

*Miteinander forschen
Wirtschaft stärken
Perspektiven schaffen*



Vakuum-Flüssigeis-Technologie im Kontext der Aquathermie

9. Dialogplattform Power to Heat - Optionen und Strategien zur
Wärmewende

29.11.2023

Mathias Safarik

Aquathermie – Stand der Technik

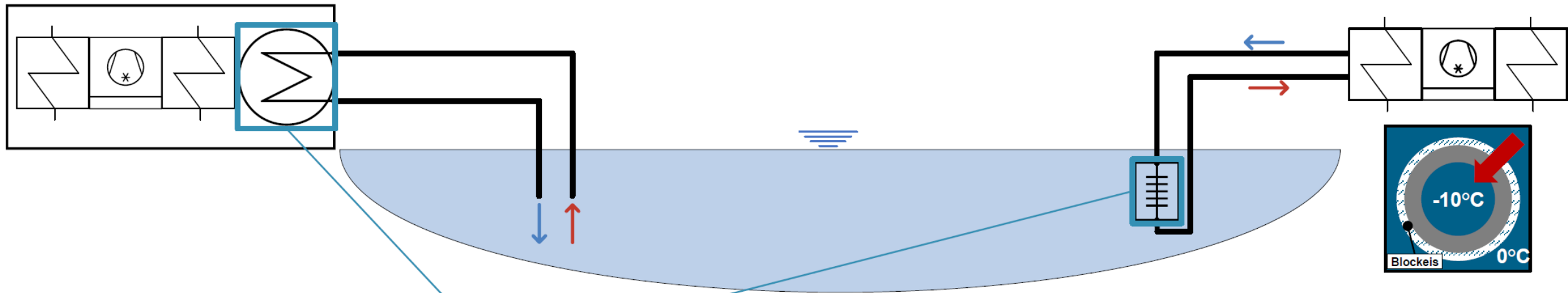


Offenes System

- Wärmeübertrager außerhalb des Gewässers
- ggf. mit Zwischenkreis (Sole)

Geschlossenes System

- Wärmeübertrager im Gewässer
- mit Solekreis



Vereisungsgefahr
= Effizienzverlust & eingeschränkter Anlagenbetrieb

Quelle: www.innovationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2021/08/20210723_Schlussbericht-Seethermie_Langfassung_V1.0.pdf



NEUE WEGE FÜR INNOVATION UND WERTSCHÖPFUNG

Strukturwandel in der Innovationsregion Mitteldeutschland

INNOVATIVE WÄRMEVERSORGUNG AUS TAGEBAUSEEN

Gefördert aus Mitteln der Bundesrepublik Deutschland, des Freistaates Sachsen, des Landes Sachsen-Anhalt und des Freistaates Thüringen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der regionalen Wirtschaftsinfrastruktur".



STAATSMINISTERIUM
FÜR WIRTSCHAFT
ARBEIT UND VERKEHR



Ministerium
für Wirtschaft, Wissenschaft
und Digitale Gesellschaft



SACHSEN-ANHALT
Ministerium für Wirtschaft,
Wissenschaft und Digitalisierung

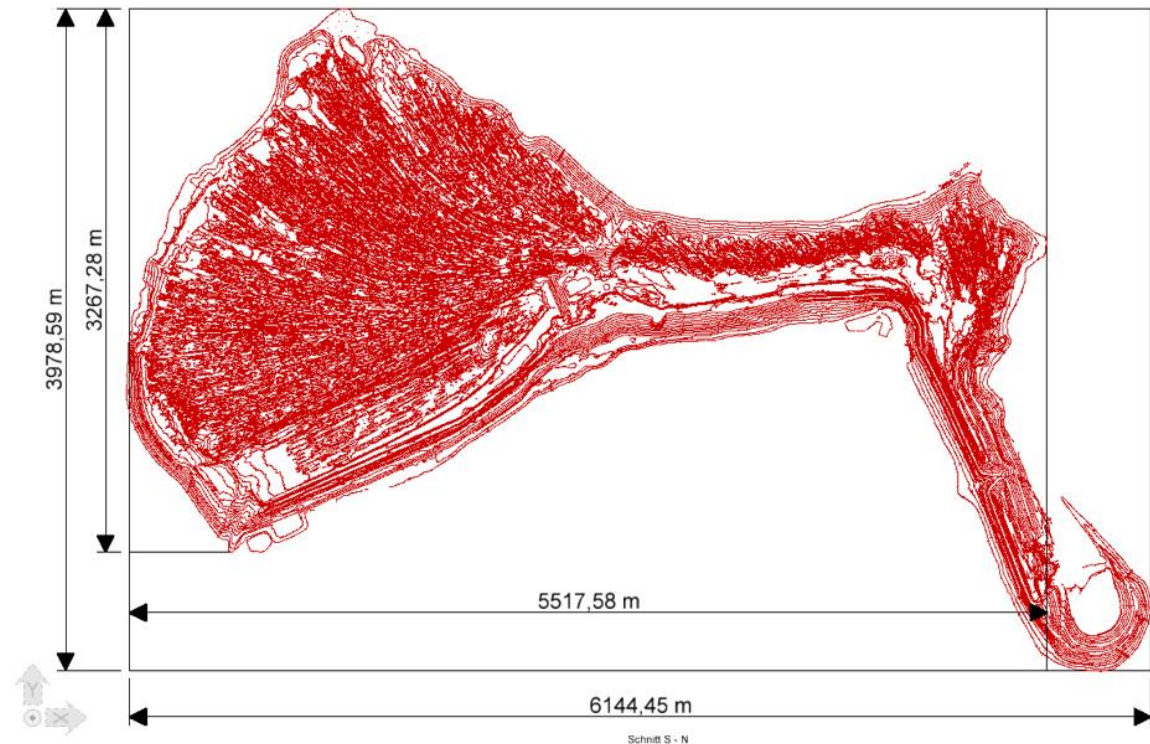
Link zur Studie:

[Umweltfreundlich heizen mit Wasser aus Tagebauseen | Metropolregion Mitteldeutschland](https://www.mitteldeutschland.com/de/umweltfreundlich-heizen-mit-wasser-aus-tagebauseen/)

