

Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden gGmbH

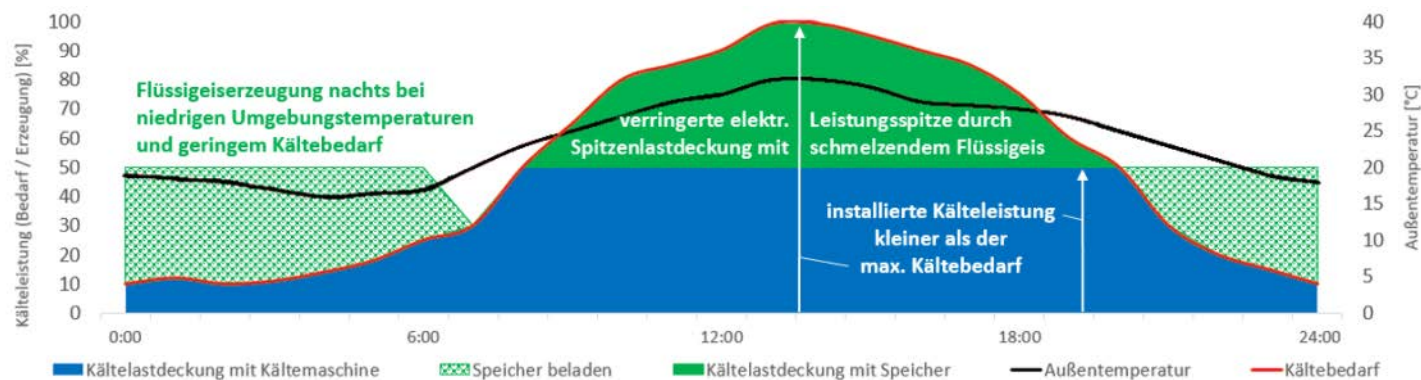
**Kühlen, Speichern, Heizen -
effizient und erneuerbar mit Flüssigeis**

Mathias Safarik

Warum Kältespeicher?



- ▶ Kühlaufgaben für unterschiedlichste Anwendungen
→ **Klimatisierung**, Nahrungsmittelwirtschaft, industrielle Prozesse ...
- ▶ Kälteanlagen meist elektrisch angetrieben
- ▶ Deutschland: Kältetechnik = 14 % der Elektroenergie
- ▶ Warme Regionen: Kühlung/Klimatisierung dominiert elektr. Energiebedarf und Spitzenleistung
→ südliches China: 40...60 % des Elektroenergiebedarfs für Klimaanlage
- ▶ Ausgeprägte elektrische Spitzenlasten durch Klimakälteerzeugung
- ▶ Ohne Speicher: Spitzenlast bestimmt Anlagendimensionierung
- ▶ Regenerativer Strom ⇒ „Power-to-Cold“



