

# Möglichkeiten und Rolle der langfristigen thermischen Energiespeicherung in Dänemark

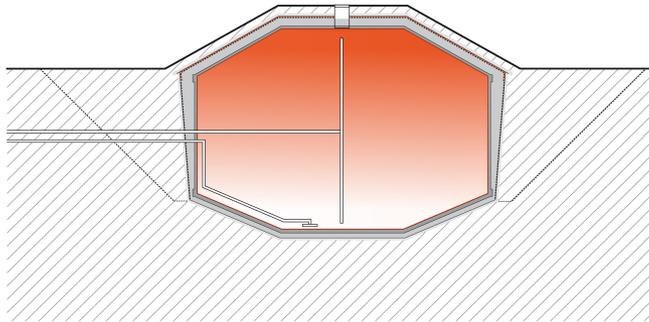
# PlanEnergi

- Unabhängiges Ingenieurbüro (Fond)
- Satzung: Arbeit mit Energieeffizienz und erneuerbaren Energien
- Gründungsjahr: 1983
- Etwa 45 Angestellte
- Abteilungen in Dänemark:
  - Skørping
  - Aarhus
  - Kopenhagen
- Arbeitsbereiche (Schwerpunkte):
  - Fernwärme
    - Wärmepumpen
    - Saisonwärmespeicher
    - Solarthermie
  - Strategische Energie- & Wärmeplanung
  - Biogas
  - Wind und Solar
  - Internationale Projekte
    - U.a. RES-DHC: Beratung von Fernwärmegesellschaften in sechs europäischen Regionen zur Wende zu fossilsfreier Fernwärme

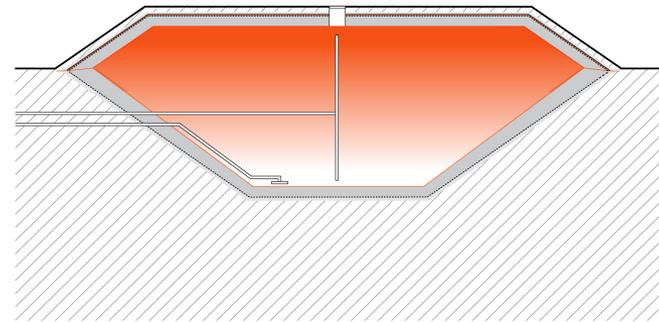
Mehr: <http://planenergi.eu/>

# Konzepte Saisonwärmespeicher

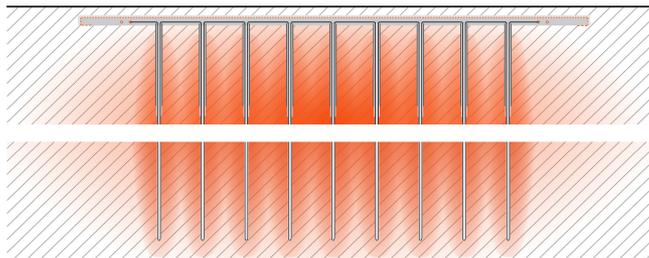
Tank thermal energy storage (TTES)  
(60 to 80 kWh/m<sup>3</sup>)



Pit thermal energy storage (PTES)  
(30 to 80 kWh/m<sup>3</sup>)



Borehole thermal energy storage  
(BTES)  
(15 to 30 kWh/m<sup>3</sup>)

