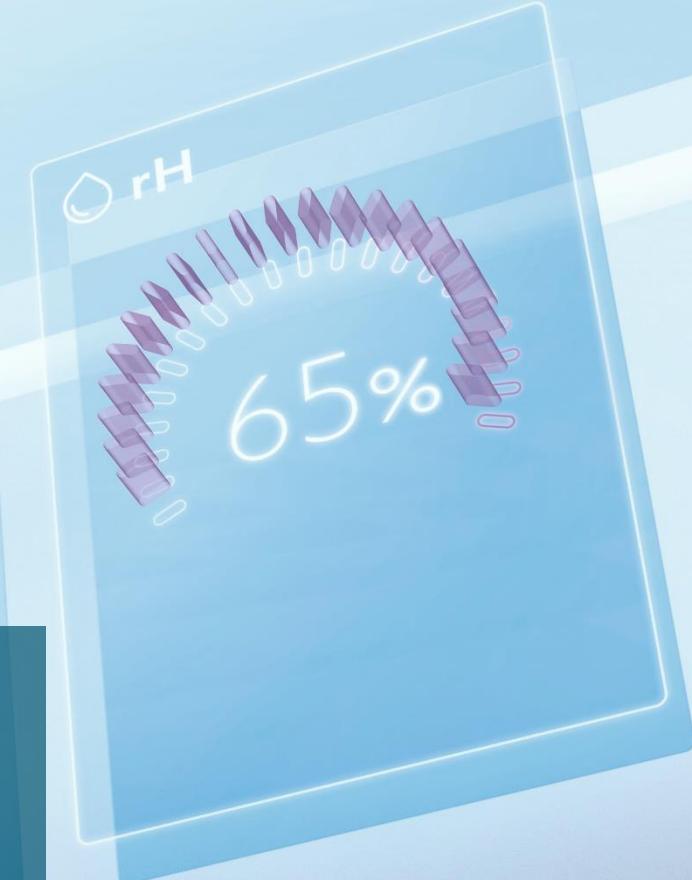


Herausforderungen bei Wärmepumpen mit grösserer Leistung

Energieapéro beider Basel

Robert Uetz c/o Amstein+Walthert AG ZH



Inhaltsübersicht

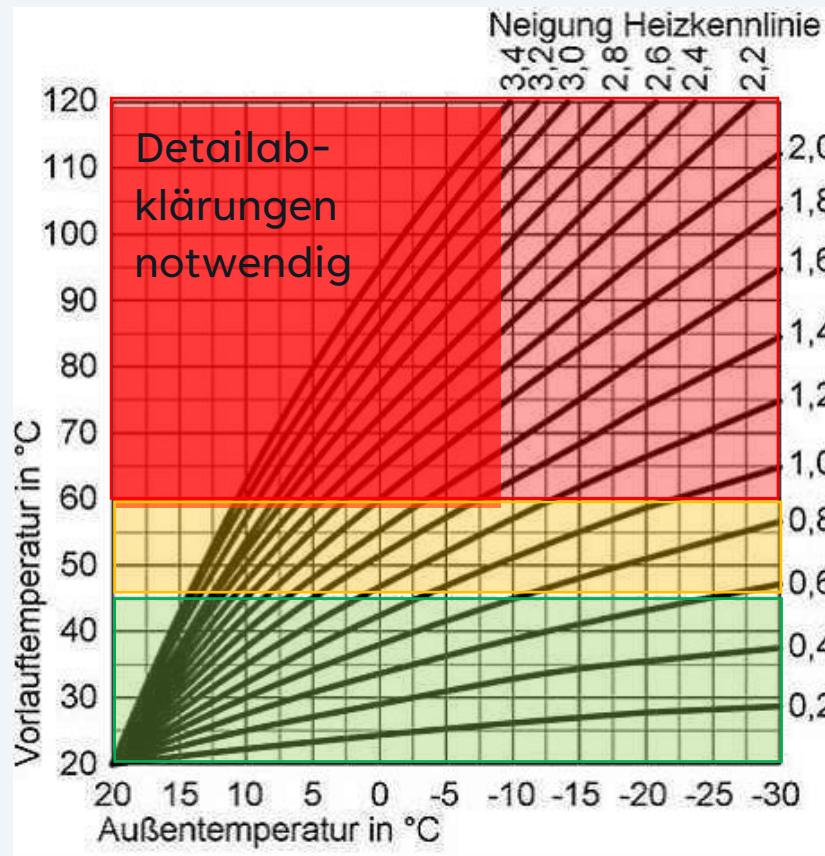
- Stolpersteine in der Konzeption, Planung, Realisierung und im Betrieb
- Inbetriebnahme, Betriebsoptimierung und Monitoring

