

Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden gGmbH

Möglichkeiten der kombinierten Wärme- und Kälteversorgung und Einbindung erneuerbarer Energien in Kühlprozesse

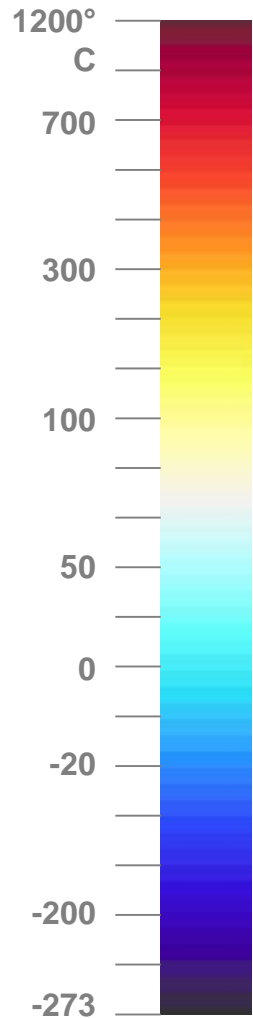
Wärmeconzepte im ländlichen Raum, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG),
Nossen, 8.11.2022



ILK Dresden | Struktur und Zahlen

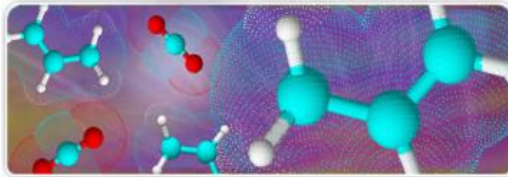
- ▶ **Gründung: 1964**
- ▶ **Unabhängige Forschungseinrichtung: 1990**
- ▶ **Mitarbeiter: 153 (72% Akademiker)**
- ▶ **Durchschnittsalter: 46 Jahre**
- ▶ **Studenten: ca. 50 pro Jahr**
- ▶ **Versuchsfläche: >3000 m²**
- ▶ **physikalisch-chemische Labore: 25**
- ▶ **> 15 Mio. Euro Jahresumsatz:**
- ▶ **Projektforschung öffentliche Hand: 55 %**
- ▶ **Industrieforschung: 45 %**





Luft- und Klimatechnik

Lüftung, Klimatisierung, Luftfilterung, Verbrennung
Strömungsmechanik, Thermodynamik



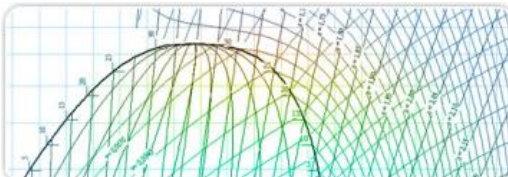
Angewandte Neue Technologien

Arbeitsstoffe, Werkstoffe, Thermische Speicher, solare
Kühlung, Messungen, Sensorik, Leckagensuche



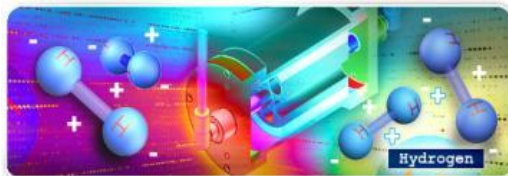
Angewandte Energietechnik

Wasser als Kältemittel, Flüssigeis/Eisbrei, Absorptionskälte,
Komplexe Energiesysteme



Kälte- und Wärmepumpentechnik

Kompressions-, Haushalts-, Gewerbekälte, Wärmepumpen



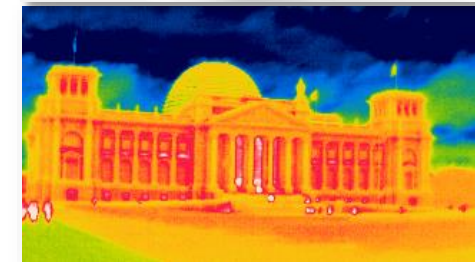
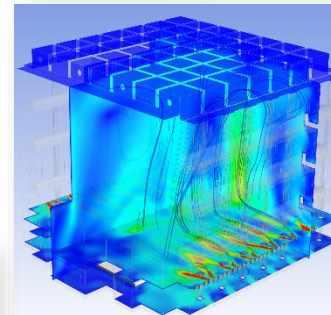
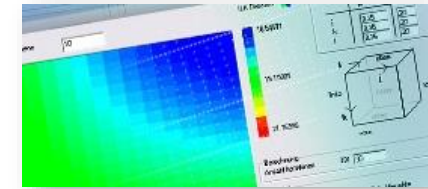
Kryotechnik & Tieftemperaturphysik

Kryokühler, Kryostate, He-Refrigeratoren, transkrit.
Wasserstoff, Life Science



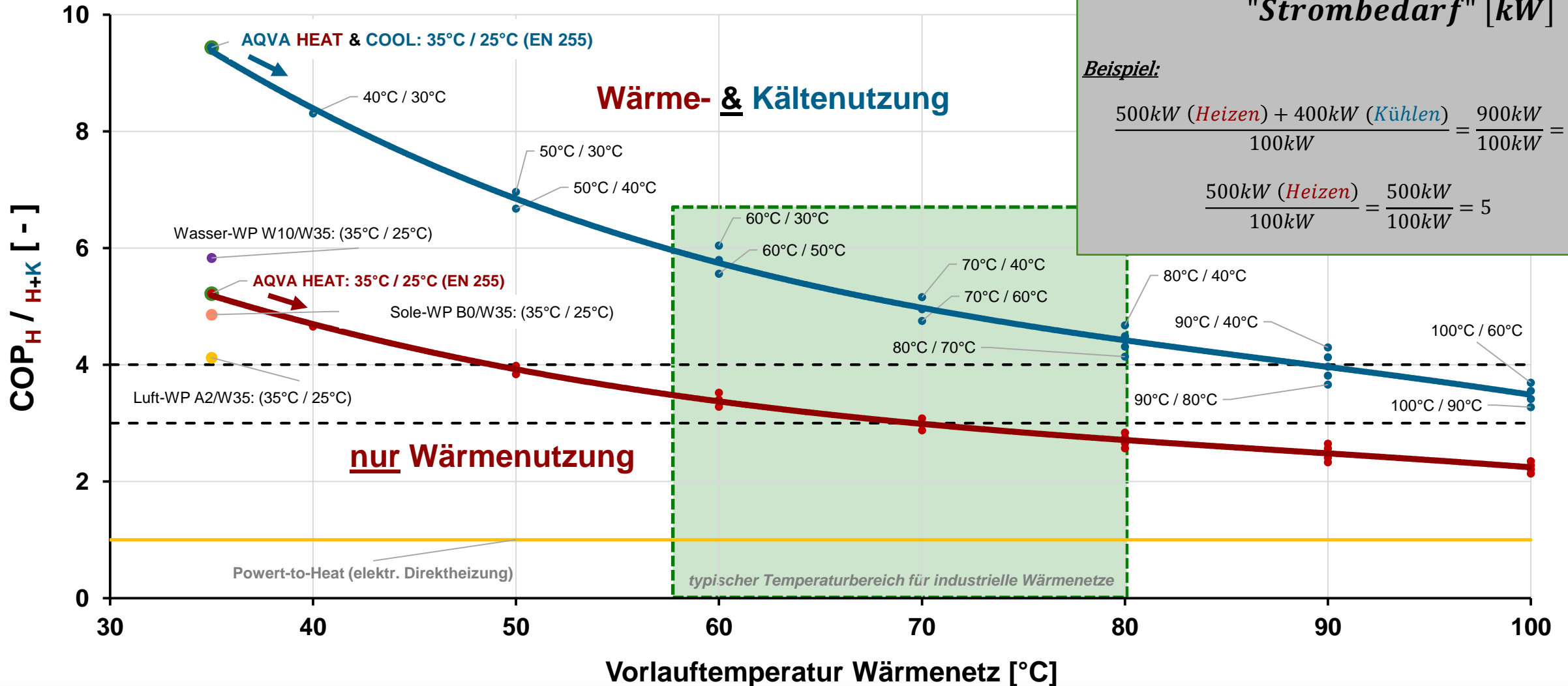


- ▶ **Forschung und Entwicklung**
- ▶ **Technologietransfer**
- ▶ **Beratungen und Gutachten**
- ▶ **Entwicklung und Bau von Prüfständen**
- ▶ **Entwicklung und Planung gebäudetechnischer Anlagen**
- ▶ **Wissenschaftlich-technische Dienstleistungen**
- ▶ **Softwareentwicklung**
- ▶ **Schulungen**



Wärme-Kälte-Kopplung mit Flüssigeispeicher

Systemeffizienz: Wärmepumpenbetrieb mit Flüssigeiserzeugung / -speicherung



$$COP = \frac{\text{"Thermischer Nutzen" [kW]}}{\text{"Strombedarf" [kW]}}$$

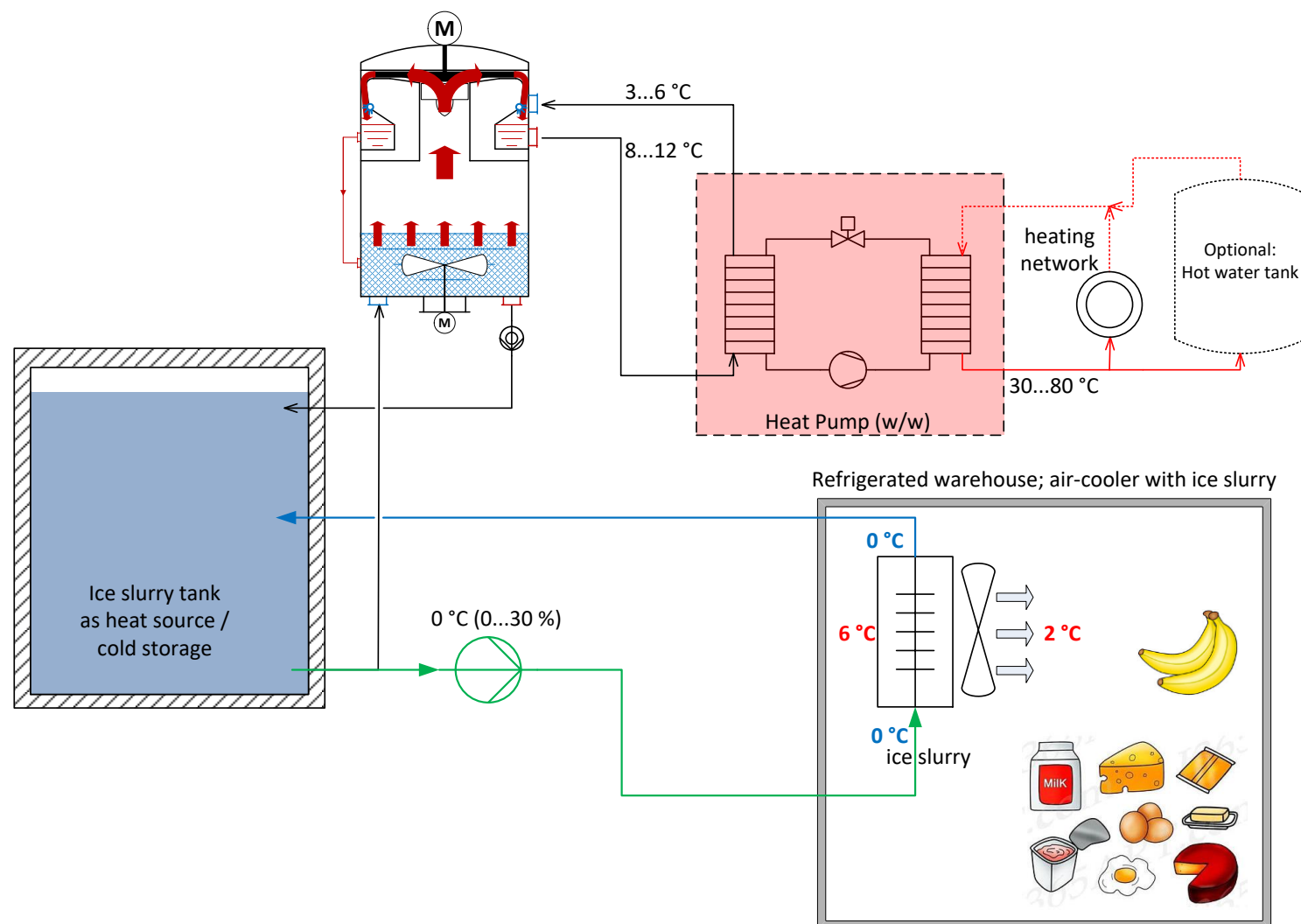
Beispiel:

$$\frac{500\text{kW (Heizen)} + 400\text{kW (Kühlen)}}{100\text{kW}} = \frac{900\text{kW}}{100\text{kW}} = 9$$

$$\frac{500\text{kW (Heizen)}}{100\text{kW}} = \frac{500\text{kW}}{100\text{kW}} = 5$$

Wärme-Kälte-Kopplung mit Flüssigeisspeicher

- ▶ Flüssigeis als Kälteträger ermöglicht Anwendung der Wärme-Kälte-Kopplung auch im **Lebensmittelbereich**
- ▶ Vorteil: ganzjähriger Kältebedarf!
- ▶ Höchste Effizienz durch kombinierte Wärme/Kälte-Nutzung
- ▶ Flüssigeisspeicher zum Ausgleich von zeitlich versetztem Wärme- und Kältebedarf
- ▶ Zusätzlich Regeneration des Flüssigeisspeichers durch Solar- oder Umweltwärme möglich



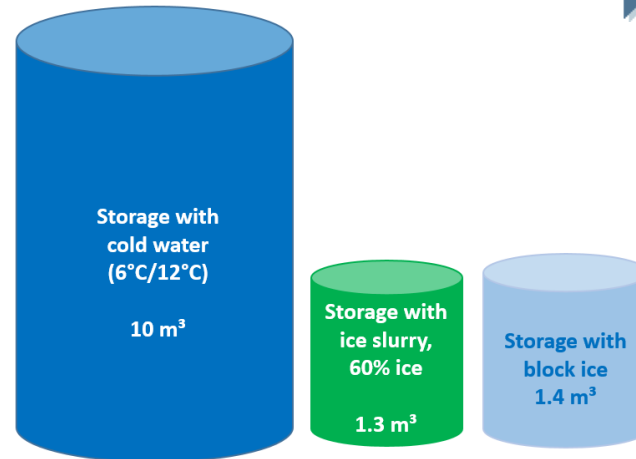


Sensible heat storage

- ▶ Uses temperature difference (6/12 °C -> 25 kJ/kg ~ 7 kWh/m³)
- ▶ Very small difference usable
- ▶ Leads to very big tanks
- ▶ Stratification issues



© T. Urbaneck



Comparison of storage volume for the same capacity

Latent heat storage

- ▶ Uses latent heat of fusion Water / Ice (333 kJ/kg ~ 85 kWh/m³)
- ▶ High storage density
- ▶ Melting point close to application temperature



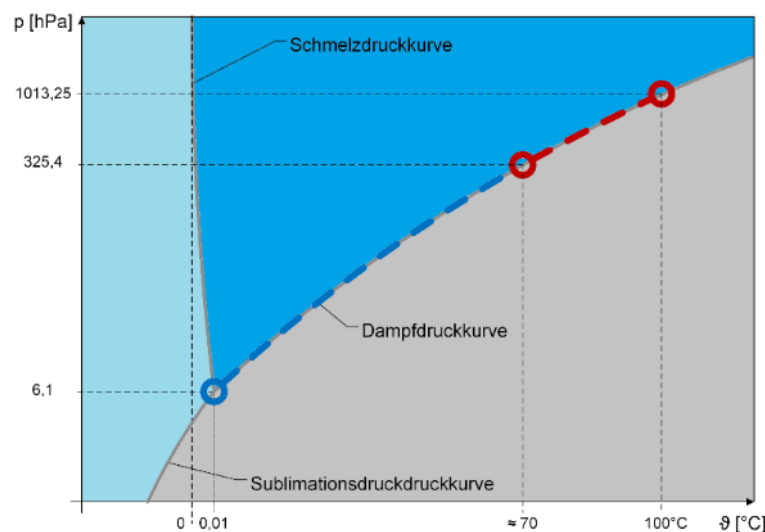
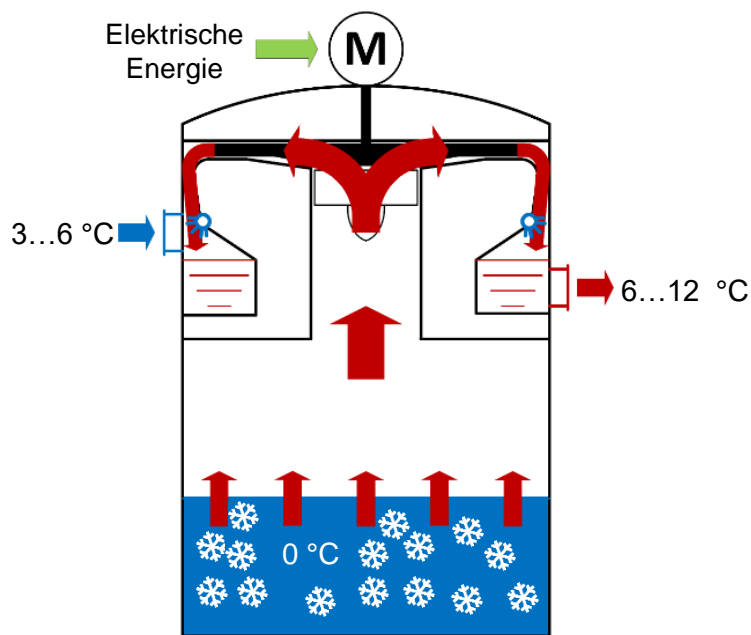
© Calmac

Vakuum-Flüssigeis



Erzeugung von Vakuum-Flüssigeis (Tripelpunktverfahren)

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

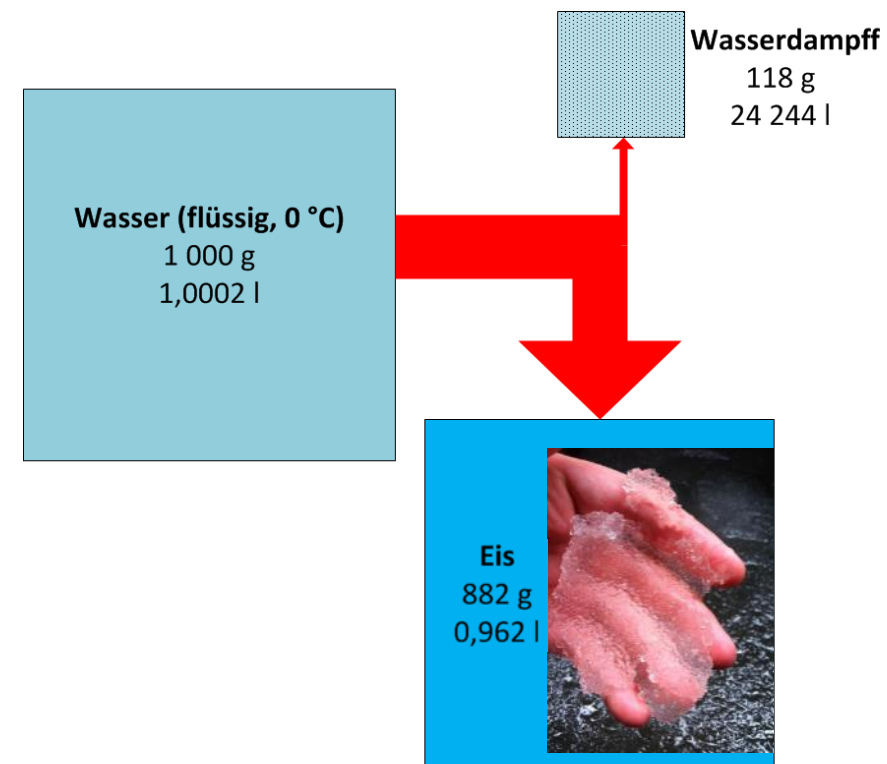


Verdampfungsenthalpie (6,1 mbar; 0,01 °C)

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

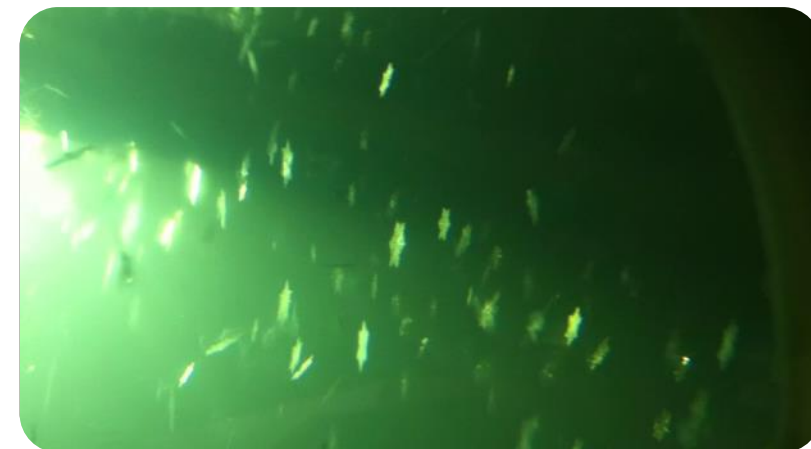
Erstarrungs-/Schmelzenthalpie

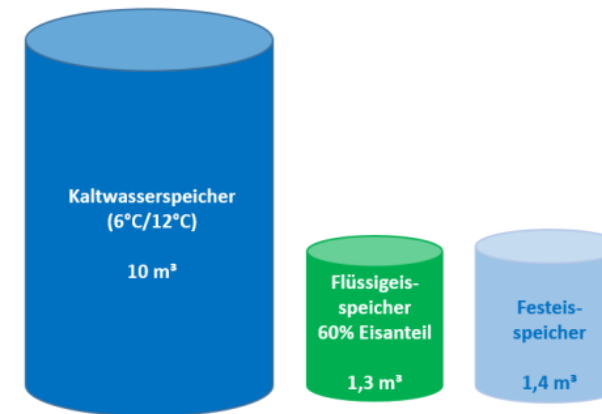
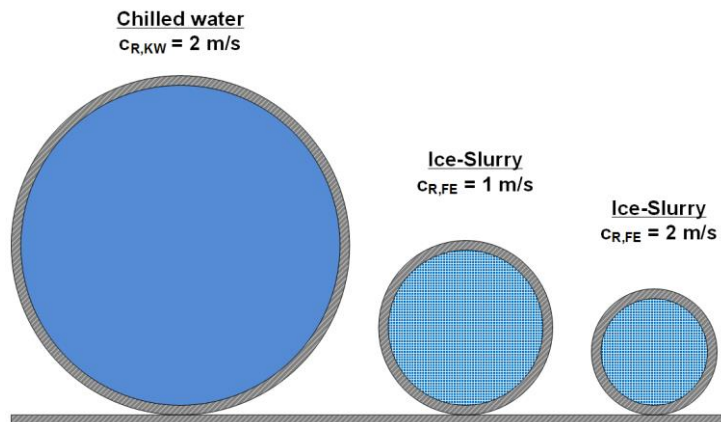
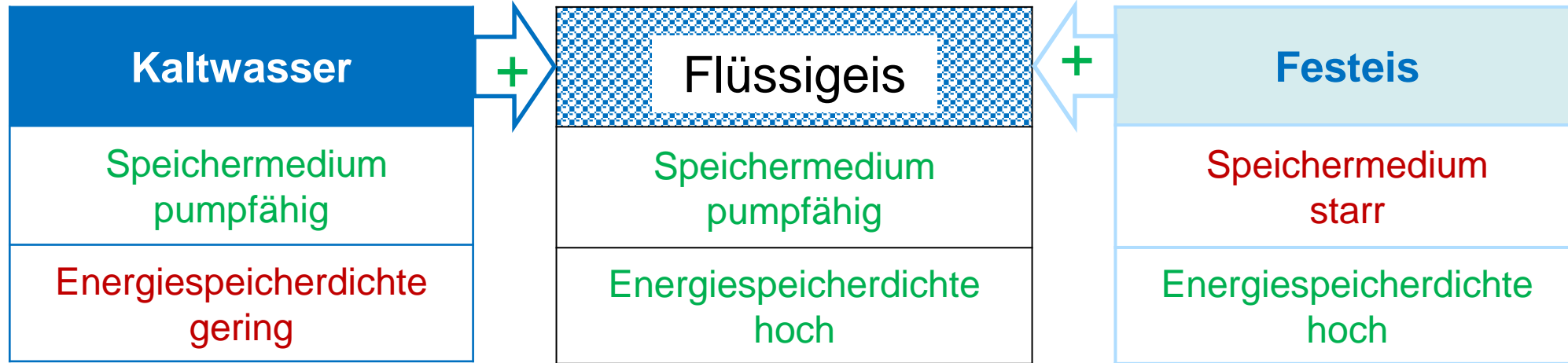
$$h_{fus} = 333,5 \text{ kJ/kg}$$



Erzeugung von Vakuum-Flüssigeis (Tripelpunktverfahren)

- ▶ Wasser = Kältemittel und Speichermedium
- ▶ keine trennenden WÜ (Direktverdampfung und –kondensation)
- ▶ Höchste Effizienz aller Eiserzeugungsverfahren
- ▶ Pumpfähiges Wasser-Eis-Gemisch
 - ▶ Kostengünstige Speicherung großer Energiemengen
 - ▶ Transport thermischer Energie mit hoher Energiedichte und konstanter Temperatur





Vergleich des Speichervolumens bei gleicher Kapazität

Flüssigeis vereint die Vorteile von Kaltwasser- und Festeis



► Umgesetzt:

(2 x 50 kW: *Laboranlagen*)

180 kW/1,0 MWh: *Kälte-Lastmanagement „Chemiegebäude“*

► Inbetriebnahme:

400 kW/3,5 MWh: *Kälte-Lastmanagement „Rechenzentrum“*

500 kW/5,0 MWh/-5 °C: *Projekt WindNODE „Prozesskühlung“*

► Projektstarts / Planung:

AQVA HEAT (Erschließung von nat. Gewässern zum Heizen)

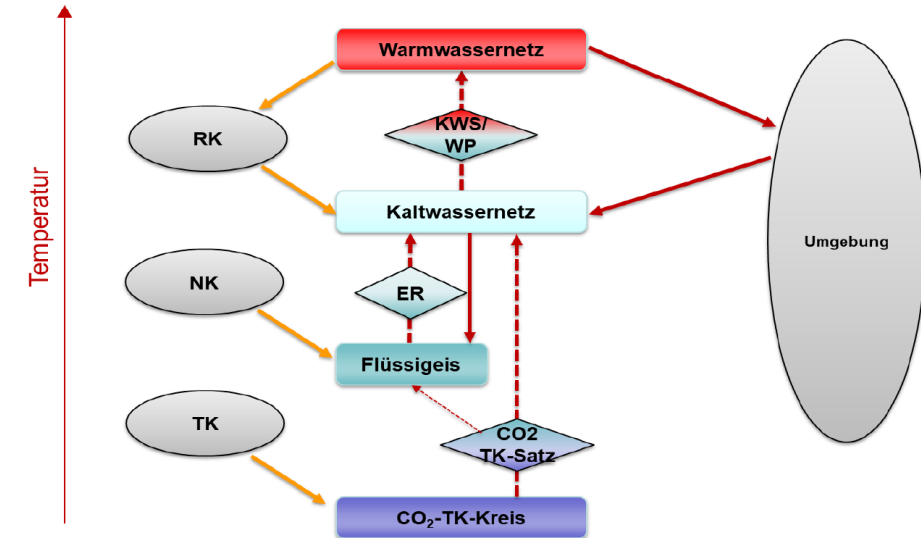
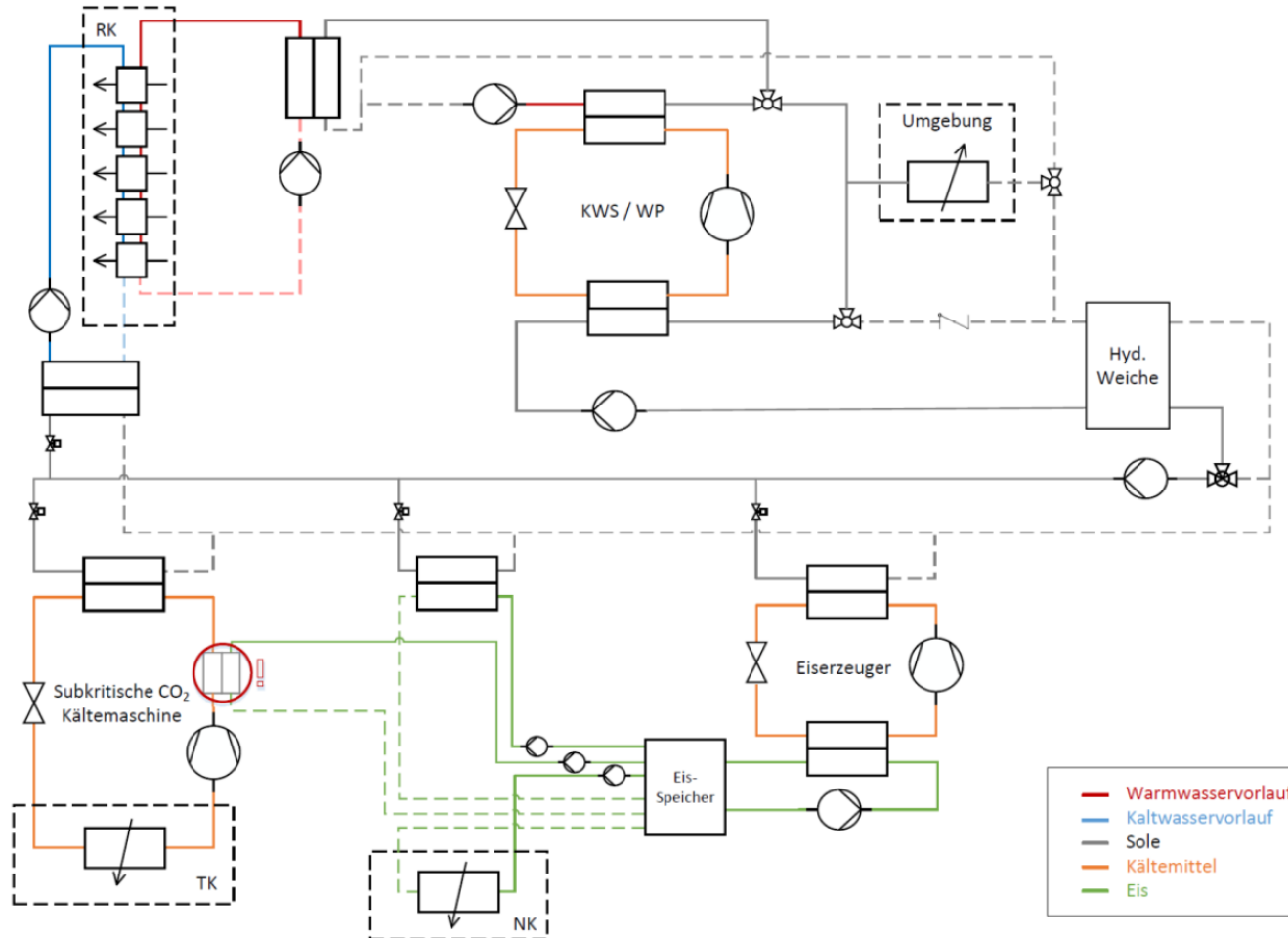
→ 2 Demonstrationsanlagen (Fluss / See)

KETEC: „Eisernerzeuger kleiner Leistung“ (Ziel: 80kW)

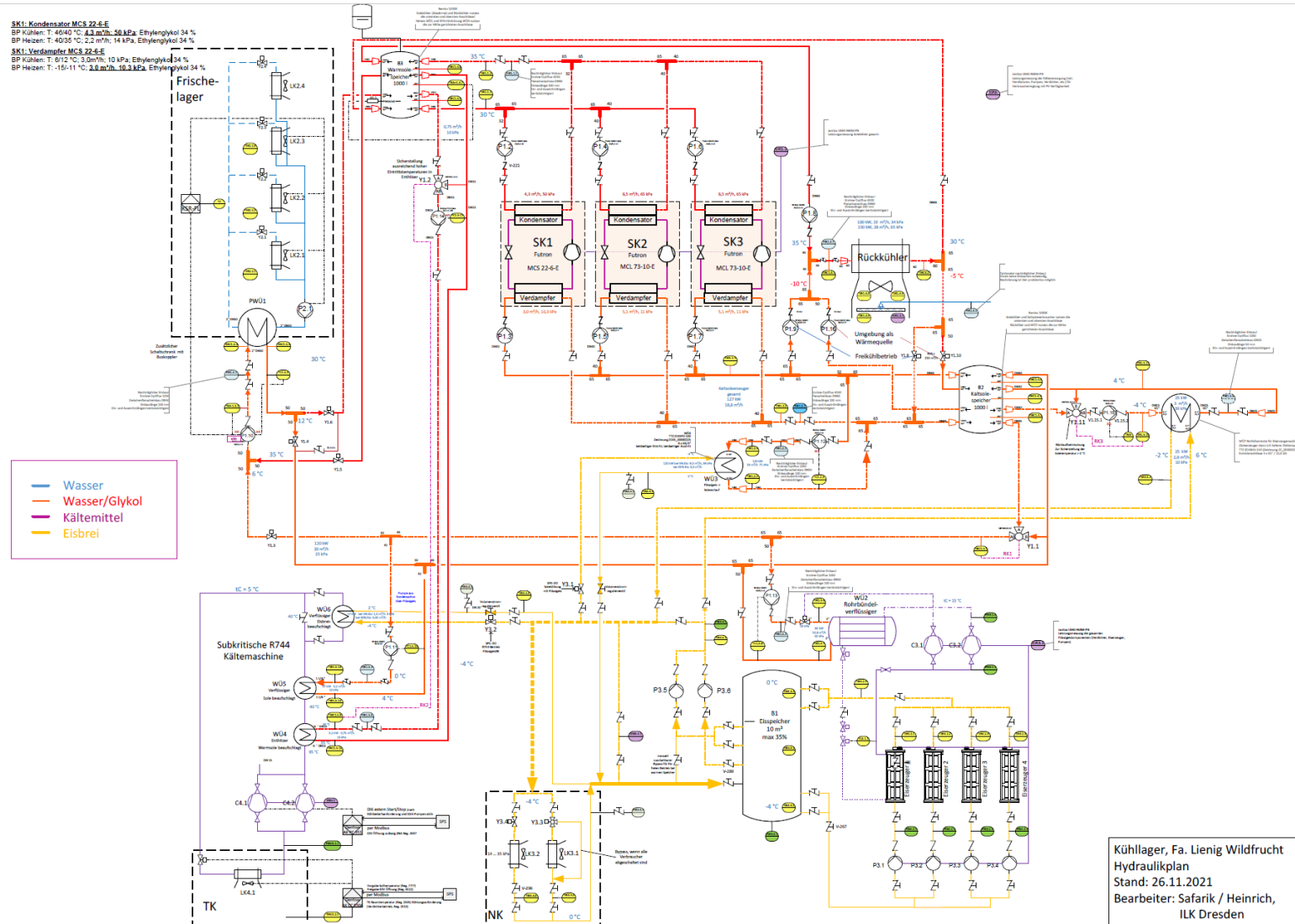
► Spin-Off: AQVA Synergy mit Sitz in Zittau







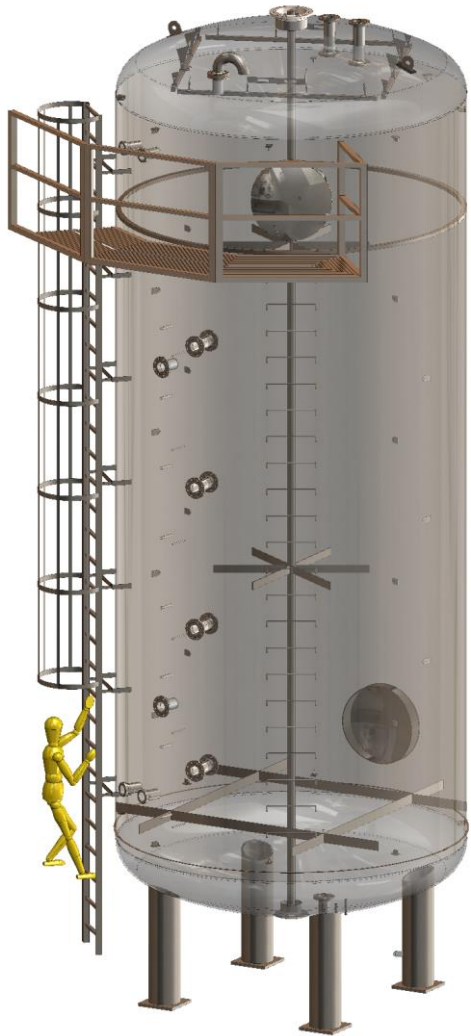
Projekt Wildfrucht Lienig – Umsetzung





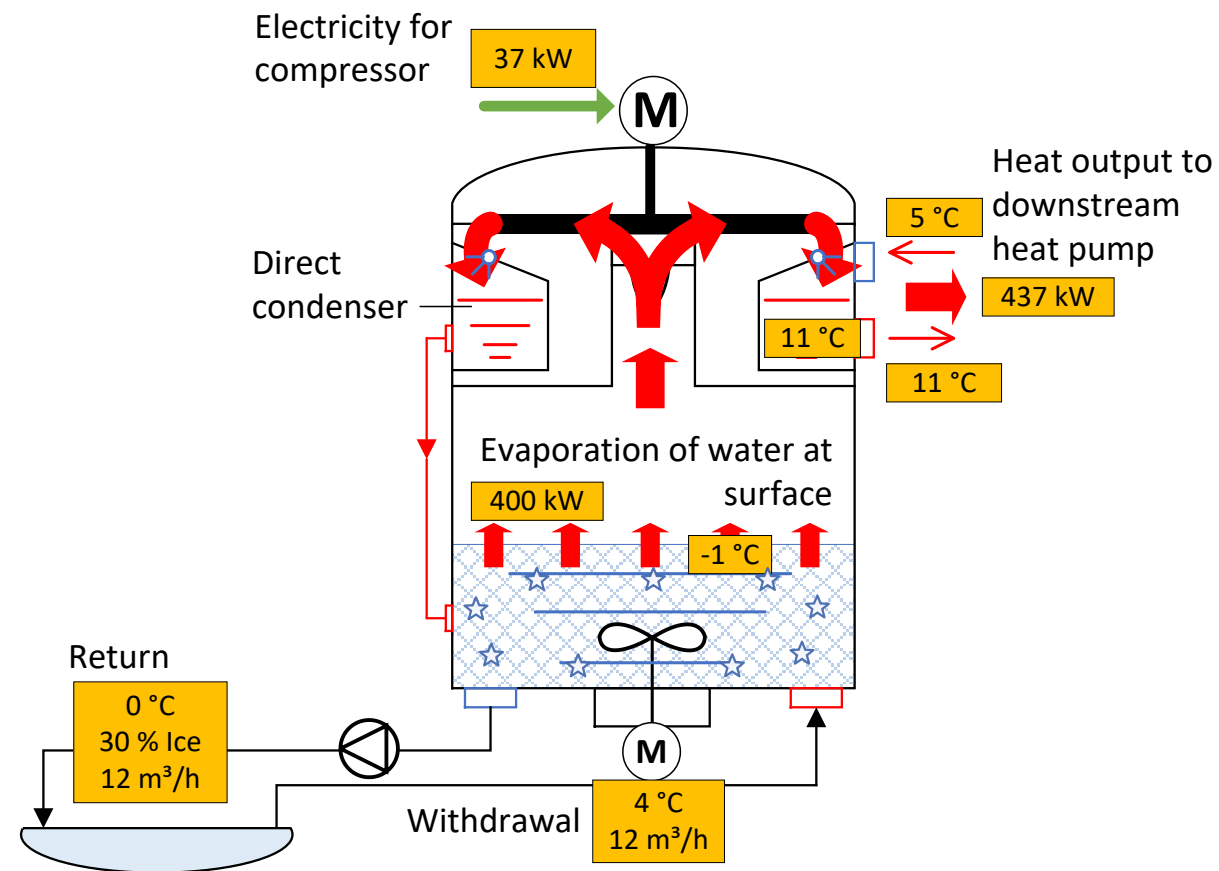


Flüssigeispeicher @ILK: 90 m³ / 5.400 kWh



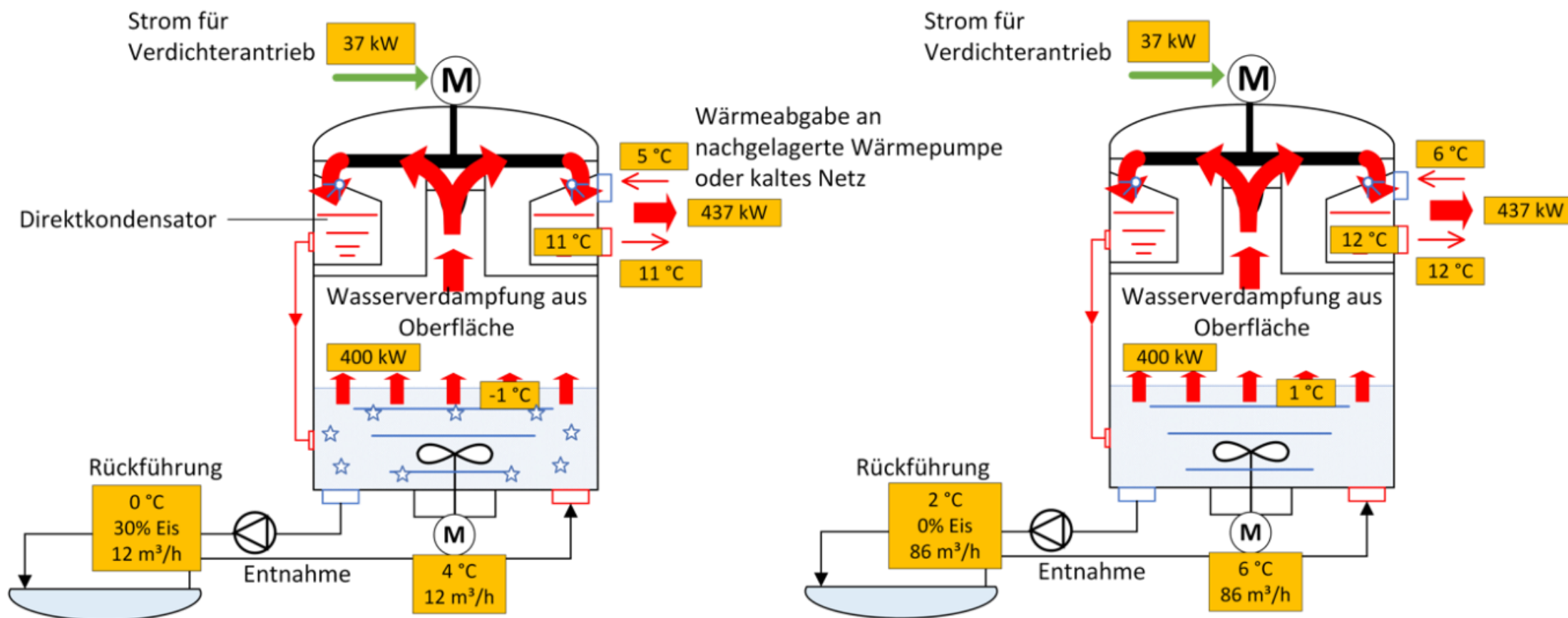
Vakuum-Flüssigeis in der Hydrothermie

- ▶ ...“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

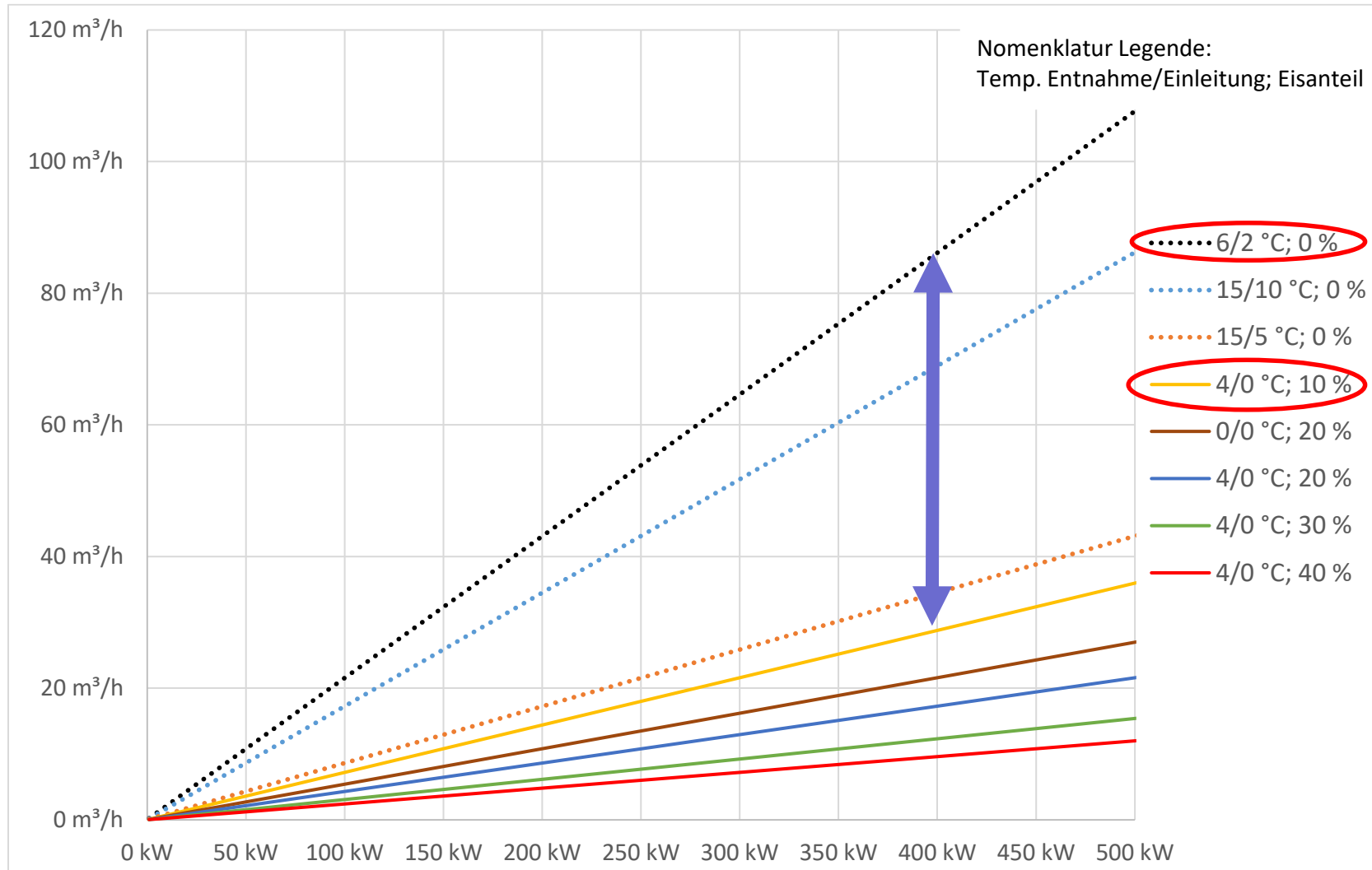




Reduktion der Wassermenge durch vereisenden Betrieb

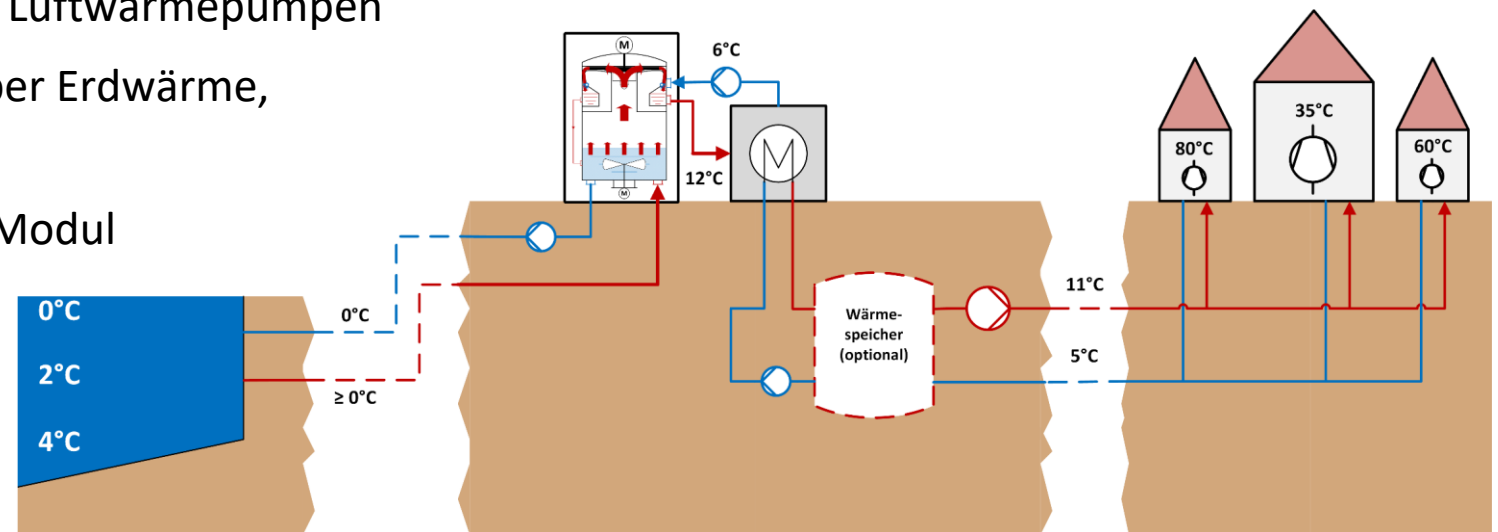


Reduktion der Wassermenge durch vereisenden Betrieb



Vorteile der Vakuumeis-/Direktverdampfungstechnologie

- ▶ Konstante Temperatur der Wärmequelle
- ▶ Keine Einschränkung der Wärmeentzugsleistung durch niedrige Wassertemperaturen
- ▶ Höhere Wärmequellentemperatur als bei Luftwärmepumpen
- ▶ Dauerhaft konstante Entzugsleistung und höhere Effizienz gegenüber Systemen mit Eisansatz, da keine Vereisung von „Kollektoren“
- ▶ Vermeidung von Schallproblemen bei Luftwärmepumpen
- ▶ Geringere Investitionskosten gegenüber Erdwärme, keine Regenerierungsprobleme
- ▶ Akt. Leistungsbereich: 200...500 kW/ Modul



Kaltes Nahwärmenetz (Kaskade dezentral verteilter Wärmepumpen)

Vorteile der Vakuumeis-/Direktverdampfungstechnologie

- ▶ Prinzipbedingte Vermeidung des Übertritts wassergefährdender Stoffe, kein Wärmeübertrager Wasser/Glykol, Wasser/Kältemittel o.ä. → **Vorteil im Genehmigungsverfahren**
- ▶ Keine Verschmutzung eines wasserbeaufschlagten Wärmeübertragers
- ▶ Natürliches, ungiftiges, nicht brennbares und preiswertes Kältemittel Wasser
- ▶ Entnahme (und Rückgabe) eines erheblich geringeren Wasser-Volumenstroms aus dem Gewässer im Vergleich zum Wärmeentzug durch Abkühlung des Wassers (Faktor 5...10)

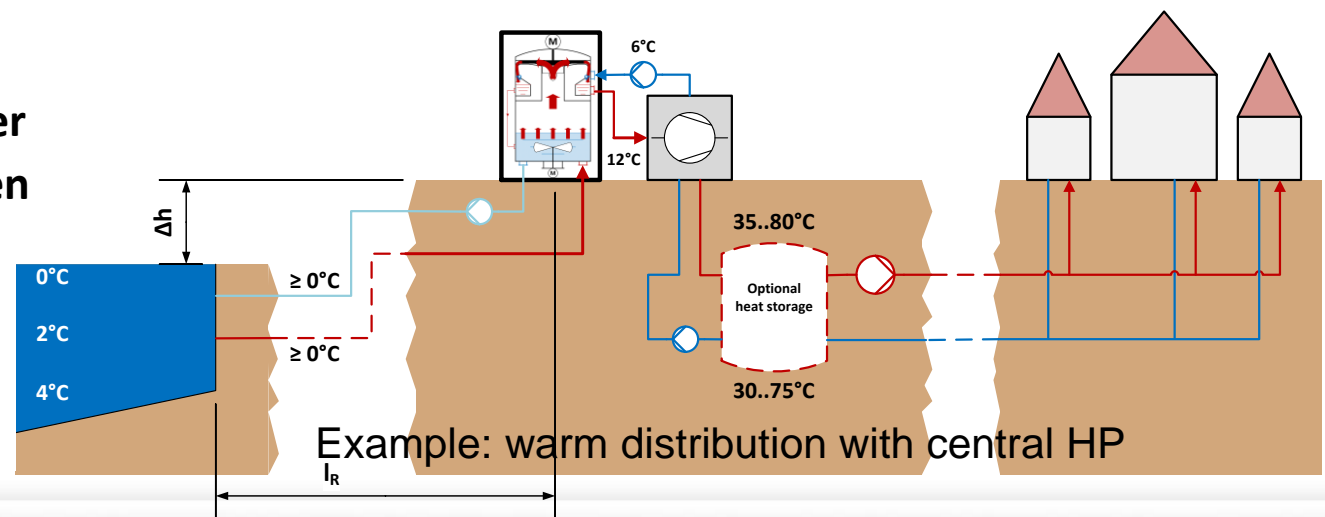
Wasser, sensibel, Abkühlung von 8 °C auf 2 °C:

100 kW -> 14,3 m³/h

„Flüssigvereisung“ von 0 °C / 0 % Eis auf 0 °C / 40 % Eis: 100 kW -> 2,8 m³/h

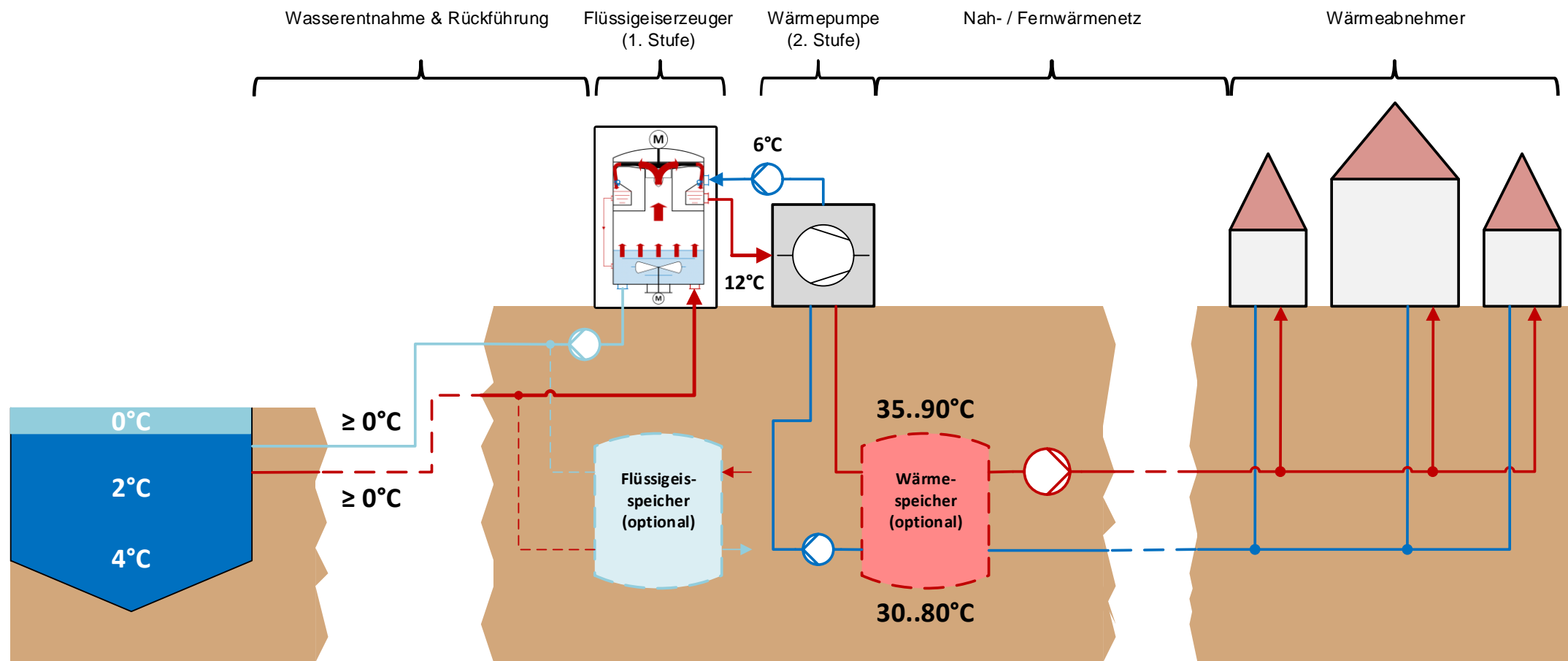
- ▶ Reduktion Pumpaufwand

→ **größere Entfernung (l_R) zwischen Gewässer und Wärmepumpe wirtschaftlich zu betreiben**

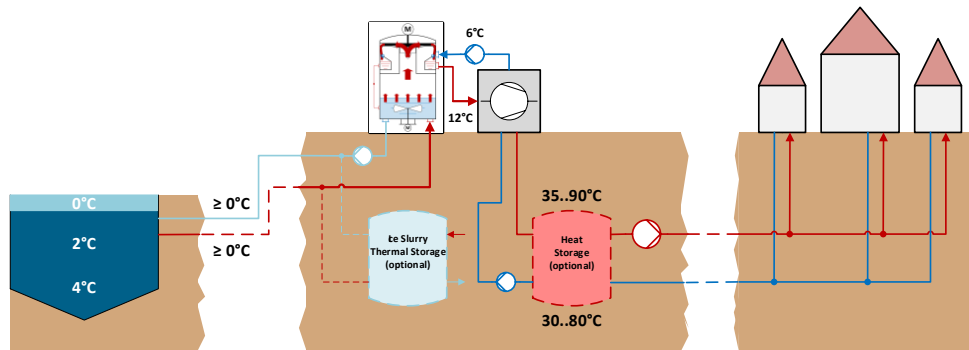


Optionen zur Anordnung der Systemkomponenten

- ▶ **Höchste Energiedichte bei Transport mit Flüssigeis -> Anordnung/Entfernung Eisspeicher flexibel**



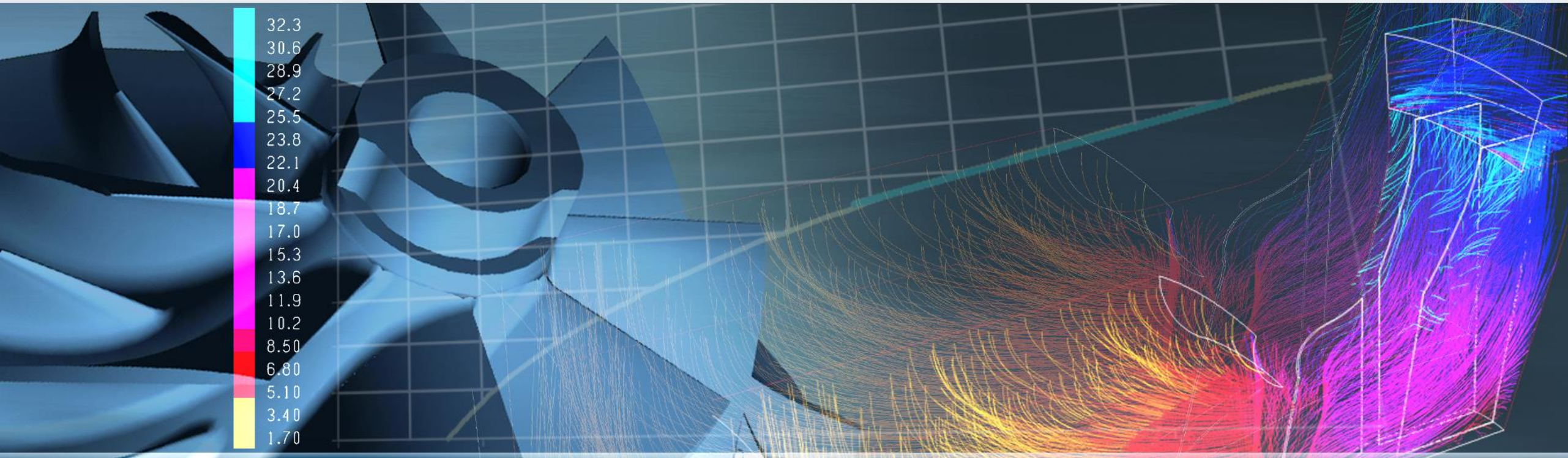
- ▶ Exkursion und Workshop in Zittau: 10.11.22 sowie 22.11.22



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/>



Institut für Luft- und Kältetechnik

gemeinnützige Gesellschaft mbH

Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden

Mathias Safarik

Tel.: +49 351 / 4081- 5501

E-Mail: mathias.safarik@ilkdresden.de