



# WIR **ERNTEN** DIE SONNE

DÄNISCHE WÄRMENETZE & KNOW-HOW –  
BEISPIELGEBEND FÜR EUROPA!

CHRISTIAN STADLER, GF ARCON-SUNMARK GMBH  
MÄRZ 2020

# Die dänische Energiepolitik

Die Ölkrise 1973 war der Beginn für ein nachhaltiges Umsteuern in der Energiepolitik. Die Konsequenzen wurden in einem gesellschaftlichen Konsens abgeleitet. Dadurch arbeitet man auch über Regierungswechsel hinweg an der Umsetzung der Maßnahmen.

## Ziele seit 1976:

- Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen (Öl, Gas)
- Kosteneffizienz
- KWK



## Ziele für die Zukunft:

- 2020: Die Hälfte des traditionellen Stromverbrauchs wird durch Wind abgedeckt
- 2030: Keine Kohlefeuerung mehr in dänischen Kraftwerken. Keine Ölkessel mehr.
- 2035: Der gesamte Strom- und Wärmeverbrauch wird durch erneuerbare Energien gedeckt.
- 2050: Der gesamte Energieverbrauch (Strom, Wärme, Industrie & Verkehr) wird durch erneuerbare Energien gedeckt.

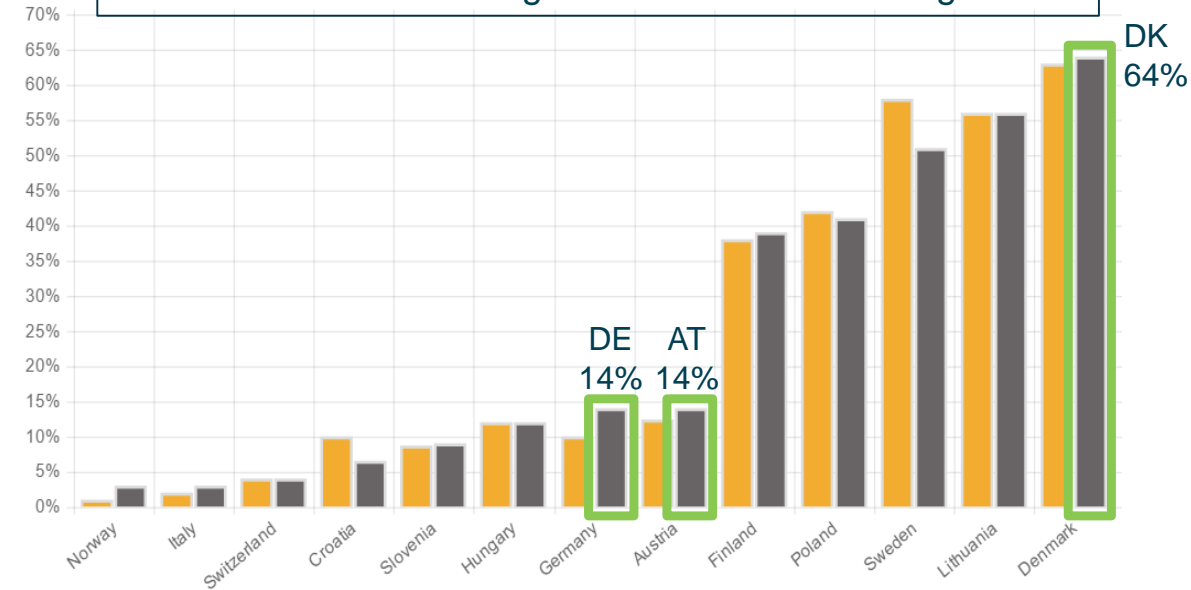
## Die jüngsten Meilensteine:

- 2013: Keine neuen Gebäude mehr mit Öl- oder Gaskesseln erlaubt (wenige Ausnahmen erlaubt)
- 2015: Keine neuen Ölkessel mehr in Bestandsgebäuden, (außer es gibt keine Alternativen)

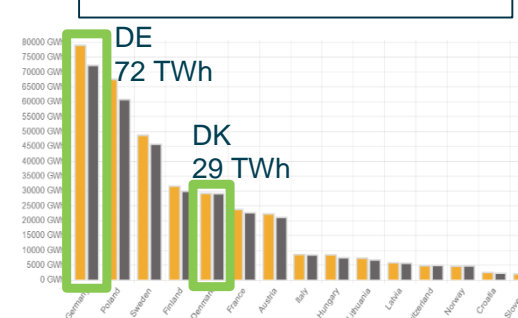
## Generell:

So gut wie keine Förderung für erneuerbare Energien, aber eine höhere Besteuerung von fossilen Energien für Wärmeerzeugung (Stabile Rahmenbedingungen für lange Zeit!)

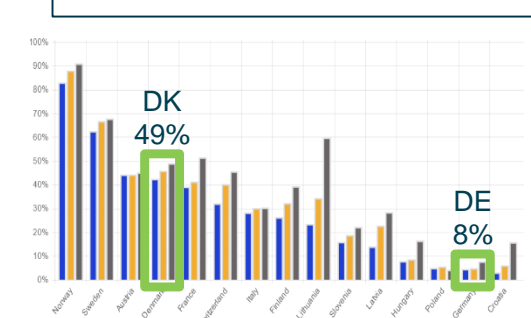
Anteil an Fernwärme verglichen mit anderen Energiearten



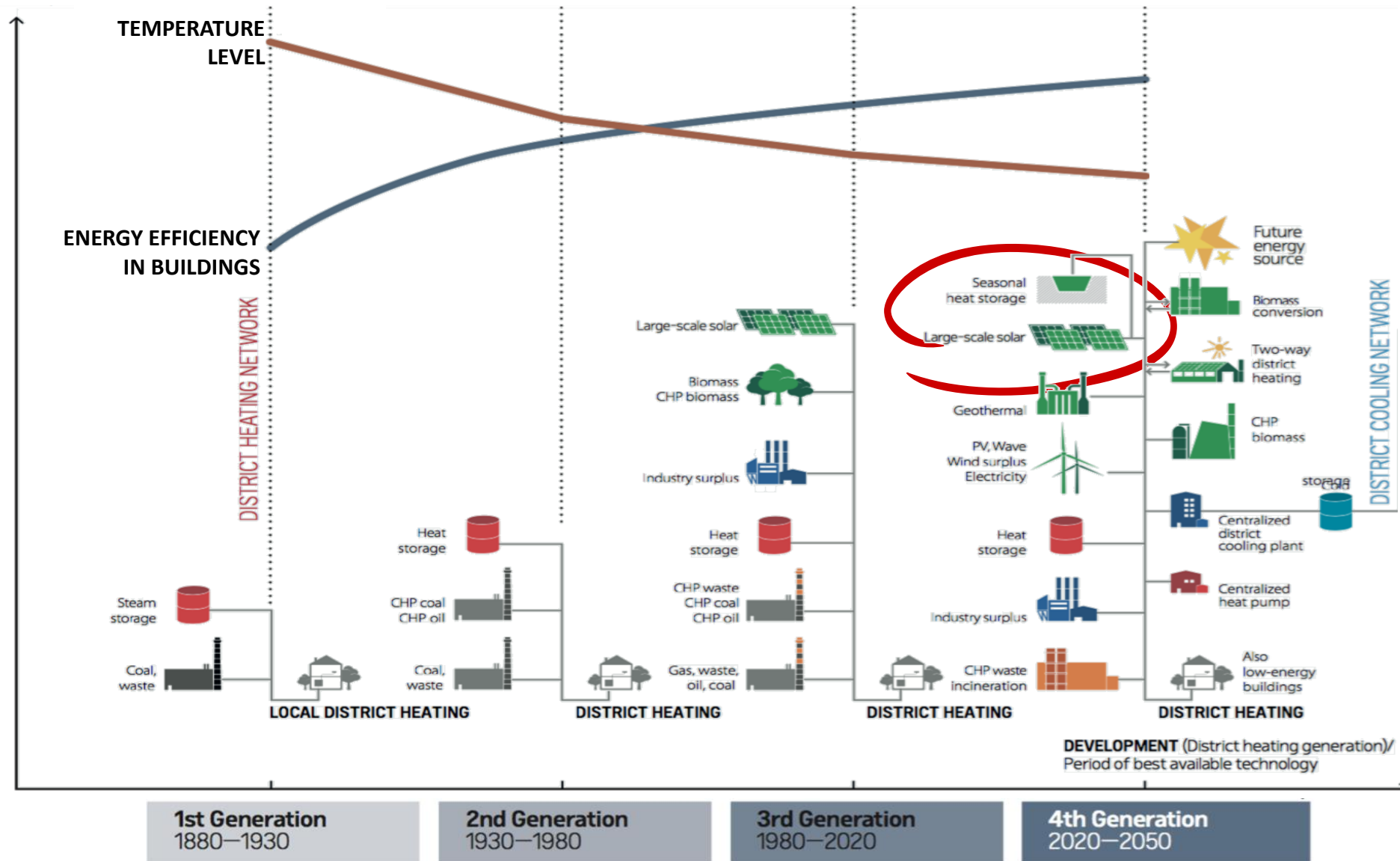
Fernwärmeabsatz 2015



EE-Anteil in der Fernwärme

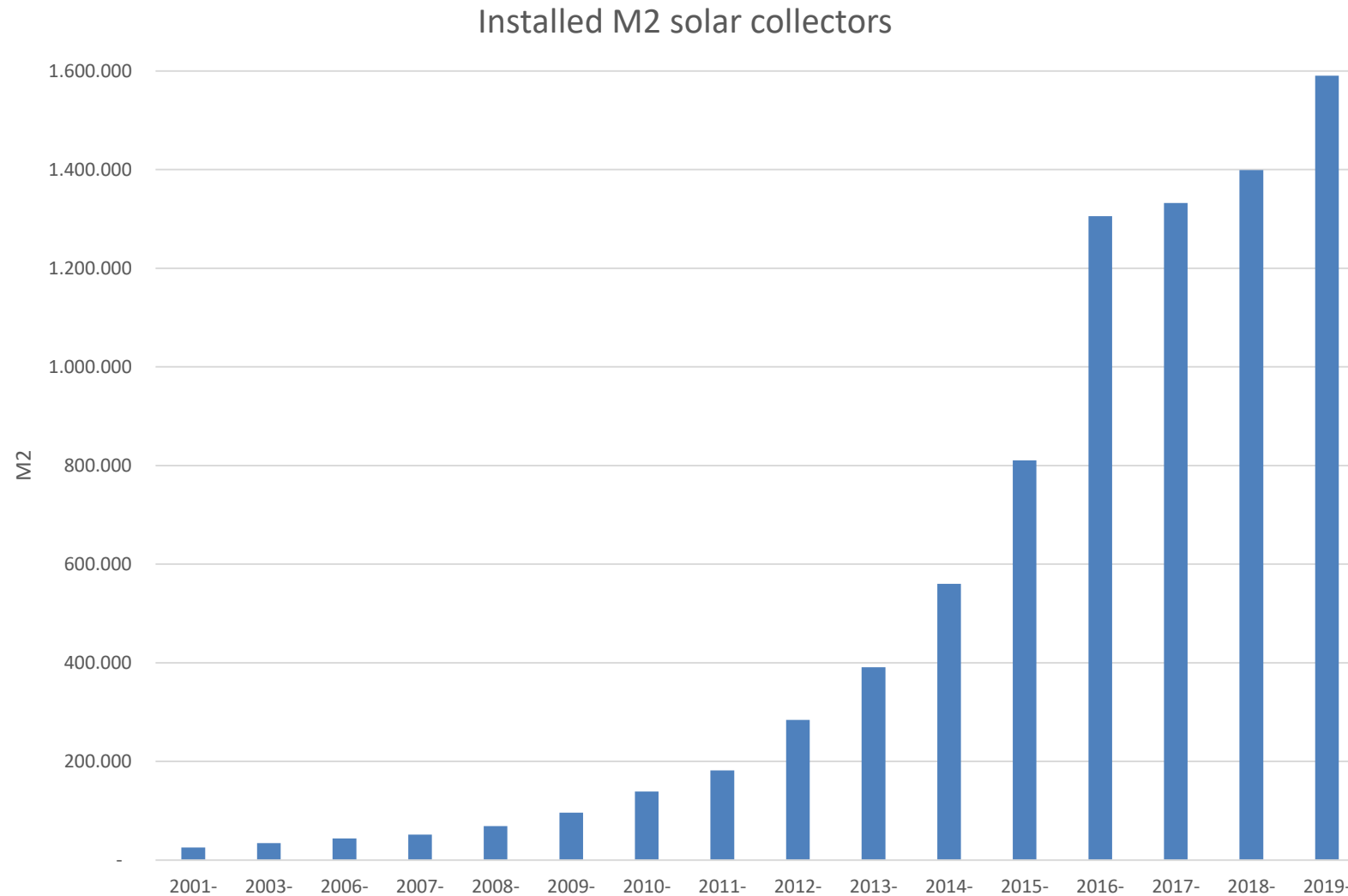


# Fernwärmenetze der 4. Generation nutzen verschiedene Erzeuger!



Quelle: Fernwärmenetze der 4. Generation (4th Generation District Heating, 4GDH);  
Integration intelligenter Fernwärmenetze in die nachhaltigen Energiesysteme der Zukunft

# Solarwärme – Installierte Fläche in Dänemark



# CO2-Bepreisung in Deutschland ab 2021

Über 25 Jahre ergeben sich Mehrkosten für Wärme aus Gas in Höhe von 12,4 €/MWh (über 10 Jahre = 10,9 €/MWh)

## Deutschland:

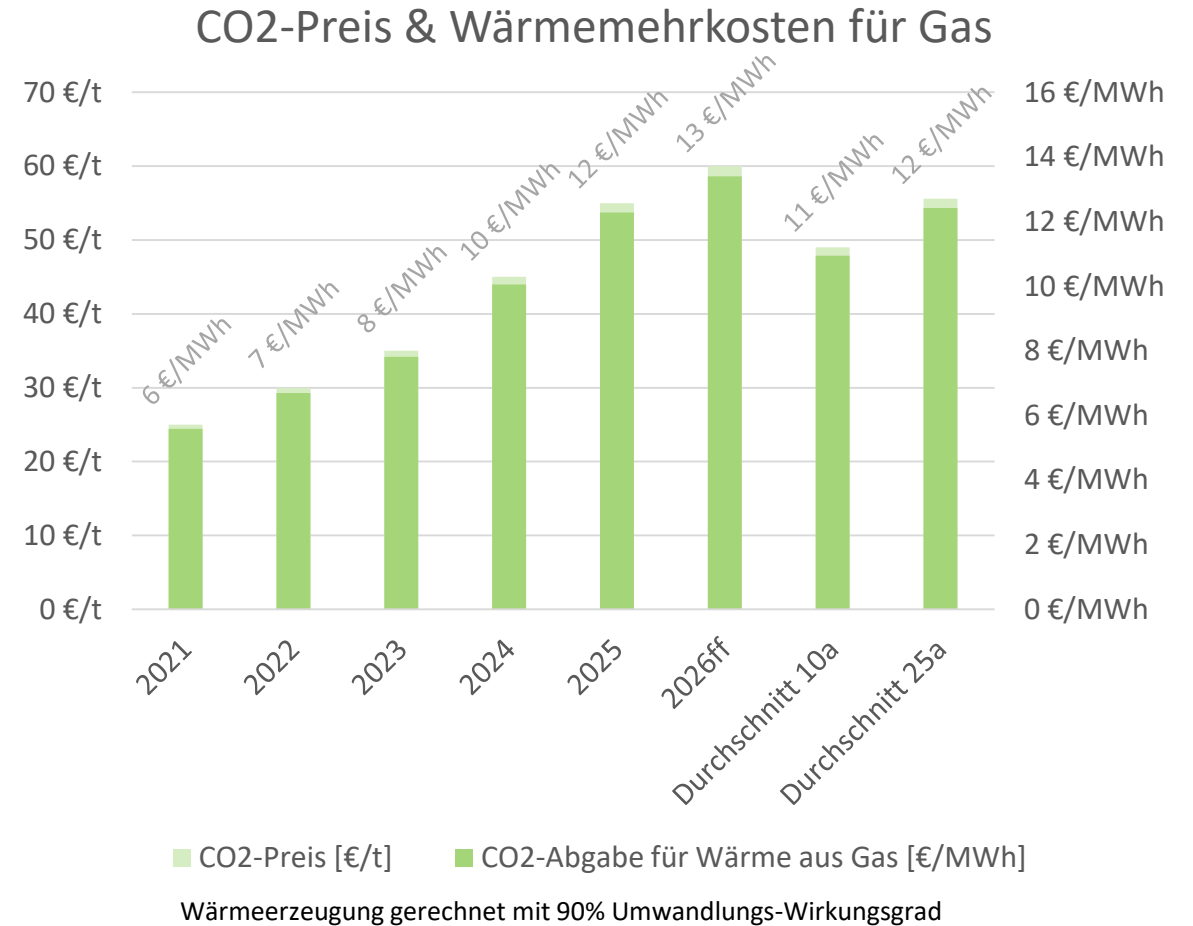
- In Deutschland wird der Preis für CO2 in den Jahren 2021 bis 2025 von 25 auf 55€/t steigen.
- Danach soll der CO2-Preis in einem Korridor von 55 bis 65 €/t gehalten werden.
- Das bedeutet z.B. in 2023 bei 35 €/t:
  - 11 ct/ltr bei Diesel & Heizöl
  - 10 ct/ltr bei Benzin
  - 8 ct/m<sup>3</sup> bei Gas
- Mittelwert über 25 Jahre = 56 €/t  
→ Mehrkosten für Wärme aus Gas = 12 €/MWh

## Andere Länder im Vergleich:

- Schweden: 115 €/t (Ende 2019)
- Schweiz: 90 €/t (Ende 2019)
- Frankreich: 45€/t

## Andere Technologien im Vergleich:

- Eine große Solarwärmeanlage erzeugt KEINE CO2-Emissionen



## Allgemeines zu großen Solarwärme-Anlagen

# SOLAR- THERMISCHE GROSSANLAGEN

## WIRTSCHAFTLICH

Große Solarwärmeanlagen ergeben niedrige **stabile Wärmekosten.**

Die Wärmekosten bleiben dauerhaft auf einem niedrigen, leistbaren Niveau.

Alle Kosten sind von Anfang an bekannt, d.h. dass die Preise für Solarwärme über eine 25-jährige Periode fix bleiben.

## SAUBER

Die Sonne ist der **sauberste Energieträger** und die **kraftvollste Art erneuerbarer Energien.** Sie erzeugt **keine CO<sub>2</sub> Emissionen** und hat **keinen Primärenergieeinsatz.**

Hinzu kommt, dass sie keine Emissionen wie Lärm, Abgas o.ä. an die Umwelt abgibt und so keineswegs stört.

## WIRKSAM

Die effektive Installation einer perfekten solarthermischen Großanlage braucht umfangreiches Fachwissen.

Wir haben jeden einzelnen Schritt optimiert. Somit können wir von der Planung über die Konstruktion und Finanzierung bis zur Installation samt perfektem Betrieb alles aus einer Hand anbieten

# GRENZENLOSE VORTEILE IM GROSSEN MASSTAB

XL

GRÖßER  
IST **BESSER**

Eine Solar-Großanlage ist  
4- bis 6-mal wirtschaftlicher  
als Dachanlagen auf  
individuellen Häusern



WOHL-BEKANNT  
**WOHL-BEWÄHRT**

Solarwärme ist eine bekannte  
Technologie, jahrzehntelang  
benutzt und in der Fernwärme  
im Einsatz seit 1988.



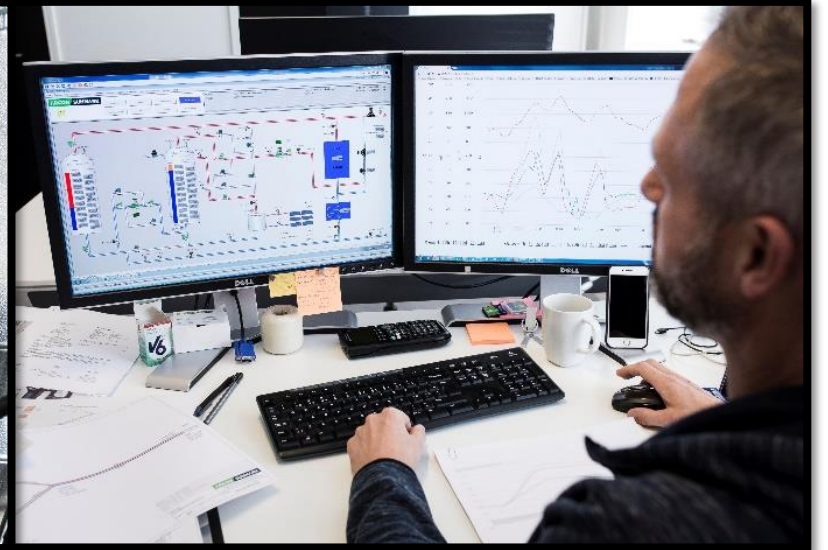
**PERFEKTE**  
ERGÄNZUNG

Solarwärme passt perfekt mit  
anderen Energieträgern  
zusammen.



# 30 JAHRE ERFAHRUNG

WIR LIEFERN HOHE QUALITÄT PREISWERT



Vom Interesse zur Entscheidung →

- ✓ Finanzen
- ✓ Genehmigung
- ✓ Mögliches Land/Flächen
- ✓ Förderung
- ✓ Beratung mit der Erfahrung aus Jahrzehnten

...über die "grünen Details"...

- ✓ Auslegungsphase
- ✓ Installation
- ✓ Ertragsgarantie
- ✓ Ausbildung des Betriebspersonal

→ Vom Kauf zum Betrieb

- ✓ Service und Unterstützung
- ✓ Erfahrung
- ✓ On-line-Unterstützung

Integration der Erfahrung aus >30 Jahren und >100 Projekten

# VON 1.000 – 156.700 M<sup>2</sup>

ARCON-SUNMARK HAT MEHR ALS 1,6 Mio m<sup>2</sup> SOLARKOLLEKTOREN IN GROßANLAGEN INSTALLIERT SEIT 1988



Aabybro - 26.195 m<sup>2</sup> - 18,3 MW



Nykøbing - 20.084 m<sup>2</sup> - 14 MW



Silkeborg - 156.700 m<sup>2</sup> - 110 MW



Graz – 2.000 m<sup>2</sup> - 1,4 MW



Ludwigsburg – 14.797 m<sup>2</sup> - 10 MW



Berlin – 1.000 m<sup>2</sup> - 0,7 MW

# FÜHREND IN GROSSANLAGEN

## WIR LIEFERN **HOHE QUALITÄT**, WIRTSCHAFTLICH

Arcon-Sunmark ist ein dänisches Unternehmen mit europäischer Präsenz. Entwicklung und ein Großteil der Produktion haben ihren Standort in Dänemark. Mit unserer modernen Produktionsstätte in Vietnam haben wir zusätzlich einen logistischen Vorteil und eine internationale, marktnahe Präsenz erzielt.

## WIR WERDEN WEITER **BESTEHEN BLEIBEN**

Wir sind ein solides und zukunftssicheres Unternehmen. Arcon-Sunmark ist Eigentum der VKR Holding, Dänemark. Insgesamt beschäftigt die VKR Holding etwa 16.000 Mitarbeiter in mehr als 41 Ländern. VKR Holding ist Eigentümer von Unternehmen, die Tageslicht, frische Luft und Lebensqualität in den Alltag der Menschen bringen.



Beispielanlagen,  
Technik & Anlagenschemen

# Historie der großen Solarwärme

Die erste große Anlage für die Fernwärme wurde 1988 in Saltum eröffnet. Die Anlage ist immer noch ohne Probleme in Betrieb. Mittlerweile sind die Anlagen weit im MW-Bereich und werden bereits erweitert, um eine höhere solare Deckung zu erreichen.



Im dänischen Vojens begann alles 2012 mit 17.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche – heute die vierfache Größe und der größte Energiespeicher der Welt.

Größe des  
Kollektorfeldes:  
~70.000 m<sup>2</sup>

Speicherkapazität:  
200.000 m<sup>3</sup>

Anteil am  
jährlichen  
Wärmebedarf:  
~45 %

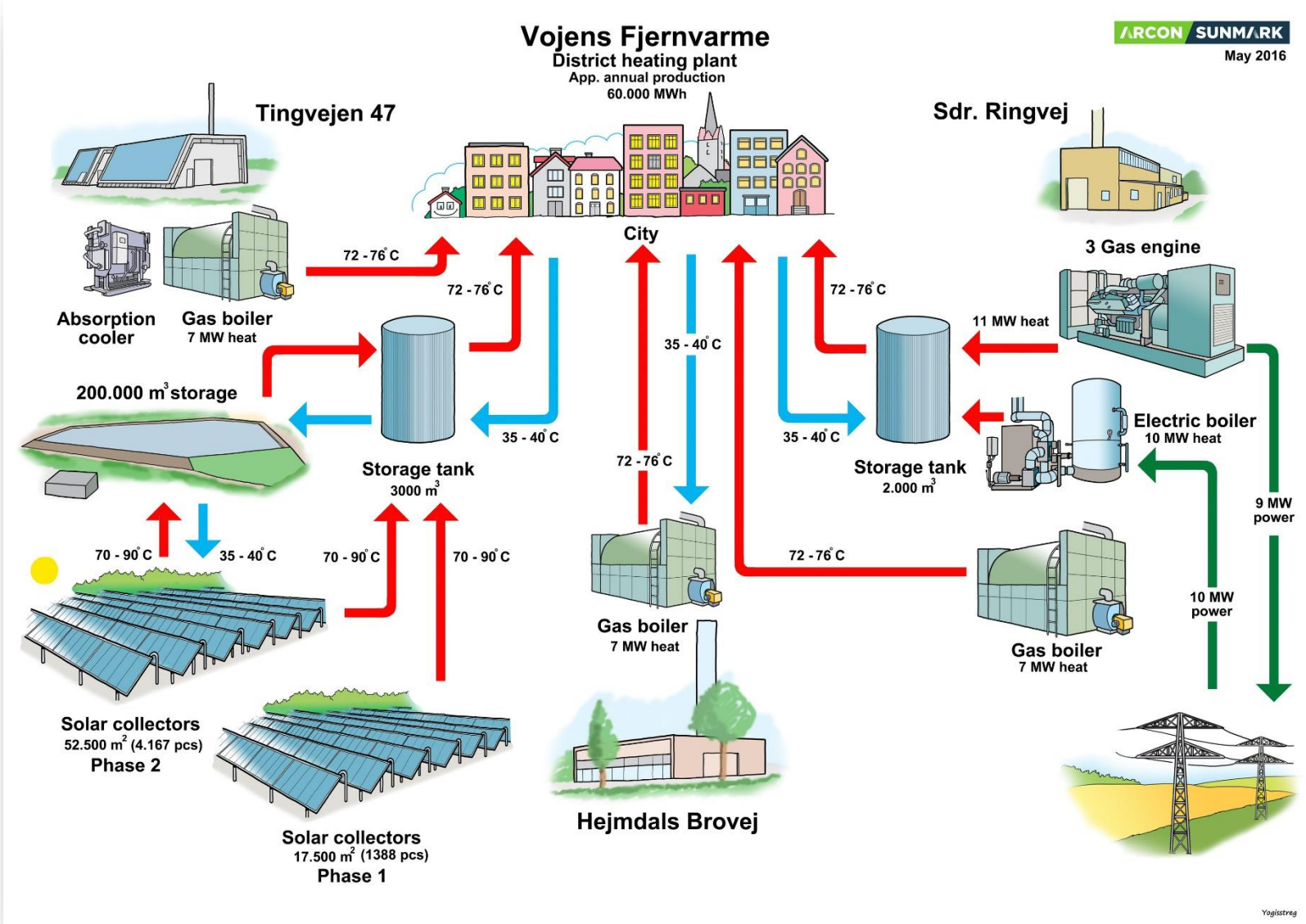
# 45% solare Deckung des Jahresfernwärmebedarfes durch saisonale Speicherung

## Vojens, DK:

Solarsystem: 49 MW, 70.000 m<sup>2</sup> Aperturfläche  
Speicher: 200.000 m<sup>3</sup> Wasserspeicher mit 60cm schwimmender Isolierung als Deckel.

Speichertemperatur am Ende des Sommers: 90°C  
Jährlicher Ertrag: 28.000 MWh → **Ergibt 45% solare Deckung!**  
Wärmekosten: 42 €/MWh (2% Zins, 25a, keine Förderung)  
CO<sub>2</sub>-Einsparung: 6.000 ton/Jahr  
Stromgeführter Betrieb der KWK

# VOJENS DISTRICT HEATING





# Weltweit größte Solarwärmeanlage in Silkeborg, Dänemark

**Größe des  
Kollektorfeldes:**  
~155.000 m<sup>2</sup>

**Jährliche  
Produktion:**  
~80.000 MWh

**Anteil am  
jährlichen  
Wärmebedarf:**  
~20 %

**Kombination von Energiespeicher und großer Solarwärmanlage deckt Großteil des jährlichen Wärmebedarfs in Dronninglund, DK.**

**Größe des  
Kollektorfeldes:**  
~37.000 m<sup>2</sup>

**Speicherkapazität:**  
~62.000 m<sup>3</sup>

**Anteil am  
jährlichen  
Wärmebedarf:**  
~40%

# Example land use Dronninglund

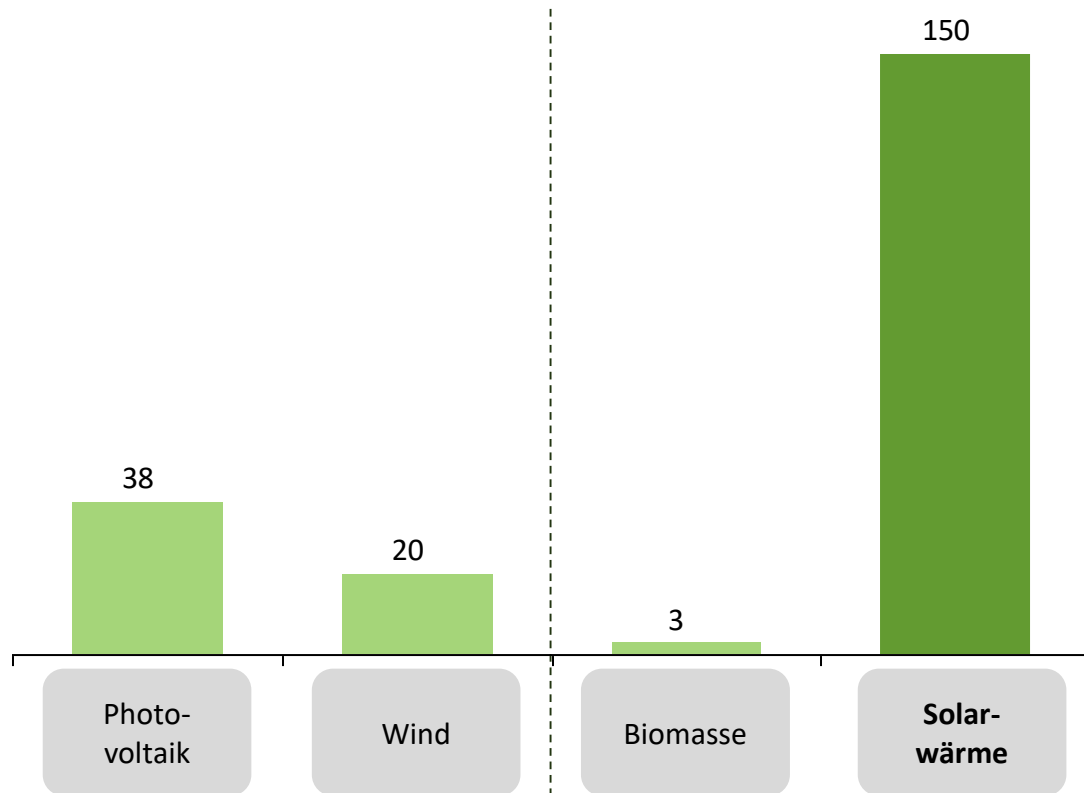
Land use for 40% Solar Coverage of the yearly heat demand of the city of Dronninglund:  
3.500 inhabitants, 1.350 Households connected to the district heating grid, 40.000 MWh heat demand



Bild: Google Maps

# Große Solarwärmeanlagen erreichen den höchsten Ertrag pro m<sup>2</sup> Land!

Jährlicher Ertrag – Aufstell-/Anbaufläche (kWh pro m<sup>2</sup> Land)



Quelle: Per Alex Sørensen, Planenergi:  
"Erfahrungen mit Solarwärme in Dänemark", Jan. 2014

# STORAGE OF ENERGY, DRONNINGLUND (DK)



## Dronninglund (SUNSTORE 3, 2013)

### Solar system:

26 MW, 37.500 m<sup>2</sup> aperture area

### Pit storage:

62,000 m<sup>3</sup>

100x100m length at top

18m depth (Form: reverse pyramide)

2.27 Mio. € Investment

90° C at end of summer

### Results:

18.000 MWh yearly yield

40% solar coverage of town heat demand

# Energy storage concept

Overview of the Danish Seasonal Storages. PTES is considered the most operational versatile solution due to the possibility of high temperature levels, unlimited charge/discharge capacity and highest specific heat capacity.

## PTES (Pit Thermal Energy Storage):

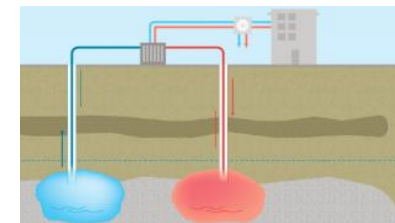
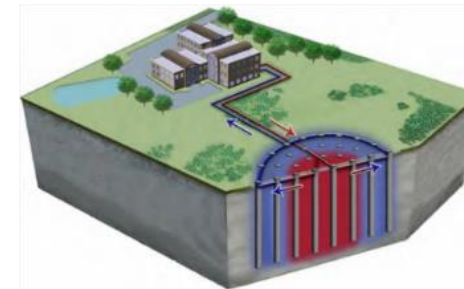
DTU:	500 m <sup>3</sup>	1983
Ottrupgaard	1.500 m <sup>3</sup> / 43,5 MWh	1995
Marstal Sunstore 2	10.000 m <sup>3</sup> / 638 MWh	2003
Marstal Sunstore 4	75.000 m <sup>3</sup> / 6.960 MWh	2012
Dronninglund Sunstore 3:	60.000 m <sup>3</sup> / 5.570 MWh	2013
Gram:	122.000 m <sup>3</sup> / 11.300 MWh	2015
Vojens:	203.000 m <sup>3</sup> / 18.800 MWh	2015
Toftlund:	70.000 m <sup>3</sup> / 6.500 MWh	2017
Langkazi, Tibet	15.000 m <sup>3</sup> / 700 MWh	2018

## BTES (Borehole Thermal Energy Storage)

Brædstrup:	19.000 m <sup>3</sup> soil = 5.000 m <sup>3</sup> Weq	2012
------------	---	------

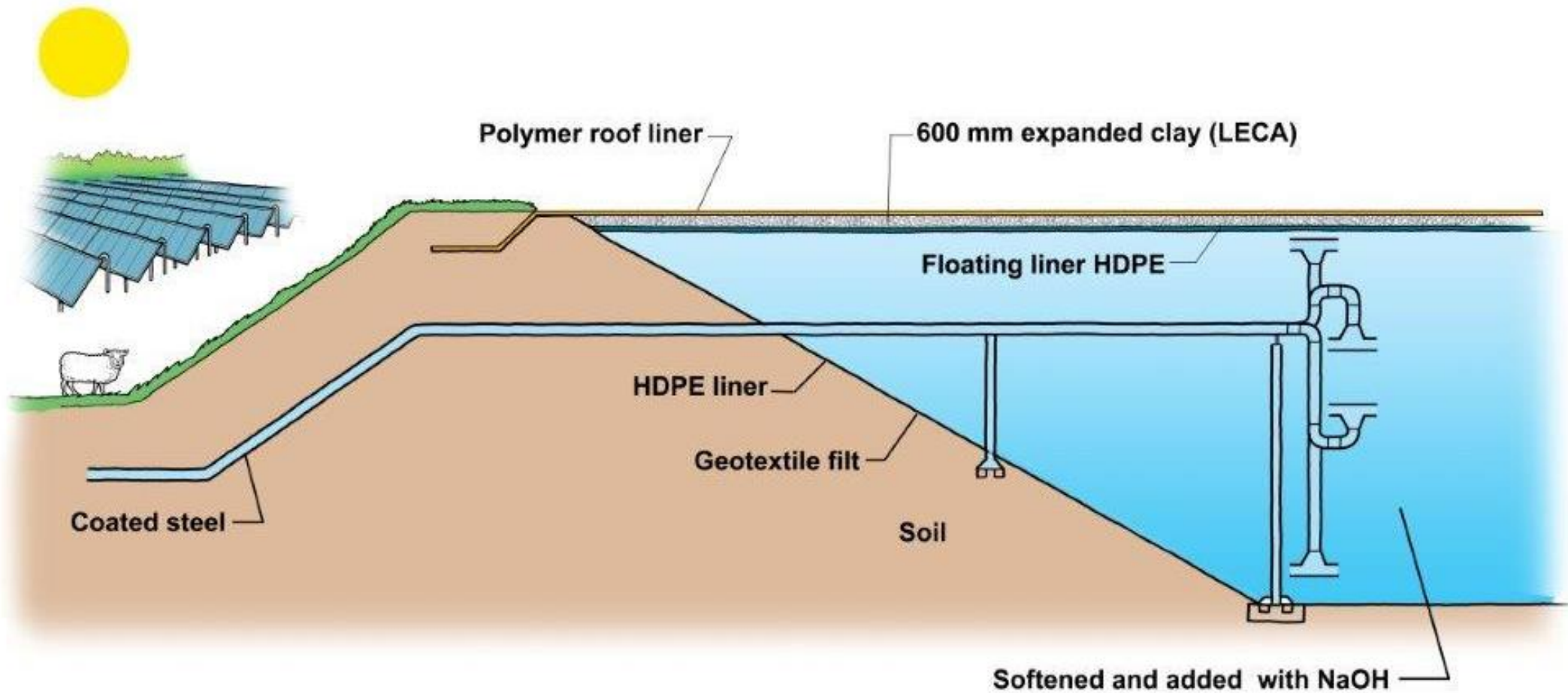
## ATES (Aquifer Thermal Energy Storage):

Bjerringbro:	5.200 MWh	2013
--------------	-----------	------



# Seasonal Storage

Our Seasonal Storage Concept is a proven technical solution, to store heat up to 90°C in a seasonal way



# STORAGE OF ENERGY, DRONNINGLUND (DK)





# STORAGE OF ENERGY, DRONNINGLUND (DK)



# REFERENCES

LANGKAZI, TIBET: 19.5 MW SOLAR & 15.000 M3 SEASONAL STORAGE



## KEY PLANT DATA - Langkazi

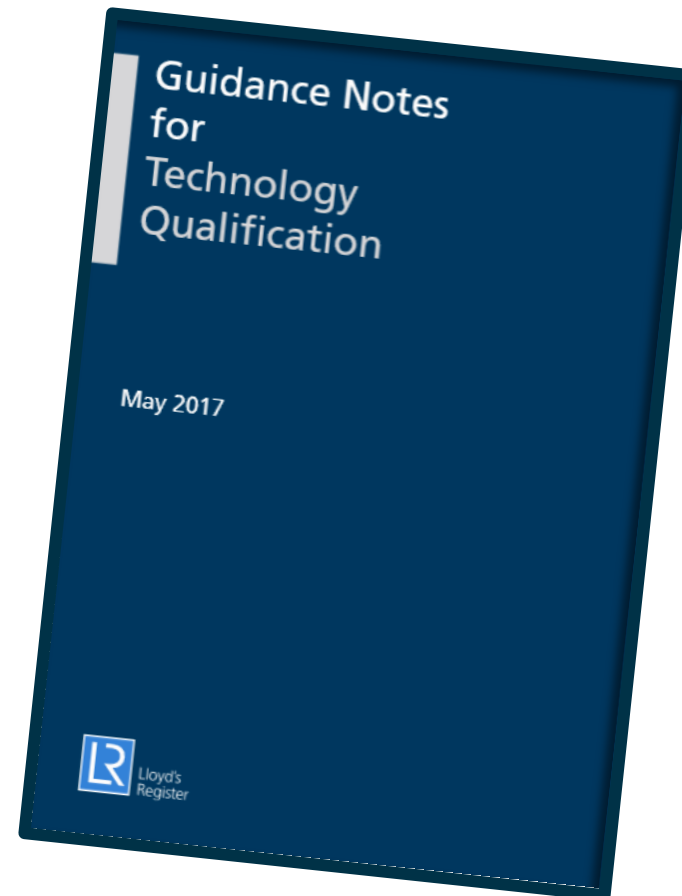
Aperture area	Number of solar collectors	Storage capacity	Share of annual heat demand	Calculated peak capacity	Calculated annual production
•22.275 m <sup>2</sup>	•1620	•15.000 m <sup>3</sup>	•Ca. 90 %	•19,5 MW	•17.500 MWh





# Prüfung durch Lloyd's Register

Prüfung unserer aktuellen neuen Generation für Erdbeckenspeicher



# PTES projects and cooperation with universities and consultants

## Cooperation with DTU, Technische Universität Darmstadt and Rambøll

- **DTU**

- Master project: CFD simulation of inlet design and stratification
- Polymer linere til dam varmelagre
- Influence of cyclic temperature on soil stability (not started)

- **Technische Universität Darmstadt**

- Ph.d. internship: Modelling of heat exchange between PTES and soil

- **Rambøll**

- CFD model of inlet design

M.Sc. Thesis Adam R. Jensen  
Master of Science in Engineering Kongens Lyngby 2018  
DTU Technical University of Denmark

**Investigation of Pit Thermal Energy Storage**  
CFD simulations and experimental analysis

Polymer linere til dam varmelagre  
Soren Hvilsted  
Hvilsted Consult  
7. august 2017

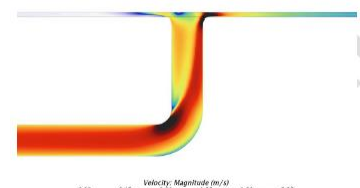


TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT  
Graduate School of Energy Science and Engineering

**Marstal pit thermal energy storage**  
**Subsurface modeling and simulation**

Julian Formhals  
Morten Vang Bobach

RAMBØLL



Velocity: Magnitude (m/s)  
0.00 0.45 0.90 1.35 1.80 2.25

Case 0

Deutschlands größte Solarwärmeanlage:  
Ludwigsburg-Kornwestheim – 10 MW – 14.800m<sup>2</sup>

# Ludwigsburg

Eine abgeschlossene Deponie und eine zusätzliche Fläche werden umgewandelt in eine Erzeugungsfläche für erneuerbare Energie.



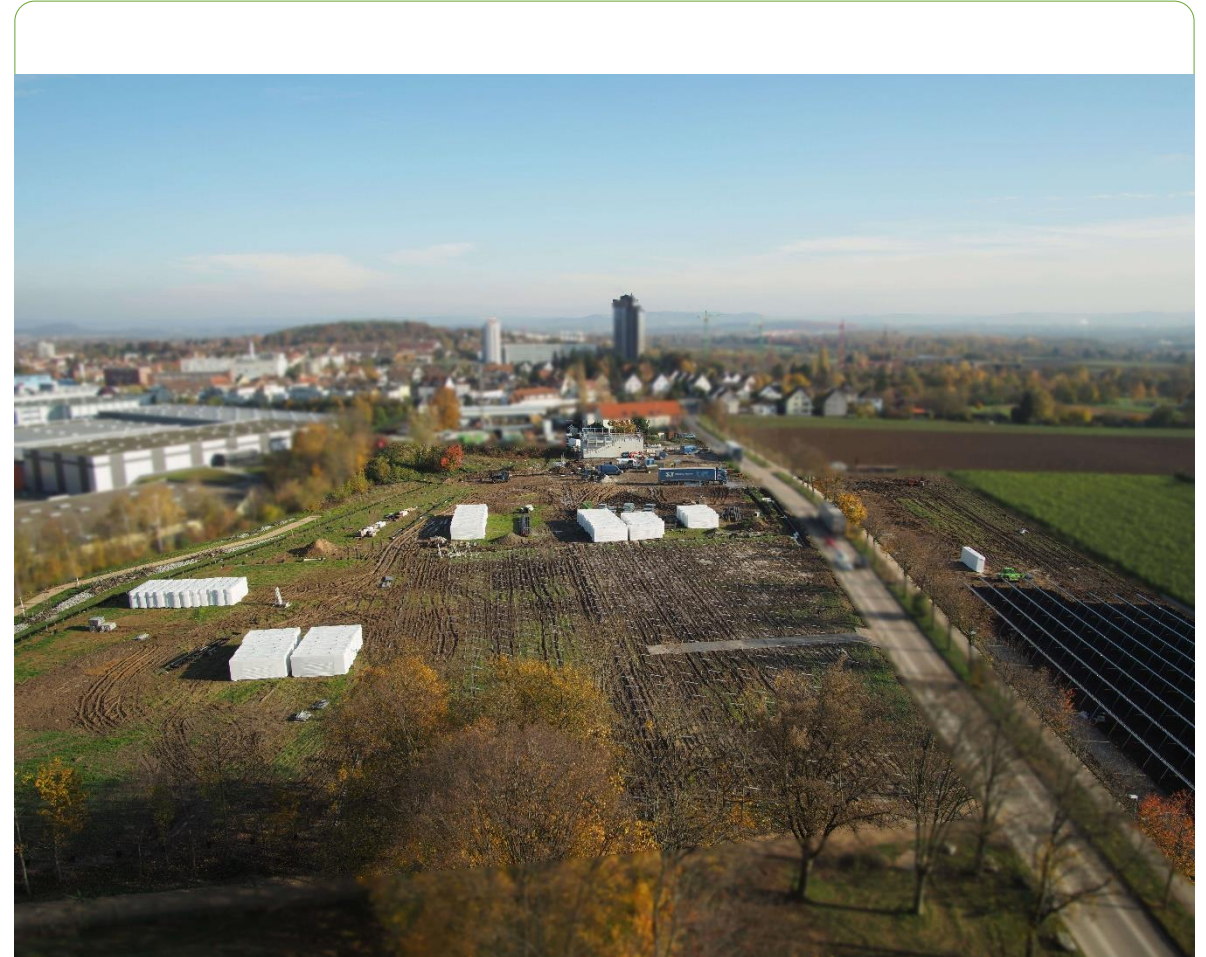


# Ludwigsburg-Kornwestheim

## Projekt-Steckbrief des Solarsystems

### Solarsystem:

- Größe Solaranlage: 14.797 m<sup>2</sup> (Bruttofläche)  
13.665 m<sup>2</sup> (Aperturfläche)
  - Max. Leistung: 9,6 MW
  - Berechneter Solarwärmeertrag: 5.680 MWh (aus Simulation)
  - CO<sub>2</sub> Einsparung: 1.270 ton/Jahr
  - Nutzungsdauer Solaranlage: mind. 25 Jahre
  - Wärmespeicher: 2.000 m<sup>3</sup> (zentral mit HHKW)
- 
- Schlüsselfertiger Aufbau durch Arcon-Sunmark (Generalunternehmer)
  - Hydraulik vorgefertigt im Werk
  - Regelung auf Siemens S7-Basis für direkte Anbindung an das Leitsystem
  - Ansprechendes Technikgebäude mit Ausblicks-Plattform und Integration in Grüngürtel-Wanderweg der Stadt Ludwigsburg



# SolarHeatGrid

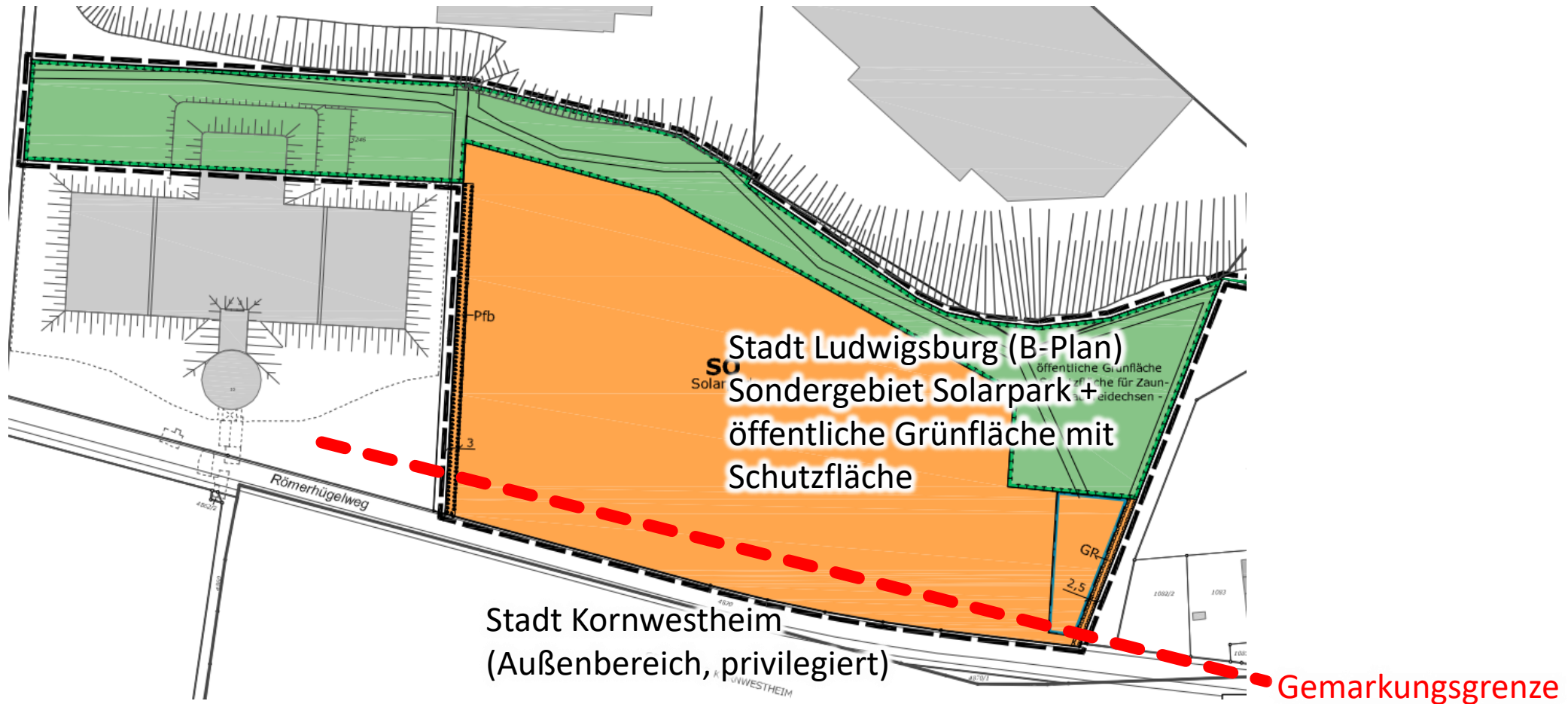
## Bauplanungsrecht

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Quelle: Stadt Ludwigsburg

# SolarHeatGrid

Voraussichtliche Nutzung der Fläche für die Schafbeweidung

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Öko-Vorschlag: Integration von Solarwärme in Ausgleichsflächen:  
z.B.: → Crailsheim – Solarwärme auf dem Lärmschutzwall

# Vereinbarkeit von Flächennutzung und Energieerzeugung

In Crailsheim (BW) wurde vor annähernd 10 Jahren eine solare Wärmeerzeugung in ein ökologisch wertvolles Konzept eingebettet.



Weinanbau → Auch eine Form der Solarnutzung mit saisonaler Speicherung



Pflegekonzept: Betreuung durch die lokale BUND-Gruppe

# Vereinbarkeit von Flächennutzung und Energieerzeugung

In Crailsheim (BW) wurde vor annähernd 10 Jahren eine solare Wärmeerzeugung in ein ökologisch wertvolles Konzept eingebettet.



ANSAAT VON LOKALEN BLÜHMISCHUNGEN SCHAFFT NEUEN LEBENSRAUM FÜR FLORA & FAUNA





Zusammenfassung



# SOLARWÄRME GIBT **SICHERHEIT**

- **>25 Jahre** fixe und niedrige Wärmekosten
- **Hervorragende Vereinbarkeit** mit Ökokonzepten
- **Kein CO<sub>2</sub> – keine Primärenergieeinsatz**
- **20..35 €/MWh** sind typisch
- **30 Jahre** Erfahrung mit 100 Großanlagen (in Summe >800 MW)



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

Für weitere Fragen:  
Arcon-Sunmark GmbH  
Christian Stadler  
+49 170 7628793  
CHS@Arcon-Sunmark.com

Peter Eijbergen  
+31 6 270 388 40  
PEI@Arcon-Sunmark.com

Backup & Zusatzinfos