

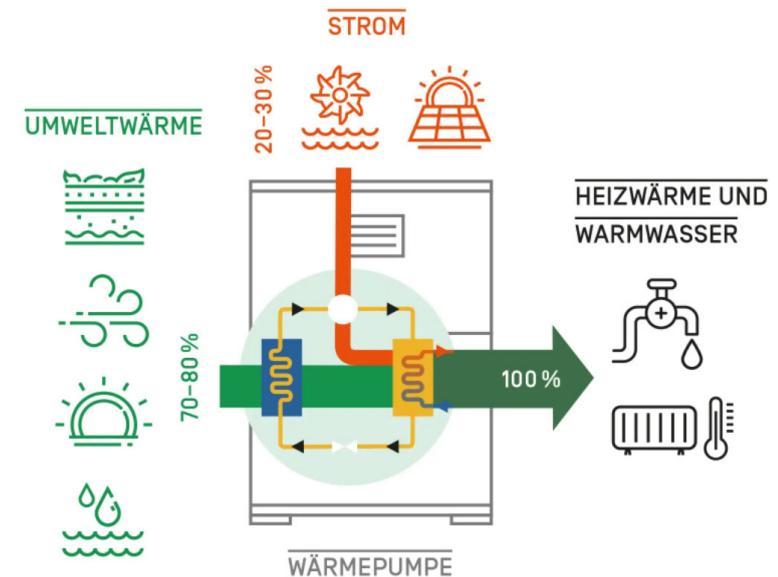
Übersicht über die Möglichkeiten von Grosswärmepumpen

Referent/Autor: Christoph Messmer / FHNW

Wärmepumpen für grössere Leistungsbereiche und Hochtemperatur-Anwendungen

Marktüberblick Anwendungskonzepte und Lösungen im Sanierungsfall

Entwicklung und Forschung
(Schall, Kältemittel, Energy Management)



Elektrisch angetriebene Wärmepumpen erzeugen aus 20-35 % Strom (Antriebsenergie) und 65-80 % Wärme aus Luft, Wasser (Umweltwärme) oder Erdreich (geothermische Wärme) 100 % Nutzenergie.

<https://www.energieschweiz.ch/heizungssysteme/waermepumpen/>

Wärmepumpen für MFH und Industriebauten (Seriengeräte)



Leistungsabdeckung mit Baureihen
Heizleistungen 40 - 240 kW
Höhere Leistungen mit Kaskadierung



Grosswärmepumpen für MFH und grössere Gebäude (Seriengeräte)

Bilder CTA AG, Viessmann (Schweiz) AG

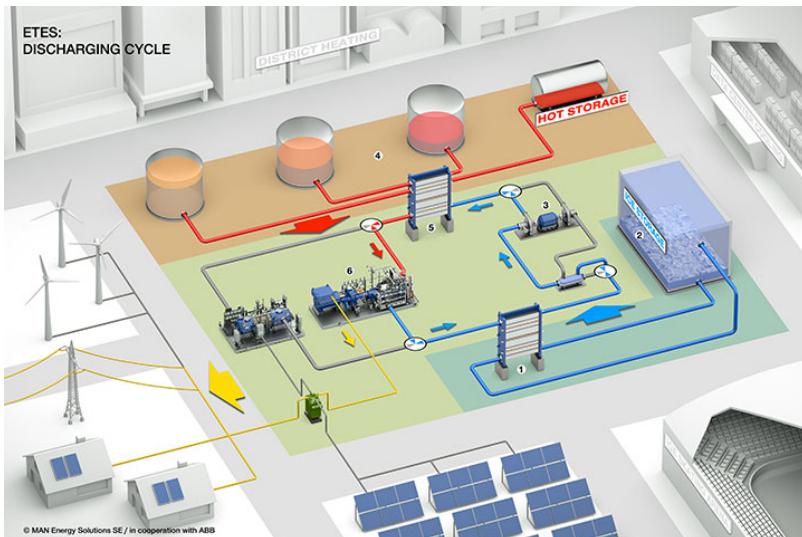
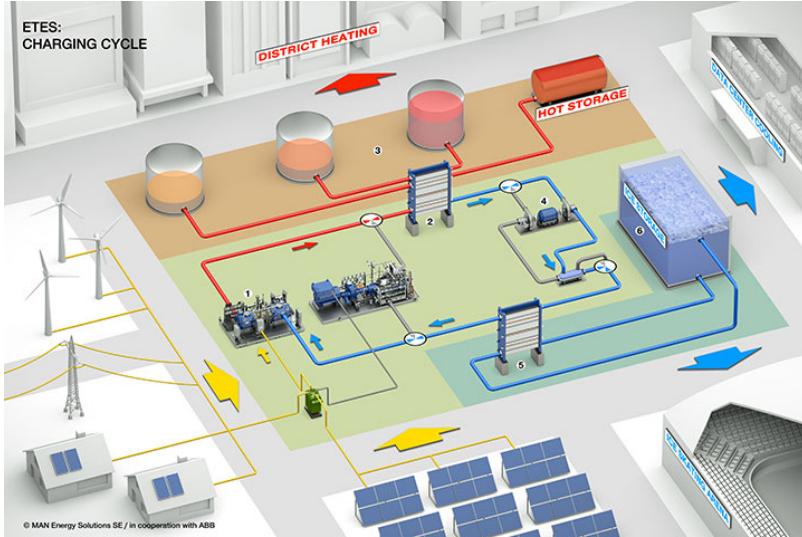
Wärmepumpen für grössere Gebäude (Einzelfertigungen)