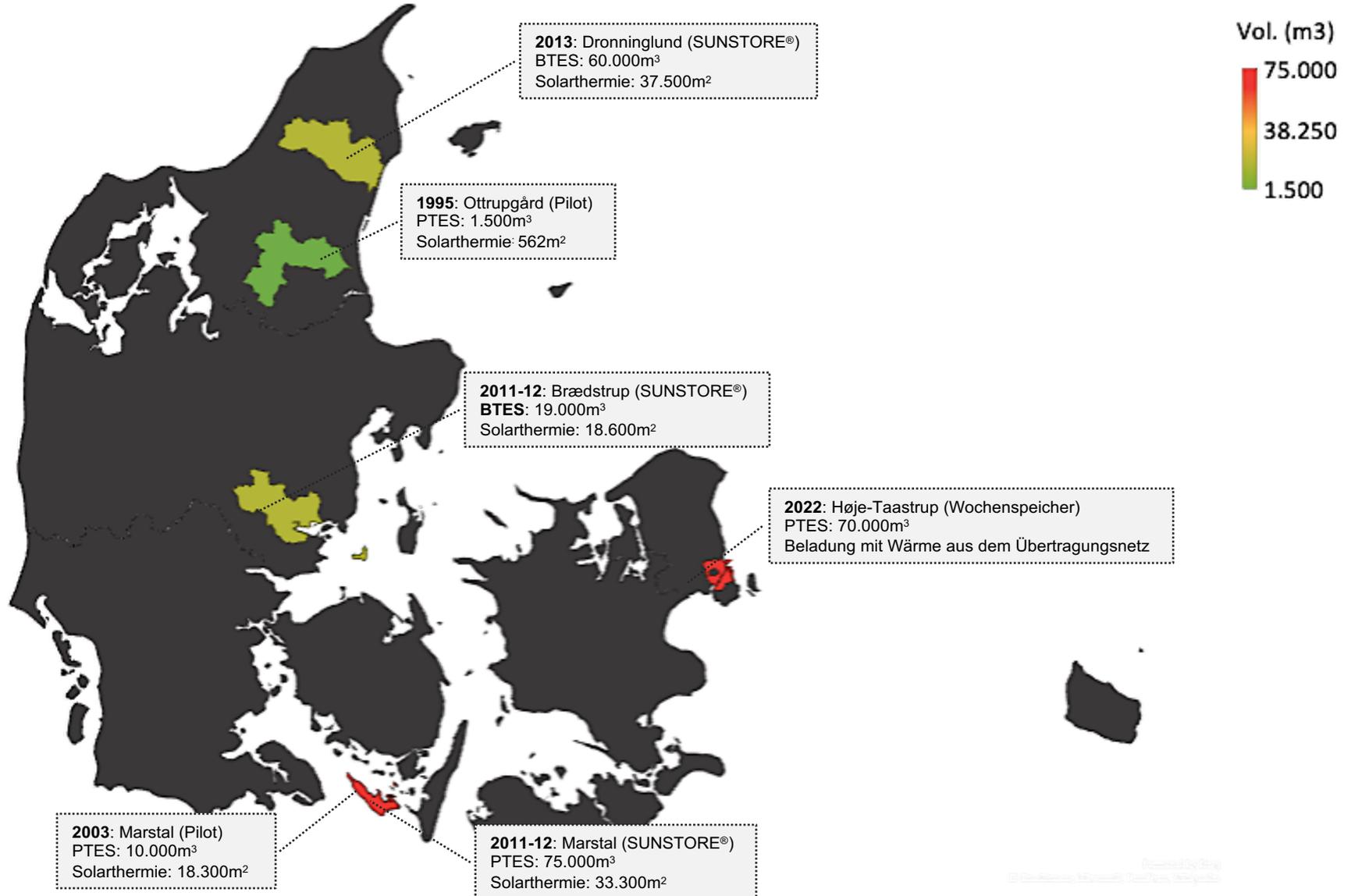


Aquifer thermal energy storage  
(ATES)  
(30 to 40 kWh/m<sup>3</sup>)



*Main concepts for seasonal thermal energy storage (source: Solites)*

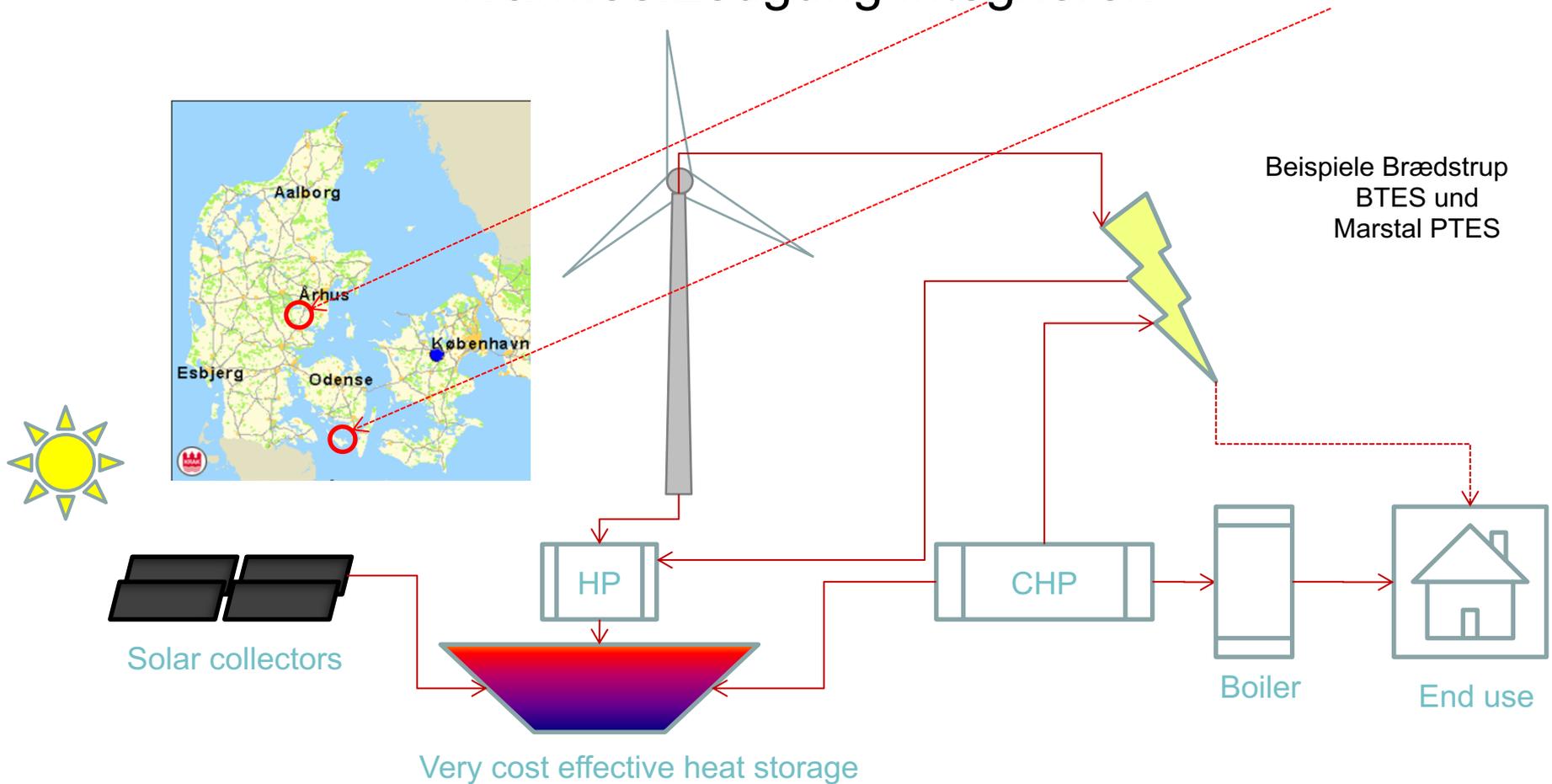
# PlanEnergi's Erfahrung mit Speichern



# PTES allgemein

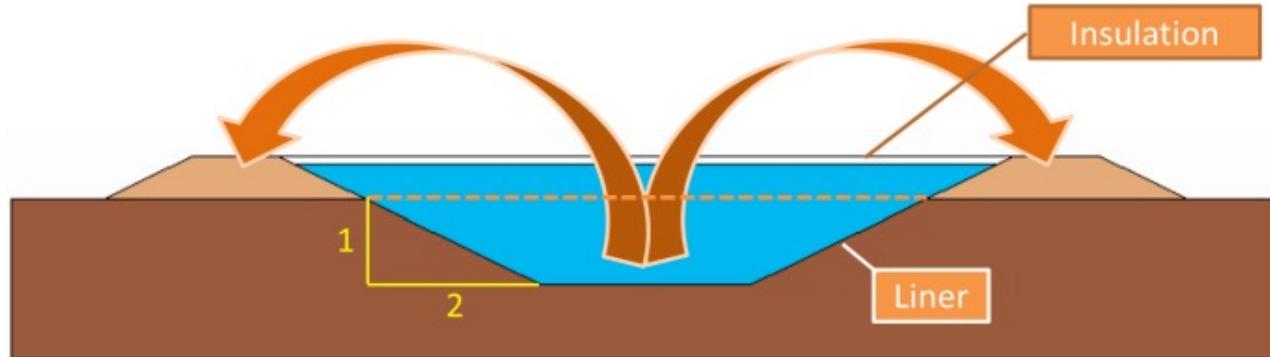
- Im Prinzip beliebig skalierbares Wasserreservoir zur Speicherung von Wärmeenergie
- Große Anlagen sind besser geeignet für PTES
- Je mehr Komponenten man hinzufügen kann, desto besser für ein PTES → sehr gut geeignet für smarte Energietransformation
  - Solarthermie, KWK, Abwärme, Verbrennung, ...
- 4 attraktive Möglichkeiten für PTES, Geld zu verdienen.
  - Peak Shaving, um Spitzenlasten zu decken
  - Regelung von KWK-Anlagen
  - Nutzung von Abwärme
  - Kühlung

# Das SUNSTORE®-Konzept kann erneuerbaren Strom in die Wärmeproduktion integrieren



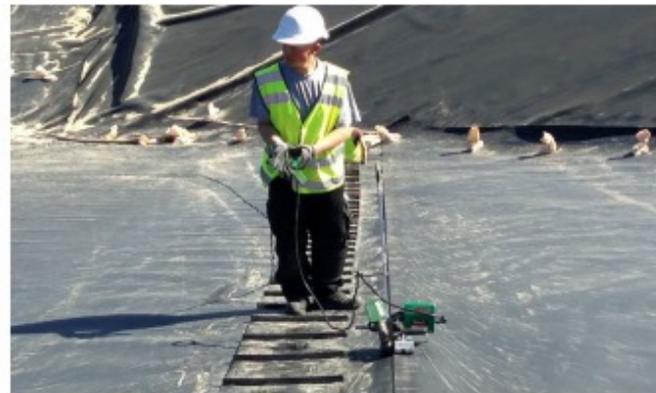
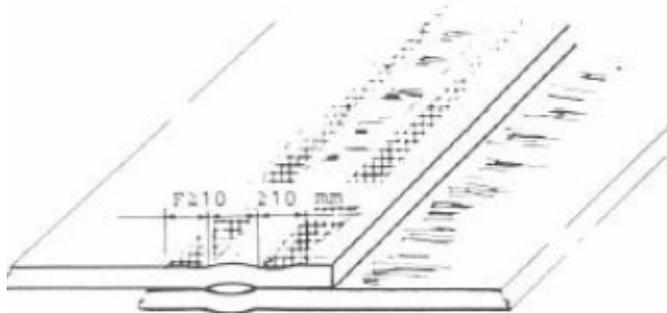
# PTES konstruktiv

- Erdarbeiten – Massenbilanz



Source: [www.task55.iea-shc.org/fact-sheets](http://www.task55.iea-shc.org/fact-sheets) – C-D2 Seasonal Pit Heat Storages

- Auskleidung mit Geomembran

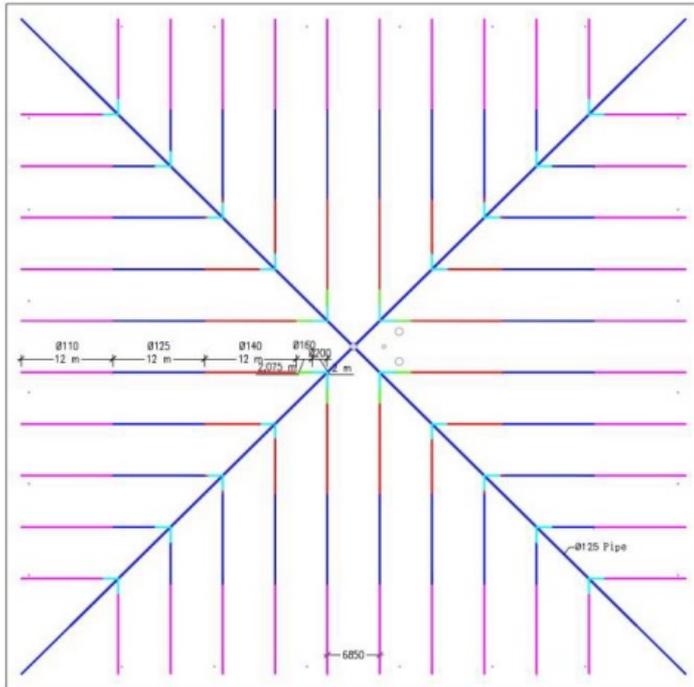


Source: [www.task55.iea-shc.org/fact-sheets](http://www.task55.iea-shc.org/fact-sheets) – C-D2 Seasonal Pit Heat Storages

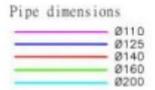
- Diffusoren (Ein- / Auslass)



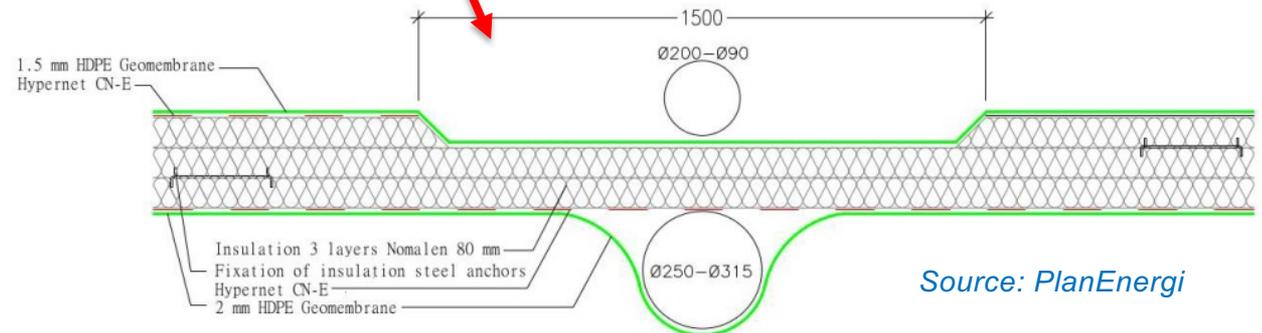
Source: PlanEnergi



Source: PlanEnergi



- Deckelkonstruktion



Source: PlanEnergi

# Daten zu Dronninglund



Source: PlanEnergi

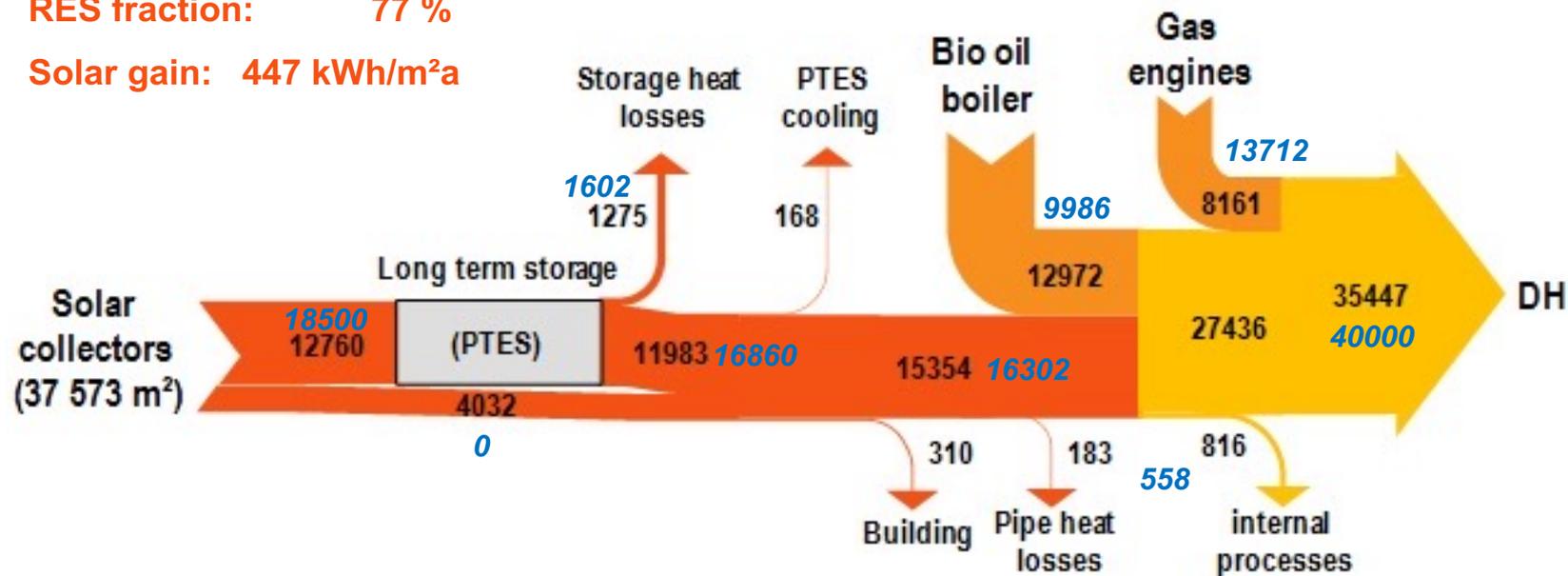
- 2013 gebaut
- 60,000 m<sup>3</sup> Wasser
- 2.3 Mio € bzw. 38 €/m<sup>3</sup> bzw. 0,416 €/kWh
- Temperaturen von 10°C bis 90°C
- 5.570 MWh Kapazität
- 27 MW Be- und Entladekapazität
- 1.602 MWh/Jahr kalkulierter Wärmeverlust

# Dronninglund | Energy flow Diagram Year 2015 (Source Solites)

Solar fraction: 41 %

RES fraction: 77 %

Solar gain: 447 kWh/m<sup>2</sup>a

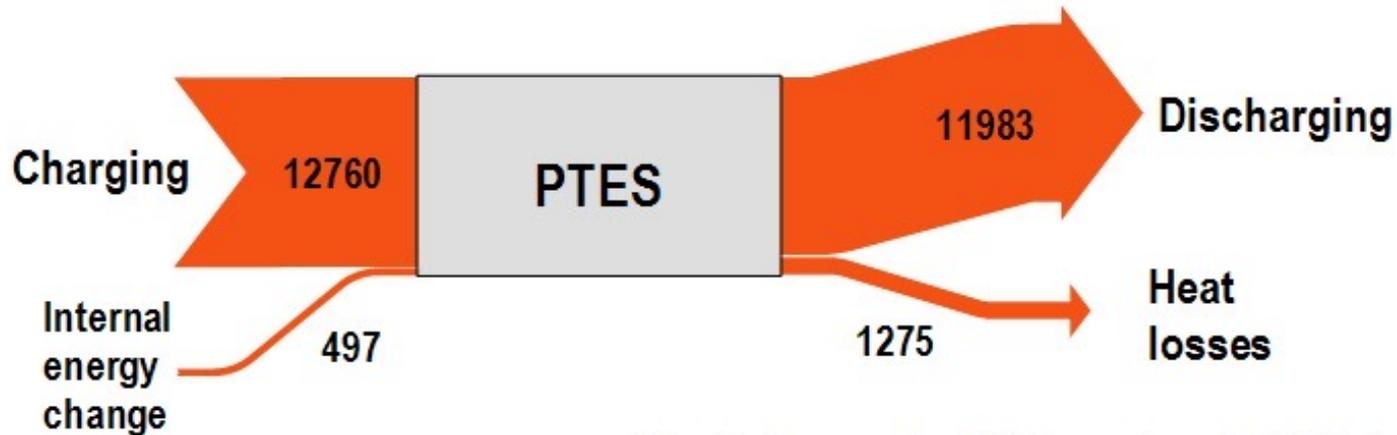


Monitoring results 2015, numbers in MWh/a

Design figures, source: PlanEnergi, DK

# Dronninglund | Pit Storage Energy Flow 2015 (Source Solites)

**Storage efficiency:** 90 %    **T-max:** 89 °C  
**No. of storage cycles:** 2.2    **T-min:** 10 °C  
**Heat capacity (64 K):** 5 500 MWh



*Monitoring results 2015, numbers in MWh/a*

*Source: PlanEnergi*

# FLEX-TES: Høje Taastrup 2021

- Nutzung: "Wochen"-Speicher, kein Saisonalspeicher
- Volumen: 70.000 m<sup>3</sup>
- (Ent-)Ladepazität: 30/30 MWth
- Lagerkapazität: 3.300 MWh
  
- Temperatur obere Schicht (ganzjährig!): 90 °C
  
- Das Speicher wird vom Transmissionsnetz geladen (> 90°C)
- Das Speicher wird am Distributionsnetz entladen (< 80°C)

Das Projekt wird im Rahmen des FLEX-TES Projekts (EUDP) gefördert



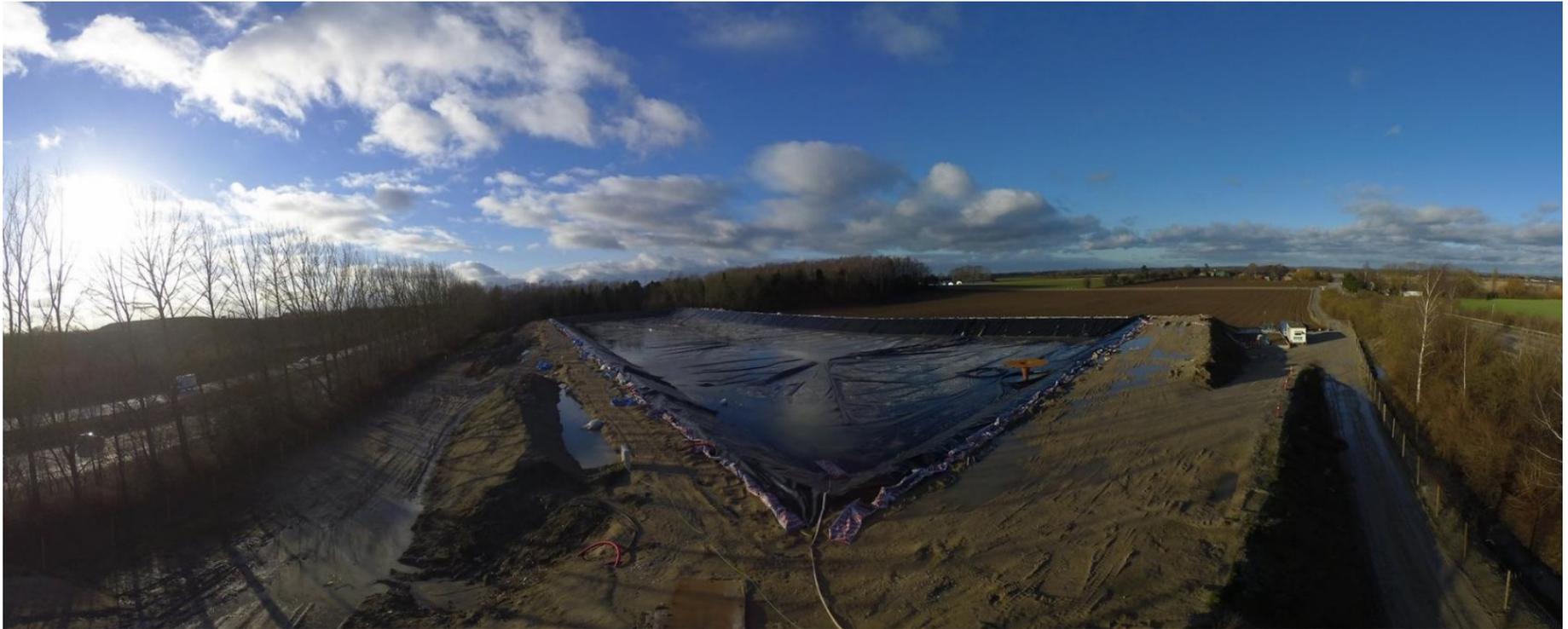
# Auskleidung des Beckens

- Das österreichische Innovationsprojekt gigaTES hat einen neuen Linertyp (PP-Liner) entwickelt, der für das Projekt ausgewählt wurde.
- Erwartete Lebensdauer 33 Jahre bei 95 Grad
- Unterauftragnehmer/Zulieferer: AGRU und gQuadrat
- Installiert mit Leckageüberwachungssystem



16/02/2022

# Wasserbefüllung

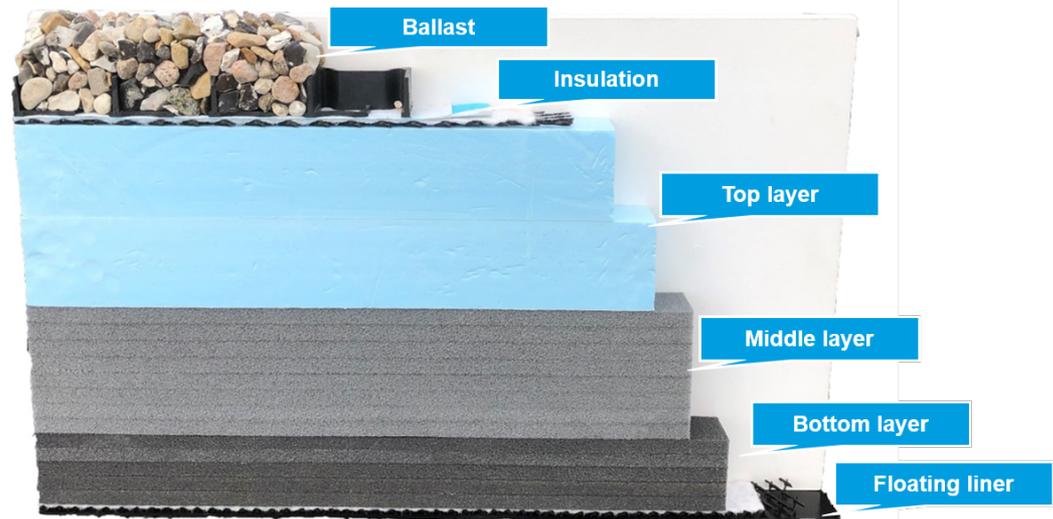


# Abdeckung

- Neue Abdeckungslösung von Aalborg CSP (eingesetzt in Marstal – sh. Foto)
- Aufgebaut auf schwimmender Geomembran
- Modulare Lösung zur Minimierung des Wartungsaufwands
- Die Abdeckung leitet Regenwasser und diffundierenden Dampf ab - und isoliert gegen Wärmeverluste

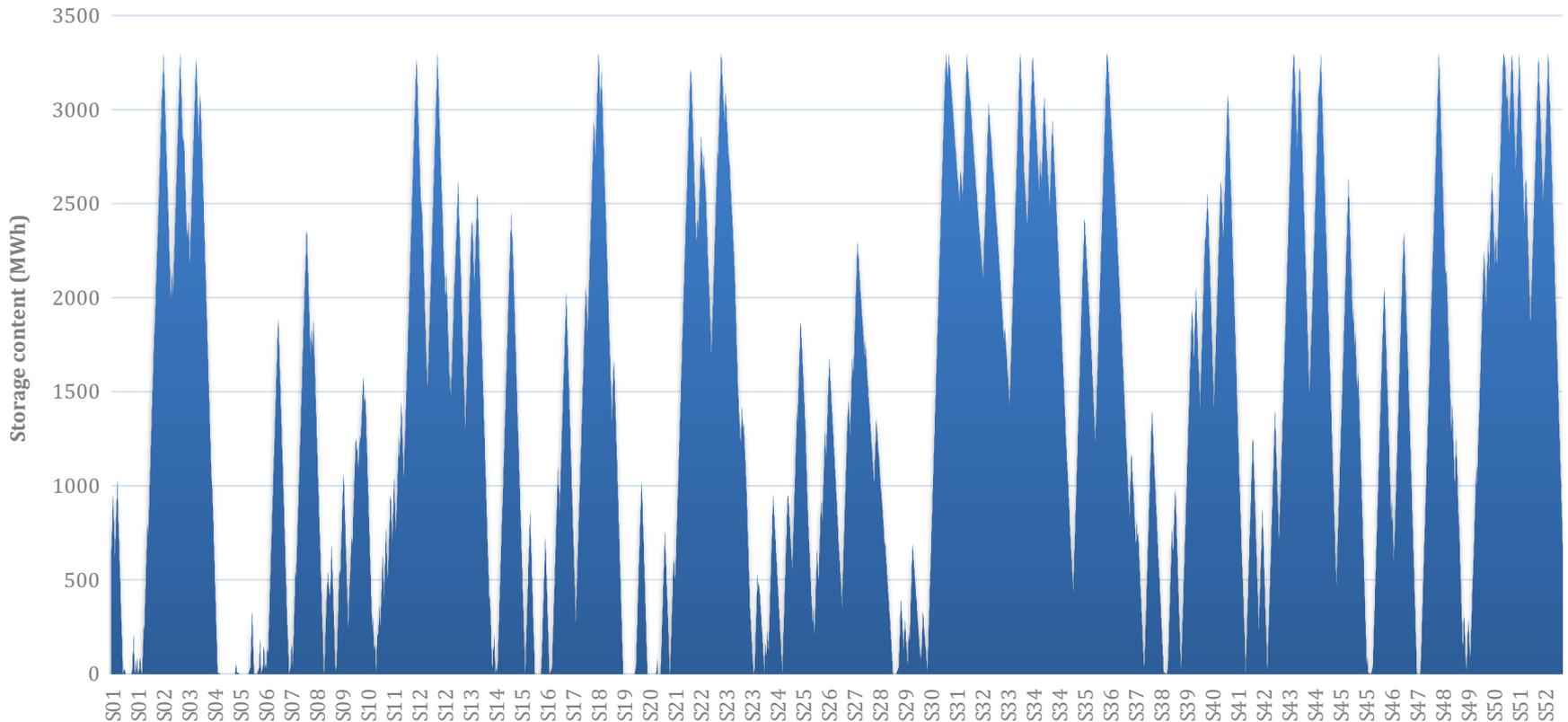


Aalborg CSP



Aalborg CSP

# Simulierter Speicherinhalt von 2025



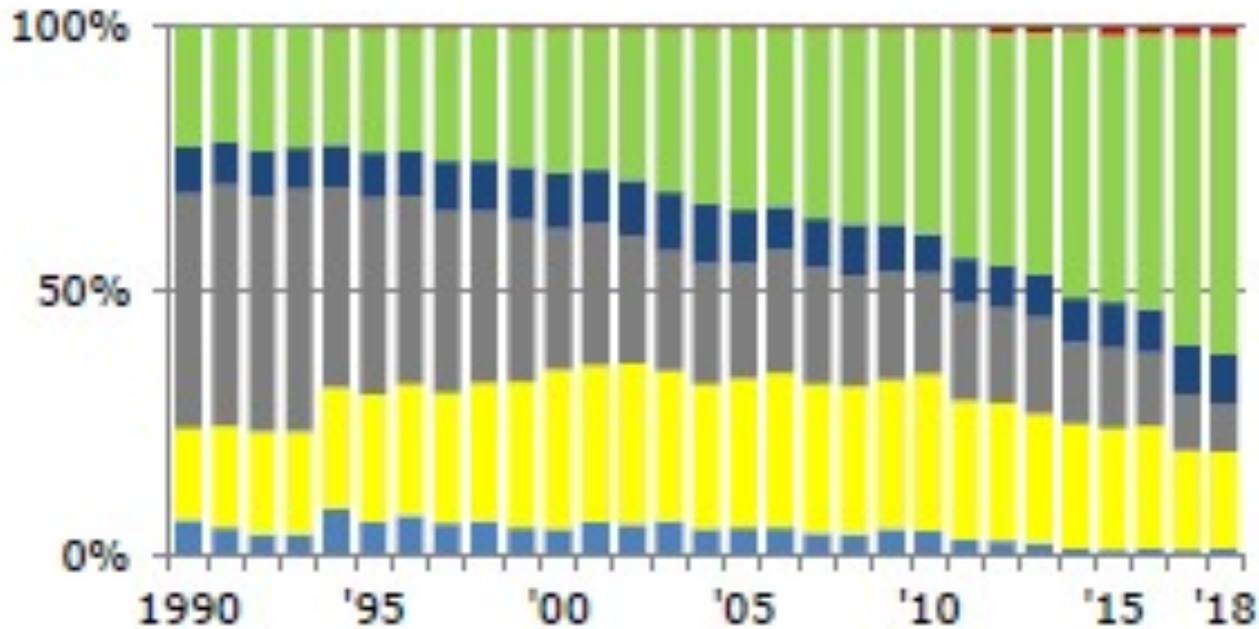
# Einige Punkte zur Entwicklung in DK 1/2

- seit 1984 **hohe Steuer auf fossile Brennstoffe** in DK. z.B. etwa 30 €/MWh bei Erdgas. Darüber hinaus wurde die Verwendung von Biomasse für Fernwärmeanlagen, die Erdgas als Brennstoff verwenden, eingefroren, nicht aber für Solarwärme
- Interesse an fossilfreie Versorgung durch Solarenergie, Forschung auf diesem Gebiet und wirtschaftliche Bedingungen ermöglichten Etablierung von Solarenergie und Speichern, **ohne den Wärmepreis zu erhöhen**
- In den 80ern mussten alle Gemeinden Heizungspläne aufstellen (heute nicht mehr). Raumplanung ist im Gemeindeplan geregelt (Überarbeitung nach 4 Jahren)
- **Fernwärme** ist gesetzlich einer **non-Profit Regel** unterlegt. Gewinnausschüttung an Verbraucher → Anteilhaber / Eigentümer der ca. 400 Fernwärmegesellschaften. ~ 50 öffentliche Gesellschaften (kommunal).

# Einige Punkte zur Entwicklung in DK 2/2

- Fester Zeitraum für **Fördermittel** zur Entwicklung von **innovativen** Projekten → sehr wichtig bei bspw. **Solarthermie**, welche **ab 2007** so ausgereift war, dass es möglich war **kostenneutral** KWK-Anlagen damit zu kombinieren → Machbarkeit von Großwärmespeichern folgte
- Marstal 1995 als 1. Speicher, Marstal 2011 und Dronninglund 2014  
→ Vojens, Gram und Tøftlund ohne Förderung.
- seit 2006 Flexibilisierung des System, bei dem der Strommarkt entscheidet, wann eine KWK-Anlage betrieben wird → mehr Windstrom in absehbarer Zeit → Abnahme der Möglichkeiten KWK-Anlagen über das Jahr hinweg zu betreiben → neue / andere / regenerative Technologien

# Energieträger in der Fernwärme in DK (2018)



- Strom (Wärmepumpen, E-Kessel)
- Erneuerbare Energie
- Müll (nicht-biologisch abbaubare Fraktion)
- (Stein-)Kohle
- Erdgas
- Öl

Quelle: Nationale Energiestatistik 2018, Dänische Energieagentur.  
Übersetzung: PlanEnergi

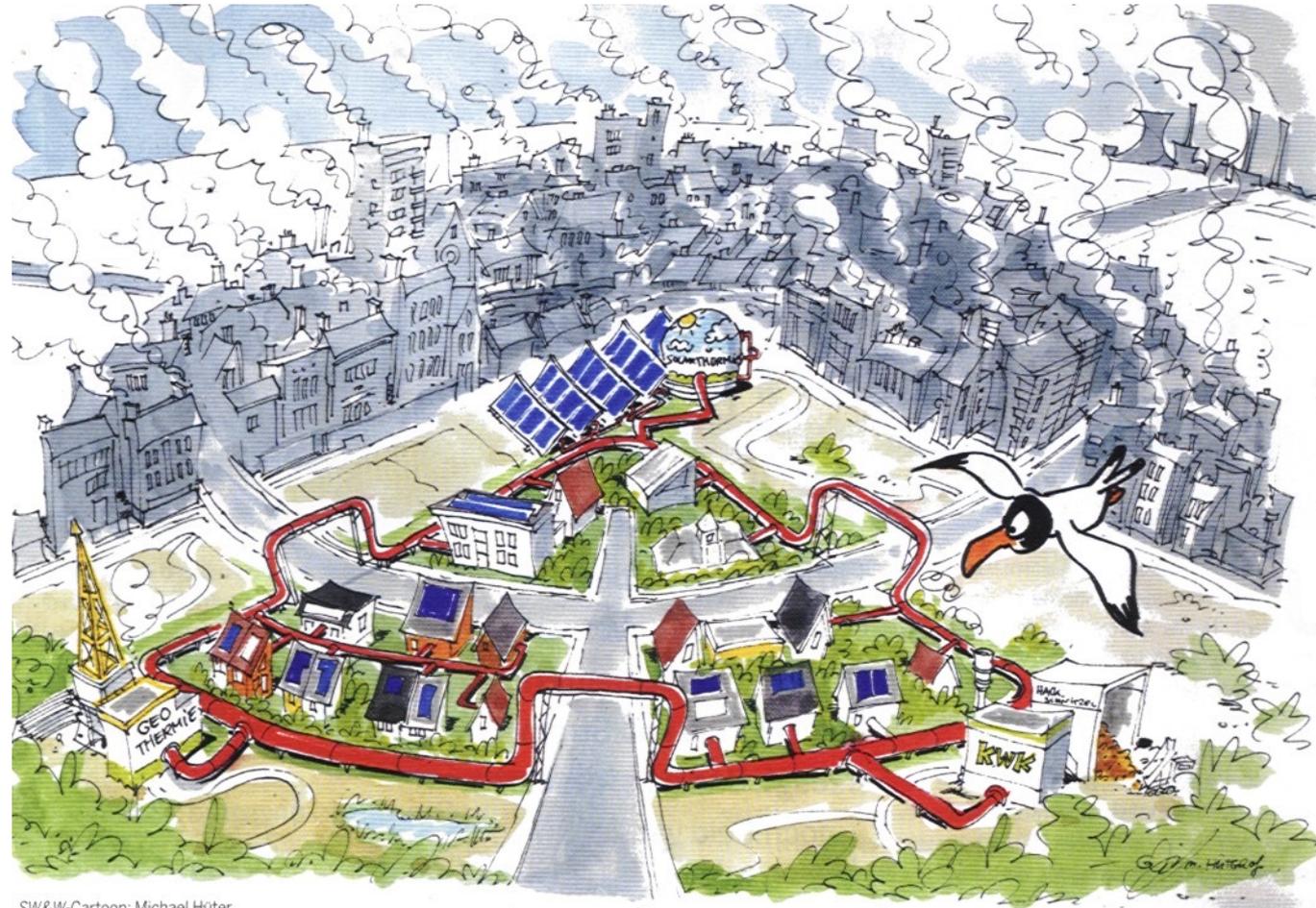
# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

- ✓ Flexible
- ✓ Renewable
- ✓ CO<sub>2</sub>-neutral
- ✓ Cost effective



**Hendrik Wetzel**

[hw@planenergi.dk](mailto:hw@planenergi.dk)



SW&W-Cartoon: Michael Hüter