Technologien zur Kältespeicherung

▶ Kaltwasserspeicher

6/12 °C, geringe Speicherdichte, große Volumina

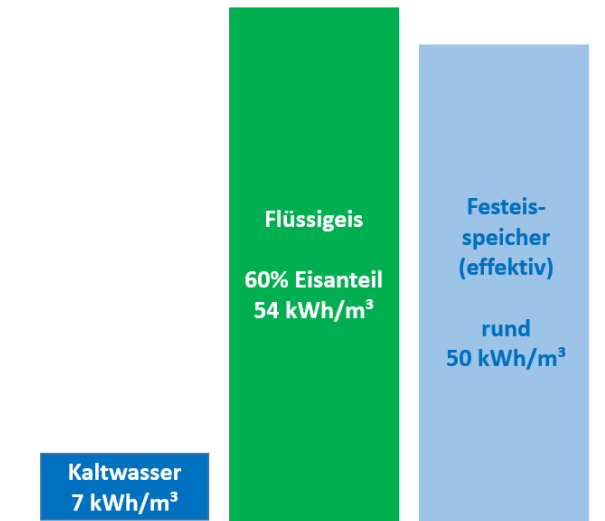
▶ Festeisspeicher

hohe Speicherdichte, geringe Flexibilität, niedrige Effizienz

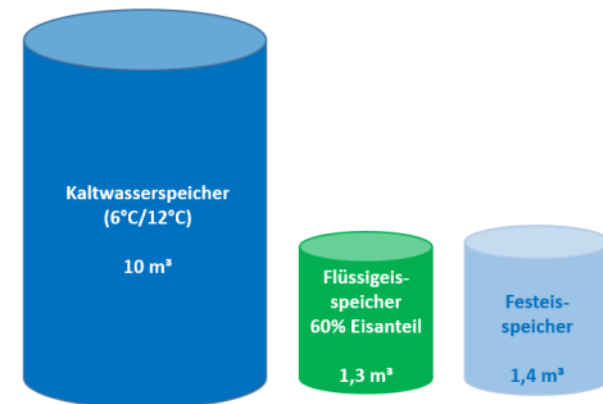


▶ Flüssigeisspeicher

pumpfähiges Eis, hohe Speicherdichte, sehr flexibel, höchste Effizienz

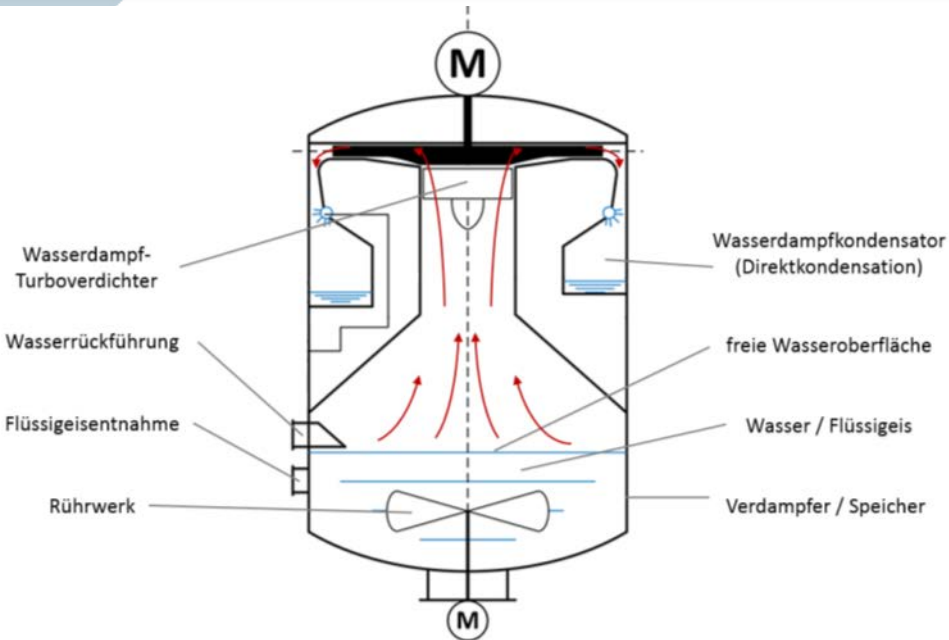


Vergleich der volumetrischen Speicherkapazität



Vergleich des Speichervolumens bei gleicher Kapazität

Eiserzeugung durch Direktverdampfung

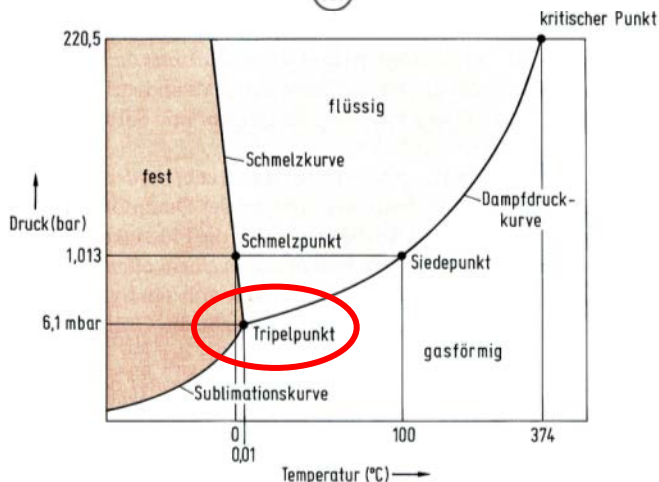


Verdampfungsenthalpie (6,1 mbar; 0,01 °C)

