

Speicherkonzepte in der Gebäudetechnik

Dr.-Ing. Peter Albring

Sächsisches Fachsymposium

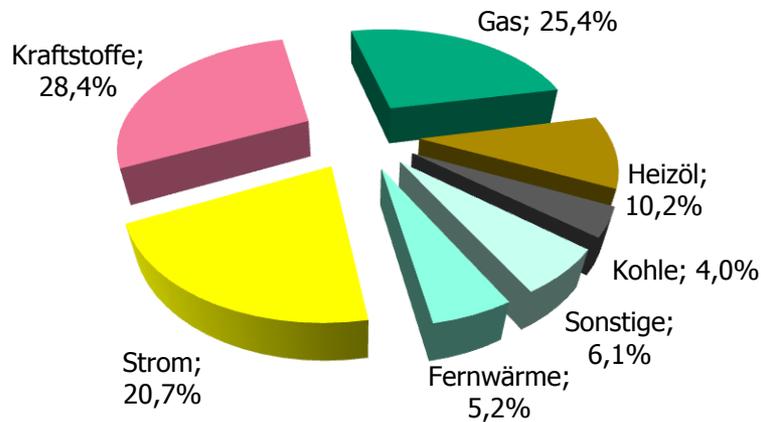
ENERGIE 2012

Gebäude als fester Bestandteil
einer neuern Energieversorgung



12.11.2012

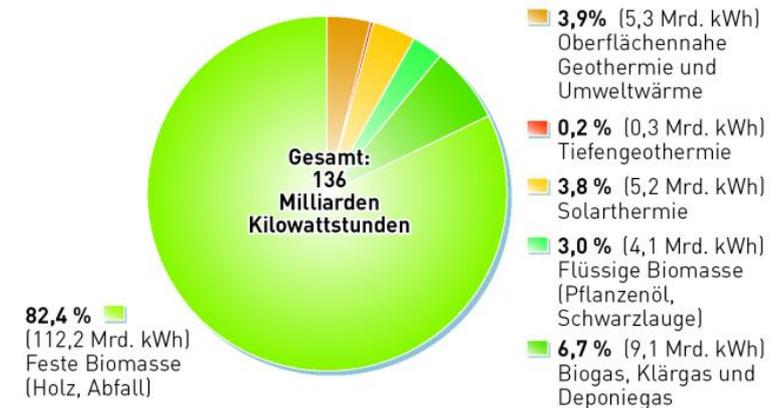
Endenergieverbrauch in Deutschland 2010



Endenergieverbrauch in Deutschland nach Energieträgern
Stand 2009. Quelle: BMWi.

Wärme aus Erneuerbaren Energien 2010

Mit 136 Mrd. kWh lieferten Erneuerbare Energien insgesamt 9,5 % des deutschen Wärmeverbrauchs.



Quelle: BMU
Stand: 8/2011

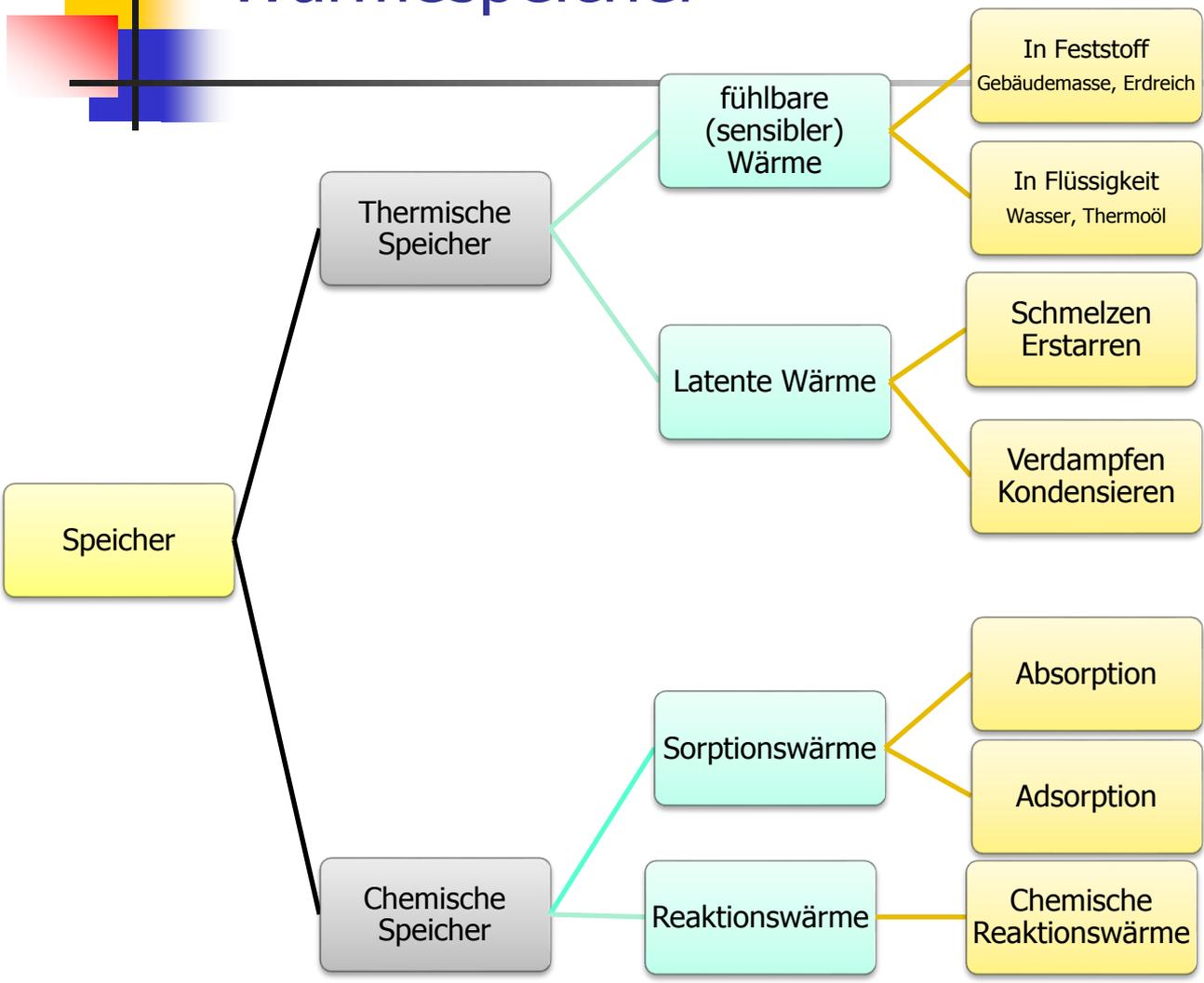
www.unendlich-viel-energie.de



Speichern von Energie dient

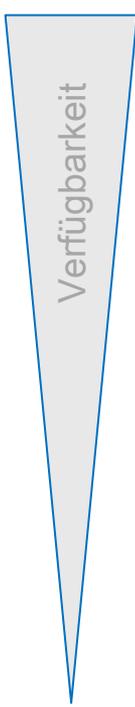
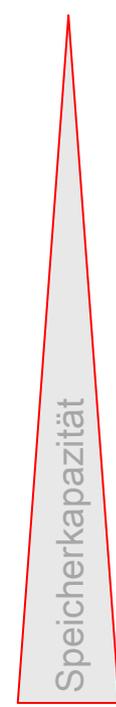
- dem zeitlichen Ausgleich zwischen Energieverfügbarkeit und Energiebedarf
 - der Versorgung von Lastspitzen
 - der Entkopplung von Systemen
 - der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit
 - der Verminderung der CO2 Emissionen
-
- in der Gebäudetechnik: dem Einhalten behaglicher Luftzustände

