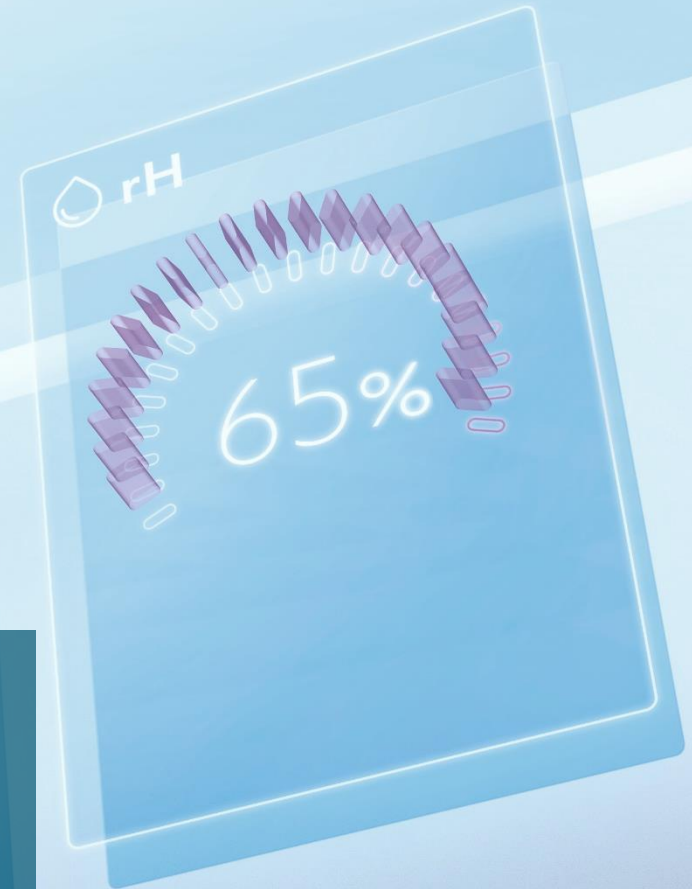
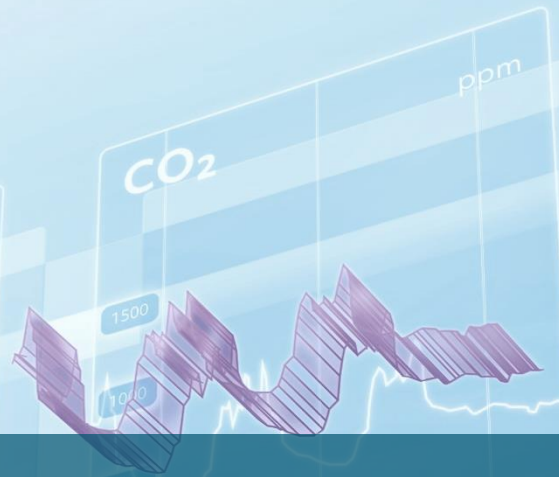




# Herausforderungen bei Wärmepumpen mit grösserer Leistung

Energieapéro beider Basel

Robert Uetz c/o Amstein+Walthert AG ZH



# Inhaltsübersicht

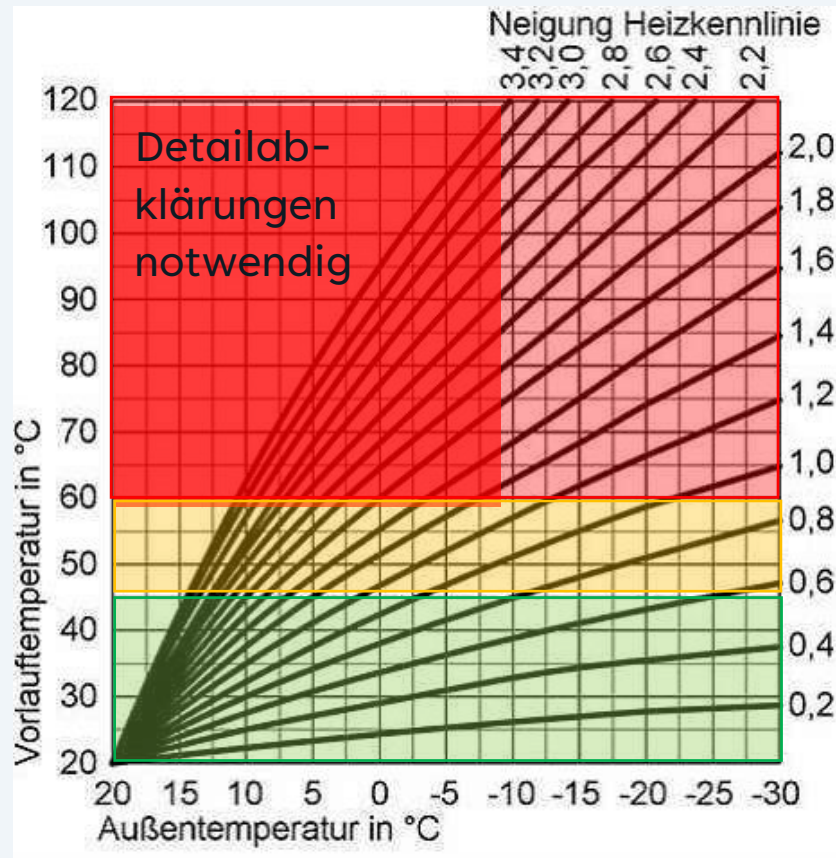
- Stolpersteine in der Konzeption, Planung, Realisierung und im Betrieb
- Inbetriebnahme, Betriebsoptimierung und Monitoring

