



Vorbemerkungen zum Wärmespeicher in einer Gräfelfinger Kiesgrube „Wärmenetz im Würmtal“

Bürgerhaus Gräfelfing am 02.03.2020

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Mengedoht

Institut für Energie- und Antriebstechnik (IEA), Technische Hochschule Ulm (THU)

Motivation seit 1992 bis heute



1992



1995



2006

30. März 2019, 20:09 Uhr Keine Entscheidung ohne Konflikt

Warum Politik nie alternativlos ist



Quelle: Süddeutsche Zeitung

2007



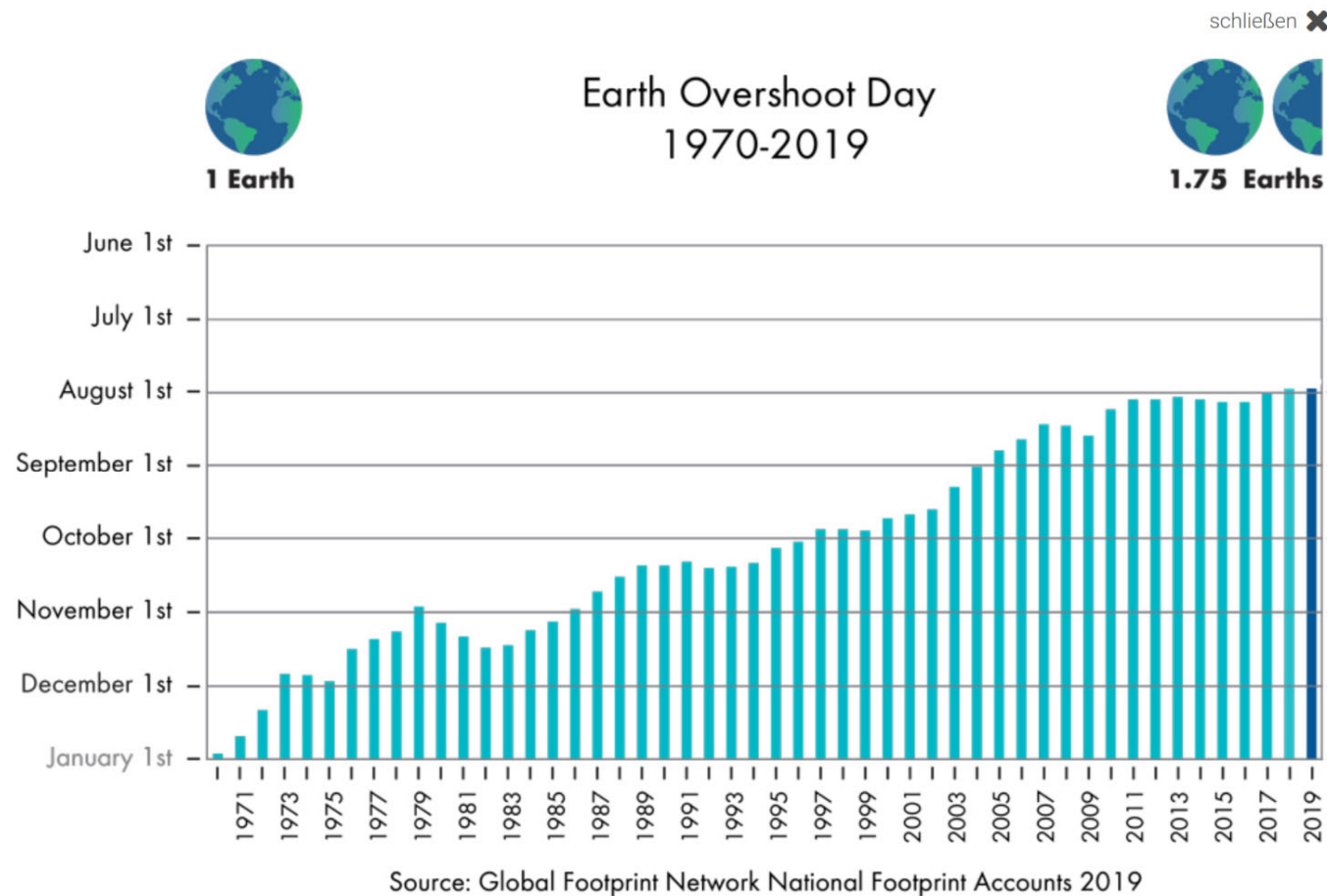
Greta Thunberg ist das Gesicht der "Fridays For Future"-Bewegung. FOTO: PONTUS LUNDAHL/AFP

Quelle: <https://www.tagesspiegel.de/berlin/fridays-for-future-greta-thunberg-bekommt-goldene-kamera/24120208.html>

2018 - 2019

Erdüberlastungstag am 29.07.2019

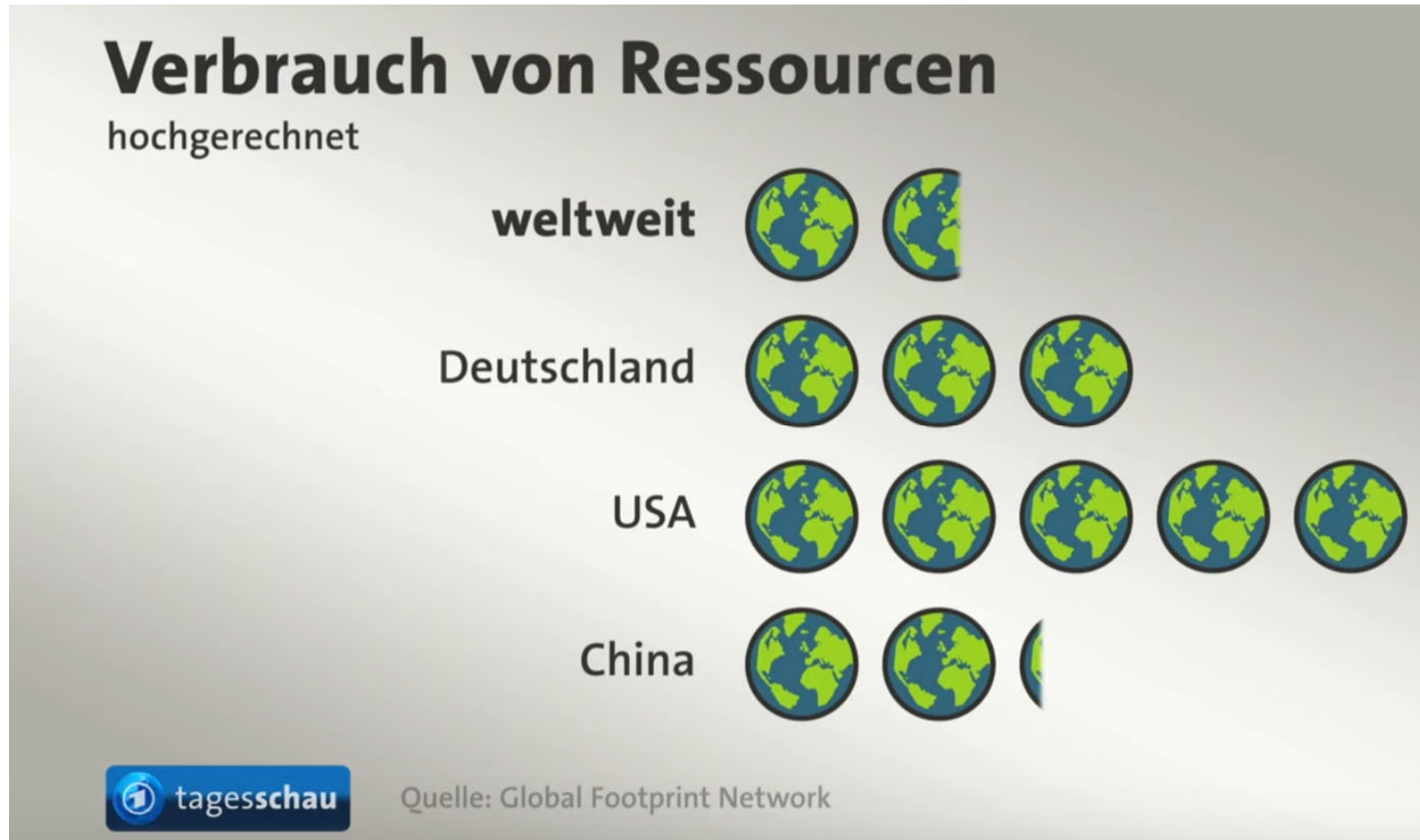
.... Menschheit lebt ab heute auf Pump !



Der Earth Overshoot Day rückt immer weiter vor. (Grafik: © Global Footprint Network www.footprintnetwork.org)

Man bräuchte 3 Erden wenn alle soviel verbrauchen wie in Deutschland !

Erdüberlastungstag am 29.07.2019



Man bräuchte 3 Erden wenn alle soviel verbrauchen wie in Deutschland

Ausgangslage

Ziele der EU:

Senkung der Treibhausgasemissionen um 80 % gegenüber 1990 [1]
Absenkung von CO₂ Emissionen im Bereich Gebäude um > 90%

[1] Europäische Kommission zur Klimapolitik, https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_de, Brüssel, 2017

EFH / ZFH: 39%

MFH: 24%

Nichtwohngebäude: 37%



© BMWi

21
Millionen Gebäude
gibt es in Deutschland

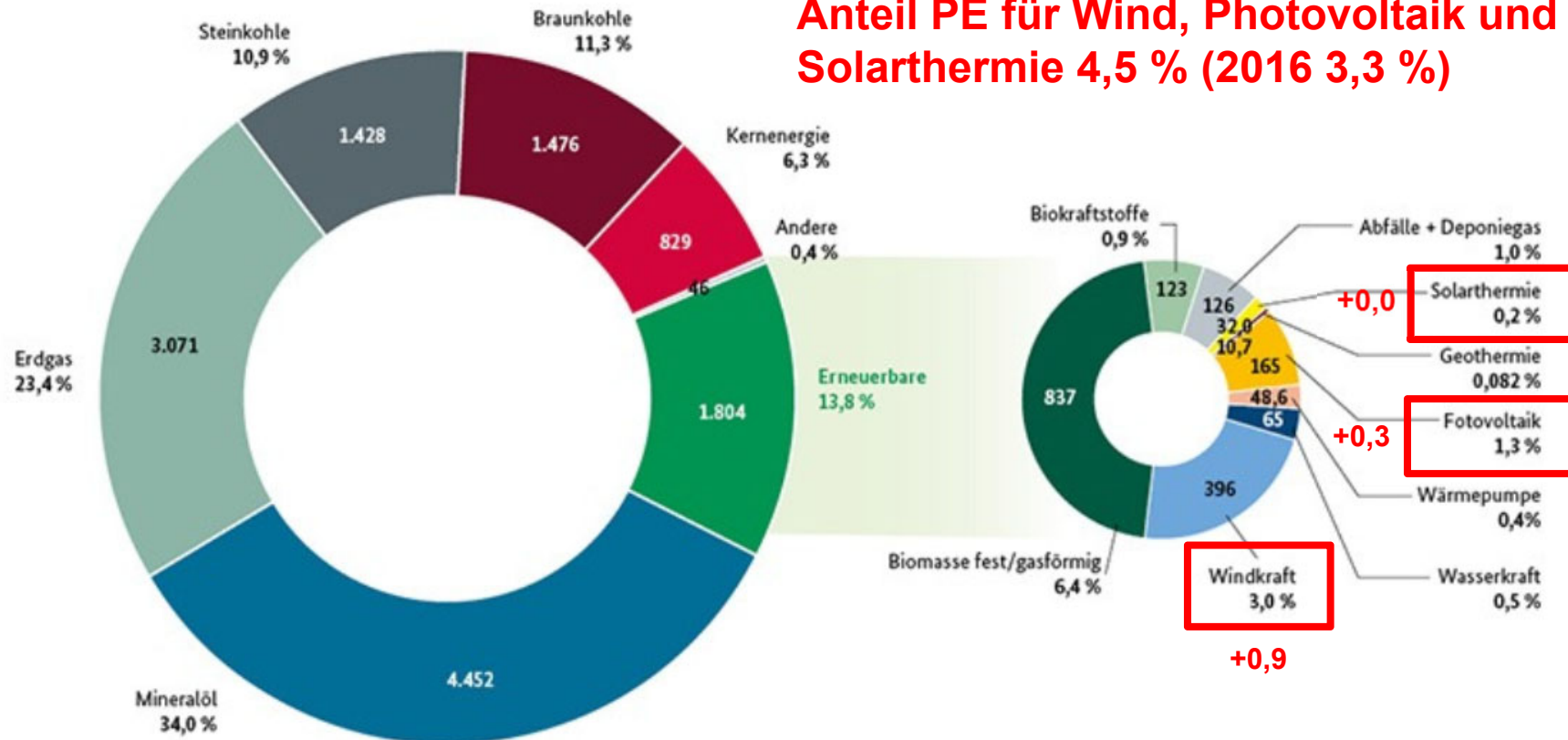
35 %
beträgt der Anteil
von Gebäuden
am gesamten deutschen
Endenergieverbrauch

Um **80 %**
soll der
Primärenergiebedarf
von Gebäuden bis Ende 2050
reduziert werden

73
Milliarden Euro
gaben die Nutzer
von Wohn- und
Nichtwohngebäuden 2014 für
Raumwärme, Warmwasser,
Beleuchtung und Kühlung aus

Wo steht die Energiewende heute ?

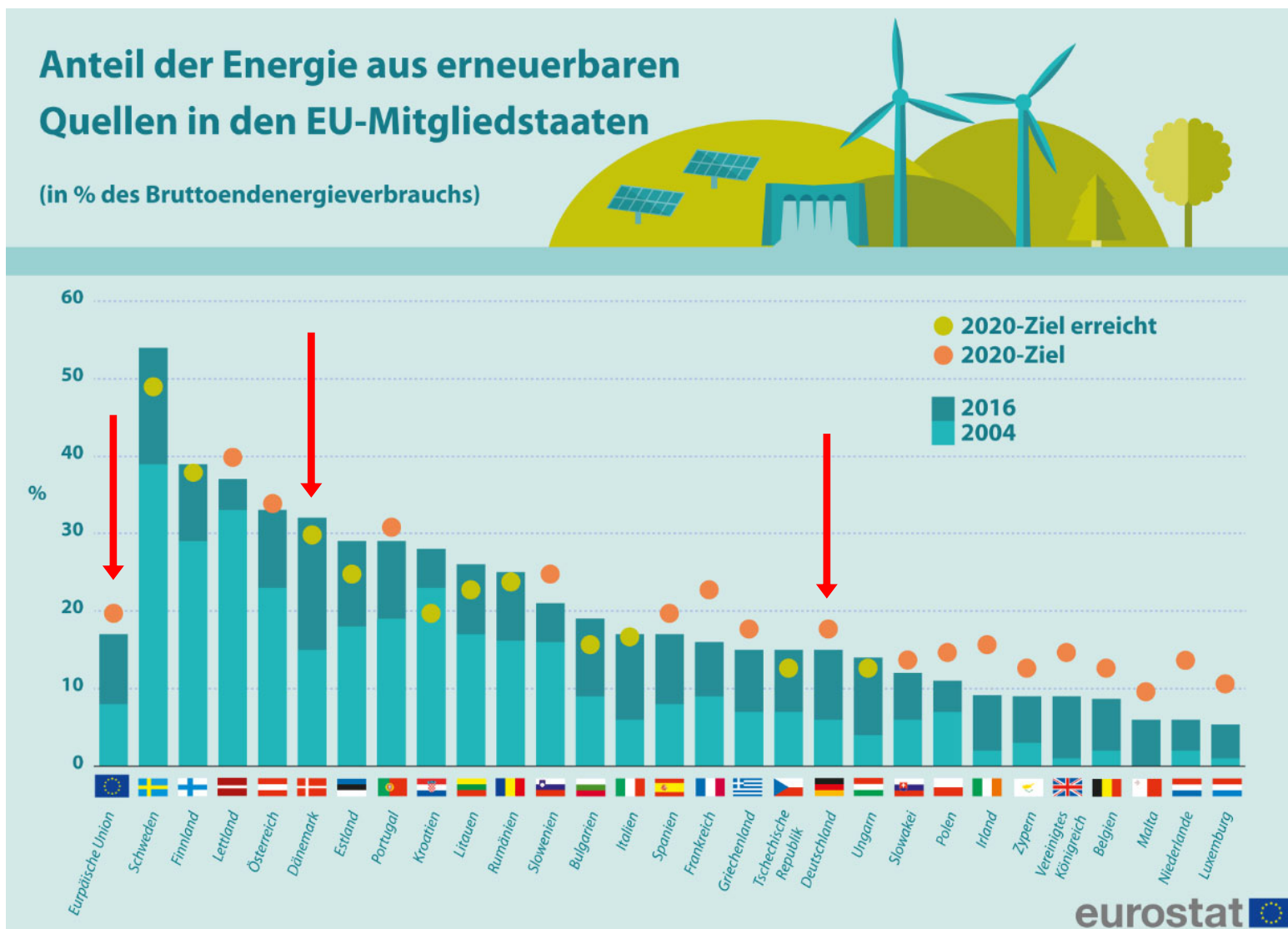
Primärenergieverbrauch in Deutschland 2018 (12.118 PJ*) Stand 1-2020



* vorläufig

Was fehlt ist eine Verkehrs- und **Wärmewende** !
 April 2018: der CO₂-Ausstoss von Autos steigt !

Wo steht die Energiewende heute ?



Anmerkungen zur Effizienz von 1 m²-Fläche

Horizontale Globalstrahlung pro Jahr in Deutschland
auf einen Quadratmeter Fläche: ca. 1000 kWh/a

1 m²
Biomasse

4 bis 6 kWh/(m²a)

1 m²
Photovoltaik
(Solarstrom)

140 bis max. 190 kWh/(m²a) ...

1 m²
Solarthermie
(Solarwärme)

350 bis 600 kWh/(m²a) ...

Leopoldina Studie 2012 zur Nutzung von Biomasse in Deutschland:

Empfehlung: Konzentration auf eine Versorgung mit Solarthermie, Photovoltaik & Wind

Leopoldina - Nationale Akademie der Wissenschaften, Halle/Saale

1. Kongress „Energiewende Bauen“ Januar 2017 in Berlin



Energiewende Bauen



**Gebäude-Sanierungsrate liegt aktuell bei nur 0,5% !
(Bauschutt nimmt stark zu 2019)**

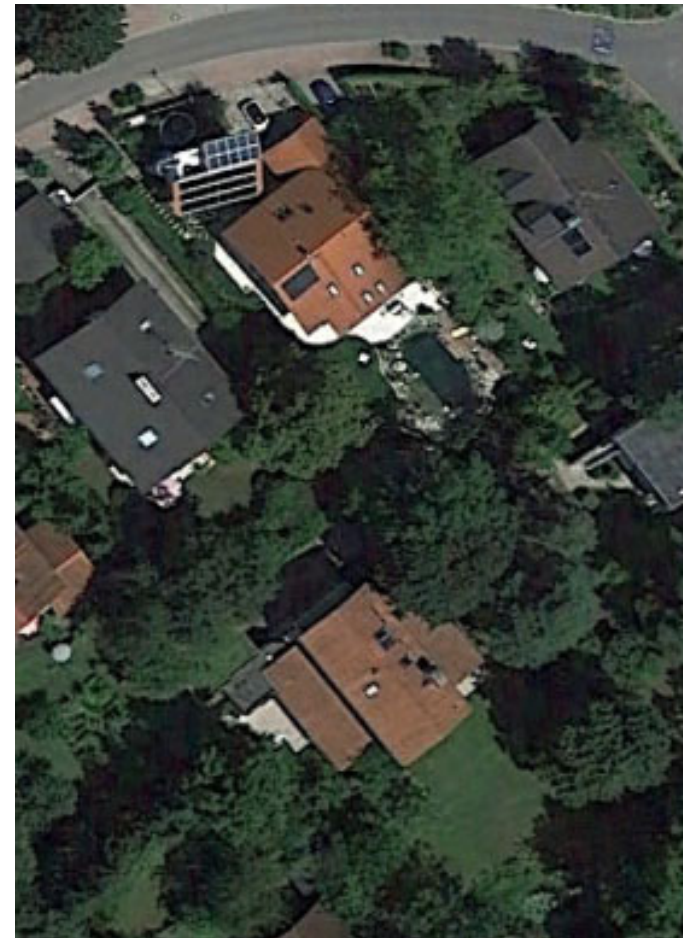
Quelle: R. Corradini (fFe) 6/2018

Ausgangssituation 2010, mehr Wohnfläche ...?

*Solarenergienutzung trotz Verschattung durch hohe Bäume
.... welches Energiekonzept ?*



Nord

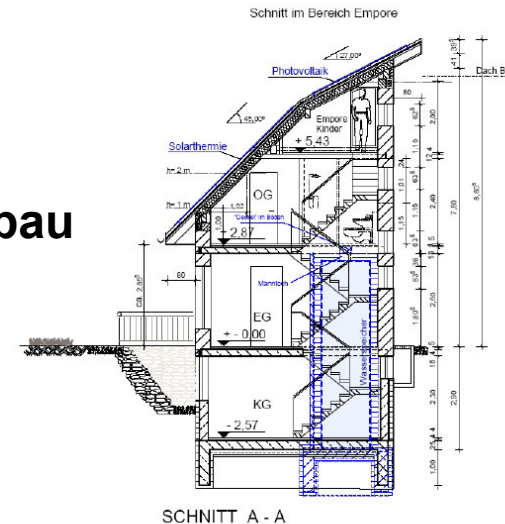


Solares Bauen: Sonnenhaus Gräfelfing

Die solarthermische Anlage wird zur **Brauchwassererwärmung** und zur **Beheizung** des Sonnenhauses sowie des Bestandsgebäudes herangezogen!

Über ein **Nahwärmenetz** liefert der Neubau auch Wärme für das ältere Gebäude.

In das Gebäude ist ein großer, hoch wärmegeprägter Warmwasser-**Schichtspeicher** mit einem Volumen von **7250 Litern** integriert.



Schnitt durchs Gebäude mit Sonnenhaus-Speicher



Sonnenhaus Gräfelfing



Bestandsbau

Neubau

Sonnenhaus Gräfelfing, private Energiewende

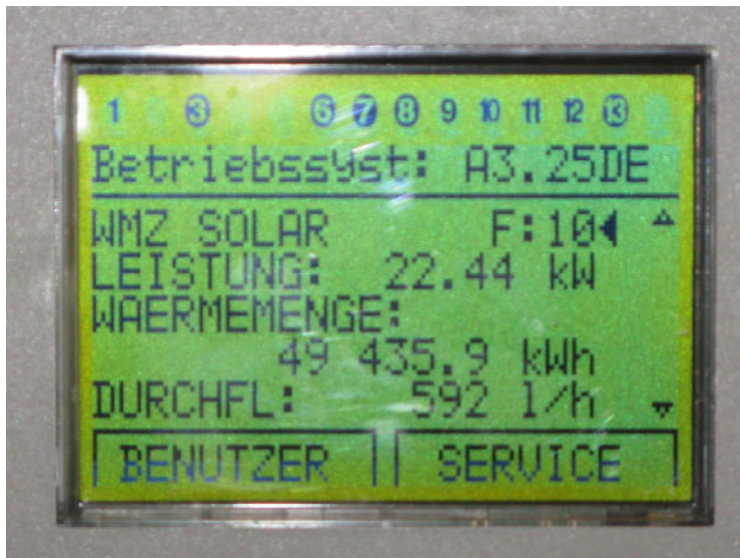


oben
Photovoltaik
17,6 m²
27°

unten
Solarthermie
33,0 m²
45°

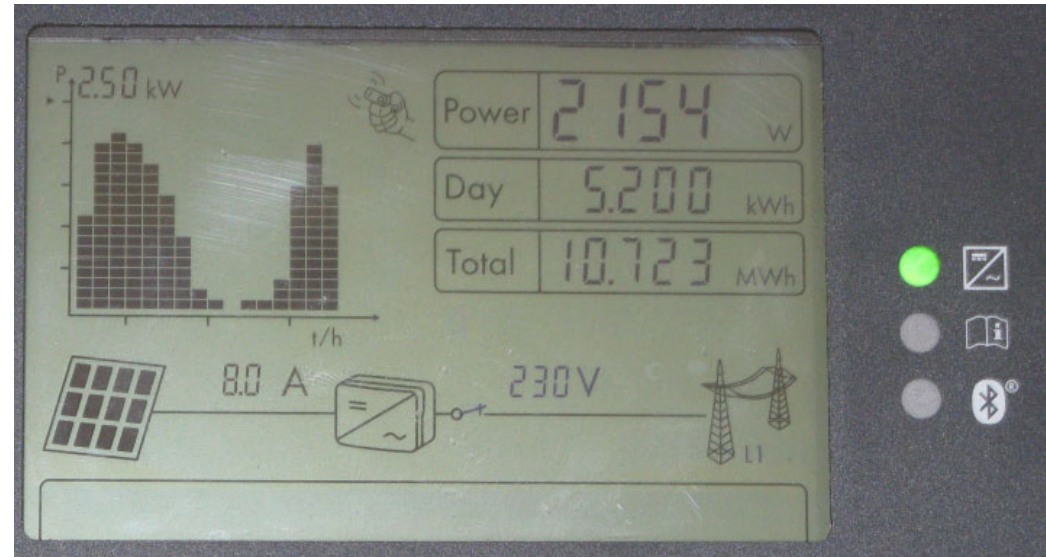
2 getrennte Solar-Systeme: Solarthermie + PV

Ein sonniger Tag gegen Mittag Ende März 2017



Messdaten der Solarthermie-Anlage

22,44 kW



Messdaten der Photovoltaik-Anlage

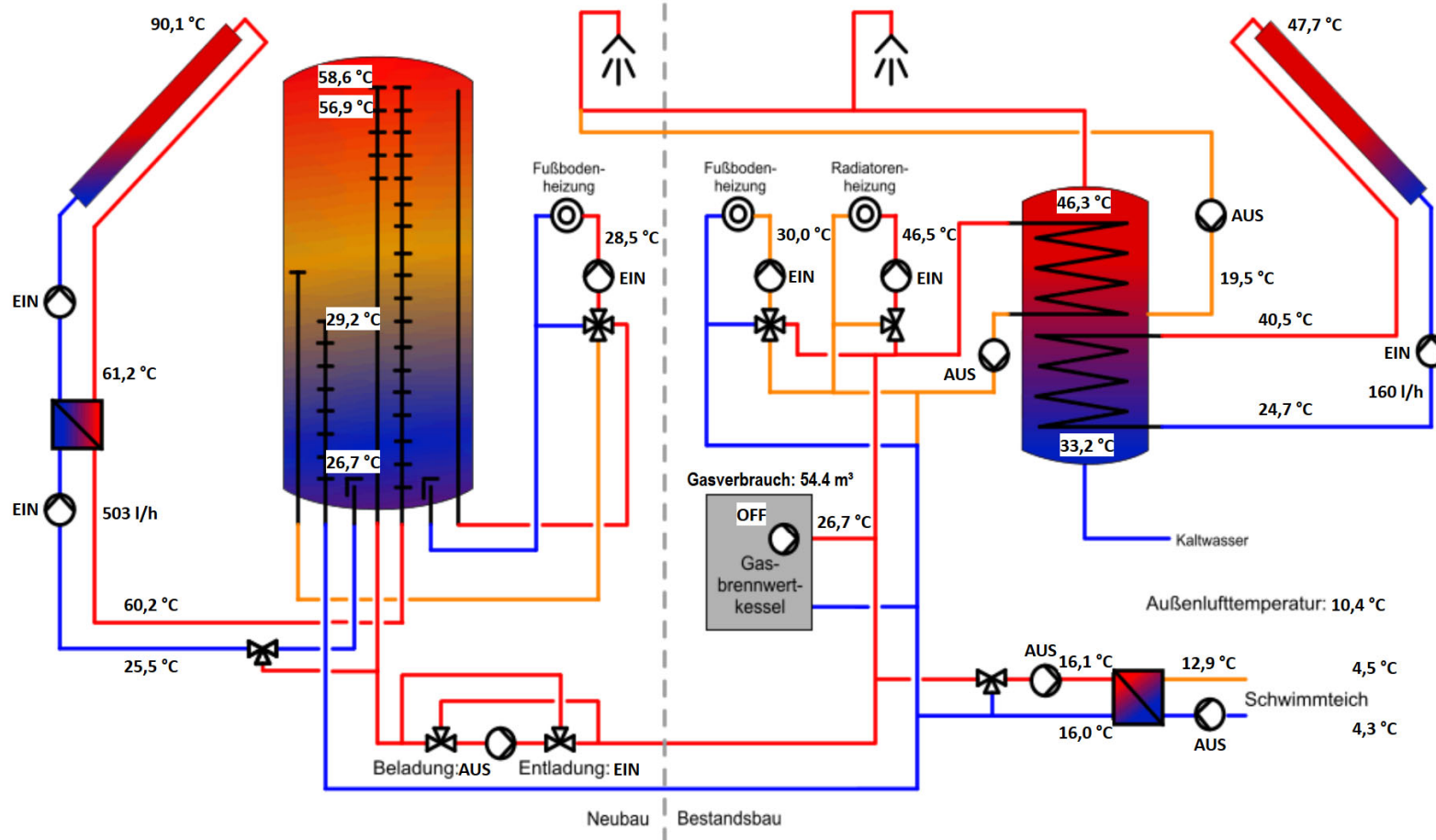
2,15 kW

Flächenverhältnis Solarthermie zu Photovoltaik 1,8 (Faktor 5,8)

Meßdaten & Informationen zum Sonnenhaus Gräfelfing

Sonnenhaus Gräfelfing Online

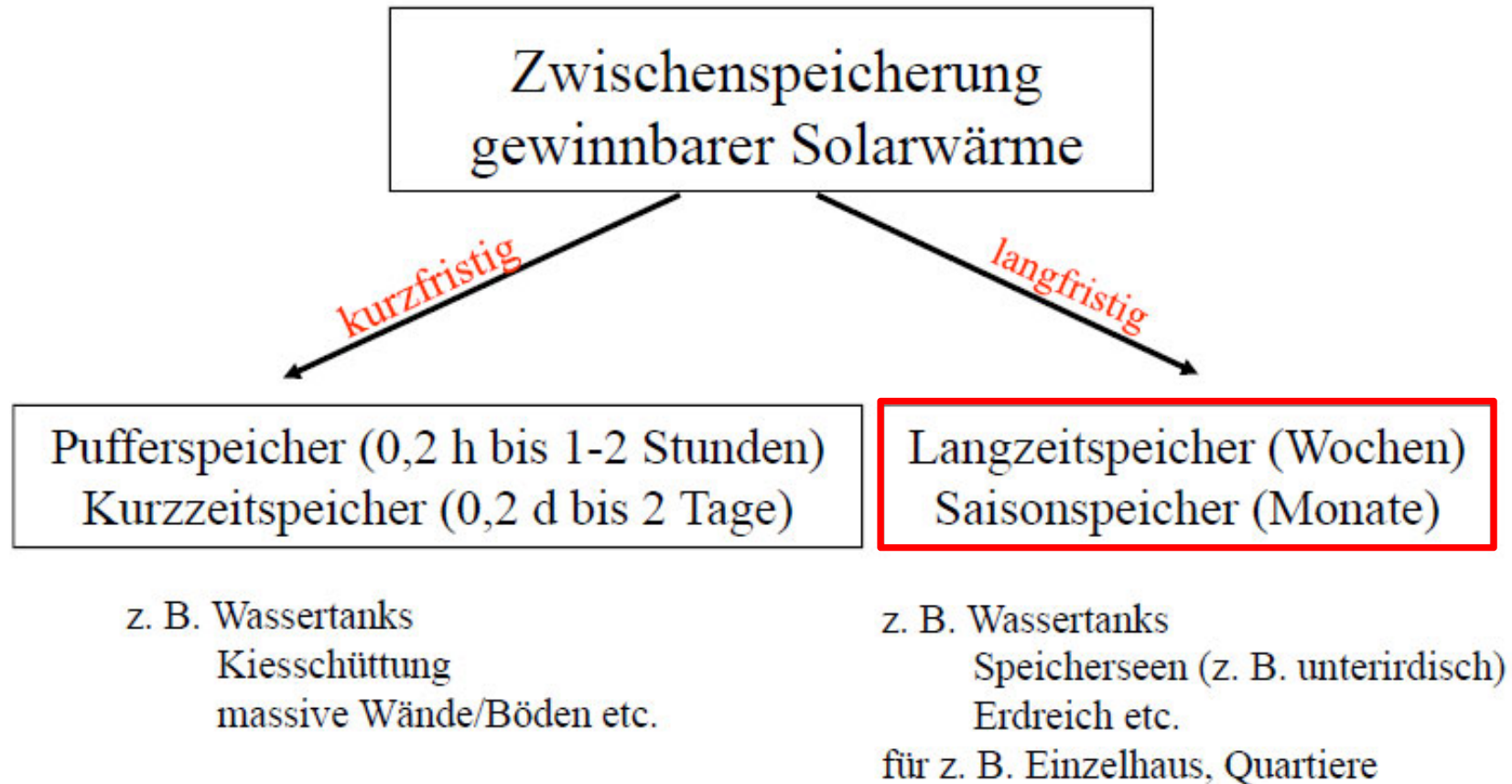
01.03.2020
12:43:43



www.sonnenhaus-gräfelfing.de am 1.3.2020

Grundlagen zur Wärmespeicherung

Notwendig zur Nutzung der **Solarthermie** (insbesondere in Mitteleuropa):

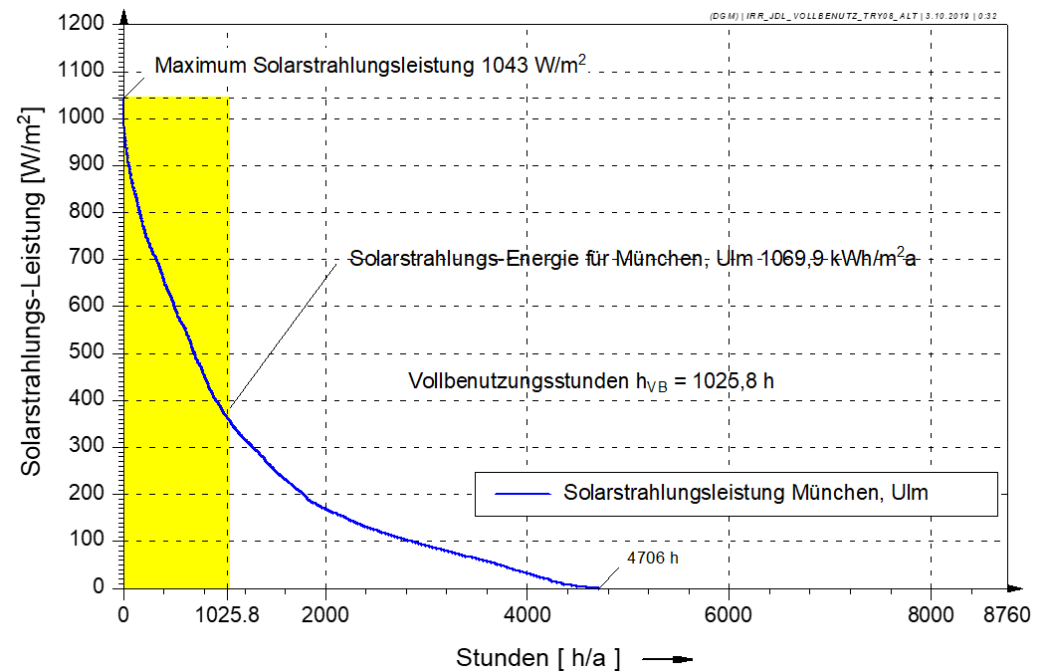
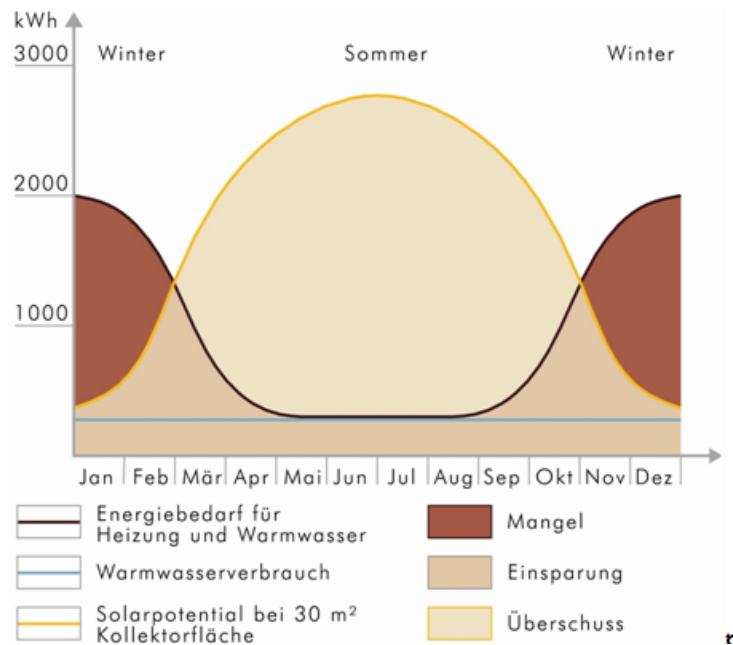


Grundlagen zur Wärmespeicherung

Grundsätzliches Problem:

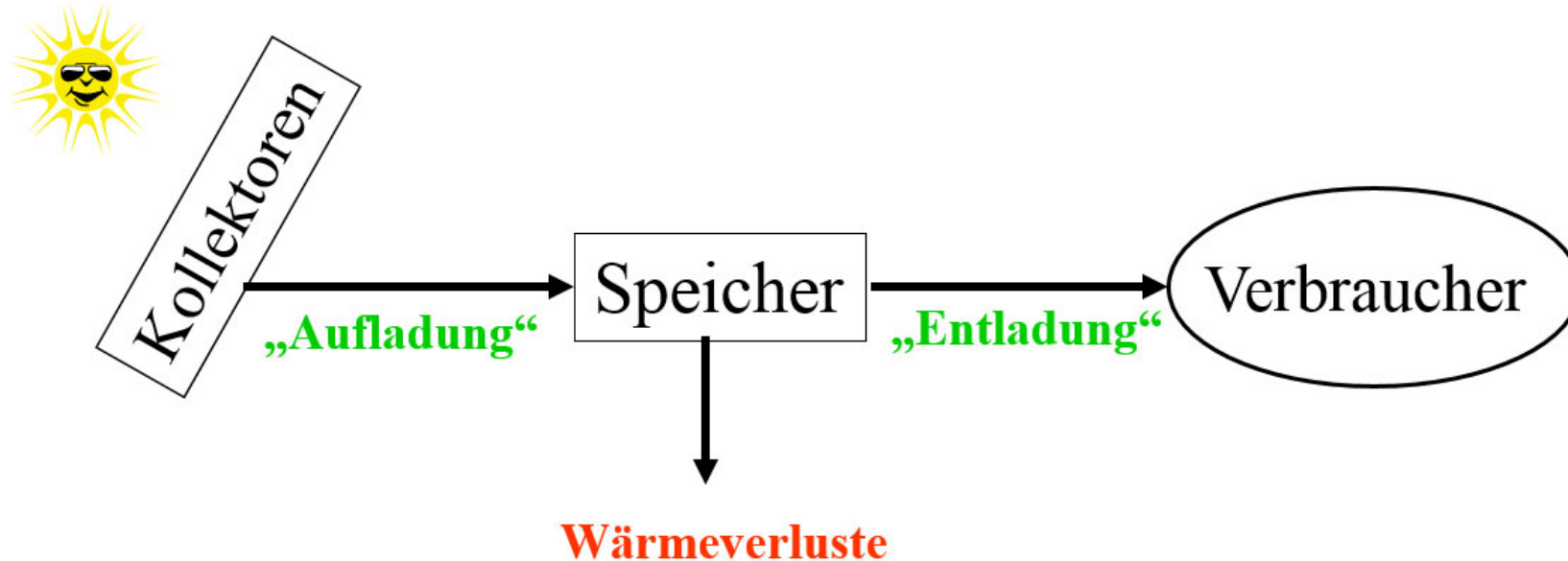
Strahlungsangebot und Wärmebedarf verhalten sich bei den wichtigen Anwendungen (Heizen) antizyklisch und das sowohl langfristig ...

- im Jahresgang
- als auch
- kurzfristig im Tages und Wochenzyklus



Grundlagen zur Wärmespeicherung

Einbindung des Speichers zu einer Solaranlage



Wärmeverluste: gehen wesentlich in die Wirtschaftlichkeit ein !

Die **Wirtschaftlichkeit** der Solaranlage steht und fällt mit der Ausführung und Dimensionierung des Wärme-Speichers !

Die Wärme- / Kälte- und Strom-Speicherung ist mit die entscheidende Technologische Herausforderung zur Energiewende in Deutschland !!

Grundlagen zur Wärmespeicherung

Entscheidend bezüglich der Verluste bei Wasserspeichern ist das **Oberflächen zu Volumen Verhältnis (A/V-Verhältnis)** sowie der Wärmedurchgangskoeffizient U der Speicherhülle. Eine Beispielrechnung zum A/V für Wasserspeicher:

A-Gesamtoberfläche, V-Speichervolumen
H-Höhe, R-Radius des Einheitszylinders

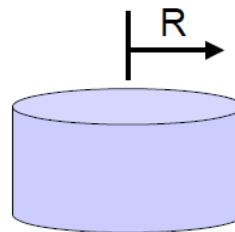
3 Zylinder mit gleichem Volumen

$r=0,69 R$
 $H=3R$
 $A/V=3,86/R$
96%



$H=3 R$

$r=R$
 $H=R$
 $A/V=4/R$
100%



$H=R$

$r=1,44 R$
 $H=R/3$
 $A/V=5,5/R$
139%



$H=R/3$

Grundlagen zur Wärmespeicherung

100 m³
A/V=1,25
100%



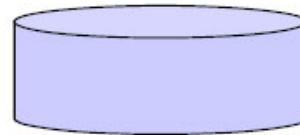
100 m³

1.000 m³
A/V=0,59
46%



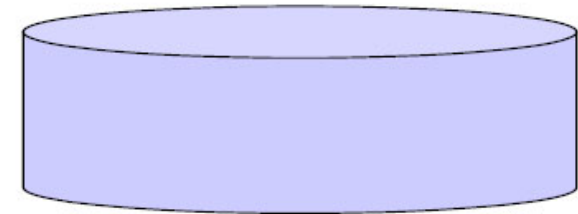
1.000 m³

10.000 m³
A/V=0,27
22%



10.000 m³

100.000 m³
A/V=0,13
10%



100.000 m³

d. h. große Speicher mit relativer kleiner Oberfläche sind am günstigsten !

Der Wärmespeicher in meinem Sonnenhaus hat ein Volumen von 8 m³

Grundlagen zur Wärmespeicherung

Wärmespeicher als fühlbare bzw. sensible Wärme

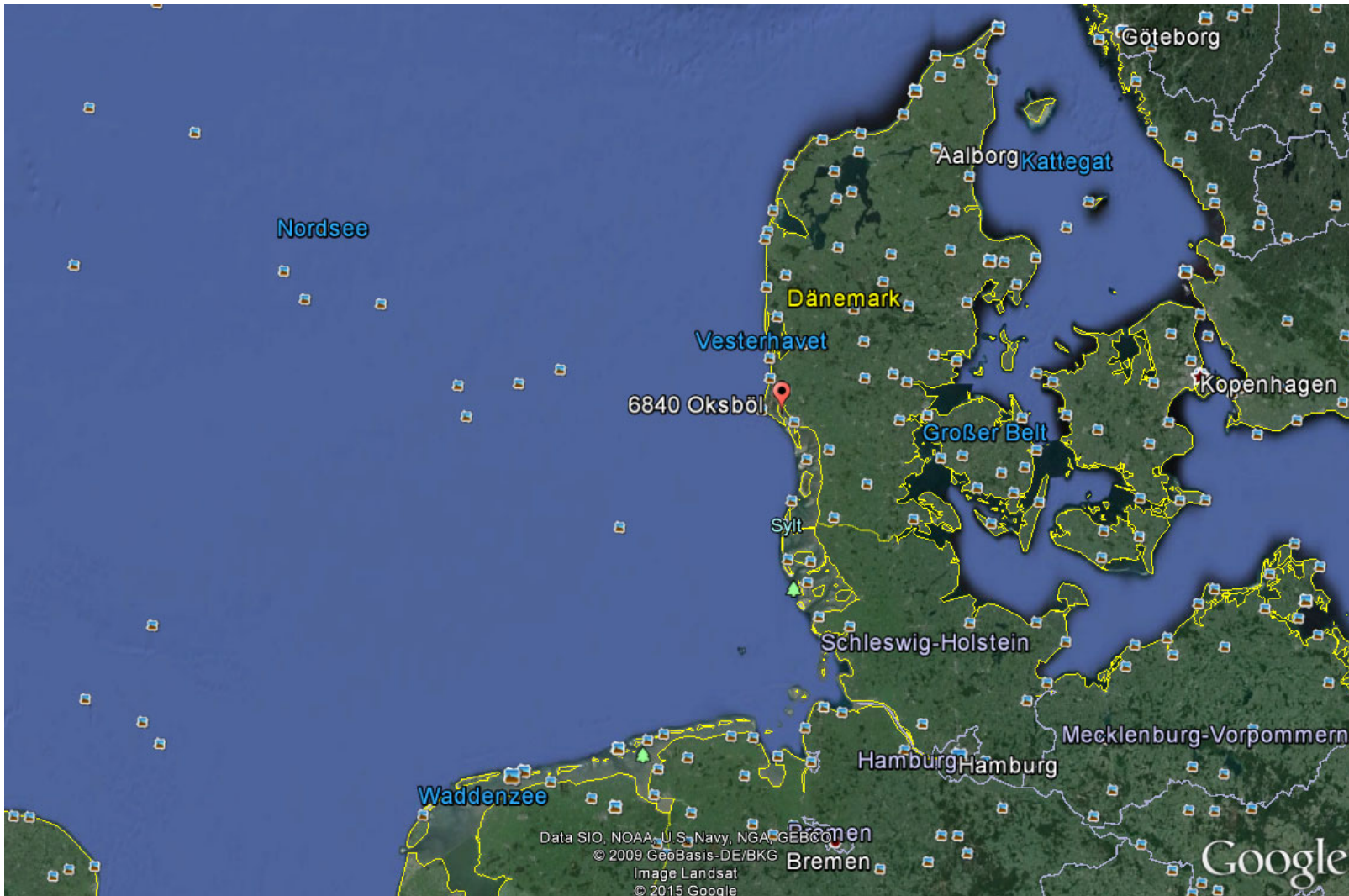
Wärme wird einem Speichermedium zugeführt, das infolgedessen seine Temperatur verändert. Sensibelwärmespeicher nutzen die sogenannte sensible oder fühlbare Wärme von Speichermedien wie Wasser, Magnesit, Steine, Beton, Erde.

Dieses Prinzip ist das gebräuchlichste bei der Wärmeversorgung von Gebäuden.

Stoff	c_p [kJ/kgK]	$\rho \cdot c_p$ [kJ/m ³ K]
Wasser	4,19	4190
Natürliche Steine	0,8-0,9	2100-2500 *
Erde naturfeucht	0,9	1600
Stahlbeton	1,1	2600
Stahl	0,5	3900
Kupfer	0,4	3500
PVC	1,0	1350
* ohne Lückenvolumen		

Stoffwerte für Sensibelspeicher-Materialien

Solar gestützte Nahwärme Oksbol in Dänemark



Solar gestützte Nahwärme Oksbol in Dänemark



**10.000 m²
Kollektorfeld !**

**Einwohner
ca. 3000**

Erweiterung um 5.000 m² Kollektorfläche



15.000 m²

**Zubau von einem
5.000 m²
Kollektorfeld !**

**Einwohner
ca. 3000**

In der Nähe: 1. Offshore Windpark Horns Rev 1

Leistung 160 MW, 80 Anlagen



Solar gestützte Nahwärme Oksbol in Dänemark

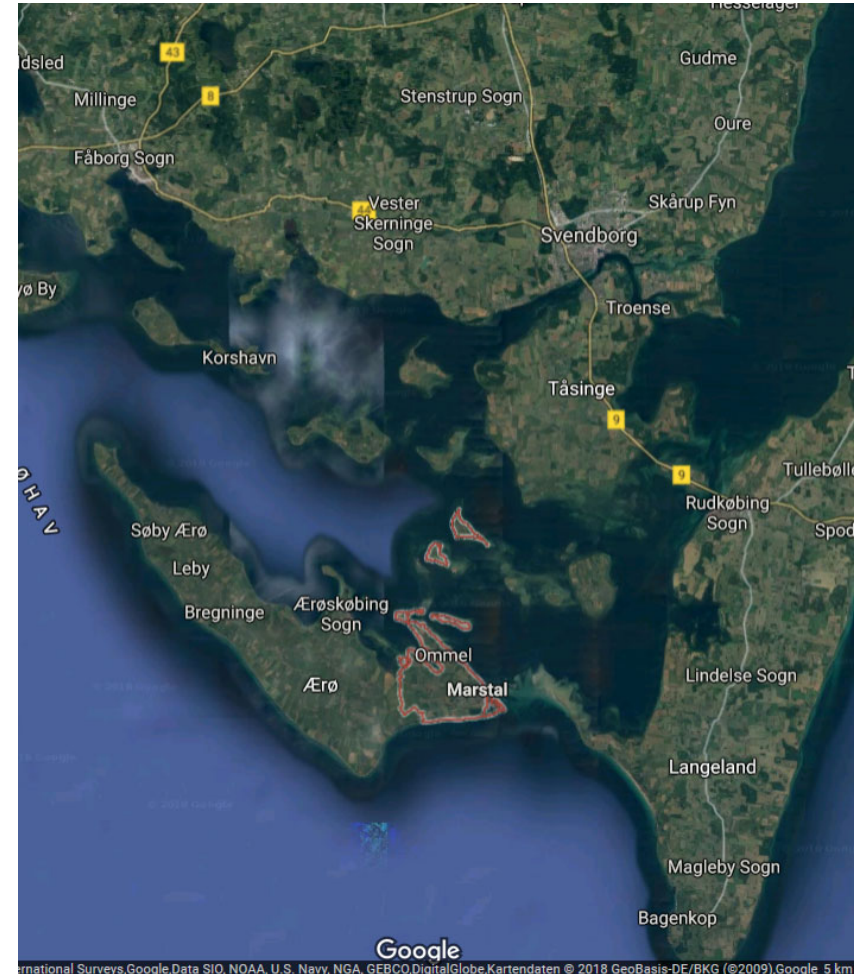
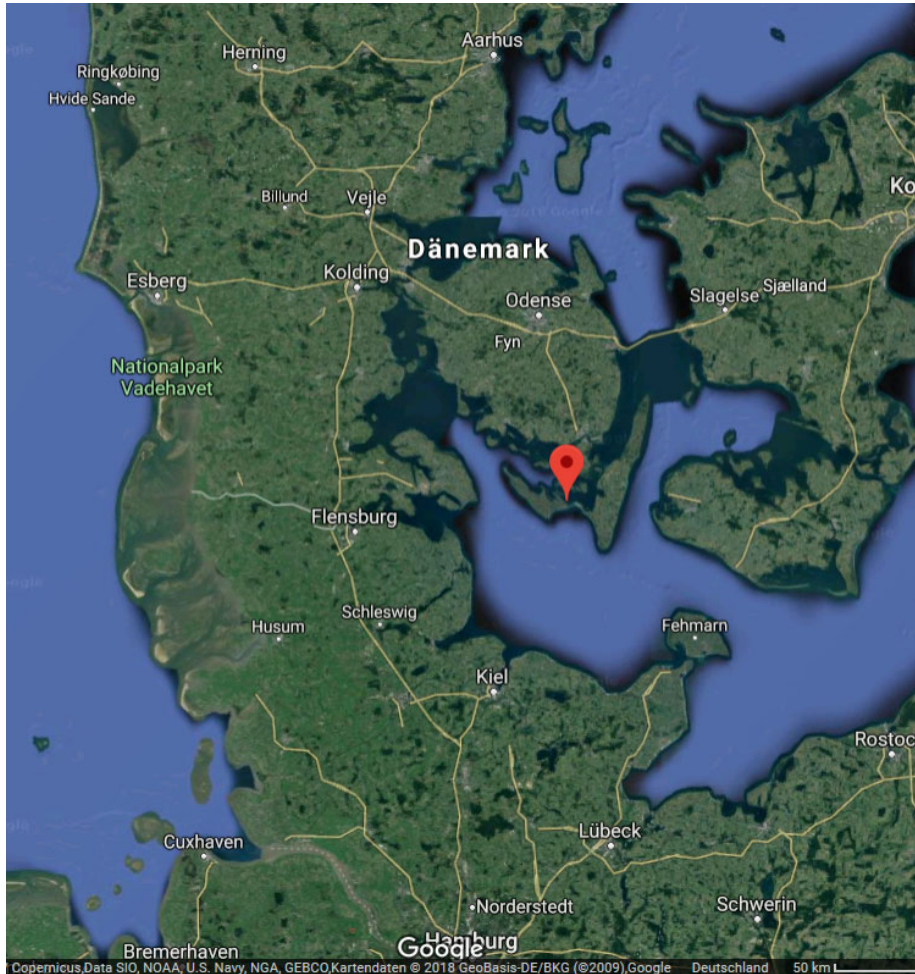
Zentraler Warmwasserspeicher 1600 m³



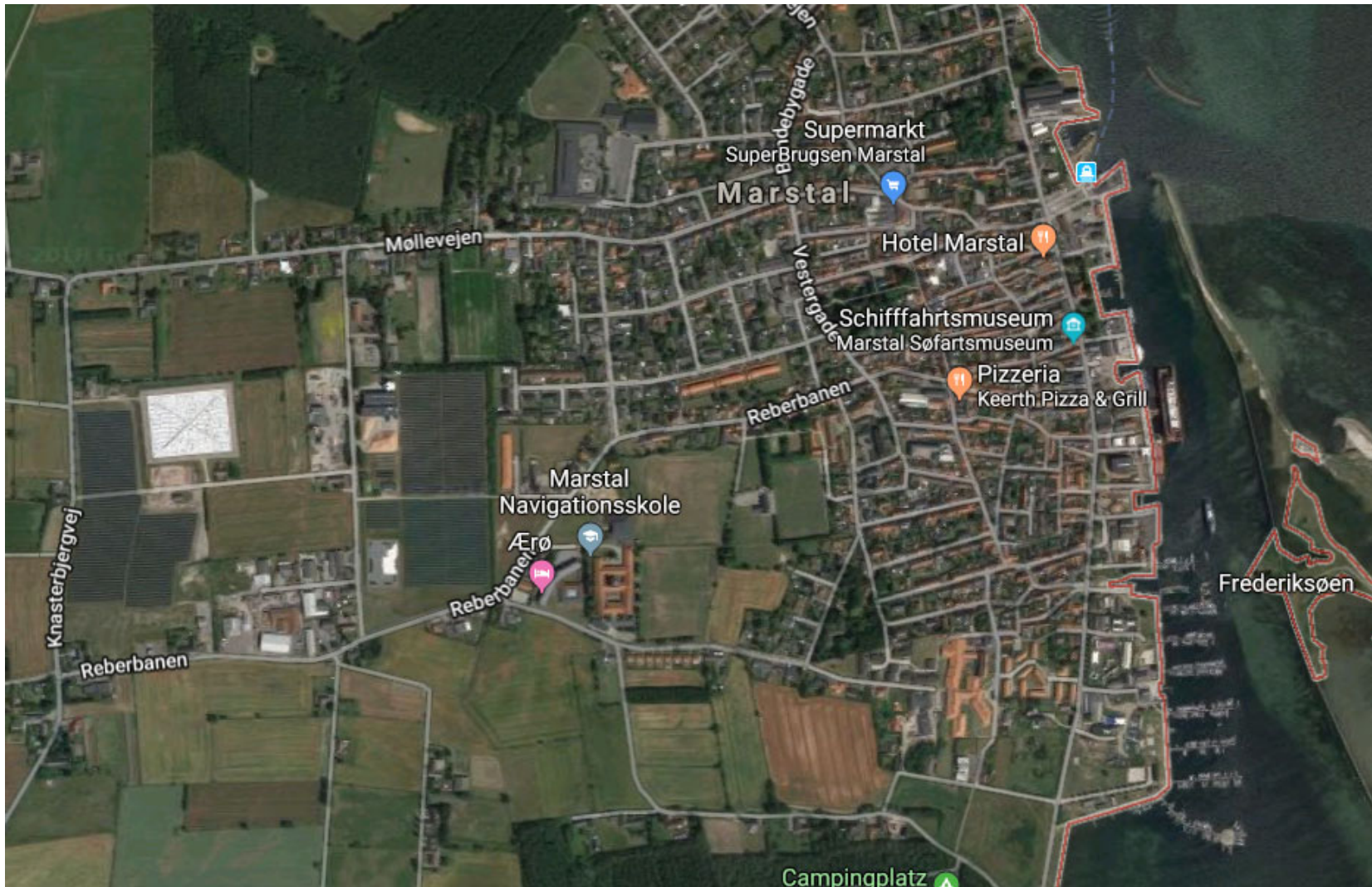
Solare Nahwärme Oksbol, 2. Ausbaustufe



Solarthermieanlage in Marstal, Insel Ærø, Dänemark



Solarthermieanlage in Marstal, Insel Ærø, Dänemark



Eckdaten der Marstal Fjernvarme

Die Wärmebereitstellung erfolgt heute zu

- 55% durch Solarthermie (33.000 m²)
- 40% durch Holz
- 4% durch die Wärmepumpe
- 1% durch einen vorhandenen Ölkessel, der mit Bio-Öl betrieben wird

Eingesetzter Wärmespeicher:

85.340 m³ Erdbeckenwärmespeicher (10.340 m³ + 75.000 m³)

**Aero / Marstal hat das Ziel sich
ab 2025 zu 100 % mit Erneuerbaren Energie zu versorgen !**

Der saisonale Erdbecken-Wärmespeicher (75.000 m³)

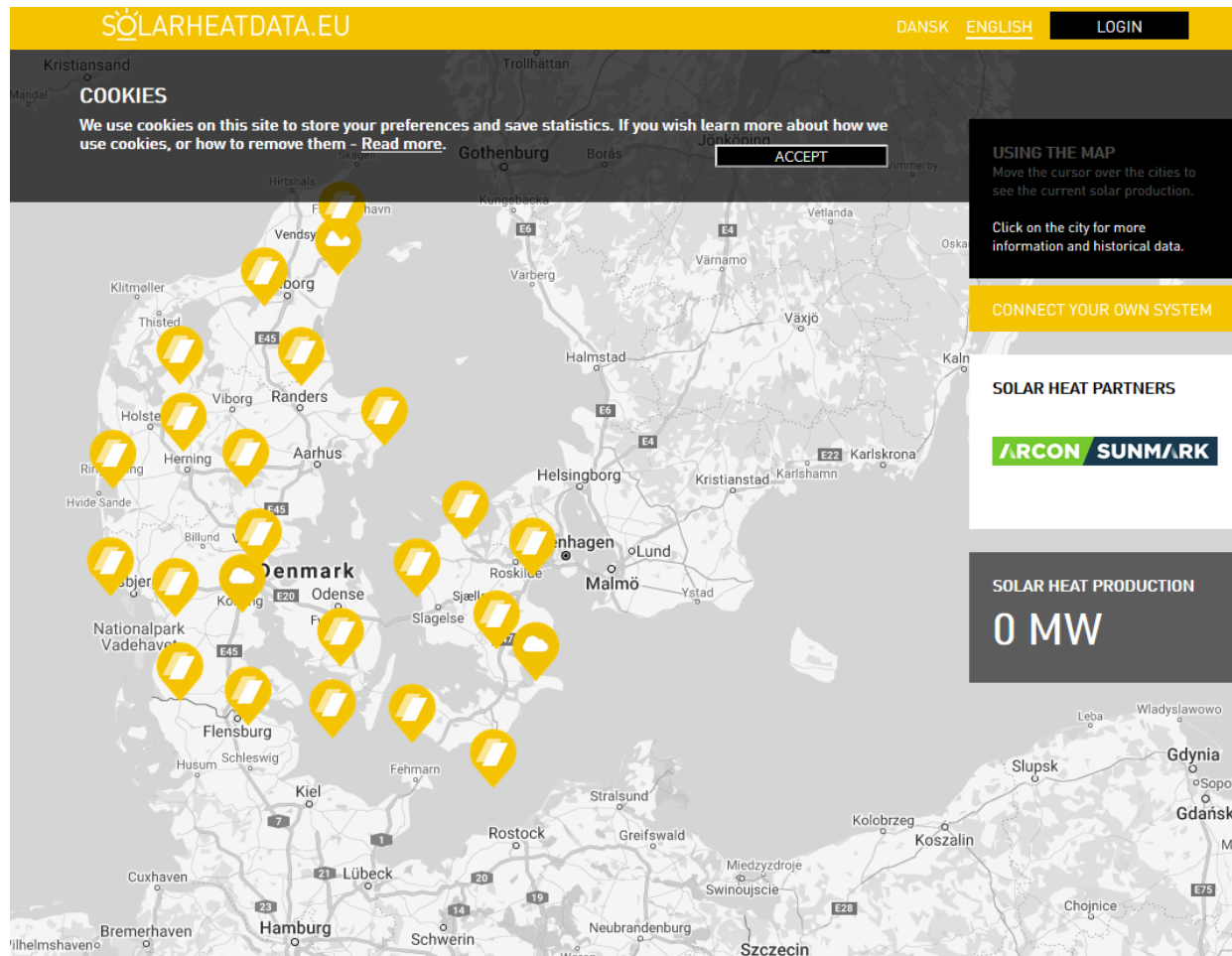


Abdeckung Erdbecken-Wärmespeicher (75.000 m³)



Wärmespeicher Gräfelfing im Würmtal 300.000 m³ → Faktor 4

Meßdaten von großen dänischen Solarthermieanlagen



Die obige Grafik ist entstanden gegen 24 Uhr, deshalb 0 MW

www.solvarmedata.dk (dänisch und englisch)

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Mengedoht
Technische Hochschule Ulm (THU)
Institut für Energie- und Antriebstechnik
Eberhard-Finckh-Str. 11 | 89075 Ulm
e-Mail: gerhard.mengedoht@thu.de