

**Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden gGmbH**

**Wärmequelle Eisspeicher und Gewässer – Potentiale von Flüssigeis  
in regenerativen und effizienten Wärmekonzepten**

**Sächsisches Fachsymposium ENERGIE 2019, 25.11.2019**

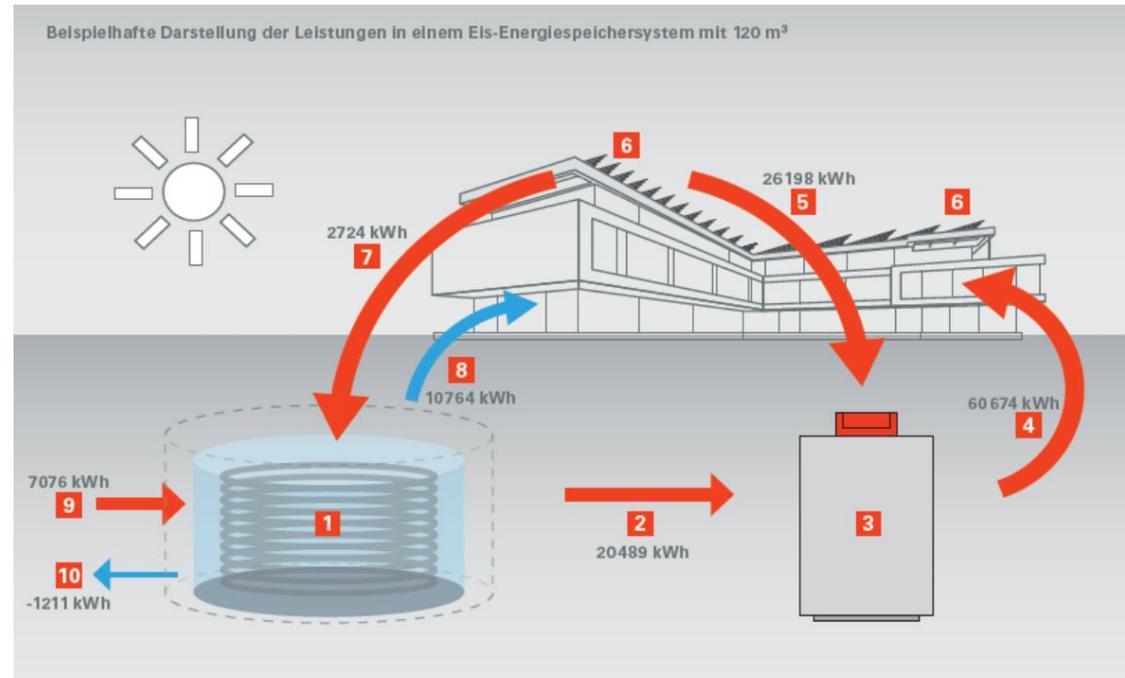
# Heizen mit Eis – Bsp. Fa. Viessmann, Fa. Max Bögl



© Viessmann



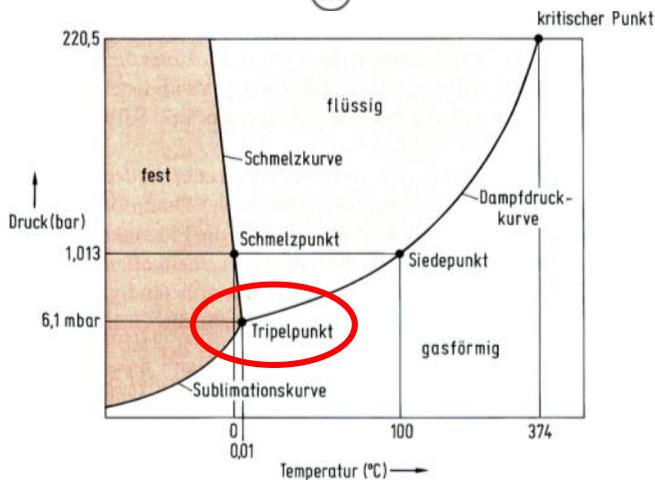
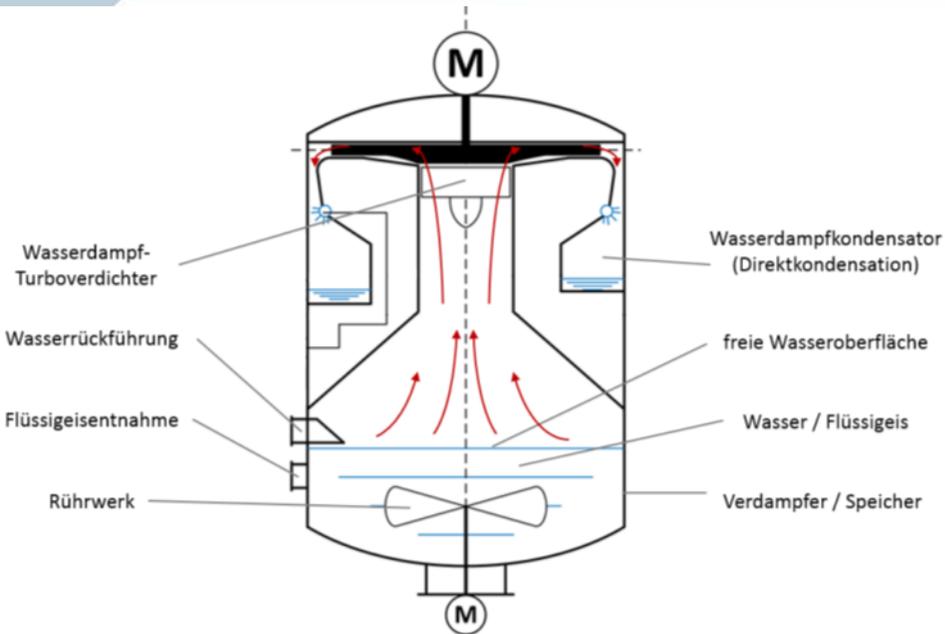
© Viessmann



- |   |  |
|---|--|
| 1 Eis-Energiespeicher (120 m <sup>3</sup> ) | 4 Solar-Luftabsorber                           |
| 2 Eisspeicher – Wärmepumpe                  | 7 Regenerationsbetrieb Kollektor – Eisspeicher |
| 3 Wärmepumpe und Regelung                   | 8 „natural cooling“                            |
| 4 Gesamtenergie Wärmepumpe – Gebäude        | 9 Wärmegewinnung aus dem Erdreich              |
| 5 Direktbetrieb Wärmepumpe                  | 10 Wärmeverluste ins Erdreich                  |

© Viessmann

# Flüssigeiserzeugung durch Direktverdampfung



Phasendiagramm von Wasser

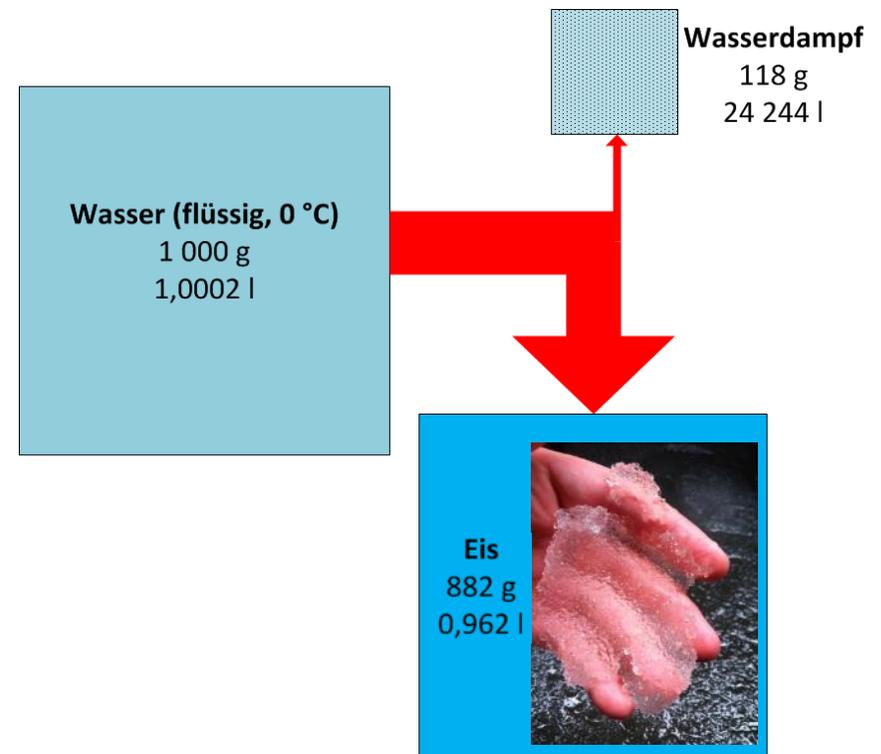
(Quelle: <https://portal.uni-freiburg.de/fkchemie/lehre/grundvorlesung/uebungen/stunde6/pdwasser/view>)

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

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

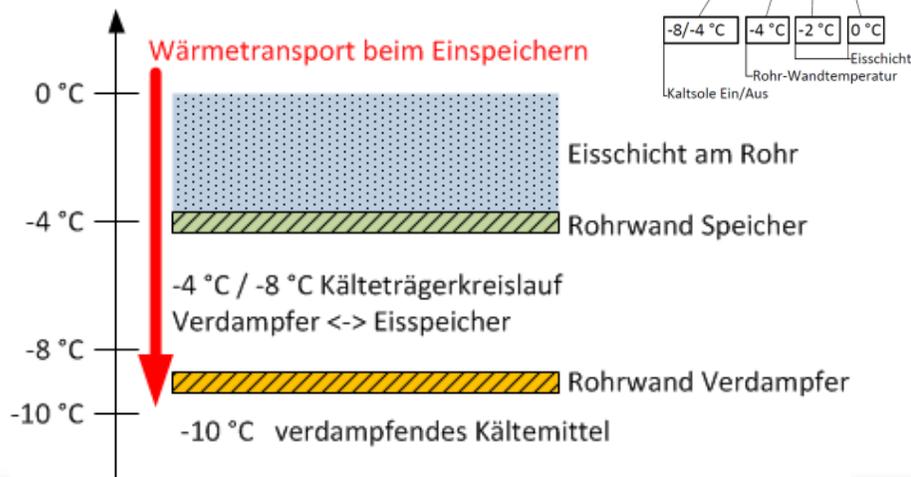
Erstarrungs-/Schmelzenthalpie

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



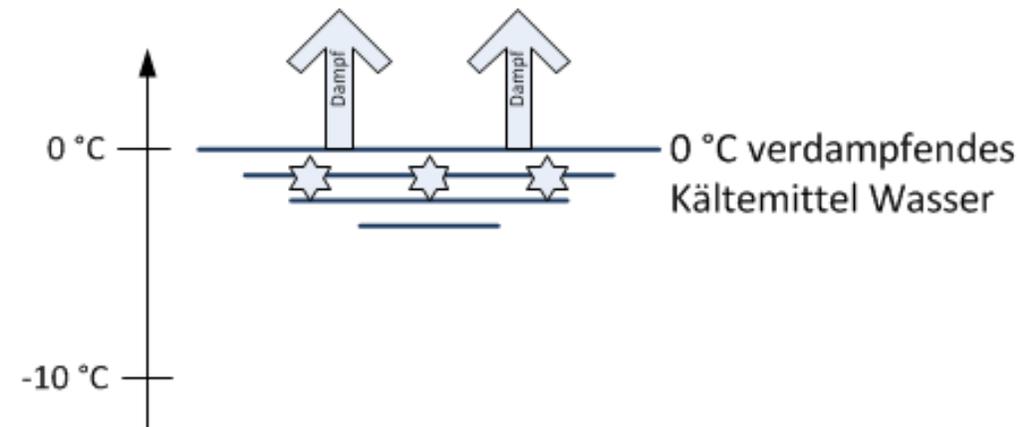
## Konv. Eisspeicher (Eisbänke)

- ▶ niedrige Verdampfungstemperatur
- ▶ benötigt Wärmeübertrager zwischen Kältemittel/-träger und Eis
- ▶ mit zunehmender Eisdicke steigt Temperaturdifferenz
- ▶ für hohe Entladeleistung große Wärmeübertrager notwendig



## Vakuum-Flüssigeis (Eisbrei)

- ▶ einzige Eisspeichertechnologie mit Verdampfungstemperatur nahe der Gefrier-/Schmelztemperatur
- ▶ hohe Entladeleistung bei geringer Ladeleistung möglich
- ▶ Speicher teilbe- und entladbar

