

OST
Ostschweizer
Fachhochschule

Fallbeispiele von industriellen Wärmepumpen in der Schweiz

DKV-IZW Online Veranstaltung, 9. März 2021
Herausforderungen 2021 für die Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik

Dr. Cordin Arpagaus
cordin.arpagus@ost.ch
Tel. +41 81 377 94 34

Institut für Energiesysteme IES
www.ost.ch/ies



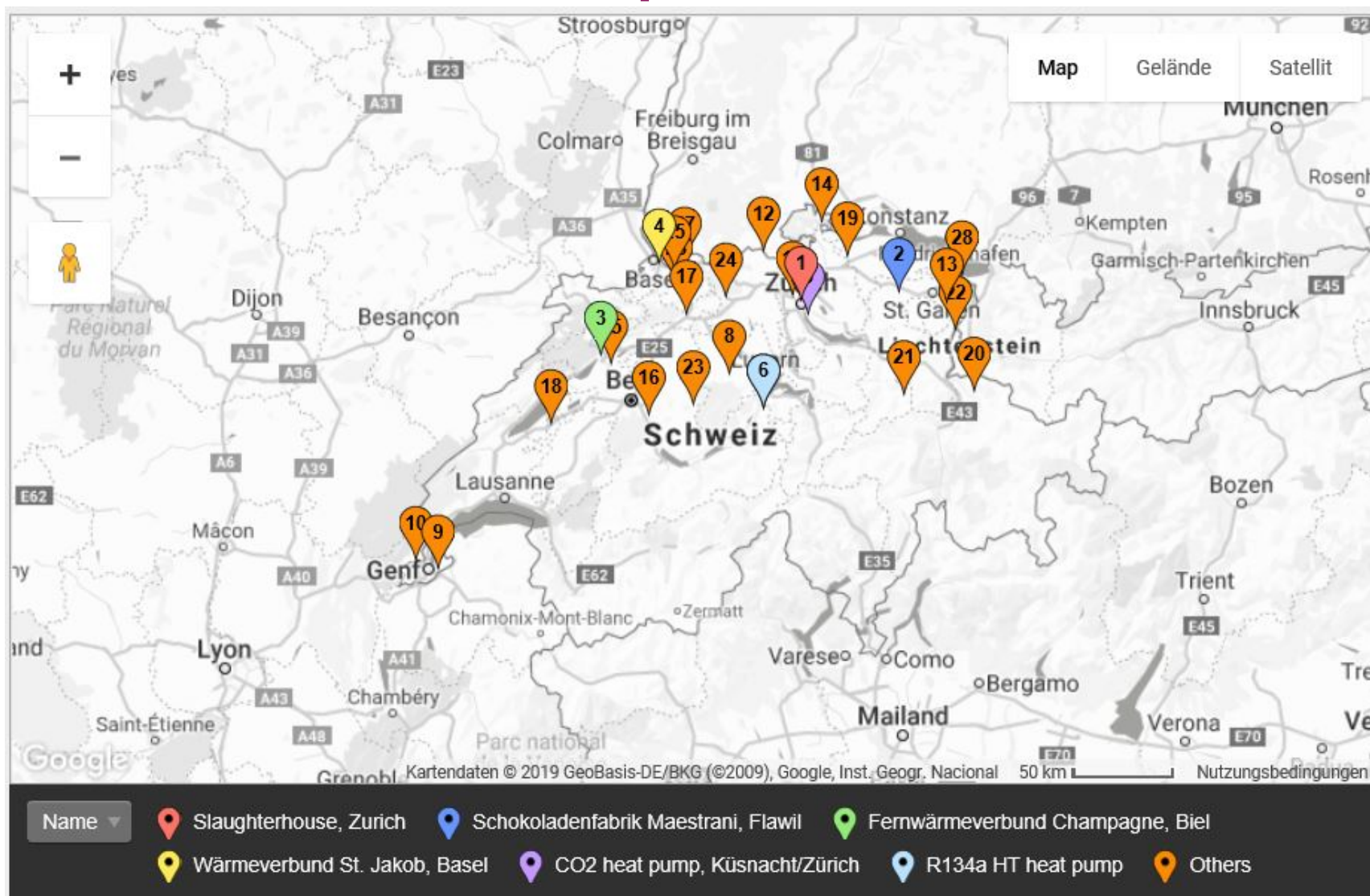
Fallbeispiele von industriellen Wärmepumpen in der Schweiz

Wärmepumpen in der Schweiz



Fallbeispiele von industriellen Wärmepumpen in der Schweiz

Standorte der Fallbeispiele



Datenquellen:

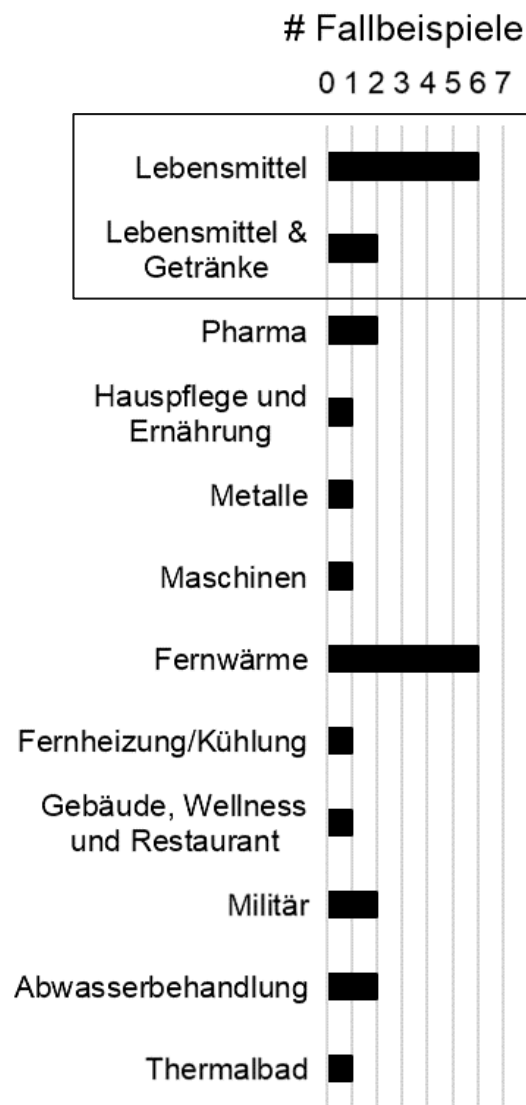
- Internet
- Hersteller
- Planer
- Kontakte

Hinweis:

Die Grafik stellt nicht die tatsächliche Reichweite von WP-Installationen in der Schweiz dar, sondern bezieht sich auf das Kontaktnetz.

