



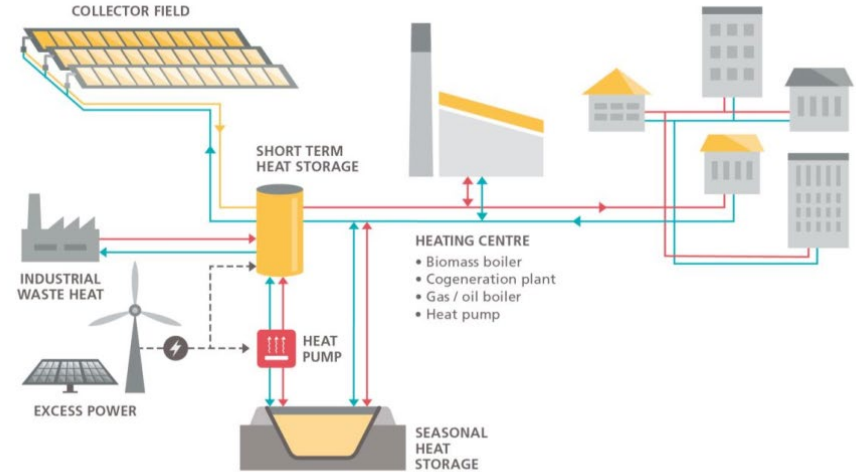
**Deponien als Energiestandorte der Zukunft -
Potenziale durch flexible Erdbeckenwärmespeicher**

Funktion & Netzintegration von Erdbeckenspeichern



Energietransformation durch Speicherung

- **Sektorenkopplung**
Entkopplung von Produktion und Bedarf
- Erhöhung des Potenzials und Flexibilisierung von EE-Erzeugern
- Integration verschiedenster Energie- / Wärmequellen
- Abregelung von elektrischen Lasten durch Power-to-Heat
- Strommarktorientierte Fahrweise von KWK-Anlagen
- Energieunabhängigkeit
- Versorgungssicherheit



IEA SHC TASK 55

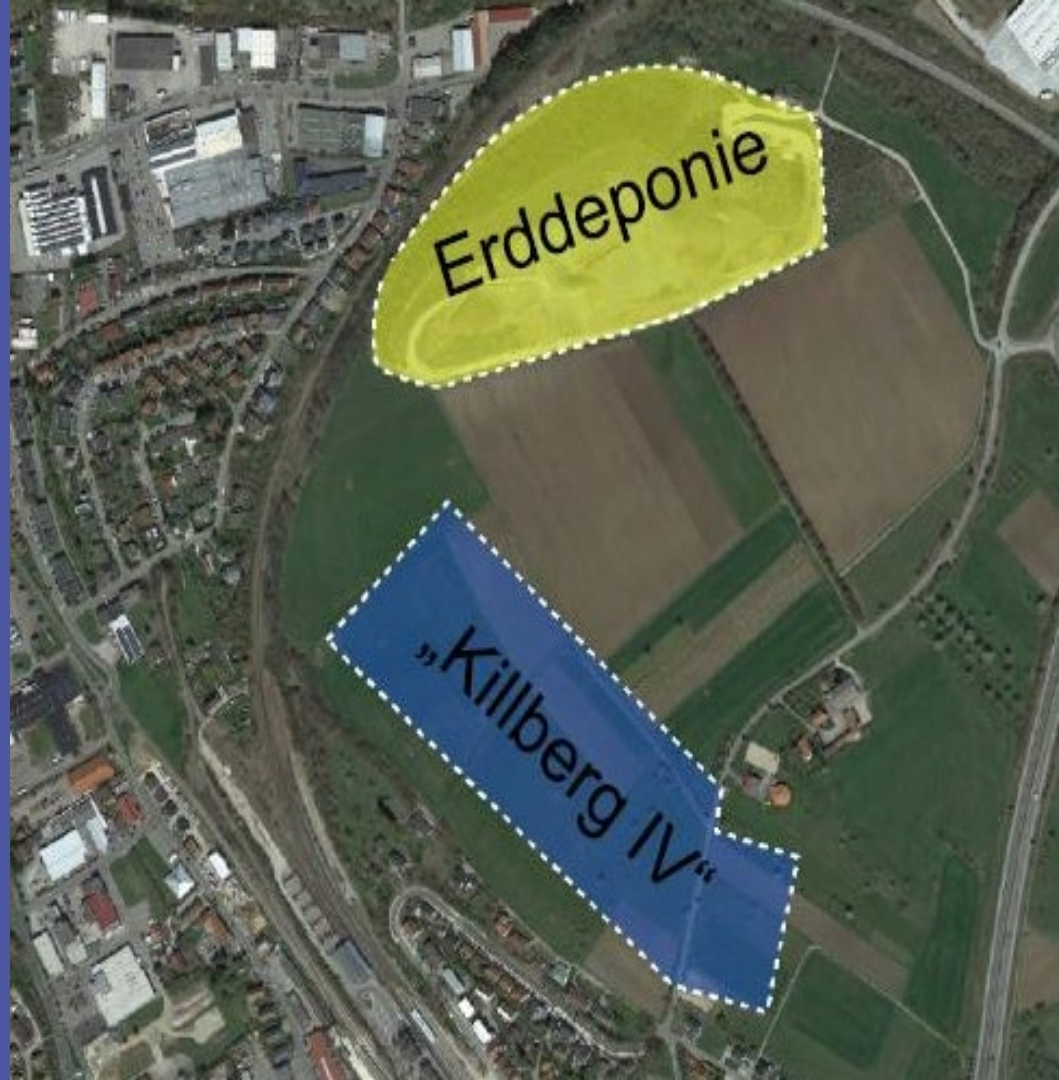
Vom Abfallstandort zum grünen Energiestandort

Chancen durch Speicherung

- Großdimensionierte Wärmespeicher (LTES) wie Erdbeckenwärmespeicher (PTES) benötigen Platz
- Nachnutzung deponienaher Flächen zur Energiespeicherung
- → Deponiefläche ist in ihrer Nutzung weitgehend festgelegt
- und steht kaum in Konkurrenz zu anderen Flächen, wie
- → urbane / städtische Bereiche
- → landwirtschaftliche Flächen
- → natürliche Flächen (Schutzgebiete, Naturräume, Erholungsräume, Waldgebiete)
- → Ausgleichsflächen

Vom Abfallstandort zum Energiestandort

Erdbeckenwärmespeicher Hechingen

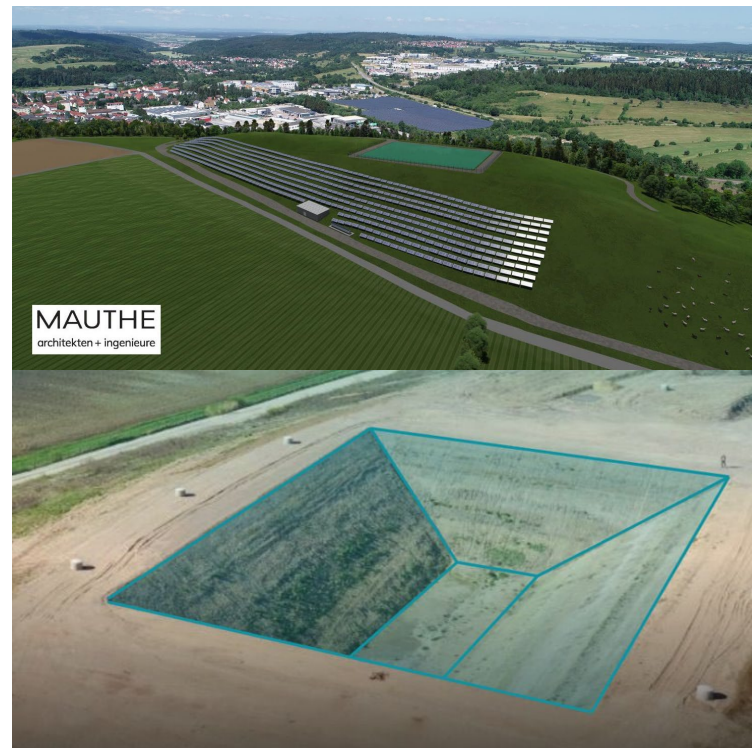


Von einer Erddeponie zum „Energiehügel“

18.000 m³ Saisonspeicher in Hechingen, Deutschland

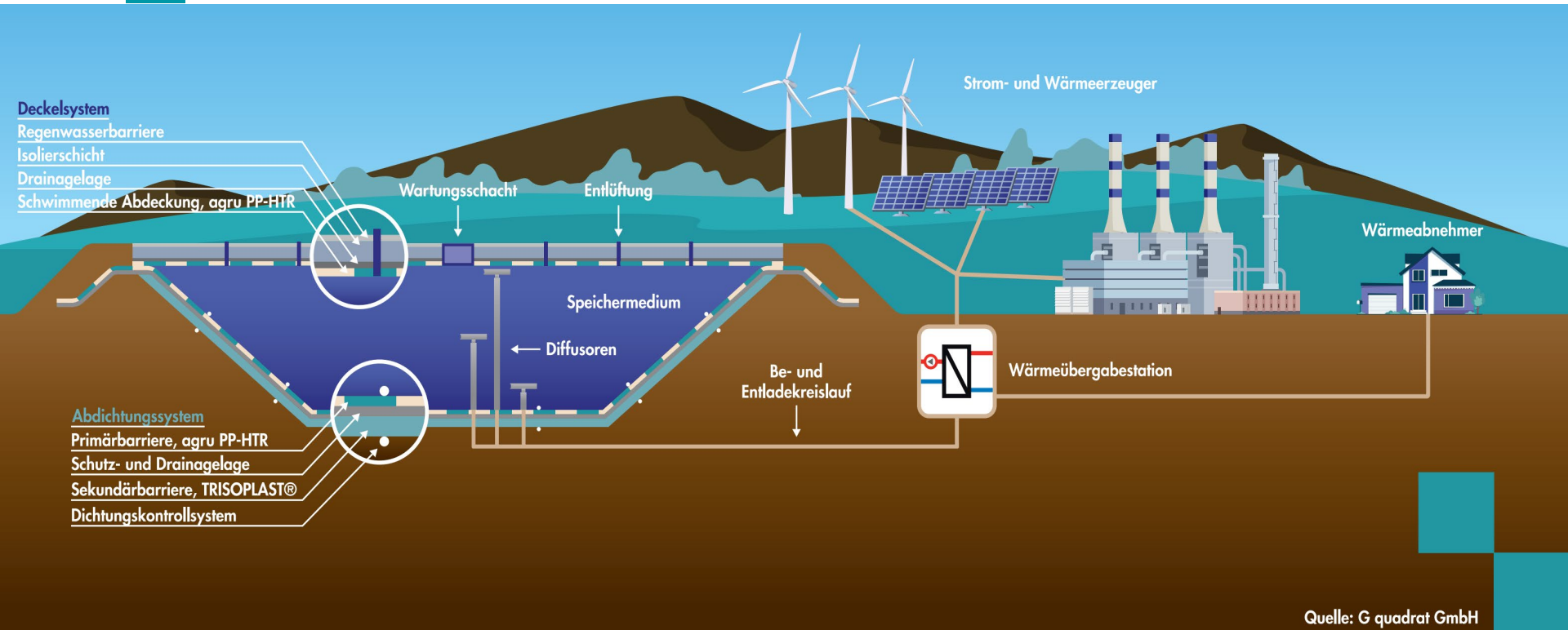
- Wärmespeicher der Stadtwerke Hechingen mit der Bauzeit ab 2026 – 2027
- Energieversorgung für das Neubaugebiet „Killberg IV“ mit bis zu 1.100 Einwohner
- Wärmeversorgung (nahezu CO₂-neutral):
7.600 m² Solarthermieranlage, 40 Erdwärmesonden, Wärmepumpen für Geothermie und Speicherwärme, 3x Bioerdgas Kessel und zwei kleinere Pufferspeicher
- Jährlicher Wärmebedarf im Endzustand: ca. 3,9 GWh/a
- Wärmenetz: VL 68 °C / RL 38–55 °C
- Primärenergiefaktor des Wärmenetzes: 0,22 (sehr hoher Effizienzgrad)

Demonstrationsanlage im Rahmen des TREASURE-Projekts



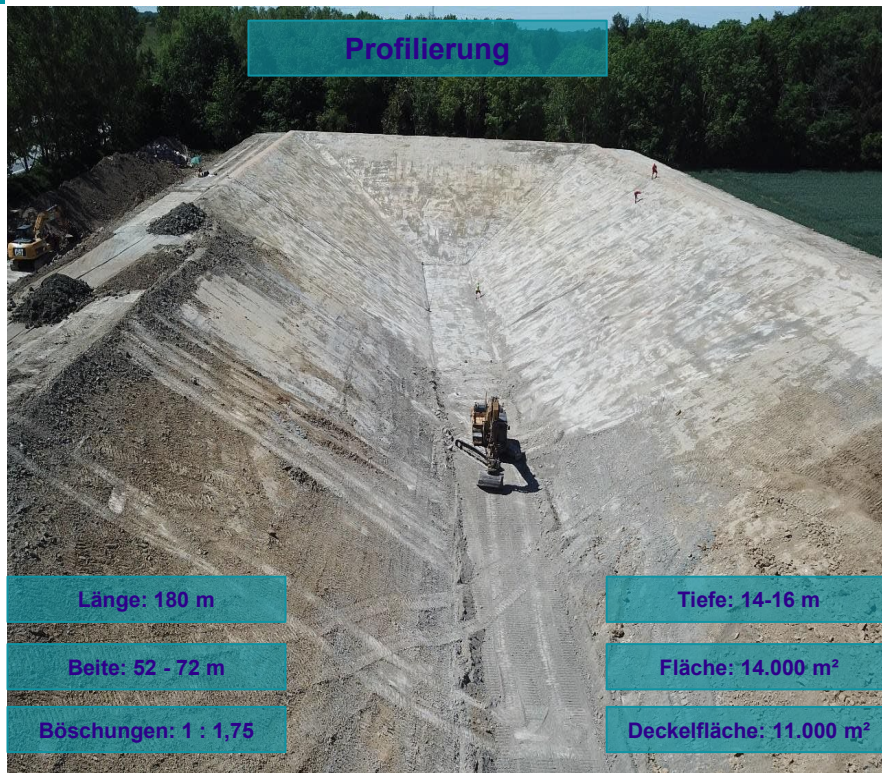
Bildreferenzen: MAUTHE architekten +Ingenieure & Stadtwerke Hechingen

Detailaufbau eines Erdbeckenwärmespeichers

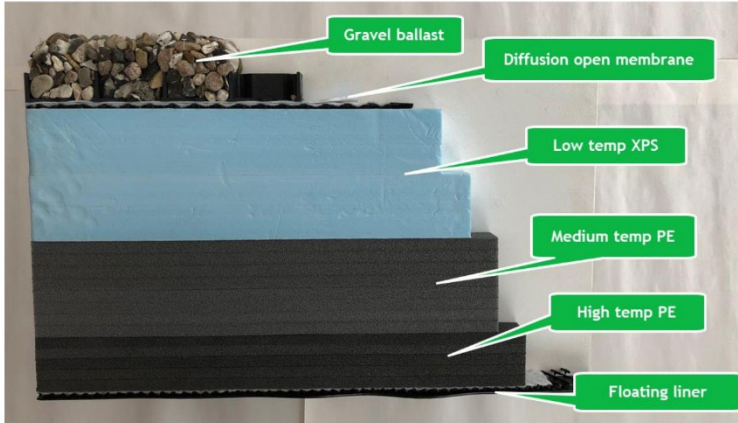


Quelle: G quadrat GmbH

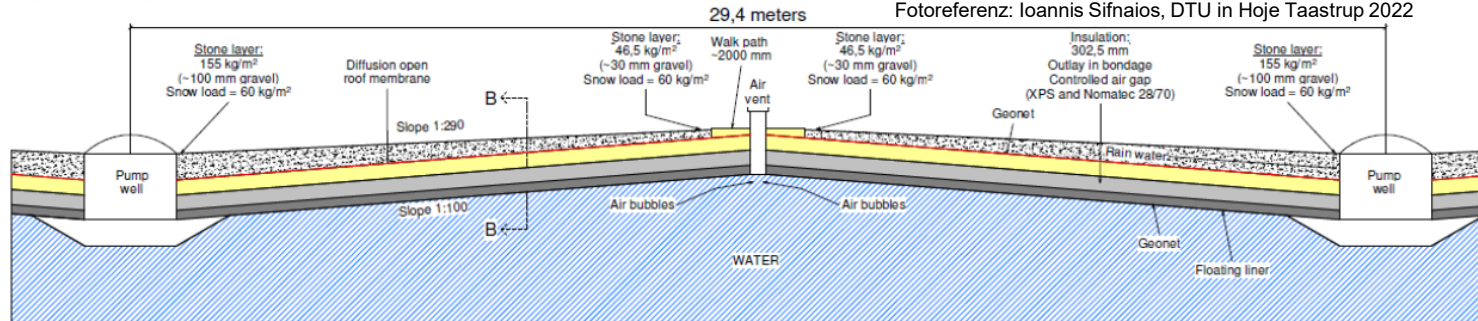
Der Bau eines Erdbeckenwärmespeicher



Deckelsystem mit Regenwassermanagement



Fotoreferenz: Ioannis Sifnaios, DTU in Hoje Taastrup 2022



Quelle: Aalborg CSP

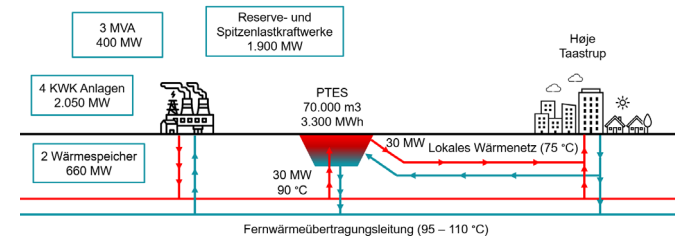
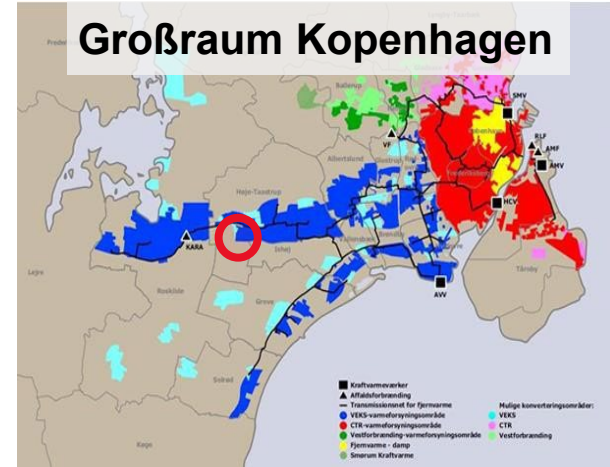
Projektbericht PTES Høje Taastrup, Dänemark



Projektbeschreibung & Projektdaten

70.000 m³ Wochenspeicher im Fernwärmenetz Kopenhagen

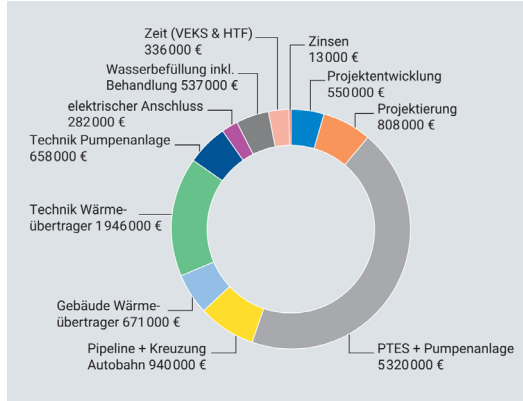
- Gemeinschaftsprojekt von VEKS (50 %) und Høje Taastrup Fjernvarme a.m.b.a. (50 %)
- Speicherkapazität: **3.300 MWh** | Lade-/Entladeleistung: **30 MW**
25–30 Lade-/Entladezyklen zur Reduktion Spitzenlasterzeugung
- Einspeisung günstiger Erzeugungsenergie
Ausspeisung bei teurer Erzeugungsenergie
- Ermöglicht höhere Sommerauslastung der Abfall-KWK-Anlagen
- Reduktion fossiler Spitzenlast durch Peak Shaving
3.000 t CO₂/Jahr durch geringeren Gaseinsatz (KWK-optimiert)
3.200 t CO₂/Jahr durch optimierte Stromerzeugung
- Wärmespeicherung als **kostengünstige** und klimafreundliche Lösung zur **Systemflexibilisierung**
- Technologielieferanten: **G quadrat GmbH & Aalborg CSP**
Abdichtungssystem: **agru PP-HTR, > 25 Jahre bei 90 °C**



Bildreferenz: Høje Taastrup Fjernvarme & PlanEnergi

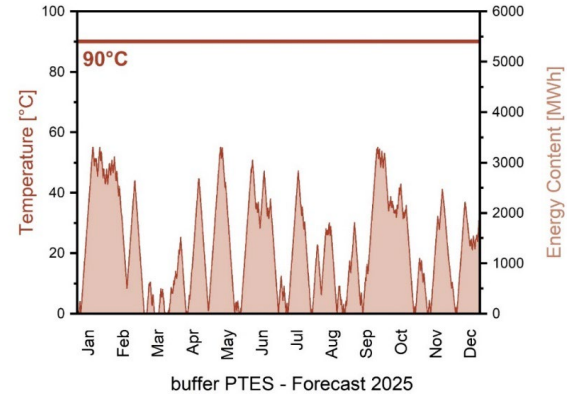
Betrieb & Investition Høje Taastrup

Investitionskosten



- Gesamt - Investitionskosten
ca. 12 Mio. €
- davon PTES inkl. Anlagentechnik
ca. 5,3 Mio. € → ca. 76 €/m³

Flexibles Betriebsprofil



- Erwarteter jährlicher Systemnutzen
ca. **1,05 Mio. €** ab 2025
- Amortisationszeit: **12 Jahre**
- Wärmeverluste: **ca. 8 % (2025), 11% (2024)**
- Speicherkosten: **6,90 €/MWh (25 Zyklen)**

Höhere **Temperaturbeständigkeit** ermöglicht bessere **Wirtschaftlichkeit**

Beckenauskleidung mit agru PP-HTR Dichtungsbahn



Bildquelle: VEKS & HTF

Befüllvorgang & Aufschwimmen der temporären Abdeckung



Bildquelle: VEKS & HTF

Installation der schwimmenden Abdichtung mit einer agru PP-HTR Dichtungsbahn



Bildquelle: VEKS & HTF

Installation der diffusionsoffenen Membran auf dem Deckelsystem



Bildquelle: VEKS & HTF

Installation der Ballastierung und Anschluss der Pumpensümpfe



Bildquelle: DTU, Ioannis Sfinaios

Flexibler Erdbeckenwärmespeicher Høje Taastrup: 70.000 m³ Volumen, 3.300 MWh Energiekapazität



PlanEnergij

Beratendes Ingenieurbüro mit 40 Jahren Erfahrung in erneuerbaren Energien und 55 Mitarbeitern mit Niederlassungen in **Skørping, Aarhus und Kopenhagen**.

Schwerpunkten unter anderem im Bereich **Biogas, Raumplanung für PV-Parks und Windkraftanlagen**, sowie der Beteiligung an **internationalen Forschungs- und Entwicklungsprojekten** wie IEA und Horizon.

Strategische Energieplanung

- Mapping
- Strategien
- Aktionspläne
- Wärmeplanung

Wärmenetze

- Wärmeplanung, Neubau, Erweiterungen, Umrüstung
- Großwärmepumpen, Abwärme, Solar
- Wärmespeicher
- Hydraulische und thermische Analyse, Netzwerkoptimierung



TREASURE

Demonstration großer thermischer Energiespeicher und Verbesserung ihrer Komponenten, Prozesse und Verfahren für eine beschleunigte Realisierung von 100 % nachhaltigen Fernwärmenetzen in Europa

START

January 2024

END

December 2027

Verbesserung und Festlegung eines neuen Standards bei der Realisierung von PTES-Systemen

Verbesserung und Publikation der Expertise
Erfahrungsbasierte Lösungen
Reduktion finanzieller Risiken
Verkürzung von Projektierungszeiten
Reduktion von Kosten



Funded by
the European Union

Aktuelle Projekte

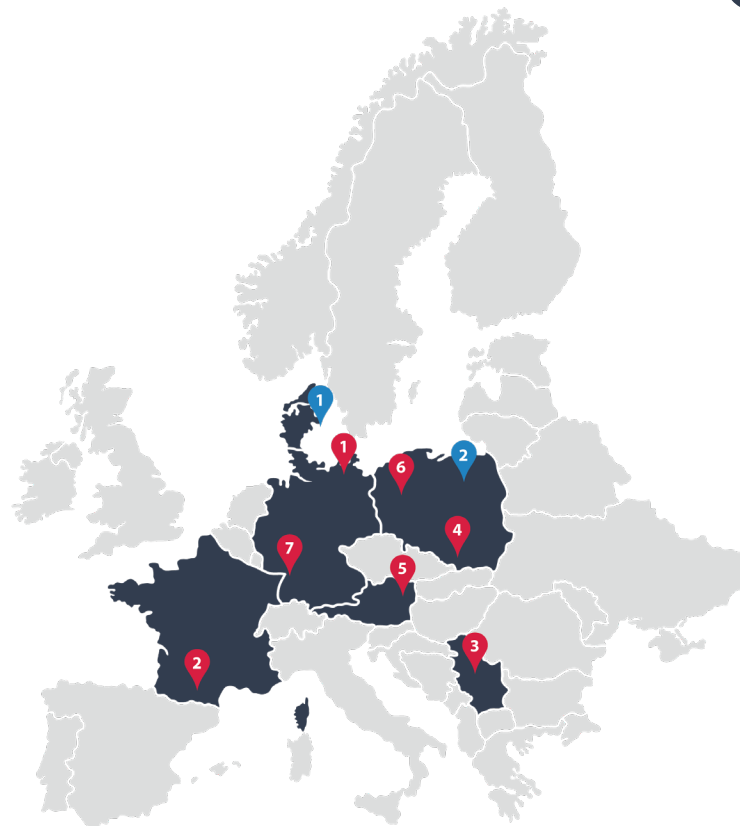


Demonstrators



Monitoring

Location	Volume of PTES
1 Rostock	500.000
2 Pau	340.000
3 Pancevo	150.000
4 Bytom	90.000
5 Wien	40.000
6 Choszczno	30.000
7 Hechingen	18.000
1 Høje Taastrup	70.000
2 Lidzbark Warminski	15.000



Finanziert durch die Europäische Union im Rahmen der Finanzhilfvereinbarung Nr. 101136095. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind jedoch ausschließlich die der Autoren und spiegeln nicht unbedingt die der Europäischen Union oder der CINEA wider. Weder die Europäische Union noch die CINEA können dafür verantwortlich gemacht werden.



TREASURE Entwicklungsaktivitäten



- Numerische Simulation (Speicher, System)
- Überwachung der Leistung
- Weiterentwicklung von Komponenten: Deckel, Wände
- Prozessverbesserung (Leistungsindikatoren, Handbuch, Erfahrungsaustausch, S-BIM, Rechtliches, Genehmigungen)
- Wirtschaftliche und ökologische Auswirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz
- Austausch mit Satelliteninitiativen (bisher 17 weitere PTES)



Potential an Erdbeckenwärmespeicher für Fernwärmesysteme in Europa

1784 TWh

Endenergie-
verbrauch DH
(2050)

10 %

der jährlich zu
speichernden
Wärmeverkäufe

40 %

LTES für FW ist
PTES

71.000 GWh

für FW
erforderliche
PTES-Kapazität
(2050)

Accumulated PTES
Capacity (GWh)

71.000

423

98

13

2020

2025

2030

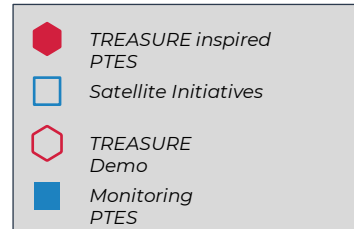
2035

2040

2045

2050

Year



Was bedeuten 71 TWh eigentlich ?

Equation 1

$$Q_{PTES} (GWh) = \text{Annual heat sales to be stored} \times \text{PTES share assumption } \underline{2050} \times Q_{EU-wide 2018} \times \text{Growth Factor } \underline{2050}$$
$$Q_{PTES} (GWh) = \begin{matrix} [5\%, 10\%, 15\%] \\ \times \end{matrix} \begin{matrix} 40\% \\ \times \end{matrix} \begin{matrix} 446 \text{ TWh} \\ \times \end{matrix} \begin{matrix} 4 \\ \times \end{matrix}$$

Equation 2

$$V_{total} (m^3) = Q_{PTES} / (c_{water} \times \Delta T \times \rho) \quad \text{mit } \Delta T \text{ von } 30^\circ\text{C} \text{ (} 90^\circ\text{C Vorlauf- / } 60^\circ\text{C Rücklauftemperatur)}$$

Szenarios	Total PTES Kapazität [TWh]	PTES total Volumen [10 ⁶ m ³]
5%	36	1.020
10%	71	2.040
15%	107	3.060

Abh. von PTES
Referenz Größe

PTES Referenz
mit 250.000m³

Szenarios	Qty an PTES 250.000m ³
5%	4.000
10%	8.100
15%	12.200

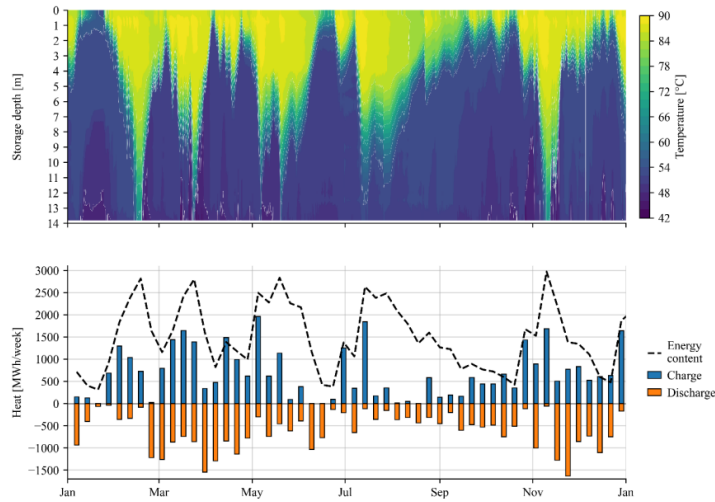
PTES Referenz
mit 500.000m³

Szenarios	Qty an PTES 500.000m ³
5%	2.000
10%	4.100
15%	6.200



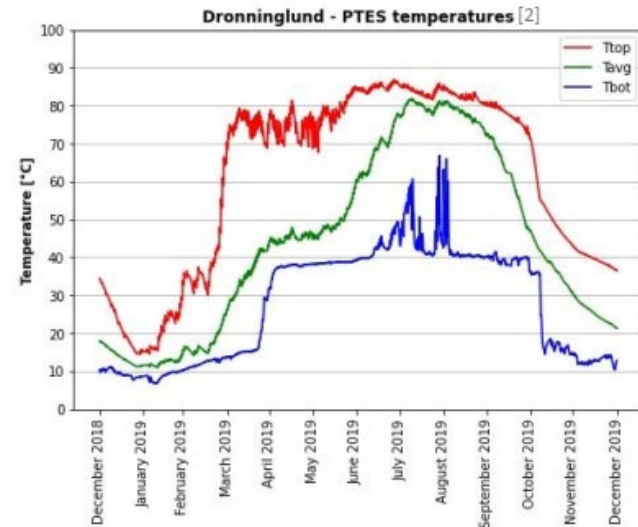
Messdaten PTES – Speicherprofile

Flexibel



Pufferspeicher decken **Spitzenlasten** ab
und **flexibilisieren** den Betrieb von
Erzeugern und können saisonale Quellen
integrieren

Saisonal



saisonale Verschiebung von Wärme aus
**Solarthermie, Thermische
Abfallverwertung, Tiefengeothermie**



Wirtschaftlichkeit im direkten Vergleich / Preis gespeicherter Wärme

flexibel

saisonal

Høje Taastrup

Dronninglund

Water Volume	70.000 m ³	60.000 m ³
CAPEX of PTES (year)	6.0 Mio. € (2022)	2.3 Mio. € (2013)
Heat Capacity QCAP	3.300 MWh at ΔT from 90 °C to 48 °C	5.400 MWh at ΔT from 90 °C to 10 °C
calculated Heat loss Qloss	ca. 1.577 MWh / yr	ca. 1.602 MWh / yr
Operation Costs	ca. 43.000 € / yr	ca. 21.100 € / yr
Electricity consumption	4.500 € / cycle	[incl. in operation costs]
Financing costs from CAPEX	ca. 135 %	ca. 135 %
Capital Costs / yr	6.0 Mio. € x 1.35 / 20 yr + 43.000 € / yr + 4.500 € / cycle	2.3 Mio. € x 1.35 / 20 yr + 21.100 € / yr
	= 448.000 € / yr + 4.500 € / cycle	= 176.350 € / yr
Costs / MWh	$((448.000 \text{ € / yr} + 4.500 \text{ € / cycle} \times \text{No. of cycles}) / (\text{No. of cycles} / \text{yr} \times 3.300 \text{ MWh / yr} - 1.577 \text{ MWh / yr}))$	$((176.350 \text{ € / yr}) / (\text{No. of cycles} / \text{yr} \times 5.400 \text{ MWh / yr} - 1.602 \text{ MWh / yr}))$
1 cycle / yr	$((452.000 \text{ € / yr}) / 1.723 \text{ MWh / yr}) = \mathbf{262,60 \text{ € / MWh}}$	$((176.350 \text{ € / yr}) / 3.798 \text{ MWh / yr}) = \mathbf{46,40 \text{ € / MWh}}$
2 cycles / yr	$((457.000 \text{ € / yr}) / 5.023 \text{ MWh / yr}) = \mathbf{91 \text{ € / MWh}}$	$((176.350 \text{ € / yr}) / 9.198 \text{ MWh / yr}) = \mathbf{19,20 \text{ € / MWh}}$
10 cycles / yr	$((493.000 \text{ € / yr}) / 31.423 \text{ MWh / yr}) = \mathbf{15,70 \text{ € / MWh}}$	
25 cycles / yr	$((560.500 \text{ € / yr}) / 80.923 \text{ MWh / yr}) = \mathbf{6,90 \text{ € / MWh}}$	

Quelle: PlanEnergi



Projektpartner



**Projektankündigung
PTES Hyvinkää,
Finnland**



Projektbeschreibung & Projektdaten

380.000 m³ Multifunktionalsspeicher in Hyvinkää, Finnland

- Wärmespeicher der Stadtwerke Hyvinkään Lämpövoima OY mit der Bauzeit **11/2025 – 10/2027**
- Speicherkapazität: **18.000 MWh**
- Jährliche Ein- & Ausspeisung: **90.000 MWh - 100.000 MWh**
Deckt rund **25 %** des lokalen Wärmebedarfs
- Beladung über Elektrodenkessel durch flexible **Nutzung** des **Strommarktes** mit mehr als **4.400 t CO₂-Einsparung** pro Jahr
- Gesamtinvestition: ca. **33 Mio. €**;
davon **7,7 Mio. €** finnische Wirtschaftsförderung
- Wärmespeicher als Eckpfeiler für eine klimaneutrale, stabile und unabhängige Energieversorgung
- Technologielieferanten: **G quadrat GmbH**
Abdichtungssystem: **agru PP-HTR, > 25 Jahre bei 90 °C**



Bildreferenz: Hyvinkään Lämpövoima OY





**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit.**

Markus Seume

+49 151 14634265 | seume@gquadrat.de

Hendrik Wetzel

+45 20 94 85 52 | hw@planenergi.dk