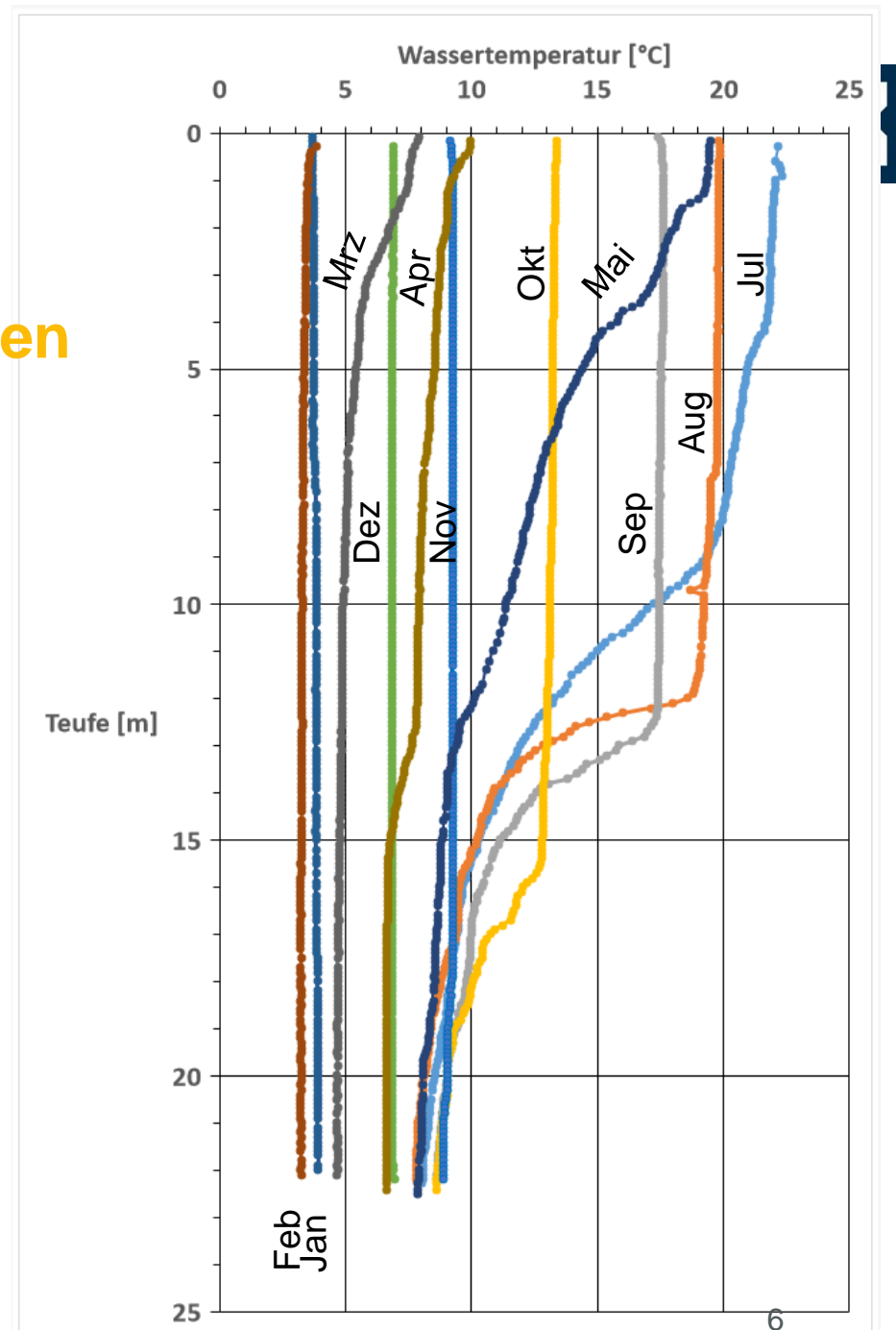
<https://www.mitteldeutschland.com/de/umweltfreundlich-heizen-mit-wasser-aus-tagebauseen/>

Beschreibung

- ▶ Zwenkauer See ist mit 9,7 km² das größte Gewässer im südlichen Leipziger Neuseenland
- ▶ längste Erstreckungen: von Ost nach West > 6,1 km, von Nord nach Süd knapp 4 km
- ▶ maximale Tiefe: 48 m, das Volumen des Wasserkörpers 176 Mio. Kubikmeter
- ▶ geringe Dynamik,
geringer Zu- und Abfluss
(jährlicher Zufluss Weiße Elster 6%/a,
nach Endzustand kein Zufluss mehr
(nur Niederschlag und Grundwasser)
- ▶ Sanierung der Bergbaufolge ist noch
nicht abgeschlossen; der See untersteht
noch dem Bergrecht

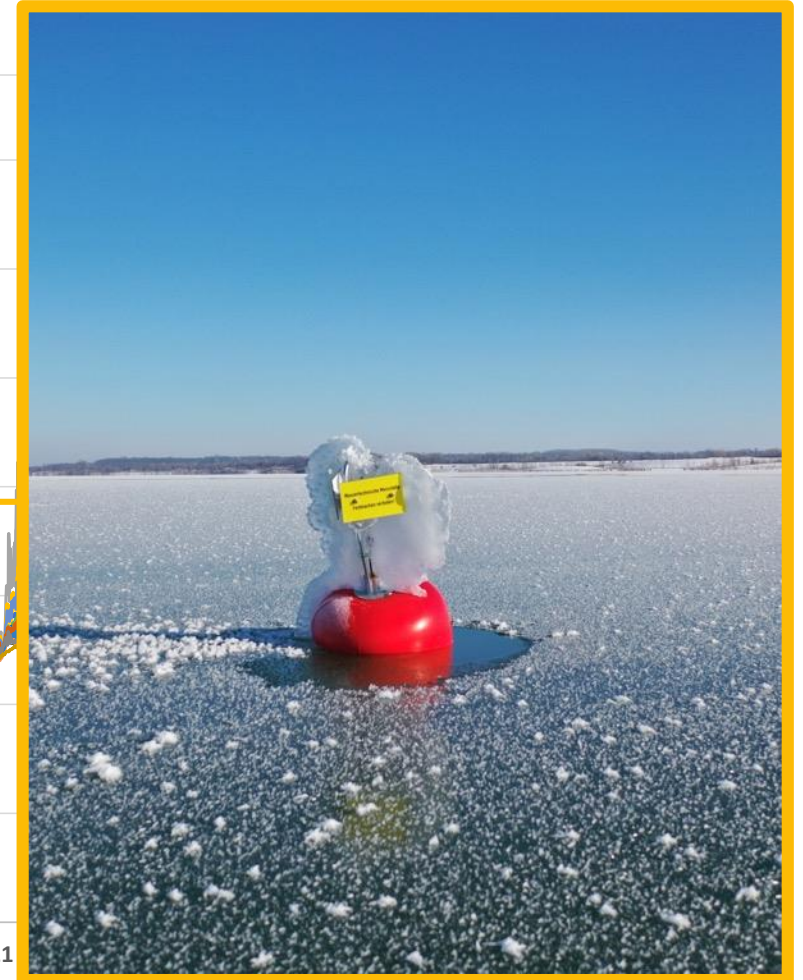
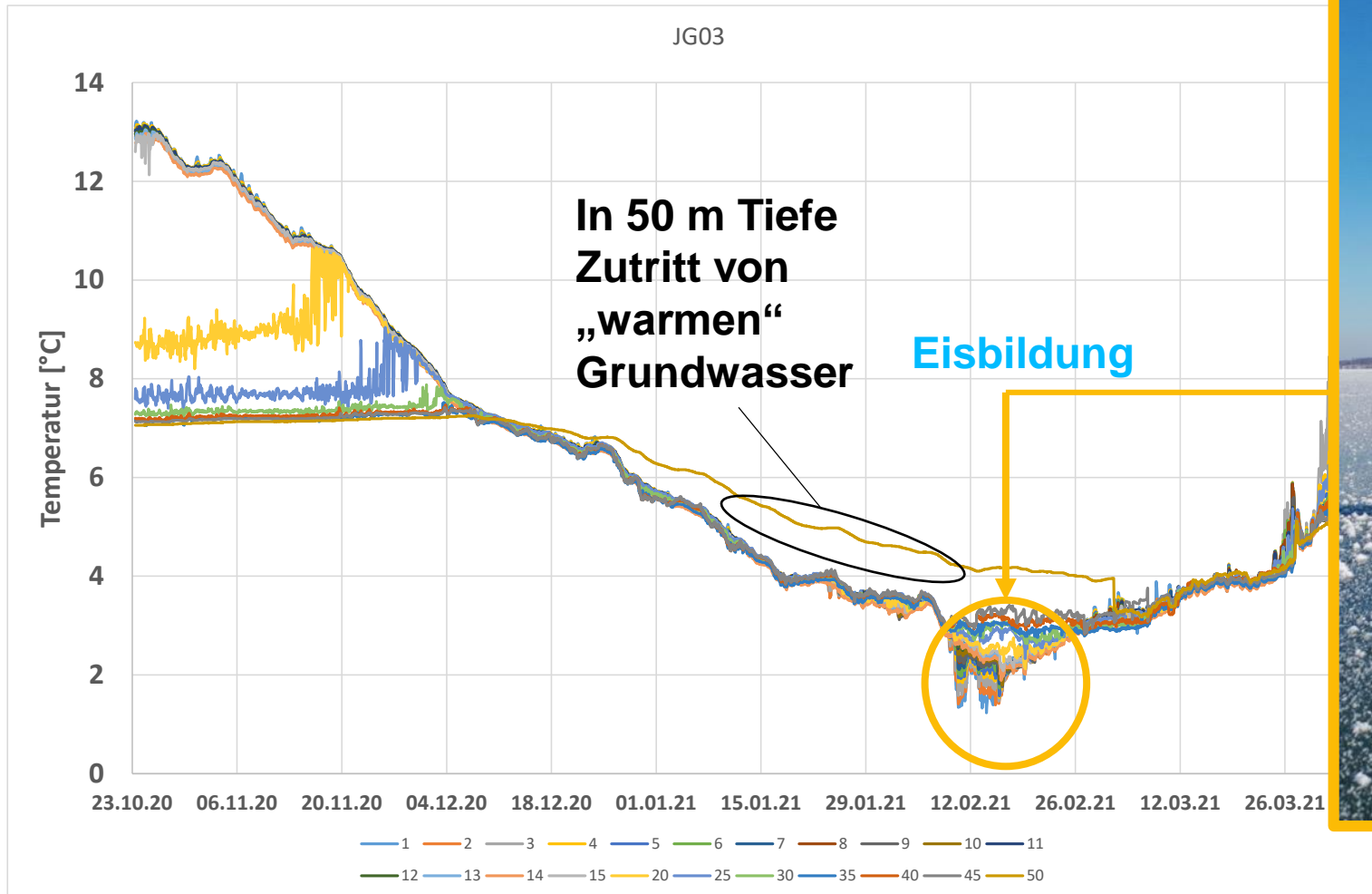