# 1. Stolperstein: Einsatzgrenze Wärmepumpe/Vor-/Rücklauftemp.

- Einsatzgrenze der Wärmepumpe wärmeabgabeseitig (Kondensator):
  - => Wahl Kältemittel => max. mögliche Vorlauftemp. bei gegebener Quellentemperatur
  - => muss mit Wärmepumpenlieferant schriftlich für max./min. Betriebspunkt (Verdampfer und Kondensator) geklärt werden
- Gibt Wärmeabgabesystem genügend Wärmeleistung bei max. Vorlauftemperatur WP ab?
  - => Im Bestand: Messung schafft Planungssicherheit

# Max. notwendige Vorlauftemperatur der Raumheizung

## Bei Sanierungen:



- ☞ A) Max. effektiv erforderliche Vorlauftemp. im realen Betrieb messen ( $t_i/t_a/t_{vl}$  bei  $t_a < 0^\circ \dots -8^\circ\text{C}$ )  
 => Messen schafft Planungssicherheit und verbessert E-Effizienz

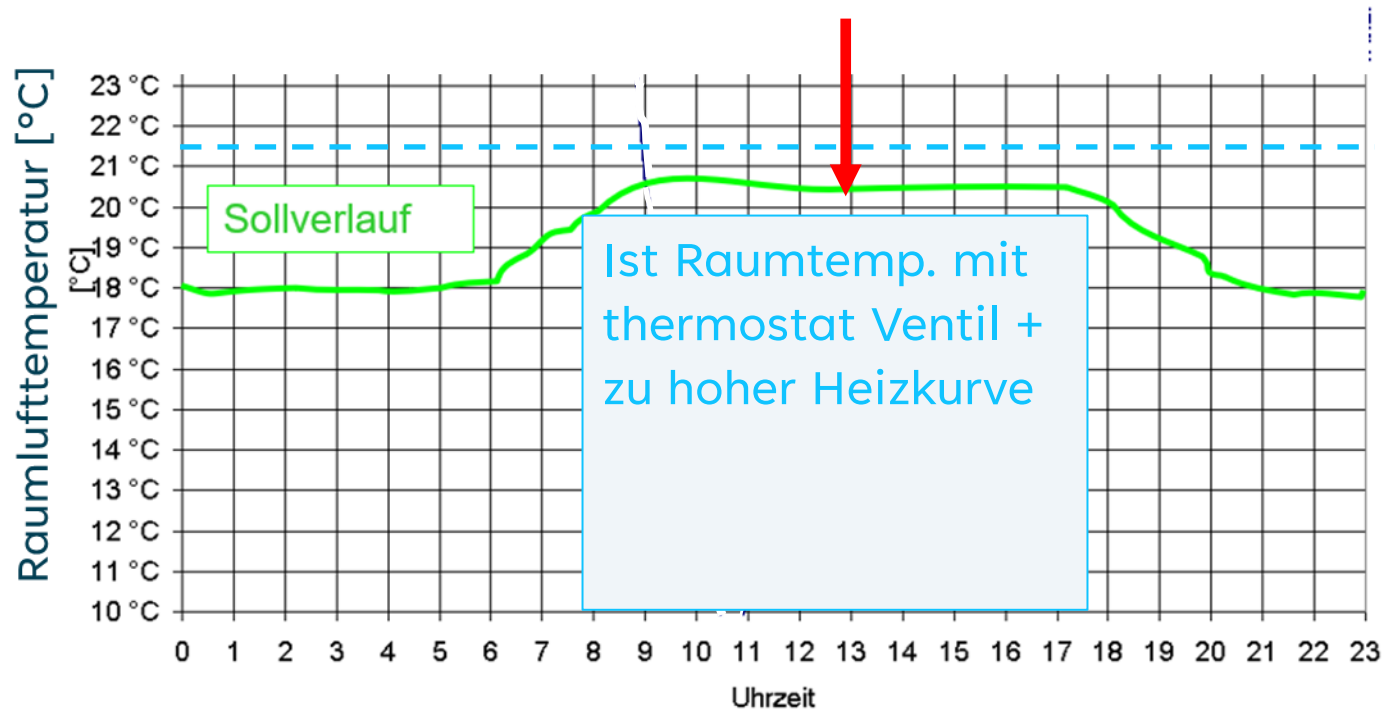
Altbauten unsaniert  $>60^\circ\text{C}$

Sanierte Bauten  $45^\circ \dots 60^\circ\text{C}$

Neubau:  $35^\circ/25^\circ\text{C}$

# Max. notwendige Vorlauftemperatur Raumheizung messtechnisch ermitteln

Raumlufttemp. bei tiefen Aussentemp. ohne thermostatische Köpfe messen/loggern



## Bei Sanierungen:

- 1.) Kälteste Räume (Eckräume EG/DG)
- 2.) Raumtemperaturen loggern bei sehr tiefen Aussentemp. (0°... -8°C) ohne Sonnenschein (Regen/Bewölkung)
- 3.) Thermostatköpfe demontieren



- 4.) Vorlauftemperatur (Heizkurve) in kleinen Schritten senken bis Raumsollwert erreicht