Wärmespeicher



geringer

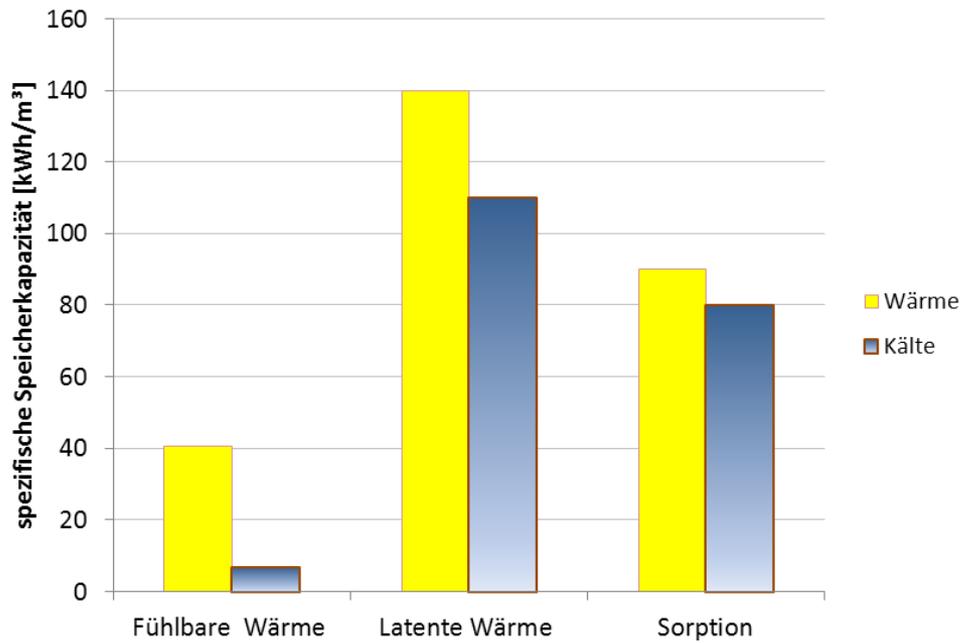
höher



höher

geringer

Kapazität von Wärmespeichern

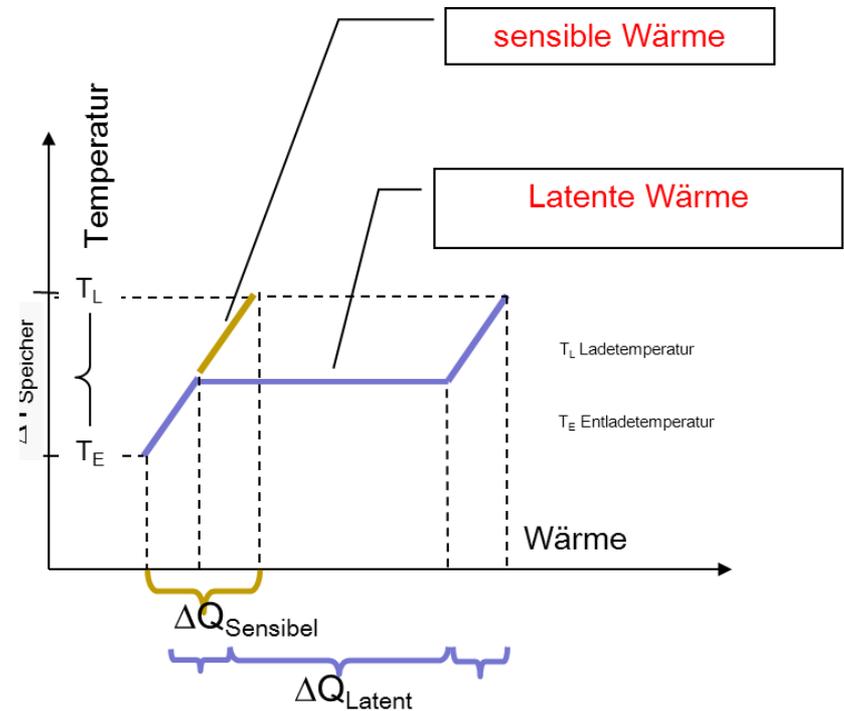


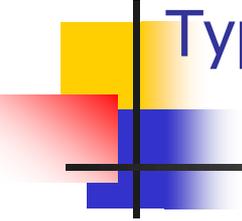
Wärmespeicher:

Fühlbare Wärme: Wasser 60 ... 95 °C, 40kWh/m³;
 Latente Wärme: Natriumacetat*3H2O , Phasenwechsel bei 58 °C , 140kWh/m³;
 Sorptionswärme: Silicagel N Entgasungsbreite 0,1 + 10 % Bindungswärme, 90kWh/m³;

Kältespeicher:

Fühlbare Wärme: Wasser 6 ... 12 °C, 7 kWh/m³
 Latente Wärme: Natriumacetat*3H2O , -5+15°C Phasenwechsel bei 0 °C, 110kWh/m³
 Sorptionswärme: Silicagel N, Entgasungsbreite 0,1; 80kWh/m³