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

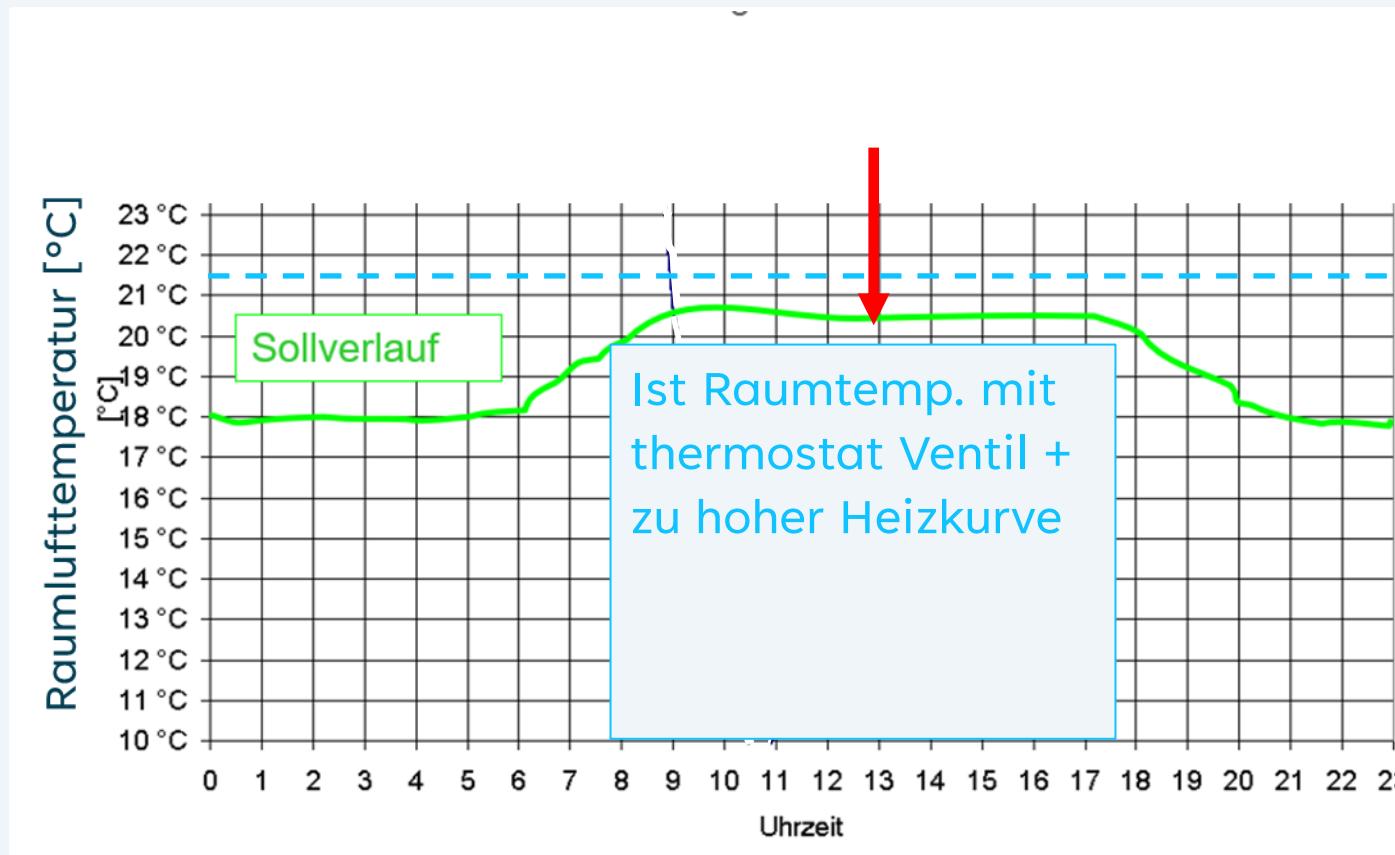
Altbauten unsaniert >60°C

Sanierte Bauten 45°...60°C

Neubau: 35°/25°C

Max. notwendige Vorlauftemperatur Raumheizung messtechnisch ermitteln

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



Bei Sanierungen:

- 1.) Kälteste Räume (Eckräume EG/DG)
- 2.) Raumtemperaturen loggen bei sehr tiefen Aussenlufttemp. (0°... -8°C) ohne Sonnenschein (Regen/Bewölkung)
- 3.) Thermostatköpfe demontieren
- 4.) Vorlauftemperatur (Heizkurve) in kleinen Schritten senken bis Raumsollwert erreicht



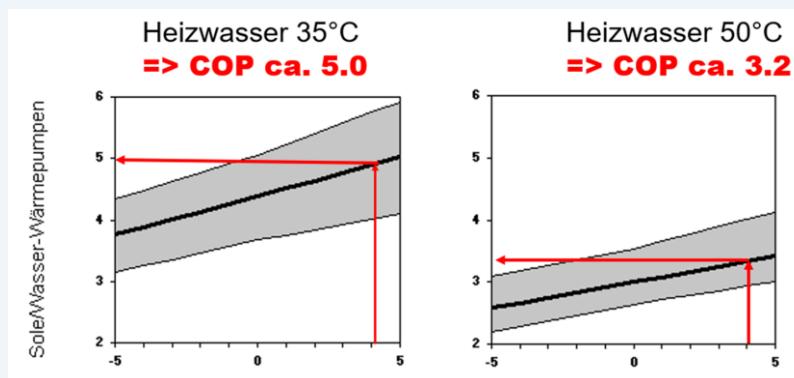
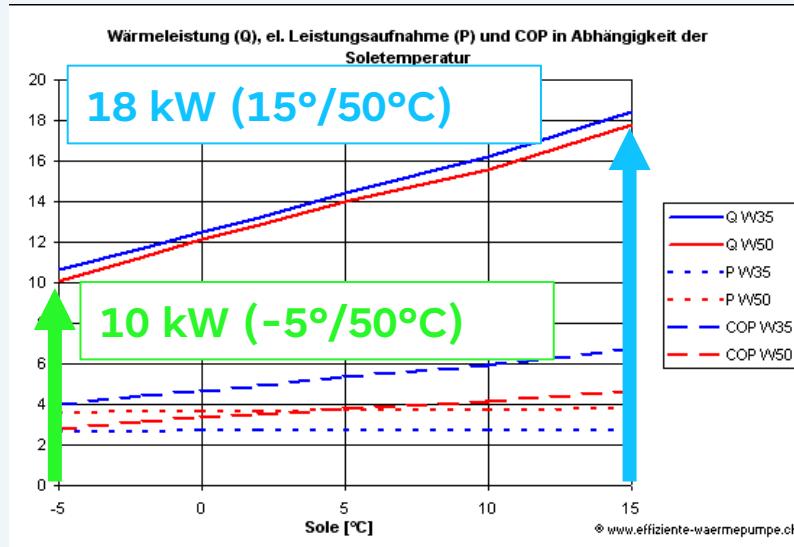
2. Stolperstein: Wärmequellen (Temp., Mächtigkeit, Vorschriften, Verschmutzung, max/min)

