mit führenden Fachleuten aus der Kältebranche erarbeitet.

für (Kälte-)Fachpersonen
für Betreiberinnen und Betreiber
Gewerbe- und Industrie-Kälte
Klimakälte
Kälteanlage optimieren
Kälteanlage Neubauen oder Erneuern

Dossier Optimierung für Betreiber
Das umfassende Optimierungs-Dossier enthält einen handlichen Energie-Check sowie Detailinformationen zu den einzelnen Massnahmen und Infoblätter für die Mitarbeitenden.
Damit ist das Dossier unverzichtbar für Betreiber, die ihre Kälteanlage optimieren und so Kosten sparen wollen.

Energieverschwendung stoppen bei Kühl- und Tiefkühlmöbeln
Ein übersichtliches Merkblatt für die Mitarbeitenden mit den sieben wichtigsten Tipps, um die Energiekosten spürbar zu senken. Und mit wertvollen, ergänzenden Informationen zur Umsetzung der einzelnen Massnahmen.

Leitfaden: Kälteanlagen optimieren
Verständliche Anleitung mit vielen gute Tipps und nützliche Informationen, wie die wichtigsten Optimierungsmassnahmen in der Praxis umgesetzt werden. Eine wertvolle Ergänzung zum Energie-Check aus dem Optimierungsdossier «Bärenstark».

Die teuersten Bauherrenfallen und was man dagegen tun kann.
Die Broschüre beschreibt typische Bauherrenfallen und zeigt, wie sie umgangen werden. Spannend für alle, die nicht regelmässig (oder gar zum ersten Mal) eine Kälte- oder Klimaanlage bauen.

Bestellerkompetenz Kälteanlagen
Dieser Wegweser zeigt, wie Besteller oder Bestellerinnen die Bedürfnisse an die künftige Kälteanlage formulieren. Und welche Fragen sie vor einer Neubeschaffung stellen müssen, um von der Kältefachperson eine massgeschneiderte Lösung zu erhalten.

Streikt Ihre Klimakälteanlage?
Ratgeber für Bauherrschaften mit einer Klimaanlage, die sofort oder in absehbarer Zeit durch eine wirtschaftliche Lösung ersetzt werden muss. Eine Checkliste zeigt, was vor, während und nach dem Ersatz beachtet werden muss.

Kältemittel-Fibel für HLK- und Kältefachleute
Die Fibel erklärt einfach und verständlich den Einsatz von Kältemitteln in Klimakälteanlagen. Zudem illustriert sie einige wichtige bauliche Massnahmen, die gemäss der SN-EN 378 beim Bau und Betrieb einzuhalten sind.

Angenehmes Raumklima: 5 Tipps für den Sommer
Frühzeitig beschatten, innere Abwärmen verringern. Das Infoblatt zeigt, wie einfach im Sommer ein angenehmes Raumklima erzielt werden kann. Mit wertvollen, ergänzenden Informationen zur Umsetzung der Tipps.

Grundlagendokument zur Leistungsgarantie Kälteanlagen
Technisches Grundlagendokument für die Kältefachleute. Es beschreibt die Anforderungen, die Kälteanlagen gemäss der Leistungsgarantie erfüllen müssen. Mit vielen wissenswerten Details, gerade auch für interessierte Bauherrschaften.

Leistungsgarantie Kälteanlagen
Wenn die Kälteanlage neu gebaut oder erneuert wird, gilt: keine Offerte ohne die Leistungsgarantie. Sie gewährleistet, dass der Betreiber eine betriebssichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Kälteanlage erhält, die exakt auf die Bedürfnisse zugeschnitten ist.

Facts & Figures rund um die Kälteerzeugung gemäss SIA 382/1
In diesem Merkblatt sind die wesentlichen Aspekte zur Kälte aus der SIA-Norm 382/1 (Lüftungs- und Klimaanlagen - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen) leicht verständlich zusammengefasst.