Fallbeispiele von industriellen Wärmepumpen in der Schweiz

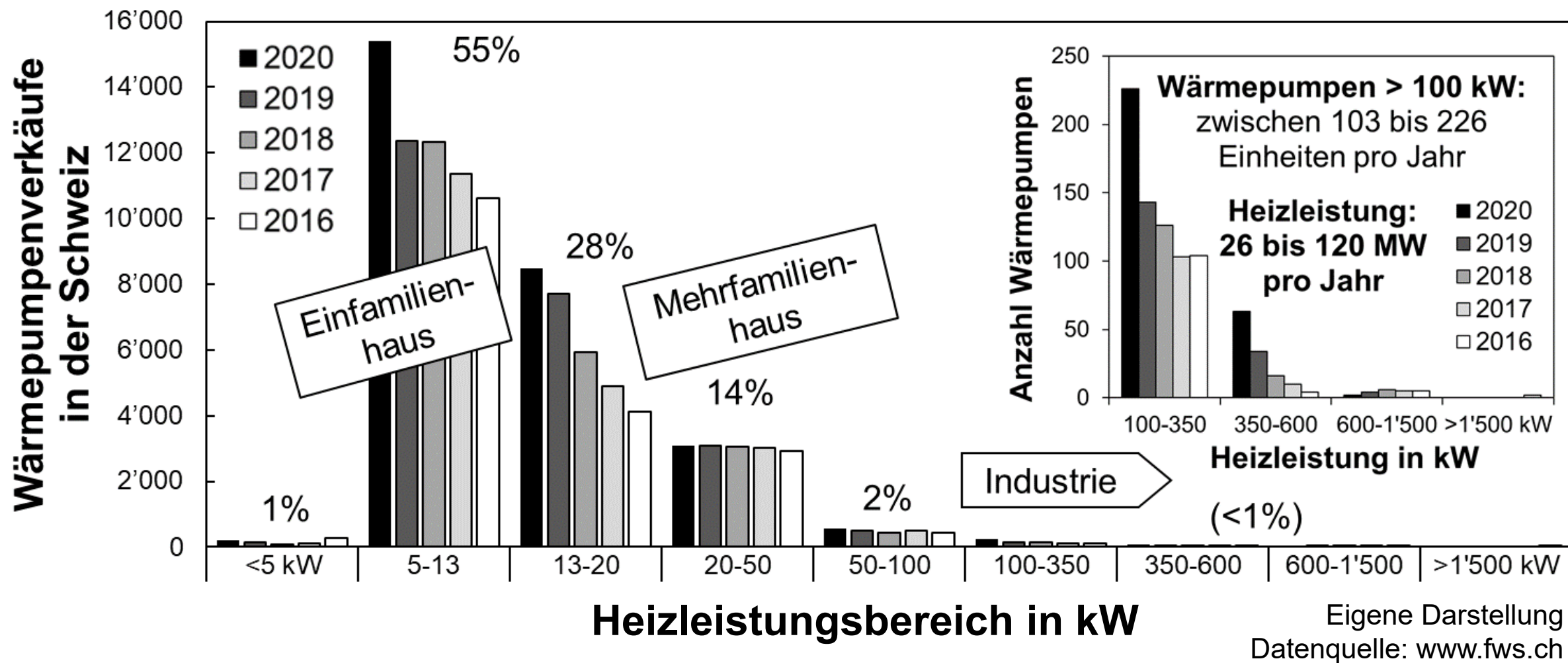
Fallbeispiele nach Industriezweig / Anwendung



Fallbeispiel aus der Lebensmittelindustrie:

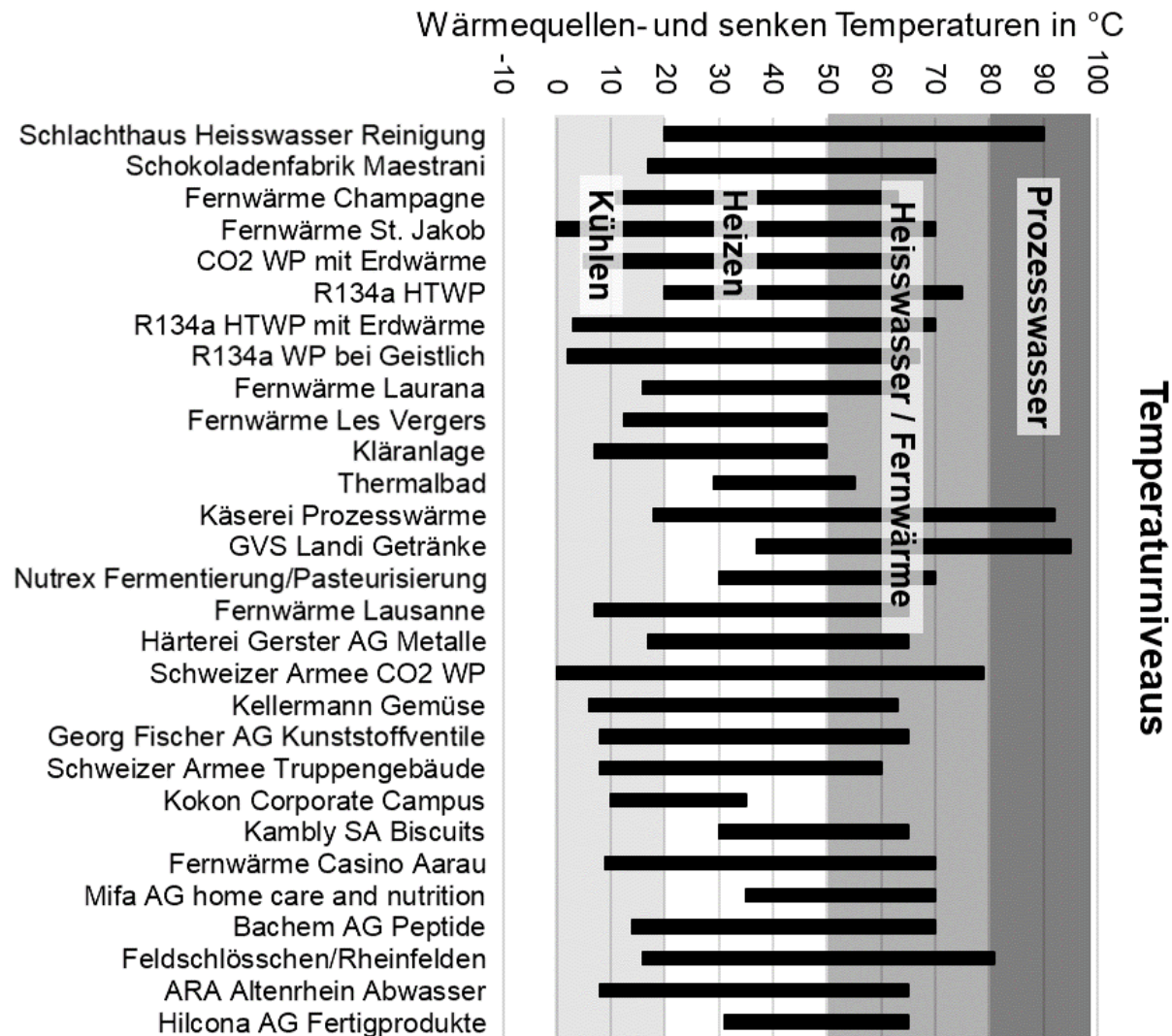
- **Käserei** (Prozesswärme aus Abwärme von Rechenzentrum)
- **Schokoladenfabrik** (Heiz- und Kühlprozesse)
- **Gemüseproduzent** (Heizung von Gewächshäusern, Kühlung von Lagerhallen)
- **FrISChe Convenience-Produkte** (Warmwasser aus der Abwärme der Kältemaschinen)
- **Essig** (Gärung, Pasteurisierung)
- **Fleischerzeuger** (heißes Wasser für Reinigungsprozesse)
- **Getränkehersteller** (Reinigung von Flaschen und Weintanks)
- **Biskuithersteller** (Warmwasser aus Abwärmenutzung)