monatliche manuelle Tiefenprofilmessungen





Besonderheiten



Erzeugung von Vakuum-Flüssigeis (Tripelpunktverfahren)



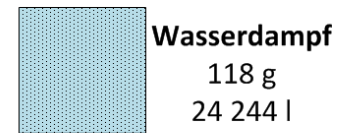
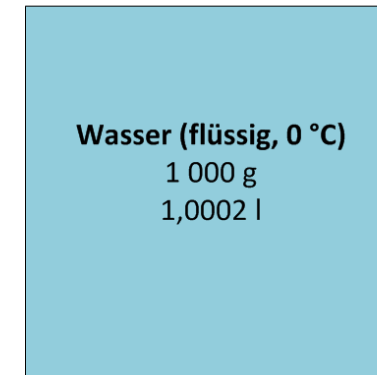
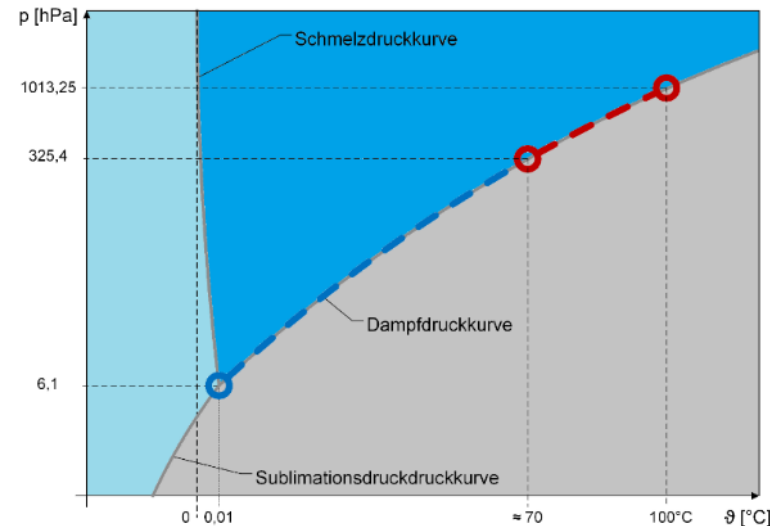
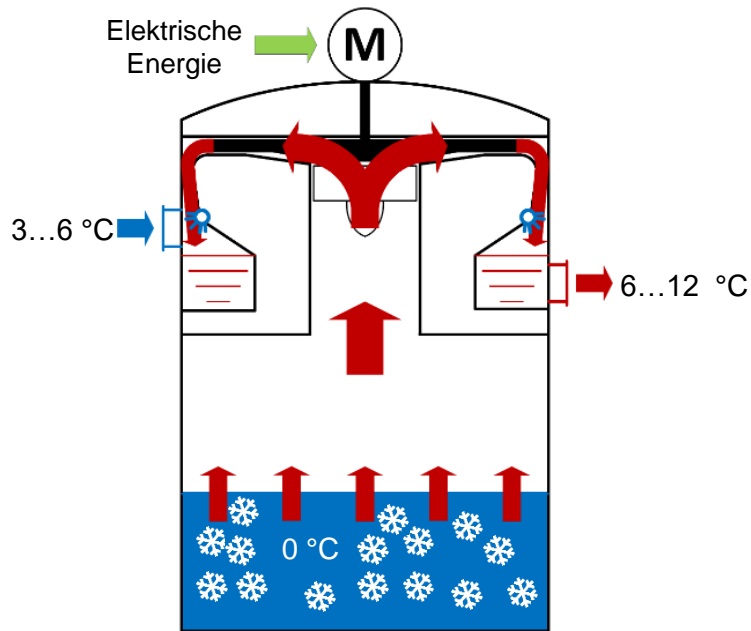
- Verdampfung und gleichzeitiges Gefrieren am Tripelpunkt
- Mechanische Verdichtung des Wasserdampfes (Turboverd.)
- Wärmeabgabe durch Direktkondensation auf leicht erhöhtem Temperaturniveau

Verdampfungsenthalpie (6,1 mbar; 0,01 °C)