Energiespar-Tipps für Kühl- und Tiefkühlräume
Das Infoblatt mit den sieben wichtigsten Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs richtet sich besonders an die Mitarbeitenden, die in respektive mit Kühl- oder Tiefkühlräumen arbeiten.

Ratgeber Klimakälte: Wartung und Energie
Der Ratgeber beleuchtet alle Aspekte rund um die Wartung, zeigt den Betreibern die Vor- und Nachteile der Wartung durch interne und externe Fachleute auf und beschreibt die zentralen Punkte, die bei der Wartung zu beachten sind.

Pluskühlmöbel mit Glastüren nachrüsten Merkblatt für Fachpersonen
Checkliste für Fachpersonen zum optimalen Vorgehen bei der Nachrüstung von Pluskühlregalen mit Glastüren. Punkt für Punkt wird aufgezeigt, was bei Umbau und Optimierung zu beachten ist.

Pluskühlregale erfolgreich mit Glastüren nachrüsten
Merkblatt für Supermarktbetreiberinnen und Betreiber. Es enthält alle Informationen und eine praxisgerechte Anleitung für eine erfolgreiche Ausrüstung der bestehenden Pluskühlregale mit Glastüren.

Kälte-Tool: Energie, Umwelt und Wirtschaftlichkeit
Mit einigen wenigen Angaben den Energieverbrauch, die Treibhausgasemissionen (TEWI) sowie die Wirtschaftlichkeit einer (neuen) Kälteanlage abschätzen. Es können Daten für zwei Anlagen erfasst und miteinander verglichen werden.

energieschweiz
Unser Engagement: unsere Zukunft.

7. Optimierungsmöglichkeiten

Aus: OPTIMIERUNG VON KÄLTEANLAGEN: MASSNAHMEN UND POTENZIALE
SAMMELWERK FÜR KÄLTEFACHPERSONEN

LISTE MIT MÖGLICHEN FEHLERN UND MASSNAHMEN

Fehler – Mangel	Spar-potenzial	Was kostet das Beheben? bis 15 kW	15–80 kW	ab 80 kW
1. KÄLTENUTZUNG BEI ANLAGEN MIT DIREKTVERDAMPFUNG				
1.1 Kühl- und Tiefkühlräume				
Türen undicht				
→ Türen abdichten.	●●○○	■□□	■■□	■■□
→ Türöffnungen sind zu gross für die Nutzung.	●●○○	■■■	■■■	■■■
LKW-Isolier-Andockstelle fehlt				
→ LKW-Isolier-Andockstelle einbauen (Investition).	●●●○	■■■	■■■	■■■
Warme Güter werden eingelagert				
→ Güter vor dem Einlagern möglichst auf Raumtemperatur abkühlen lassen.	●●○○	■□□	■□□	■□□
Kühlraum wird falsch genutzt				
→ Stapelgrenzen vorgeben und einhalten, damit die Kaltluft zirkulieren kann. Richtige Befüllung des Kühlraums (Güter nicht zu eng und zu hoch stapeln). Verdampfer- resp. Luftkühler-Platzierung und -Ausrichtung so wählen, dass der Coanda-Effekt genutzt werden kann.	●●○○	■□□	■□□	■□□
ℹ Markierungen anbringen, so dass die Luft richtig zirkulieren kann.				
ℹ Nicht mit den Gütern den Kaltluft-Ausblas oder Kaltluft-Ansaug versperren.				
Ungewollter Wärmeeintrag				
→ Licht konsequent ausschalten (Bewegungsmelder einbauen)	●●○○	■□□	■□□	■□□
ℹ Vorschriften beachten, insbesondere die Anforderungen an die Notbeleuchtung.				
→ Bestehendes Leuchtmittel (Lampe) durch ein effizienteres ersetzen (z.B. durch LED-Lampe).	●●○○	■□□	■□□	■□□

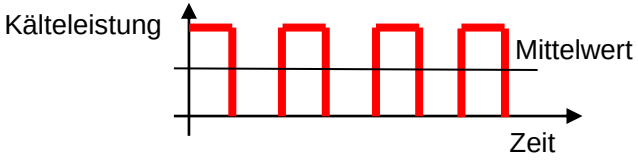
Sparpotenzial
●○○○ = klein
●●○○ = mittel
●●●○ = gross
●●●● = sehr gross