Typische Wärmequellen und Wärmesenken

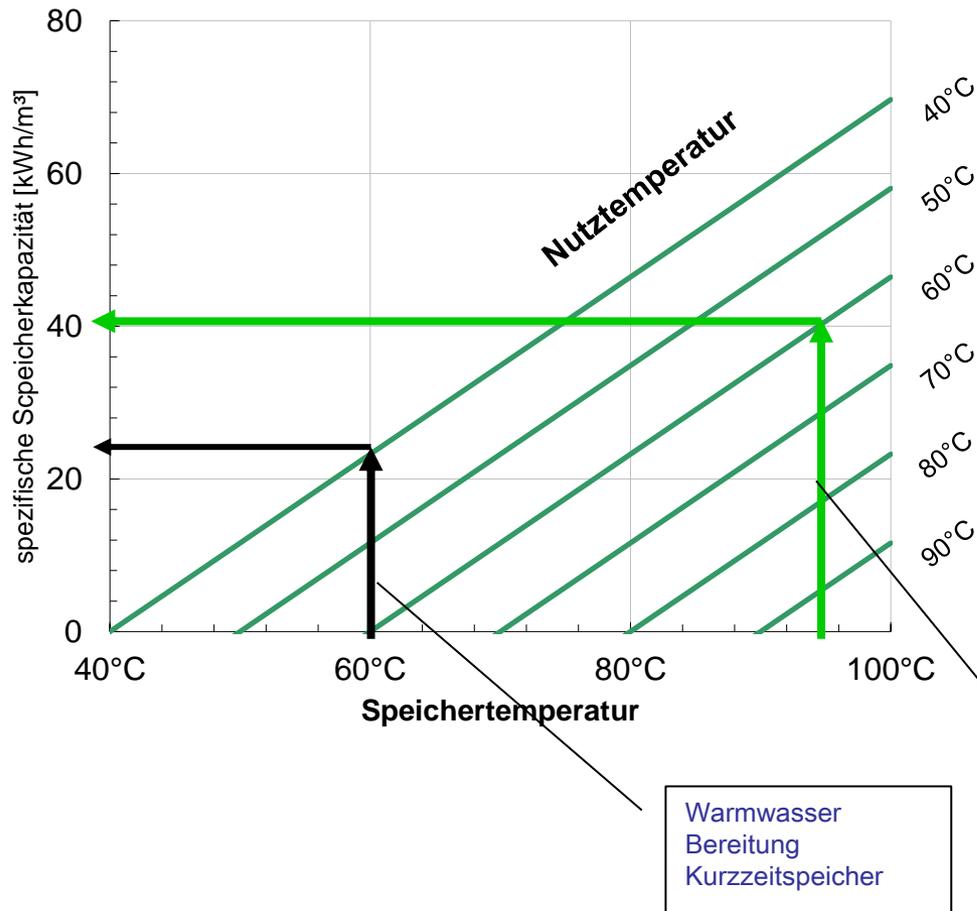
Wärmequellen

- BHKW 80...90°C
- Thermische Solaranlage: 70...95 °C

Wärmesenken

- Warmwasserbereitung 45...60°C
- Gebäudeheizung 35...70°C

Speicherkapazität von Warmwasserspeichern



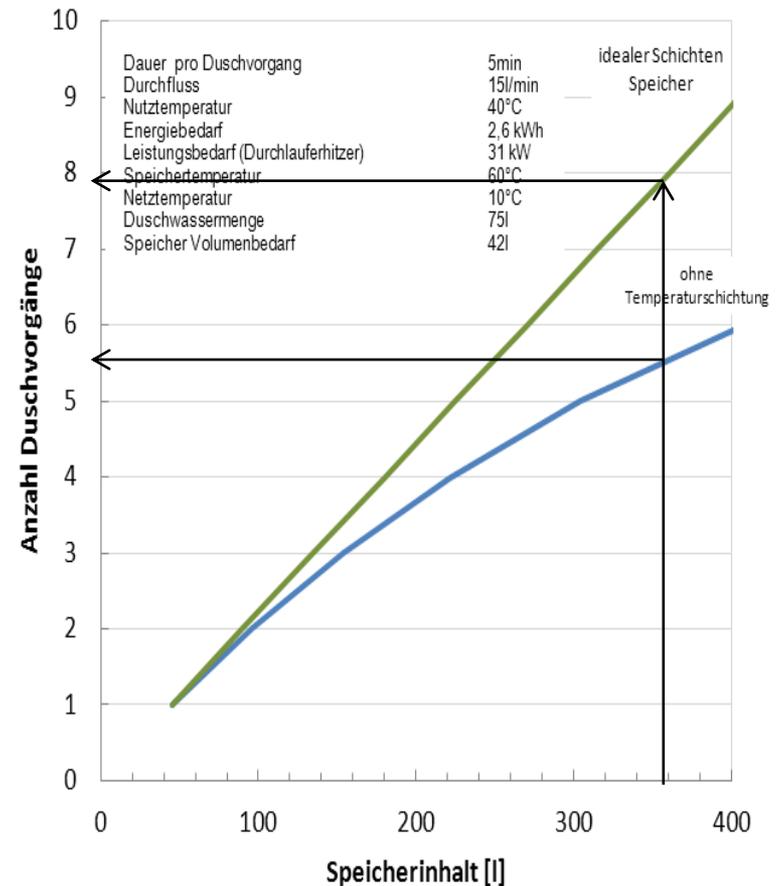
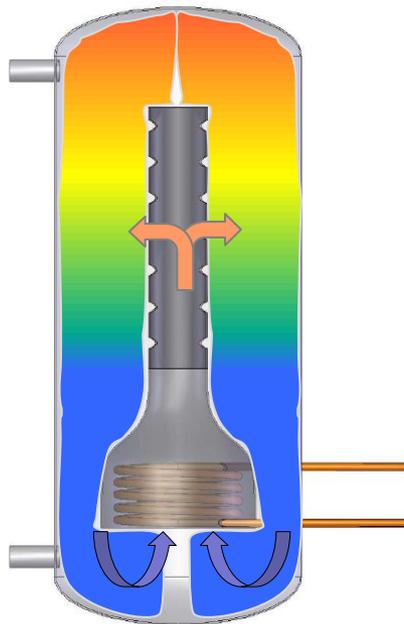
Maximale Speichertemperatur (Erzeugerseite) und minimale Nutzttemperatur (Verbraucherseite) bestimmen die spezifische Kapazität