Einzel-/Sonderanfertigungen auf
Basis von Standardplattformen
Bis 2500 kW Heizleistung

Bilder CTA AG

Grosswärmepumpen-Systeme für Areale



- CO2 Turbo-Wärmepumpe bis 50 MW
- Sektorkopplungen vers. Energieformen
- Strom, Wärme, Kälte und Speicherung
- Lade-/Entlade-Strategien

Danish town of Esbjerg with around 235,000 megawatt-hours of emission-free heat each year

<https://www.man-es.com/discover/etes-heat-pump>



Wärmepumpen für Hochtemperaturanwendungen

Hoch ist relativ, Wohnungsbau 65°C, Industrie 120°C

Annex 58

Home Task 1 – Technologies News Participants

ANNEX 58

High-Temperature Heat Pumps

This Annex gives an overview of available technologies and close-to-market technologies regarding high-temperature heat pumps. The need for further RD&D developments will be outlined. In order to maximize the impact of high-temperature heat pumps, this Annex also looks at process integration by development of concepts for heat pump-based process heat supply and the implementation of these concepts.

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex58>

energieschweiz

Unternehmen / Prozesse und Anlagentechnik / Industrielle Wärmepumpe
Wärmepumpen in Industrie und Gewerbe

Hochtemperatur- und Grosswärmepumpen sind zuverlässig und umweltfreundlich. Vereedeln Sie damit die (Ab-)Wärme in Ihrem Betrieb und nutzen Sie diese für die Produktion.



<https://www.energieschweiz.ch/prozesse-anlagentechnik/industrielle-waermepumpe/>

Verschiedene Hersteller und Produkte aufgeführt mit Datenblättern

Annex
58

High-
Temperature
Heat Pumps

Industrial Heat Pump
Siemens Energy

www.heatpumpingtechnologies.org/annex58/

SIEMENS
energy



Figure 1: Exemplary model of a new Siemens Energy high temperature heat pump

Annex
58

High-
Temperature
Heat Pumps

Spilling Steam Compressor
Spilling Technologies GmbH

www.heatpumpingtechnologies.org/annex58/

SPILLING
Technologies



Figure 1: 3D drawing of a Spilling steam compressor.

Wärmepumpen für Hochtemperaturanwendungen (IEA Annex 58)

Supplier	Compressor type	Working fluid	Capacity	T _{max supply}
Fuji Electric	Reciprocating	R-245fa	0.03 MW	120 °C
Emerson	Scroll and EVI Scroll	R-245fa, R410a,R-718	0.03 MW	120 °C
Mayekawa (EcoSirocco)	Reciprocating	R-744	0.1 MW	120 °C
Mayekawa (EcoCircuit)	Reciprocating	R-1234ze(E)	0.1 MW	120 °C
Skala Fabrikk	Piston	R-290, R-600	0.3 MW	115 °C
Kobelco Compressors Corp. (SGH165)	Twin-screw	R-245fa/R-134a,R-718	0.4 MW	175 °C
Kobelco Compressors Corp. (SGH120)	Twin-screw	R-245fa	0.4 MW	120 °C
Mitsubishi Heavy Industries	Two-stage centrifugal	R-134a	0.6 MW	130 °C
ecop	Centrifugal	ecop fluid 1	0.7 MW	150 °C
Mayekawa Europe (HS Comp)	Piston	R-600	0.8 MW	120 °C
Kobelco Compressors Corp. (MSRC160L)	Twin-screw	R-718	0.8 MW	175 °C
Mayekawa Europe (FC Comp)	Screw	R-601	1.0 MW	145 °C
GEA	Semi-hermetic piston	R-744	0.1-1.2 MW	130 °C
Fenagy	Reciprocating	R-744	0.3-1.8 MW	120 °C
Rank	Screw	R245fa, R-1336mzz(Z), R-1233zd(E)	0.12-2.0 MW	160 °C
SRM	Screw	R-718	0.25-2.0 MW	165 °C
Sustainable Process Heat	Piston	HFOs	0.3-5.0 MW	165 °C
Hybrid Energy	Piston, Screw	R-717, R-718	0.5-5.0 MW	120 °C
Johnson Controls	Reciprocating	R-717, R-600 (cascade)	0.5-5.0 MW	120 °C
ToCircle	Rotary vane	R-717, R-718	1.0-5.0 MW	188 °C
Weel & Sandvig	Turbo	R-718	1.0-5.0 MW	160 °C
Olvondo	Piston (double acting)	R-704	5.0 MW	200 °C
Heaten	Reciprocating, custom design	HFOs	1.0-6.0 MW	165 °C
Enerin	Piston	R-704	0.3-10.0 MW	250 °C
Ohmia Industry	Centrifugal / Piston	R-717, R-718	1.2-10.0 MW	150 °C
Enertime	Centrifugal	R-1336mzz(Z), R-1224yd(Z), R-1233zd(E)	2.0-10.0 MW	160 °C
Spilling	Piston	R-718	1.0-15.0 MW	280 °C
Epcon	HP centrifugal fan	R-718	0.5-30.0 MW	150 °C
Turboden	Turbon	Application specific	3.0-30.0 MW	200 °C
MAN Energy Solutions	Centrifugal turbo with expander	R-744	10.0-50.0 MW	150 °C
Piller	Turbo	R-718	1.0-70.0 MW	212 °C
Siemens Energy	Turbo (Geared / single-shaft)	R-1233zd(E) /R-1234ze(E)	8.0-70.0 MW	160 °C
Qpinch	Chemical adsorption heat transformer	R-718, H3PO4 and derivatives	>2.0 MW	230 °C