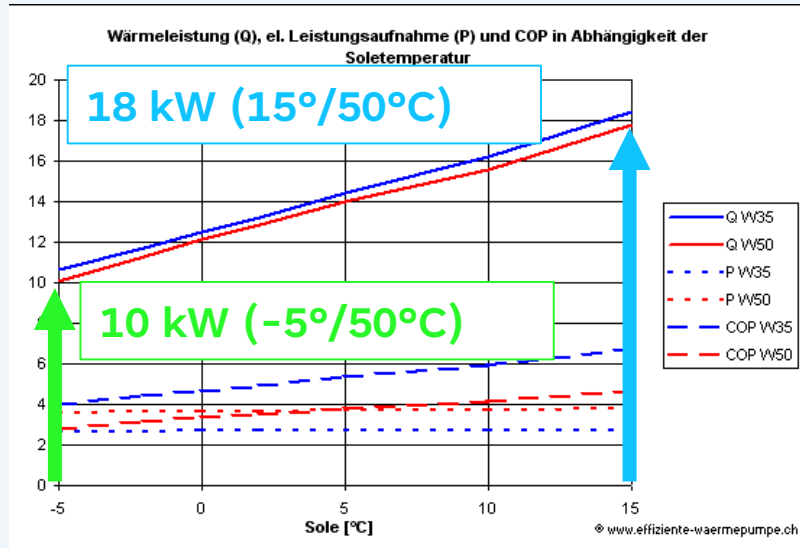
## 2.Stolperstein: Wärmequellen (Temp., Mächtigkeit, Vorschriften, Verschmutzung, max/min)

- Einsatzgrenze der Wärmepumpe (Wärmequelle Verdampfer):  
=> Welche max. und minimale Eintrittstemperatur in Verdampfer erlaubt die Wärmepumpe?
- Welche Temperaturen hat die Wärmequelle bei tiefster und max. Aussenlufttemperatur?
  - Saisonale Schwankungen (Anergienetz, Seewasser, Grundwasser, Aussenluft, Erdsonden)
  - Frostschutz/Vorschriften (Zwischenkreis mit Frostschutz, Spezialkonstruktion Wärmepumpe)
  - Verschmutzung bei See-/Fluss-/Grundwasser (Muscheln, Algen, Sand)
  - Wasserqualität bei Hochwasser oder Trockenheit
  - Mächtigkeit (Grund-/Seewasser) Schwankung Sommer/Winter, grosse Trockenheit

<https://www.aue.bs.ch/wasser/grundwasser/grundwassernutzung.html>

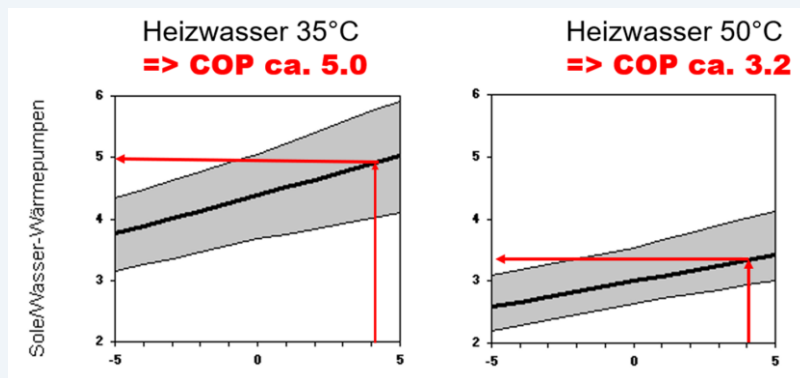
# 3. Stolperstein: Leistungs-Dimensionierung Wärmepumpe:

Spezielle Eigenschaften von Wärmepumpen:



Wärmeleistung und Energieeffizienz (JAZ) ist sehr stark variabel in Abhängigkeit von:

- Quellen-/Verdampfungstemperatur
- Wärmeabgabe- (Kondensations-) Temperatur



**Bsp. : 60 % mehr Elektroenergieverbrauch bei 50°C anstelle 35°C**

=> Lebenszyklusbetrachtung:

=> 20'000 m<sup>2</sup> EBF,

=> 35 kWh/m<sup>2</sup>a

=> Mehrelektro (JAZ= 3.2 statt 5.0) = 79'000 kWh<sub>el.</sub>/a x 40a x 0.25 CHF/kWh

**= 790'000 CHF/40a**

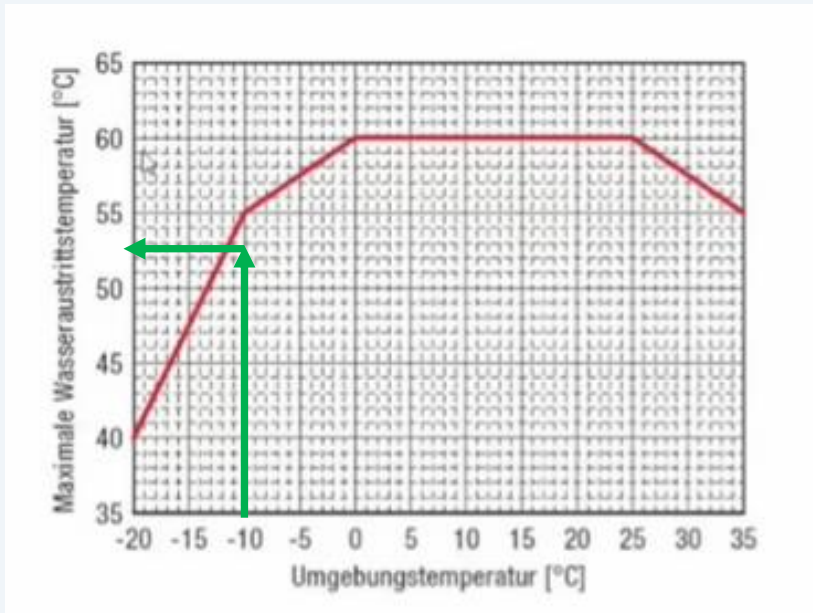


# Dimensionierung Luftwärmepumpen:

## 👉 Fallbeispiel aus Schadensfall/Expertise

=> WP musste durch Modell mit 30% mehr Leistung ersetzt, und Speichervolumen verdoppelt werden!