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

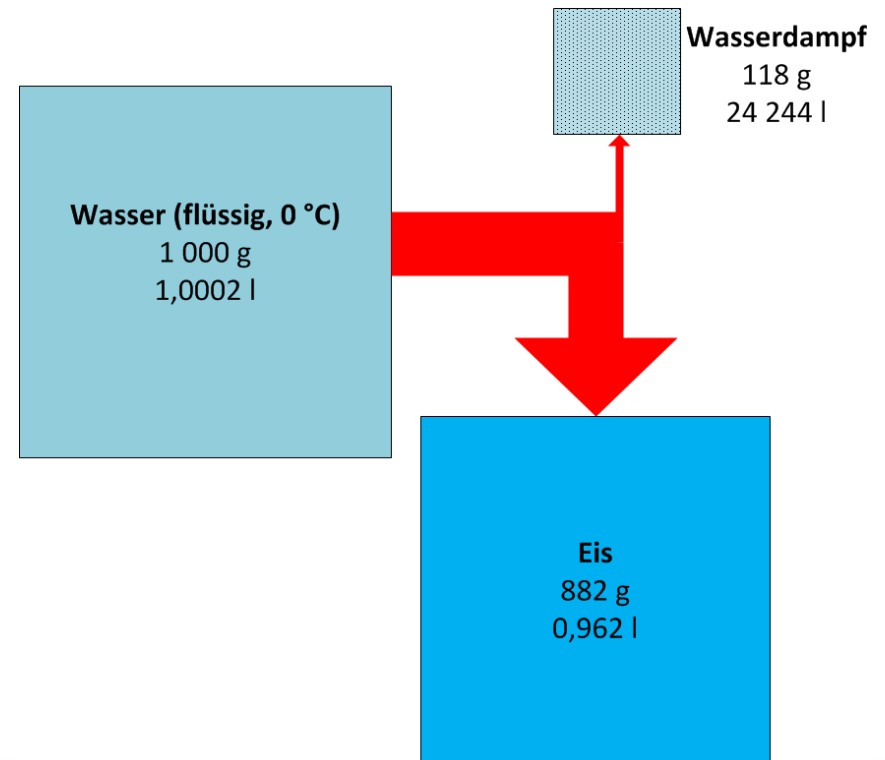
Erstarrungs-/Schmelzenthalpie

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



Phasendiagramm von Wasser

(Quelle: <https://portal.uni-freiburg.de/fkchemie/lehre/grundvorlesung/uebungen/stunde6/pdwasser/view>)



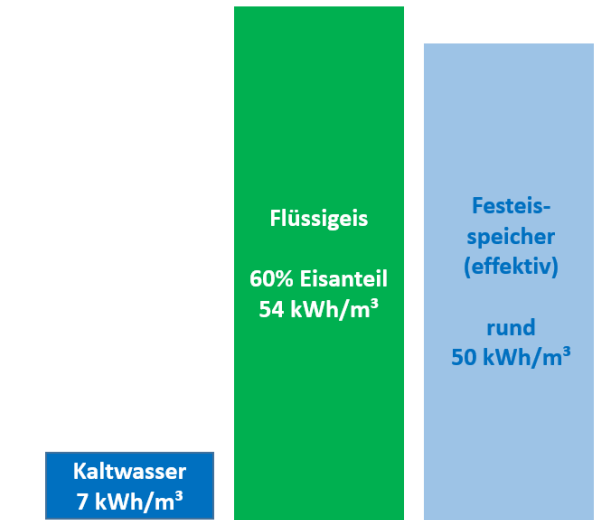
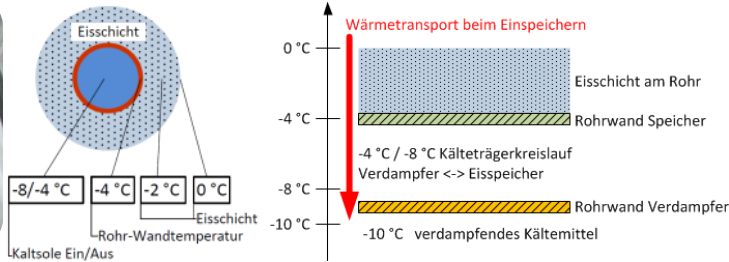
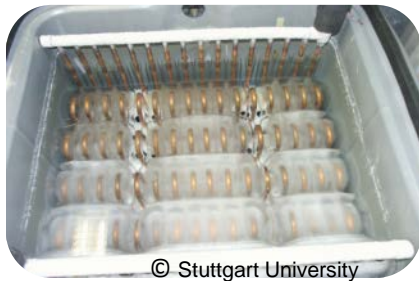
Technologien zur Kältespeicherung