Warmwasser
Bereitung
Kurzeitspeicher

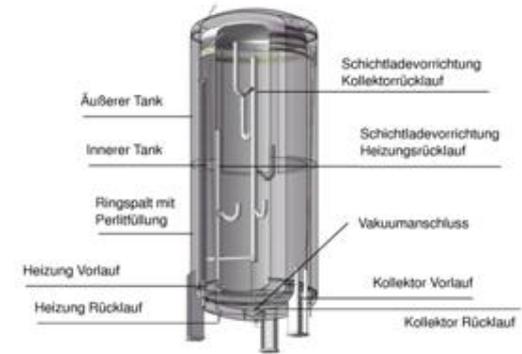
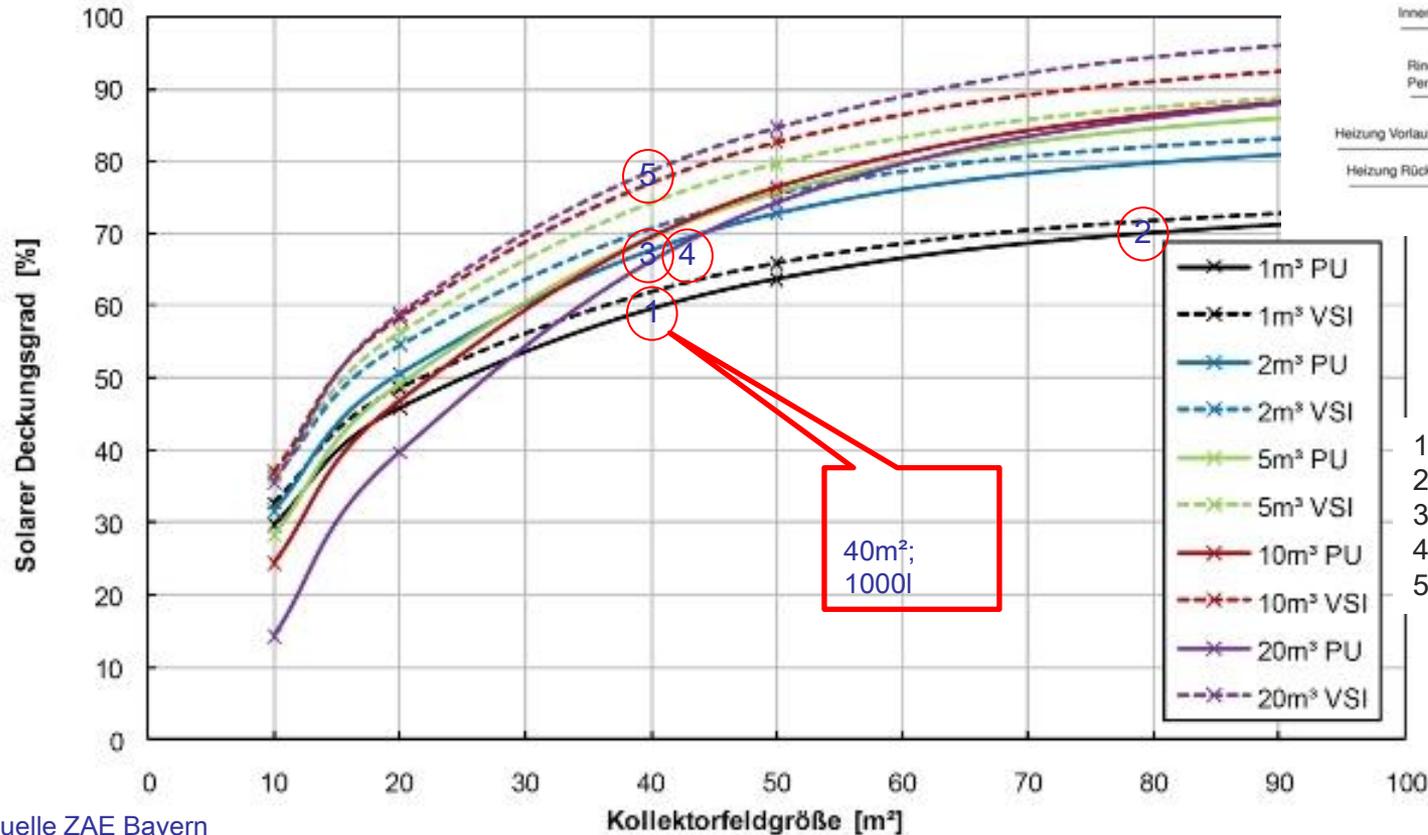
Gebäudeheizung
Langzeitspeicher

Reduzierung der Speicherverluste

- Schichtenladeeinrichtung
Flüssigkeit wird gerade in die Schicht transportiert, in der der Auftrieb verschwindet (gleiche Temperatur)
- Verbesserung Isolierung
- Optimierung Speichergröße / Wärmebedarf



Einfluss der Speichergröße und der Speicherqualität auf den solaren Deckungsgrad (Heizen)



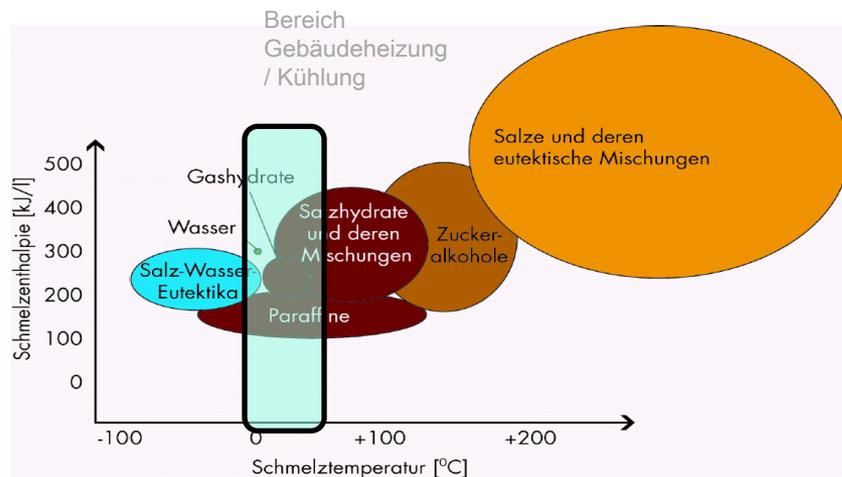
1. Auslegungsfall
2. Doppelte Solarfläche
3. Doppelte Speichergröße PU
4. 20fache Speichergröße PU
5. 20fache Speichergröße VSI

40m²;
1000l

Quelle ZAE Bayern

Anteilige Energieeinsparung (solarer Deckungsgrad) für ein EFH (150 m², 4 Personen, 50 kWh/m²a Heizwärmebedarf) gegen Kollektorfeldgröße (Flachkollektoren, Kollektorneigung 45°, Süd) bei unterschiedlichen Speichervolumina und Speicherdämmungen.

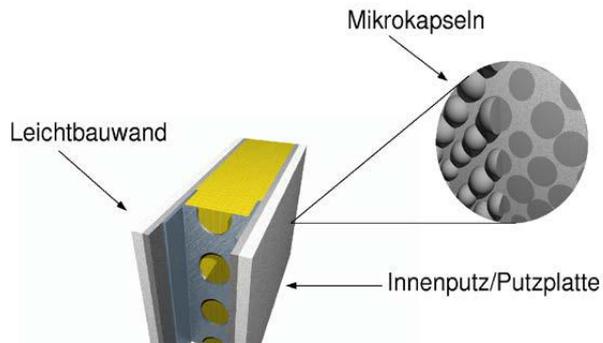
Material für Latentspeicher



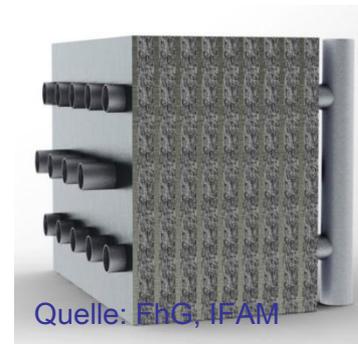
- Vielzahl von Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften
- gewünscht: geringe Temperaturdifferenz zwischen Schmelzen und Erstarren
- gewünscht: Verfügbarkeit in relevanten Temperaturbereichen
- gewünscht: hohe Speicherenenthalpie
- Probleme
- Schlechte Wärmeleitfähigkeit in der festen Phase = hohe Temperatur zum Aufschmelzen (Exergieverlust)
- PCM muss gekapselt werden (zusätzlicher Wärmewiderstand)
- Alterung, Degradation

Anwendung von PCM im Gebäudebereich

Baustoffe



Verbundstoffe, Wärmeübertrager



ILK Dresden, m-pore,
webasto AG

Nutzung natürlicher Kühlpotenziale

„Passive Klimatisierung“ durch bauintegrierte Lösungen auf der Basis von mikrogekapselten PCM (Micronal[®], 21°C, 23°C, 26°C)

Lehmbauplatten mit Latentwärmespeicher (Fa. Lebast Lehmbaumstoffe),

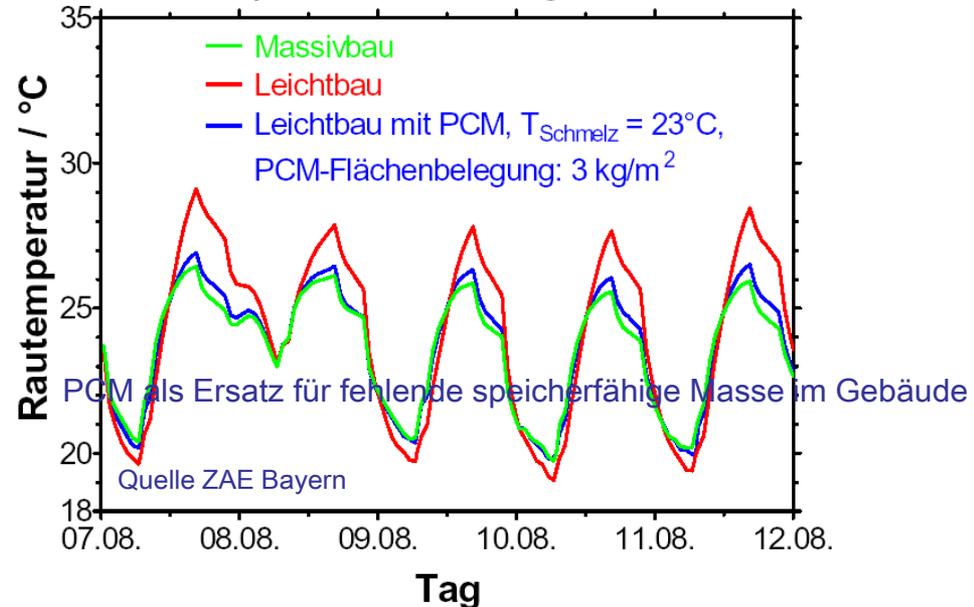
Gips-Maschinenputz weber.mur clima 26 (Fa. Saint-Gobain Weber),

RACUS[®] Innenausbaukomponenten: Rasterdeckeneinleger, Wandplatten und Wandplatten mit Innenisolierung (Fa. Datum Phase Change Limited).



Gips-Phasenwechsel-Material

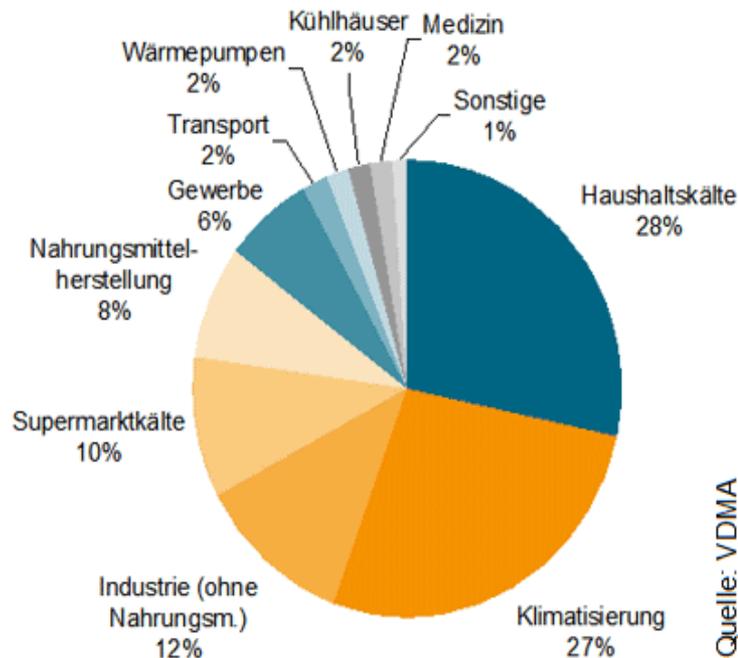
Temperaturverlauf im August



PCM als Ersatz für fehlende speicherfähige Masse im Gebäude

Kältespeicher

- Es gibt über 100 Mio. Kälteanlagen in Deutschland
- Auf Kältetechnik entfielen etwa 15 % des gesamten deutschen Stromverbrauchs.



Quelle: „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“, Studie des Forschungsrates Kältetechnik im Rahmen des VDMA, 2011

Kältespeicher

- Wegen der geringen Speicherkapazität von Kaltwasserspeichern werden für die Kältespeicherung hauptsächlich Latentwärmespeicher eingesetzt



Potsdam, Eisspeicher im Neuen Garten

Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts beruhte die Kältetechnik auf „natürlicher Kälte“ und saisonaler Speicherung. Brauereien, Lebensmittellager, Schlachtbetriebe,...

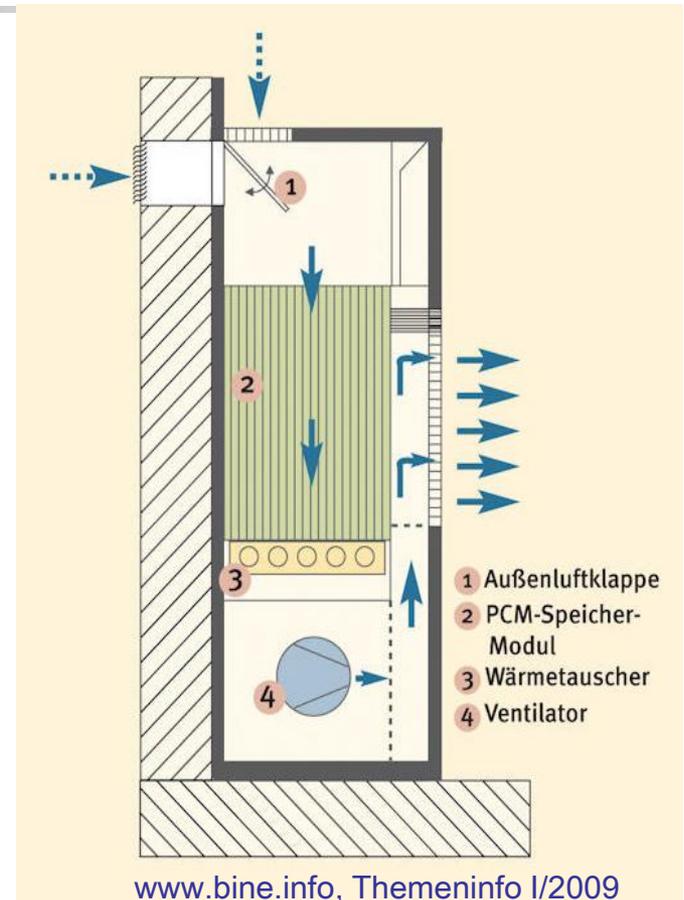
Latentwärmespeicher zur Nutzung natürlicher Kälte