$$h_v = 2500 \text{ kJ/kg}$$

Erstarrungs-/Schmelzenthalpie

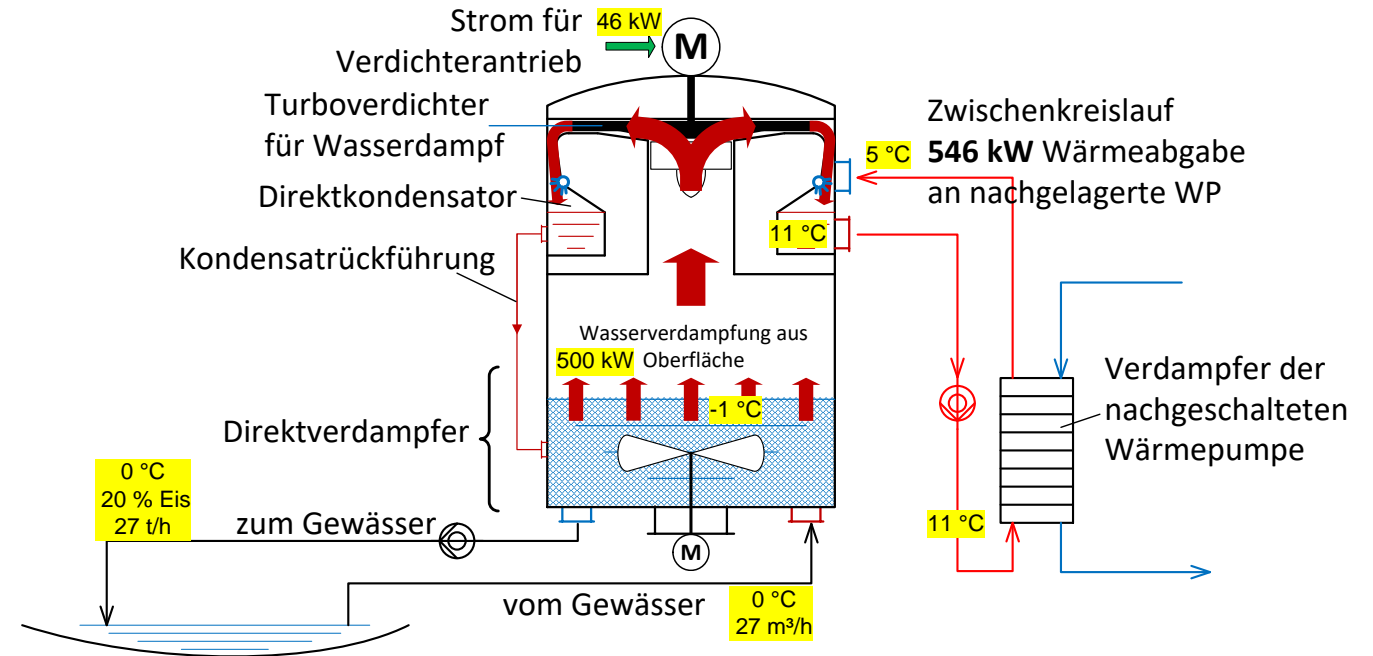
$$h_{fus} = 333,5 \text{ kJ/kg}$$



Vakuum-Flüssigeis in der Hydrothermie



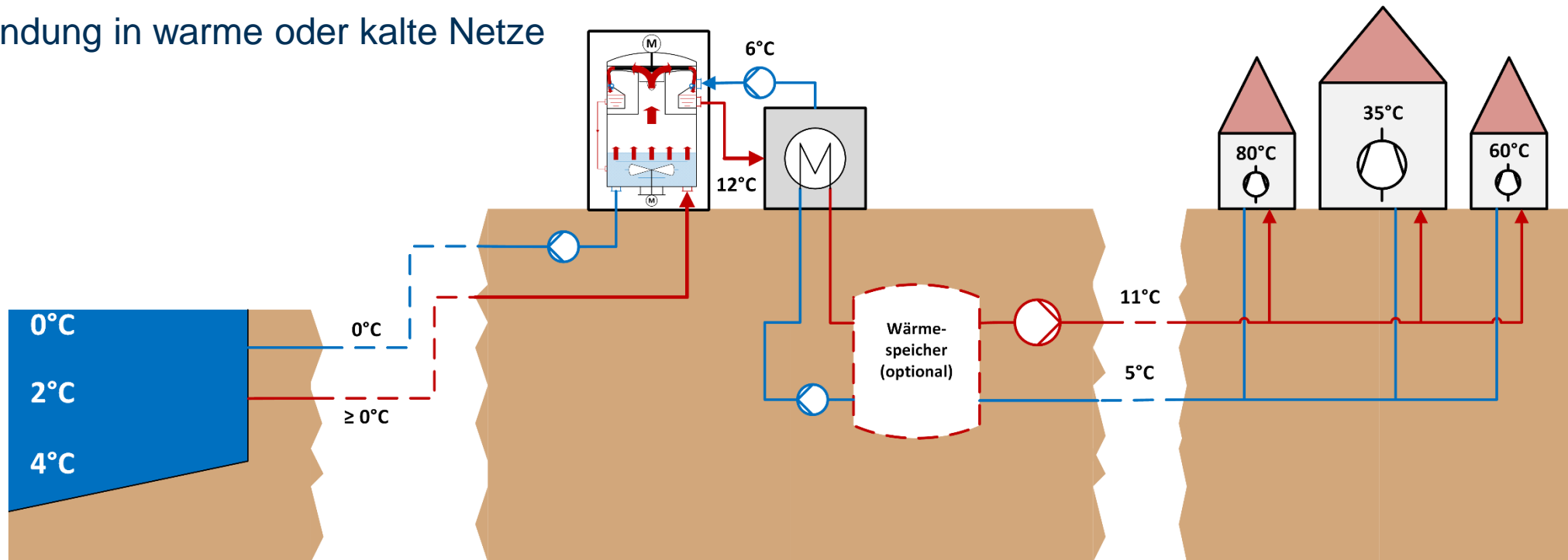
- ...“ist ein Wärmeübertrager mit integrierter Temperaturerhöhung“
- Wärmeentzug aus dem Wasser durch Teilvereisung → pumpfähiges Flüssigeis
- Nutzt die Gefrierwärme!
- Funktioniert auch bei nullgrädigem Wasser also ganzjährig → spart Kosten für zusätzlichen Wärmeerzeuger
- Hohe Effizienz durch Direktverdampfung
- Nutzung der Gefrierwärme: 333 kJ/kg
→ Vergleich sensible Wärme
bei Abkühlung um 6 Kelvin: 25 kJ/kg
→ Reduktion der Wassermenge)



Thermische Gewässernutzung - Aquathermie



- Gewässer als leistungsfähige und ganzjährige Wärmequelle für Wärmepumpen
- Mit Vakuummeis – auch bei sehr kaltem Wasser; keine Wassergefährdung
- Einbindung in warme oder kalte Netze

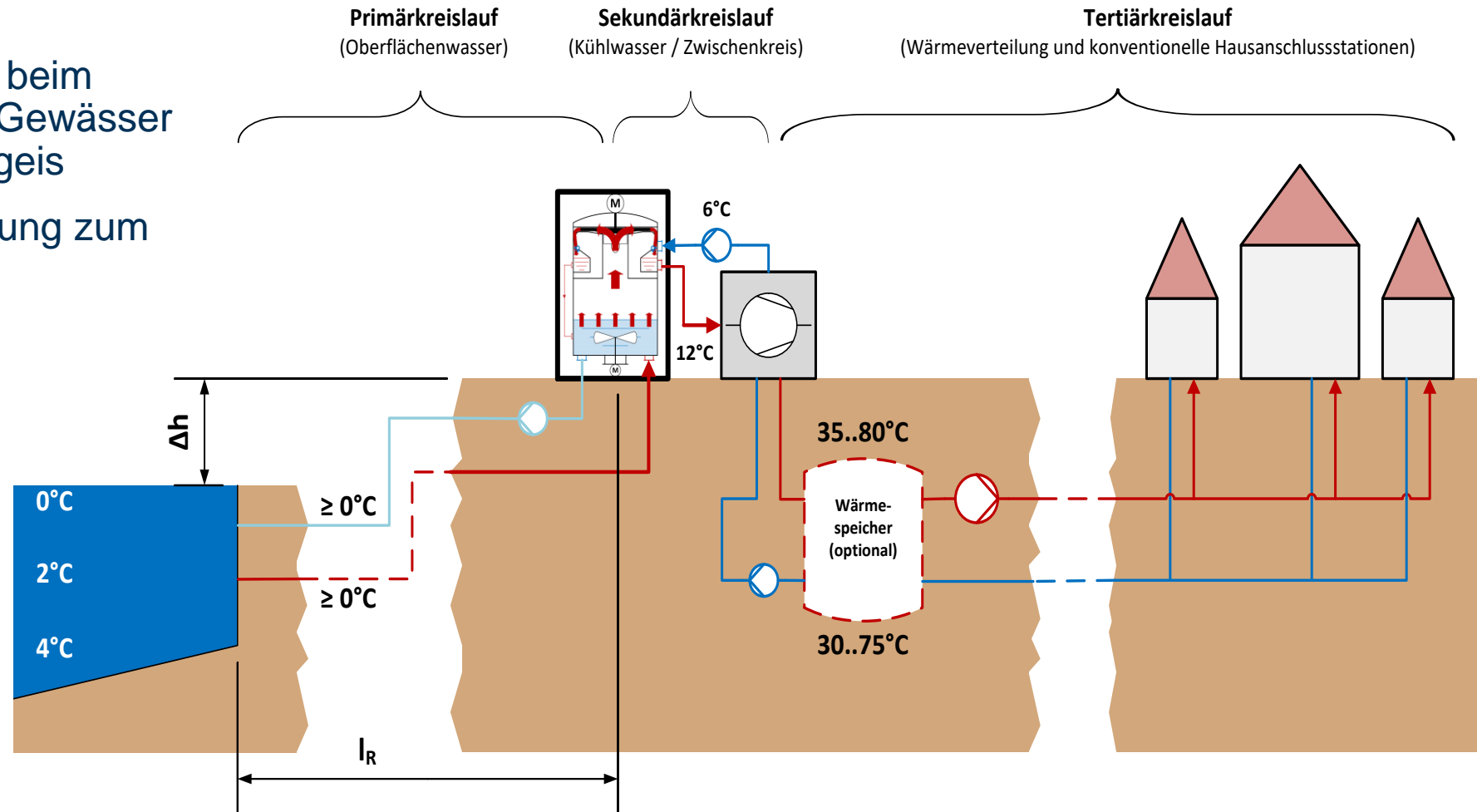


Kaltes Nahwärmenetz (Kaskade dezentral verteilter Wärmepumpen)

