

Nutzungsmöglichkeiten von Eisspeichern

Netzwerktreffen Kälteeffizienz Hamburg

Dietmar Obst | 8.2 Obst & Ziehmann GmbH

8.2 Group

Internationales Expertennetzwerk im Bereich Erneuerbare Energien



1995 in Deutschland gegründet – heute 32 internationale Standorte und über 20 Jahre Erfahrung

8.2 Group Expertise – eine Auswahl



Fundierte Kenntnisse aller Turbinentypen
> 40 000 geprüfte Turbinen

Due Diligence für mehr als 15 GW
On-/Offshore weltweit



Mehr als 5 GWp PV Projekte

Mehr als 20 Jahre Erfahrung im Bereich der
BHKW-Technik mit Biomasse und Biogas



Risikoorientierte Design Reviews für diverse
Turbinentypen (On-/ Offshore)

Weiterbetrieb von Windenergieanlagen
> 1 000 Gutachten erstellt



Beratungsleistungen

- Technische Due Diligence
- Schadens- und Wertgutachten
- Netzintegration
- Betriebsoptimierung

Technische Leistungen

- Inspektionen entlang des gesamten Lebenszyklus
- Gutachten zum Weiterbetrieb
- Audits & Fertigungsüberwachung
- Bauüberwachung
- Condition Monitoring (Online/Offline)

Dietmar Obst

- Dipl.-Ing. Maschinenbau (FH)
- knapp 10 Jahre HeinGas (Vertrieb und Leitung Vertragsabteilung mit Umsatzverantwortung für das gesamte Unternehmen)
- seit 2003 8.2 Ingenieurbüro Obst & Ziehmann
- ab 2008 Unterstützung Isocal bei der Markteinführung der Robur Gaswärmepumpen und Isocal Eisspeicher
- ab 2010 Konzentration auf 8.2 wegen der großen Nachfrage nach PV Dienstleistungen
- ab 2017 caldoa Unterstützung bei der Marktwahrnehmung

Wirtschaft

CO₂-REDUKTION

Bosch will komplett klimaneutral arbeiten – und lässt sich das eine Milliarde Euro kosten

Der Autozulieferer will beim Klimaschutz ernst machen und schon in einem Jahr klimaneutral arbeiten. Dafür muss das operative Geschäft krisenfest bleiben.



Mercedes-Benz Cars treibt die Nachhaltigkeit in den Werken voran.



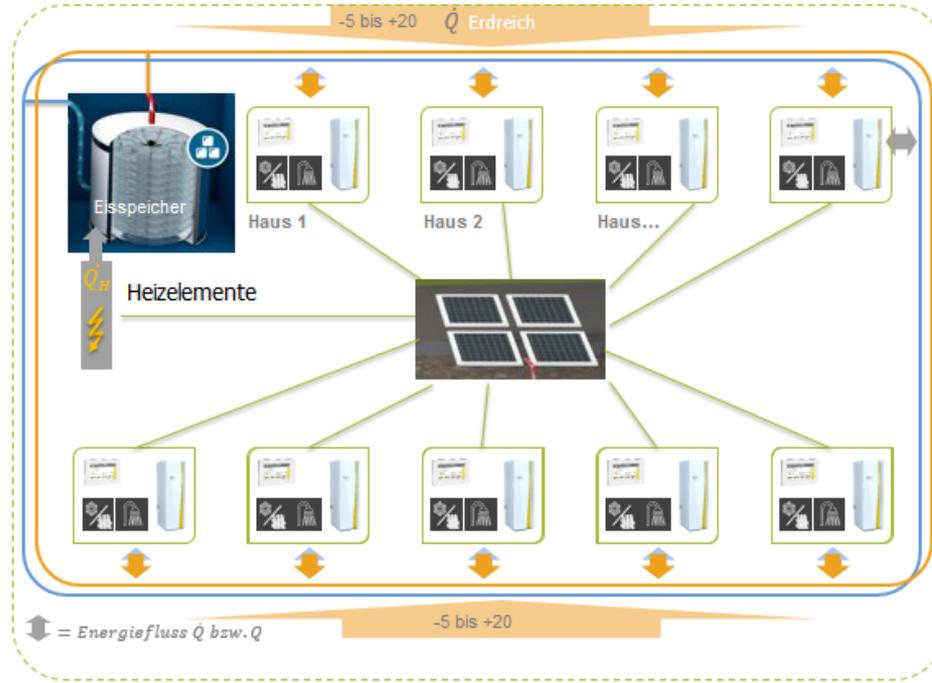
Quartierslösungen

Kalte Nahwärme / Quartierslösungen

- Kalte Nahwärmenetze stellen im Grunde nur eine Erweiterung der „GALAB“-Lösung dar.
- Es werden unterschiedliche Verbraucherstrukturen über ein gemeinsames Netz mit höchster Energieeffizienz zusammengeschlossen.
- Das Gesamtsystem ist „leider“ komplex. Es ist dringend zu empfehlen, Planung, Bau und Betrieb in die Hände professioneller Marktteilnehmer zu geben (zurzeit hauptsächlich Viessmann und caldoa).
- Eine übergeordnete Steuerung und Regelung sind wesentliche Erfolgsfaktoren für das Gesamtprojekt.
- Betreiber sind häufig, Energiegenossenschaften, Contractingunternehmen, Stadtwerke, Investoren aus der EE Branche (?)