- 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 m² EBF,

⇒ 35 kWh/m²a

=> Mehrelektro (JAZ= 3.2 statt 5.0) = 79'000 kWh_{el}/a x 40a x 0.25 CHF/kWh

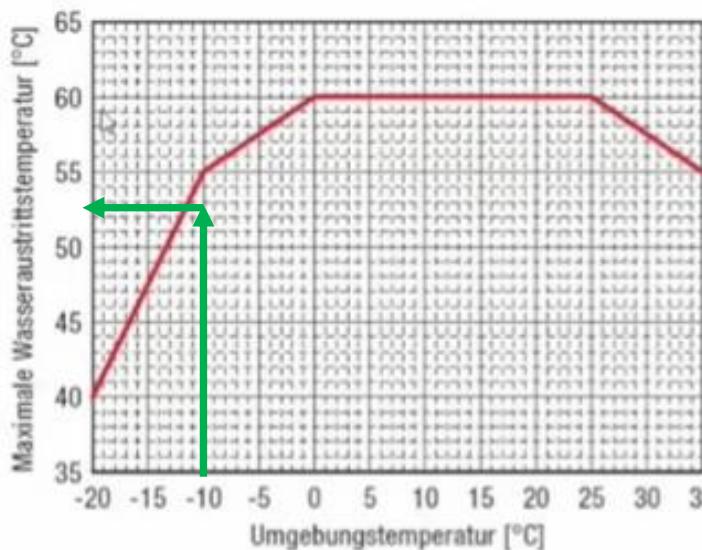
= 790'000 CHF/40a

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



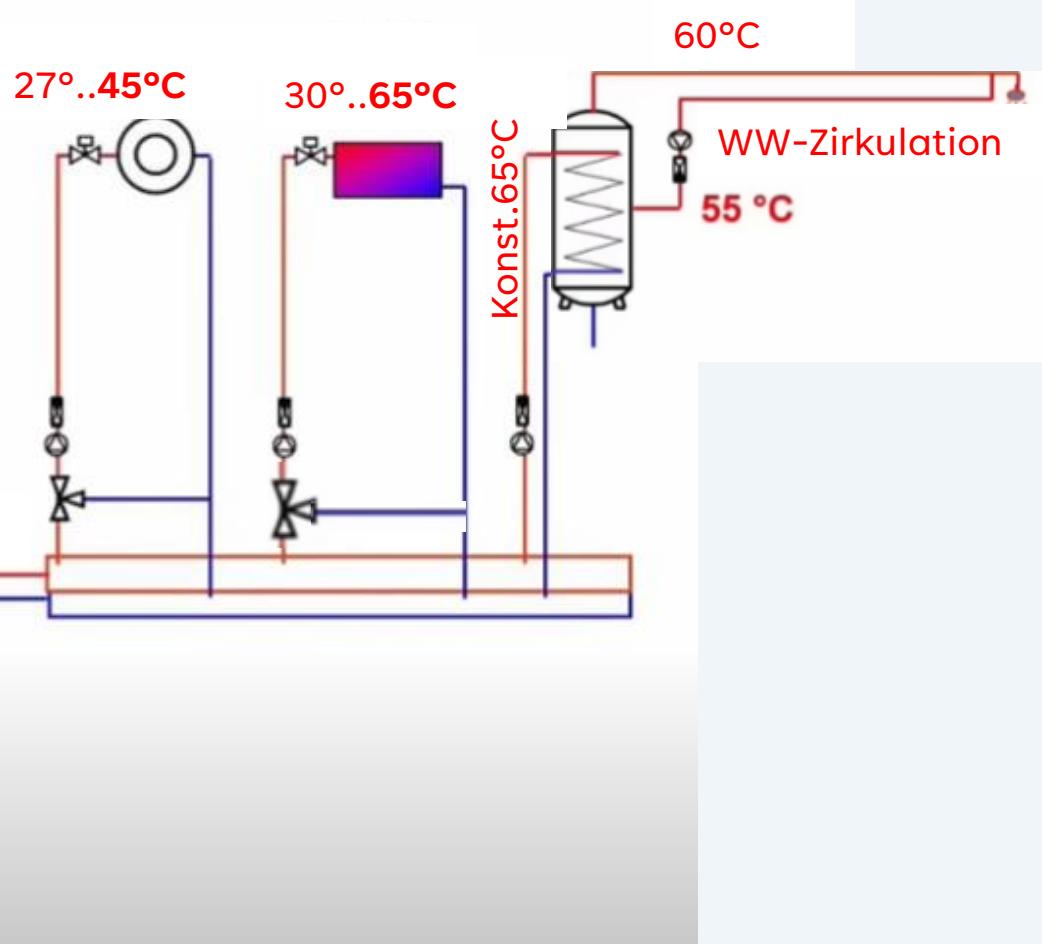
☞ Max. mögliche Vorlauftemperatur von WP sinkt bei tiefen Aussenlufttemperaturen
=> max. Volruaf höher als 53°C eher schwierig

☞ Dimensionierung Luftwärmepumpe deutlich grösser als Wärmeleistungsbedarf erforderlich:

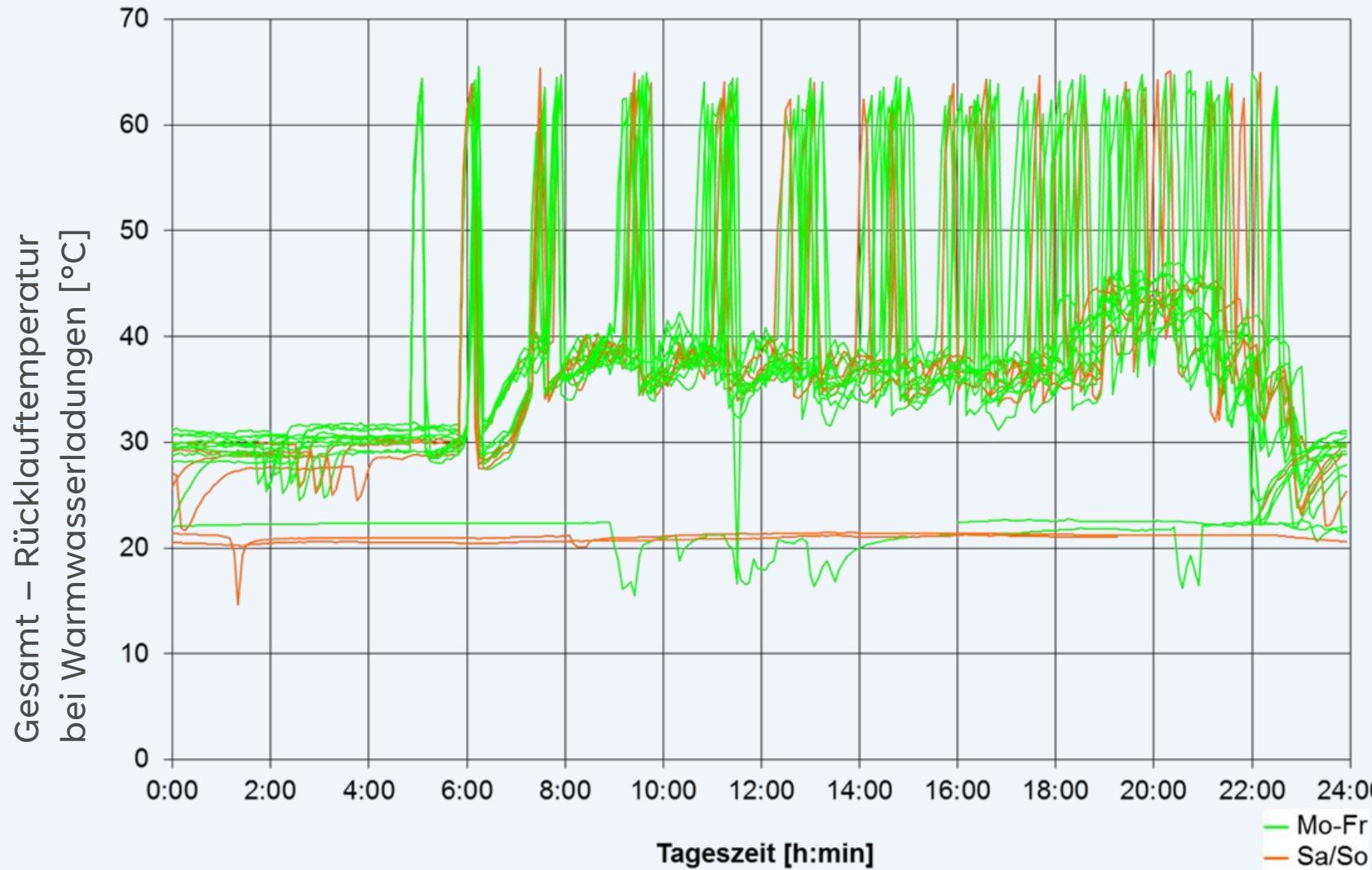
- Dimensionierung Luft WP wegen Abtauung und EW Sperrzeiten erhöhen
- Luft WP erbringt massiv tiefere Heizleistung bei tiefen Aussenperaturen, und massiv höhere Leistung bei hohen Aussentemp. => variable Leistungsregulierung ein Muss
- Pufferspeicher muss genügend Energie puffern um abzutauen und Sperrzeiten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