Kosten für die Umsetzung
Da die Kosten für die Behebung von Mängeln unter anderem von der Grösse der Kälteanlage abhängig sind, wurde sie für drei Anlagegrössen (bis 15 kW, 15 bis 80 kW und grösser als 80 kW) abgeschätzt.
■□□ = weniger als 1'000.–
■■□ = 1'000 bis 5'000.–
■■■ = mehr als 5'000.–

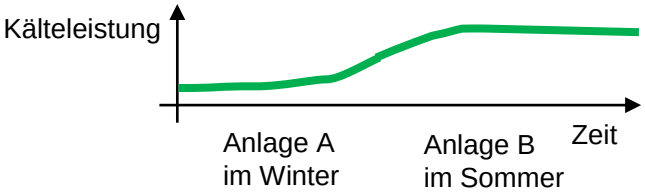
7. Optimierungsmöglichkeiten

Wichtige Punkte zur Systemoptimierung, wenn die Anlage sonst korrekt funktioniert

1. Kälteleistung auf tatsächlich erforderliches Niveau auslegen



2. Tages-, Wochen- und Jahresgang des Kältebedarfs klären: Arbeitszahl EER optimieren
   Möglichkeit: z.B. zwei Anlagen, Grund- und /Spitzenlast / Free-Cooling



3. Lastgeregelte Kälteerzeugung mit Frequenzumrichter prüfen

4. Effizienteren Antriebsmotor (IE3 oder IE4) auf die tatsächlich erforderliche Last dimensionieren

5. Geeigneten, effizienten Verdichter für die spezifische Anwendung auswählen

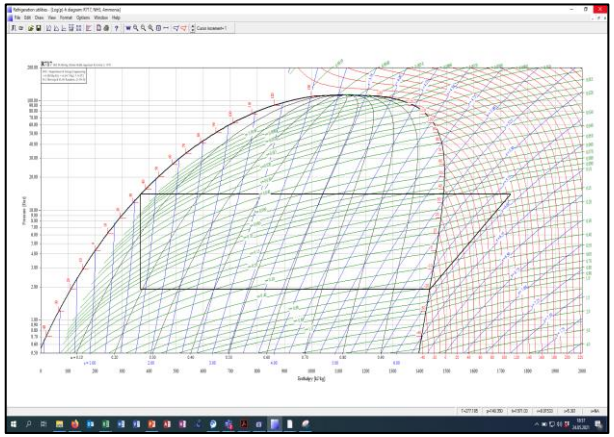
Topmotors Kälteanlagen-Merkblatt 2017

8. Tools für die Optimierung

Standard Test Report STR, V2.0 (Topmotors.ch > Downloads, s.a. Merkblatt 12)

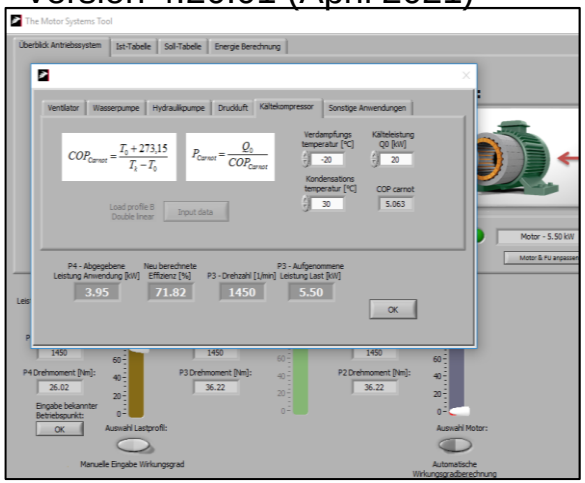
Intelligente Motorenliste ILI+ V2.0 (Topmotors)