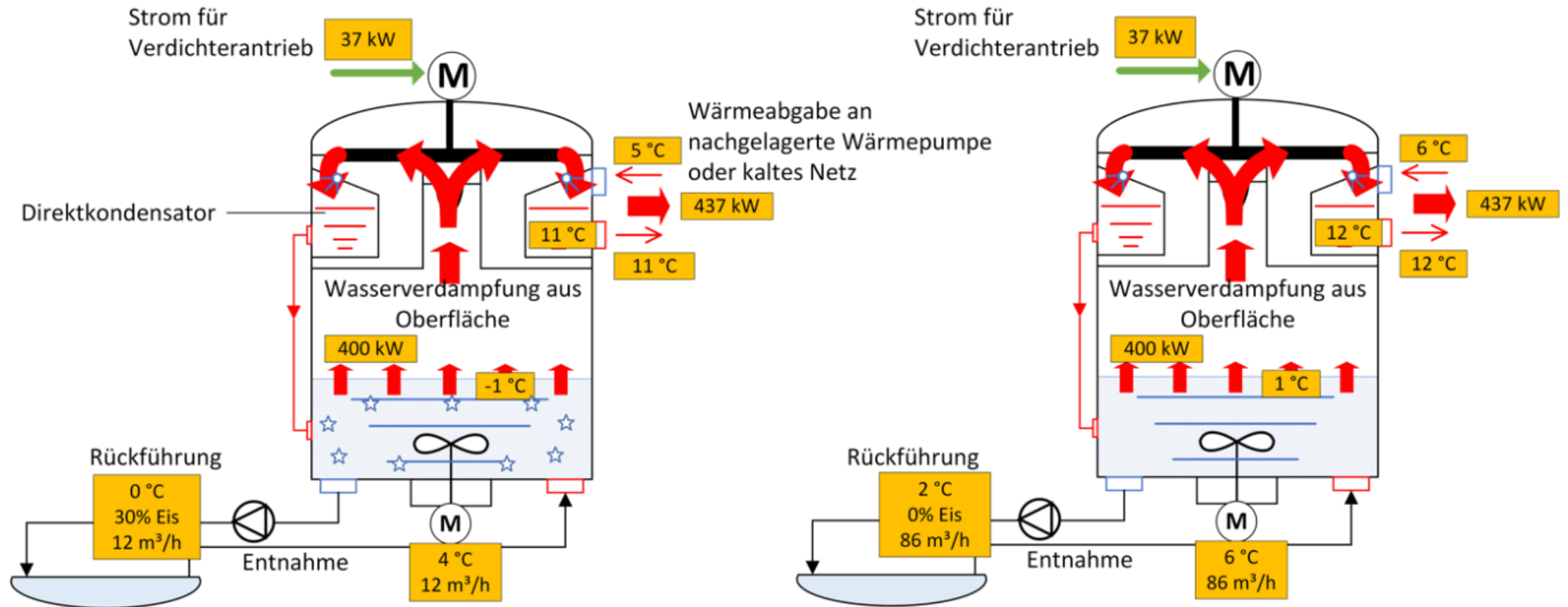
Thermische Gewässernutzung - Aquathermie



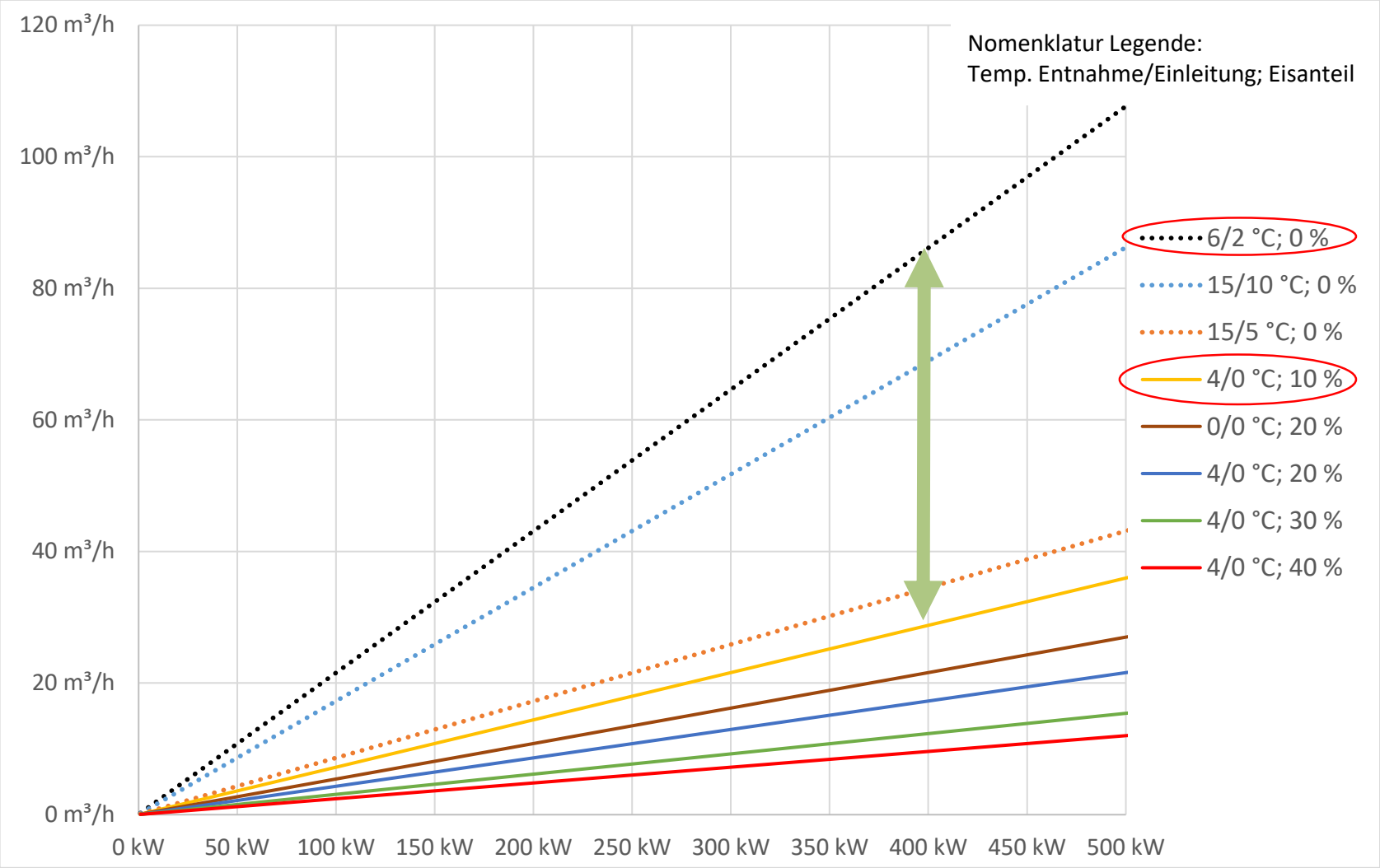
- hohe Energiedichte (= geringer Pumpaufwand) beim Wärmetransport zwischen Gewässer und Eiserzeuger mit Flüssigeis
- ermöglicht größere Entfernung zum Gewässer