=> Bei Dimensionierung Luft-/Wasser WP wurde Abtauungsenergie+Stillstand (EW Sperre) nicht berücksichtigt



👉 Max. mögliche Vorlauftemperatur von WP sinkt bei tiefen Aussenlufttemperaturen

=> max. Vorlauf höher als 53°C eher schwierig

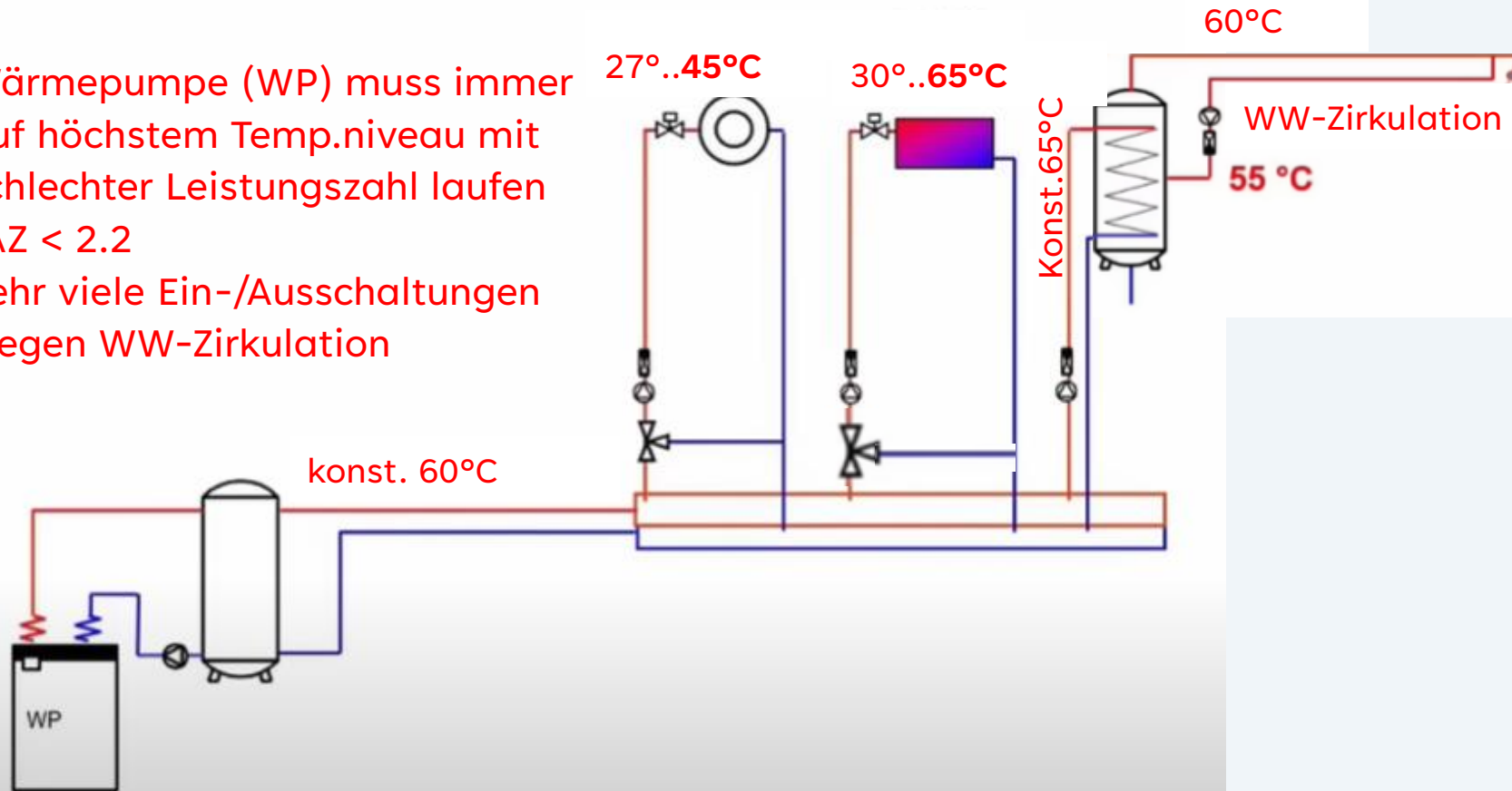
👉 Dimensionierung Luftwärmepumpe deutlich grösser als Wärmeleistungsbedarf erforderlich:

- Dimensionierung Luft WP wegen Abtauung und EW Sperrzeiten erhöhen
- Luft WP erbringt massiv tiefere Heizleistung bei tiefen Aussentemperaturen, und massiv höhere Leistung bei hohen Aussentemp. => variable Leistungsregulierung ein Muss
- Pufferspeicher muss genügend Energie puffern um abzutauen und Sperrzeiten zu überbrücken

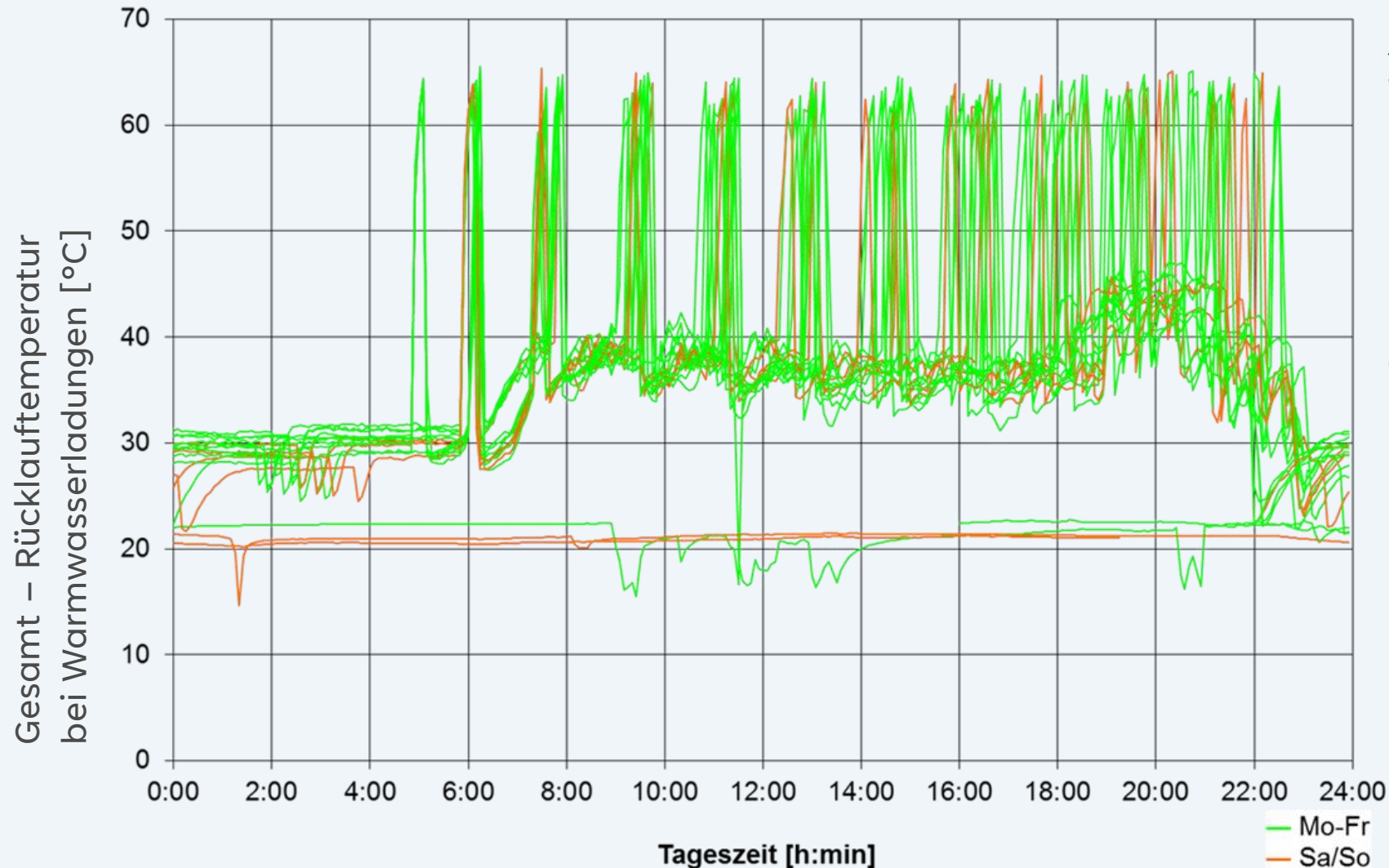


## 4. Stolperstein: Hydraulik: WP wird ohne hydr. Anpassung gebaut

- Wärmepumpe (WP) muss immer auf höchstem Temp.niveau mit schlechter Leistungszahl laufen  $JAZ < 2.2$
- Sehr viele Ein-/Ausschaltungen wegen WW-Zirkulation



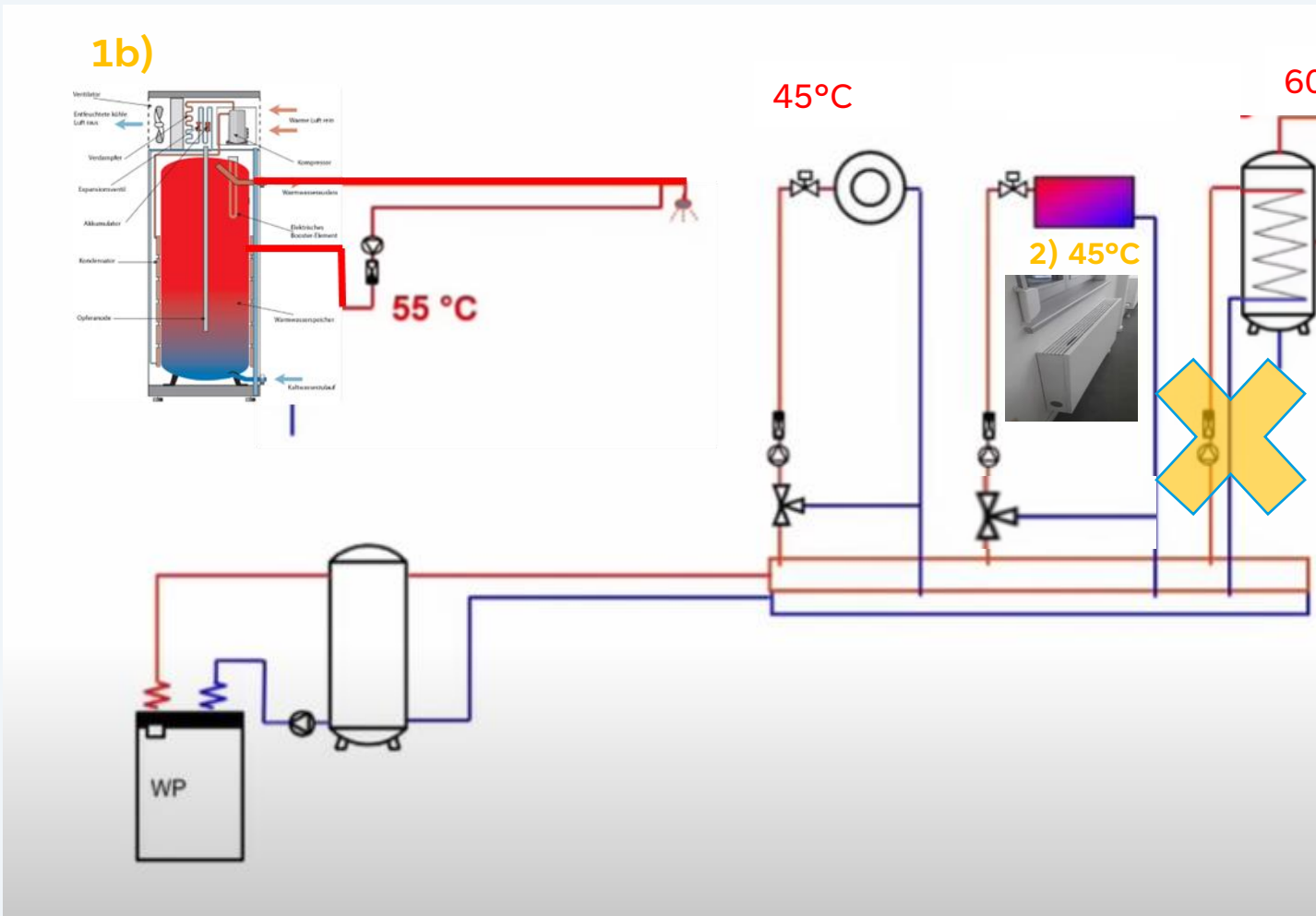
# Warmwasser (mit WW-Zirkulation) löst pro Tag 8-12 Ladungen /Tag aus



**Jahresarbeitszahl von Wärmepumpe wird wegen häufigen Warmwasserladungen (Zirkulationsverluste) massiv verschlechtert:**

**=> 8-12 WW Ladungen pro Tag wegen Zirkulationsverlusten!!**

# Hydraulik: Warmwasser nicht mit WP Heizung kombinieren

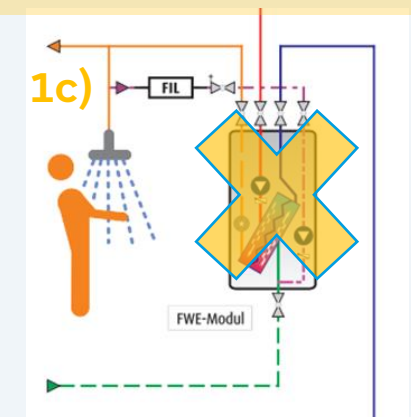
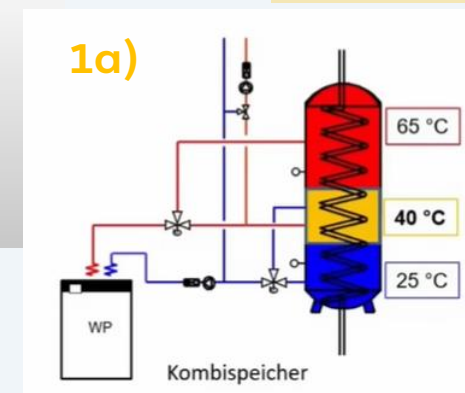


## Anpassung Hydraulik:

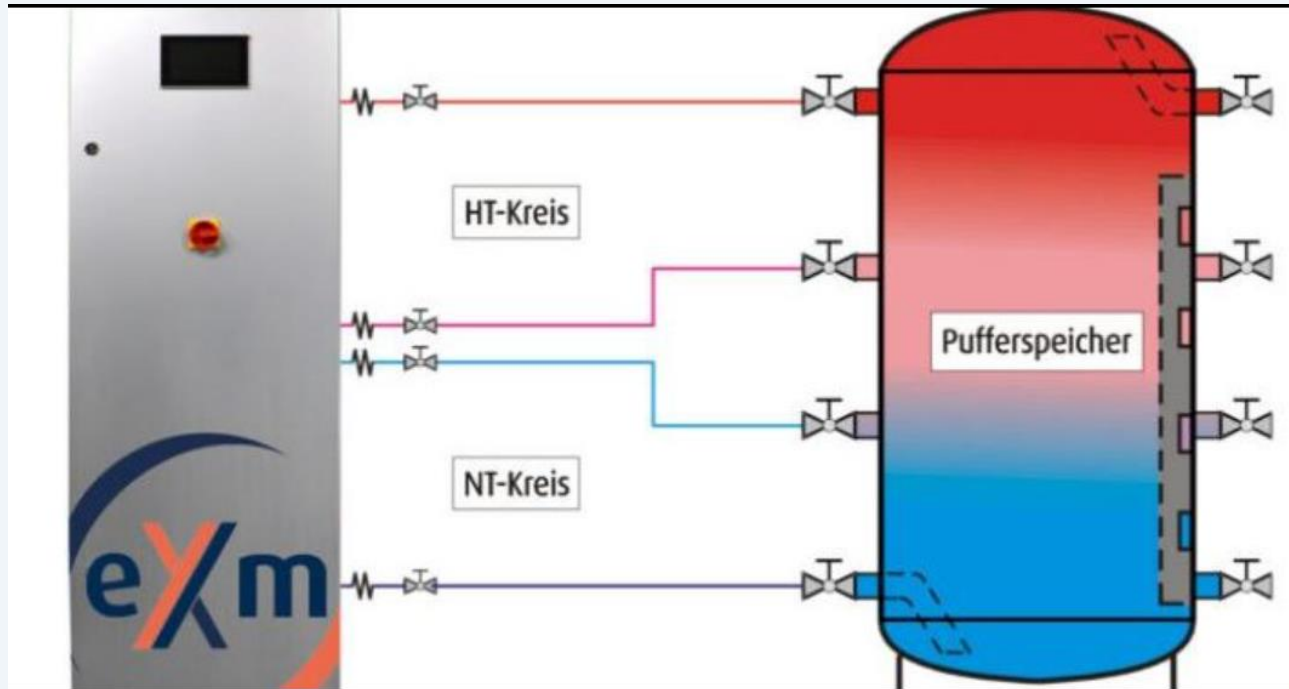
- 1) WW entkoppeln von Heizung
- 1a) Kombispeicher
- 1b) sep. Wärmepumpenboiler
- 1c) **WW-Ladestation löst** Problem von hohen Rücklauftemp. und häufigen Ein/Aus Schaltungen WP **nicht**
- 2) Heizflächen vergrössern (zB. Gebläsekonvektoren nachrüsten)

**Bei grossen (dezentralen) WW-Speichern «Exergie – WP» prüfen  
=> Vorwärmung und Wärmequelle ab Heizung var., Hub auf 63°C  
mit Exergie WP**

Energieapéro 2024, R.Uetz c/o Amstein+Walthert AG, Herausforderungen bei Wärmepumpen mit grösserer Leistung, 18.3.2024



# Hydraulik: Bei grösserem Warmwasserbedarf Exergiemaschine einsetzen



Bei grossen (dezentralen)  
WW-Speichern «Exergie –WP» prüfen  
=> Vorwärmung und Wärmequelle ab  
Heizungs- WP variabel,

=> Hub auf 63°C für Warmwasser  
mit Exergie WP

## 5. Stolperstein: Ungenügende Vorabklärungen führt zu Mehrkosten!!

- Bei Erdsonden: Energiebedarf realistisch (Standard Gebäude/Nutzer) berechnen 20°C für  $t_i$  unrealistisch!  
=>Regeneration/Simulation/SIA 384/6 Erdwärmesonden beachten
- Bei Luft – Wärmepumpen: Schallschutz, Platz für Speicher (Enteisung), Sorgfältige Leistungs - Dimensionierung
- Generell: Vorschriften: Brandschutz/Störfallverordnung/Sturmlüftung je nach Kältemittel/Grundwasser/Seewasser
- Elektro Zuleitung Kapazität Hauszuleitung/HV prüfen
- Einbringung und Platz Speicher/WP etc.
- Verschmutzung Wasserfassungen (Muscheln), Grundwasser Wasserqualität
- Hydraulik sehr genau überprüfen hinsichtlich: Hohen Rücklauftemperaturen => bivalente Anlagen sehr sensitiv auf hohe Rücklauftemperaturen
- Warmwassererzeugung wenn immer möglich komplett trennen von Heizungs – WP oder Exergie WP einsetzen

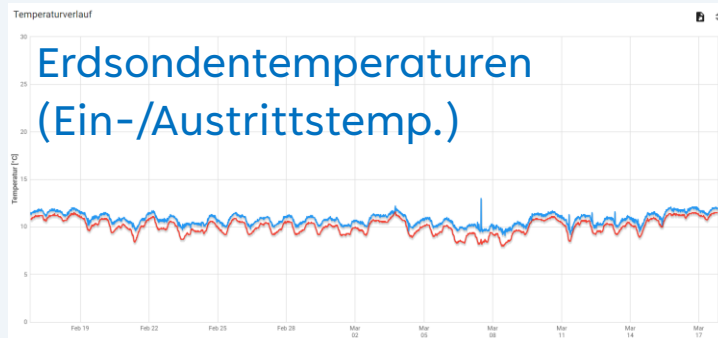
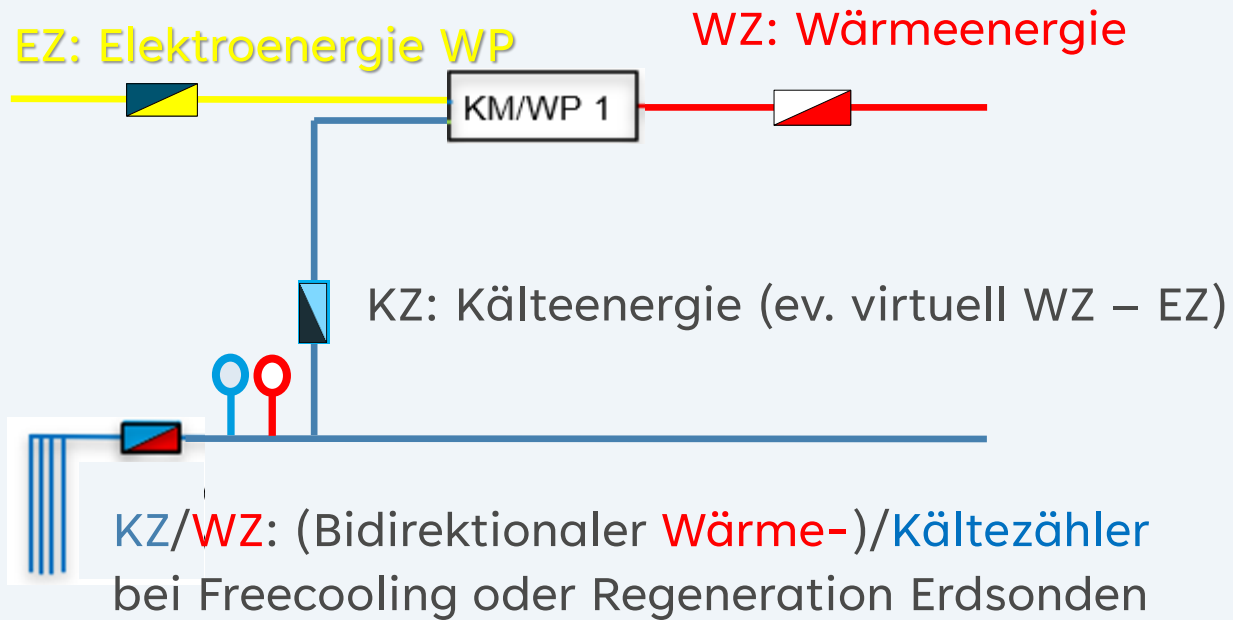
## Inbetriebnahme, Betriebsoptimierung