Coolpack-Programm



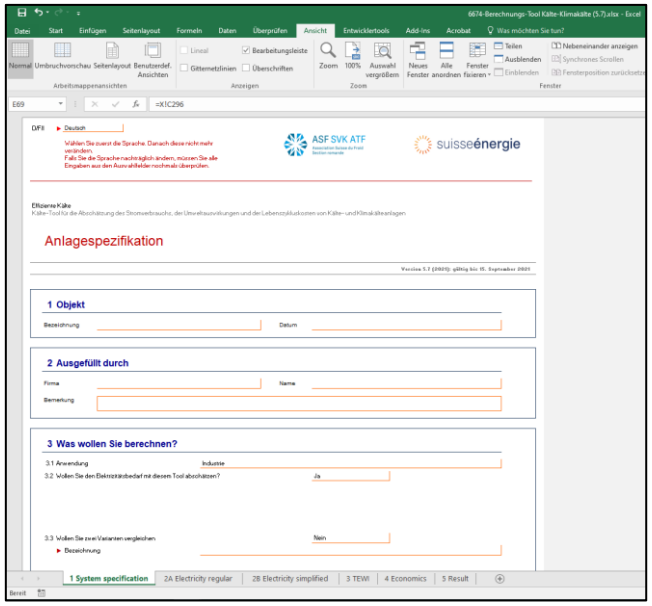
www.ipu.dk/products/coolpack

Motor Systems Tool
Version 4.20.01 (April 2021)



www.iea-4e.org/emsa/our-work/emsa-tools

Berechnungs-Tool-Kälte-Klimakälte



www.energieschweiz.ch/prozesse-anlagentechnik/kaelteanlagen

sowie weitere Hersteller-Programme

Zusammenfassung

- Im Gesamtsystem denken
- Das schwächste Glied der Transportkette definiert die Gesamteffizienz massgebend
- 80% der Kosten werden im Betrieb eingefahren
- Abwärme ist teures Gut
- Fachleute sind da, man weiss, wie optimieren!
- Verbesserungen sind Investitionen, die sich lohnen, energetisch und finanziell

Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik

energieschweiz

TOPMOTORS

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Kontaktadresse:
Christoph Messmer / FHNW
+41 61 228 54 64

christoph.messmer@fhnw.ch

Frage- und Diskussionsrunde:

Stellen Sie jetzt Ihre Fragen an die Referenten

Topmotors Webinare 2021

- **Topmotors Webinar Nr. 18 (italienisch)**
  «Gestione dei motori elettrici e risparmio energetico»
  Diego Avesani, Spinelli SA
  Mittwoch, 22. September 2021, 11:00 - 12:00
  www.topmotors.ch/webinare

22 sett. 2021

- **Topmotors Webinar Nr. 19 (deutsch)**
  «Beispiele aus der Industrie»
  Mittwoch, 1. Dezember 2021, 10:00 - 11:00
  www.topmotors.ch/webinare

1. Dez. 2021

Topmotors Events 2021

- **Topmotors Workshop Nr. 18 (deutsch)**
  «Praxisworkshop Energieberater»
  in Zusammenarbeit mit act und EnAW
  Dienstag, 29. Juni 2021, 08:30 bis ca. 14:00, Zürich
  AUSGEBUCHT!

- **Topmotors Workshop Nr. 19 (deutsch)**
  «Instandhaltung als Chance zur Effizienzsteigerung»
  im Rahmen der Fachmesse «maintenance Schweiz 2021»
  17. & 18. November 2021, Zürich
  www.topmotors.ch/de/workshops

Motor Summit 2021 Switzerland

- Mittwoch, 3. November 2021
- Live Stream
- Sprache: Deutsch und Französisch

www.motorsummit.ch

Vielen Dank!

Haben Sie Fragen oder Anregungen zu unseren Webinaren?

- Organisation:

  Márton Varga
  Energie Zukunft Schweiz
  marton.varga@ezs.ch

- Programmleitung:

  Rolf Tieben
  Impact Energy AG
  rolf.tieben@topmotors.ch