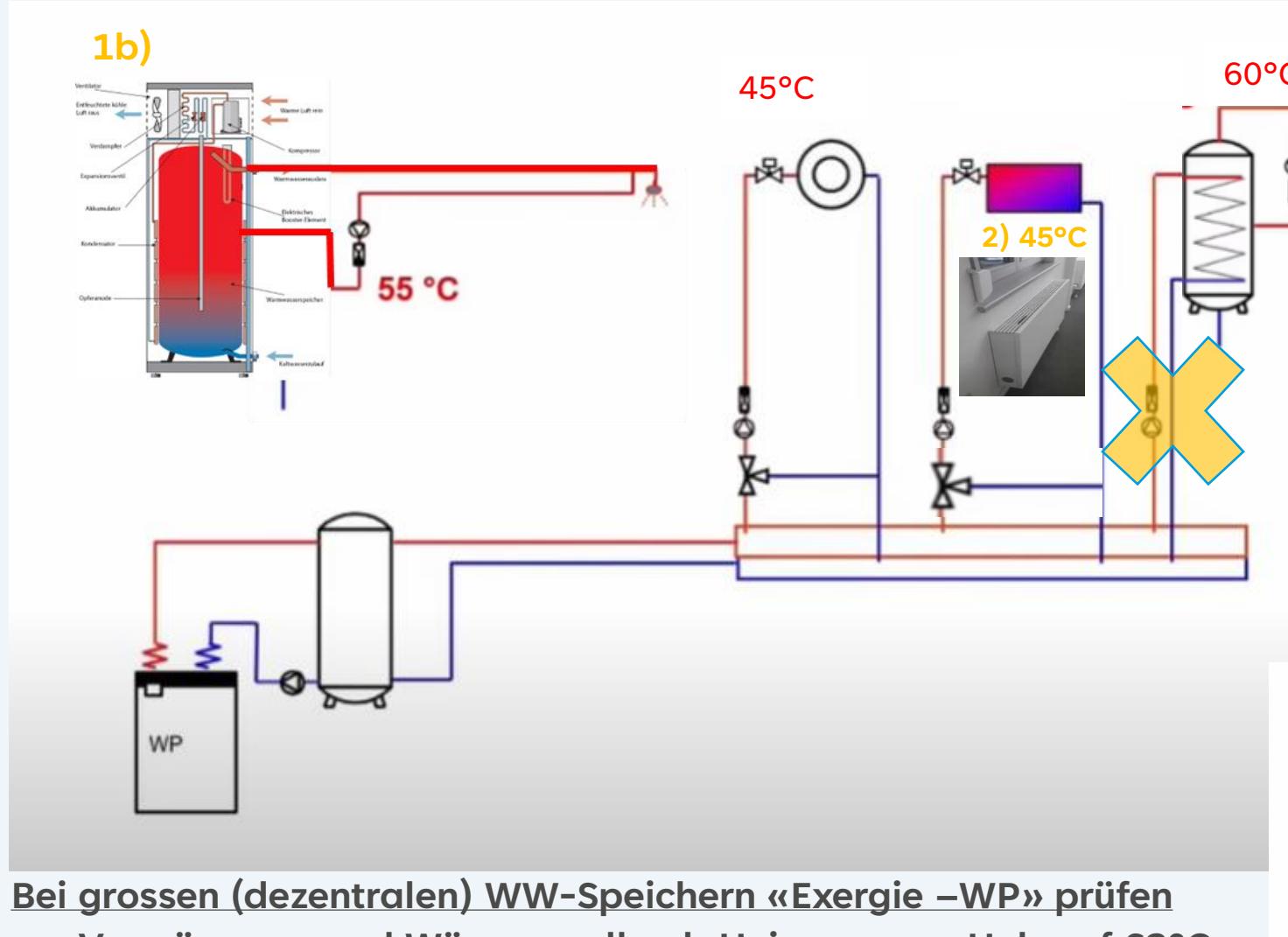


Warmwasser (mit ww-Zirkulation) löst pro Tag 8-12 Ladungen /Tag aus



Jahresarbeitszahl von Wärmepumpe wird wegen häufigen Warmwasserladungen (Zirkulationsverluste) massiv verschlechtert:
=> 8-12 WW Ladungen pro Tag wegen Zirkulationsverlusten!!

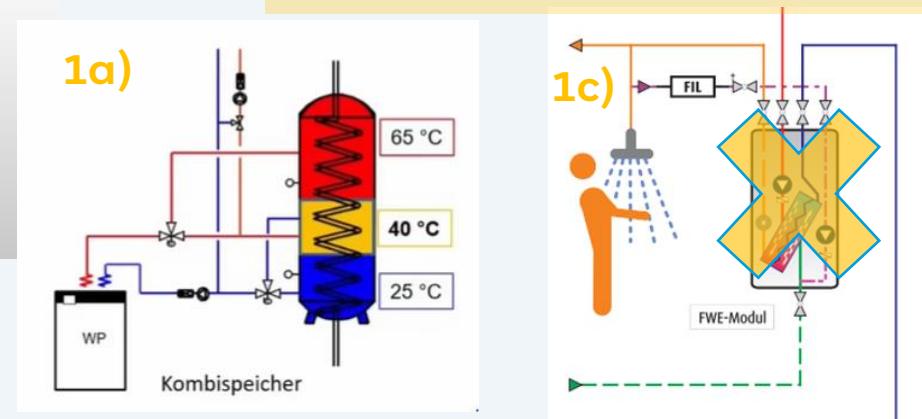
Hydraulik: Warmwasser nicht mit WP Heizung kombinieren



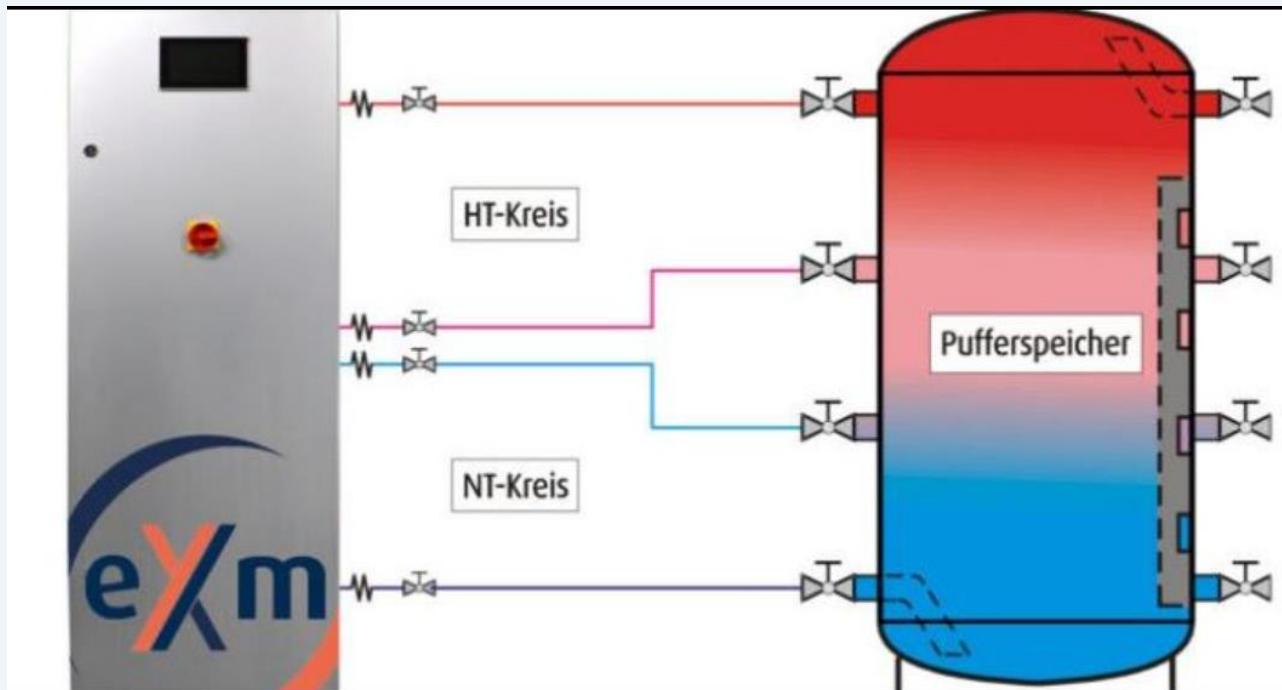
Anpassung Hydraulik:

- 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



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 ti 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