Verkaufsstatistik von Wärmepumpen in der Schweiz



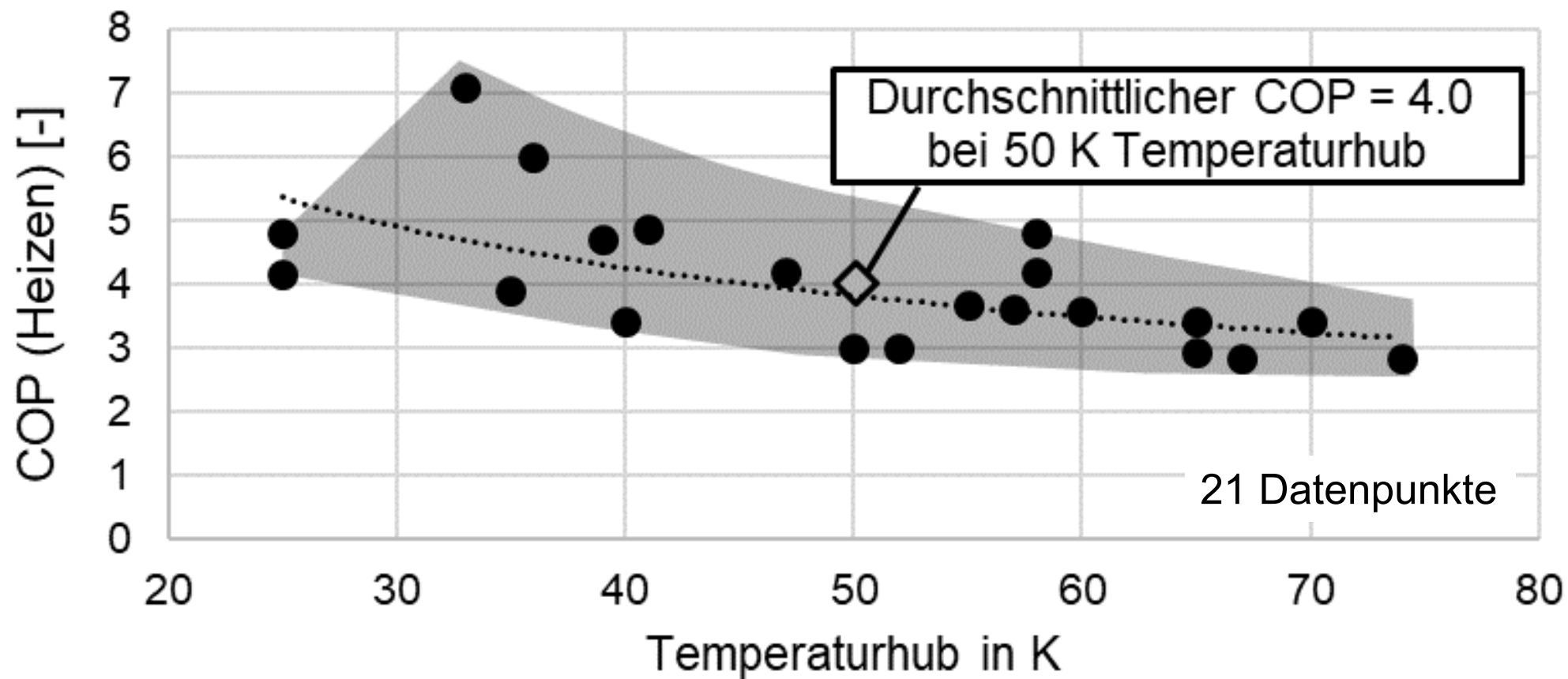
Unternehmen, Ort	Industrie	Anwendung	Integrations- ebene	Heizleistung (kW)	Temperatur Bereich (°C)		Nr.
Schlachthof, Zurich	Lebensmittel	Warmwasser, Reinigungswasser	Prozess	800	20	90	CH01
Schokoladenfabrik Maestrani, Flawil	Lebensmittel	Warmwasser, Heizung, Kühlung	Prozess	276	17	70	CH02
Käserei Gais, Appenzell	Lebensmittel	Warmwasser, Heizung	Prozess	520	18	92	CH13
Kambly SA, Trubschachen	Lebensmittel	Warmwasser für Biskuit Produktion	Prozess	471	20	65	CH23
Kellermann AG, Ellikon an der Thur	Lebensmittel	Warmwasser für Gewächshäuser Heizung	Betrieb	1'000	6	65	CH19
Hilcona AG, Schaan	Lebensmittel	Warmwasser für frische Fertiggerichte	Betrieb	507	31	67	CH29
Nutrex, Busswil bei Büren	Lebensmittel & Getränke	Essiggärung und Pasteurisierung	Prozess	194	30	70	CH15
GVS Schaffhausen Landi	Lebensmittel & Getränke	Prozess-/Warmwasser, Heizung, Kühlung	Betrieb	63	37	95	CH14
Bachem AG, Bubendorf	Pharma	Erwärmung und Kühlung von Peptiden	Prozess	480	14	70	CH26
R134a Wärmepumpe, Geistlich Wolhusen	Pharma	Warmwasser, Heizung	Betrieb	606	2	67	CH08
Mifa AG Mibelle Group, Frenkendorf	Home Care and Nutrition	Warm-/Kaltwasser, Heizung, Kühlung	Betrieb	885	35	70	CH25
Härterei Gerster AG, Egerkingen	Metalle	Prozesswärme für Härteverfahren	Betrieb	260	17	65	CH17
Georg Fischer AG, Grösch	Maschinen	Prozesswärme für Herstellung Kunststoffventilen	Betrieb	382	8	65	CH20
Feldschlösschen Brauerei, Rheinfelden	Fernwärme, Brauerei	Warmwasser, Fernwärme	Betrieb/Netzwerk	1'350	16	81	CH27
Champagne, Biel	Fernwärme	Warmwasser und Gebäudeheizung	Netzwerk	650	11	63	CH03
St. Jakob Quartier, Basel	Fernwärme	Warmwasser und Gebäudeheizung	Netzwerk	181	0	65	CH04
Laurana Qura, Thônex	Fernwärme	Warmwasser und Gebäudeheizung	Netzwerk	338	14	63	CH09
Les Vergers, Meyrin	Fernwärme	Beheizung von Wohngebäuden	Netzwerk	5'000	12	50	CH10
Stadt Lausanne	Fernwärme	Warmwasser für Wohngebäude	Netzwerk	4500	6	68	CH16
Casino Aarau	Fernwärme/Kühlung	Fernwärme- und Fernkältenetz	Netzwerk	1'975	9	70	CH24
Kokon Corporate Campus, Ruggell	Wellness und Restaurant	Warmwasser und Gebäudeheizung	Gebäude	341	10	35	CH22
Schweizer Armee, CO ₂ Wärmepumpe, Payerne	Militär	Warmwasser und Gebäudeheizung	Gebäude	60	9	45	CH18
Schweizer Armee, Truppengebäude, Matt	Militär	Warmwasser und Gebäudeheizung	Gebäude	270	8	60	CH21
Abwasserreinigung (ARA), Altenrhein	Abwasserbehandlung	Warmwasser für die Klärschlamm Trocknung	Betrieb	2'840	8	65	CH28
Abwasserreinigung, Zürich	Abwasserbehandlung	Warmwasser	Betrieb	410	7	50	CH11
Bad Zurzach	Thermalbad	Warmwasser	Betrieb	550	29	55	CH12
CO ₂ Wärmepumpe, Küsnacht	Gebäude	Warmwasser und Gebäudeheizung	Gebäude	101	5	65	CH05
R134a HT Wärmepumpe, Kerns	Gebäude	Warmwasser und Gebäudeheizung	Gebäude	800	20	75	CH06
R134a HT Wärmepumpe, Kerns	Gebäude	Warmwasser und Gebäudeheizung	Gebäude	500	3	70	CH07

Temperaturniveaus der Wärmequellen und -senken



- **Höchste Vorlauftemperaturen knapp über 90 °C:** Käserei, Schlachthof, Getränke
- **Temperaturspreizungen an der Wärmequelle 6 ± 5 K und Wärmesenke 20 ± 14 K**
- Um das Prozesswärmepotenzial der Industrie zu nutzen, ist eine **zunehmende Integration von Hochtemperatur-Wärmepumpen notwendig** (siehe Review-Paper und Buch Arpagaus 2018)

Wärmepumpeneffizienz (COP Heizen) vs. Temperaturhub



(von Wärmequelle Eintritt zu Wärmesenke Austritt)

Energieeinsparungen und Reduzierung der CO₂-Emissionen

Fallbeispiel	Energieeinsparungen	Reduktion der CO ₂ Emissionen
Schlachthaus Zürich	2'560 MWh fossile Brennstoffe	30% (510 t CO ₂ /a) (520 t CO ₂ /a*)
Schokoladenfabrik Maestrani	882 MWh Gas*	179 t CO ₂ /a (2013 bis 2020)
Fernwärme Champagne	3'054 MWh Gas*	620 t CO ₂ /a
Fernwärme Laurana	1'435 MWh fossile	42% (1'746 t CO ₂ /a)
Käserei Gais Appenzell	1'500 MWh Gas	305 t CO ₂ /a*
GVS Landi Getränke	26'000 L Öl/a	40% (69 t CO ₂ /a*)
Nutrex AG Fermentation	bis zu 65'000 L Öl/a	310 t CO ₂ /a (bis zu 172 t CO ₂ /a*)
Härterei Gerster AG Metalle	80% (800 MWh Gas)	160 t CO ₂ /a (162 t CO ₂ /a*)
Kellermann Gemüse	4'729 MWh Gas*	960 t CO ₂ /a
Kambly SA Biscuits	25% (493 MWh Gas*)	90% (100 t CO ₂ /a)
Fernwärme Casino Aarau	40% bis 2035	n.v.
Mifa AG Home Care & Nutrition	20% (4'729 MWh Gas*)	60% (960 t CO ₂ /a)
Bachem AG Biotech	1'478 MWh Gas*	300 t CO ₂ /a
Feldschlösschen Bier	75% (11'160 MWh fossile)	2'265 t CO ₂ /a*
ARA Altenrhein Abwasser	14'778 MWh Gas*	3'000 t CO ₂ /a

■ **Ersatz von Gas- und Ölkesseln durch WP führt zu signifikanten Energieeinsparungen und Reduktion der CO₂-Emissionen**

Fallbeispiele von industriellen Wärmepumpen in der Schweiz

Kältemittel, Kompressoren, WP-Hersteller, Jahr der Installation

Kältemittel	
R134a	12
R717	7
R1234ze	5
R744	3
R245fa	1
R410A	1

Kompressoren	
Kolben	19
Schraube	7
Turbo	2
Scroll	1

Wärmepumpenhersteller			
Carrier		Mayekawa	1
CTA	4	MTA	1
Enex	1	Ochsner	2
ENGIE	4	Scheco	2
Friotherm	2	SCM Frigo	
GEA	2	Sulzer	1
JohnsonControls	4	Thermea	1
Kibernetik	1	Viessmann	1

Jahr der Installation		
1985		1
2007		1
2008		1
2009		1
2010		1
2011		1
2012	3	
2013	3	
2014	4	
2015	1	
2016	3	
2017	4	
2018	3	
2019	1	

- Klassische Anwendung: NH₃ (R717) Kältemaschinen
- (Noch) wenige mit HFO-Kältemittel

Käserei im Gais Appenzell

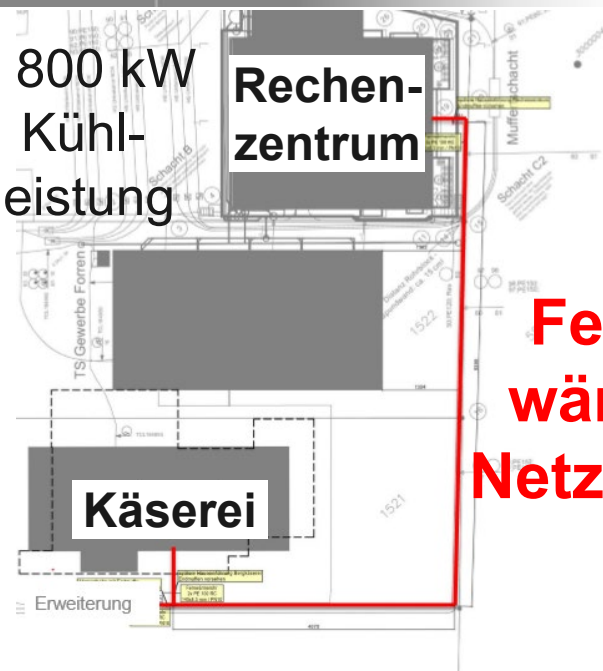


Heat
Pumping
Technologies
MAGAZINE



VOL.37 NO 2/2019

Rechenzentrum ~ 800 kW
Kühl-
leistung



**Fern-
wärme
Netzwerk**

Käserei

- Energiebedarf ~1'800 MWh/Jahr
- ~10 Mio. Liter Milch pro Jahr
- ~300 Tonnen Käse pro Jahr

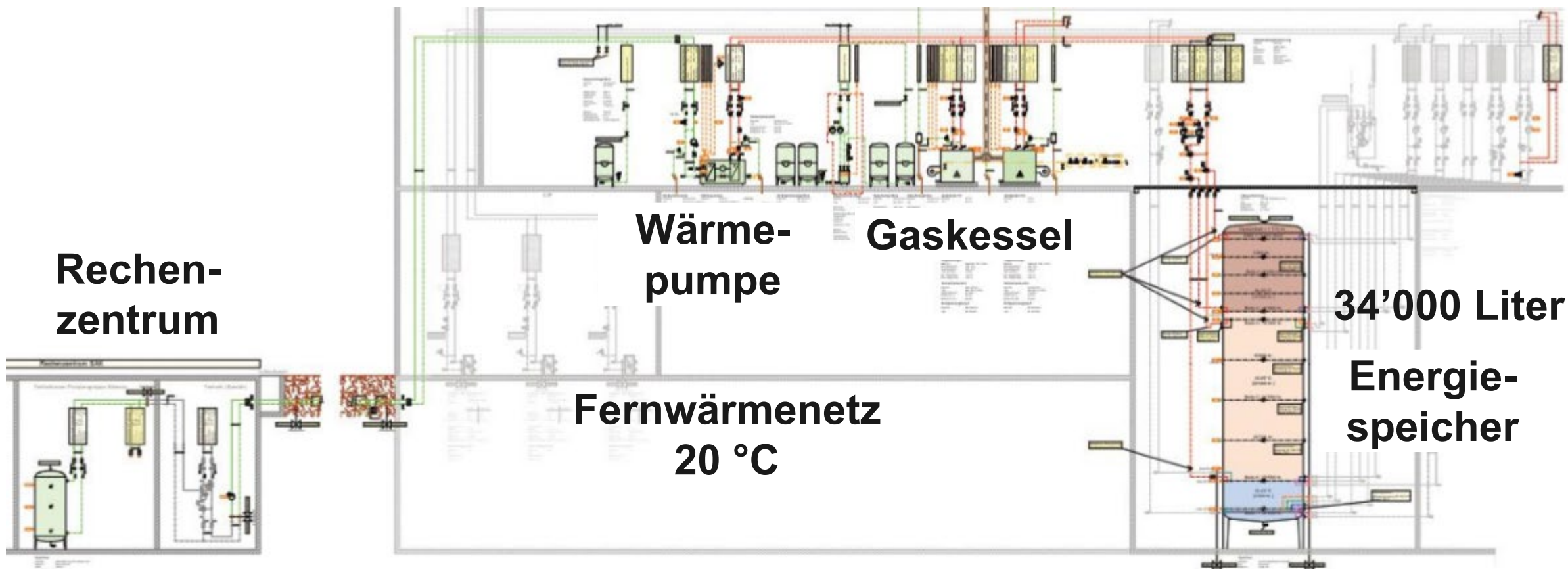
Temperaturniveaus:

- Wärmerückgewinnung (Waschwasser, Lüftung): <42 °C
- Raumheizung/WW (Lagerung): 65°C
- Prozesswärme 1 (Käsewannen, Reinigungswasser): 92 °C
- Prozesswärme 2 (Mehrzweckheizung, Pasteurisierung): 105 °C

Abwärme von Serverräumen
16 bis 20 °C

Fallbeispiele von industriellen Wärmepumpen in der Schweiz

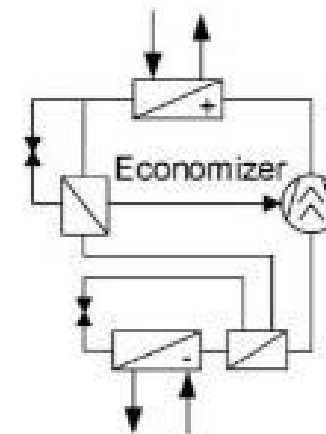
Käserei im Gais Appenzell



Fallbeispiele von industriellen Wärmepumpen in der Schweiz

Käserei im Gais Appenzell

OCHSNER
ENERGIE TECHNIK



Leistungsdaten (W18-14/W82-92)

Teillast (%)	100	75	50
Effektive Teillast (%)	100	81	62
Kondensator Heizleistung (kW)	520	419	321
Kondensator Wasserdurchfluss (m ³ /h)	44.7	36.0	27.6
Temperaturdifferenz Kondensator (K)	10.0	10.0	10.0
Verdampferleistung (kW)	338	264	195
Verdampfer Wasserdurchfluss (m ³ /h)	82.7	82.7	82.7
Temperaturdifferenz Verdampfer (K)	3.5	2.7	2.0
Kompressorleistung (kW)	182	155	126
COP_H (-)	2.85	2.70	2.55

- **IWWHS 570 ER6c2**
- **~520 kW**
- **2-stufiger Schraubenkompressor**
- **Economizer-Zyklus**
 - Kältemittel-Massenstrom ↑
 - Heissgastemperatur ↓
 - Unterkühlung ↑ (COP ↑)
- **R1234ze(E)**
(130 kg, Sicherheitsgruppe: A2L, leicht entflammbar, **besondere Maßnahmen für Brandschutz und Fluchtwege**)
- **2020/21 Erstbetrieb** (Nutzung der Abwärme des Rechenzentrums)

Schokoladenfabrik



Anwendung: Kühlen und Heizen von Schokoladen-Conchiermaschinen

Temperaturbereich: von 5 bis 70 °C

Platz für 8 Wärmepumpen mit je 220 kW

Einsparung fossile Brennstoffe = 2'590 MWh

Einsparung CO₂-Emissionen = 30% (510 t/a)

Technische Daten	Kühlen	Heizen
Kühlleistung	222.6 kW	183.7 kW
Elektrische Leistung	70.4 kW	96.8 kW
Wärmequelle ein/aus	5/11°C	11/17°C
Heizleistung	289.8 kW	276.2 kW
COP (Heizen)	4.12	2.85
Wasser ein/aus	35/45°C	60/70°C
Kältemittel (HFO)	R-1234ze	R-1234ze
Kolbenkompressoren	4	4
Anzahl Kühlkreise	2	2

Fallbeispiele von industriellen Wärmepumpen in der Schweiz

GVS Schaffhausen, Landi – Getränke



Wärmesenke: 80 bis 95 °C

- Prozesswasser zur Desinfektion von Getränkeabfüllanlagen und Weintanks
- Beheizung von Lagerräumen
- Heizung der Produktion

Wärmequelle: 37 °C

- Abwärme der Kälteerzeugung (Kühlung der Lagerräume)



Typ Wärmepumpe: ISWHS 60 ER3

Heizleistung:	63 kW
Kühlleistung:	48 kW
Kompressor:	Schraube
Kältemittel:	ÖKO 1 (R245fa)
COP-Heizung:	4,2
EER Kühlung:	3,2
Jahr der Installation:	2017

Fallbeispiele von industriellen Wärmepumpen in der Schweiz

Schlachthaus Zurich – Fleischproduktion



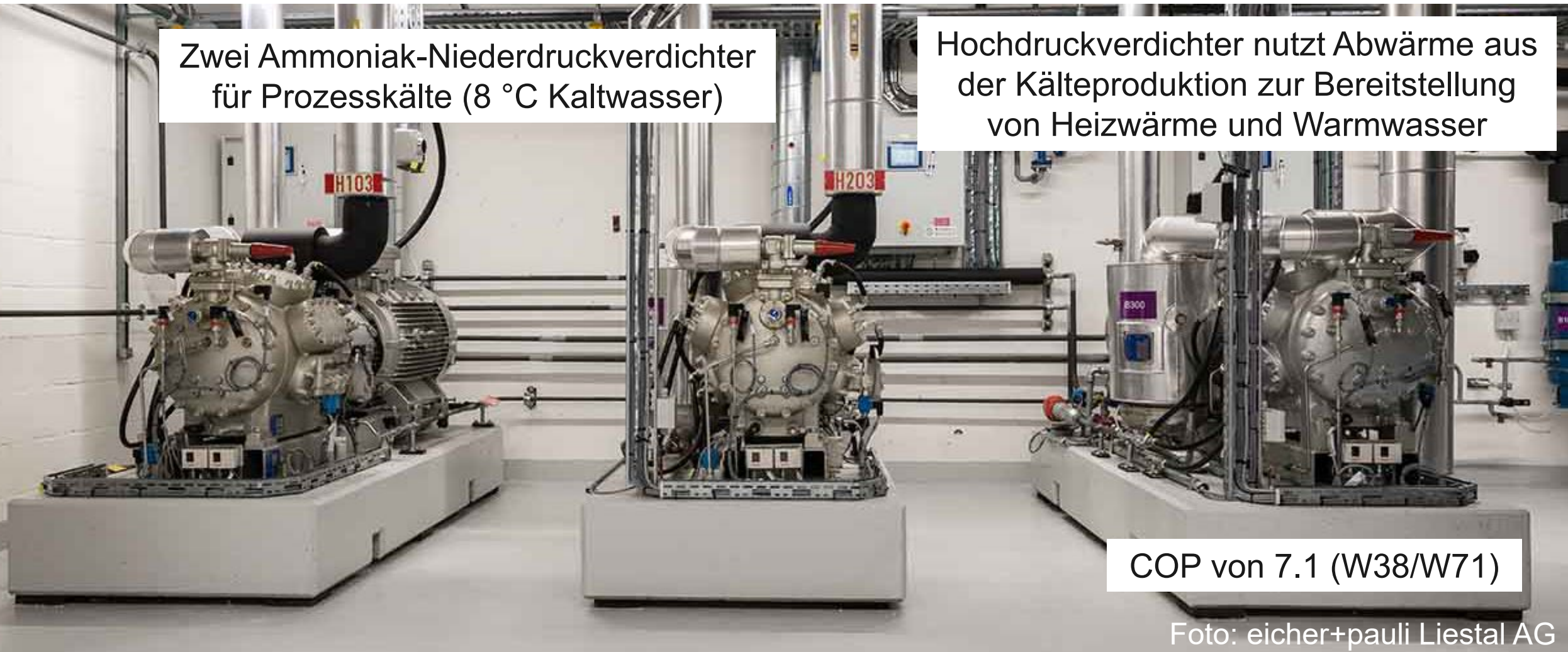
Anwendung	Warmwasser für Reinigungsprozesse bis 90°C und Raumheizung
Ort	Zürich (mitten in der Stadt, historisches Gebäude)
Jahr der Inbetriebnahme	2011
WP Hersteller	Thermea, Deutschland
Auftragnehmer	ewz Energiedienstleistungen
Berater	Stadt Zürich
Kältemittel	CO ₂ (R744)
Kompressor	Schraube
Heiz-/Kühlleistung (kW)	800/564
Wärmequelle	Abwärme aus Kälteprozessen (geschlossener Wasserkreislauf mit Speicher) und Abwärme aus der Drucklufterzeugung
Wärmequelle (°C) ein/aus	20/14
Wärmesenke (°C) ein/aus	Wasser, 30/90
Effizienz (COP)	3.4
Einsparung CO ₂ Emissionen	30% (510 t/Jahr), Einsparung von 2'590 MWh fossilen Brennstoffen

Fallbeispiele von industriellen Wärmepumpen in der Schweiz

Biotechnologie-Unternehmen Bachem AG (Bubendorf, BL)

Zwei Ammoniak-Niederdruckverdichter
für Prozesskälte (8 °C Kaltwasser)

Hochdruckverdichter nutzt Abwärme aus
der Kälteproduktion zur Bereitstellung
von Heizwärme und Warmwasser



COP von 7.1 (W38/W71)

Foto: eicher+pauli Liestal AG

Anwendung:

- **Kühlung:** Essiggärungsprozess über 10 Tage bei 30°C
- **Heizen:** Essigpasteurisierung >70°C, um ein nicht verderbliches Lebensmittel zu erhalten
- Kühlleistung: 136 kW
- Heizleistung: 194 kW
- COP: 3,4
- Einsparung fossile Brennstoffe: bis zu 65'000 L/a
- Einsparung CO₂-Emissionen: ~310 t/a

Quelle: EHPA (2017)
Large scale heat pumps in Europe

Technical details of the application

Heating capacity: 194 kW

COP: 3,4

Refrigerant: R134a

Heating source: Water

Supplied temperature: > 70°C

By **VIESSMANN**
climate of innovation

Potenzielle Anwendungen

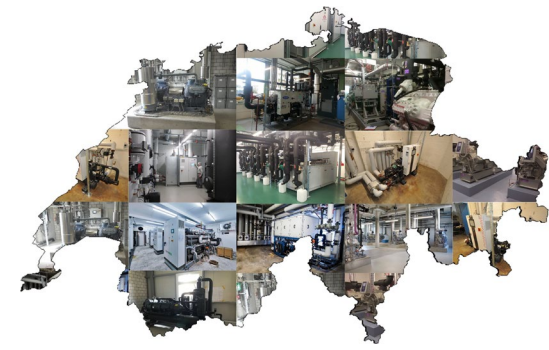
HEISSWASSER

- Warmwassererzeugung für Wasch- und Reinigungsprozesse (Lebensmittel, Fleisch, Produktwäsche) in Kombination mit der Kälteerzeugung
- Heißlufterzeugung und Luftvorwärmung für Trocknungsprozesse (Holz, Papier, Klärschlamm, Stärke, Ziegel, Tiernahrung) durch Abwärmenutzung
- Prozessdampferzeugung (Niederdruckdampf) für die Sterilisation und Pasteurisation von Lebensmitteln (z.B. Milch) mit Kühlwasser oder feuchter Abluft
- Wärmerückgewinnung durch Rauchgaskondensation in Biomasseverbrennungsanlagen
- Nah- und Fernwärmenetze (z.B. von Stadtwerken und Gemeinden)

HEISSLUFT

DAMPF

Zusammenfassung



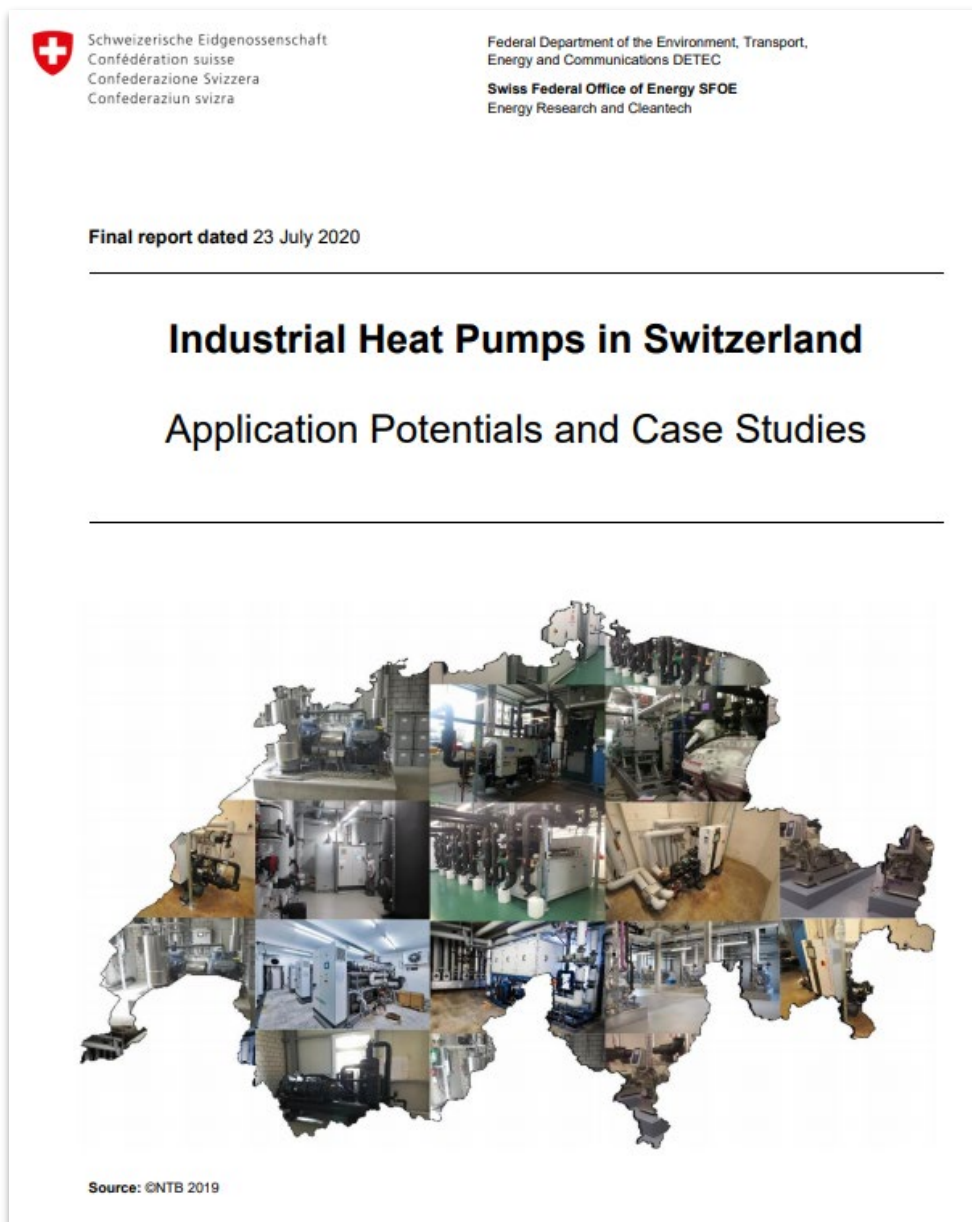
- 25 Fallbeispiele überwiegend aus der Lebensmittelindustrie (Heißwasser, Luft, Prozesswärme, Kühlung)
- Durchschnittlicher COP etwa 4,0 bei 50 K Temperaturhub
- Höchste Vorlauftemperatur etwas über 90 °C
- Signifikante Energieeinsparungen (20 % bis 80 %) und CO₂-Reduktionseffekte (30 % bis 90 %) durch den Ersatz von Gas- und Ölkesseln durch elektrisch betriebene Wärmepumpen
- Mögliche Multiplikationseffekte von ähnlichen Wärmepumpenanlagen
- Rahmen von Bewertungskriterien für die Datenerhebung: maximale Vorlauftemperatur, Heizleistung, Kältemitteltyp, Energieeinsparung, Reduzierung CO₂-Emissionen, erfolgreiche Integration, etc.

Fallbeispiele von industriellen Wärmepumpen in der Schweiz

Link und Dank

Schlussbericht

<https://www.aramis.admin.ch/Dokument.aspx?DocumentID=66033>



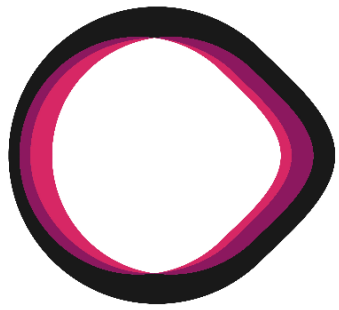
 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Innosuisse – Swiss Innovation Agency


SCCER
EFFICIENCY OF
INDUSTRIAL PROCESSES

www.sccer-eip.ch



OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



Dr. Cordin Arpagaus

Ostschweizer Fachhochschule
Departement Technik
Institut für Energiesysteme IES

cordin.arpagaus@ost.ch

Tel. +41 58 257 34 94

www.ost.ch/ies