

Potentielle Nutzung der Temperatur des Neckars

Peter Erb

14.10.2023

stadtwerke
heidelberg 

Die MVV installiert eine der größten Flusswärmepumpen Europas



R(h)ein mit der Wärme

Ein weiterer wichtiger Meilenstein auf unserem Weg hin zur Grünen Wärme ist der Bau einer innovativen Flusswärmepumpe am Rhein. Sie ist im Rahmen des [Reallabors der Energiewende](#) „Großwärmepumpen in Fernwärmenetzen“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) eine von insgesamt fünf Großwärmepumpen, die derzeit an verschiedenen Standorten in Deutschland entstehen. Der Spatenstich dafür hat im April 2022 stattgefunden. Wir nutzen damit ab 2023 das Flusswasser des Rheins als klimaneutrale Wärmequelle, um Fernwärme zu erzeugen.

Dazu baut die Grosskraftwerk Mannheim AG (GKM) im Auftrag von MVV eine Flusswärmepumpe mit einer thermischen Leistung von zirka 20 Megawatt und einer elektrischen Leistung von 7 Megawatt. Damit wird sie eine der größten Wärmepumpen in Europa sein. Das Wissen und Know-how, das im Reallabor gewonnen wird, soll später dazu beitragen, mit weiteren Wärmepumpen zusätzliche grüne Wärme zu erzeugen. Das technische Potenzial ist sehr groß: Allein in Mannheim könnten Rhein und Neckar selbst bei konservativer Schätzung mindestens 500 Megawatt thermisch entzogen werden. Dies entspricht der maximalen Wärmeleistung des Block 9 im GKM und reicht, um rund 50.000 Haushalte mit Wärme zu versorgen.

<https://www.mvv.de/ueber-uns/unternehmensgruppe/mvv-umwelt/aktuelle-projekte/mvv-flusswaermepumpe?category=0&question=2002>

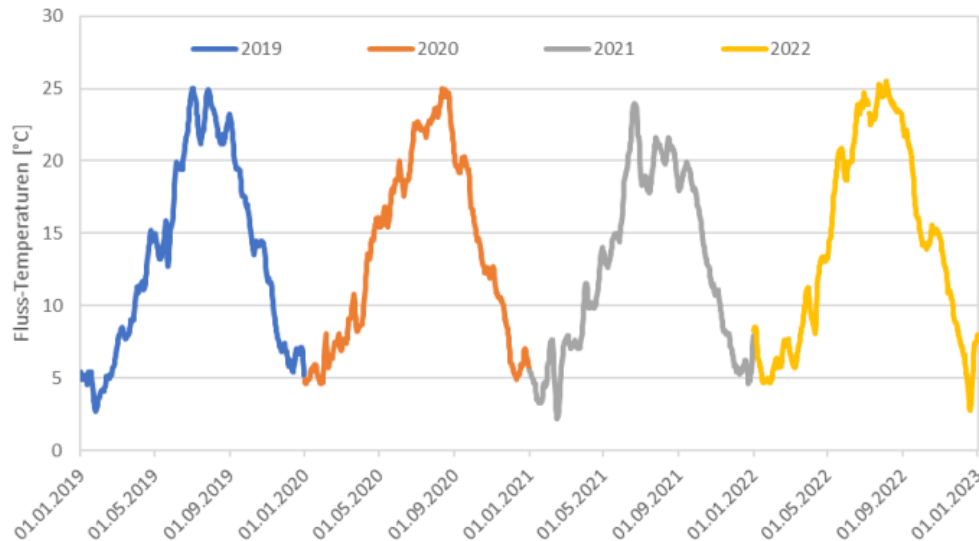
Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Datenauswertung



Temperaturen Neckargemünd 2019 - 2022

- Vorhandene Daten: Tagesmittelwerte von 1990 bis einschließlich 2022
- Beschluss aus unserem Kick-Off: Betrachtung Jahre 2019 – 2022



| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|--------------|------|------|------|------|
| Max | 25,0 | 25,0 | 24,0 | 25,5 |
| Durchschnitt | 13,4 | 13,8 | 12,5 | 14,2 |
| Min | 2,7 | 4,6 | 2,2 | 2,8 |

→ Verwendung der Temperatur-Messdaten für die Potenzialermittlung

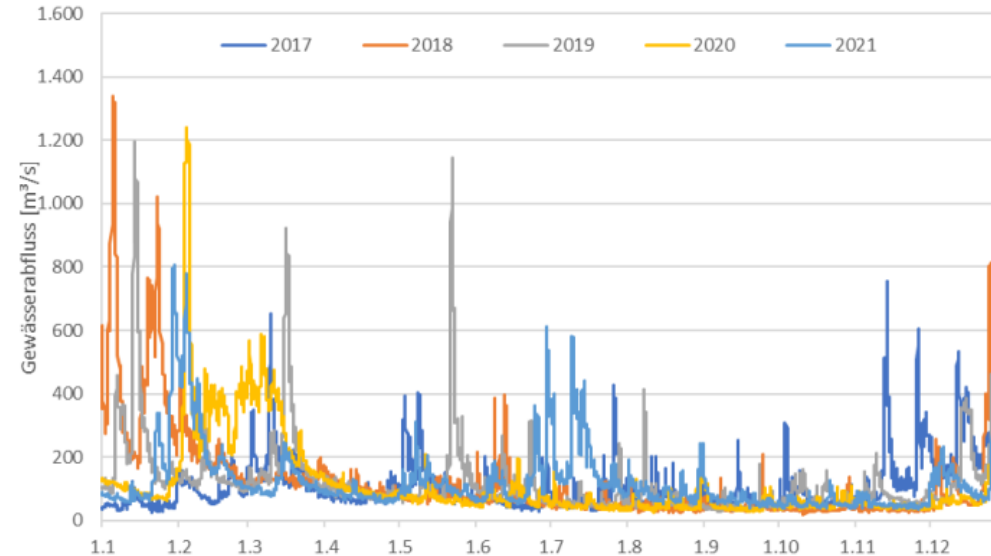
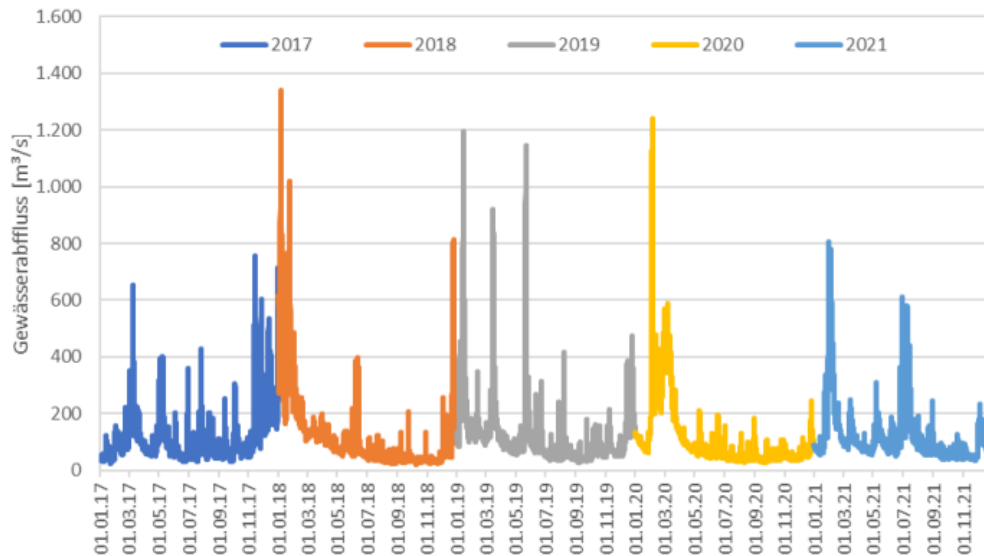
Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Datenauswertung

Gewässerabfluss Neckar



- In Rücksprache mit WSA Heidelberg: Verwendung Abflusswerte von Ziegelhausen



| Gewässerabfluss [m ³ /s] | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-------------------------------------|-------|---------|---------|---------|-------|
| Max | 755,5 | 1.340,0 | 1.195,0 | 1.240,0 | 806,0 |
| Durchschnitt | 109,7 | 121,3 | 122,4 | 111,9 | 122,7 |
| Min | 24,7 | 19,7 | 27,6 | 25,9 | 34,0 |

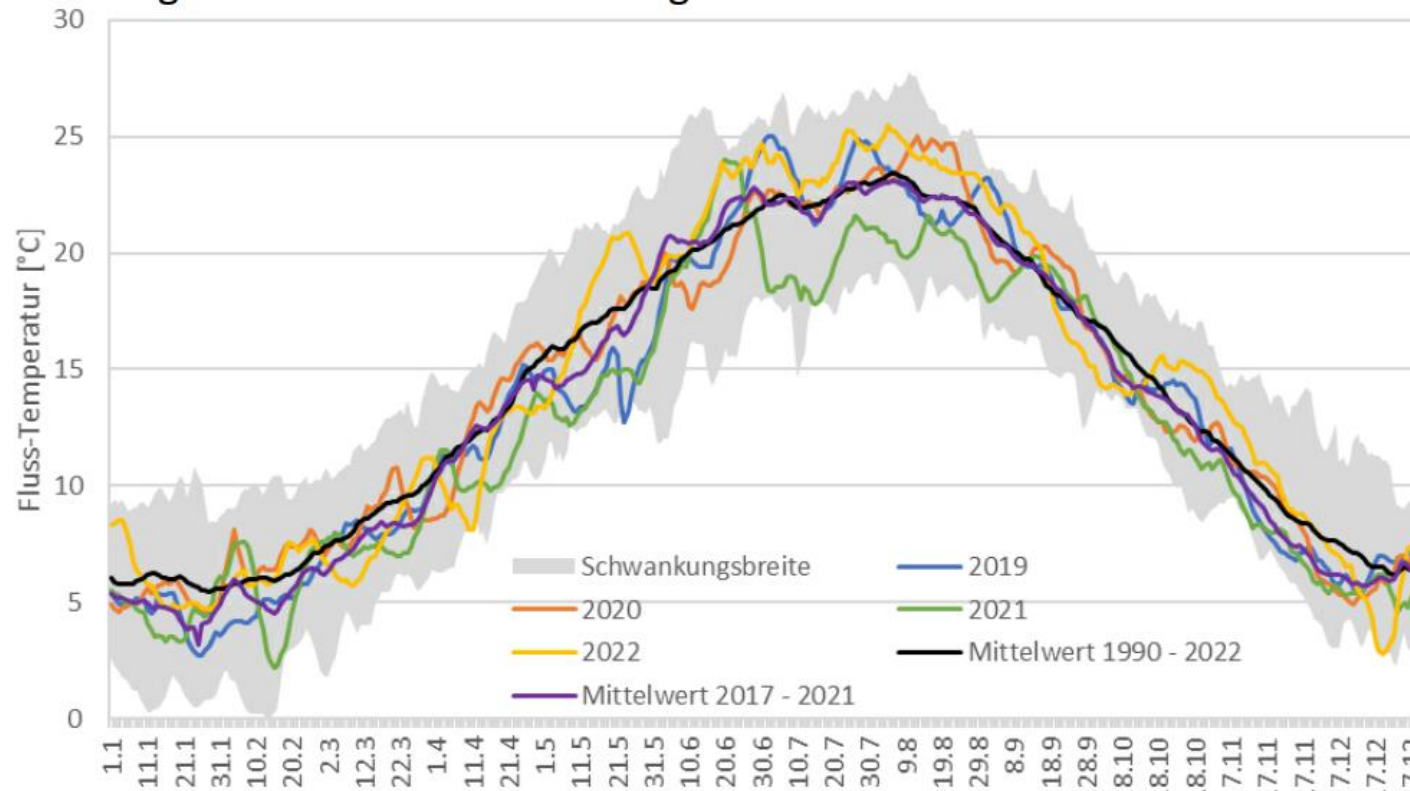
Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Einsatz WP



Analyse Wärmequelle: Temperaturen Neckargemünd

- Einsatz WP ist abhängig von Fluss-Temperaturen d. Neckars
- Jährliche Schwankungen vorhanden: Betrachtung mit Mittelwert 2017 – 2021 → selber Zeitraum wie FW



Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Einsatz WP

Klärung Entnahme-/Einleitbedingungen



Ergebnisse IB Floecksmühle:

- Zuständigkeit
 - $< 40.000 \text{ m}^3/\text{d}$ → Umweltamt Stadt Heidelberg
 - $> 40.000 \text{ m}^3/\text{d}$ → RP Karlsruhe
- Entwurf zur OGewV liegt vor. **Nur Entwurf, weitere Recherche (Ministerium) empfohlen**
 - Min. Flusstemperatur vor der Entnahme → 2°C ,
 - Max. Temperaturdifferenz zwischen Entnahme und Einleitung → 5 K ,
 - Max. Temperaturänderung im Gewässer nach der Einleitung → 1 K ,
 - Ansaugleitung ist ggf. zum Schutz der Fische mit Ansaugsieb zu schützen

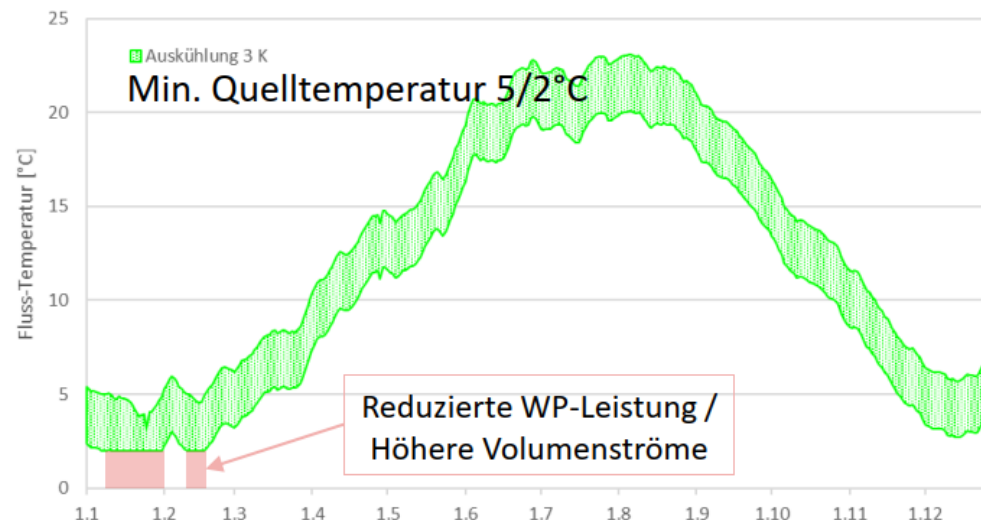
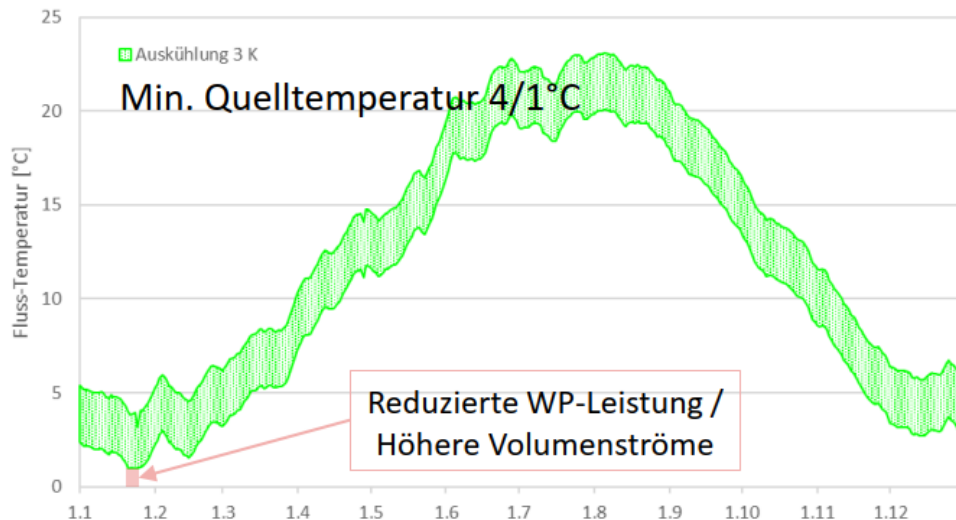
Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Einsatz WP



Update: Analyse Temperaturen Wärmequelle, Einsatzzeiten WP

- Weitere Betrachtungen für min. Quelltemperaturen $\rightarrow 4/1^{\circ}\text{C}$
- Hier: Betrachtung mittlere Temperatur 2017 – 2021
- Zeiträume bei reduzierter WP-Leistung
 - Var. 1: $\Delta T = 3 \text{ K} \rightarrow$ Vgl. $4/1^{\circ}\text{C}$ und $5/2^{\circ}\text{C}$



Workshop Ergebnisse – Standort & Zusatznutzen



Standort

- › Nach Norden orientieren
- › Akustisch geschützter Außenraum wird ermöglicht (z.B. für Biergarten)



Anbindung

- › Wegebeziehungen zu Neckarorten und zum Neckar schaffen
- › Anbindung an Brücke realisieren



Platzbedarf

- › „Wenn Groß, dann gut gemacht!“
- › Möglichst Baumbestand erhalten
- › Keine Zerstückelung der Grünfläche



Nutzung

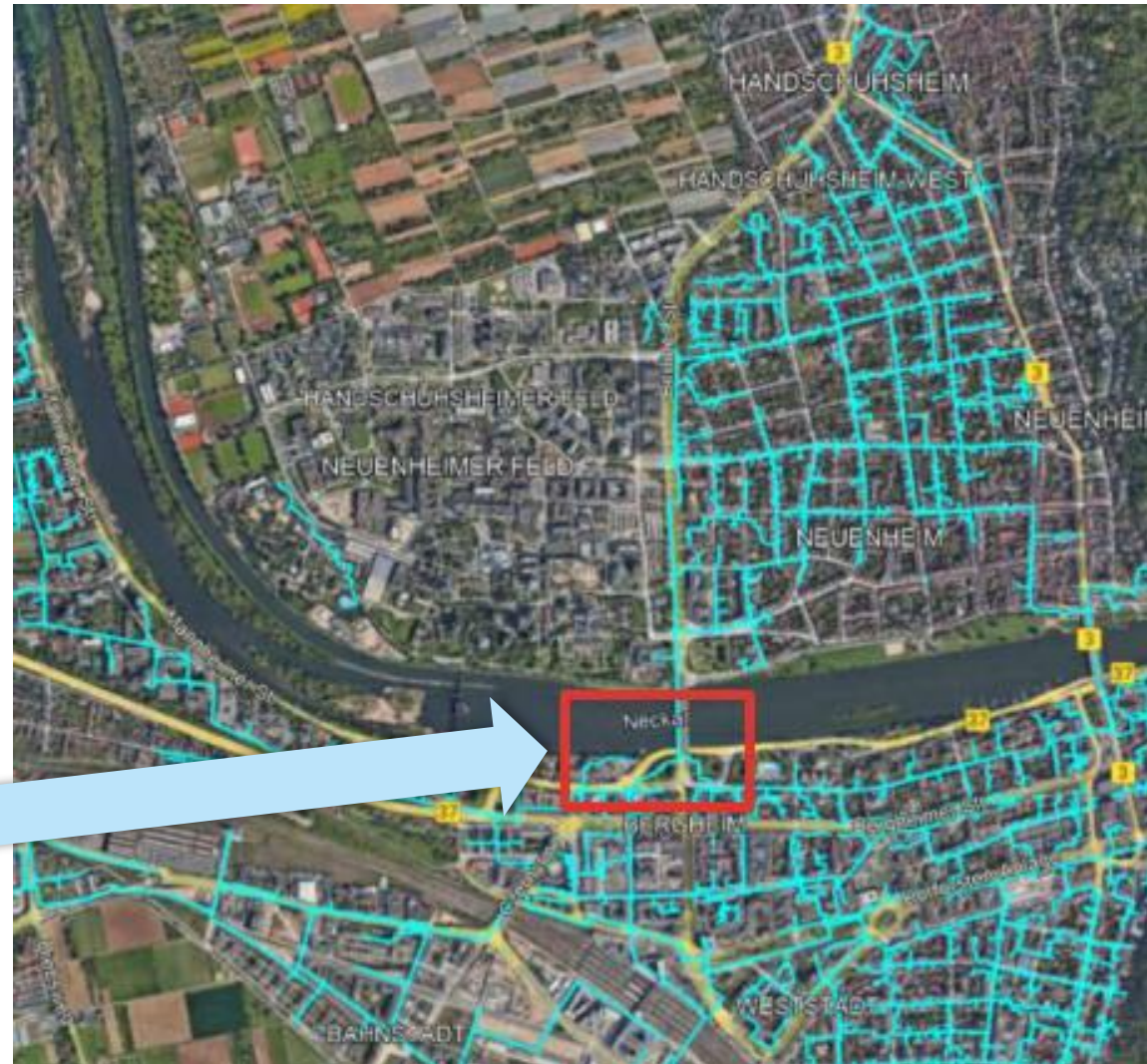
- › Kein Bunter Blumenstrauß
- › Zusatznutzen muss sich selbst tragen
- › Zusatznutzen darf das Kernprojekt nicht gefährden

Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Geographische Einordnung Wärmequelle und Fernwärme

- Wärmequelle: Fluss Neckar
→ Bundeswasserstraße
- Favorisierte Freifläche durch SWH benannt
- Freifläche: bei westlichster Brücke von Heidelberg → Ernst-Walz-Brücke
- Direkte Nähe zur Fernwärme gegeben

Der Standort Ernst-Walz-Brücke hat **weiterhin die beste Lagegunst** zum Neckar und zum Fernwärmesystem von allen bisher untersuchten Standorten



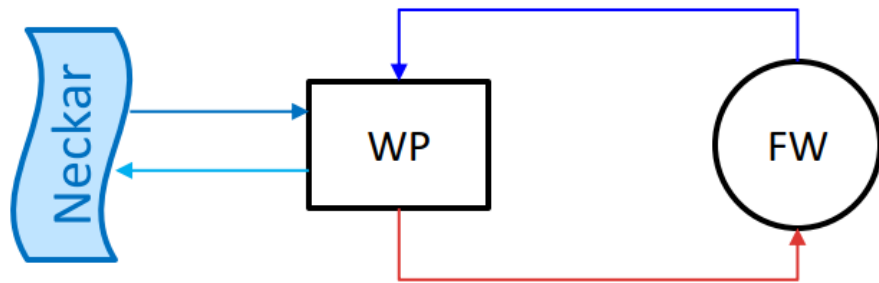
Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Nutzung Gewässerwärme

Gegenüberstellung Nutzungsarten

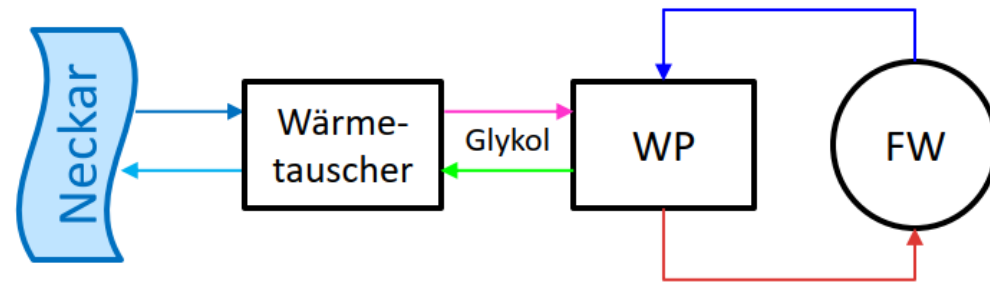


Direkte Nutzung



- + Einfache bauliche Integration und Ausführung
- + Direkte Nutzung Flusswasser-Wärme
- Aufwendigere Sicherheitstechnik

Indirekte Nutzung



- + Zwischenkreis zur Sicherung Austritt Kältemittel WP
- Zusätzliche Kosten & Platzbedarf der WT
- Hoher apparativer Aufwand
- Grädigkeit des WT → geringere Effizienz (COP)

→ Nutzungsart u.a. abhängig von Kältemittel in gewählter WP

Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Kältemittel



Sicherheitsgruppen (nach ISO 817) und BEW Förderfähigkeit

Main refrigerants at play

A complex picture in continuous evolution

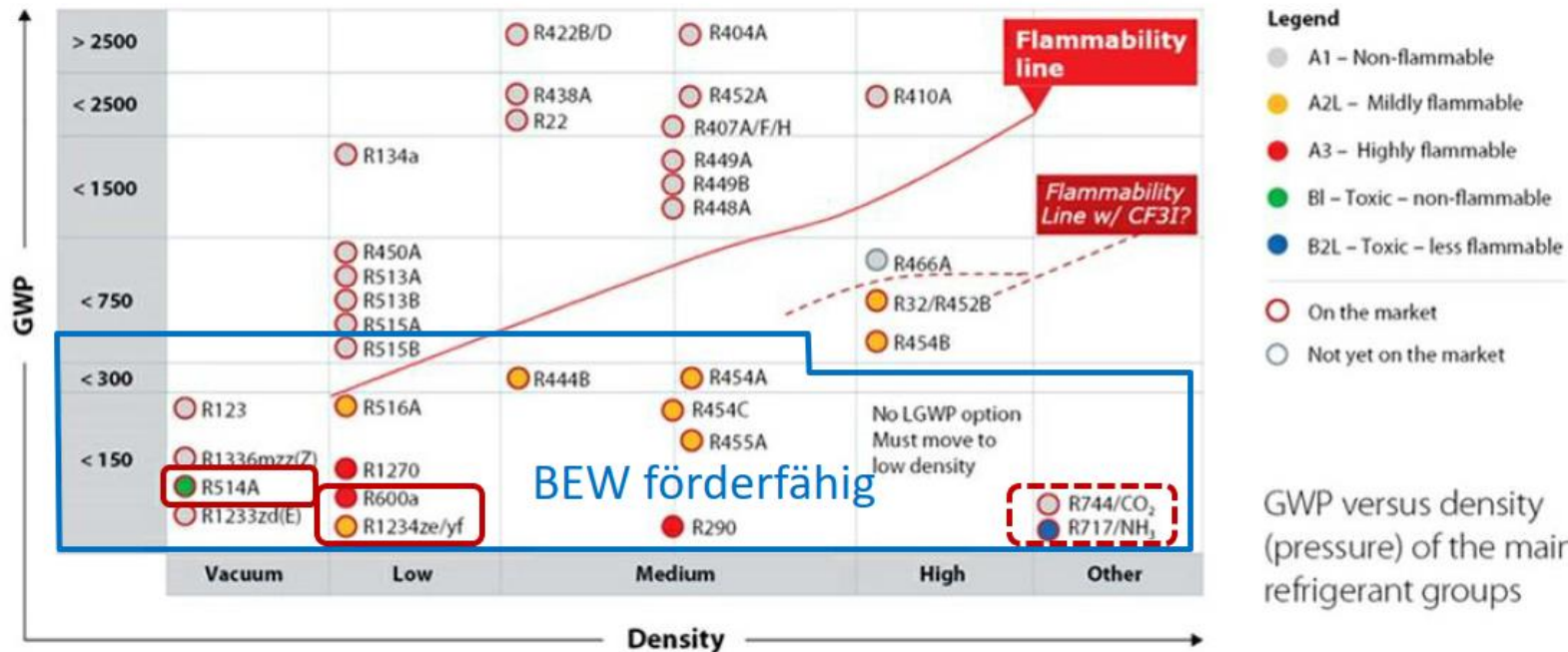


Figure: Carbon-chain-based Refrigerants (HCs, HFCs, HCFCs), GWP versus density (pressure) of the main refrigerant groups