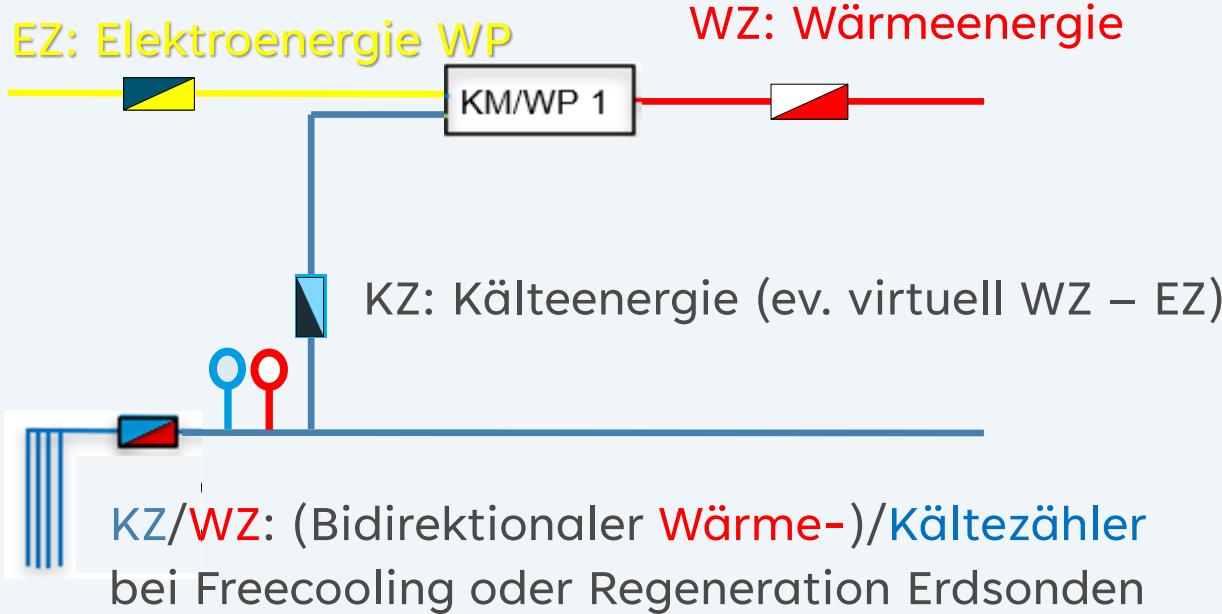
Inbetriebnahme, Betriebsoptimierung

- **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
- Frotschutz Anteil z.B. in Erdsonden oder Luft - WP Verdampferkreis => nachmessen/dokumentieren
- Heizkurven, Heizzeiten
- Wassermengen (z. B Grundwasser, Verdampfer/Kondensator, WW-Ladekreise)

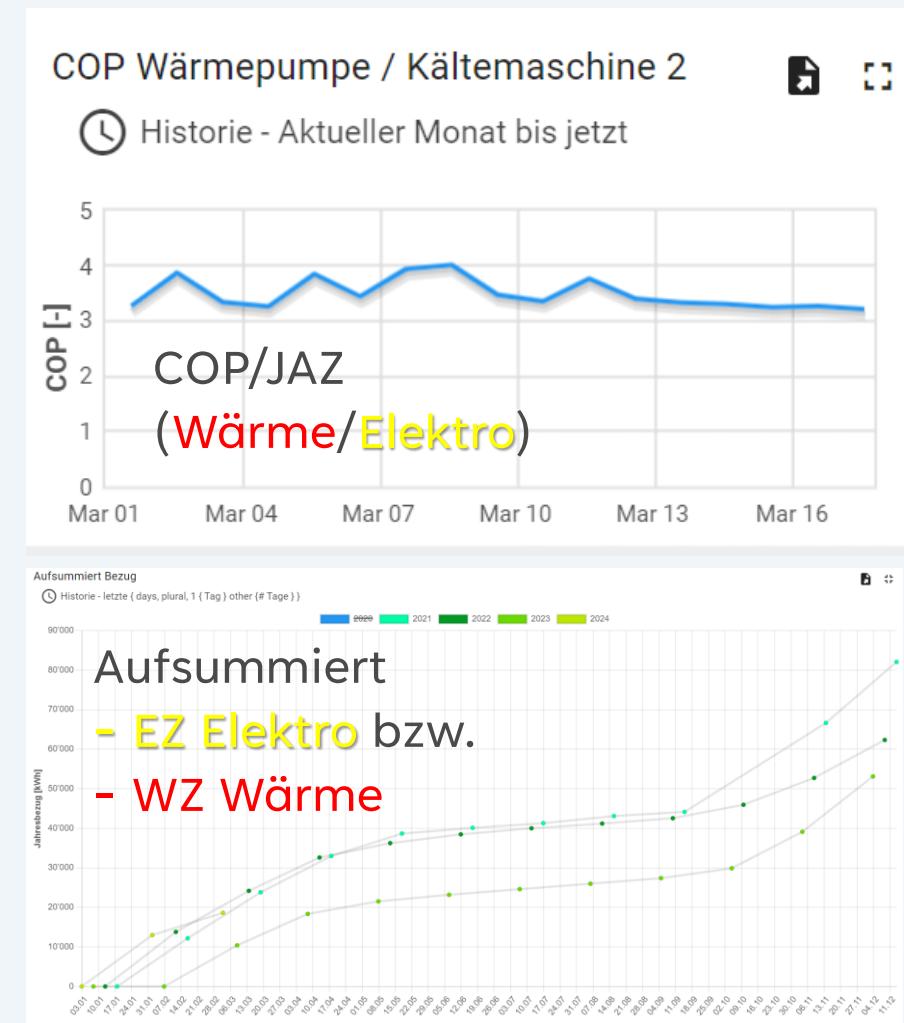
Betriebsoptimierungs - Ing:

- 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/Tauchhülsentiefe, 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

🔗 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