Reduktion der Wassermenge durch vereisenden Betrieb

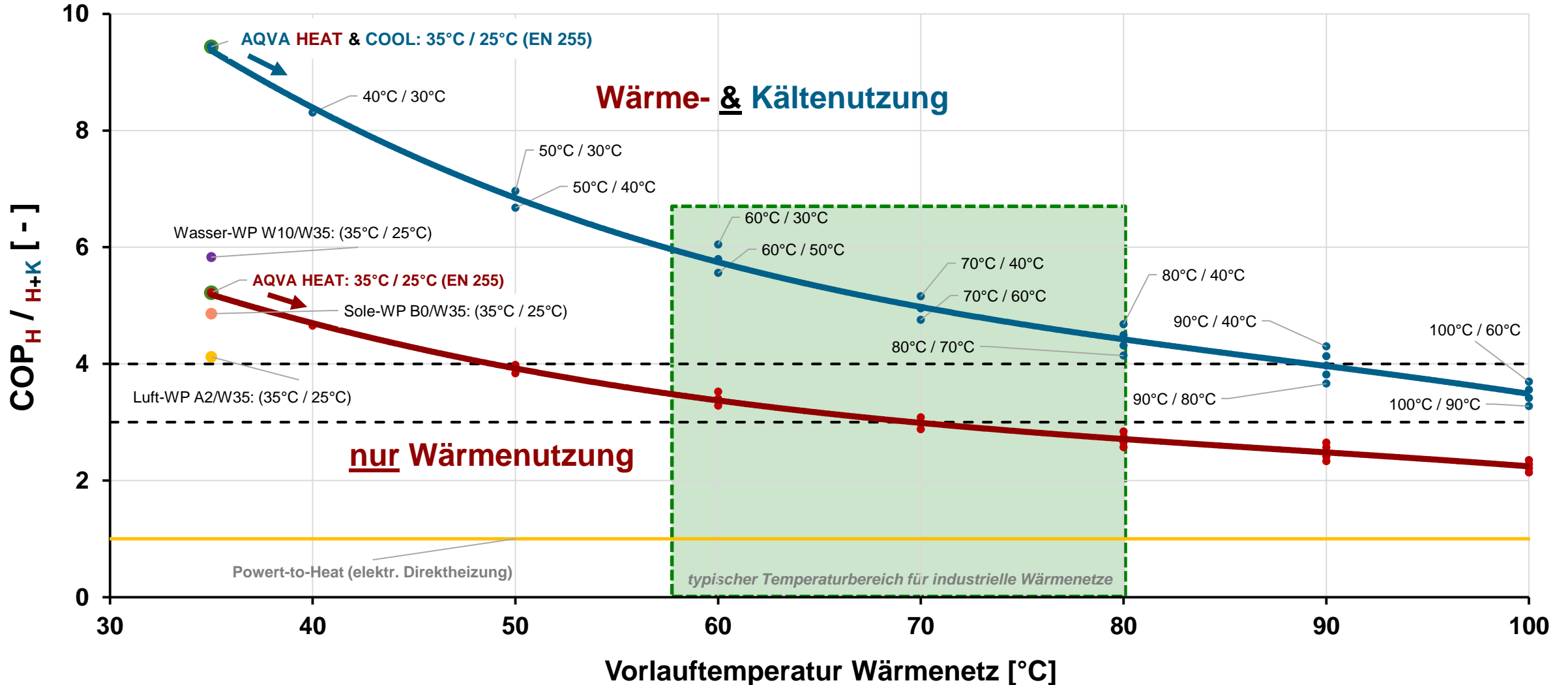


Reduktion der Wassermenge durch vereisenden Betrieb



Systemeffizienz in verschiedenen Netzkonfigurationen

Wärmepumpenbetrieb mit Flüssigeiserzeugung & NH3 – Wärmepumpe (einstufig)



Praxistest Hydrothermie



– ... an der Mandau in Zittau, Herbst 2022



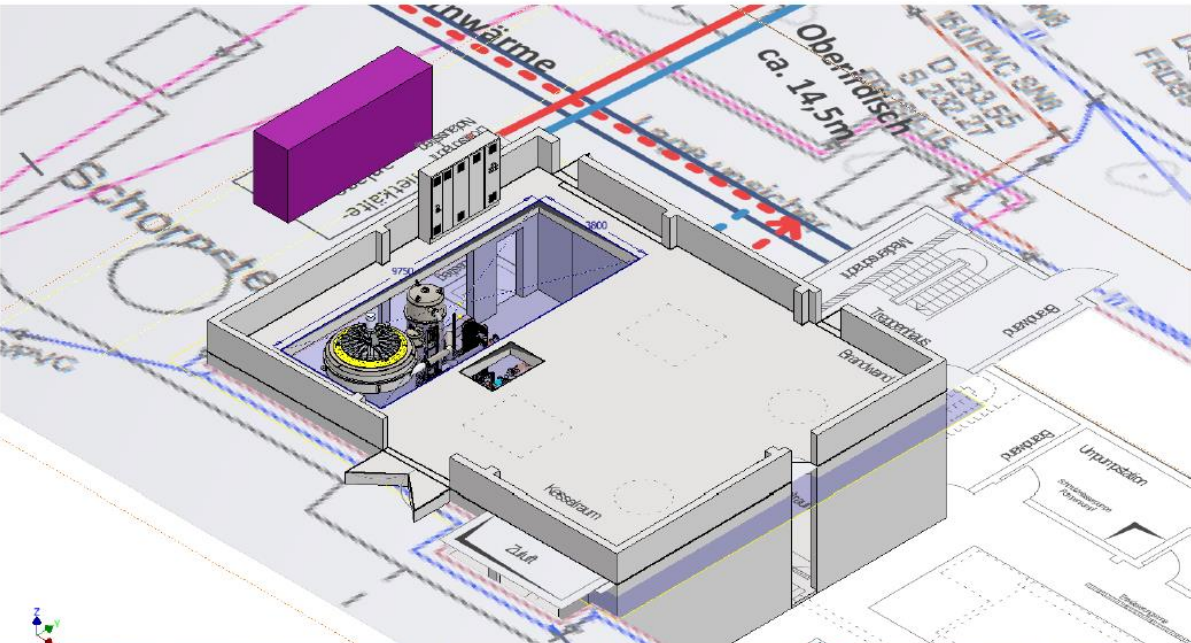
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Einbringung & Aufbau am Standort der Stadtwerke Zittau



Quelle: Hochschule Zittau/Görlitz (Carla Schmidt Fotografie)