Kalte Nahwärme / Quartierslösungen (2)

KNW System *klassische Variante* | Regeneration via Infrastruktur und Kühlbedarf

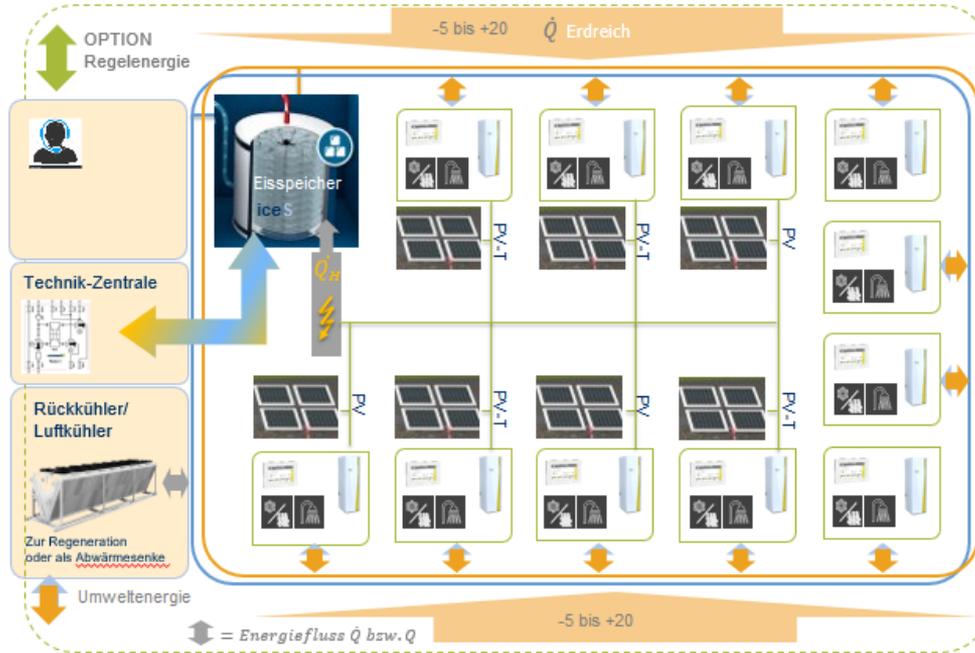


- **Zentraler Eisspeicher:** mit Entzugs- und Regenerations-WÜ, Füllstands- und Temperaturüberwachung
- **Zentraler Regelbaustein iConS:** kompakte Technikzentrale direkt in der Nähe des Eisspeichers platziert.
- **Ungedämmtes Rohrleitungsnetz** zur Nutzung oberflächennaher Geothermie (keine eigenen Zubringerpumpen!) mit Glykol-Wassergemisch
- **Einzel-Wärmepumpen** in Wohneinheiten
- **Netzdienlichkeit/SmartGrid** Möglichkeiten
- **Betrieb zentraler PV-Großanlagen** Überschuss zur Regeneration des Eisspeichers (!)
- **Fernüberwachung und Monitoring**, auch wenn gewünscht bei Einzelanlagen mit Servicevertrag

Quelle: caldoa

Kalte Nahwärme / Quartierslösungen (3)

KNW System klassische Variante | Regeneration via Infrastruktur, Rückkühler und Kühlbedarf



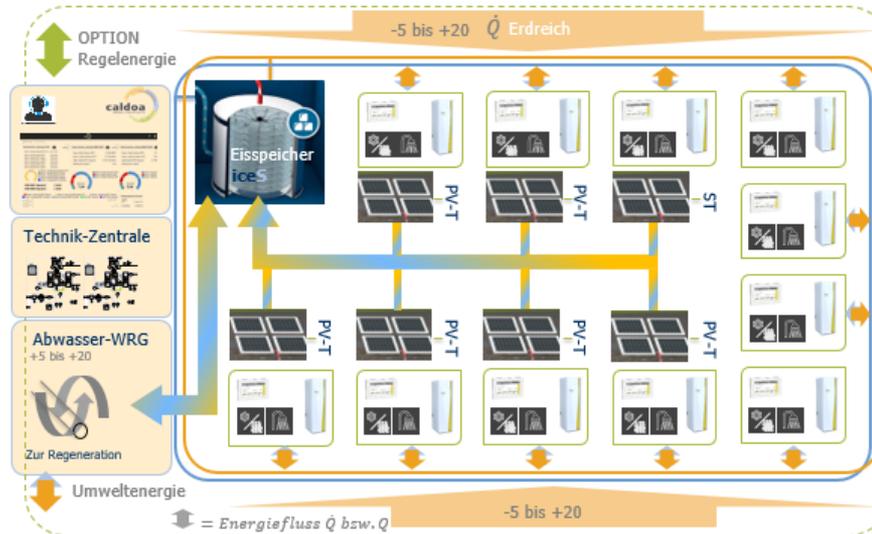
- **Zentraler Eisspeicher:** mit Entzugs- und Regenerations-WÜ, Füllstands- und Temperaturüberwachung
- **Zentrale Regeneration** über Luftkühler, auch bidirektional (Aktivkühlung!)
- **Zentraler Hydraulikbaustein connectS und Regelung iConS:** kompakte Technikzentrale direkt in der Nähe des Eisspeichers platziert.
- **Ungedämmtes Rohrleitungsnetz** mit Glykol-Wassergemisch zur Nutzung oberflächennaher Geothermie; Netzpumpen zur Temperaturregelung;
- **Einzel-Wärmepumpen** in Wohneinheiten
- **Netzdienlichkeit/SmartGrid**
- **Fernüberwachung und Monitoring**, auch wenn gewünscht bei Einzelanlagen mit Servicevertrag

Quelle: caldoa

Kalte Nahwärme / Quartierslösungen (4)

KNW System caldoa | Regeneration via Infrastruktur, Abwasser-WRG und erg. PV-T/ST

Netzbetrieb mit Glykol/Wasser-Gemisch



- **Zentraler Eisspeicher:** mit Entzugs- und Regenerations-WÜ, Füllstands- und Temperaturüberwachung
- **Regeneration** über Abwasser-Wärmerückgewinnung und PV-T oder Solarthermie
- **Technikzentrale und Regelung iConS:** direkt in der Nähe des Eisspeichers platziert.
- **Ungedämmtes Rohrleitungsnetz** zur Nutzung oberflächennaher Geothermie mit Glykol-Wassergemisch; Netzpumpen zur Nachregelung der Netztemperaturen
- **Einzel-Wärmepumpen je nach Leistungsbedarf** für Bauabschnitt/Gruppenversorgung etc.

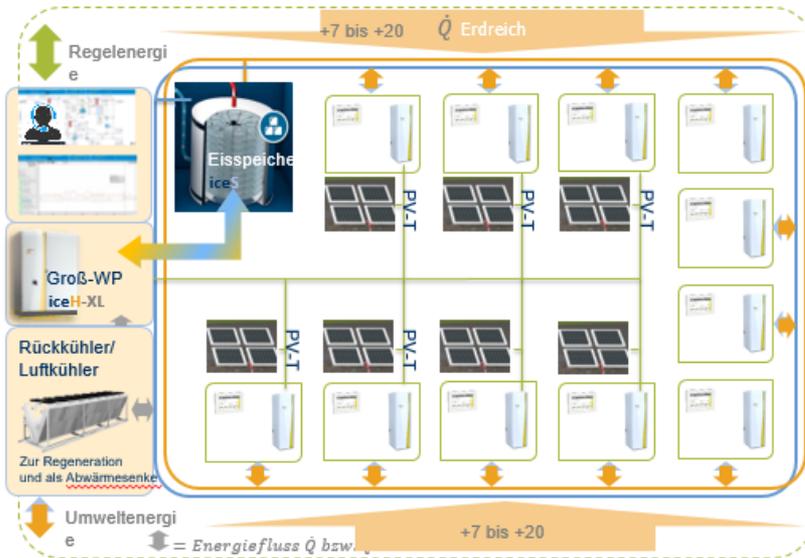
Volatile Regenerationsquellen geben ihre Energie an den Eisspeicher ab, während dieser zuverlässig Quellenergie als Puffer zur Verfügung stellt!

Quelle: caldoa

Kalte Nahwärme / Quartierslösungen (5)

KNW System caldoa | Regeneration via Infrastruktur, Rückkühler, PV-T und Kühlbedarf

Netzbetrieb mit Wasser



- **Zentraler Eisspeicher:** mit Entzugs- und Regenerations-WÜ, Füllstands- und Temperaturüberwachung
- **Zentrale Regeneration** über Luftkühler, auch bidirektional (Aktivkühlung!) als Ergänzung
- **Zentraler Hydraulikbaustein connectS und Regelung iConS:** kompakte Technikzentrale direkt in der Nähe des Eisspeichers platziert.
- **Zentrale Wärmepumpe iceW/iceHC**
- **Ungedämmtes Rohrleitungsnetz** zur Nutzung oberflächennaher Geothermie (Zubringerpumpen zur Netzversorgung und Temperaturregelung!) mit reinem Wasser (!)
- **Einzel-Wärmepumpen** in Wohneinheiten

Quelle: caldoa

Mögliche Bauarten caldoa-Eisspeicher

- Behälter aus wasserundurchlässigem (WU-Beton)
- rechteckig oder zylindrisch
- Deckel schwerlast-befahrbar

Rechteckig:

max. Seitenverhältnis: 2,5:1



Unterstützende Säulen können aus Gründen der Baustatik vorgesehen werden und stellen Befestigungsmöglichkeiten für die Rahmenkonstruktion der Wärmeübertrager dar.

Zylindrisch:

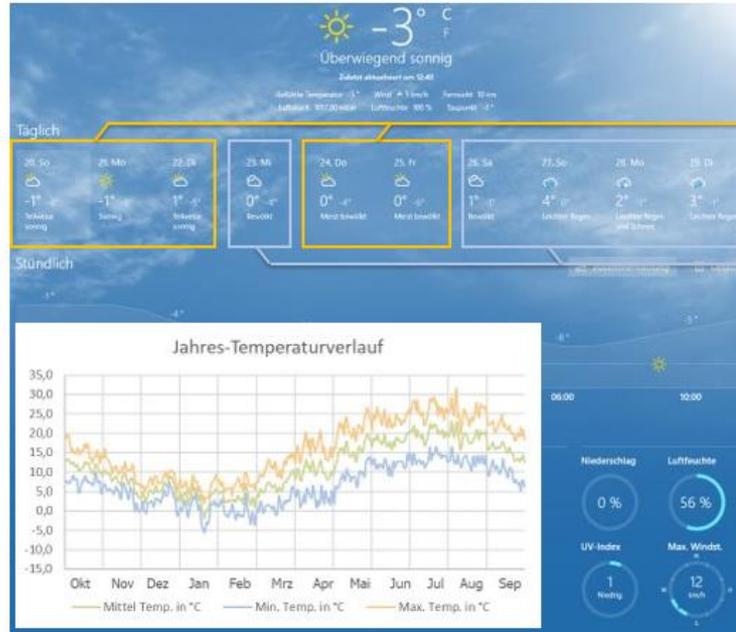
max. \varnothing : 18 m; max. Höhe: 4 m \rightarrow 1000 m³



Quelle: caldoa GmbH

Intelligente Steuerung

Eisspeicher-Systeme - Interaktion mit dem Wetter!



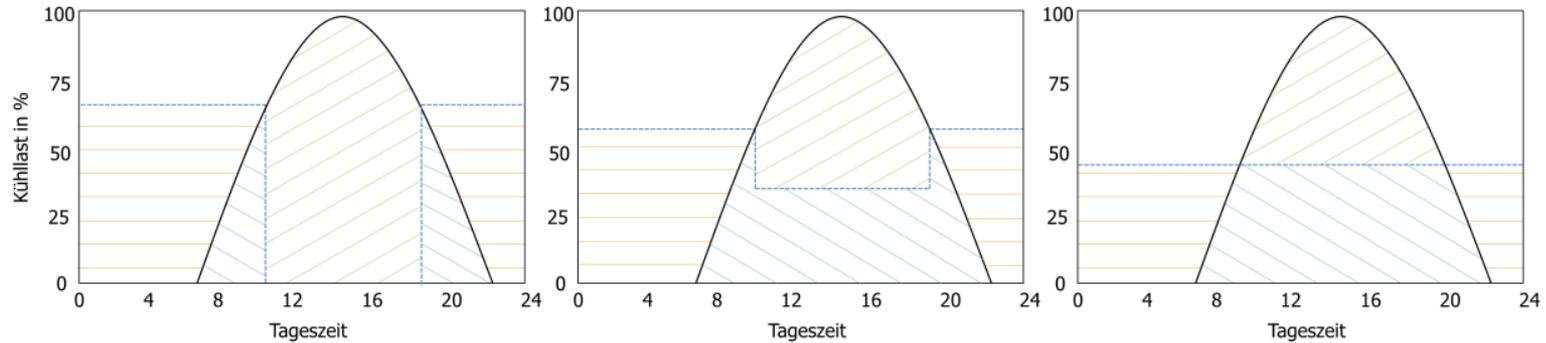
- ✓ Eisspeicher WÜ Entzug
- ✓ Regenerations-WÜ (parallel)
- ✓ Nur Eisspeicher WÜ Entzug

- Phasen des reinen Energieentzugs und des teilparallelen Regenerationsbetriebs im ständigen Wechsel!
- Sowohl Luft- als auch Strahlungsenergie lassen sich auch auf niedrigem Niveau ausnutzen!

Quelle: caldoa

Intelligente Steuerung (2)

Nutzung des Eisspeichers als Kältespeicher birgt großes wirtschaftliches Potenzial



- Kühllast
- - - - - Kühlleistung der WP
- ▨ WP liefert Kälte direkt für Gebäude
- ▨ WP belädt den Eisspeicher
- ▨ Eisspeicher liefert Kälte für Gebäude

→ **Kühlung mit Kältespeicher:**

Leistung der Wärmepumpe richtet sich nach der Heizleistung der Wärmepumpe

→ **Erzeugung der Kälteenergie im Nachtbetrieb der WP:**

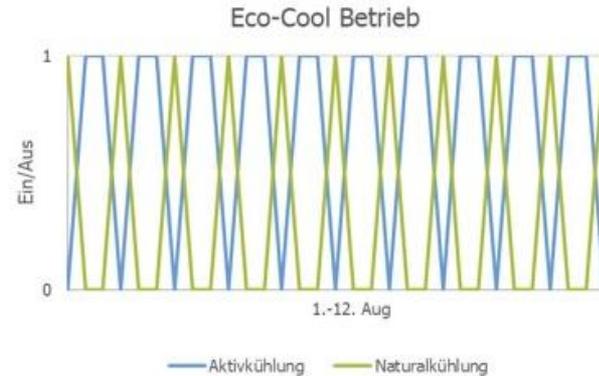
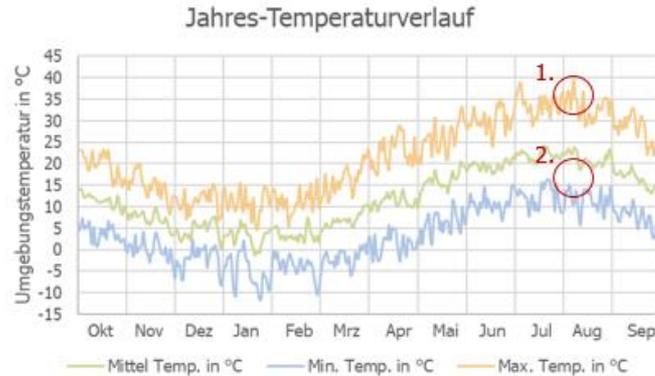
günstiger Strom; tiefe Außentemperaturen → effizient!

→ **„kleinere“ WP ausreichend für Kältebereitstellung!**

Quelle: caldoa

Intelligente Steuerung (3)

Nutzung der niedrigen Umgebungstemperaturen bei Nacht



1. Aktivkühlbetrieb am Tag (hohe Wärmesenken-Temperatur)
2. Aktivkühlbetrieb am Abend/bei Nacht (niedrige Wärmesenken-Temperatur)

→ Naturalkühlbetrieb bei Tag
z. B. von 10:00 bis 20:00

→ Aktivkühlbetrieb am Abend/bei Nacht
z. B. von 20:00 bis 10:00

Quelle: caldoa

Datencenter

Integration Datencenter

- Insbesondere Rechenzentren sind ein großer Treiber des Kältebedarfs in Deutschland. So wurden in 2016 12,4 TWh Strom allein in diesem Bereich für die Kühlung benötigt (Borderstep Institut).
- In Deutschland findet nahezu keine Abwärmenutzung aus Rechenzentren statt, obwohl viele Datencenter quartiersnah gebaut sind.
- Hochverfügbarkeit sorgt für hohe Kosten für Notstromaggregate. Der Bedarf kann durch günstige „hochverfügbare“ Eisspeicher deutlich reduziert werden.
- Bisher Kühlung mit 12/18 °C, um früh in Natural-Cooling Betrieb wechseln zu können. Dadurch sehr hoher Luftumsatz erforderlich.
- Renaissance: Wasserkühlung der Racks (Effizienzsteigerung)

Integration Datacenter

Die Renaissance der Flüssigkühlung im RZ

Mit Flüssigkühlung und Abwärmenutzung aus der Stromkostenfalle

19.10.16 | Autor / Redakteur: Ulrich Wolf / [Ulrike Ostler](#)

Bereits ohne Abwärmenutzung führt die Flüssigkühlung nach dem „Hot Fluid“-Prinzip zu beträchtlichen Einsparungen bei Investitions- und Betriebskosten im Rechenzentrum. Flüssigkühlung bietet darüber hinaus günstige Voraussetzungen zur Wärmerückgewinnung, zur lokalen Nutzung oder Einspeisung in Fernwärmenetze.

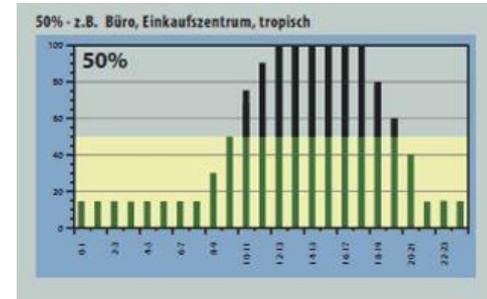
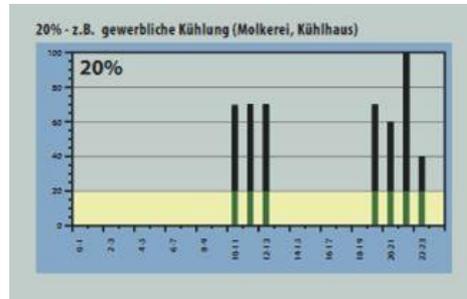
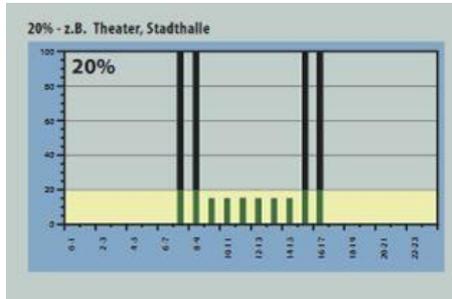
Quelle: Datacenter Insider

Prozesskälte

Industrielle Anwendung von Eisspeichern

Eisspeicher trennen zeitlich die Kälteerzeugung von der Kältenutzung und ermöglichen dadurch:

- die Reduzierung der elektrischen Nennleistung bei gleicher Kälteleistung, bzw. die Erhöhung der Kälteleistung im Prozess
- die Verminderung von Ersatzinvestitionen in neue Kälteanlagen
- eine Effizienzsteigerung im Gesamtsystem durch neue Technologien



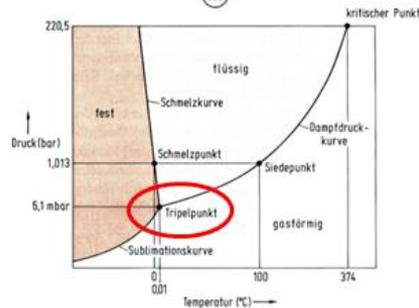
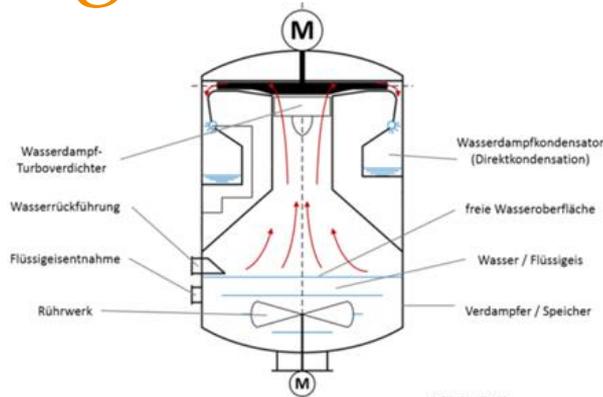
Prozesskälte (im Kleinen)

- Beispiel: Milchhof mit eigener PV-Anlage (Stromgestehungskosten ca. 5 bis 8 Cent/kWh)
- PV-Strom kann entweder
 - ins Netz eingespeist,
 - in einem elektrischen Speicher zwischengepuffert,
 - oder zur Einspeicherung der Nutzenergie Kälte eingesetzt werden
- Wichtig: Betreiber von PV-Anlage und Milchhof müssen eine juristische Person sein
- Reduzierte EEG-Umlage auf Eigenverbrauch muss abgeführt werden!



Quelle: Galaxy Energy

Flüssigeis zur Kältespeicherung



Phasendiagramm von Wasser

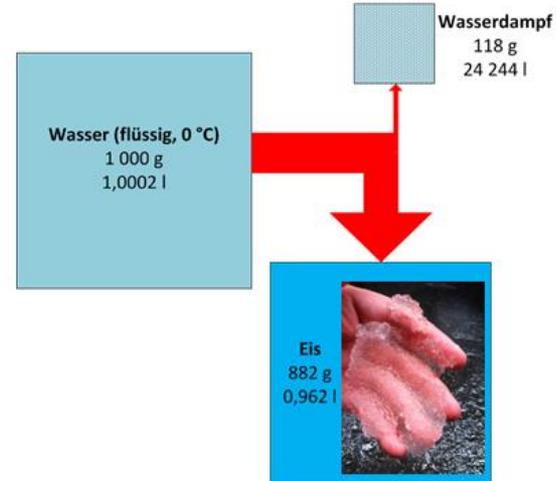
(Quelle: https://portal.uni-freiburg.de/chemie/lehre/lehrgaenger/uebungen/3_bundel/ad/wasser/view)

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

$$h_{v} = 2500 \text{ kJ/kg}$$

Erstarrungs-/Schmelzenthalpie

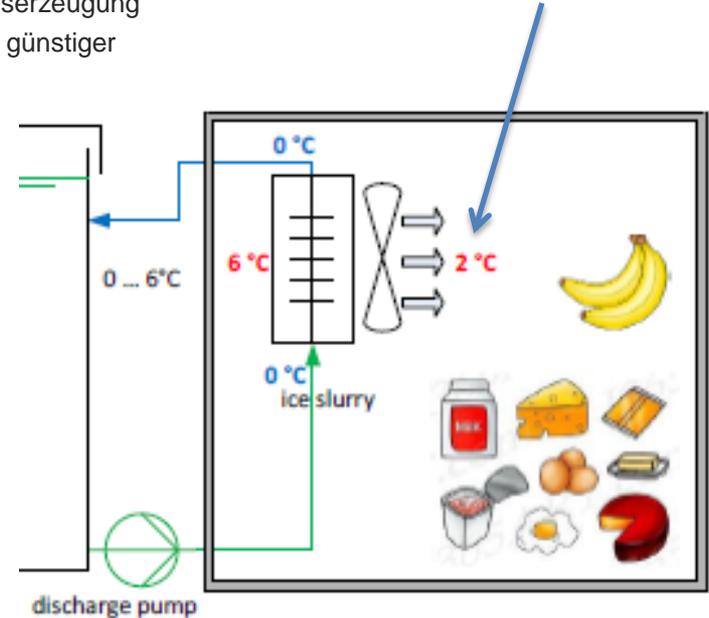
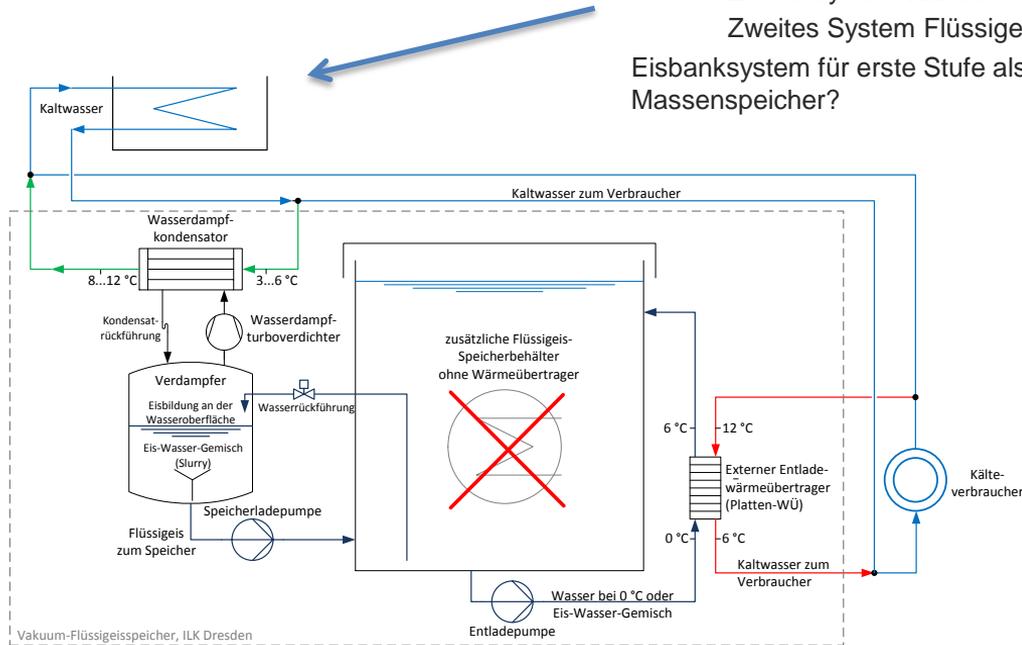
$$h_{fUS} = 333,5 \text{ kJ/kg}$$



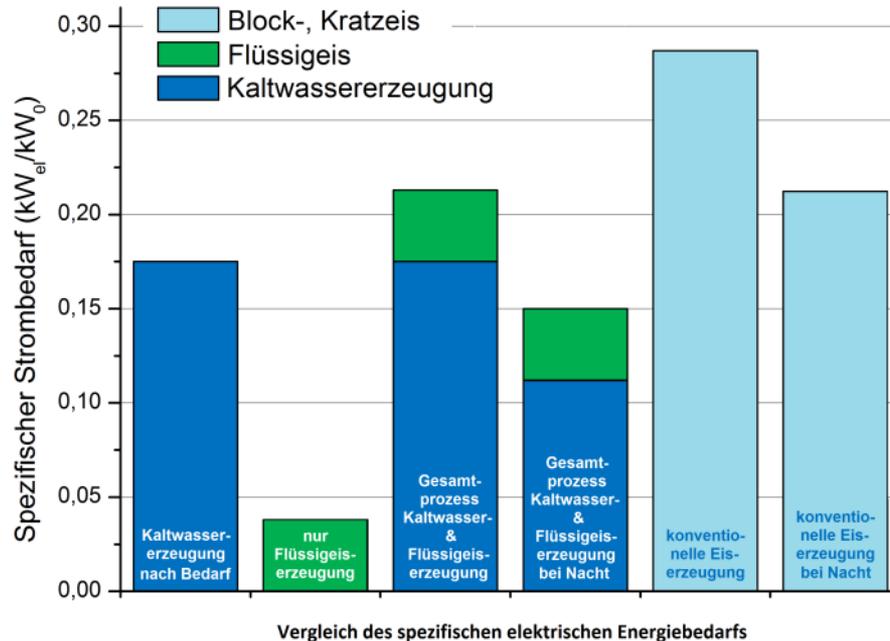
Quelle: ILK Dresden

Flüssigeis zur Kältespeicherung (2)

Zweiteiliges System:
 Erstes System Kaltwasser
 Zweites System Flüssigeiserzeugung
 Eisbanksystem für erste Stufe als günstiger
 Massenspeicher?



Flüssigeis zur Kältespeicherung (3)



Quelle: ILK Dresden

Beispiel Molkerei

Installed Sub-cooling Ice Making System

Dairy Factory / Ibaraki region, Japan



Ice Storage Tank

Compressor Package

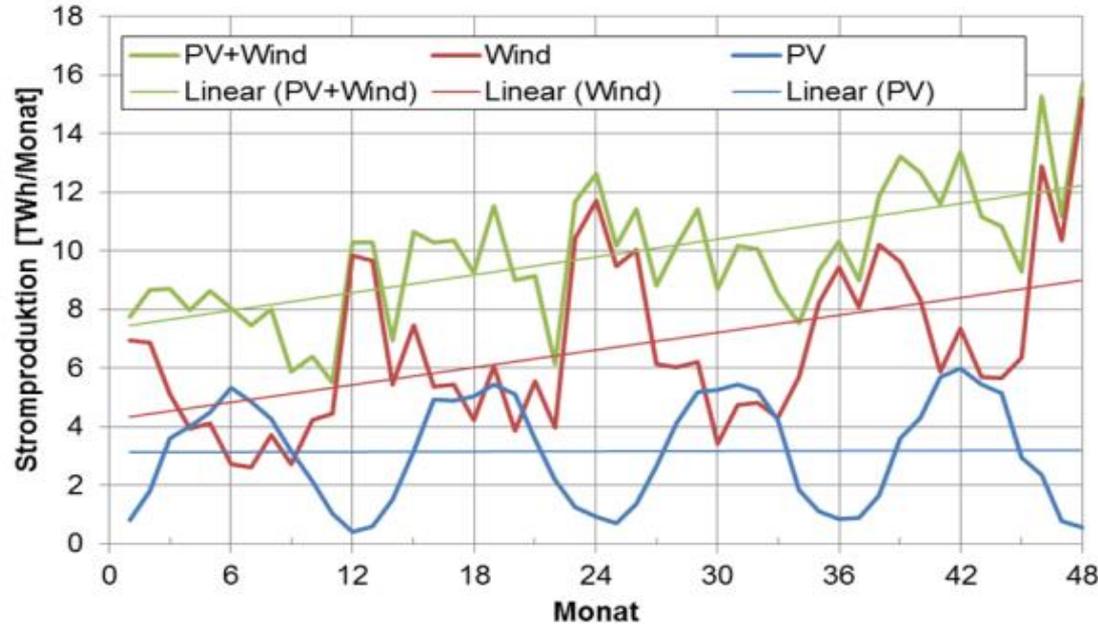
Quelle: mayekawa

Sektorkopplung

Sektorkopplung

- 100% Erneuerbar ist erreichbar,
 - wenn deutliche Überkapazitäten an EE-Stromerzeugung vorhanden,
 - hohe **Speicherkapazitäten** verfügbar sind,
 - und die Verbraucher flexibel auf das Stromangebot reagieren können
- Die Lösungen:
 - Power to Heat
 - Power to Mobility
 - Power to Gas
 - Power to Liquids
 - Neu: **Power to Cold**

Wind und Solar ergänzen sich



aber Volatilität bleibt, d.h. es werden große Leistungen und Kapazitäten an:

- Stromspeichern
- Wärme und Kältespeichern benötigt.

Außerdem ist eine

- Regelbarkeit der EE erforderlich

Abbildung 27: Monatliche PV- und Windstromproduktion der Jahre 2014-2017 [ISE4]

Power to Cold

- Bisher wurde Power to Cold nur selten im Zusammenhang mit Power to X Technologien erwähnt.
- Betrachtet man die Flexibilisierung der Nutzenergie, bietet sich die Speicherung der Kälte an.
- Eisspeicher sind mit sehr großen Kapazitäten größer 100 MWh verfügbar (z.B. Ice Slurry, Eisbanksysteme).
- Es werden keine teuren Rohstoffe benötigt.

Umsetzung im Kleinen und Großen

Solare Kühlung im Sommer durch PV

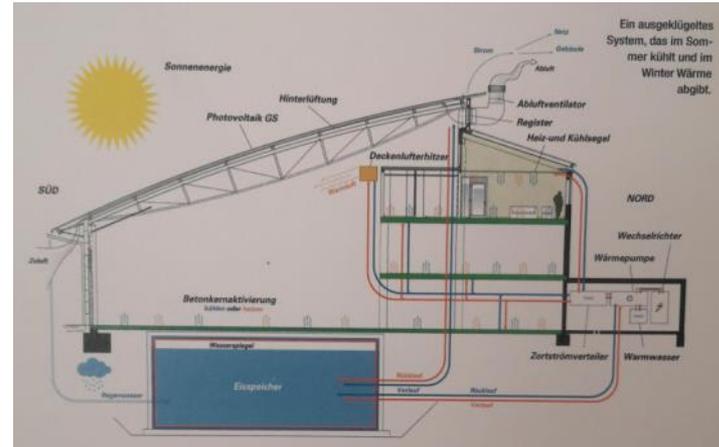
1. Phase

Im Frühjahr wird das Eis des Winters geschmolzen.

2. Phase

Solarstrom betreibt die Kältemaschine direkt, Überschüsse werden in den Eisspeicher geleitet.

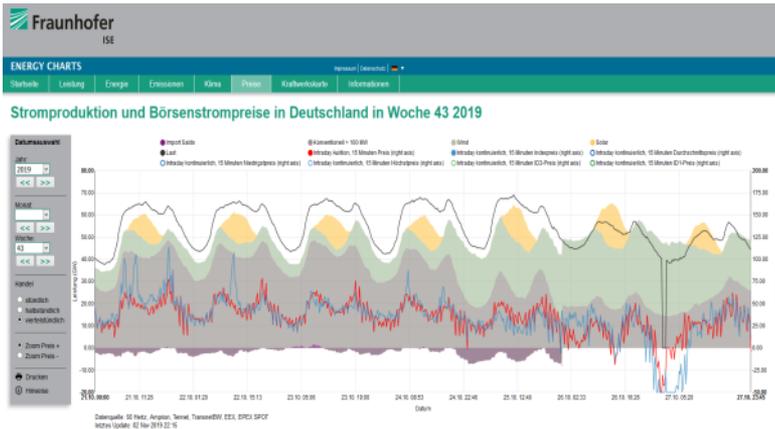
Eisspeicher als täglicher Kaltwasserpuffer für abends, nachts und bewölkte Tage



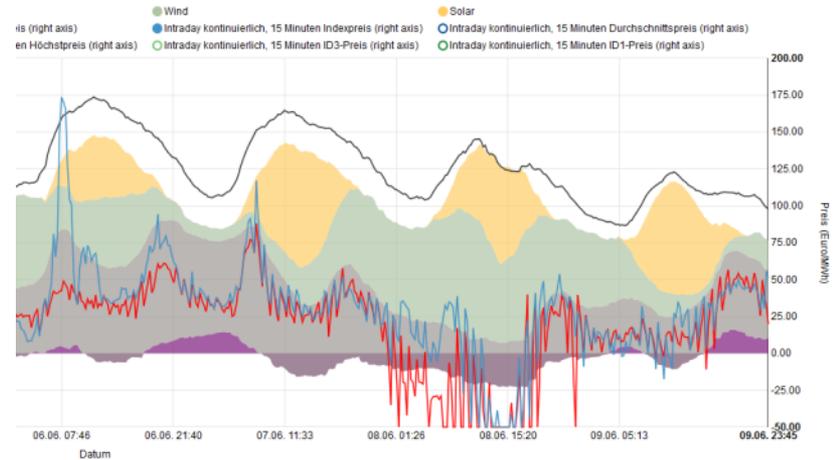
Quelle: Galaxy Energy

Multi-MWh Speicher

- Nutzung der Preisunterschiede an der Börse.
- Wenn Wind und PV zusammentreffen, ist der Preis besonders niedrig.



Woche 23 2019



Multi-MWh Speicher (2)

- Junge Unternehmen platzieren sich am Markt.
- Beispiel aWATTar: Energy in Sync with Nature: Den Verbrauch an die Natur anpassen, damit noch mehr Wind- und Solaranlagen gebaut werden können.



Energiekosten senken

Automatisch in den
günstigsten Stunden Strom
verbrauchen



Wind und Sonne

Synchronisieren Sie Ihren
Verbrauch mit der Natur

- Hub in 2019: ca. 4 Cent/kWh bei stündlichem Vertrag (bis zu 70% des Hubs möglich)
- Dynamische EEG-Umlage und Netzentgelte als neue Ideen.

Multi-MWh Speicher (3)

- In Zukunft: Belohnung netzdienlichen Verhaltens durch Wegfall von EEG-Umlage und Netznutzungsentgelt?
- Beispiel: GASAG Solution Plus, WindNODE Projekt Berlin, EUREF-Campus
Power to Heat / Power to Cold

GASAG Solution Plus, EUREF-Campus



Zahlen zum Projekt

- ▶ **Power-to-Heat-Anlage:** 500 kW Wärmeleistung
- ▶ **Power-to-Cold-Anlage (zwei Kompressionskältemaschinen):** 1000 kW Kälteleistung pro Maschine, 278 kW Energiebezug pro Maschine
- ▶ **Speichervolumen je Speicher:** 22 m³
- ▶ **BHKW:** 400 kW_{el}, 460 kW_{th}
- ▶ **Länge der Nahwärmeleitungen auf dem Areal:** 2,5 km
- ▶ **Fördersumme im Projekt WindNODE:** 270.000 €

- Die Innovation steckt nicht in den einzelnen Komponenten, sondern in der Steuerung des Systems
- Heizen und Kühlen, wenn viel Strom da ist
- Kälte ist wirtschaftlicher als Wärme

GASAG Solution Plus

- „Wir haben gelernt, dass die Wasserspeicher unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten größer sein sollten. Viel größer. Gerne zehn oder auch zwanzig Mal so groß.“ (Dr. Wolfgang Urban)
- „Ich wünsche mir von der Politikein ehrliches Arbeiten an der Energiewende....Steuern und Abgaben auf EE-Überschussstrommengen zu erlassen und ggf. für Netzdienlichkeit eine Abgabe des Stroms für Null....“ (Frank Mattat).

Post-EEG Anlagen als Potential

- PV-Anlagen jeglicher Größe nutzbar für Kälteerzeugung und Wärmeunterstützung (ca. 5 ct/kWh plus $0,4 \times 6,756$ ct/kWh)
- Windenergieanlagen (WEA) in der Nähe von Gewerbegebieten



Neue EE-Anlagen als Potential

- PV-Anlagen im Gewerbebereich: EEG-Vergütung ca. 9 Cent/kWh
- PV-Freiflächenanlagen: EEG-Vergütung ca. 5 bis 6 Cent/kWh. Teilweise in der Nähe von großen Logistikzentren
- PV- und Windenergieanlagen außerhalb des EEG: PPA-Verträge werden attraktiver, wenn zu Zeiten niedriger Strompreise an der Börse der Strom selbst genutzt und nicht an den Offtaker verkauft wird
- Windenergieanlagen in räumlicher Nähe zu Siedlungen. Wärmebedarf und Windstromangebot fallen zusammen. Eisspeicher als Wärmequelle bzw. mit Doppelnutzen.
- Wichtig: Umwandlung des Stroms in Wärme und Kälte muss durch den Anlagenbetreiber erfolgen, sonst sind alle Steuern und Abgaben abzuführen.

Kosten Multi-MWh Eisspeicher

- Investition (z.B. caldoa)
deutlich kleiner 1 Mio. EUR je 100 MWh Kältespeicherung
(Betonbehälter, Lade- und Kälte-Wärmetauscher, Eisspeicher-Steuerung)
- Wartung
vernachlässigbar (wenige TEUR pro Jahr)
- Lebensdauer
größer 30 Jahre ohne Degradation, Ersatzinvestitionen nur für externe
Wärmetauscher und Pumpen

Exkurs: Touristik

- Beispiel: Andalusien, von Oktober bis April sind Hotels geschlossen
- Status: Windreiche Region mit mehreren Windparks
- Ziel: Regenerative Klimatisierung
- Idee: Eisspeicher werden zu Starkwindzeiten geladen.



Quelle: Google Maps



Quelle: Siemens Gamesa

Fazit

- Politische Rahmenbedingungen (EEWärmeG) haben die Markteinführung von E Speichern sehr großer Kapazität gefördert.
- Bei der Nutzung von Kälte und Wärme sind große, saisonale Eisspeicher bereits heute wirtschaftlich.
- Die weitere Marktintegration wird durch Förderprogramme unterstützt.
- Will Deutschland seine Klimaziele erreichen, ist der massive Zubau von EE erforderlich.
- Wird dies ermöglicht, so sind politische Anreize für die Flexibilisierung der Verbraucher zu erwarten, um Überschüsse der EE zu reduzieren. z.B. dyn. Netzentgelte, dyn. EEG Umlage usw., sinnvoller (hoher) CO2 Preis.

Fazit

- Die Wirtschaft ist schon heute weiter, als die Politik. CO2 Vermeidung ist wesentlicher Bestandteil der Firmenpolitik vieler Unternehmen.
- Stimmen die politischen Rahmenbedingungen, wird es eine dauerhafte Nachfrage nach vielen Speichertechnologien (elektrisch, thermisch, chemisch) im Multi-MWh Bereich geben.
- Eisspeicher unterschiedlicher Bauart werden dabei eine wichtige Rolle zur Flexibilisierung der Nutzenergie Kälte spielen, aber auch als Wärmequelle für Wärmepumpen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

8.2 | The Experts in Renewable Energy

Dietmar Obst