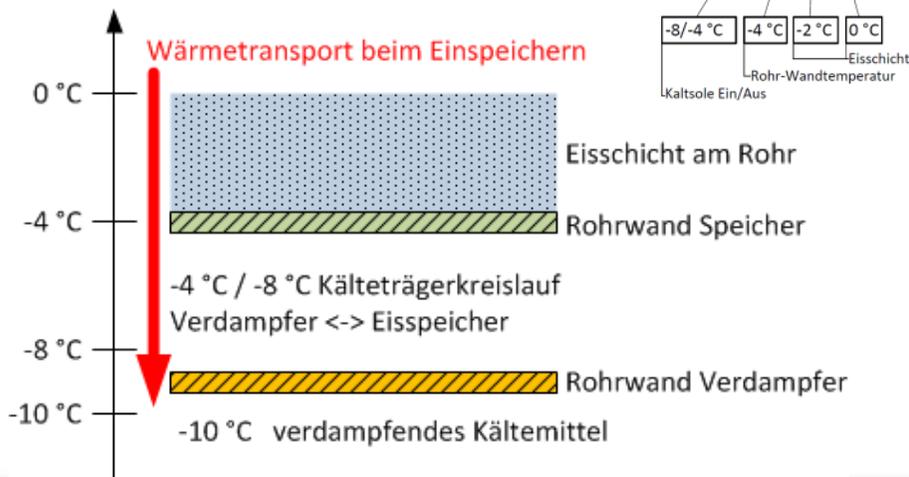


## Konv. Eisspeicher (Eisbänke)

- ▶ niedrige Verdampfungstemperatur
- ▶ benötigt Wärmeübertrager zwischen Kältemittel/-träger und Eis
- ▶ mit zunehmender Eisdicke steigt Temperaturdifferenz
- ▶ für hohe Entladeleistung große Wärmeübertrager notwendig



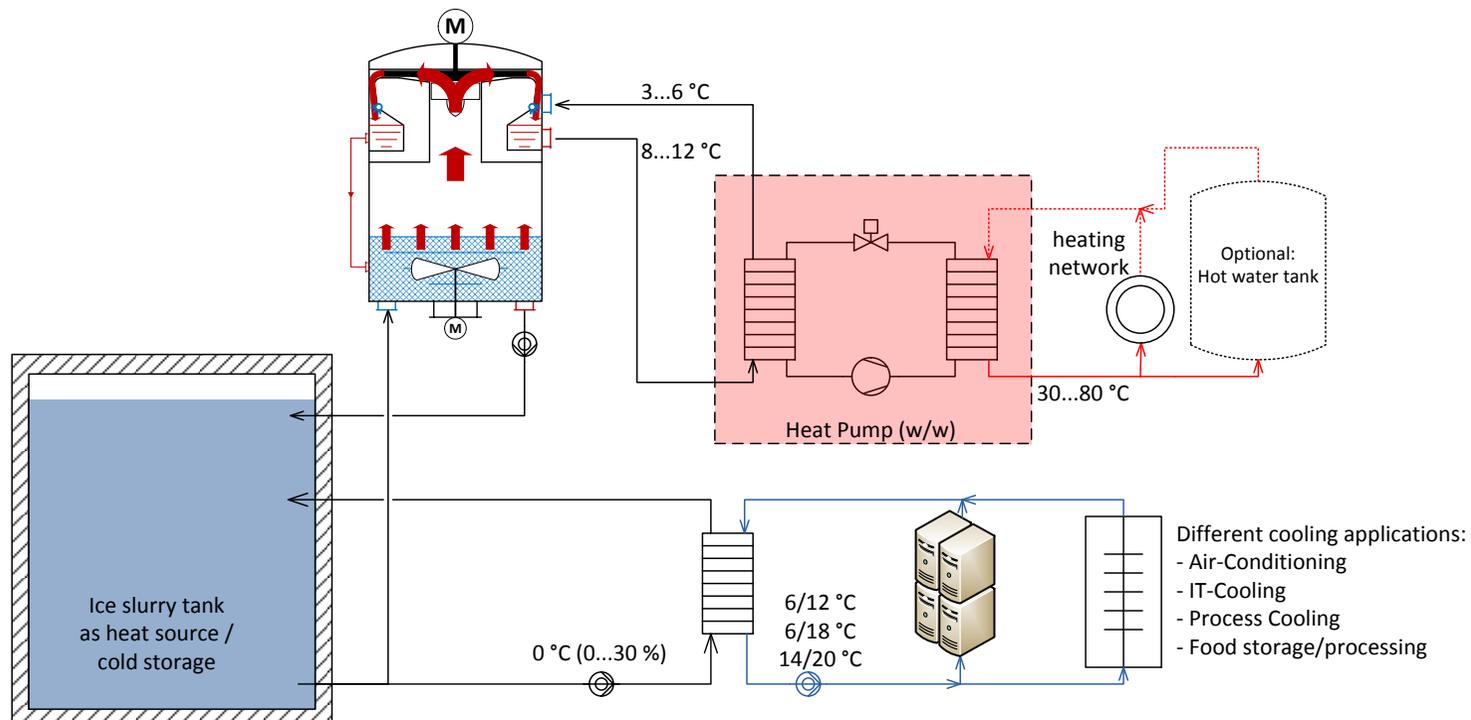
© Viessmann



© Viessmann

# Wärme-Kälte-Kopplung mit Flüssigeisspeicher

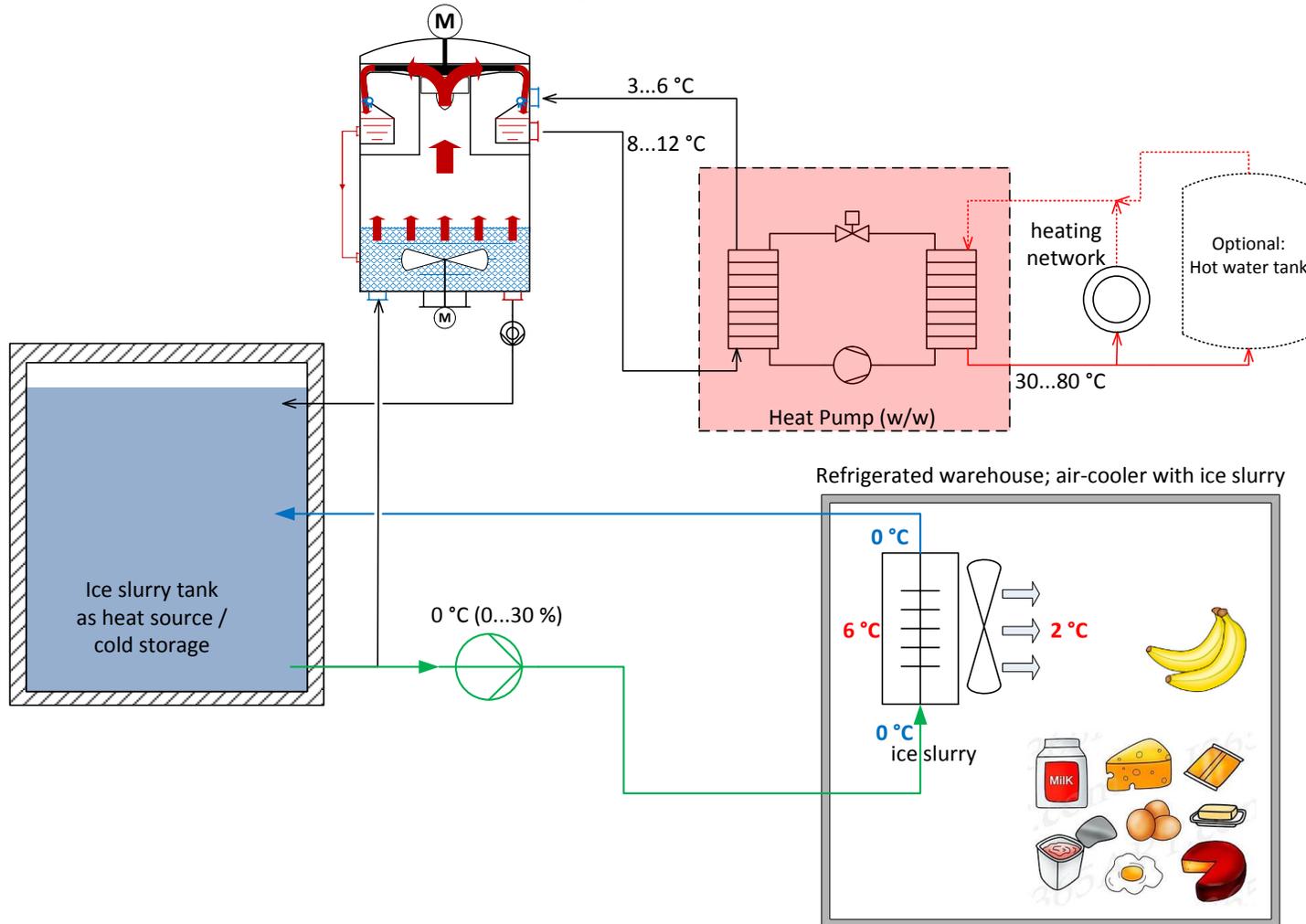
- ▶ Konstantes Temperaturniveau der Wärmequelle für die Wärmepumpe
- ▶ Keine Schallemissionen durch Luft-WP
- ▶ Höchste Effizienz durch kombinierte Wärme/Kälte-Nutzung
- ▶ Flüssigeisspeicher zum Ausgleich von zeitlich versetztem Wärme- und Kältebedarf
- ▶ Zusätzlich Regeneration des Flüssigeisspeichers durch Solar- oder Umweltwärme möglich



# Wärme-Kälte-Kopplung mit Flüssigeisspeicher

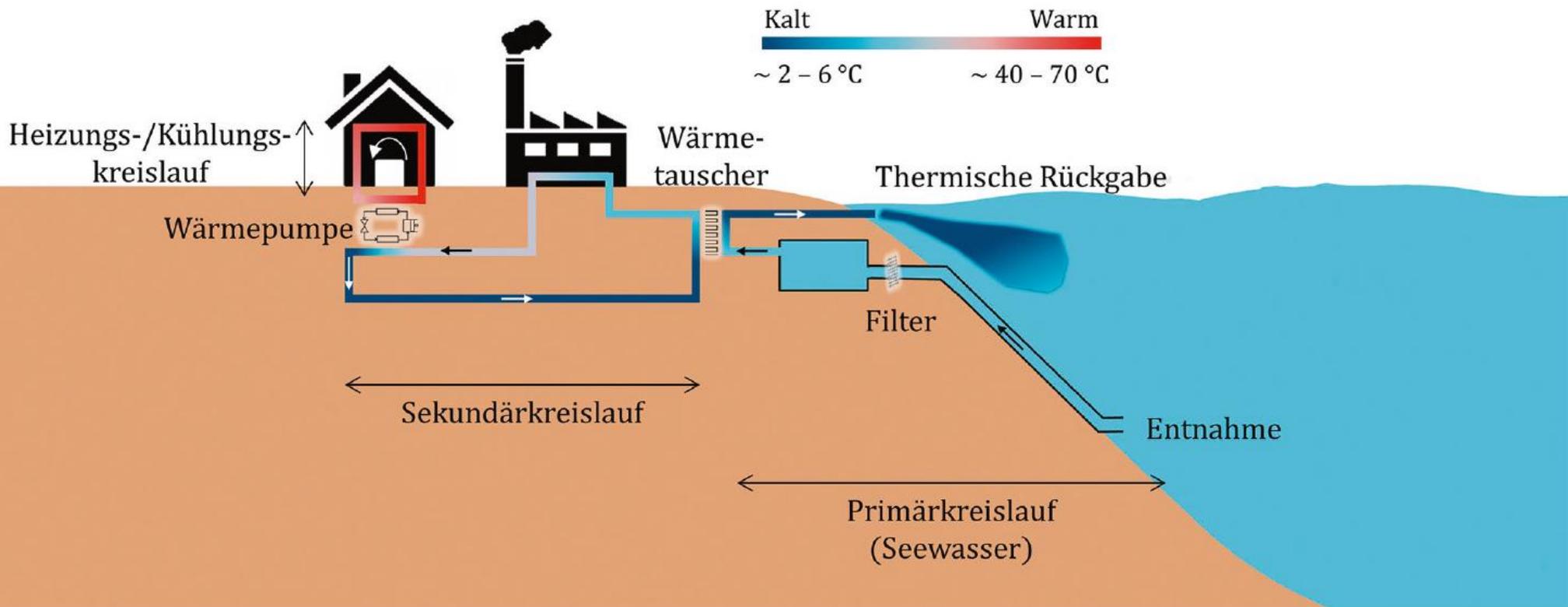


## ▶ Beispiel Kühlhaus / Lebensmittelkühlung

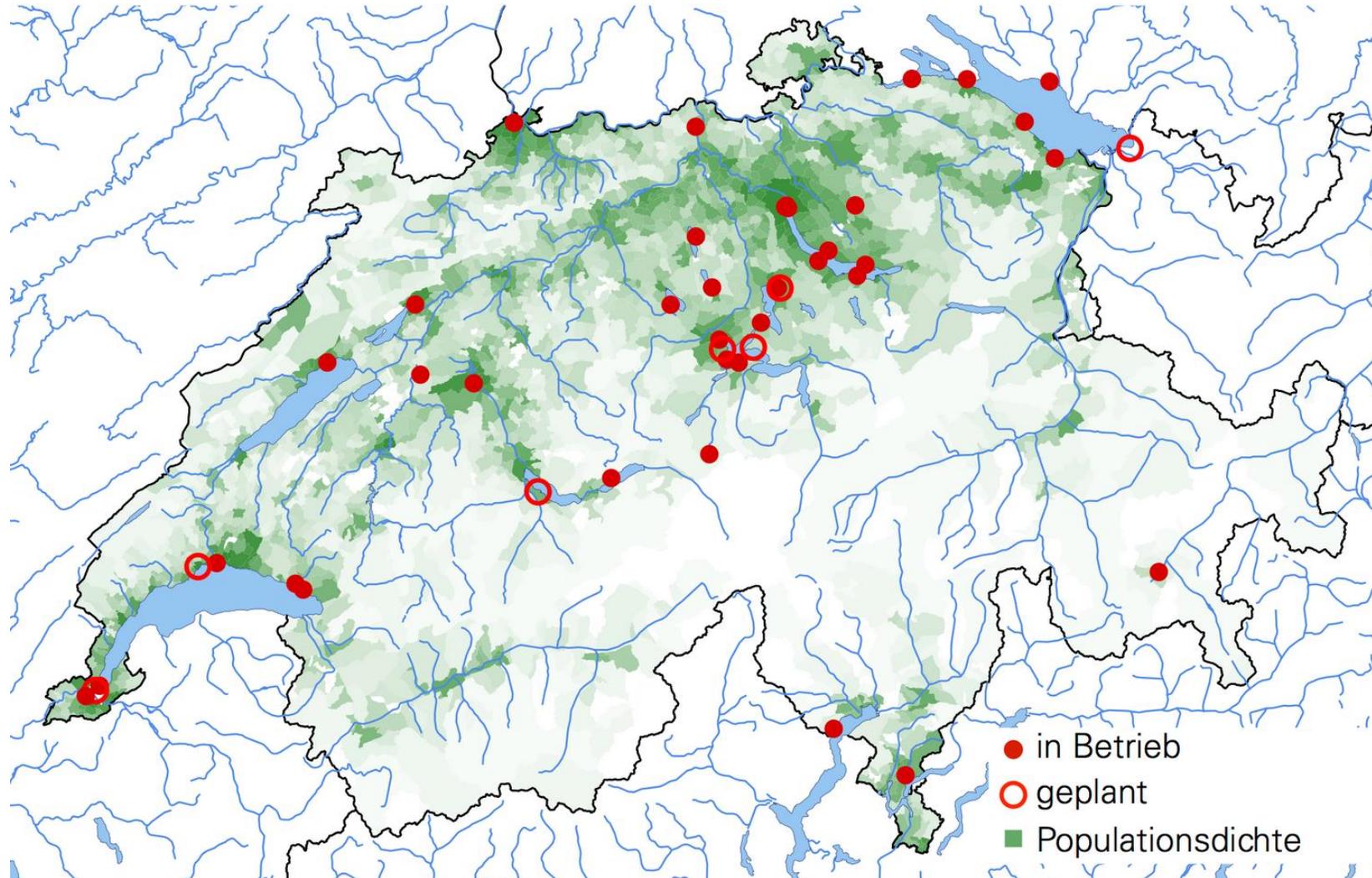


# Wasser als Wärmequelle - Stand der Technik

Thermische Seewassernutzung durch sensible Abkühlung

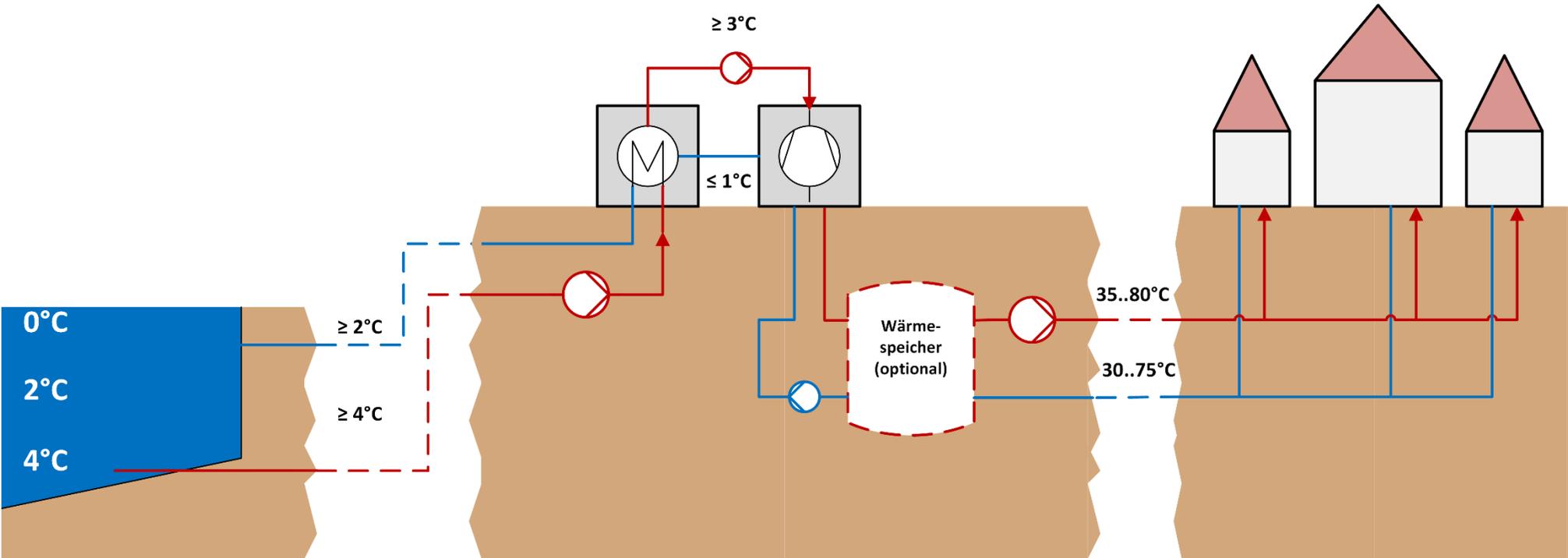


Quelle: <https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag%3A16440/datastream/PDF/view>



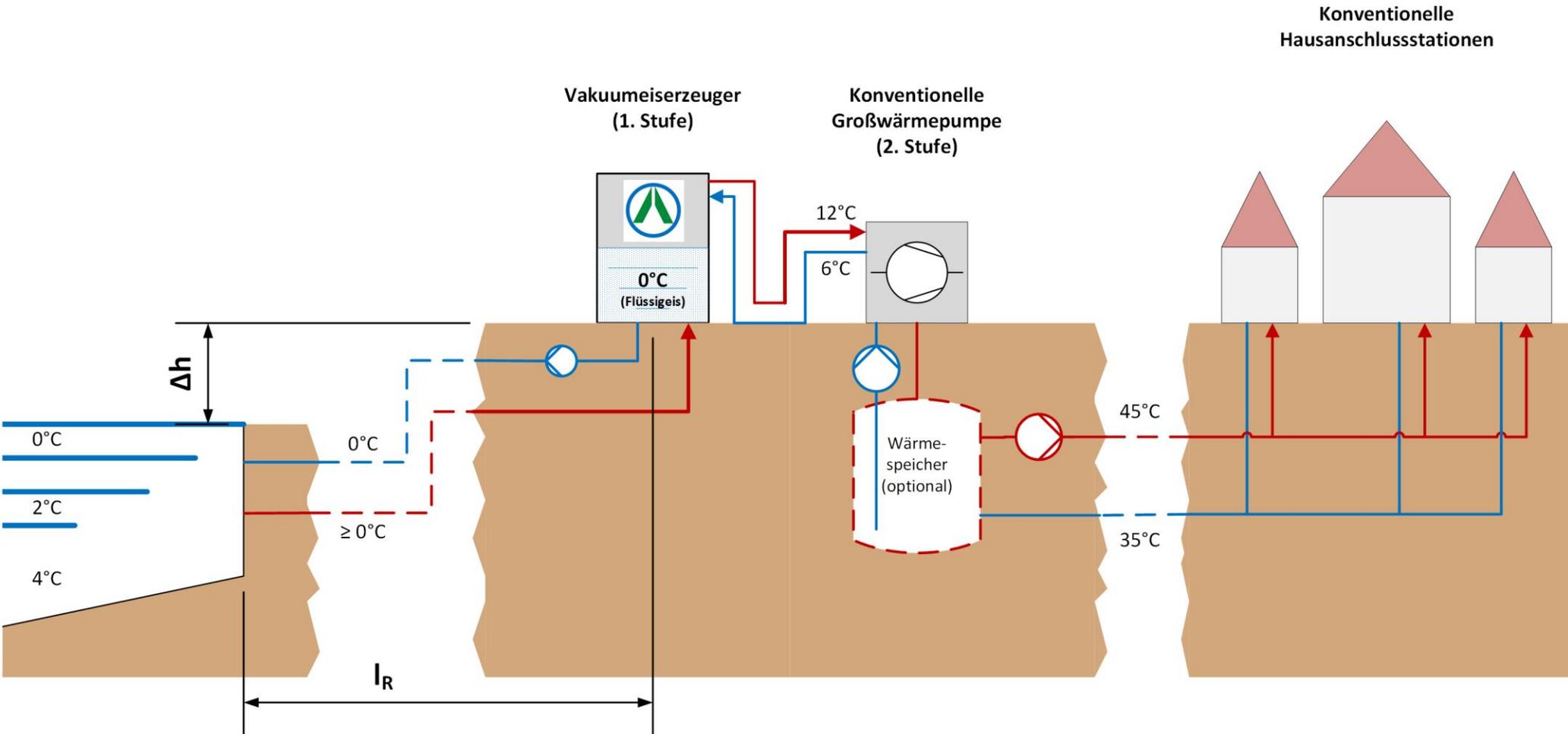
# Thermische Seewassernutzung

## Stand der Technik



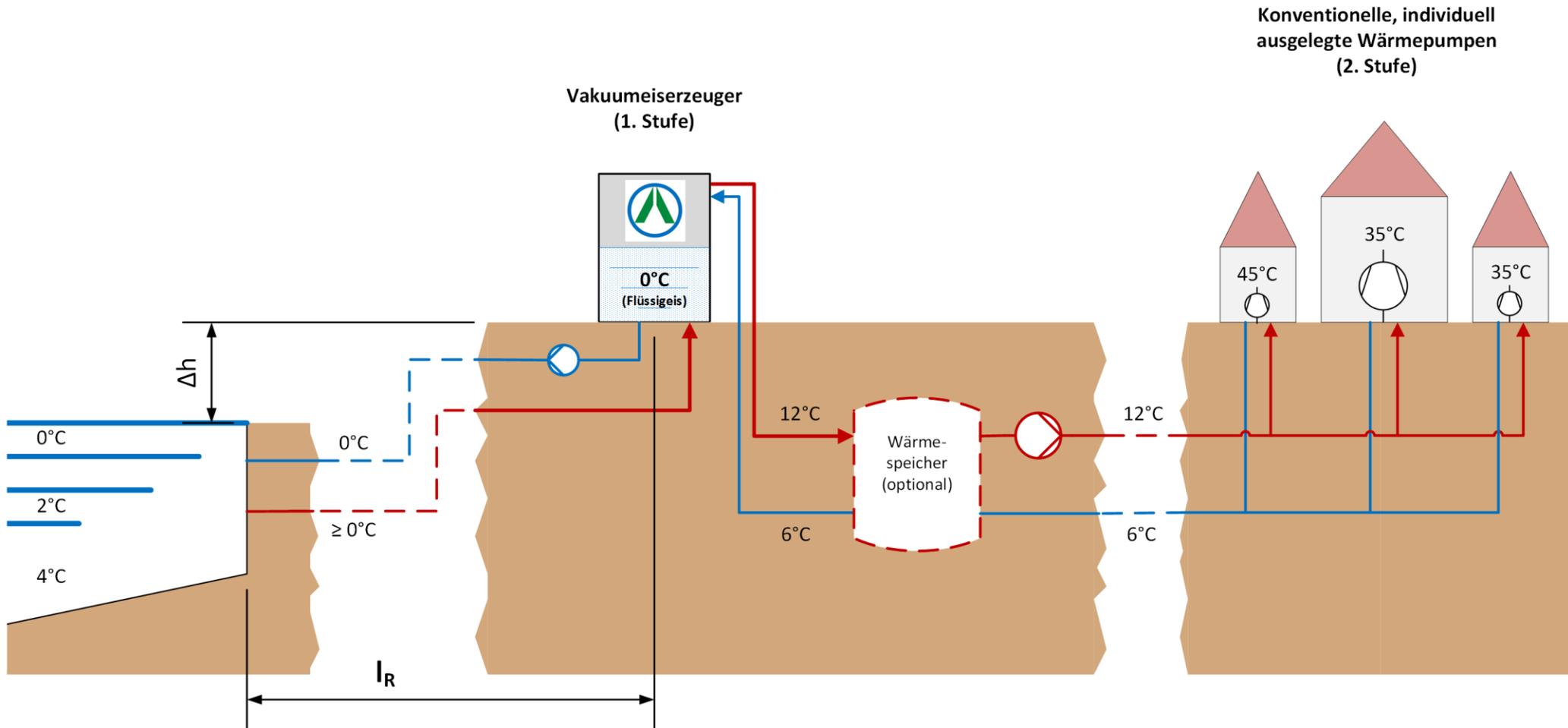
# Thermische Nutzung von Oberflächengewässern

Vakuum-Flüssigeiserzeugung: Integration als „**Warmes** Nahwärmenetz“



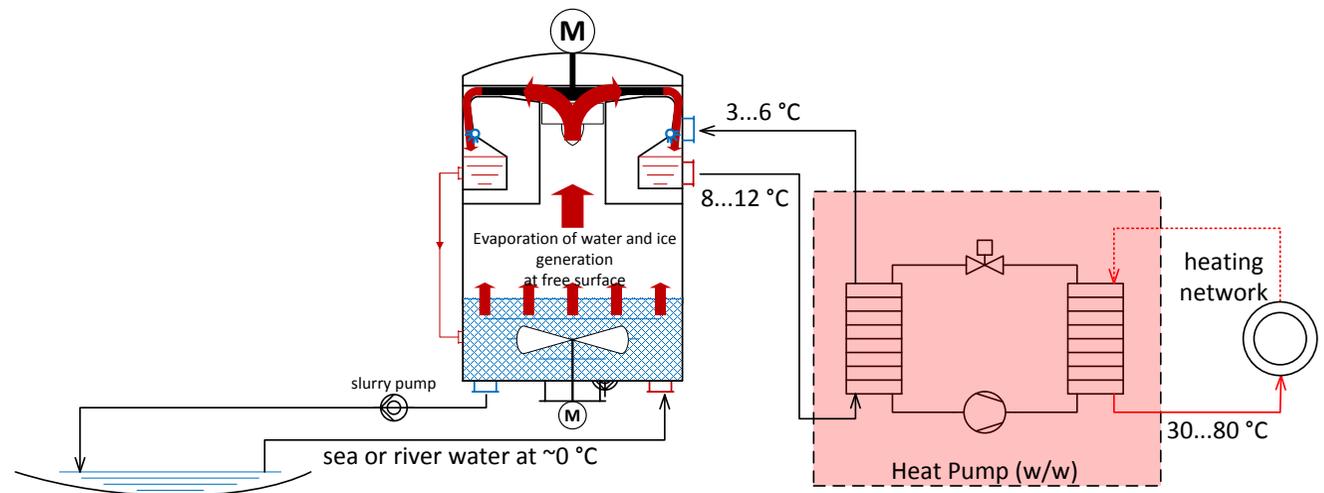
# Thermische Nutzung von Oberflächengewässern

Vakuum-Flüssigeiszerzeugung: Integration als „**Kaltes** Nahwärmenetz“



## Vorteile I

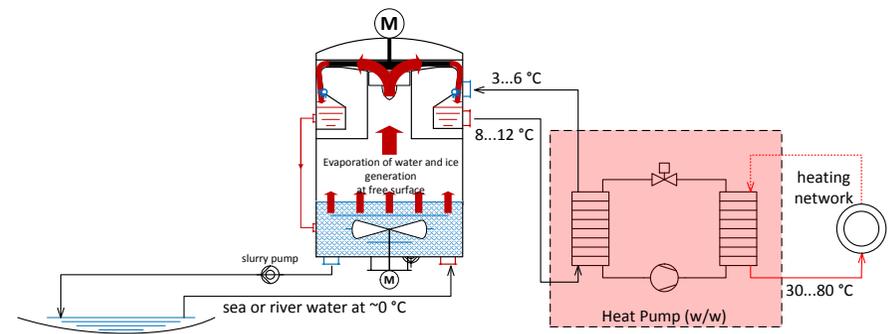
- ▶ Konstante Temperatur der Wärmequelle
- ▶ Keine Einschränkung der Wärmeentzugsleistung durch niedrige Wassertemperaturen
- ▶ Höhere Wärmequellentemperatur als bei Luftwärmepumpen
- ▶ Dauerhaft konstante Entzugsleistung und höhere Effizienz gegenüber Systemen mit Eisansatz, da keine Vereisung von „Kollektoren“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



# Gewässer als Wärmequelle für Wärmepumpen

## Vorteile II

- ▶ Prinzipbedingte Vermeidung des Übertritts wassergefährdender Stoffe, kein Wärmeübertrager Wasser/Glykol, Wasser/Kältemittel o.ä.
- ▶ 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 m<sup>3</sup>/h**  
 „Flüssigvereisung“ von 0 °C / 0 % Eis auf 0 °C / 40 % Eis: 100 kW -> **2,8 m<sup>3</sup>/h**
- ▶ Option:  
 Schnee aus Flüssigeis -> „Heizen mit Schnee“



# Beispiel Norwegen

- ▶ Drammen, Norwegen
- ▶ Wärmeleistung: 13,5 MW
- ▶ Wärmequelle: Wasser auf Fjord  
8..9 °C -> 4 °C
- ▶ Einspeisung in Fernwärmenetz  
mit 90 °C Vorlauftemperatur
- ▶ COP: 3
- ▶ ~ 70 % der Jahreswärme aus WP



Source: John Clark

## Vakuumeis-Kältespeicher an der Westsächsischen Hochschule Zwickau

Aufgabe: Pufferspeicher für das Campuskältenetz



### Anlagenparameter

- ▶ Verdampferkälteleistung: 50 kW  
(Ladeleistung)
- ▶ Speicherkapazität: 350 kWh
- ▶ Speichervolumen: 6 m<sup>3</sup>
- ▶ Entladeleistung: 100 kW

Im Auftrag des

STAATSBETRIEB IMMOBILIEN-  
UND BAUMANAGEMENT  
SIB



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



# Leistungs- und Anwendungsbereiche

- ▶ 100 ... 500 kW Eiserzeugungs-/Verdampfungsleistung je Anlage technologisch möglich
- ▶ Bislang Anwendung Kältespeicherung; Wärmepumpenanwendung gesucht

- ▶ Umgesetzt:

2 x 50 kW

1 x 180 kW



- ▶ Im Bau/in Planung:

400 kW / 3,5 MWh für Rechenzentrum

500 kW / -5 °C im Rahmen WindNODE



# Aktuelles Projekt Rechenzentrum 400 kW / 3,5 MWh





Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

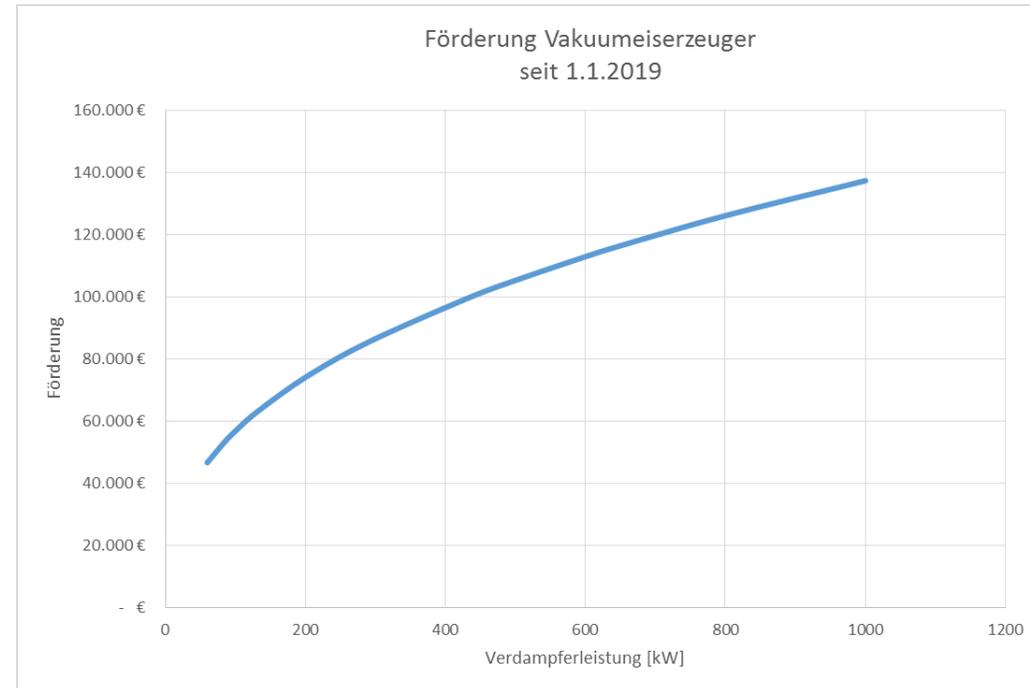
Richtlinie zur Förderung von Kälte- und Klimaanlage mit nicht-halogenierten Kältemitteln in stationären und Fahrzeug-Anwendungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative

(Kälte-Klima-Richtlinie)

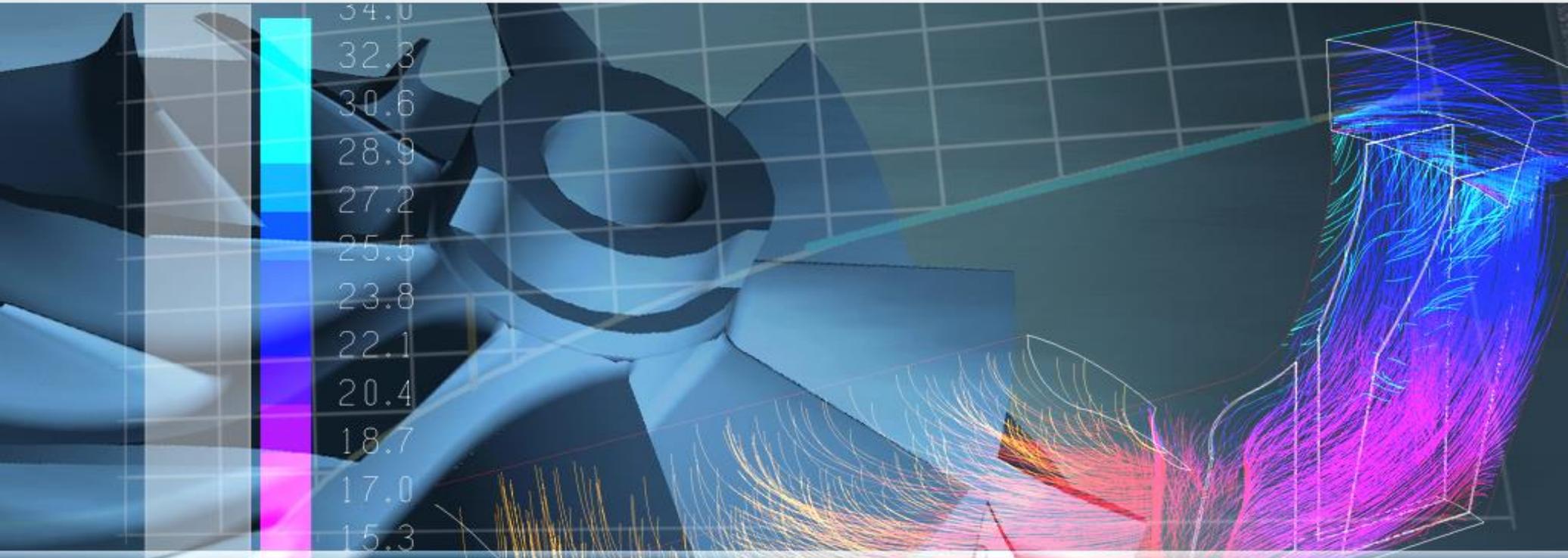
Vom 19. Dezember 2018

Tabelle 1c: Andere Kälteerzeuger

Andere Kälteerzeuger	Leistungsaufnahme $\dot{Q}_o$ : Verdampfer
Adiabate Verdunstungskühlanlagen	$\dot{Q}_o = 10 \dots 240 \text{ kW}$
Booster-Supermarkt- und Gewerbekälteanlagen mit R-744	$\dot{Q}_o = 30 \dots 400 \text{ kW}$
Turboverdichter mit R-718	$\dot{Q}_o \leq 60 \text{ kW (28/35)}$
Ab- und Adsorptionsanlagen	$\dot{Q}_o = 5 \dots 600 \text{ kW}$
Vakuumeisergezeuger (Turboverdichter) mit Nebenantrieben sowie Wärmeübertrager und Pumpe	$\dot{Q}_o = 60 \dots 1000 \text{ kW}$



Weitere Informationen: [Link](#)



## Institut für Luft- und Kältetechnik

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

Dr. Mathias Safarik

Tel.: +49 351 / 4081-700  
E-Mail: [mathias.safarik@ilkdresden.de](mailto:mathias.safarik@ilkdresden.de)  
Web: [www.ilkdresden.de/vakuumeis](http://www.ilkdresden.de/vakuumeis)