Gewässerzugang und Peripherieeinrichtungen



Fluss Mandau mit Fernwärmeleitung der Stadtwerke Zittau GmbH

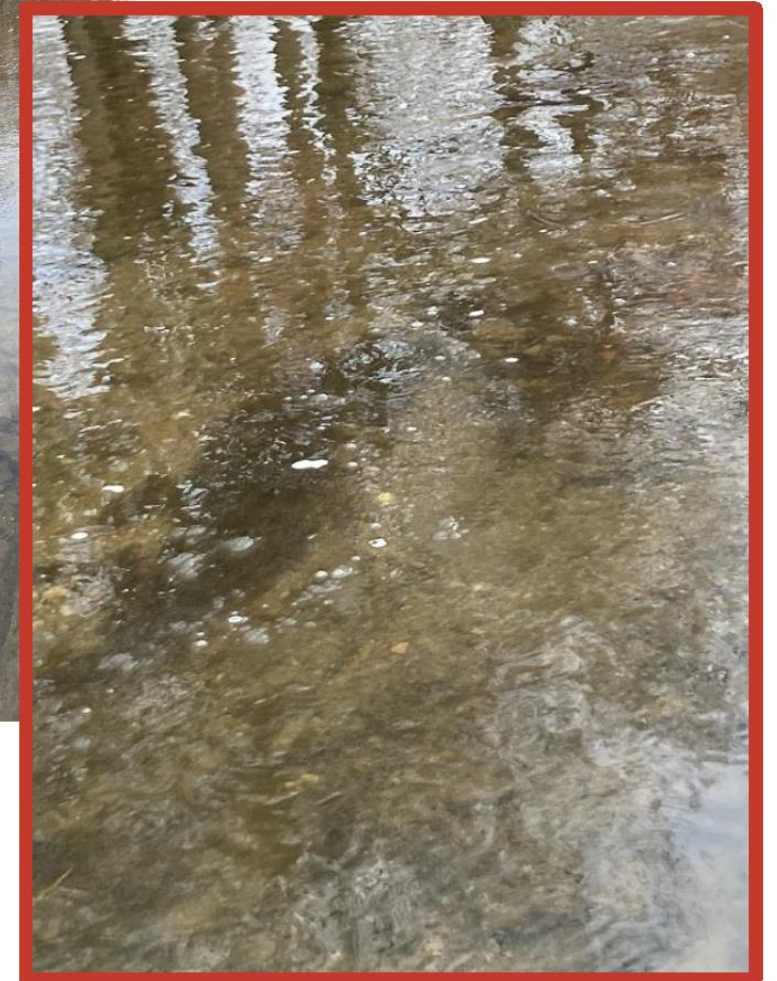
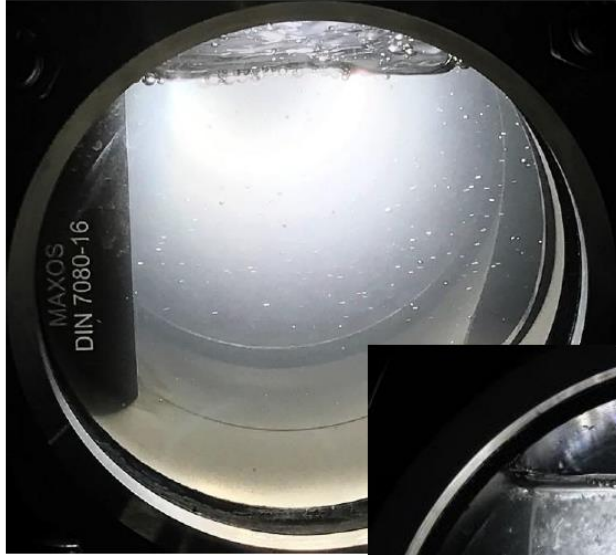


Externe Medienführung



Vereinfachte Wasserentnahme mit Tauchpumpe

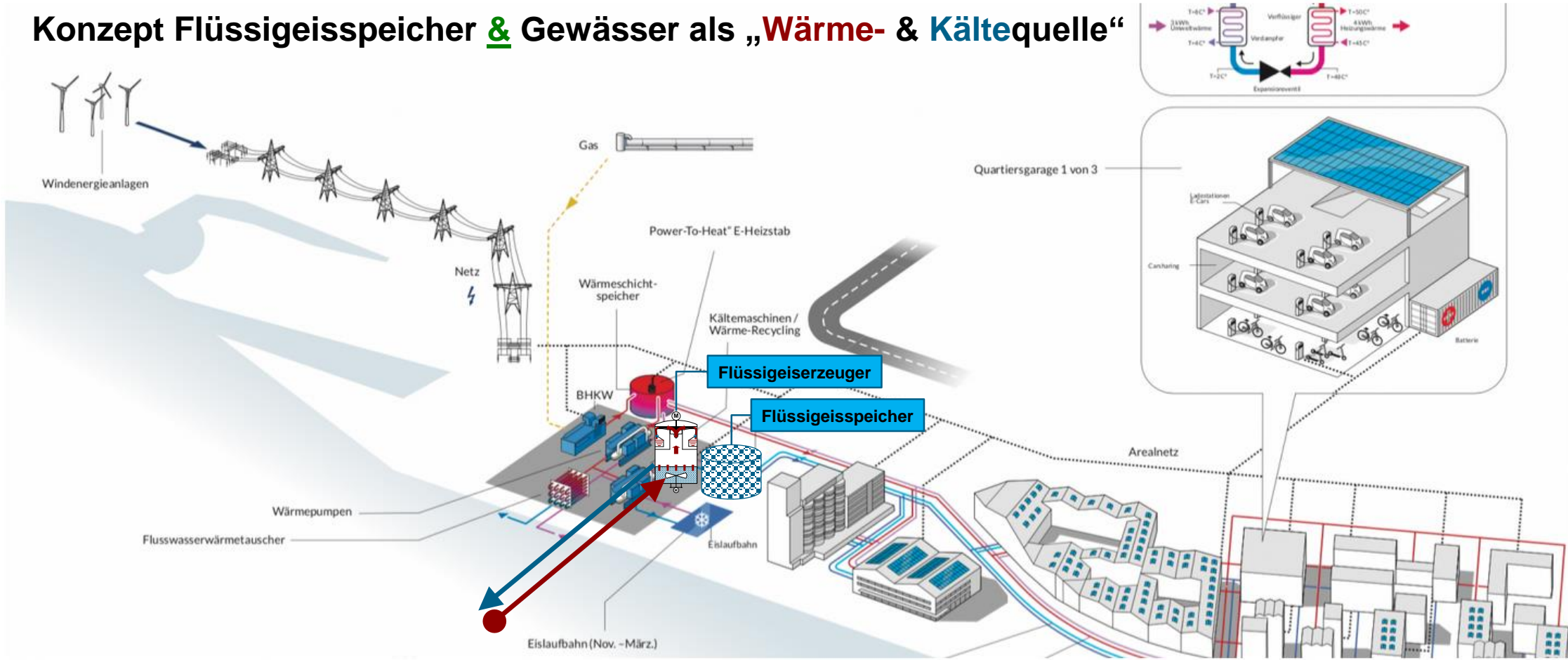
Partikelmorphologie und Einfluss der Wiedereinleitung von Flüssigeis