Quelle: Danfoss.com

Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Kältemittel

Übersicht



| Name | GWP | ODP | Brennbarkeit/ Toxizität | WGK | Anmerkung | |
|------------------|-----|-----|----------------------------|-------|---|---|
| R1234ze(E) | 7 | 0 | A2L | WGK 1 | schwerer als Luft, nicht wasserlöslich Ergänzung: zukünftige Verfügbarkeit mglw. eingeschränkt | ✓ |
| R717 (NH3) | 0 | 0 | B2L | WGK 2 | toxisch, hohe Maschinendrücke, VL bis 115°C | ✓ |
| R744 (CO2) | 1 | 0 | A1 | - | Hohe Maschinendrücke, VL bis 115°C, Quelltemperatur max. 30°C | ✓ |
| R600a (Isobutan) | 3 | 0 | A3 | - | Hoch entzündlich, schwerer als Luft, VL bis 115°C, Großanlagen > 10 MW neu entwickelt | ✓ |
| R290 (Propan) | 3 | 0 | A3 | - | Hoch entzündlich, Kleinanlagen, max. VL ca. 65°C | ⚡ |
| R514 | 2 | ? | B1 | ? | Toxisch, noch kein Markt | ⚡ |
| R515B | 299 | 0 | A1 | ? | max. VL ca. 65°C | ⚡ |

Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Marktübersicht

Überblick



- Zusammenfassung entscheidender Daten aus den Auslegungsbeispielen

| Kältemittel | Erreichbare VL-Temperaturen | Bereich COP | Hersteller |
|-------------|-----------------------------|-------------|--|
| R1234ze | Bis 95°C | 2,5 – 2,9 | Friotherm, Siemens, Johnson Controls, Turboden |
| NH3 | Bis 95°C | 2,3 – 2,6 | AGO, MAN |
| CO2 | Bis 115°C | 1,9 – 2,5 | MAN, Atlas Copco |

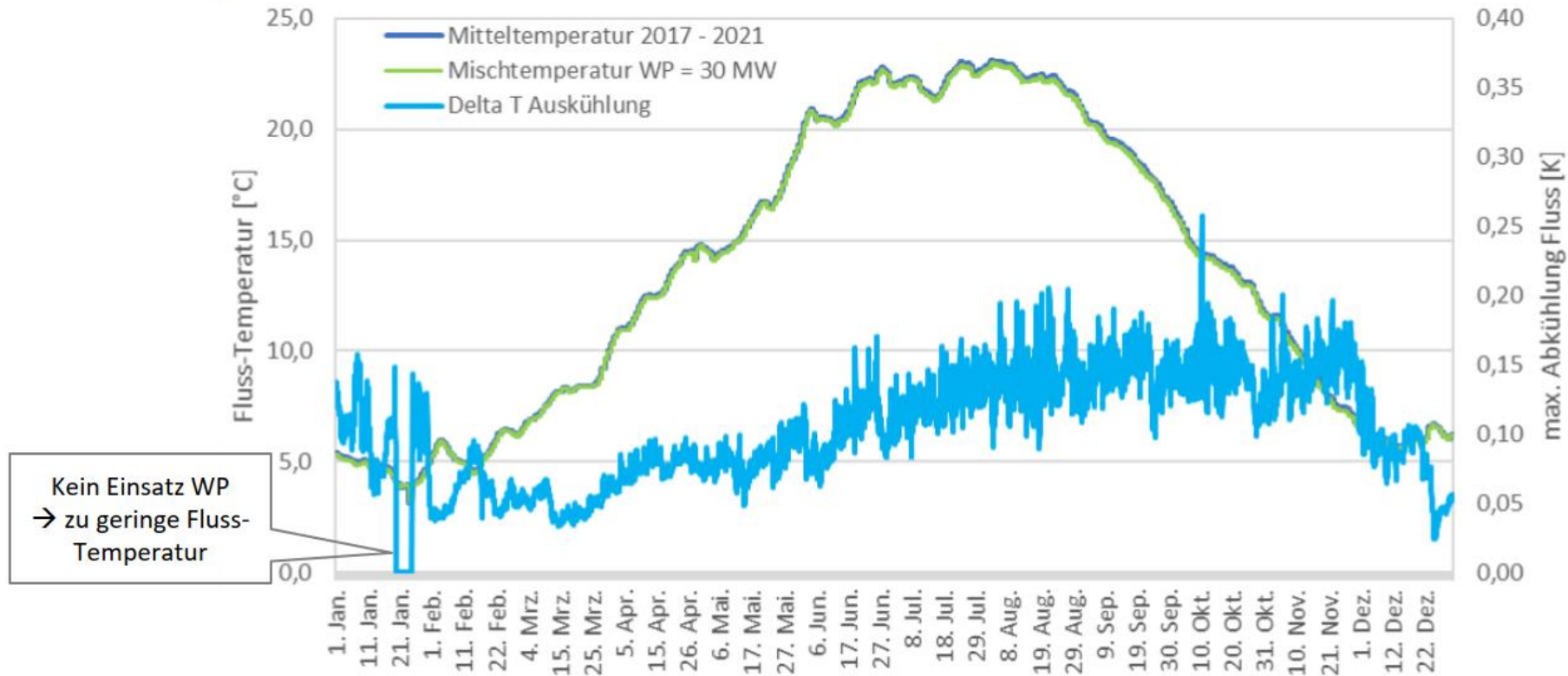
Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Einsatz WP



Analyse Wärmequelle: Mischtemperaturen nach WP-Auskühlung: 30 MW mit WP

- Max. Auskühlung: rd. 0,3 K → WP nimmt sehr geringen Einfluss, kein Temperaturschock bei Mischung



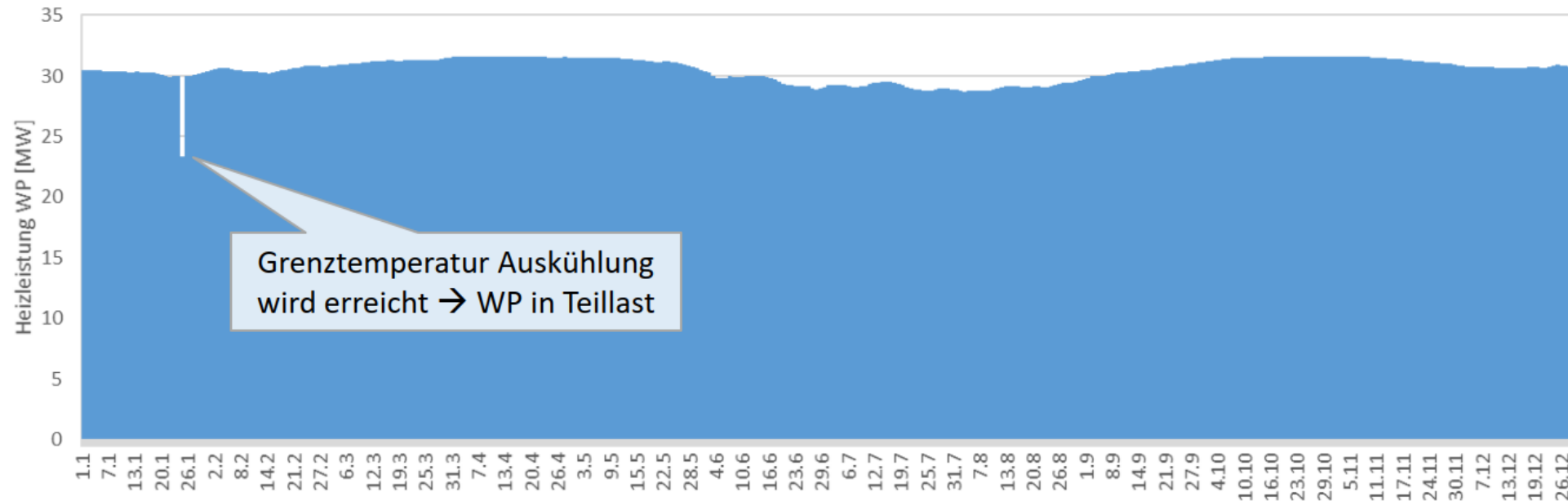
Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Potenzialermittlung




Anlagenkonfiguration: Bsp. CO₂-WP – 2 x 15 MW

- Fluss-WP kann ganzjährig betrieben werden
- Potenzial Fluss-WP: rd. 267,5 GWh_{th}/a
- Vbh Fluss-WP: rd. 8.460 h



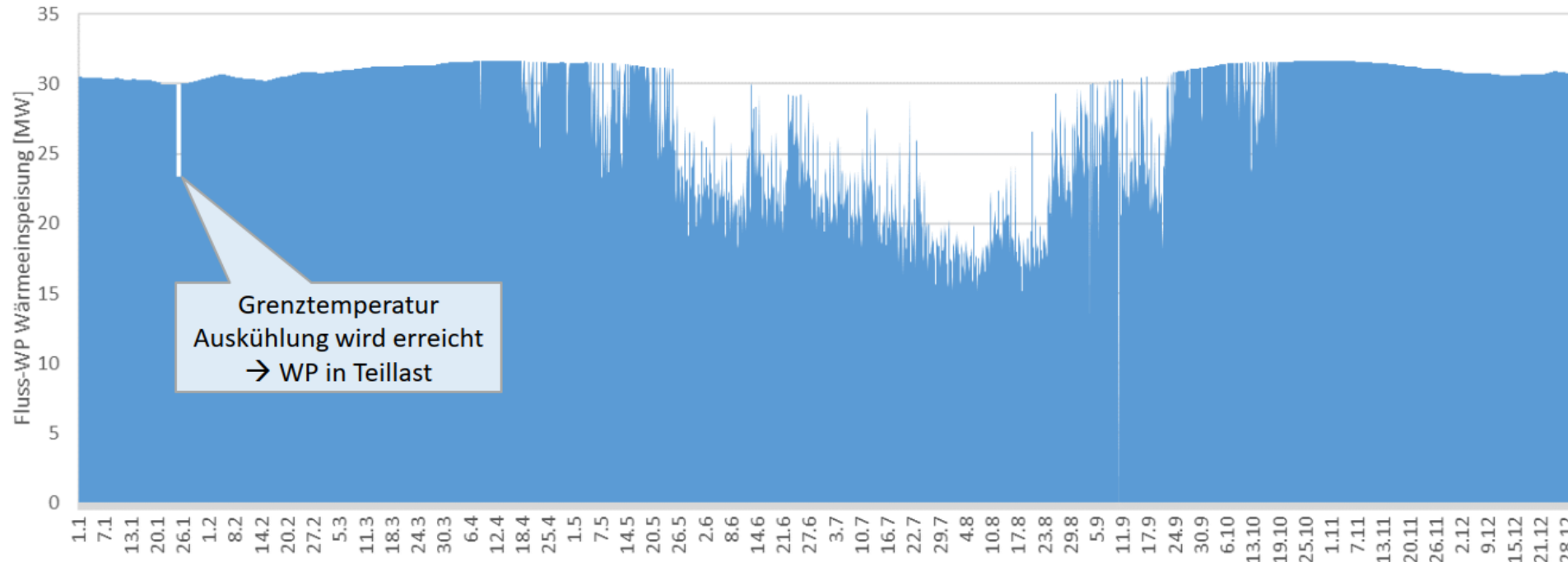
Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Analyse Wärmesenke mit Fluss-WP: Merit Order = 1 (ab 2034) 

Fluss-WP Wärmeeinspeisung - Bsp. CO₂-WP – 2 x 15 MW

- ganzjähriger Einsatz der Fluss-WP
 - FW kann nahezu das vollständige Fluss-WP Potenzial aufnehmen
- rd. 8,7 % d. Potenzial d. Fluss-WP (rd. 23,3 GWh_{th}/a) bleiben ungenutzt

Nach Auflösung der EEG-Vergütungen BHKW und HHKW



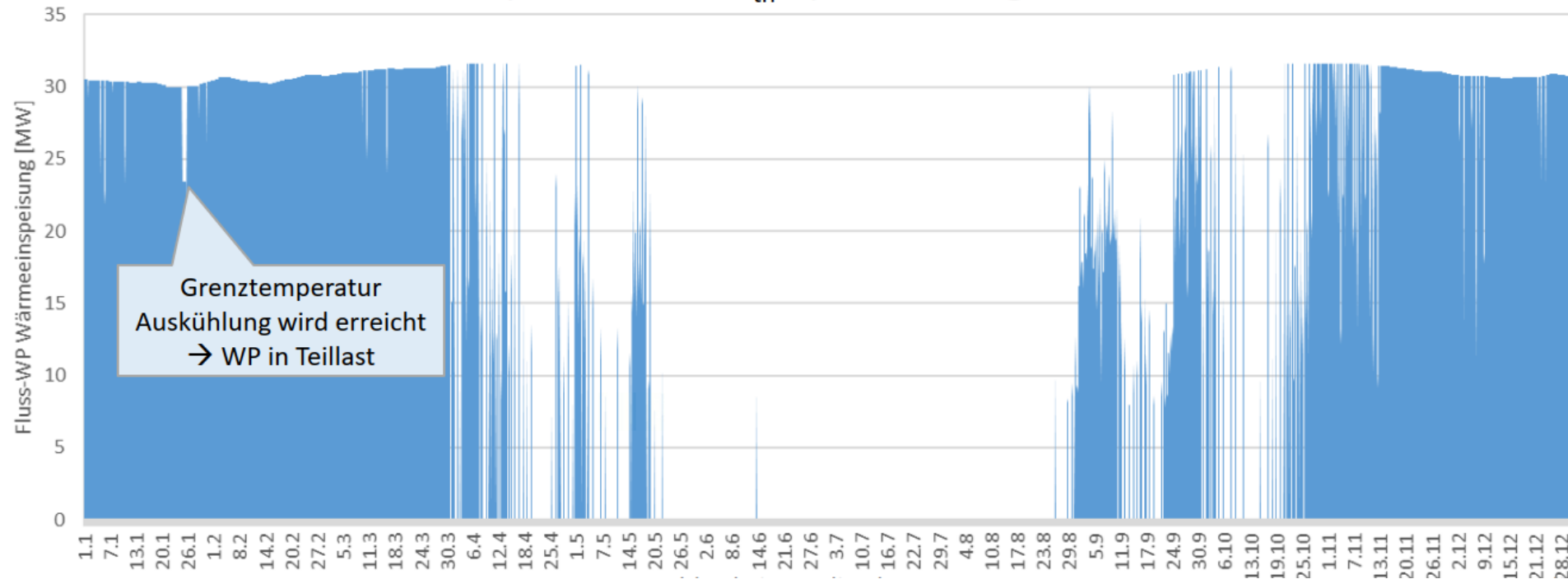
Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Analyse Wärmesenke mit Fluss-WP: Merit Order = 5

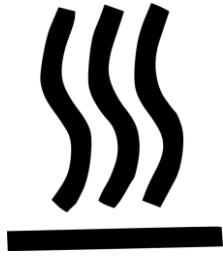


Fluss-WP Wärmeeinspeisung - Bsp. CO₂-WP – 2 x 15 MW (Bei Inbetriebnahme ab 2028 bis 2033)

- kein Einsatz der Fluss-WP von Juni – August → effizientester Zeitraum für WP-Einsatz
 - Wenige Stunden in den Übergangszeiten (April – Mai und September – Oktober)
- 48 % d. Potenzial d. Fluss-WP (rd. 129,3 GWh_{th}/a) bleiben ungenutzt

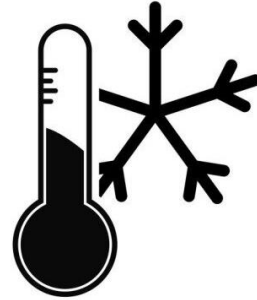


Eckdaten der Wärmeentnahme aus dem Neckar



Wärmeentnahme

- › Die Wärmepumpe kann bis 5 K aus dem Neckar entnehmen



Auskühlungsvorgaben

- › Maximal erlaubte Abkühlung des Neckars insgesamt: 1 K
- › Eine 30 MW Wärmepumpe kühlt den Neckar um 0,3 K ab



Leistungspotenzial

- › Der Neckar bietet ein Potenzial von ca. 100 MW für Wärmepumpen, unter Einhaltung der Auskühlvorgaben im Bereich HD

Fazit:

- › Einsatz einer Flusswärmepumpe nahezu ganzjährig möglich
- › Verringerter Einsatz der Wärmepumpe im Januar & Februar, aufgrund der Fluss-Temperaturen erwartbar

Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

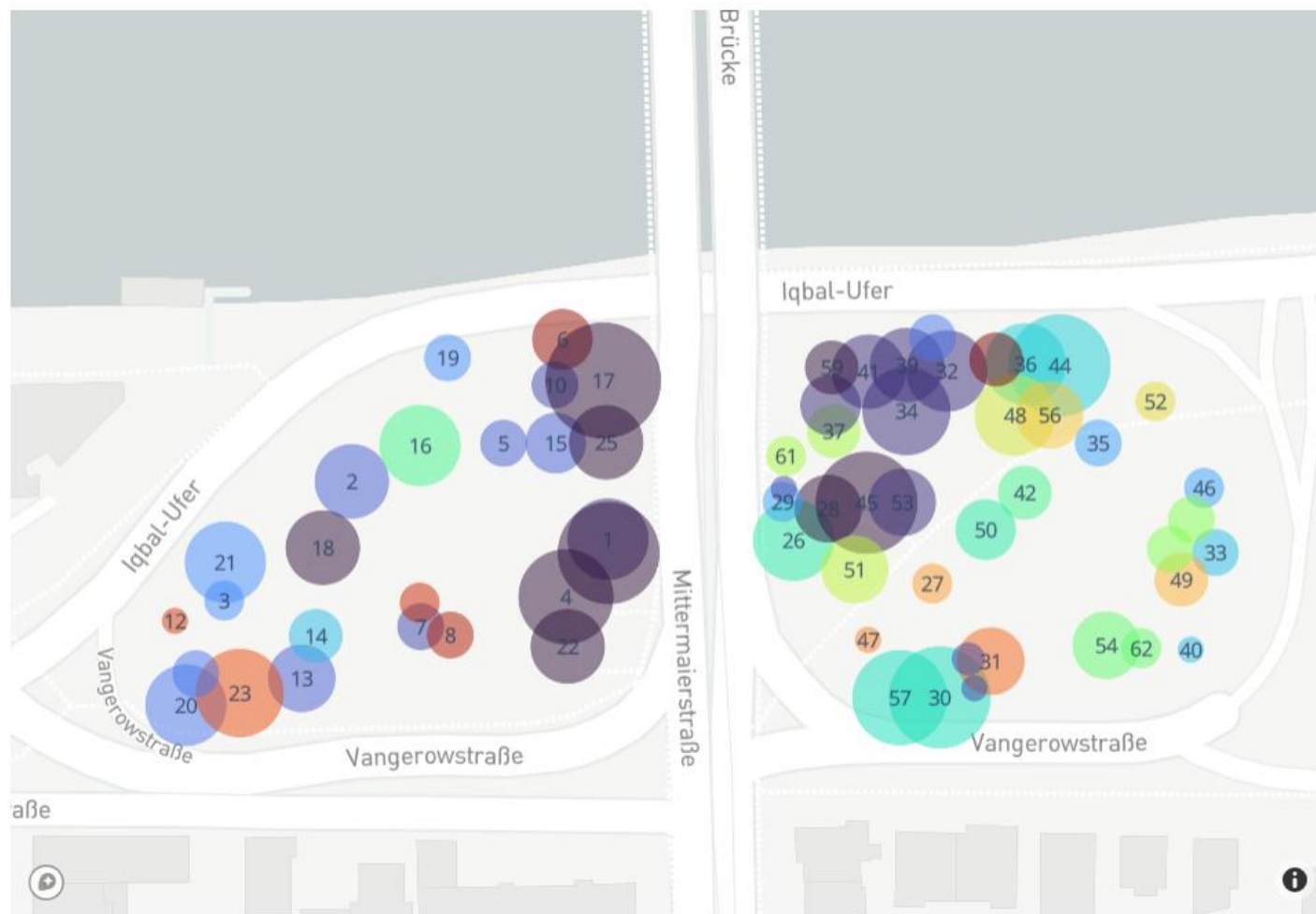
Technisches Konzept

Fläche Kleeblatt der Ernst-Walz-Brücke

- Verfügbare Fläche



Baumkataster der Grünfläche an der Vangerow-Straße

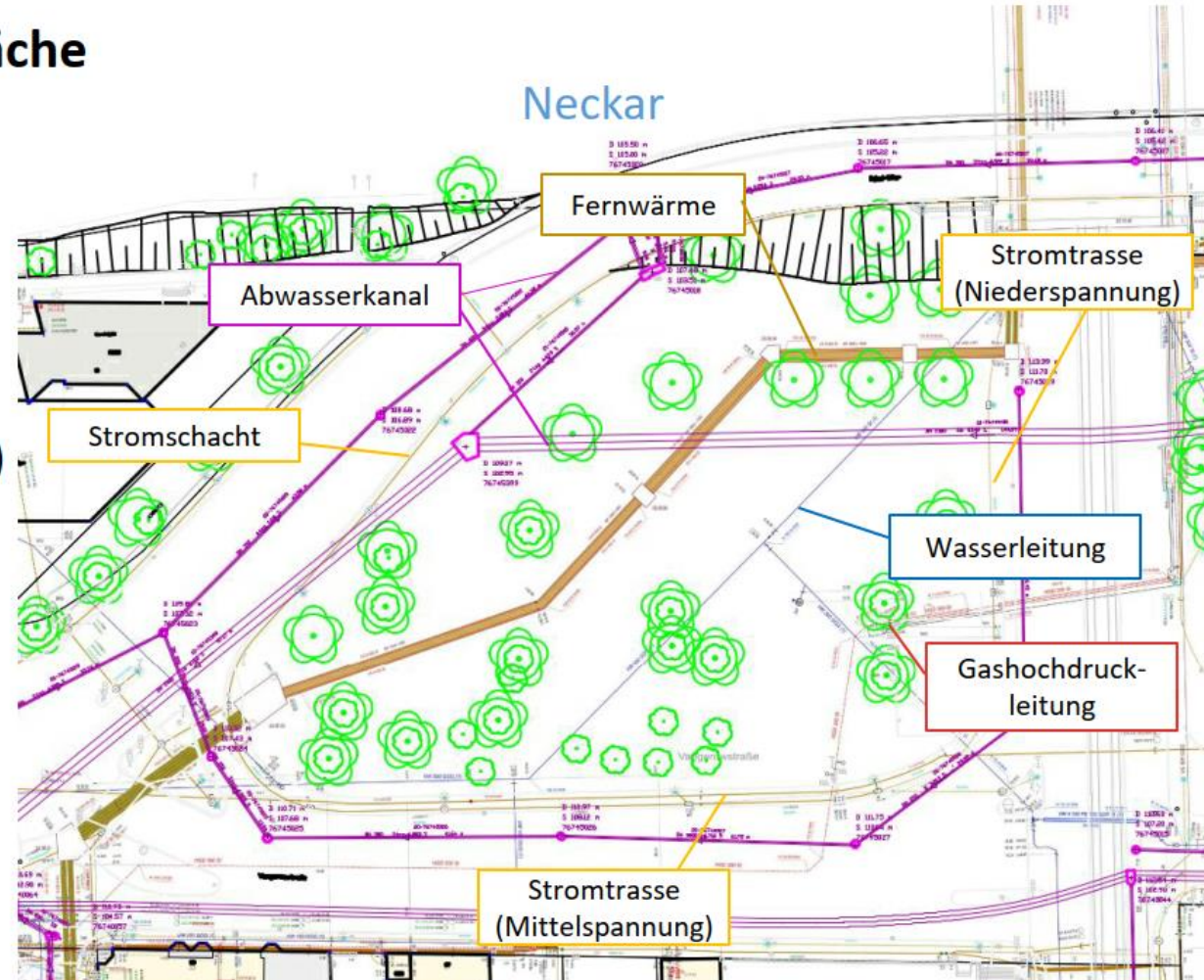


Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Technisches Konzept

Vorhandene Medien auf Freifläche

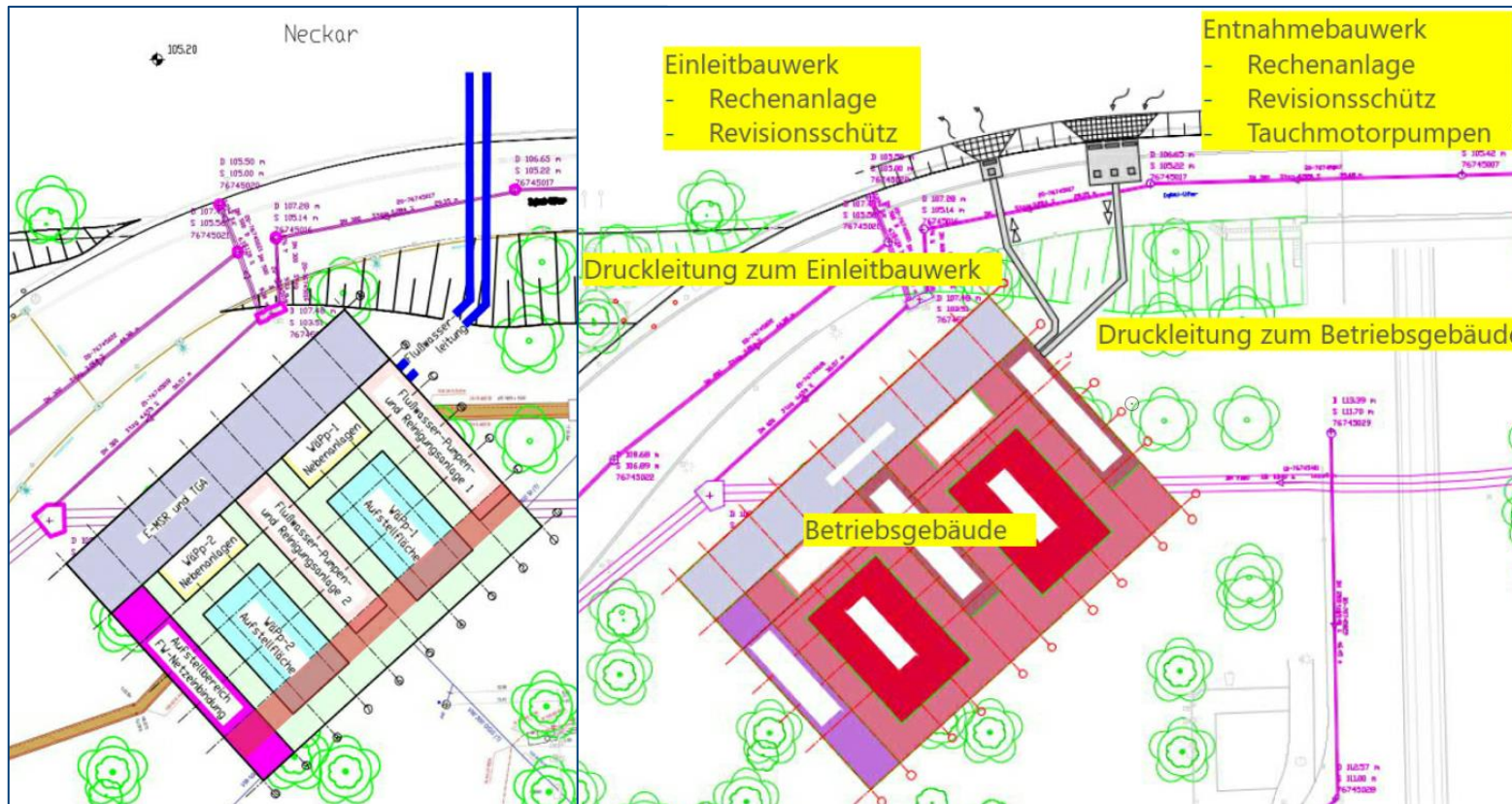
- Gashochdruckleitung
- Stromtrasse (Mittelspannung)
→ Kapazität für WP ausreichend?
- Abwasserkanal DN 2000
- Fernwärme-Schacht (1800x1000 mm)
- Stromschacht
- Wasserleitung



Fluss-Wärmepumpe – Machbarkeitsstudie

Auslegung R1234ze-WP

Platzbedarf



- Platzbedarf der R1234ze-WP geringer
- Gebäude für R1234ze-WP kann verkleinert werden
→ 3 m Gebäudebreite weniger
- Gebäudeabmessungen:

| WP | Gebäudeabmessungen |
|--------------------------------|-------------------------------|
| CO ₂ -WP: 2 x 15 MW | rd. 45 m x 35 m x 13 m |
| R1234ze-WP: 2 x 15 MW | rd. 45 m x 32 m x 13 m |



www.swhd.de

*für weitsicht
für klimaschutz
für dich*

So geht Energiewende. Mit unserem Projekt Energie- und Zukunftsspeicher. Mehr unter www.swhd.de

**stadtwerke
heidelberg**