▶ Kaltwasserspeicher

6/12 °C, geringe Speicherdichte, große Volumina

▶ Festeisspeicher

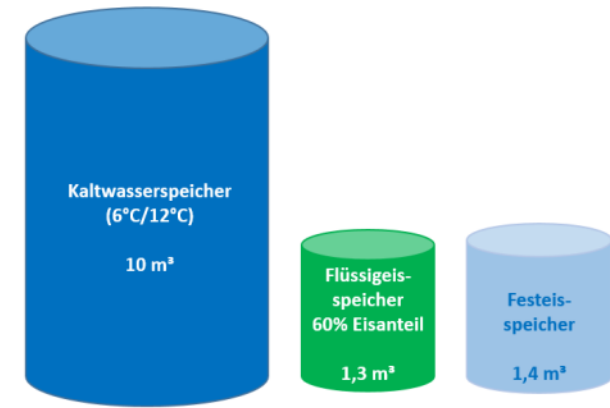
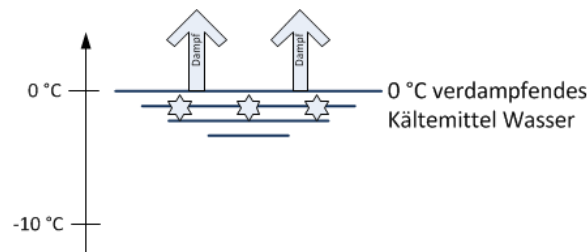
hohe Speicherdichte, geringe Flexibilität, niedrige Effizienz



Vergleich der volumetrischen Speicherkapazität

▶ Flüssigeisspeicher

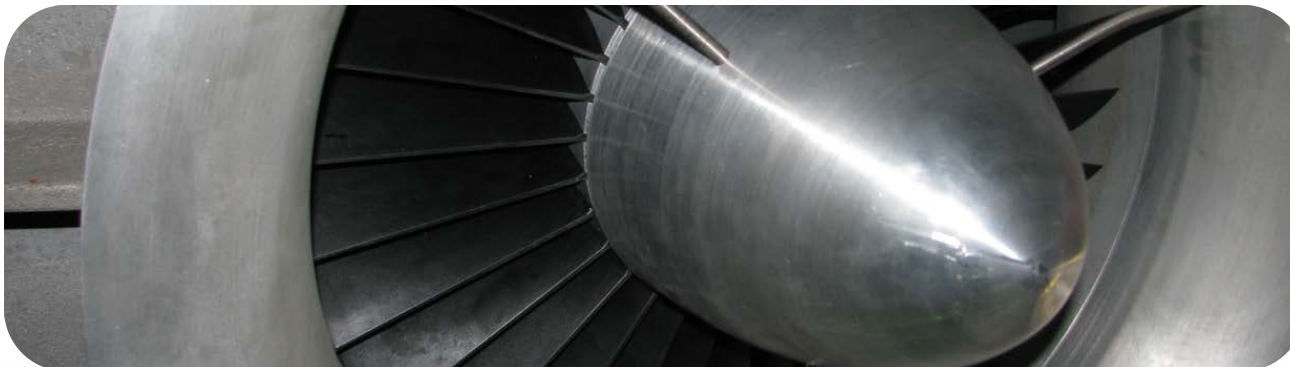
pumpfähiges Eis, hohe Speicherdichte, sehr flexibel, höchste Effizienz



Vergleich des Speichervolumens bei gleicher Kapazität

Vorteile von Vakuum-Flüssigeis

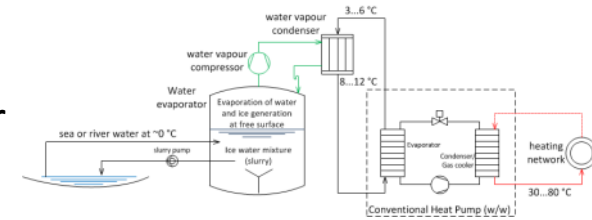
- ▶ 30 % höhere Effizienz als Festeisspeicher
- ▶ Einfache Ankopplung an bestehende Kälteversorgungssysteme
- ▶ Power-to-Cold: Speicherung von Nutzenergie, die ohnehin mit Strom erzeugt wird
- ▶ Preiswertes und Nachhaltiges Speichermedium und Kältemittel ohne Degradation
- ▶ Flexible Kombination von Speicherkapazität, Ein- und Ausspeicherleistung
- ▶ Zahlreiche weitere Applikationen