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex58>

Anwendungskonzepte und Lösungen im Sanierungsfall

Luft/Wasser-Wärmepumpen



Luft/Wasser-Wärmepumpe auf dem Dach



Luft/Sole-Wärmeübertrager auf dem Dach mit Sole-Zwischenkreis und Wärmepumpe im Keller

Schlussbericht, 11. Dezember 2018

Heizungersatz durch Luft-Wasser-Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern

Übersicht über realisierte Projekte, Studien und Fördermittel der Kantone



<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/9574>

Anwendungskonzepte und Lösungen im Sanierungsfall

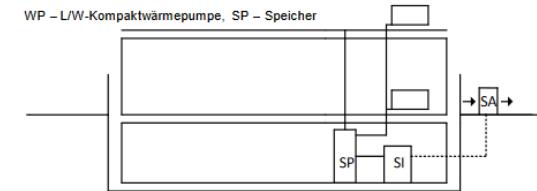
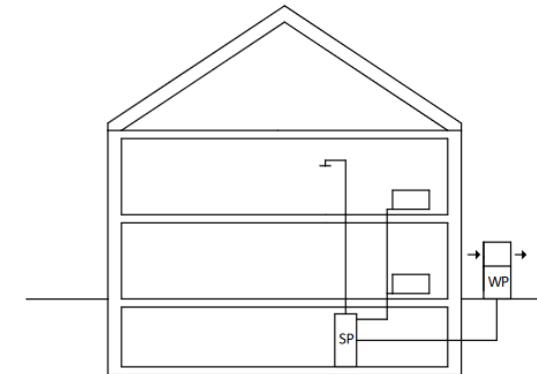
Luft/Wasser-Wärmepumpen

**Integration von
Luft/Wasser-Wärmepumpen
im städtischen Kontext**

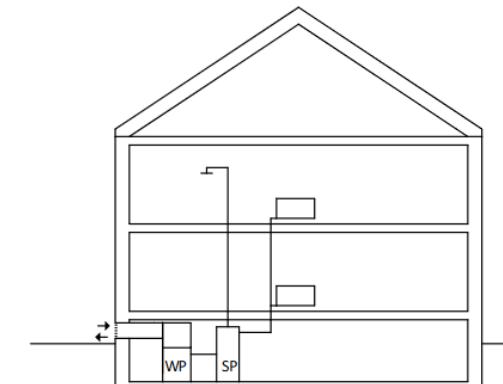
Schlussbericht

Version 1.7 vom 8.11.2018

<https://www.aue.bs.ch/dam/jcr:7f0bb4d8-9a5c-4556-addf-155c10c15dc9/Luft-Wasser-Waermepumpen-im-staedtischen-Kontext-ZH-BS-Schlussbericht-2018-11.pdf>



SA – Split-Ausseneinheit, SI – Split-Inneneinheit, SP – Speicher



Wandgitter für getrennte Lufteinlass und -ausblasöffnungen

Anwendungskonzepte und Lösungen im Sanierungsfall

Kaskaden von Seriegeräten



Alpha-innoTec LWA-Serie Luft/Wasser-Wärmepumpen



https://www.daikin.de/de_de/kunden/referenzen-privatmarkt/mehrfamilienhaus_daikin_altherma_3_r.html

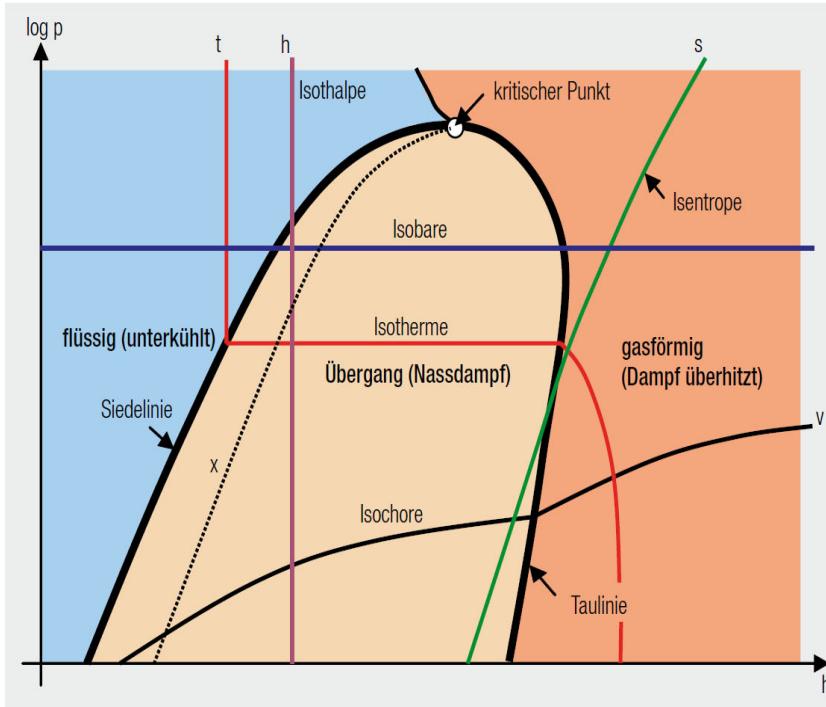
S/W- oder W/W-Wärmepumpen (je nach Möglichkeit und Verfügbarkeit)

- Erdwärme
- Grundwasser, Fließgewässer, Seewasser
- Prozessabwärme, Abwasser
- Eisspeicher
- Anergienetze

Grundlagen Kälte-/Wärmetechnik

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 %



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

$$COP = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\dot{Q}_H}{P_{El}}$$

$$= \frac{\text{genutzte Wärmeleistung}}{\text{elektr. Verdichterleistung}}$$

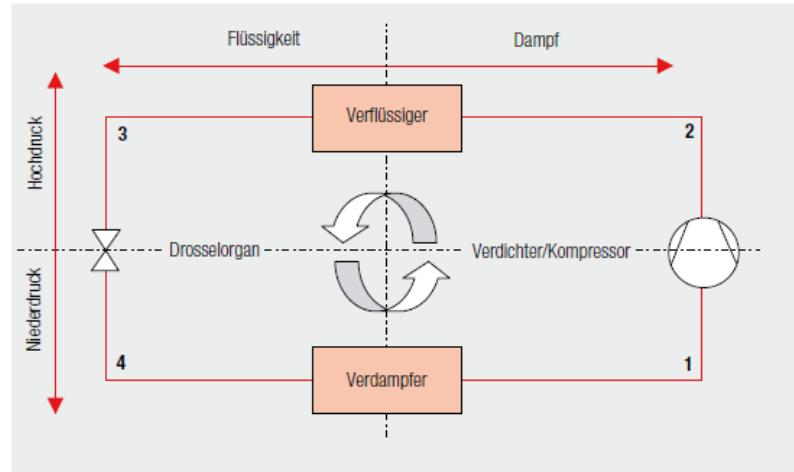


Abbildung 1.3: Prinzip des Kaltdampf-Kompressionsverfahrens

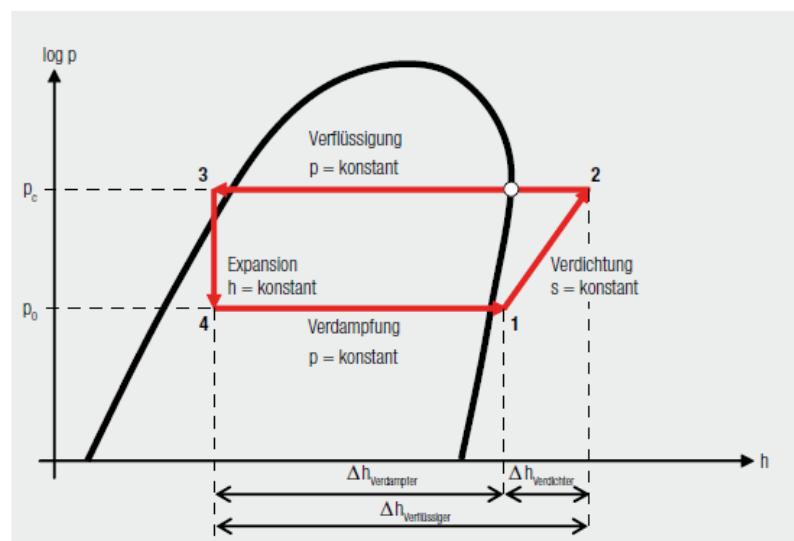
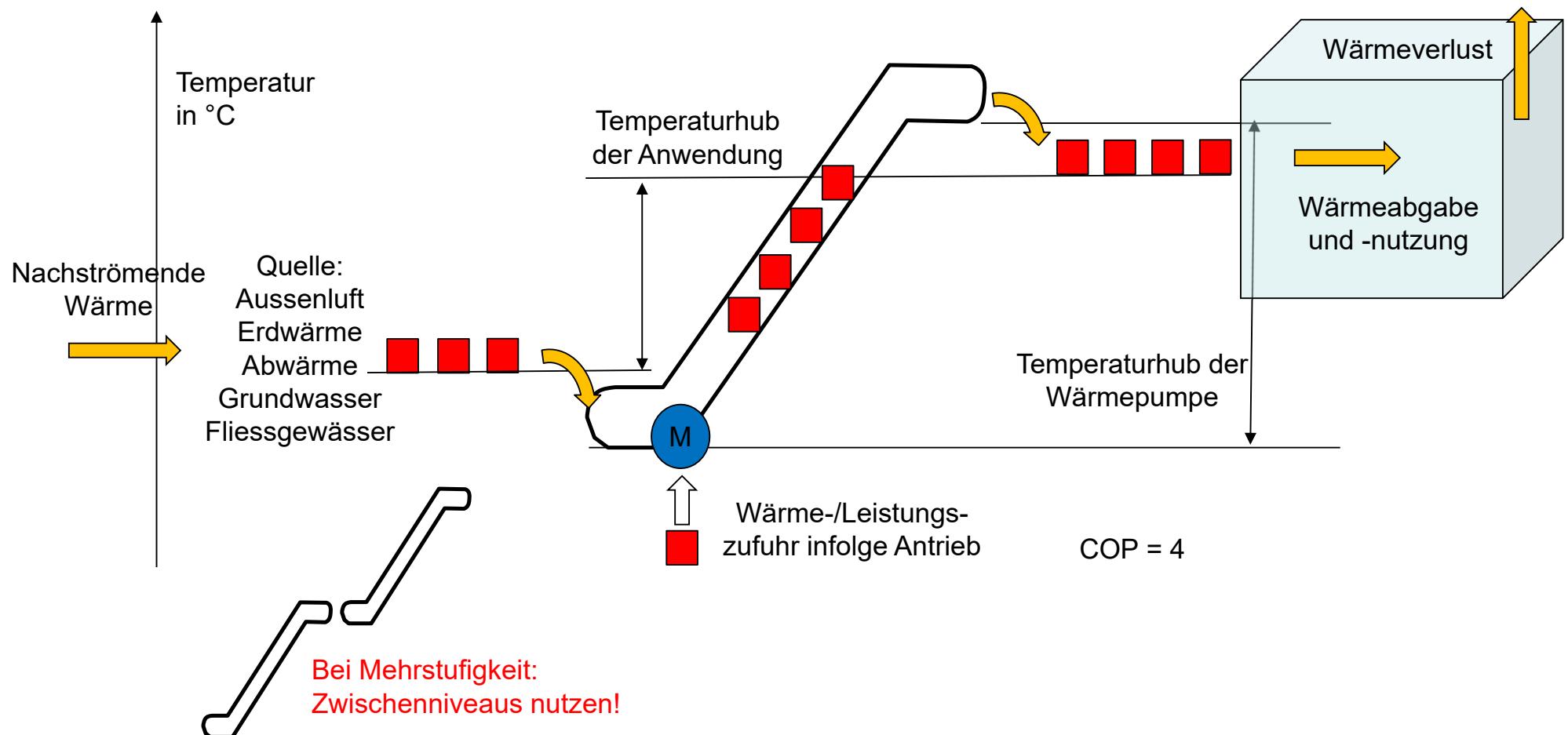


Abbildung 1.4: Der verlustfreie Prozess im log p,h-Diagramm

Grundlagen Kälte-/Wärmetechnik

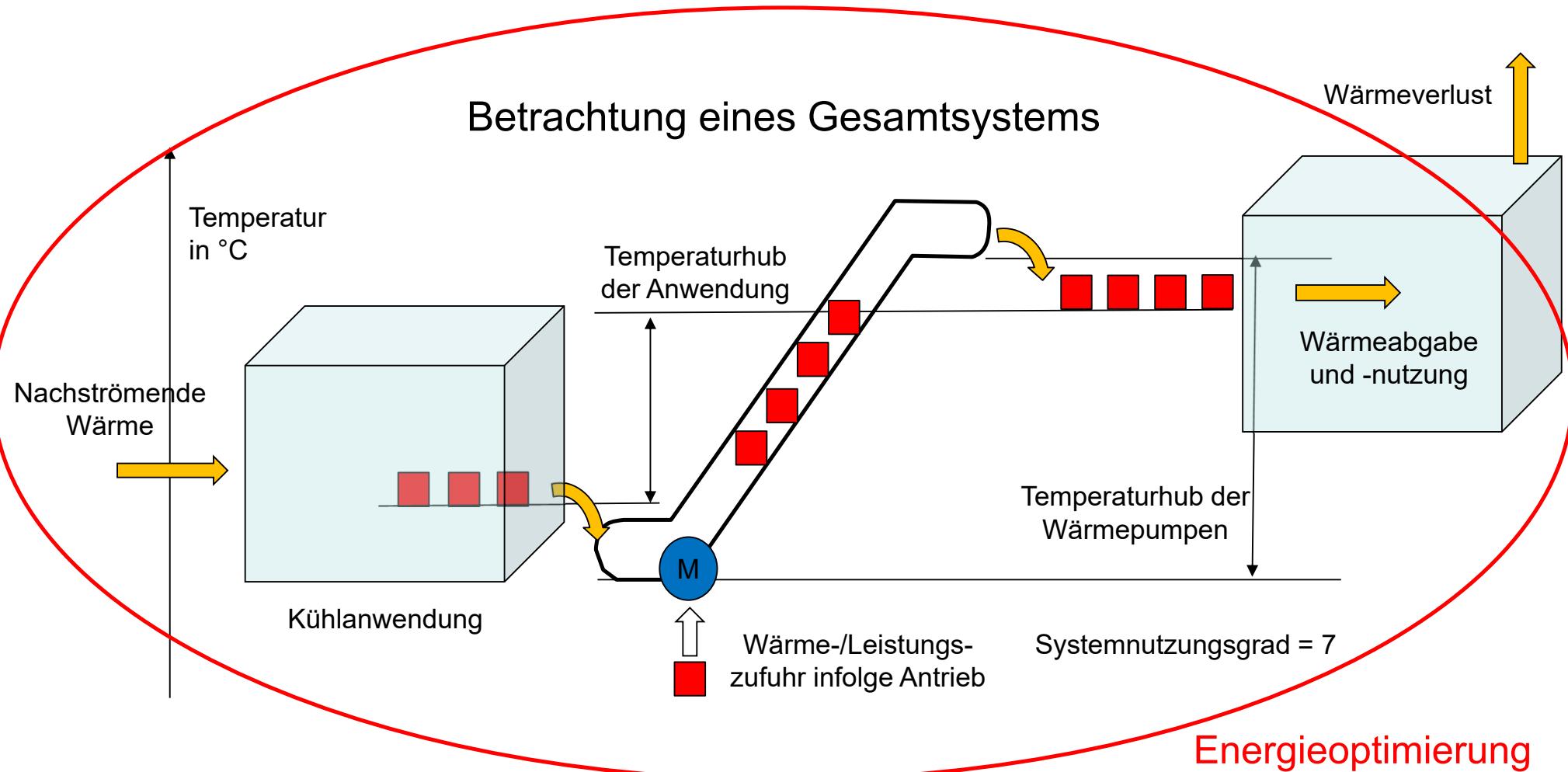
Wärmepumpenanlagen sind Transportmaschinen

Es wird keine Wärme «produziert», sondern Wärme einer Quelle entzogen und der Nutzung zugeführt



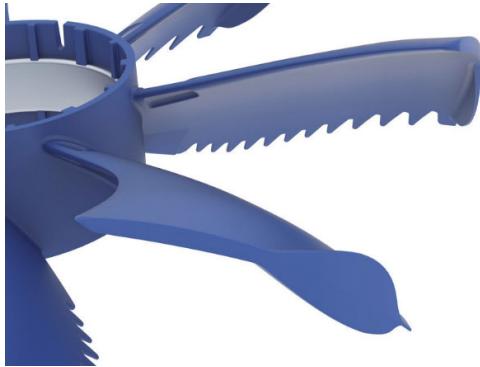
Wärmepumpe und Kältemaschine

Wärme und Kälte gleichzeitig bereiten (Prozessintegration)



Entwicklung und Forschung (Schall)

Schalldämmung oder -minderung von Körperschall und Strömungsgeräuschen



<https://www.elektronikpraxis.de/bionischer-bio-ventilator-reduziert-geraeuschemissionen-a-421734/>



https://www.troxhesco.ch/kulissenschalld_aempfer/ms-33928254a91ed174



<https://www.schwingungsdaempfermannheim.de/federisolatoren/>



<https://www.tga-fachplaner.de/produkte/daikeinschallschutzaube-fuer-vrv-sky-air>

A	B	C	D
1 Luftmengenabschätzung Beispiel			
2 Spreizung		10 K	
3 Wärmekapazität		1005 J/kgK	
4 Heizleistung		100 kW	
5 COP		5	
6 Verdichterleistung		20 kW	
7 Quellenleistung		80 kW	
8 Massenstrom		8.0 kg/s	
9 Dichte		1.2 kg/m³	
10 Volumenstrom		6.63 m³/s	
11		23881 m³/h	

Energie-Apéro beider Basel / Wärmepumpen XXL

**Schallreduktion im
Teillastbetrieb
zwingend,
Resonanzdrehzahlen
meiden**

Entwicklung und Forschung (Kältemittel)

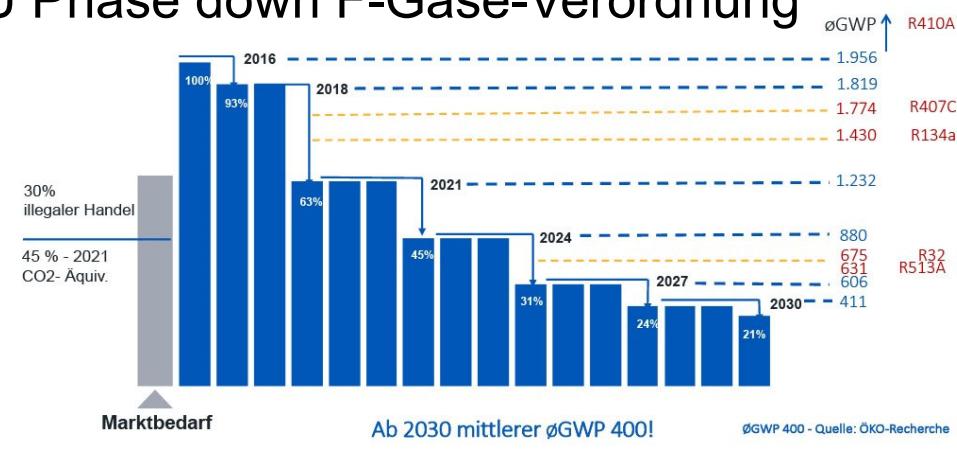
Quelle: Kältemittel – Fibel, Energie Schweiz

	Ab 1755	Ab 1929	Ab 1988	Ab 2000	Ab 2015
Thema	Technische Machbarkeit	Sicherheit <ul style="list-style-type: none"> • Brennbarkeit • Toxizität 	Ozonloch <ul style="list-style-type: none"> • Chlor (ODP, Ozon-abbaupotenzial) 	Erderwärmung <ul style="list-style-type: none"> • GWP (Global Warming Potential) 	Erderwärmung <ul style="list-style-type: none"> • 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

Wichtigste Kriterien

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

EU Phase down F-Gase-Verordnung



Entwicklung und Forschung (Energy Management Systeme)

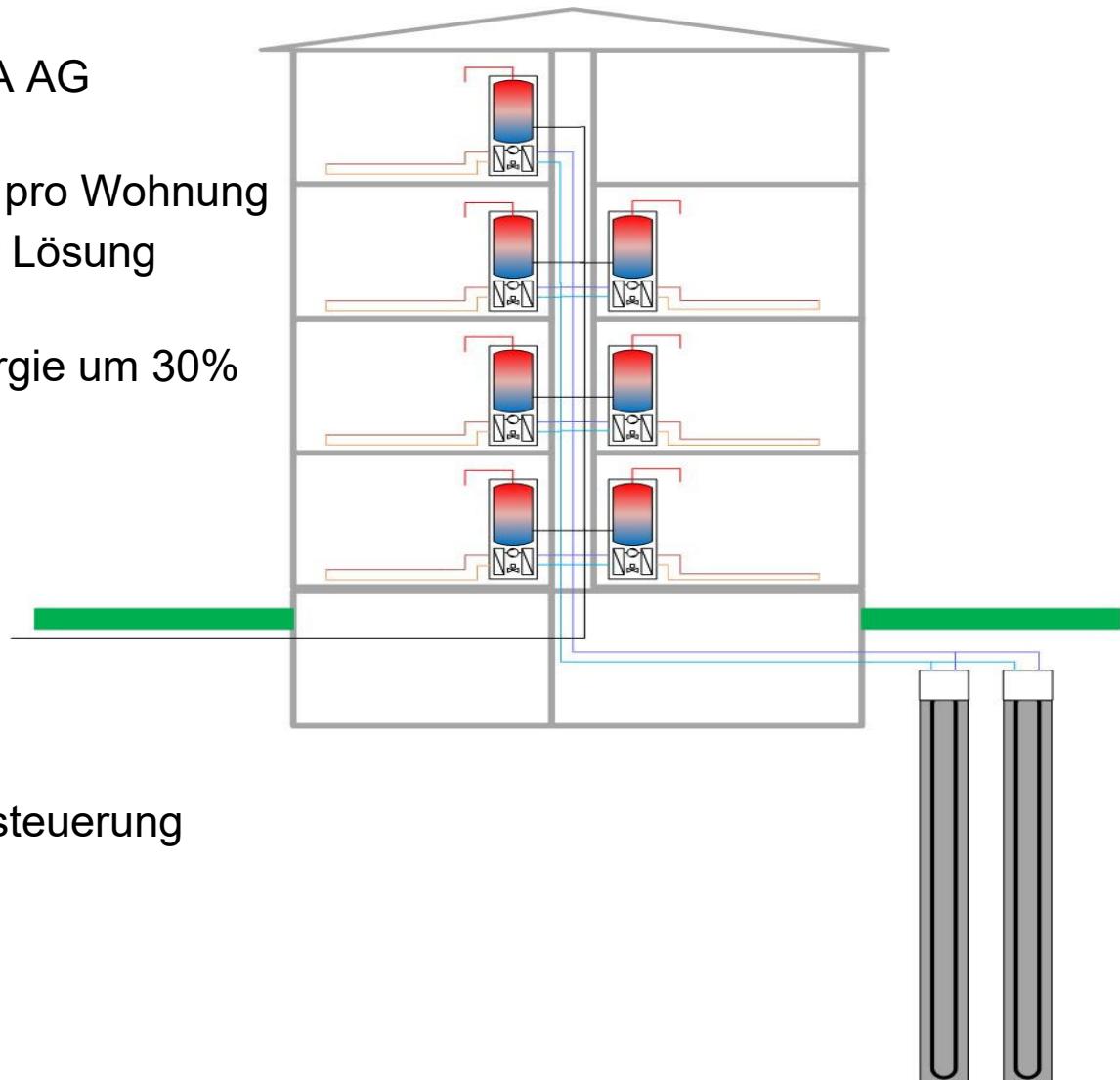
- Visualisierung ermöglicht Kontrolle
- Ansteuerung der Verbraucher
- Lastmanagement je nach Strategiewahl
- Unterstützt Optimierung
- Hilft bei Problemerkennung
- Nutzung von Wettervorhersagen



<https://www.solar-log.com/en/products-components/monitoring-software/>

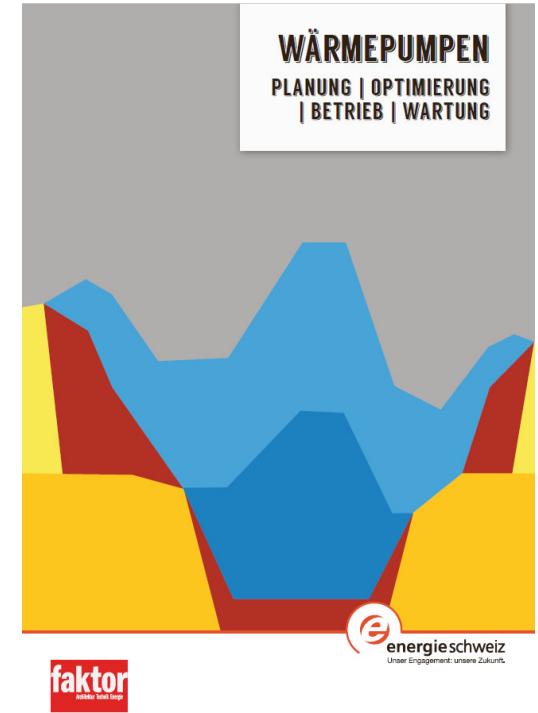
Entwicklung und Forschung (BFE Projekt HP Comfort System)

- BFE Projekt 2021-2023 mit FH Ost, CTA AG
- Dezentrale S/W WP mit TWW Speicher pro Wohnung im Vergleich zur zentralen WP/Speicher Lösung
- Reduktion der TWW Bereitstellungsenergie um 30%
- Keine TWW Zirkulation nötig
- Wärme wird am Nutzungsort bereitet
- PV Eigenstromnutzung mit Schwarmansteuerung



Zusammenfassung

- Wärmepumpen für grössere Leistungsbereiche und für Hochtemperaturanwendung sind verfügbar
- L/W-Wärmepumpen sind schalltechnisch anspruchsvoll
Massnahmen sind bekannt
- Infolge Phase-down der F-Gase werden natürliche und die HFO Kältemittel zukünftig eingesetzt
- Energy Management ermöglicht die Sichtbarmachung der Energieströme
- Wärme- und Kältenutzung/-produktion immer gesamtheitlich betrachten (Prozessintegration)



Wärmepumpen, Planung, Optimierung,
Betrieb, Wartung
Energie Schweiz, 2018

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !