



Praxisbeispiel: Kaltsoleanlage, 690 kW mit R1270 (Propen), Wärmerückgewinnung, Latentkältespeicher und Photovoltaik

Robert Baust



Übersicht

.

- 1) Wie ist die Lage?
- 2) Alternative Kältemittel
- 3) Projekt Geflügel Gross
- 4) Sektorenkopplung
- 5) Wärmerückgewinnung

1) Wie ist die Lage?

HFKW: R404A, R134a

- F-Gase VO → Verbote
→ Phase down

HFO: R1234yf, R1234ze, R513A und viele andere

- TFA (Trifluoressigsäure) als persistenter Stoff im Wasser (REACH)
- Anstieg von R23 in der Atmosphäre. GWP 15.000
Abbauprodukt? Leckage bei der Herstellung?

1) Wie ist die Lage?

GWP Berechnung Zeithorizont 100 Jahre

Lebensdauer ist aber viel kürzer

Angaben im IPCC AR6 auch für 20 Jahre

1) Wie ist die Lage?

Viele KM liegen über
2500 bzw. 1500

Refrigerant	Type	Composition	GWP 100 years	"Real" GWP 20 years
R404A	HFC	44% R125 / 4% R134a / 52% R143a	4,200	6,600
R22	HCFC	100% R22	1,780	5,310
R407A	HFC	20% R32 / 40% R125 / 50% R134a	2,100	4,500
R410A	HFC	50% R125 / 50% R32	2,100	4,400
R407C	HFC	23% R32 / 25% R125 / 52% R134a	1,700	4,100
R134a	HFC	100% R134a	1,360	3,810
R448A (Solstice N40)	HFC/ HFO	26% R32 / 26% R125 / 21% R134a / 7% R1234ze / 20% R1234yf	1,400	3,100
R449A (Opteon XP40)	HFC/ HFO	24,3% R32 / 24,7% R125 / 25,7% R134a / 25,3% R1234yf	1,400	3,100
R449C (Opteon XP20)	HFC/ HFO	20% R32 / 20% R125 / 29% R134a / 31% R1234yf	1,200	2,900
R32	HFC	100% R32	704	2,530
R452B (Opteon XL55)	HFC/ HFO	67% R32 / 7% R125 / 26% R1234yf	710	2,100
R513A (Opteon XP10)	HFC/ HFO	44% R134a / 56% R1234yf	600	1,700
R454B	HFC/ HFO	68.9% R32 / 31.1% R1234yf	490	1,700
R450A (Solstice N13)	HFC/ HFO	42% R134a / 58% R1234ze	570	1,600
R744	Natural	CO ₂	1	1
R600a	Natural	Isobutane	<1	<1
R290	Natural	Propane	<1	<1
R1270	Natural	Propylene	<1	<1
R717	Natural	NH ₃	0	0
R718	Natural	H ₂ O	0	0
R729	Natural	Air	0	0

Table 1: The "real" impact of refrigerants on the environment over the next 20 years. Source: UNEP¹

1) Wie ist die Lage?

Aktueller IPCC AR6 (Sachstandsbericht)

R32 GWP₁₀₀ Jahre 771

Final Government Distribution

7.SM

IPCC AR6 WGI

7.SM.6 Tables of greenhouse gas lifetimes, radiative efficiencies and metrics

[START TABLE 7.SM.7 HERE]

Table 7.SM.7: Greenhouse gas lifetimes, radiative efficiencies, Global Warming Potentials (GWPs), Global Temperature Potentials (GTPs) and Cumulative Global Temperature Potentials (CGTPs). GWPs given for 20-year, 100-year and 500-year time horizons. GTPs and CGTPs given for 50-year and 100-year time horizons. Note CGTP has units of years and is applied to a change in emission rate rather than a change in emission amount. Also shown are absolute values of GWPs and GTPs (AGWPs and AGTPs), in units of picowatt years per square metre per kilogram ($1 \text{ pW} = 10^{-12} \text{ W}$). Radiative efficiencies for CH_4 and N_2O given in this table do not include chemical adjustments (values including chemical adjustments are given in Table 7.15).

Name	Formula	Lifetime (yr)	Radiative efficiency (W m^{-2} ppb^{-1})	AGWP 20 (pW m^{-2} yr kg^{-1})	GWP 20	AGWP 100 (pW $\text{m}^{-2} \text{ yr}$ kg^{-1})	GWP 100	AGWP 500 (pW $\text{m}^{-2} \text{ yr}$ kg^{-1})	GWP 500	AGTP 50 (pW m^{-2} yr kg^{-1})	GTP 50	AGTP 100 (pW $\text{m}^{-2} \text{ yr}$ kg^{-1})	GTP 100	CGTP 50 (yr)	CGTP 100 (yr)
Major Greenhouse Gases															
HFC-32	CH_2F_2	5.4	0.111	65.5	2690	69	771	-	-	-	-	-	-	-	-

1) Wie ist die Lage?

CO₂ Steuer seit 2021

Stufenplan 2025: € 50,- / t CO₂

Beispiel R134a: ca. € 75,- pro kg

Ungewisse Zukunft für HFKW und HFO

2) Alternative Kältemittel

- CO₂ R744: Aufwändig
- NH₃ R717: Industriekälte
- Brennbar Kohlenwasserstoffe
 - z.B. Propan R290: Füllmenge <150g
Kühlschrank
 - Größere Anlagen
Brennbarkeit beachten

2) Alternative Kältemittel

Geothermie Grünwald

ORC Kraftwerk 1 MW elek.



Fotos: Geothermie Grünwald

2) Alternative Kältemittel

Füllmenge

50 Tonnen Isobutan



Fotos: Geothermie Grünwald

2) Alternative Kältemittel

Sicherheitskonzept

Konform mit den aktuellen Regelwerk

Beispiele:

- Druckgeräterichtlinie
- Betriebssicherheitsverordnung
->TRBS

2) Alternative Kältemittel

EN 378 gibt gute Anhaltspunkte:

- Gefahrenzone kennzeichnen
- 2-stufige Gassensoren
- Absaugung mit Atexlüftern
- Und weitere

Tipp: Planungen direkt mit der ZÜS abstimmen

3) Projekt Geflügel Gross

Kaltsoleanlage

Kälteleistung, max. 690 kW bei -8 / -12 °C

2 Schraubenverdichter, 1 Frequenzumrichter

KM: R1270 Propen,
Kälteleistung und HG-Temp höher als bei R290

BAFA gefördert. Limit Pel, max. 300 kW

Energetische Optimierung

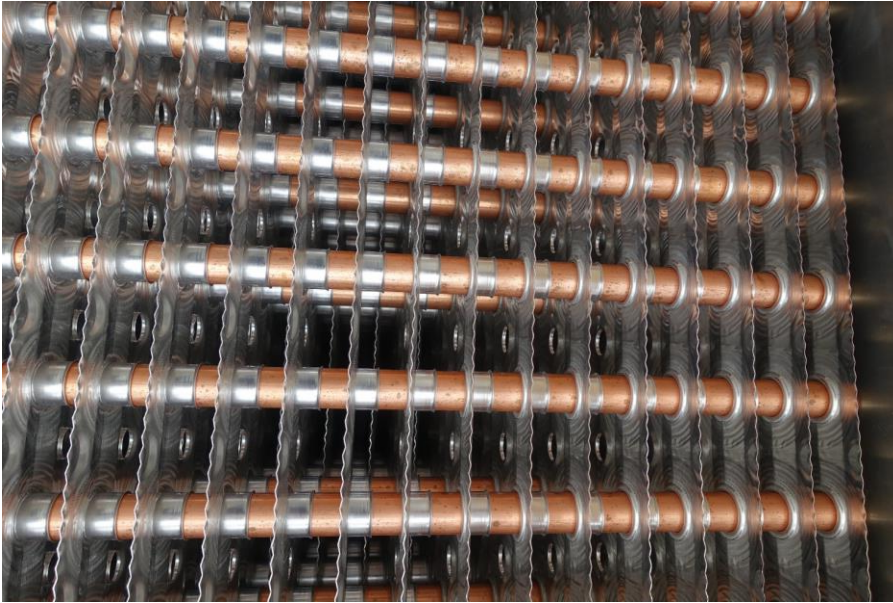
3) Projekt Geflügel Gross



3) Projekt Geflügel Gross



3) Projekt Geflügel Gross



- Luftkühler mit 2 Lamellenabstände
- Abtauung mit Warmsole
- Nachheizregister zum Trocknen

3) Projekt Geflügel Gross

Verrohrung mit Cool-Fit, GF



- Harte Oberfläche
- Fittings verschweißen

4) Sektorenkopplung



Strom

Kälte

Wärme

4) Sektorenkopplung



Strom

Kälte

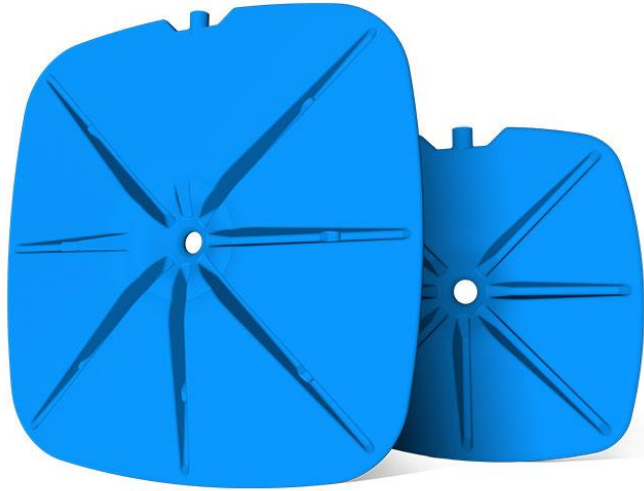
Wärme

Strom: PV-Anlage 750 kWp -> ca. 750.000 kWh/a

Kälte: 300 kW_{elek.} • 8 h • 300 Tage -> ca. 720.000 kWh/a

Problem: Sommer / Winter und Tagesverlauf

4) Sektorenkopplung



Sole-Kältespeicher 80 m³ 10 K

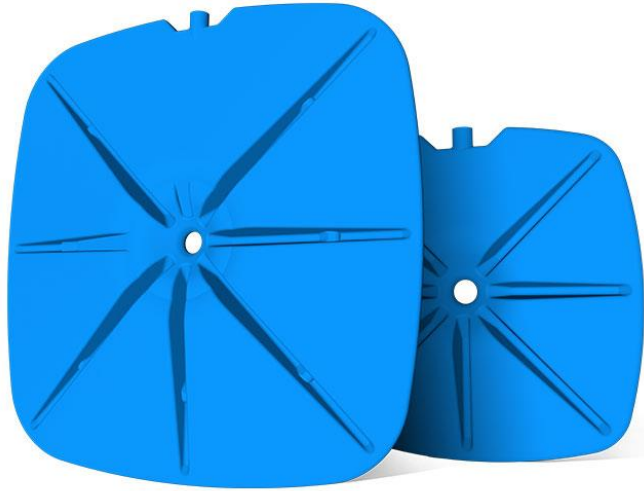
Kälteleistung 600 kW



ca. 800 kWh

Laufzeit: 1,3 h

4) Sektorenkopplung



Latentkältespeicher



Sole-Speicher mit 50 % Latentelementen 2130 kWh

Kälteleistung 600 kW Laufzeit: 3,4 h statt 1,3 h

5) Wärmerückgewinnung

Deutschland: elektrische Energie 550 TWh

Davon 16 % für Kälte- u. Klimaanlage

Das sind 88 TWh

COP 2,2: Kälteenergie 193 TWh

COP auf die Wärme bezogen plus 1

COP_w 3,2: **Wärmeenergie 281 TWh**

5) Wärmerückgewinnung

Wärmeenergie 281 TWh aufgerundet: 300 TWh

Aber 10 % sollte nutzbar sein: 30 TWh

30 TWh ist eine abstrakte Zahl

Als Vergleich wie viel Autos haben eine Jahresverbrauch von 30 TWh?