Weitere Anwendungen

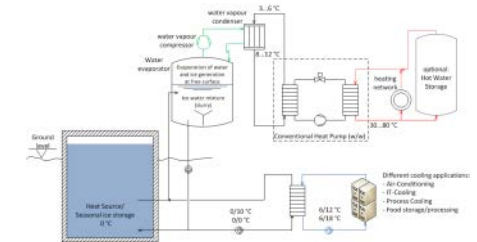
Wärmepumpenanwendungen

- ▶ „Heizen mit Eis“
- ▶ Wärmepumpen - Seen, Flüsse, Meer, Grundwasser, Grubenwasser
- ▶ Kalte Nah-/Fernwärme



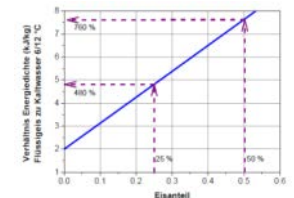
Wärme-Kälte-Kopplung

- ▶ Konstante Temperatur der Wärmequelle
- ▶ Höhere Wärmequellentemperatur als bei Luftwärmepumpen



Fernkälte (District Cooling)

- ▶ Kapazitätserhöhung, Minimierung Transportaufwand, zentrale Kälteerzeugung



Technische Schneeerzeugung

- ▶ Leistungs- und Freizeitsport, Tourismus

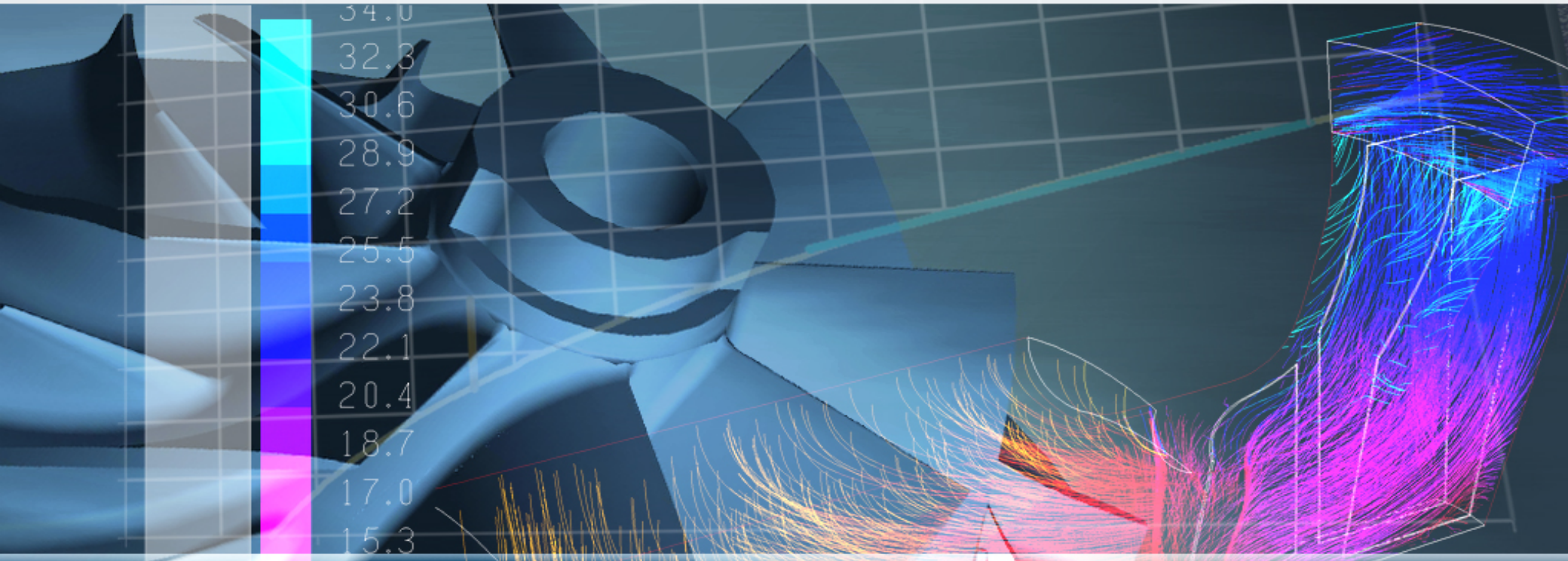


Vakuum-Flüssigeis-Technologie gewann den 1. Preis in der Kategorie „Innovationen in der Klima- und Kältetechnik“



<http://www.klimaschutz.de/de/kaeltepreis>





Institut für Luft- und Kältetechnik

gemeinnützige Gesellschaft mbH
Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden

Tel.: +49 351 / 4081-700
E-Mail: ice@ilkdresden.de