- **Sollwerte schriftlich definieren und den Inbetriebsetzungs - Fachleuten bekanntgeben und überprüfen:**
- Temperatur Sollwerte ein/aus WP => Leistungsregulierung
- Einsatzgrenzen WP Ein-/Austritt Wärmequelle und Wärmeabgabe
- Sperrzeiten/Abtauung
- Frostschutz Anteil z.B. in Erdsonden oder Luft - WP Verdampferkreis  
=> nachmessen/dokumentieren
- Heizkurven, Heizzeiten
- Wassermengen (z. B Grundwasser, Verdampfer/Kondensator, WW-Ladekreise)

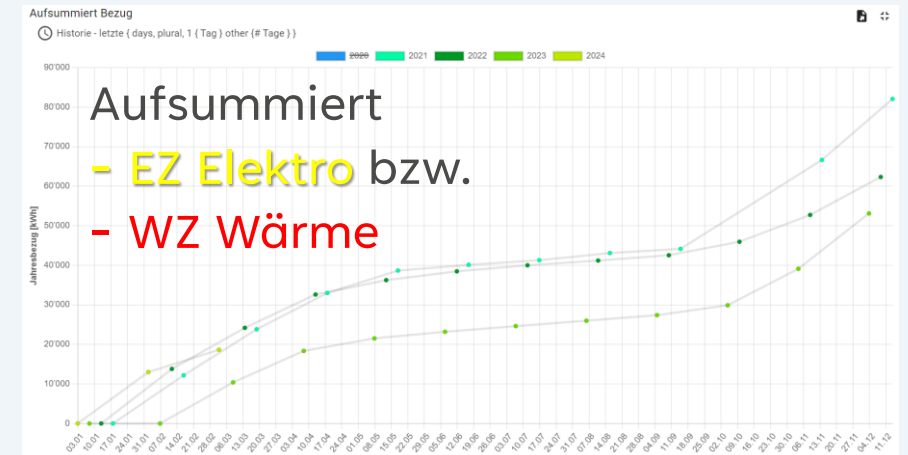
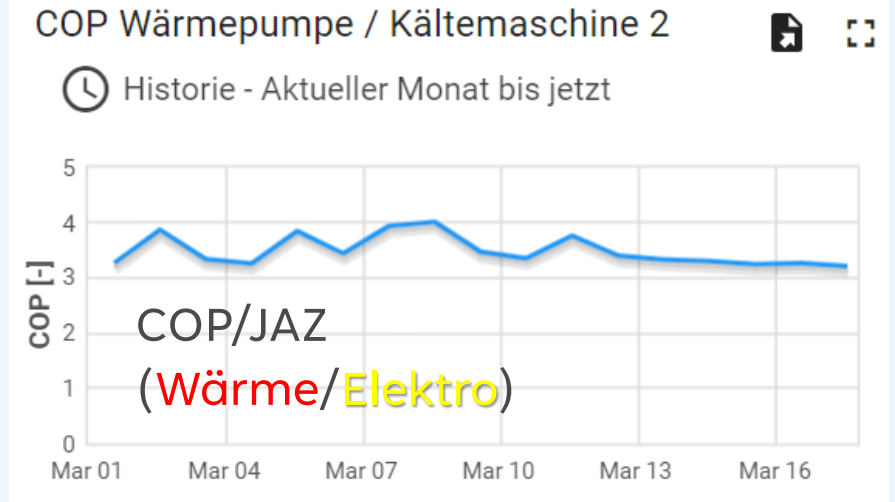
### Betriebsoptimierungs - Ing:

- Trenddaten auf –Leitsystem benutzerfreundlich eingerichtet und geprüft
- Relevante Sollwert Parameter herausgeführt für BO Ing. und verstellbar
- Energiezähler ordentlich in Betrieb genommen und plausibilisiert  
(Frostschutz, Fühler am richtigen Ort/Tauchhülstentiefe,  
Stromzähler korrekter Ablesefaktor (Wandlerfaktor, Einheit))

# Monitoring



- Entzogene Energie aus Erdsonden [kWh/m a]
- Aufsummiert [kWh/a]





# Vielen Dank

 Robert Uetz

 +41 78 833 93 65

 [robert.uetz@amstein-walthert.ch](mailto:robert.uetz@amstein-walthert.ch)

 [amstein-walthert.ch](https://amstein-walthert.ch)



# Impressum

■ Auftraggeber	Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft Amt für Umweltschutz und Energie Ressort Energie	
	Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt Amt für Umwelt und Energie Abteilung Energie	
■ Auftragnehmer	Amstein + Walthert, Zürich  Tel. +41 44 305 93 65	
Verfasser*in	Robert Uetz	
Versionen	4	18.03.24
Freigegeben	18.03.24	UZ
Projektnummer	Energieapéro 2024	