5) Wärmerückgewinnung

Durchschnittsverbrauch aller Verbrenner 7 l / 100 km

Durchschnittsfahrleistung 15.000 km

≈1000 l / Jahr entspricht 10 MWh / Jahr

1 Auto

10 MWh

3 Mio. Autos

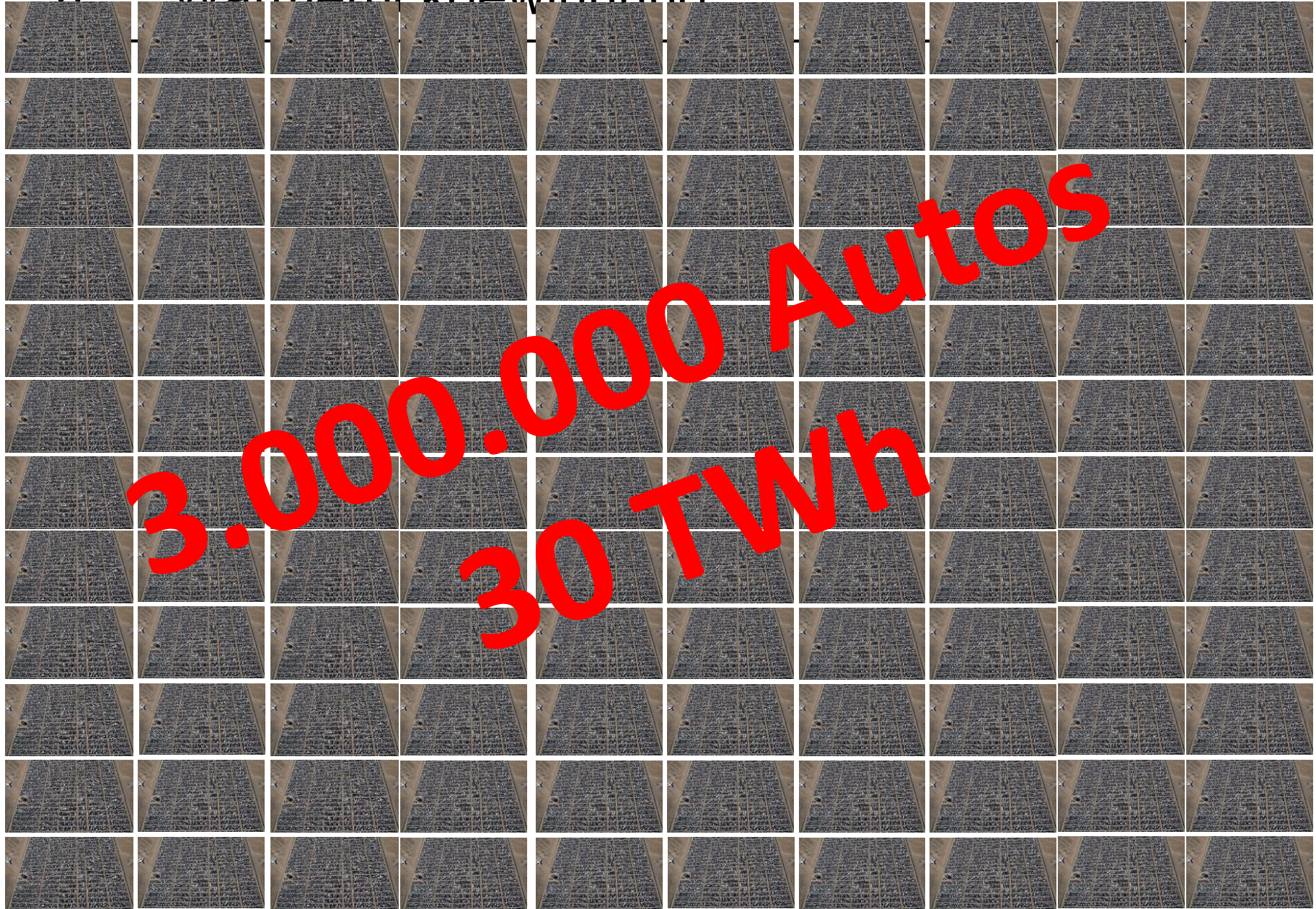
30 TWh

5) Wärmerückgewinnung



25.000 Autos

5) Wärmerückgewinnung



5) Wärmerückgewinnung

Welche Leistung hat ein Verflüssiger ohne Ventilatorbetrieb?

Bei Durchschnittsaußentemperatur

ca. 2/3 seiner Nennleistung

Für eine wirksame WRG muss der Außenverflüssiger abgesperrt werden

5) Wärmerückgewinnung

Welche Temperatur ist sinnvoll erzielbar?

- Mit steigender Verflüssigungstemperatur fällt der COP
- Ab einer zu bestimmenden Verflüssigungstemperatur ist es sinnvoller mit einer externen Wärmequelle zu heizen
- Kenntnis über diese Temperatur ist enorm wichtig

5) Wärmerückgewinnung

Welche Temperatur ist sinnvoll erzielbar?

Mit der Annahme:

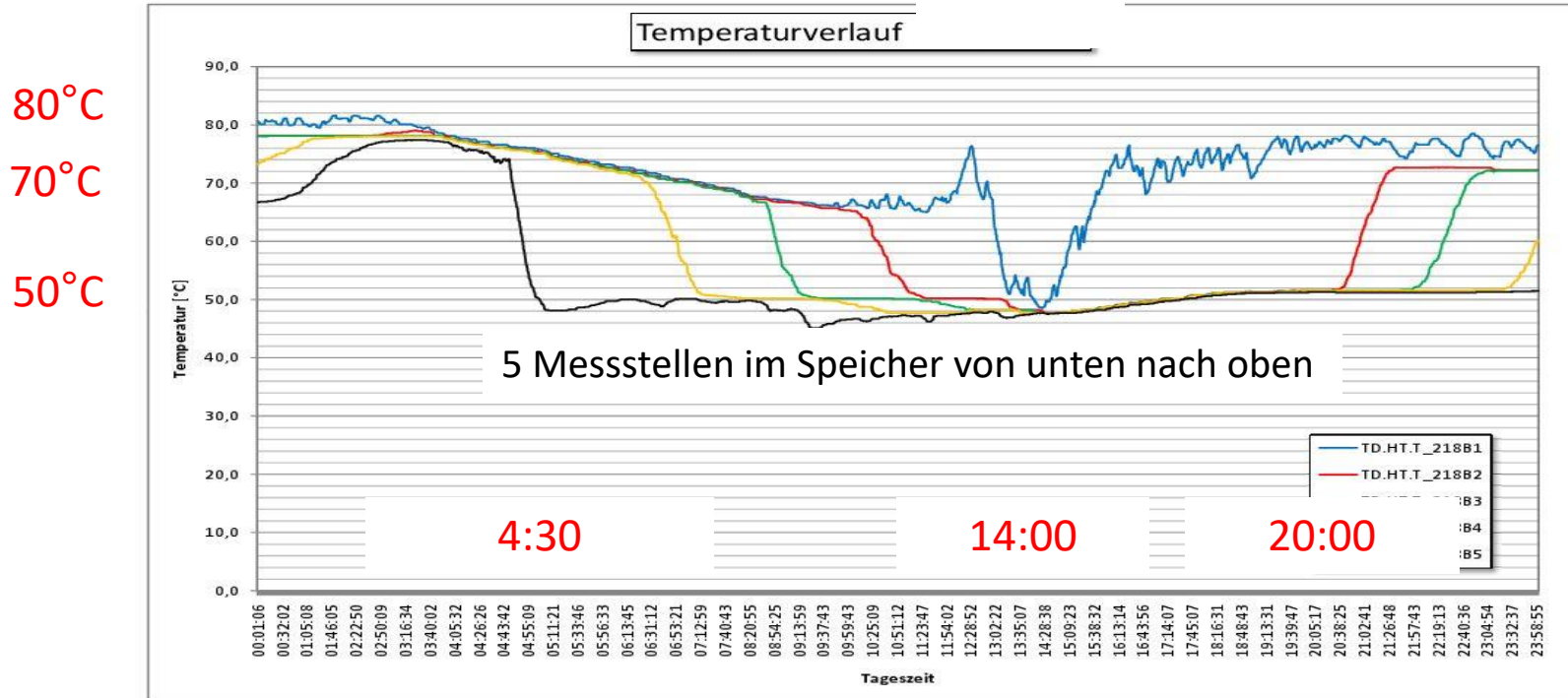
Strompreis 0,2 € / kWh und Wärmepreis 0,07 € / kWh

Ergibt sich **$t_c = 75^\circ\text{C}$** für $t_0 = -10^\circ\text{C}$, R134a

Verdichter HH ist im Anwendungsgebiet
Heißgastemperatur, Drücke ok

5) Wärmerückgewinnung

Messwerte vom HT-Schichtenspeicher



- Optimierte Heißgasenthitzung
- Sehr gute Schichtung
- Wärmeversorgung min. 50°C meistens über 70°C

Herzlichen Dank!