Klimatisierung mit Nachtkälte durch PCM-Lüftungsgeräte

Auslegung: $m_{\text{PCM}} \approx 5 \text{ kg/m}^2$ @ 60 W/m^2
 $\Delta H \approx 170 \text{ kJ/kg}$

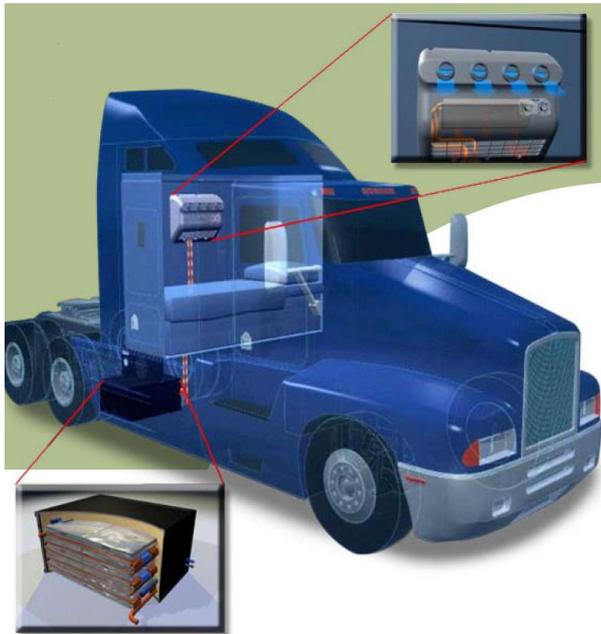


www.emco.de, emcovent PCM-Modul



Speicher für Komforterhöhung

- Kältespeicher für die Klimatisierung von LKW-Fahrerkabinen (Fa. Webasto)
Optimierungsarbeiten am WÜ gemeinsam mit ILK Dresden und Fa. m-pore.



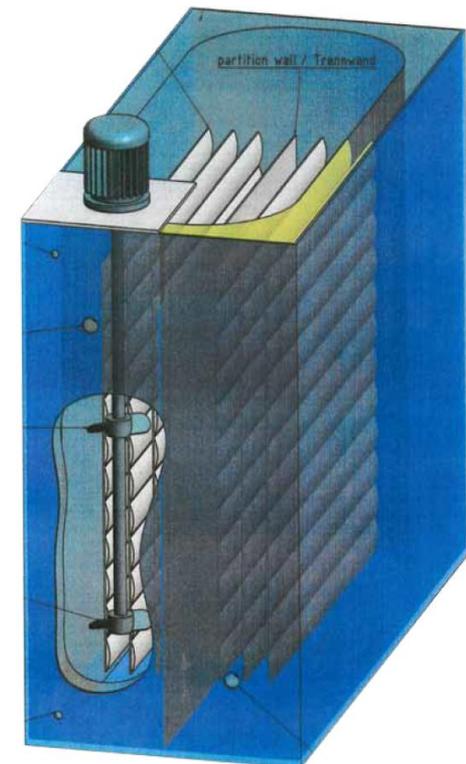
Quelle: J. Waschull, ILK Dresden

Speicherkapazität ca. 5 kWh

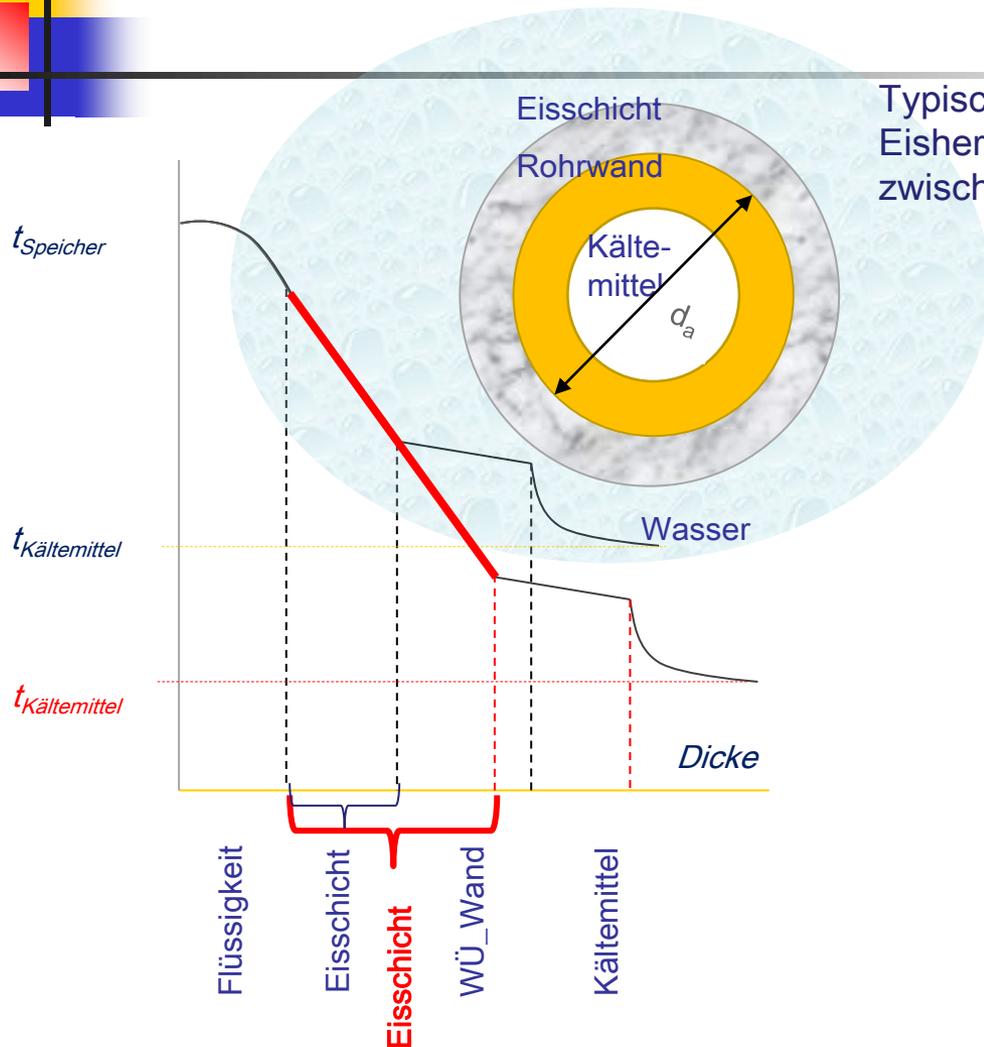
Eisspeicher zur Spitzenlastabdeckung und Kapazitätsanpassung

Eisspeicher mit freiem Eis (Beispiel Fa. Vritherm-Systemtechnik)

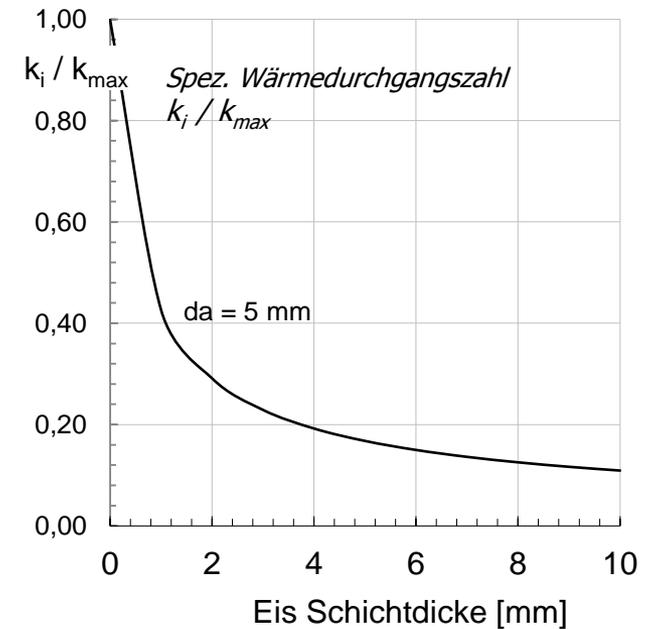
Einsatz in der Lebensmittelindustrie,
Auslegung für hohe Entladeleistungen
bei geringen Ladeleistungen (el. Anschlussleistungen),
Speicherkapazitäten von 15 kWh bis 2200 kWh.



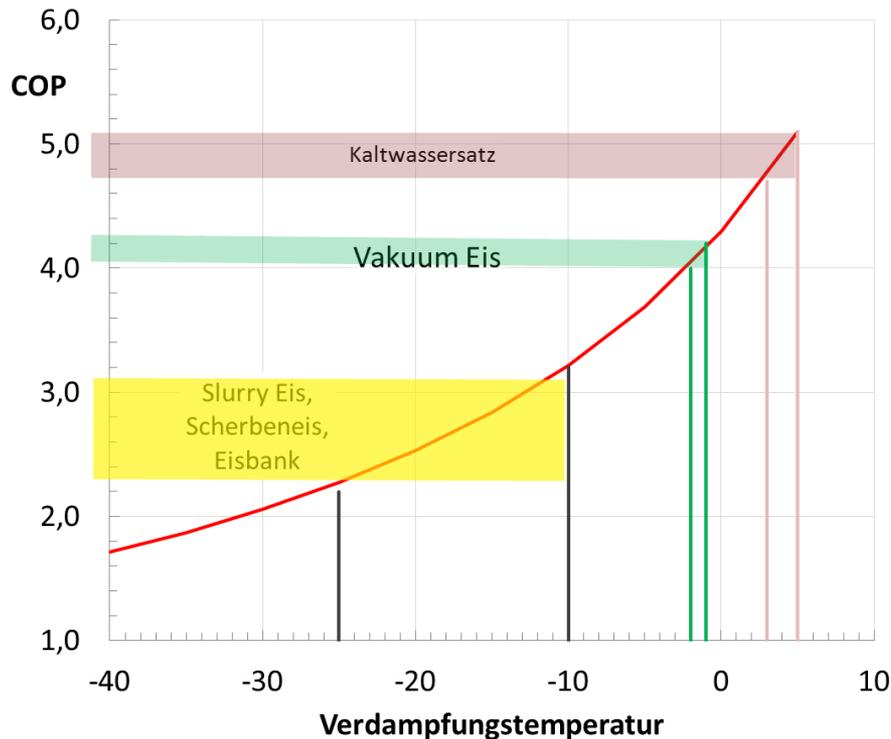
Eisentstehung an gekühlten Flächen



Typische Verdampfungstemperaturen bei der Eisherstellung an gekühlten Oberflächen liegen zwischen -10°C und -35°C



COP von Kaltwasser und -Eiserzeugung

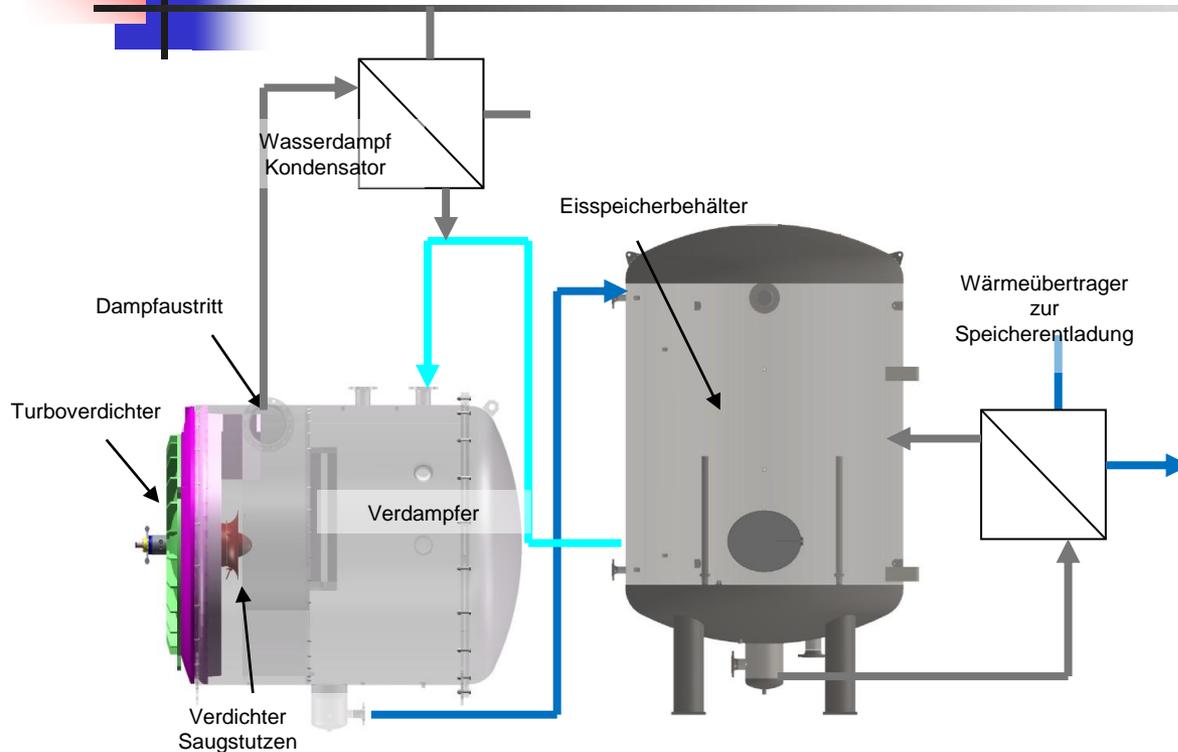


- Vakuumeis ist die energetisch beste Methode Eis zu erzeugen.
- Eis entsteht bei der direkten Verdampfung von Wasser bei Temperaturen nur geringfügig unter dem Gefrierpunkt.
- Wasser ist gleichzeitig Speichermedium (PCM) und Kältemittel !!!
- Guter Wärmeübergang
- Hohe Entladeleistung

$$COP = \frac{\text{Kälteleistung}}{\text{Antriebsleistung}} \approx v_{Carnot} \frac{T_{\text{Kältemittel}}}{T_C - T_{\text{Kältemittel}}}$$

$$t_c = 37^\circ\text{C}; v_{Carnot} = 0.55$$

Anlage zur Vakuumeiserzeugung mit Wasser als Kältemittel



- Turboverdichter 5...10m³/s
- Direktverdampfer

Herausforderungen:

- Eisentstehungs- und Transportprozess
- Erhaltung der Fließfähigkeit von Eis- Wasser- Mischungen im Speicher

Speicherbehälter



Versuchs- und Prototypanlagen Vakuumeiserzeuger und Eisspeicher

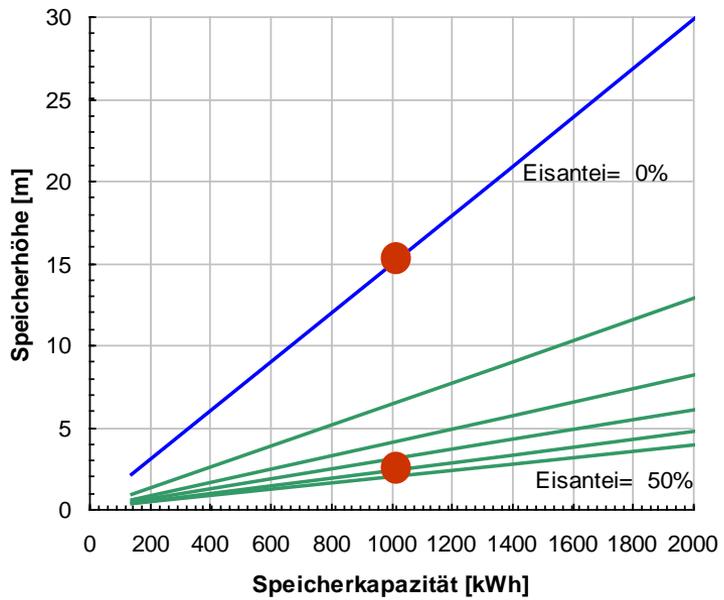
Anlagenparameter:

Verdampfungstemperatur:	-2...0 C
Verdampfungsdruck:	600 Pa
Verdampfer Leistung:	ca. 50 kW
max. Speicherkapazität:	350 kWh
bei Eiskonzentration:	50 %
Speichervolumen:	6.6 m ³



Eis-Wasser_ Gemisch im
Speicherbehälter

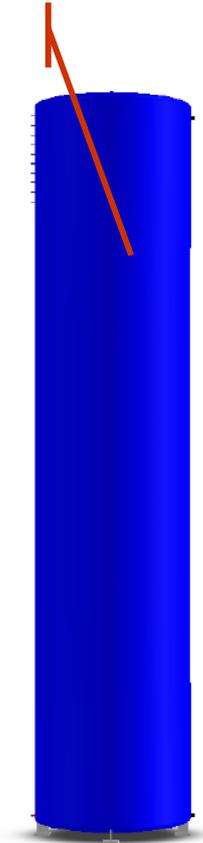
Vergleich von Speichergröße – Wasserspeicher und Vakuumeisspeicher



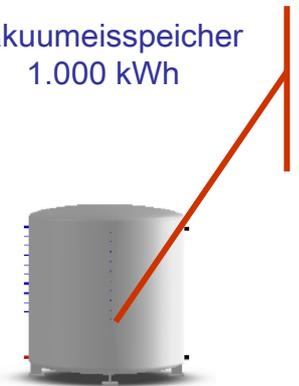
Kaltwasserspeicher
1.000 kWh

- Eisanteil= 0%
- Eisanteil= 10%
- Eisanteil= 20%
- Eisanteil= 30%
- Eisanteil= 40%
- Eisanteil= 50%

Behälterdurchmesser =
3,5 m
Entladetemperatur = 6°C



Vakuumeisspeicher
1.000 kWh

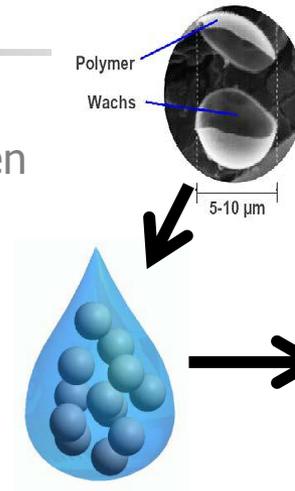


Vorteile von Vakuumeisspeichern für Gebäudekühlung

- Installierte Kälteleistung kann kleiner sein, als die Spitzenlast (Reduzierung von Investition für Kälteanlage und elektrische Anschlussleistung)
- Teillastanteil der Kälteanlage sinkt
- Kälteerzeugung kann in Stunden mit geringer Außentemperatur verlegt werden
- Teilentladung und Teilbeladung des Speichers ist möglich (konventionelle Eisspeicher müssen immer vollständig entladen werden)
- Hohe Entladeleistung
- Kann in Bestandsanlagen integriert werden
- Kann mit Überschussenergie beladen werden

Kältespeicherung bei Temperaturen über 0°C

- Flüssige, formastabile PCM mit Schmelztemperaturen von ca. +5°C
- Neue Anlagenkonzepte: Kombination von Kältemaschine mit Wasser als Kältemittel mit PCM Fluiden, gute Wärmeübertragung
- Ziel
Kältespeicher mit Verdampfungstemperatur +5°C. Das bedeutet höhere Energieeffektivität:
COP +20% gegenüber Vakuumeiserzeugung und +50% gegenüber konventionellen Eiserzeugern





Zusammenfassung

- Wärme- und Kältespeicher sind Bestandteil von Systemen und müssen in Zusammenhang mit dem System entwickelt und geplant werden.
- Für die Vergrößerung des Anteils regenerativer Energie sind Speicher ein notwendiges, wichtiges Instrument
- Speicher sind auch geeignet Stromspitzen in einem intelligenten Netzverbund zu glätten, z.B. Wärmepumpen zur Ladung von Großspeichern mit Überschussstrom
- Es besteht immer noch eine große Diskrepanz zwischen Kosten für Speicher und Ertrag für eingesparte Energie.
- Es besteht F&E Bedarf für Material- und Systementwicklungen
- Eine stärkere Dezentralisierung der Energieversorgung fordert neuartige, intelligente und wirtschaftliche Speicherkonzepte