Flussthermie - Überseeinsel Bremen



Konzept Flüssigeispeicher & Gewässer als „Wärme- & Kältequelle“

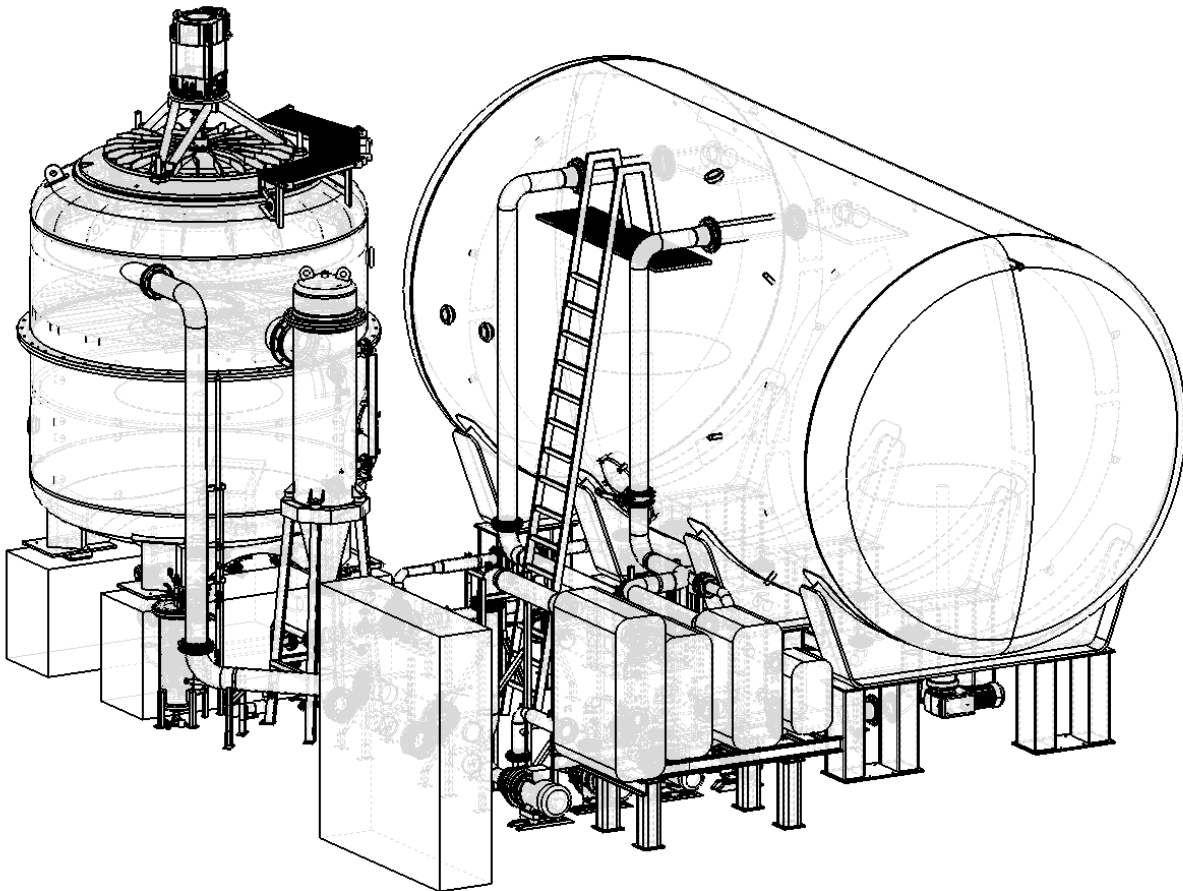


Quelle: <https://www.ueberseeinsel.de>

3,5 MWh Flüssigeis-Kältespeicher im Rechenzentrum



Charging: 400 kW
Storage: 3,500 kWh
Discharging: 1,200 kW



Zusammenfassung: Vorteile des Systemkonzeptes



- natürliches, ungiftiges, nicht brennbares und preiswertes Kältemittel Wasser
 - prinzipbedingte Vermeidung des Übertritts wassergefährdender Stoffe
- ausführbar als monovalentes System („planbare“ Wärmequelle, konst. Quelltemperatur)
 - ganzjährige Nutzung von nahezu allen Gewässern
 - keine Einschränkung der Wärmeentzugsleistung durch niedrige Wassertemperaturen
- geringe Entnahmemengen aufgrund hoher Transportkapazitäten
- Deutlich geringerer Flächenbedarf ggü. alternativer (regenerativer Wärmequellen)
- keine Verschmutzung eines wasserbeaufschlagten Wärmeübertragers
- Potential zur Reduzierung der Erschließungskosten (Industrialisierung / modulare Konzepte)
- Integration in ein sektorgekoppeltes Gesamtsystem (bspw. Wärme-Kälte-Kopplung)

AQVA Synergy GmbH



- Spin-Off des ILK Dresden
- Gründung in 2022
- Standort / Kontakt
 - 02763-Zittau, Äußere Oybiner Strasse 16
 - +49 (0) 3583 796 965 8
 - mail@aqva.de
- Angebotene Leistungen:
 - Entwicklung innovativer Energieversorgungslösungen unter Nutzung von „Wasser als Kältemittel“ / Vakuum-Flüssigeis
 - Konzeptstudien, Projektierungsarbeiten und andere darauf basierende Beratungsleistungen
 - Herstellung der Anlagentechnik und Integration in versorgungstechnische Gesamtsysteme



*Christoph Steffan
Geschäftsführer*

Vakuum-Flüssigeis – Anwendungen



- Kältespeicherung - Flexibilisierung auch industrieller Kälteanlagen
- Kältetransport

Fernkälte

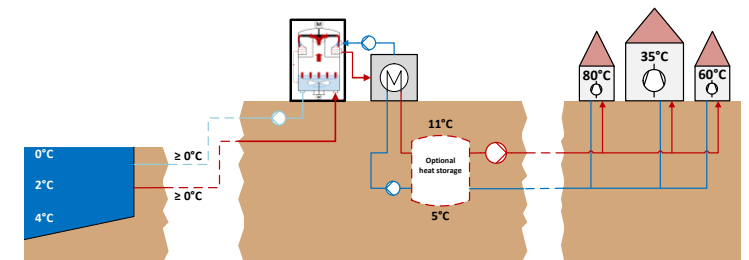
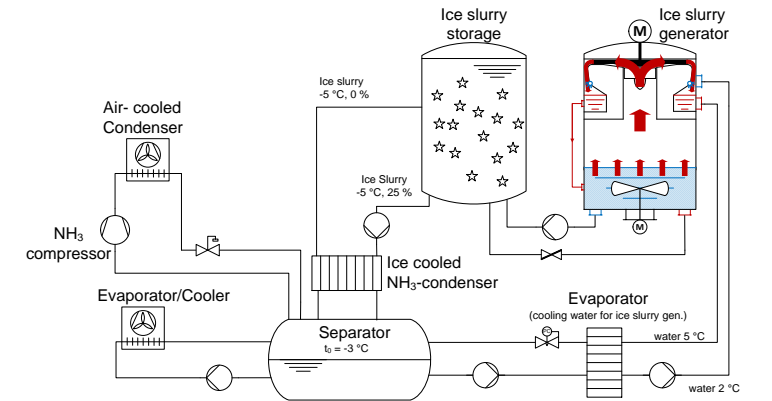
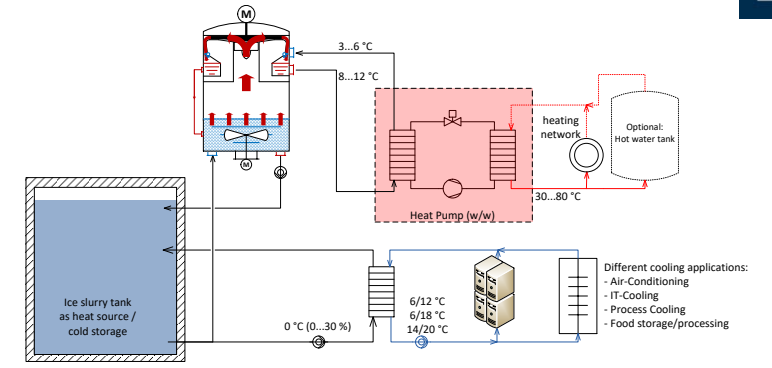
- Flexibilisierung durch Kältespeicher mit hoher Energiedichte
- Kapazitätssteigerung bestehender Netze
- Minderung Pumpenergie

Hydrothermie (Gewässer als Wärmequelle)

- Fluss- und Seewasser als Wärmequelle ⇒ ganzjährig

Wärmeversorgung

- “Heizen mit Eis”(-speicher)
- Wärme-Kälte-Kopplung
- Kalte Netze





Dr.-Ing. Mathias Safarik

Leiter Hauptbereich Angewandte Energietechnik

T +49 351 4081 5501

F +49 351 4081 5599

M +49 173 5860482

mathias.safarik@ilkdresden.de



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages