



## Crashkurs Wärmewende

# Solarthermie

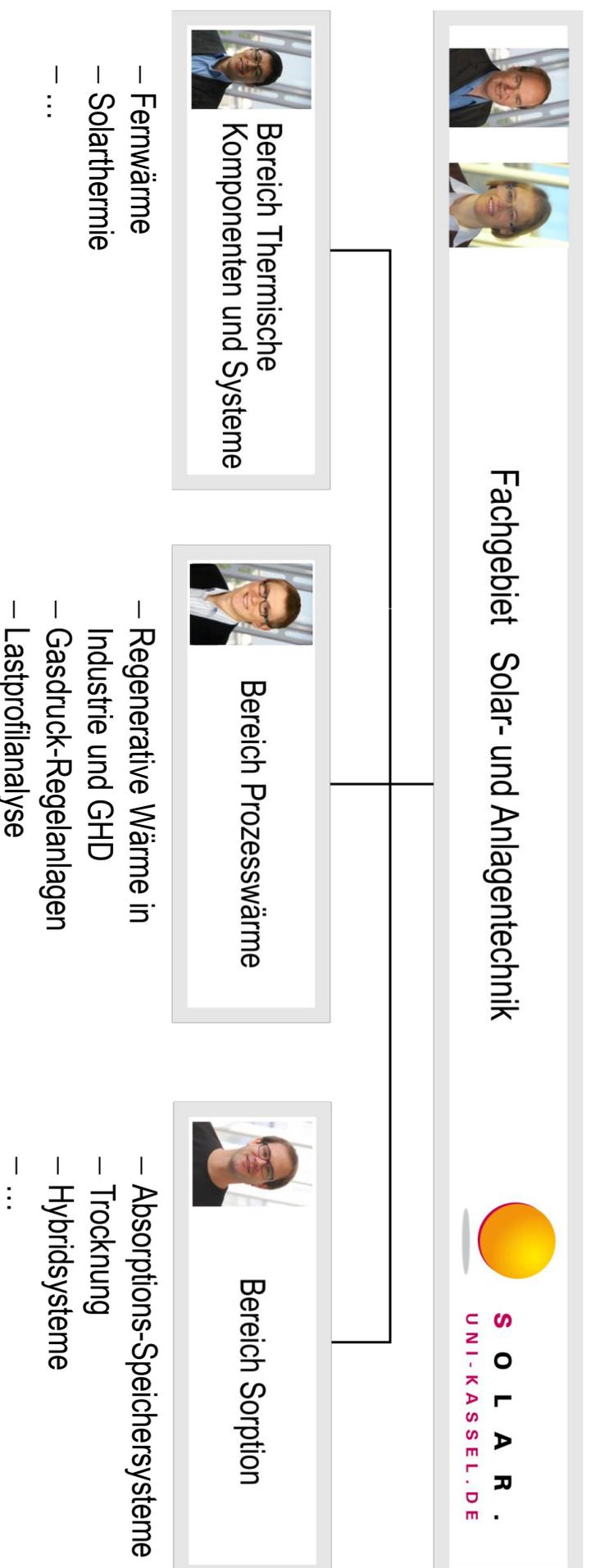
## Technik, Herausforderungen & Perspektiven

Web-Seminar am 21. 10.2020

*Scientists for Future*



- Angewandte F&E zu thermischen Energiesystemen
- ≈ 25 MitarbeiterInnen + HiWis + DiplomandInnen + Ausgründungen
- Koordinierung Masterstudiengang RE<sup>2</sup>, Projektstudium Solarcampus

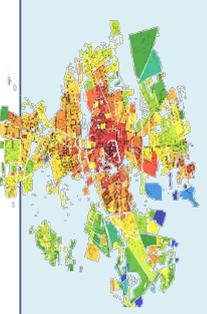
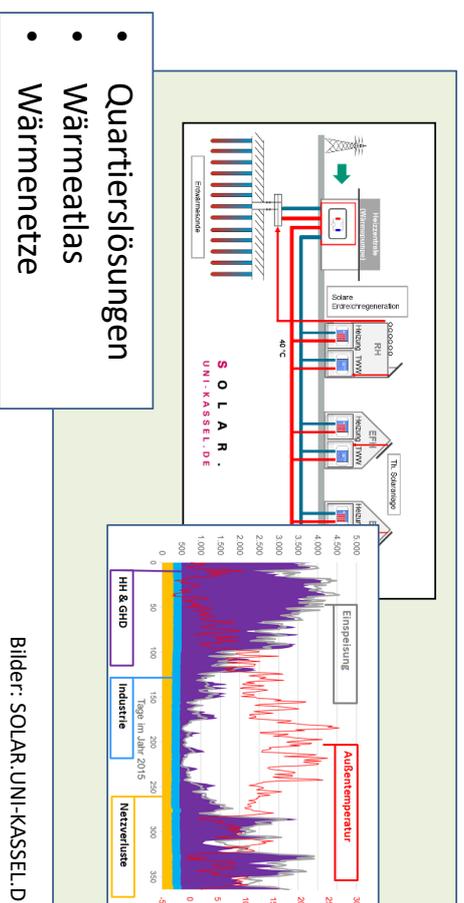


# F&E Aktivitäten Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik

- Solarthermie: Komponenten & Systeme
- WärmeverSORGung: Fernwärme & Quartiere

- Industrielle Prozesswärme
- Sorptionstechnologien

Strategische Entwicklung der Fernwärme Kassel

Bilder: SOLAR. UNI-KASSEL.DE



- Heat Map
- Potentiale
- WärmeverSORGungskonzepte



Bild: Enersolve GmbH

# Solarthermie: Scientific Community & Umfeld

## Universitäten (DE & AT)



Uni Kassel



Uni Stuttgart



Uni Innsbruck

TUS Berlin, Braunschweig, Chemnitz, Dresden, Ilmenau, ...  
 FHs: Berlin, Ingolstadt, Jülich, Nordhausen, Offenburg, Stuttgart, Düsseldorf, ...  
**Solarthermie, Quartierskonzepte, WP, KWK, FW, th. Speicher, ..**

## Akkreditierte Testinstitute



Foto: SPF Solartechnik, Rapperswil, CH

- ISF Hameln
- FH Jülich
- FH Saarbrücken
- Uni Stuttgart
- AIT Wien (AT)
- FHG-ISE Freiburg
- SPF Rapperswil (CH), ..

## Internationale Energieagentur



Implementing agreements



## Forschungsinstitute



Institut für Solarenergieforschung Hameln



Zentrum für Angewandte Energieforschung, ZAE



Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme Freiburg



Austrian Institute of Technology (3)



Solartechnik Prüfungsforschung (SPF) CH-Rapperswil



AG Ern. Energien (AEE-INTEC) AT



Konzentr. Systeme, Hochtemp. - Solarthermie

## Vereine

- Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) ca. 3.000 Mitglieder
- International Solar Energy Society (ISES) ca. 15.000 Mitglieder



## Konferenzen

- Symposien Thermische Solarenergie und innovative Wärmesysteme (Otti, Conexio)
- EuroSun (ISES-Europe)
- Solar World Congress (ISES)



# Einblicke in die Solarthermie

## I. Technik

Anlagentypen, Markt & Kosten

## II. Herausforderungen der Wärmeversorgung

Strukturelle & politische Hemmnisse, Förderpolitik

## III. Technologie- / Konzeptvergleich

- Randbedingungen
- Vergleich Solarthermie mit PV+WP

## IV. Fazit

# Anlagentypen (1)

## Trinkwarmwasser

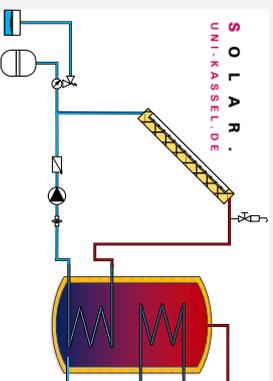


Bild: SOLAR.UNI-KASSEL.DE

- $A_{kol} \approx 5 \text{ m}^2$ ;  $V_{Sp} \approx 300 \text{ l}$
- $\sim 350 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

**$\sim 5..10 \text{ Ct/kWh}$**

## Kombianlagen

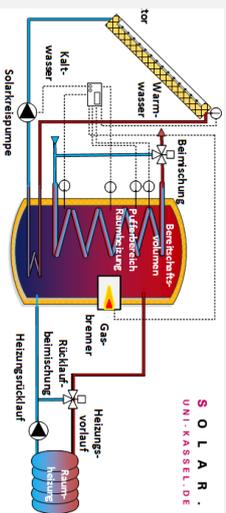


Bild: SOLAR.UNI-KASSEL.DE

- $A_{kol} \approx 15 \text{ m}^2$ ;  $V_{Sp} \approx 1000 \text{ l}$
- $\sim 250 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

## Industrielle Prozesswärme



Bild: SOLAR.UNI-KASSEL.DE

- 800 Anlagen global
- $\sim 400 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

**$\sim 4..5 \text{ Ct/kWh}$**

## Wärmenetze



(Quelle: Erik Christensen, Wikipedia)

- 400 Anlagen,  $\dot{Q} > 350 \text{ kW}_{th}$
- $\sim 400..500 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

**$\sim 2,5..3,5 \text{ Ct/kWh}$**

## Mittelgroße Anlagen



(Quelle: www.enersolve.de)

- MFH, Wohnheime, Krankenhäuser, ..
- $\sim 350..400 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

**$\sim 5..10 \text{ Ct/kWh}$**

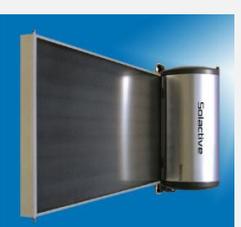
## Hohe Deckungsraten



(Quelle: www.enersolve.de)

- Sonnenhäuser:  
 $A_{kol} \approx 30 \text{ m}^2$ ;  $V = 5..9 \text{ m}^3$

## Thermosyphon-Systeme



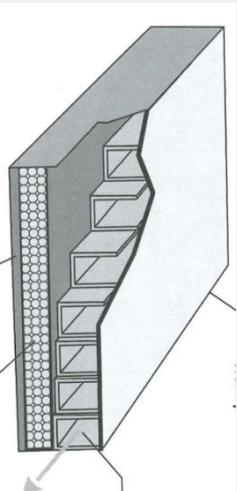
- Griechenland
- Türkei
- Süd-Afrika
- China
- ..

- GR:  $f_{sav} = 80..90\%$
- Wachstum!

**Kleinanlagen:  
60% der  
installierten  
Leistung global**

# Anlagentypen (2)

## Luftkollektor-Anlagen



(Quelle: Wesselak und Schabbach 2009)

- z.B. Heizungsunterstützung in Industriebauten
- weltweit: 1 GW<sub>th</sub>

## Parabolrinnen



(Quelle: Industrial Solar)

neue Anlage in China:  
93.000 m<sup>2</sup>

## Fresnelkollektor



Quelle: sunwindenergy.com

## Schwimmbadabsorber



(Quelle: Speed Solar Sun LDPE)

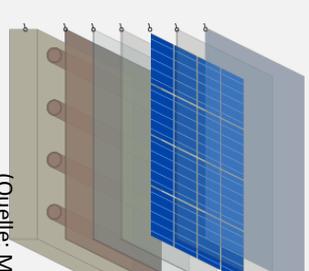
- Rohrmatten, T < 30°C
- Europa: 32 % inst. Leistung (?)

## Glashaus-Anlagen



(<https://www.thermo-system.com/de>)

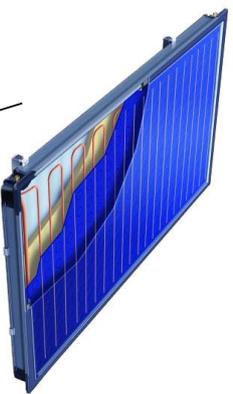
## PVT-Anlagen



(Quelle: Manual Lämmle)

- Markt: +9% global
- ca. 600 MW<sub>th</sub>

# Trinkwassererwärmung



(Bild: Bosch-Thermotechnik)

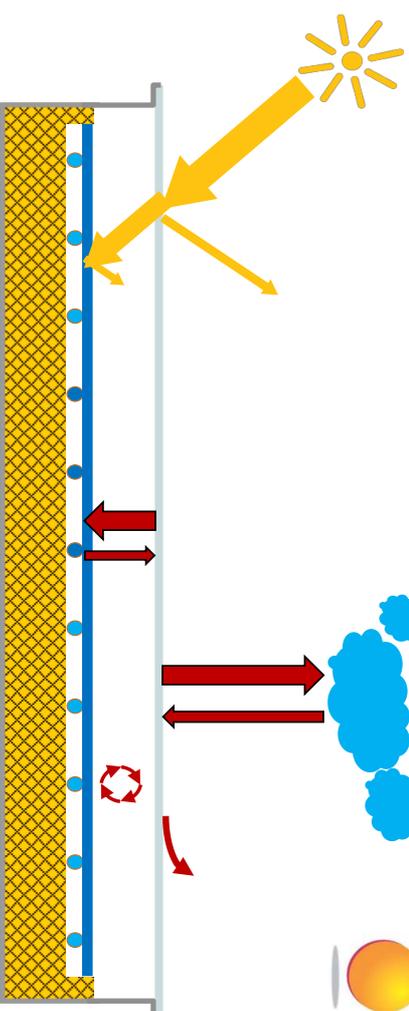


Bild: SOLAR.UNI-KASSEL.DE

- Antireflex-Beschichtungen
- selektive Schichten

(Warm-)Wasser  
ca. 60 °C

Kaltwasser  
8..12 °C

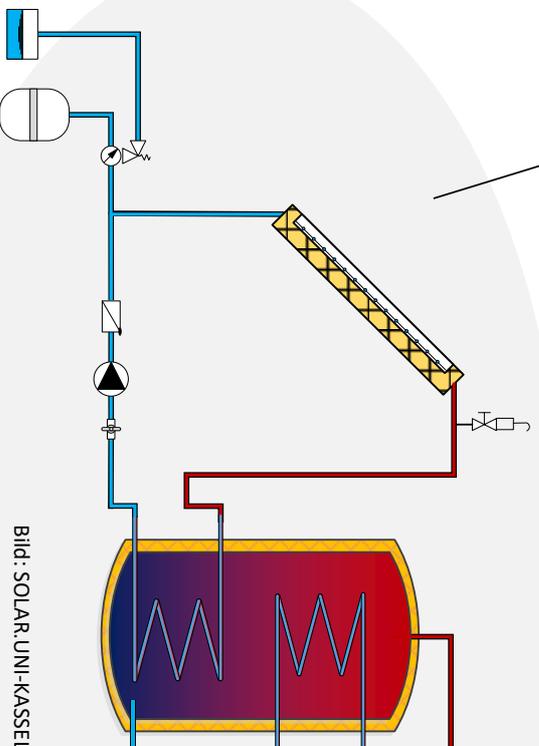
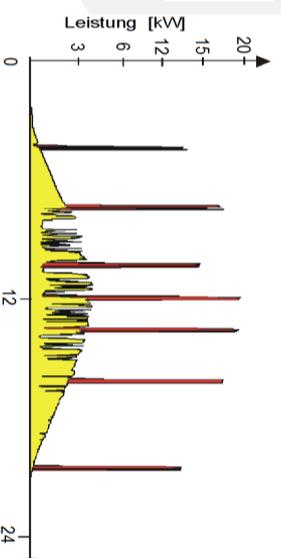


Bild: SOLAR.UNI-KASSEL.DE



Diagr.: H. Drück, Uni Stuttgart.

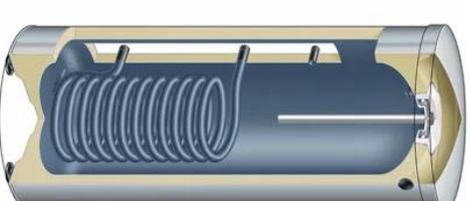


Bild: Wagner & Co.

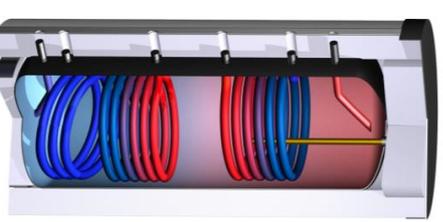


Bild: Viessmann

- typ. Deckungsgrad  $f \approx 60\%$  (vom TWW)

# Kombianlagen

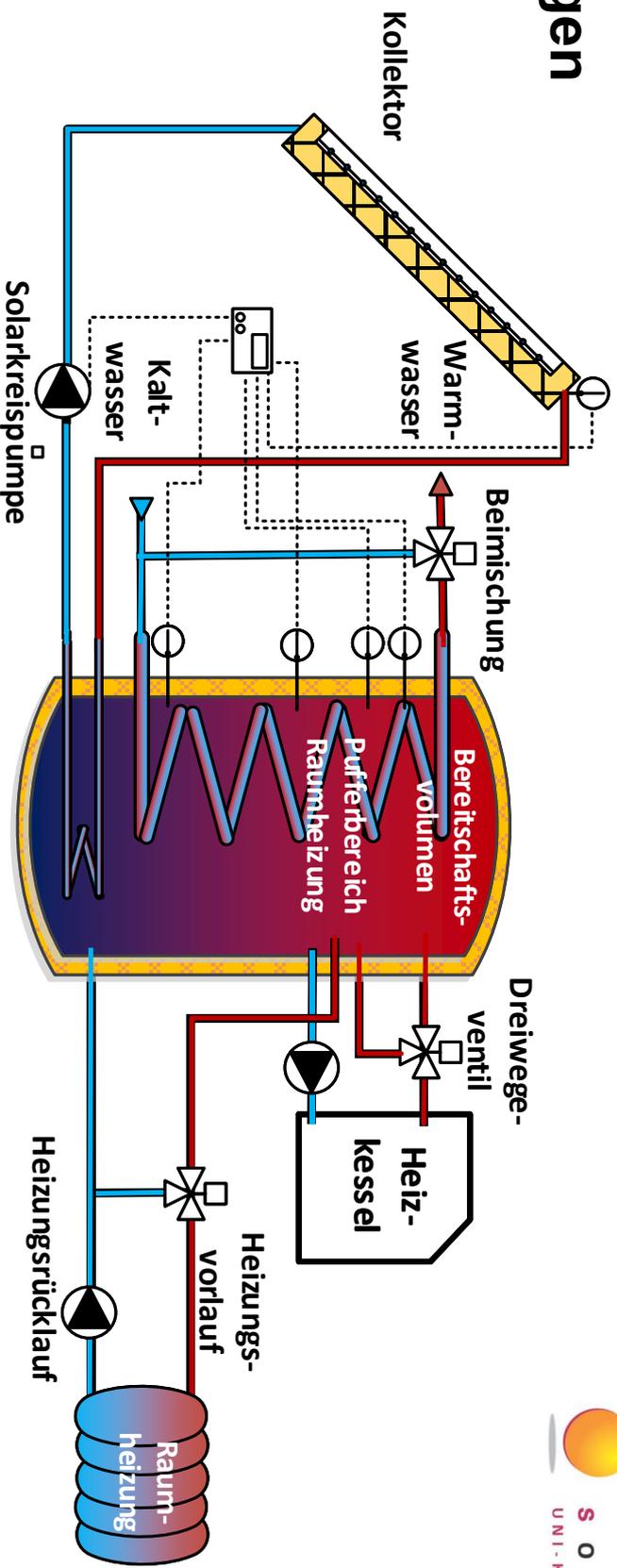


Bild: SOLAR.UNI-KASSEL.DE

- Speicher größer, RH-Wasser
- in Verbindung mit Niedertemperaturheizung
- typ. Deckungsgrad  $f \approx 25\%$
- Anteil neu installierter Solaranlagen in DE (2017):
  - 66 % TWW-Systeme, 34 % Kombi-Systeme (Quelle: BMWi)

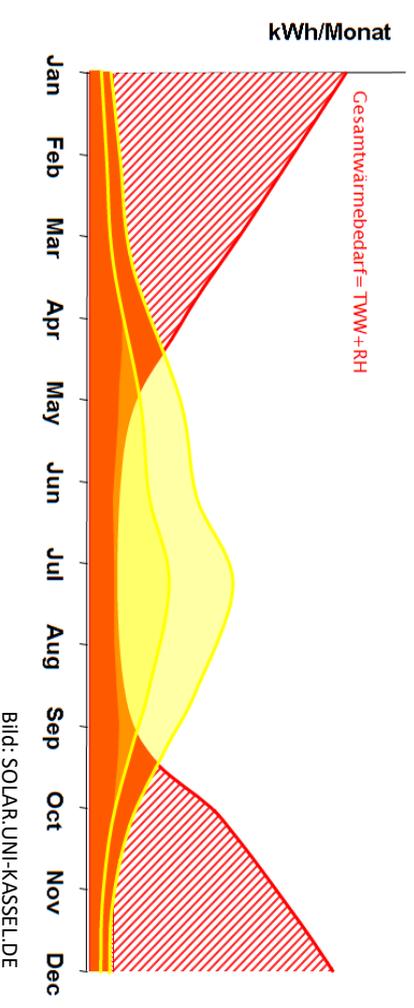


Bild: SOLAR.UNI-KASSEL.DE

# Mittelgroße Solaranlagen

- Mehrfamilienhäuser, Wohnheime, Krankenhäuser, Gewerbegebäude, ...
- in der Regel nur Trinkwarmwasser, keine Heizungsunterstützung
- Kollektorfläche: ab 20 m<sup>2</sup> (bis mehrere hundert m<sup>2</sup>)

Beispiel:

- $A_{kol} = 35 \text{ m}^2$
- $V_{sp} = 2,2 \text{ m}^3$

→ Versorgung von  
20 Wohneinheiten  
mit TWW



(Quelle: [www.enersolve.de](http://www.enersolve.de))

⇒ viele Systemvarianten  
(TWW, Zirkulation, RH)

# Konzept Sonnenhaus

- spez. Jahres-Primärenergiebedarf (inkl. TWW und Hilfsenergien)

$$q_{\text{Primär}} = 5..15 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}}$$

- Südliches Dach mit Solarthermie ( $A_{\text{Koll}} \approx 30..70 \text{ m}^2$ ), ergänzt durch PV,  $f_{\text{sav}} > 50\%$
- großer, im Gebäude integrierter Wärmespeicher (typisch: 5..9 m<sup>3</sup>)
- gute, wärmebrückenfreie, luftdichte Dämmung,  $H'_{\text{T}} \rightarrow -15\%$  (ENEV-Ref) (aber: weniger als im Passivhaus)
- Fußbodenheizung
- solarthermische Bauteilaktivierung  
⇒ Verminderung von  $V_{\text{sp}}$  auf 1,5..3 m<sup>3</sup>

*„... südseitigen Flächen zur Bestückung mit Solarmodulen nutzen. Etwa die **Hälfte bis zwei Drittel dieser Solarfläche sollte für die solare Wärmeerzeugung eingeplant werden; dies hat sich auch am Wirtschaftlichsten erwiesen.**“*



# Mehrfamilienhäuser

Nachbargebäude  
Bestand ohne Solar

Südansicht

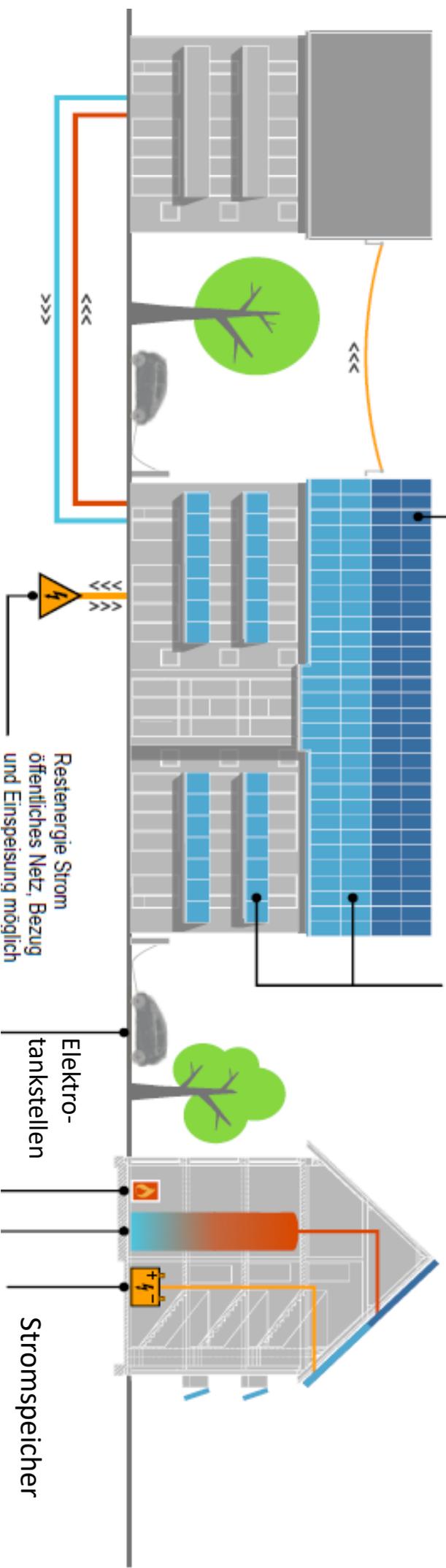
- ca. 70 – 80% energieautark
- Mehrinvest 6 WE: 380 €/m<sup>2</sup>

Vernetzung der Gebäude

Solarthermie

PV

- Neuartiges Finanzierungs- und Vermietungsmodell
- Pauschalmieten und Energie-Flatrate (10a)
- EVU als Dienstleister
- kalkulatorischer Anteil der Energie verrechnet

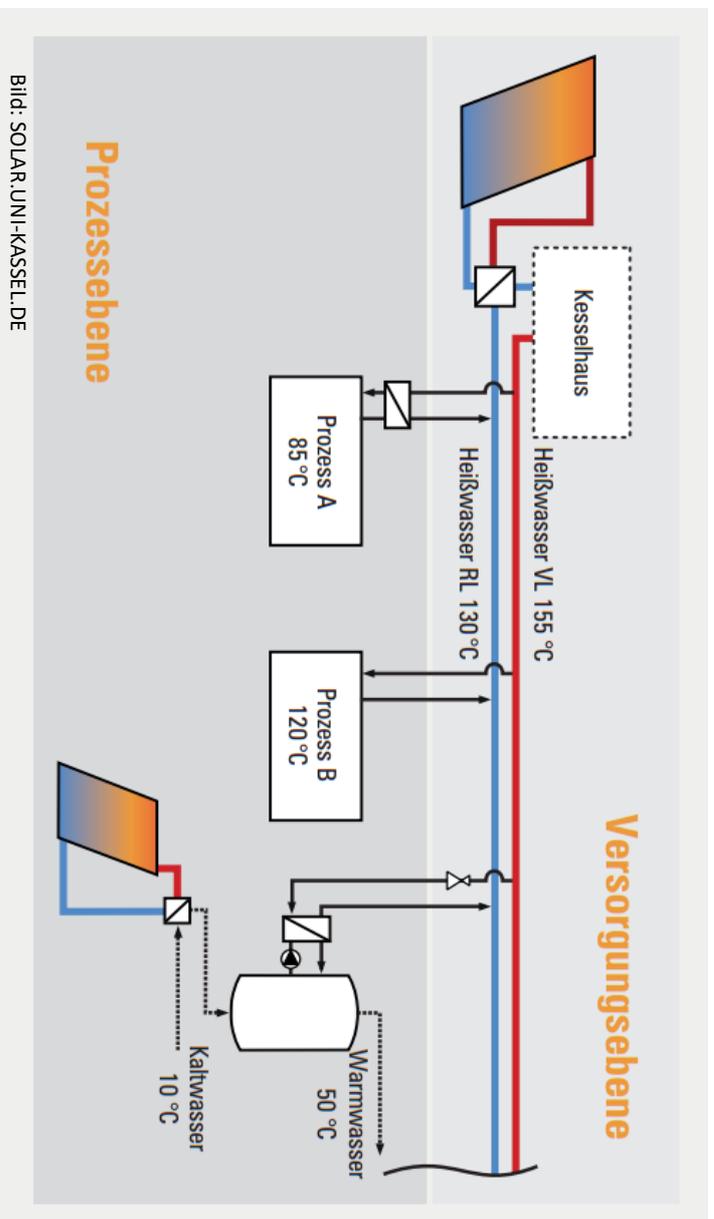


[www.timoleukefeld.de/autarkes-wohnen/](http://www.timoleukefeld.de/autarkes-wohnen/)

(Leukefeld 2019)

Langzeitwärmespeicher, vernetzt mit EVU  
Erdgas, Holzpellets, WP, Nah-/Fernwärme

# Industrielle Prozesswärme



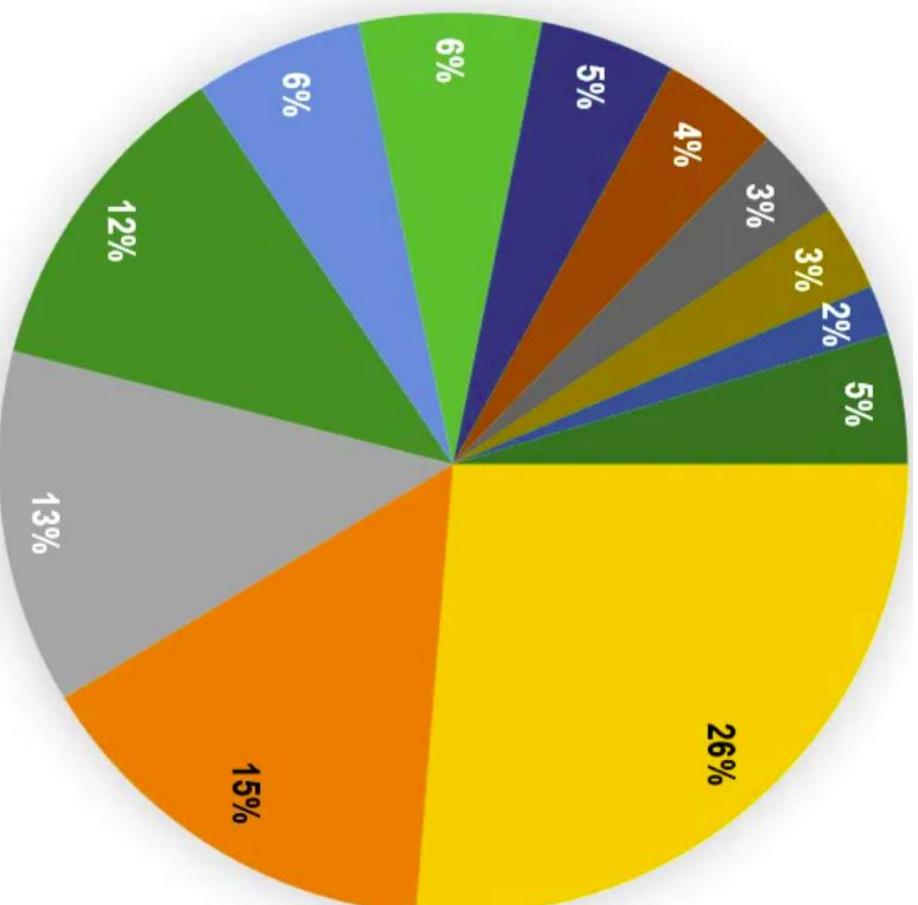
- Deutschland**
- 33 Anlagen,  $A_{K_{ol}} \approx 7800 \text{ m}^2$  neu in 2019
  - MAP & KfW (Energieeffizienz in der Industrie):  $A_{K_{ol}} \approx 33.000 \text{ m}^2$
  - 12% konzentrierende Systeme



Bild: SOLAR.UNI-KASSEL.DE

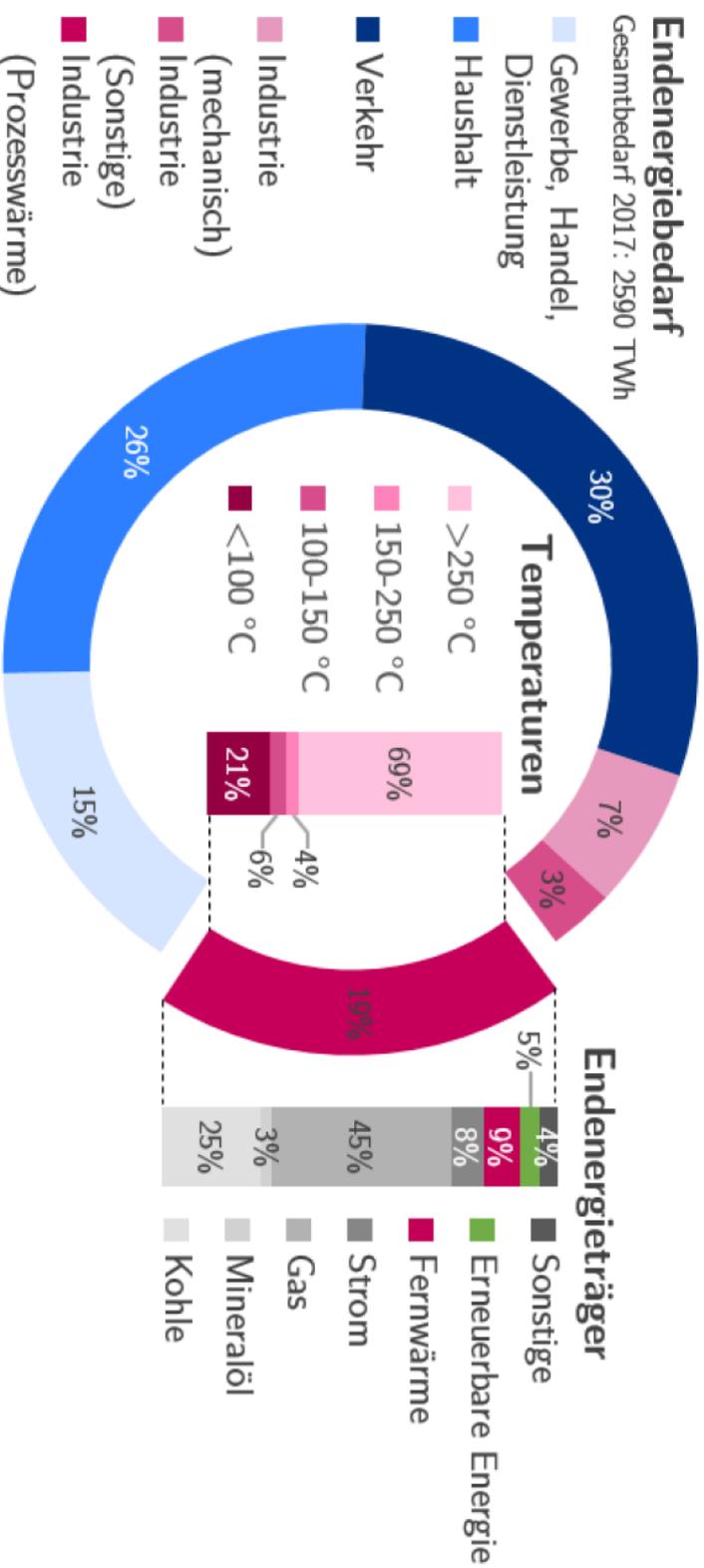
- weltweit**
- 635 Anlagen
  - ca. 300 Anlagen mit  $A_{K_{ol}} > 50 \text{ m}^2$
  - ⇒  $A_{K_{ol}} \approx 900.000 \text{ m}^2$ , 440 MW<sub>th</sub>

# Markt - Anwendungen solare Prozesswärme DE



- Trocknung
- Fahrzeugreinigung
- Gasdruckregelung
- Tieraufzucht
- Brauereien
- gewerbliche Spül- und Waschmaschinen
- Tankinnenreinigung
- Lackbearbeitung
- Pflanzenaufzucht
- Galvanik
- Lebensmittelproduktion
- Sonstiges

# Solar Heat for Industrial Processes (SHIP)



**Abbildung 1-1:** Industrieller Endenergiebedarf 2017 nach Sektoren, Anwendungstemperatur und Endenergeträgern (vgl. AGFEB 2019)

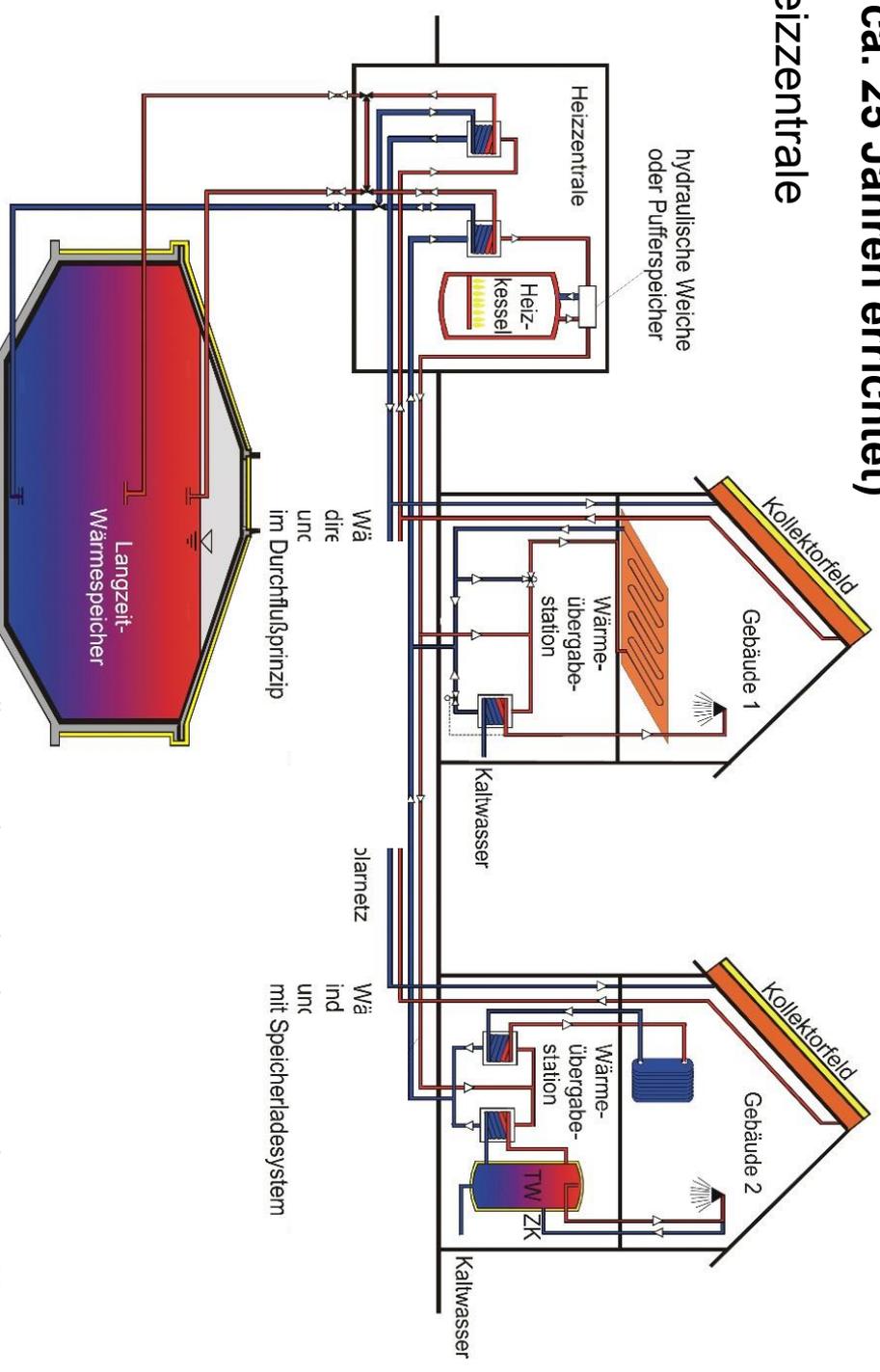
**Technisches Potential Solar: ca. 3,6% (inkl. Betrachtung Dachfläche usw.)  
⇒ 20 TWh für Industrie (+ 40 TWh Gewerbe)**

# Solare Fernwärme

Eine der ersten Anlagen (vor ca. 25 Jahren errichtet)

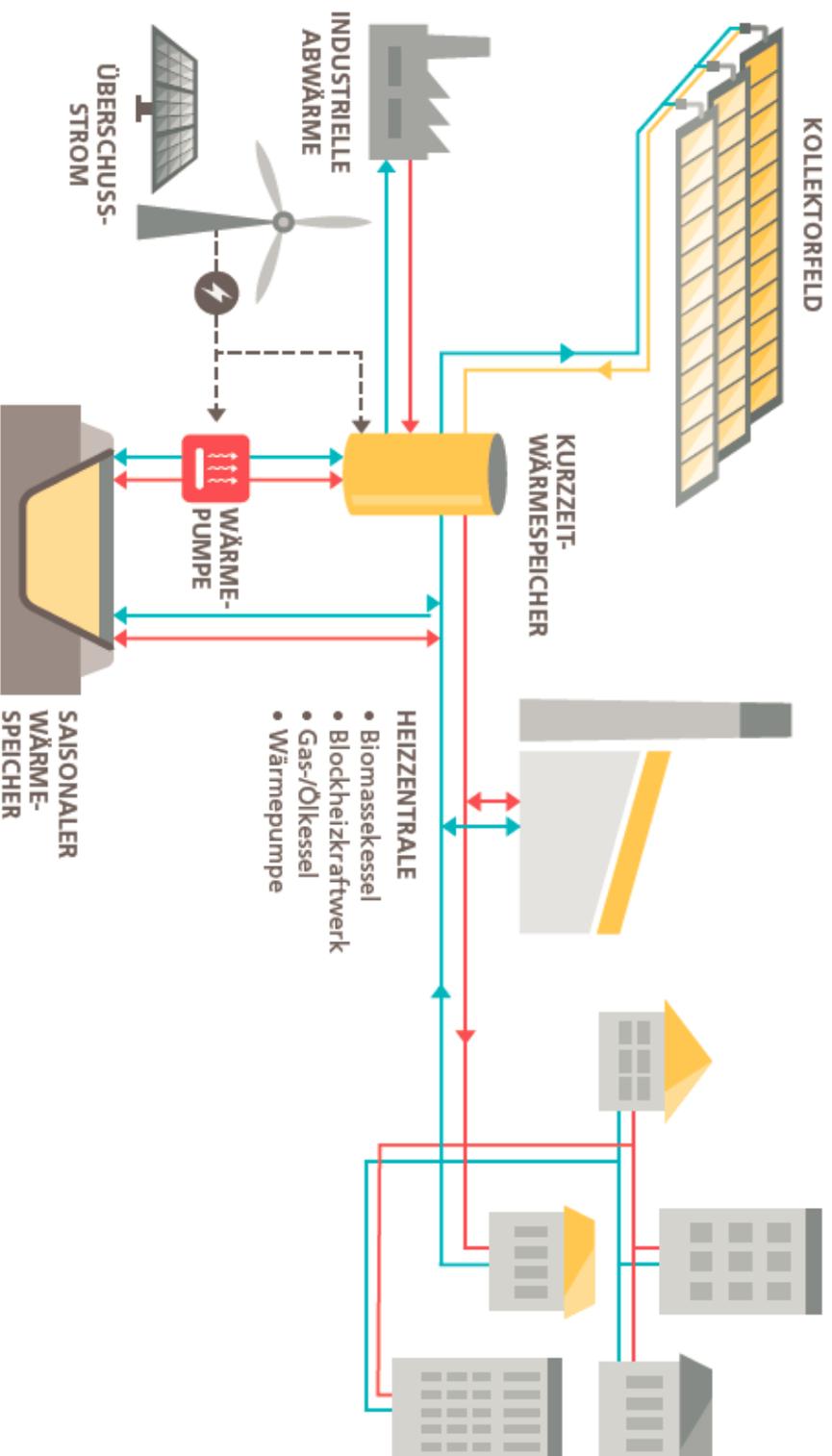
- Saisonaler Speicher plus Heizzentrale
- Wärmeübergabestationen

Bsp.: Hamburg-Bramfeld:  $V = 3000 \text{ m}^3$



Quelle: [www.solarserver.de/solarmagazin/anlagejanuar2001](http://www.solarserver.de/solarmagazin/anlagejanuar2001)

# Solare Fernwärme



IEA SHC TASK 55

# Solare Fernwärme

- Bei Auslegung auf die Sommerlast bis zu 20 % solare Deckungsrate
- Solare Deckungsraten > 20 % ⇒ saisonaler Speicher benötigt

## Dänemark (2019)

- 120 Solar-FW-Systeme
- mittlere Werte:  $\overline{f_{sav}}$ : 20%;  $\overline{A_{kol}} = 13.000 \text{ m}^2$
- +170% Marktwachstum
- 35% der global neu installierten Koll. in FW-Systemen

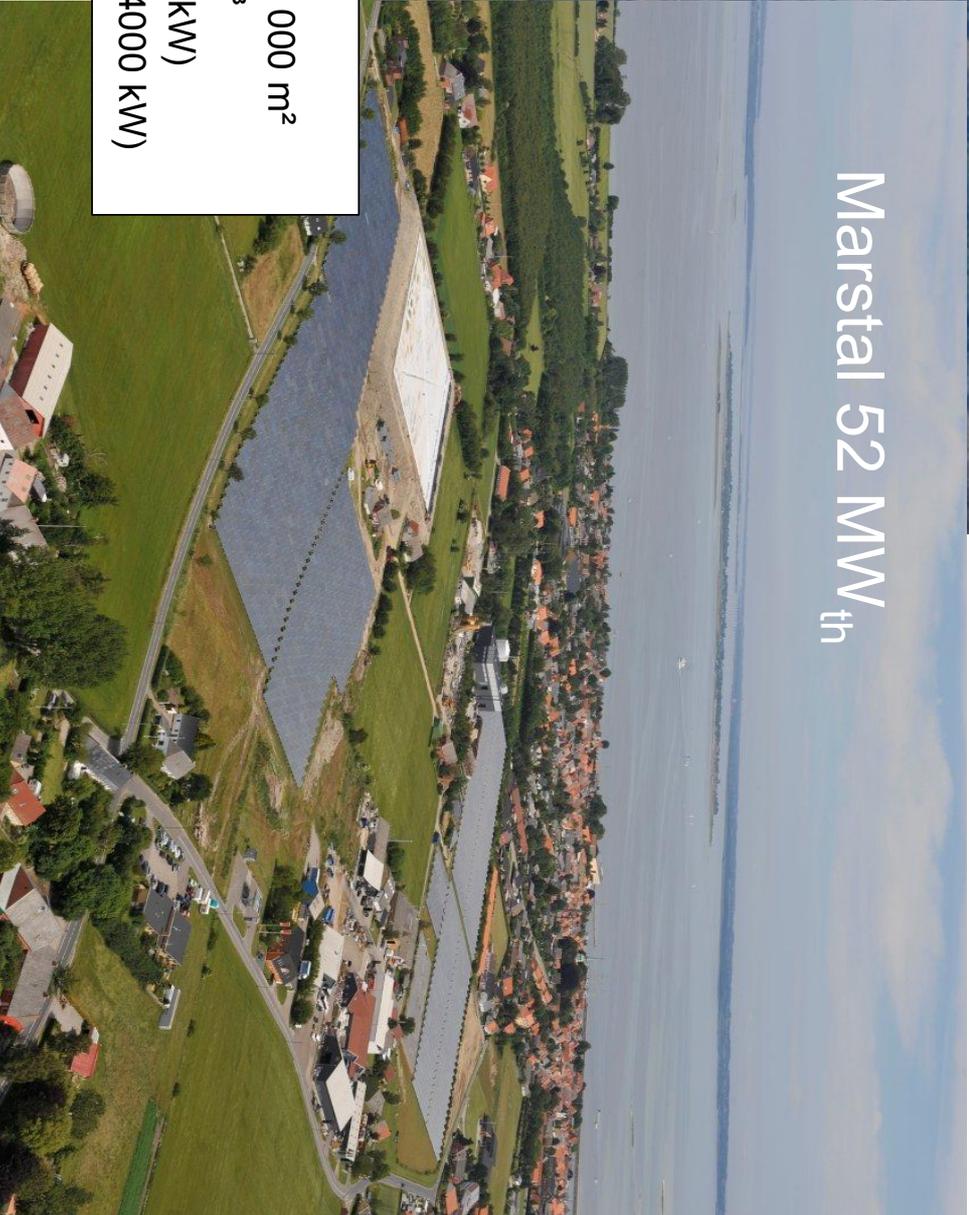
## China (2019)

- Marktanteil global: 73%
- 47 neue FW-Systeme





Vojens 50 MW<sub>th</sub>



Marstal 52 MW<sub>th</sub>

## Marstal

- Kollektorfläche > 40 000 m<sup>2</sup>
- Speicher: 85 000 m<sup>3</sup>
- Wärmepumpe (500 kW)
- Holzhackschnitze (4000 kW)

Quelle: [de.arcon-sunmark.com/referenzen](http://de.arcon-sunmark.com/referenzen)

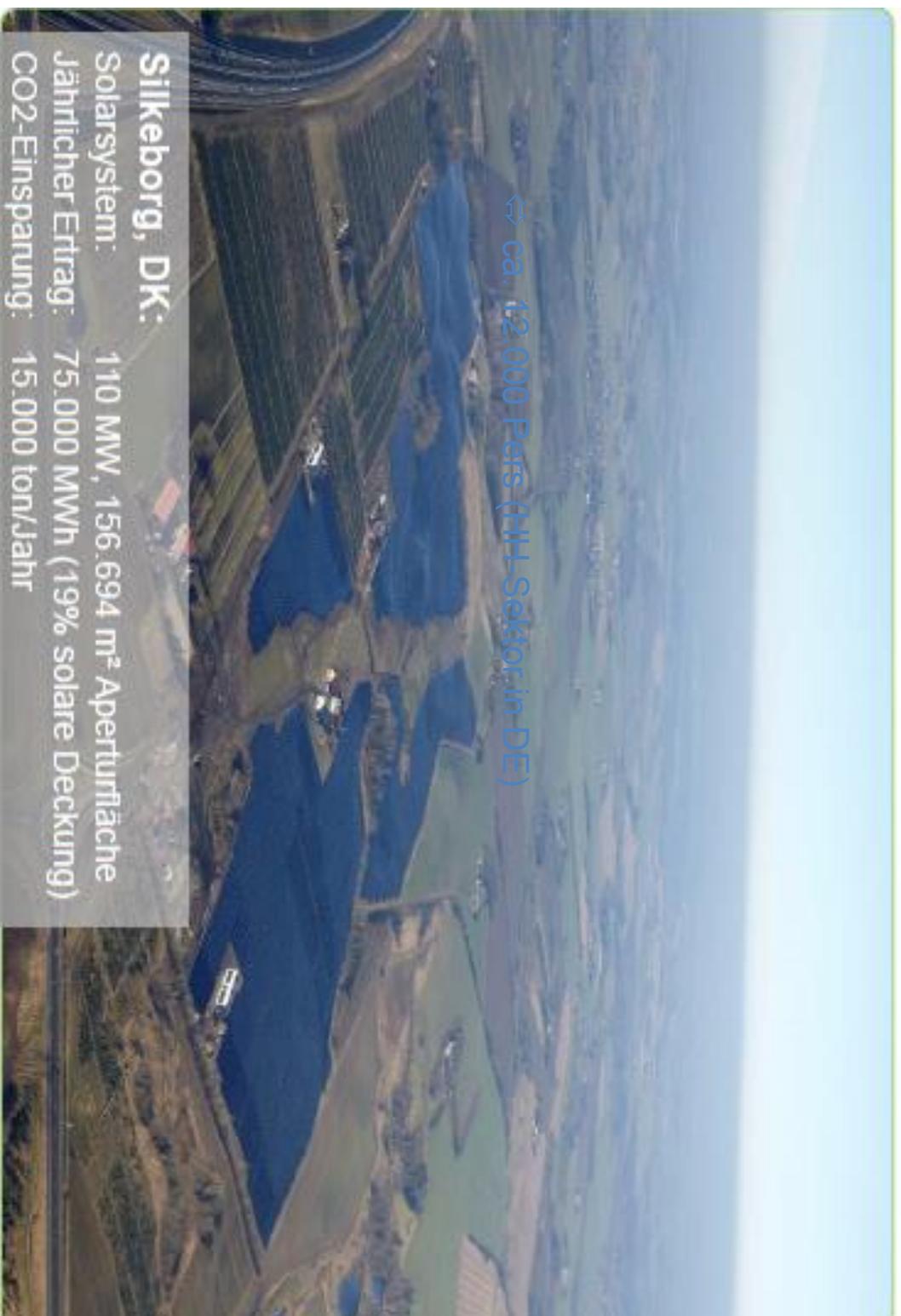
Quelle: Erik Christensen

## Silkeborg, DK (44.000 Einw.)

2016

Größte Solaranlage  
der Welt

75 GWh/a ⇔ 4400 HH



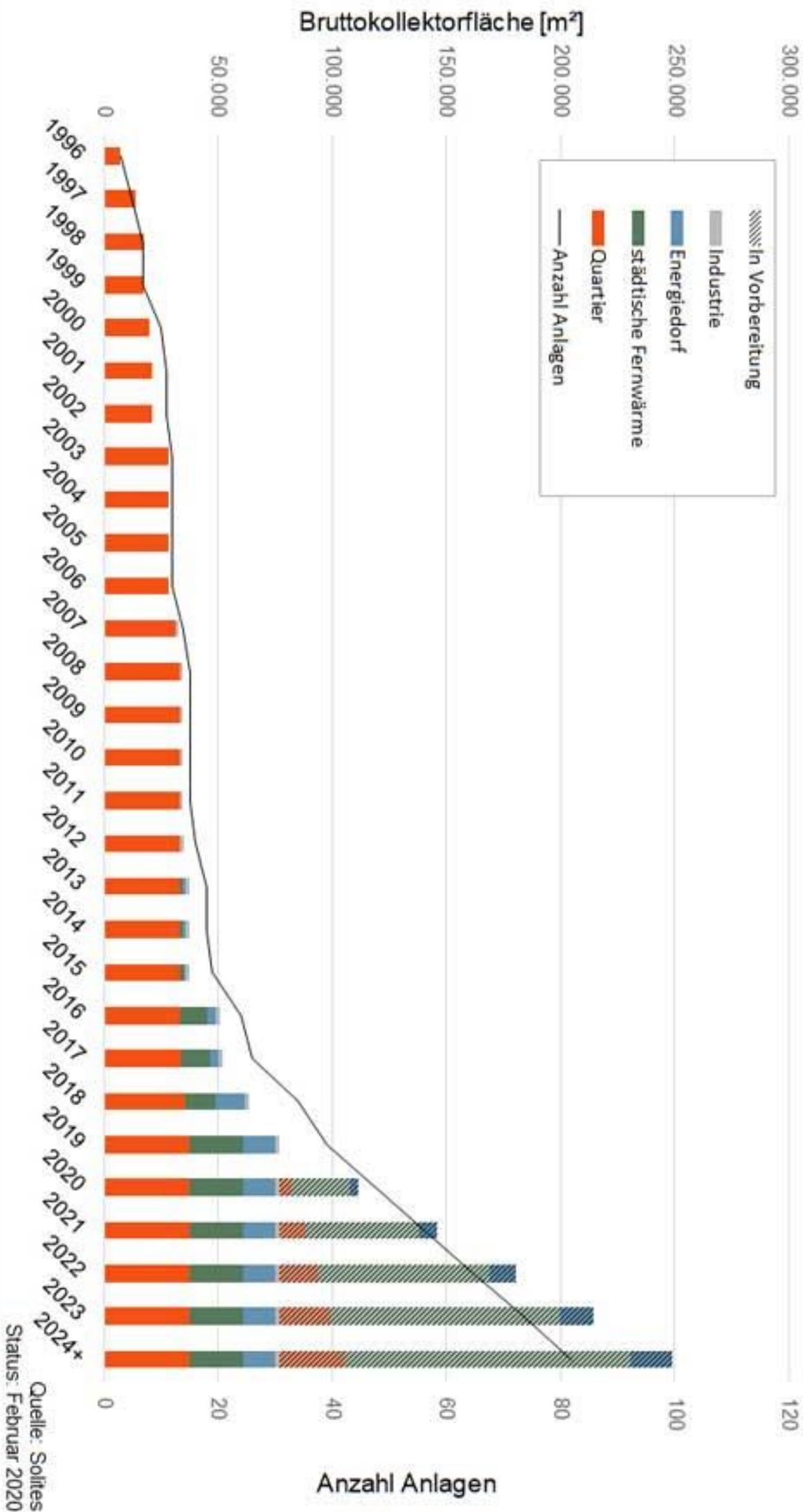
⇔ ca. 12.000 Pers (HH-Sektor in DE)

**Silkeborg, DK:**  
Solarsystem: 110 MW, 156.694 m<sup>2</sup> Aperturfläche  
Jährlicher Ertrag: 75.000 MWh (19% solare Deckung)  
CO2-Einsparung: 15.000 ton/Jahr  
Netz-Haushalte: 11.000  
Netz-Bedarf: 395 GWh

<http://solar-district-heating.eu/>

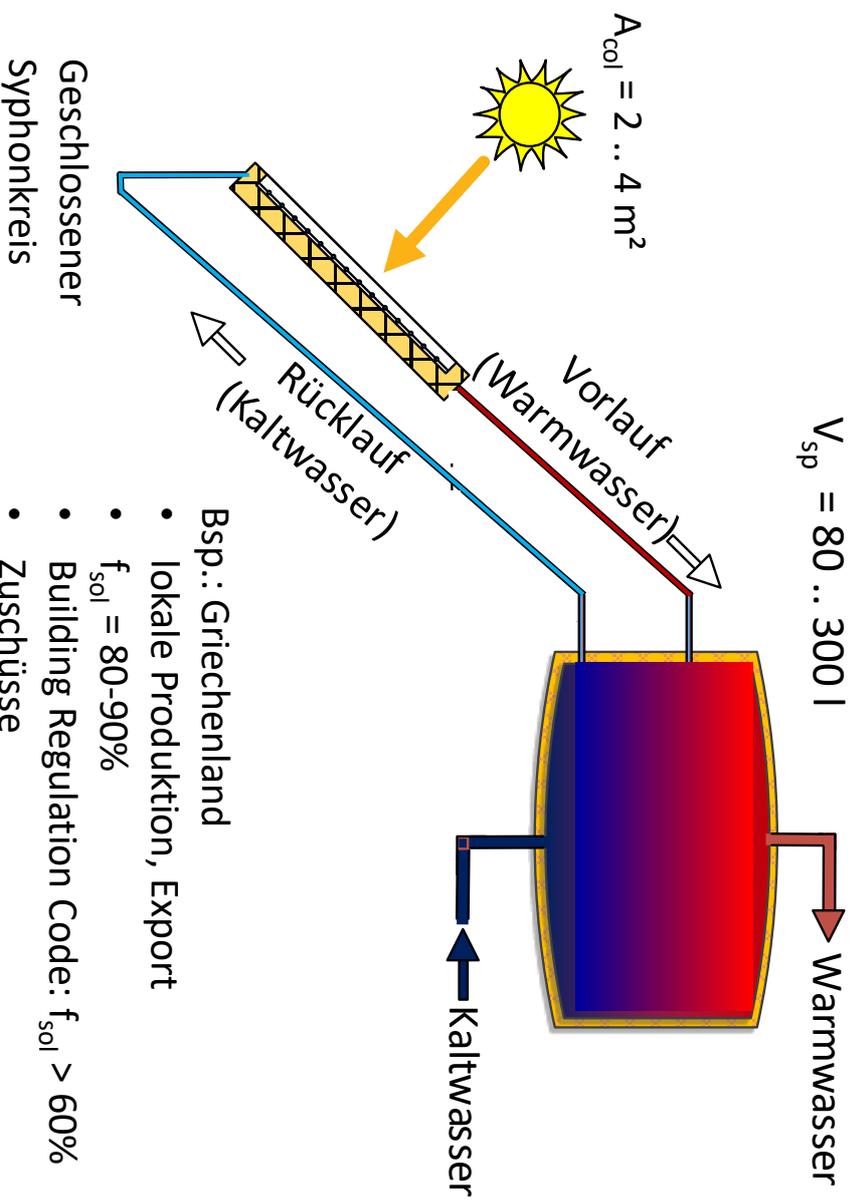






Quelle: Solites  
 Status: Februar 2020

# Thermosyphon-Systeme

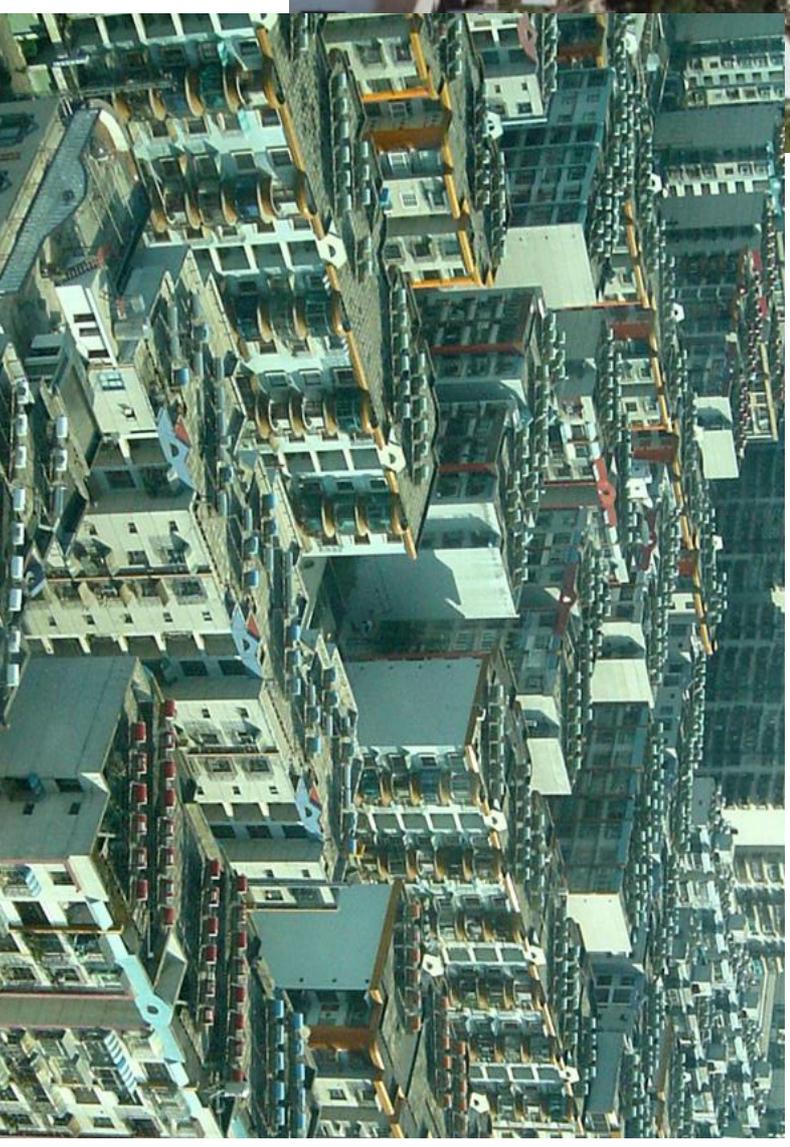


Thermosyphon-Systeme in Griechenland

(Quelle: Vassiliki Drosou, CRSES)

## Thermosiphonanlagen

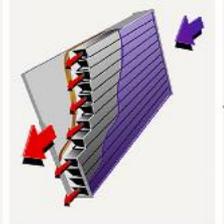
Insbesondere im Mittelmeerraum,  
asiatischen Ländern und Australien etabliert



# Solar Kollektoren



Flachkollektoren



Parabolrinnen- oder Fresnelkollektoren



Vakuumröhren- / CPC Kollektoren

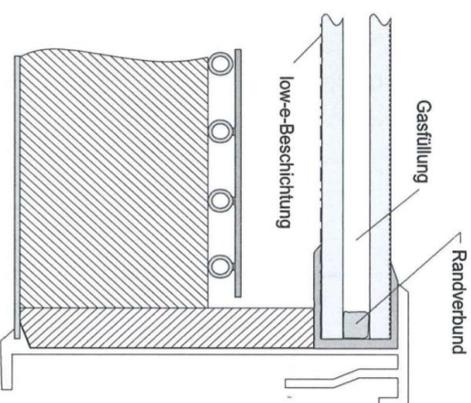


Schwimmbad-  
absorber  
PVT-  
Kollektoren



Flachkollektoren: links © Grammer Solar GmbH; rechts © Wagner Solar GmbH  
 Vakuumröhren- /CPC Kollektoren: links © Messmann Group; rechts © www.andyschroder.com  
 Parabolrinnen- oder Fresnelkollektoren: links © NEP SOLAR Pty Ltd; rechts © Industrial Solar GmbH

- Mitteltemperatur-  
Flachkollektoren
- doppelte Abdeckung
  - Abdeckungen mit Edelgasfüllungen
  - Antireflex- und Low-e Beschichtung



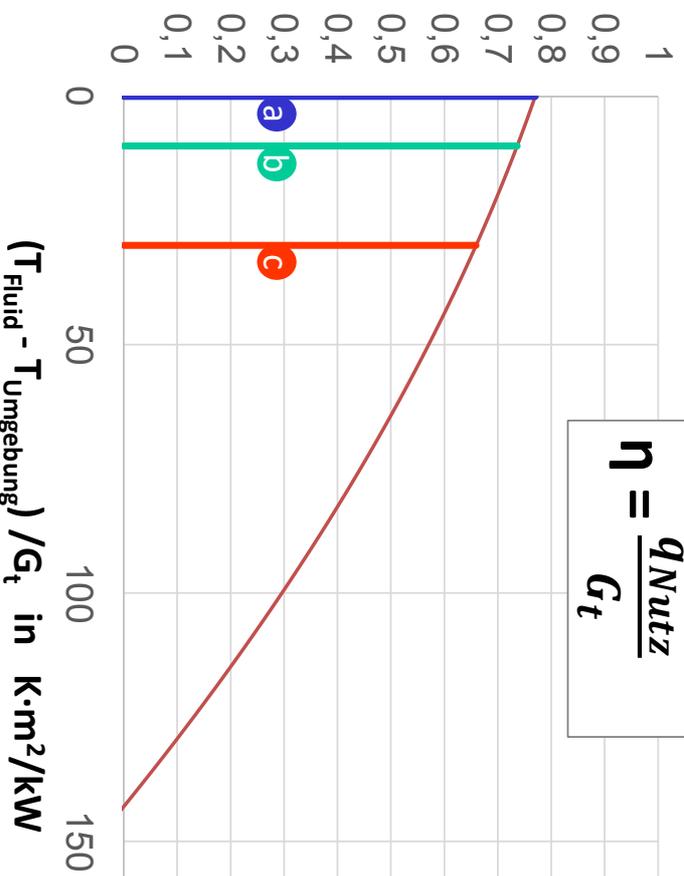
Quelle: (Wesselak und Schabbach 2009)

Neuere Entwicklungen:  
 Vakuum-Flachkollektor

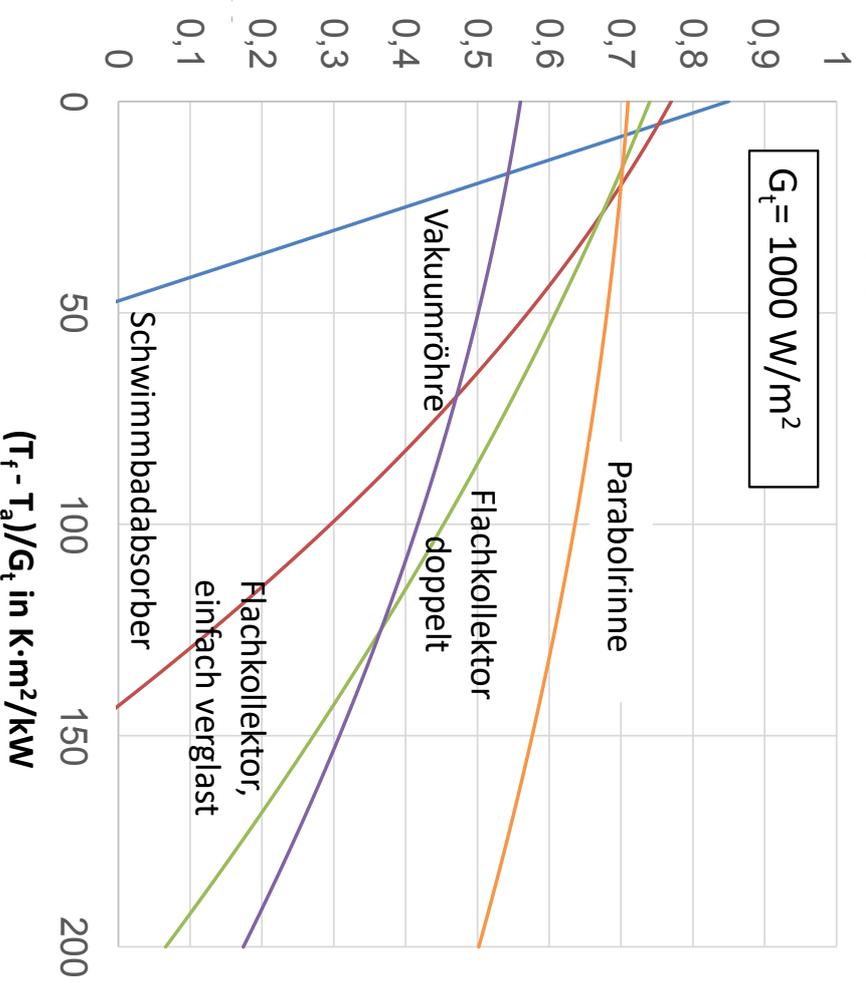
Schwimmbadabsorber @ Roth Werke

# Kollektorkennlinie

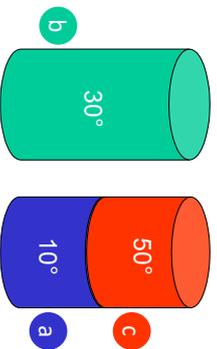
Kollektorwirkungsgrad



Kollektorwirkungsgrad



Beispiel:  
ohne WÜT  
 $T_a = 20^\circ\text{C}$   
 $T_{\text{ziel}} = 50^\circ\text{C}$   
 $G_t = 1000 \text{ W/m}^2$

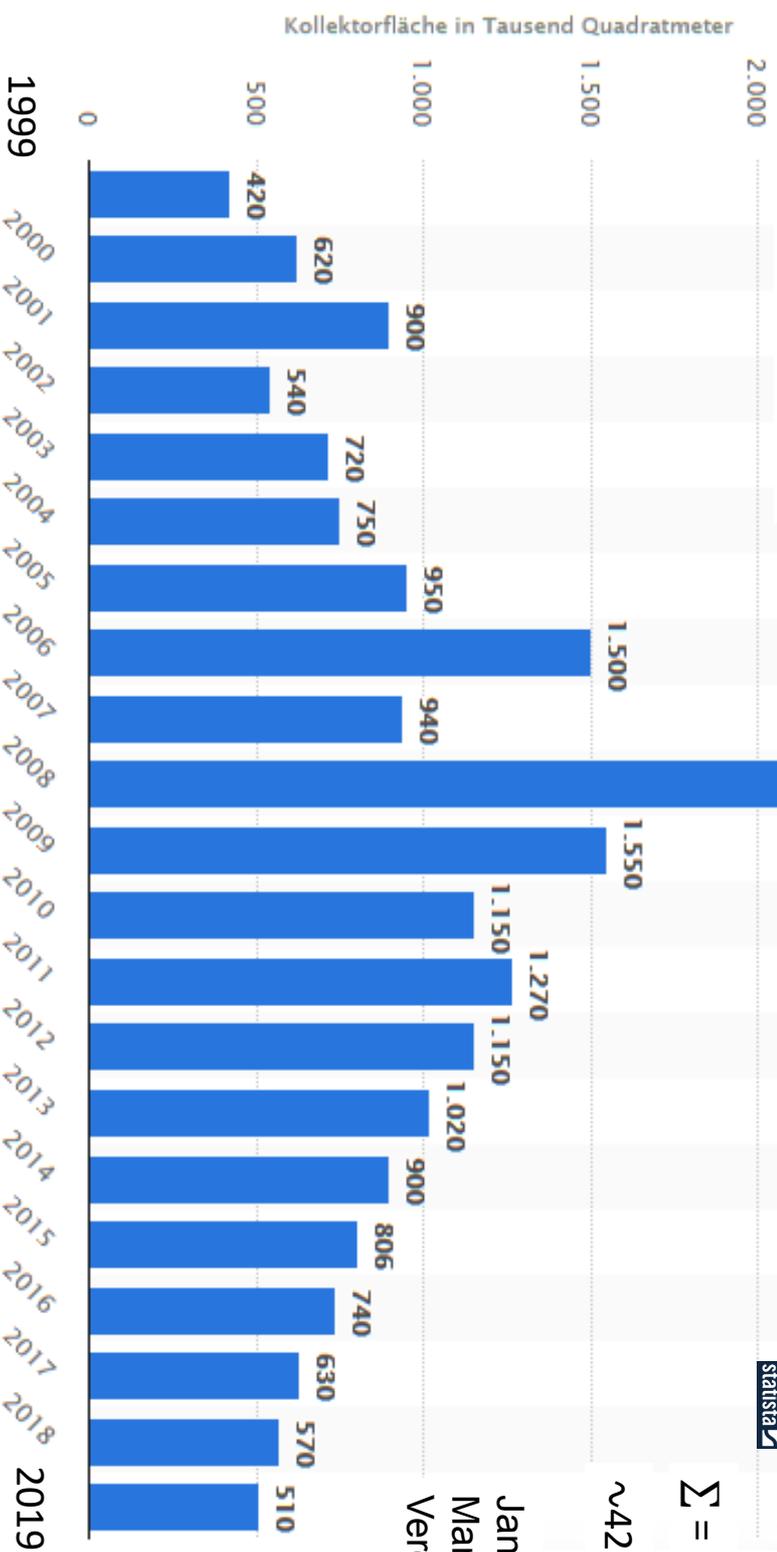


$$\eta = \frac{\dot{q}_u}{G_t} = \eta_0 - c_1 \frac{(T_f - T_a)}{G_t} - c_2 \frac{(T_f - T_a)^2}{G_t}$$

Diagr.: SOLAR, UNI-KASSEL.DE

# Installierte Anlagen DE

Kollektorfläche in 1000 m<sup>2</sup>



Σ = 2,4 Mio. Anlagen (DE, 2019)

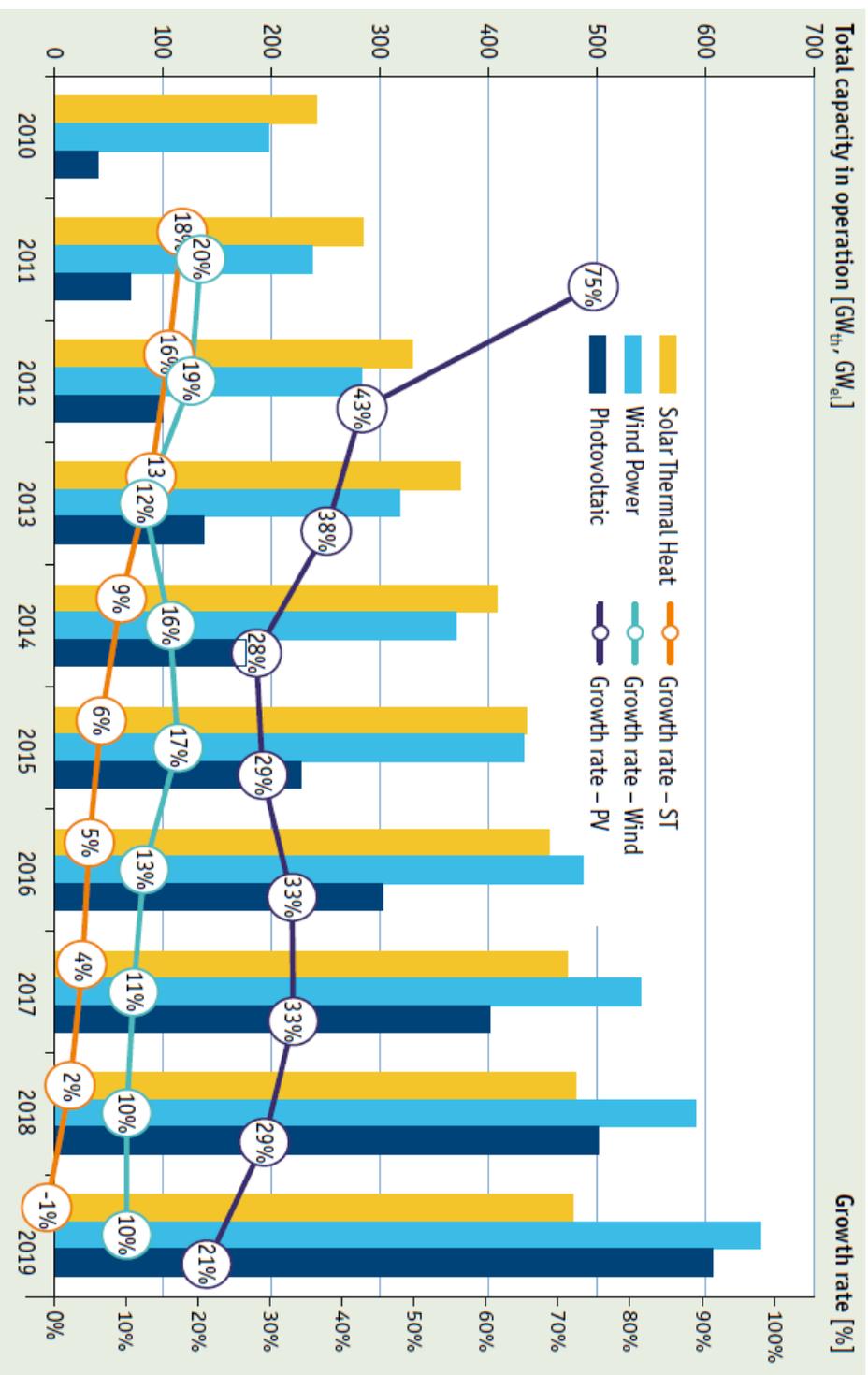
~42 Mio. HH ⇒ ca. 6%

Jan.- Aug. 2020:  
Marktwachstum um 20% im  
Vergleich zum Vorjahreszeitraum

- ⇒ Marktrückgang um durchschnittlich mehr als 10 % im Jahr seit 2008!
- ⇒ Weitreichende Innovationen und Kostensenkungen sind bei diesen Bedingungen schwer möglich.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/13630/umfrage/neuinstallation-von-solarthermie-anlagen-seit-1999/>

# Installierte Leistung weltweit



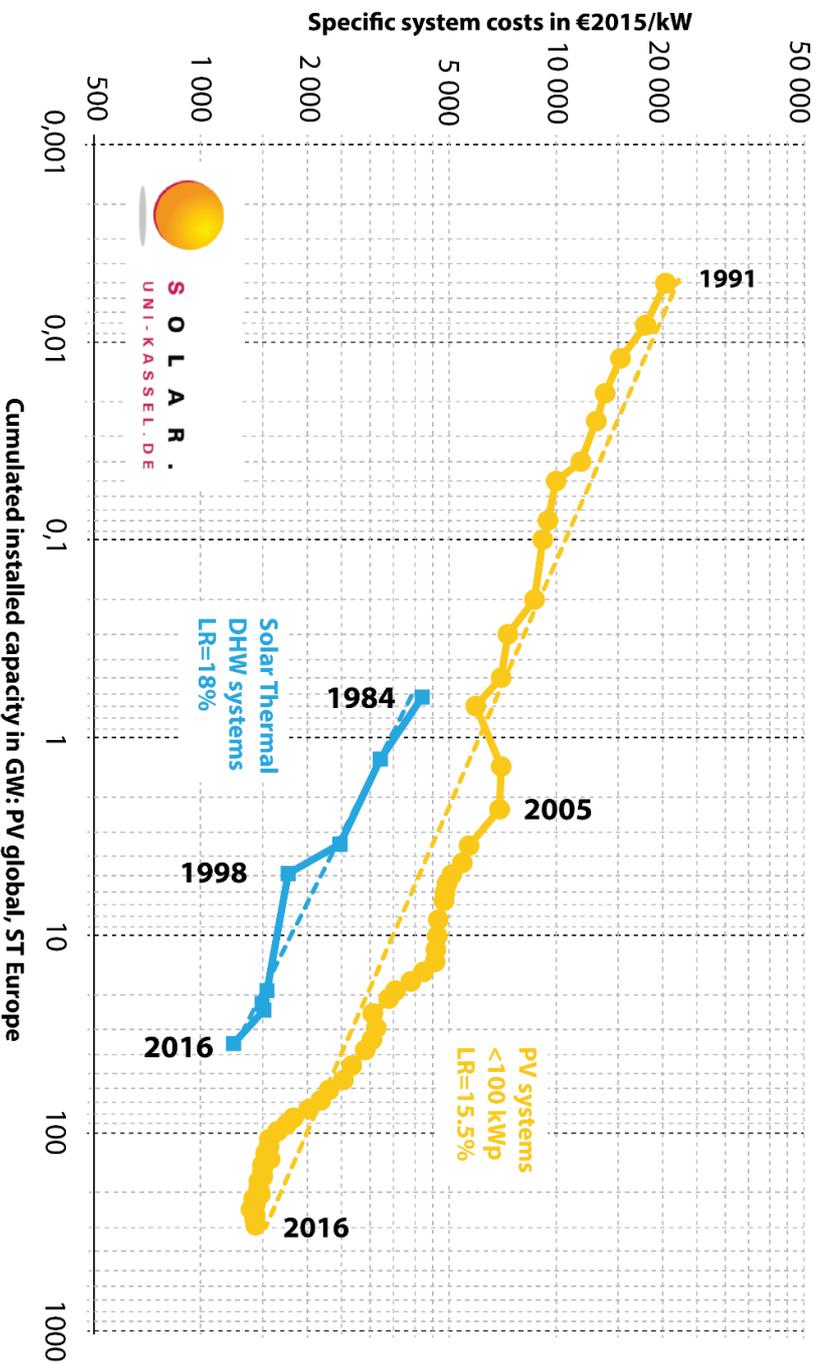
Wachstumsraten:  
 PV: 75 % .. 21 %  
 Wind: 20 % .. 10 %  
 Thermie: 18 % .. -1 %



Quelle: (Solar heat worldwide, SHC 2020)

Aufgrund deutlich höherer Förderung: Weit höhere Wachstumsraten der PV in den letzten 10 Jahren.

## Learning curves of PV and solar thermal systems in Germany



The turnkey system costs without subsidies and VAT show similar learning rates for PV and Solar Thermal. The stronger market development of PV lead, however, to larger absolute price reductions. Credits: University of Kassel 2017

- ### Erfahrungskurve
- Doppellogarithmisch
  - Verdoppelung der Produktionszahlen ⇒ Kostendegradation um LR

⇒ Die Kostendegression solarthermischer Anlagen ist bezogen auf die installierte Leistung vergleichbar (oder sogar etwas höher) als die von PV-Anlagen!

# Einblicke in die Solarthermie

## I. Technik

Anlagentypen, Markt & Kosten

## II. Herausforderungen der Wärmeversorgung

Strukturelle & politische Randbedingungen, Förderpolitik

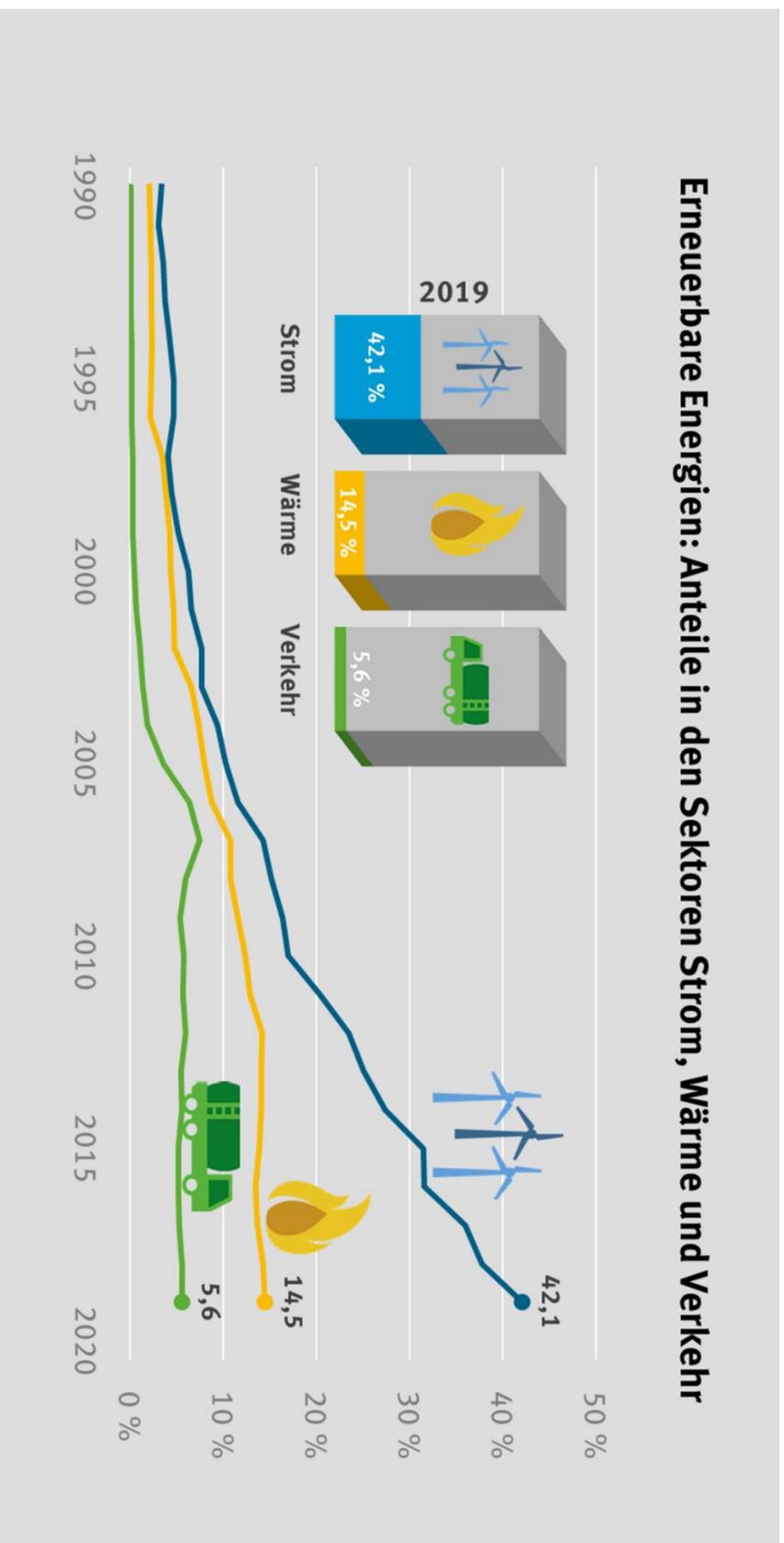
## III. Konzeptvergleich

- Randbedingungen
- Vergleich Solarthermie mit PV+WP

## IV. Fazit

# Herausforderungen der Wärmerversorgung

## Erneuerbare Energien: Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr

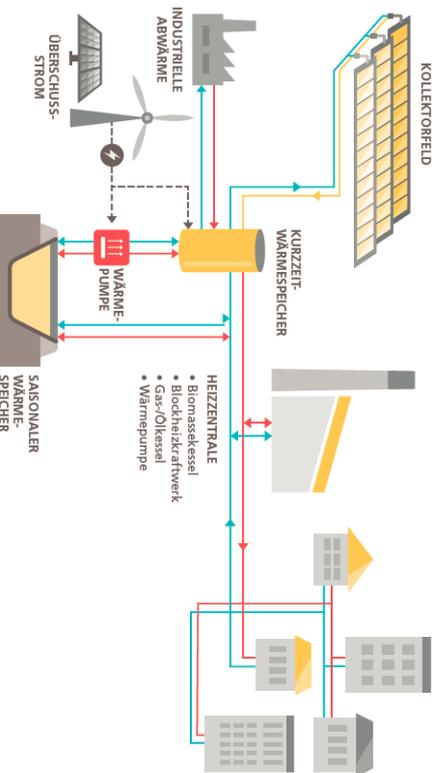


@ Stiftung Energieeffizienz 2015, Daten im Sektor Strom nach FhG-JSE

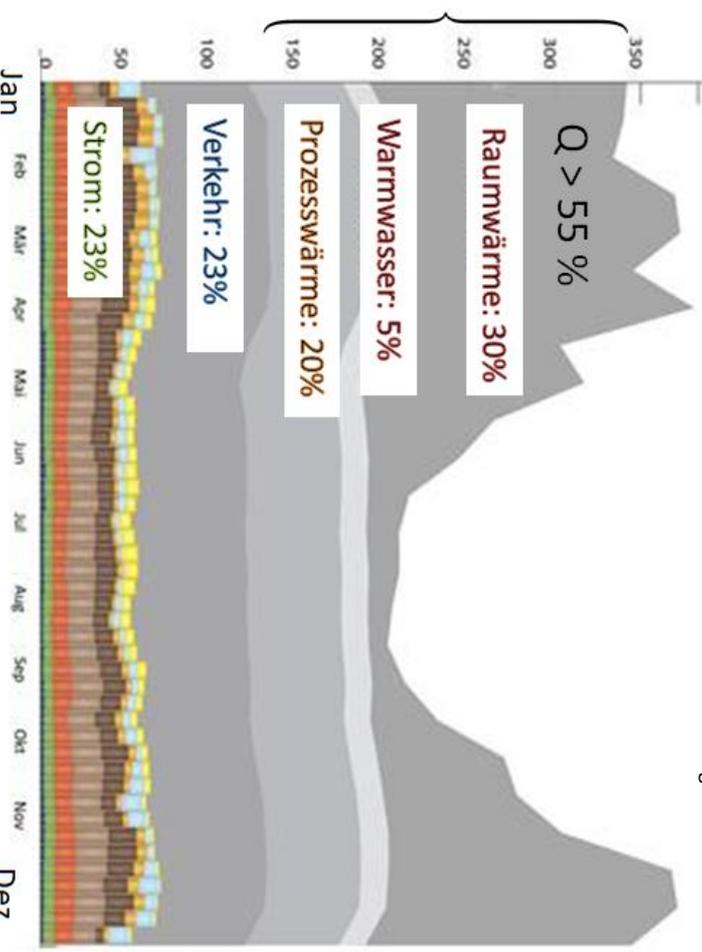
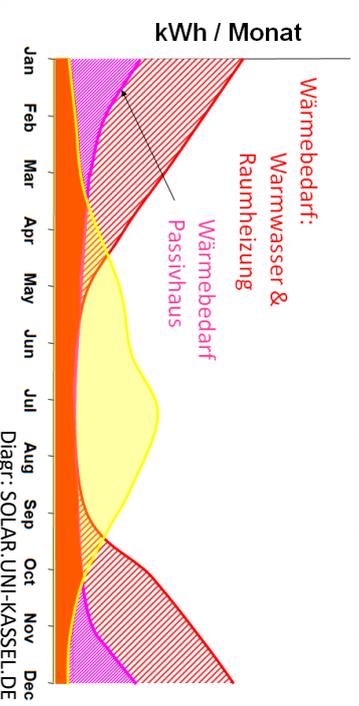
Der Anteil erneuerbarer Energien im Wärmesektor ist seit ca. 8 Jahren nahezu konstant bei ca. 14 %.

# Strukturelle Rahmenbedingungen

## 2. Netze / Speicher



## 1. Saisonale Verteilung

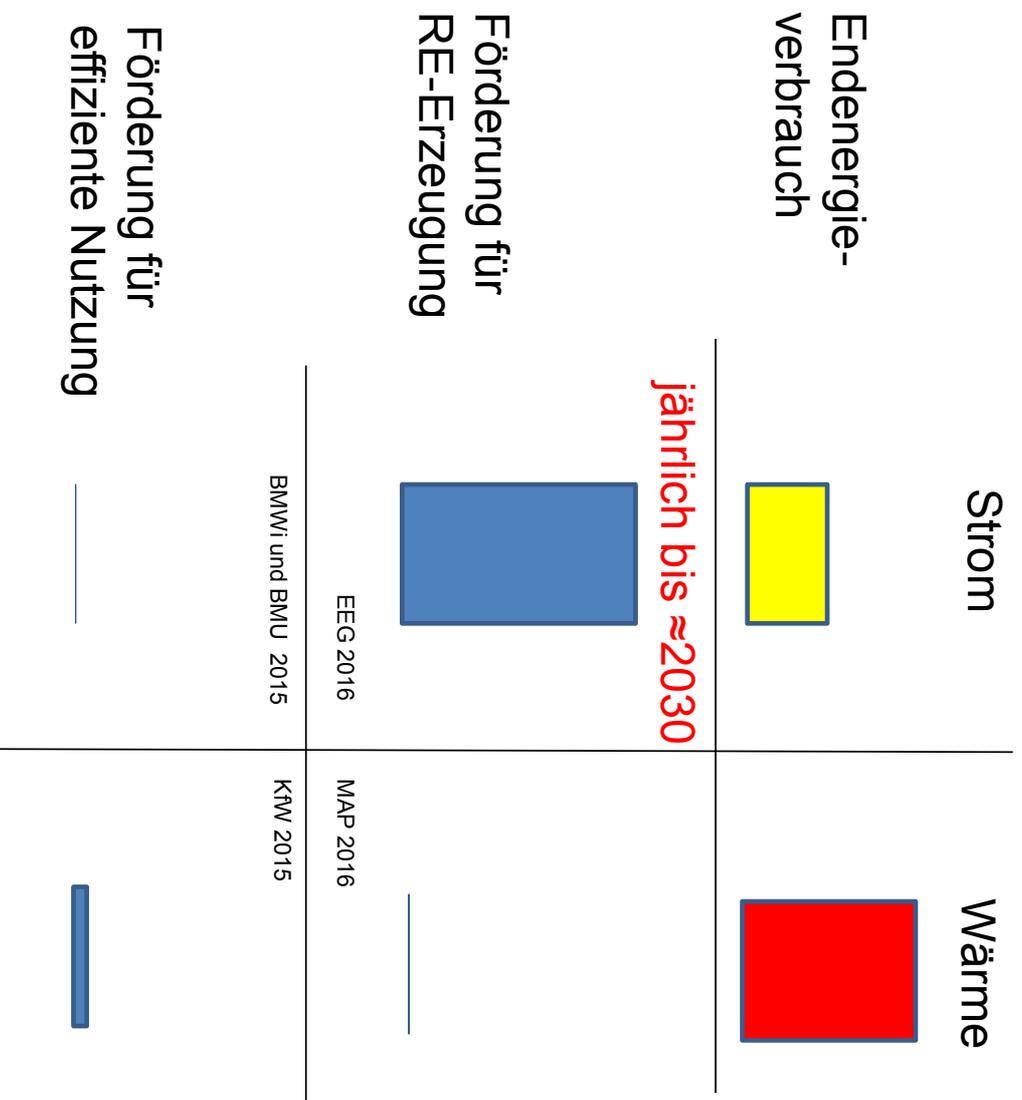


© Stiftung Energieeffizienz 2015, Daten im Sektor Strom nach Fhg-ISE

## 3. Temperaturen

- Eingriff ins Wohnumfeld (Gebäudesanierung, Heizungsanlagen)

# Förderung



**RE und Effizienz:  
Förderung in DE**

⇒ Die Förderung erneuerbarer Energien ist erzeugungsorientiert und elektrophil!

# ökonomische & politisch-rechtliche Rahmenbedingungen

- Anreizsysteme
- Verordnungen
- Forschungsgelder
- Bürger-Energiegenossenschaften
- Tradition



## Rahmenbedingungen:

- 67% Fernwärme
- > 50 % **Windstrom**
- Steuern auf fossile Energien

## Zubau-Verbot von Öl- und Gasheizung

- seit 2013 in **neuen** Privathäusern
- ab 2016 in bestehenden Gebäuden, wenn FW-Anschluss möglich

# Einblicke in die Solarthermie

## I. Technik

Anlagentypen, Markt & Kosten

## II. Herausforderungen der Wärmeversorgung

Strukturelle & politische Randbedingungen, Förderpolitik

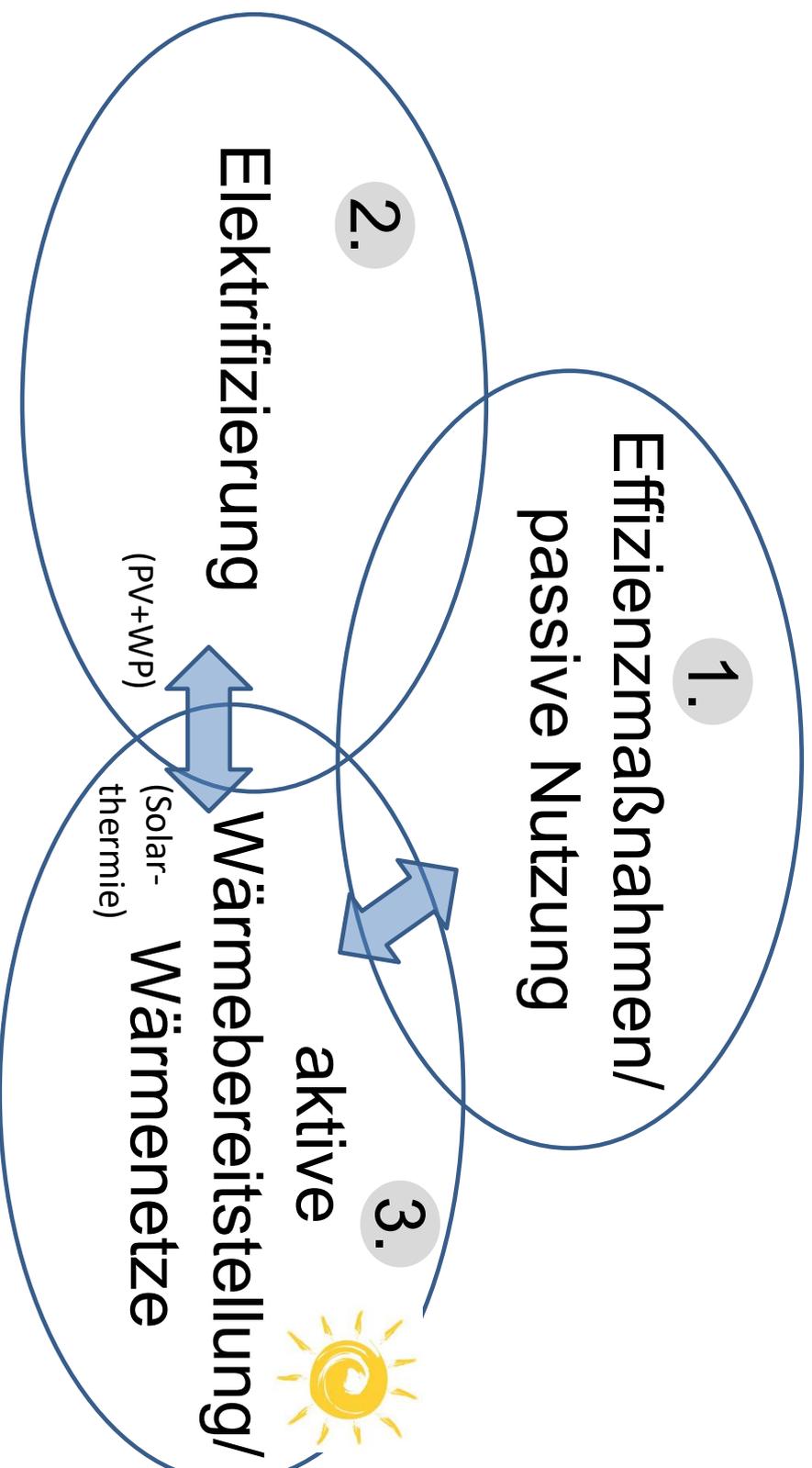
## III. Konzeptvergleich

- Randbedingungen
- Vergleich Solarthermie mit PV+WP

## IV. Fazit

Beitrag der Solarthermie (?)

## Wir verfolgen drei grundlegende Konzepte/Ansätze:



... ergänzen sich, schließen sich aber teilweise auch aus

# Vergleich verschiedener Technologien

- Große Unterschiede zwischen Nennwert / Mittelwert (performance ratio,  $\epsilon$  bzw. JAZ)
- Komponenten- & Systemwirkungsgraden
- alt/neu
- Entwicklungsgrad

## Primärenergetische Effizienzbewertung neuer Wärmepumpen

	 Fußboden- heizung	 Heiz- körper
<b>Erdreich</b> (Sonden, Flächenkollektor, Grundwasser)	 3,2 - <b>3,9</b> – 4,7	2,6 - <b>3,3</b> – 4,2
<b>Außenluft</b>	 2,5 - <b>2,9</b> – 3,4	2,2 - <b>2,6</b> – 3,3

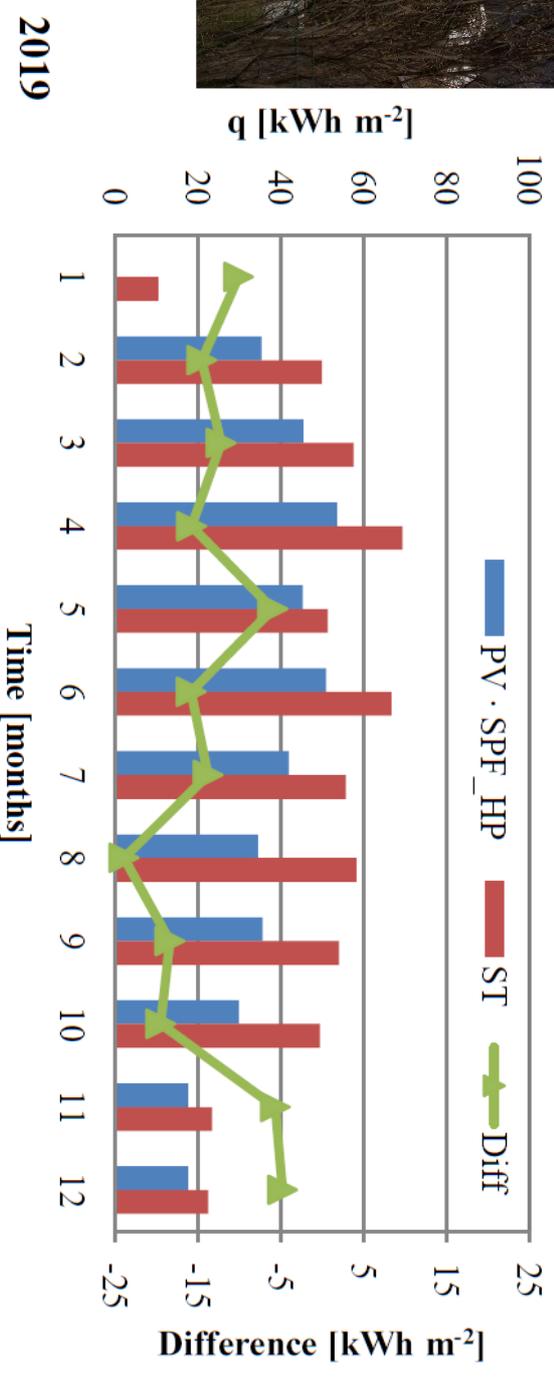
Quelle: Zwischenergebnisse zum Feldtest Wärmepumpen-Effizienz des Fraunhoferinstitut Solare Energiesysteme

Leistungsverhältnis (performance ratio)

Berücksichtigung Verschattung, Verschmutzung, Leitungs- & Wechselrichterverluste, ..

# Studie Innsbruck: Solarthermie ⇔ PV+WP

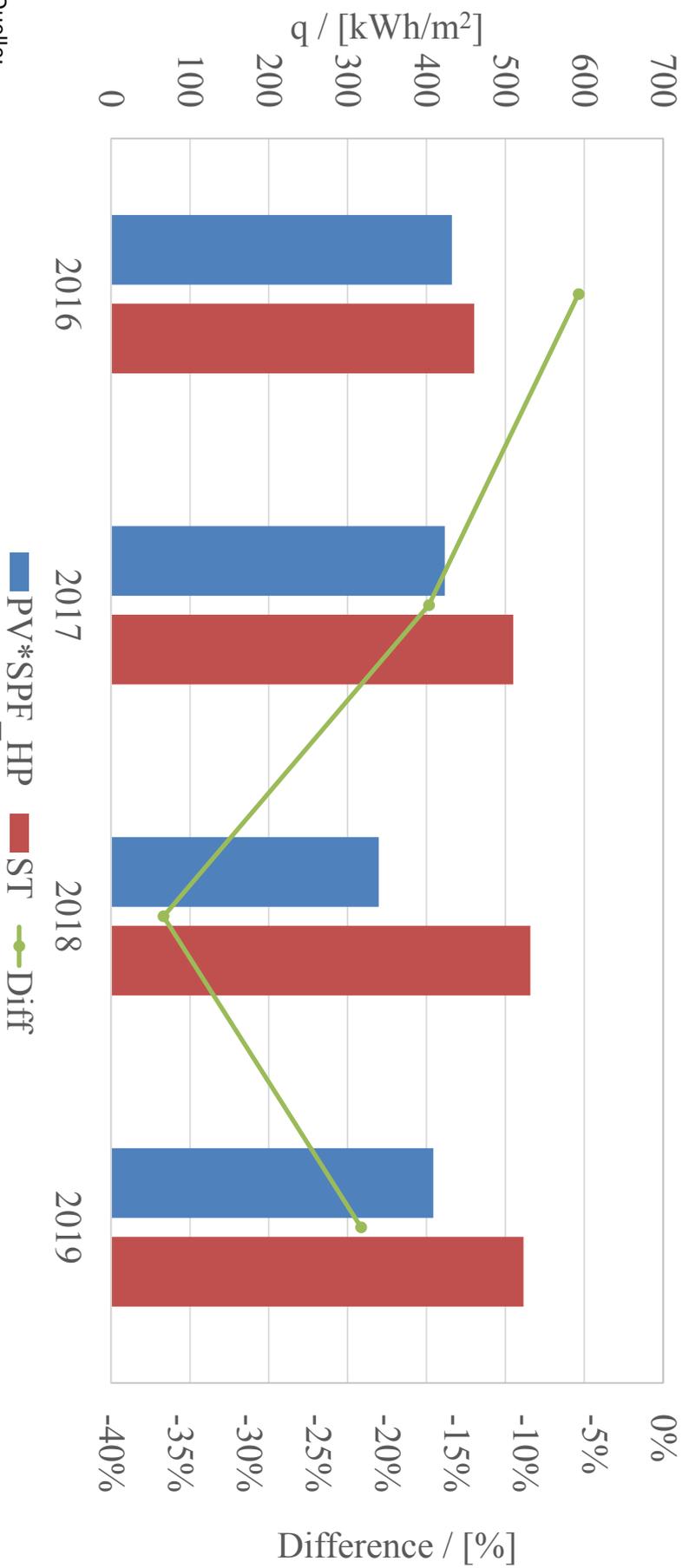
2 MFHs, Innsbruck, Austria



**Fig. 2: Thermal energy supplied by PV driven HP and ST per installed square meter of each system (PV and ST). The produced electricity from PV is multiplied with the monthly SPF of the heat pump (including the HP related pumps)**

Quelle:  
G. Dermentzis et al.,  
University of Innsbruck,  
EuroSun Conference 2020

# Solar thermal vs PV driven heat pump



Quelle:  
G. Dermentzis et al.,  
University of Innsbruck,  
EuroSun Conference 2020

# Lohnt sich Solarthermie im Vgl. zu PV+WP in Industrieprozessen ?

→ abh. von Standort, Prozessstemp. & PV-Preise

auch abh. von: Lebensdauer,  $\Delta T$ (Prozess), Material, techn. Kennwerte ( $\eta_0$ , U-Werte, ..), Finanzierungskosten, Anlagengröße ..

Bsp. für Zürich:

$T_{\text{prozess,m}} = 70^\circ\text{C}$  (60 → 80 °C)

$T_{\text{amb,day}} = 10^\circ\text{C}$

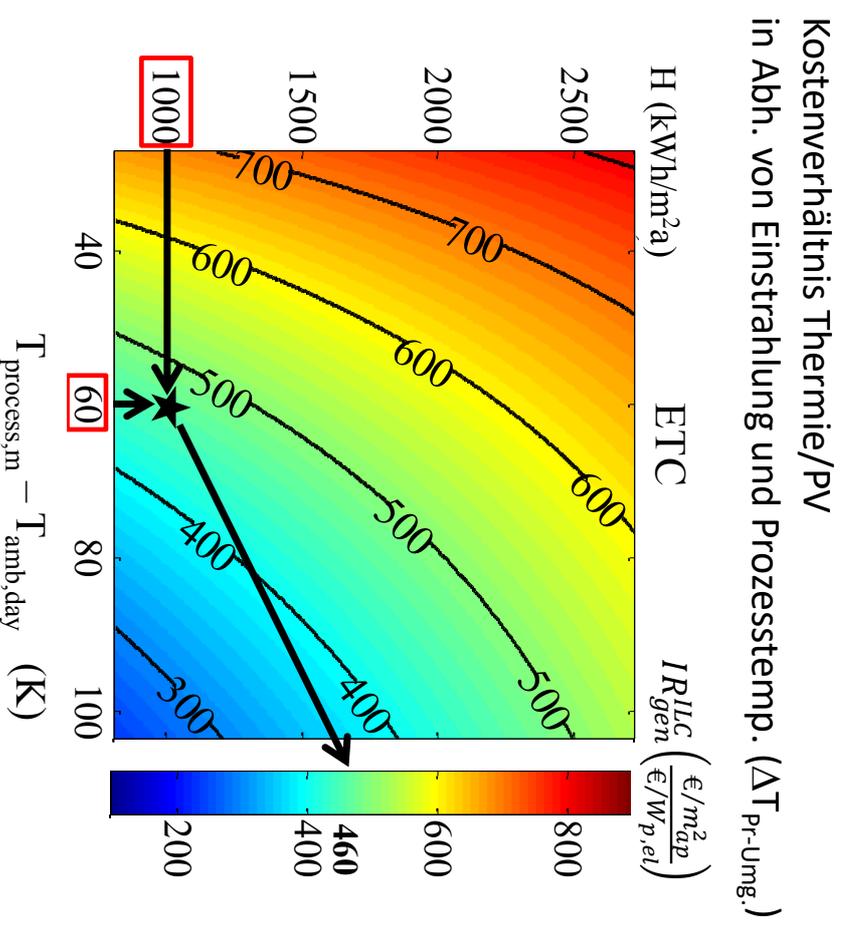
$H = 1.000 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

$I_{ST,max} = 460 \text{ €/m}^2_{\text{ap}}$  (für  $I_{pV} := 1 \text{ €/W}_p$ )

- je geringer die Anzahl der Betriebsstunden, desto günstiger ist die Solarthermie
- bei höherer Einstrahlung ist tendentiell die Solarthermie im Vorteil

$$I_{ST} = IR * F * I_{pVWP}$$

Korrekturfaktor



Steven Meyers, Univ. Kassel  
SOLAR.UNI-KASSEL.DE

# Einblicke in die Solarthermie

## I. Technik

Anlagentypen, Markt & Kosten

## II. Herausforderungen der Wärmeversorgung

Strukturelle & politische Randbedingungen, Förderpolitik

## III. Konzeptvergleich

- Randbedingungen
- Vergleich Solarthermie mit PV+WP

## IV. Fazit

# Zusammenfassung

- Es gibt eine große Vielfalt an Anlagentypen für verschiedene Anwendungen
  - Starke Kostendegression mit steigender Anlagengröße
  - Marktrückgang seit 2008
  - die Erfahrungskurven für PV und Solarthermie verlaufen nahezu parallel
  - Vergleich mit PV+WP: Standort- und Prozessabhängig (Temp., Lastprofile)
  - Herausforderungen
    - niedriges Temperaturniveau
    - Wärmeverbrauch im Winter
    - Nachheizung erforderlich (z.B. Biomasse)
- Erfolgreiche Umsetzungen

  - Großanlagen & Wärmenetze
  - Industrielle Prozesse
  - Mittelgroße Anlagen
  - Sonnenhäuser
  - kleine TWW-Anlagen, Kombianlagen

- Die Solarthermie sollte einen zwar kleinen aber **wichtigen Beitrag** zur zukünftigen de-fossilisierten Wärmerversorgung leisten.
  - Dieser könnte bei einem Fernwärmeanteil von 40% **im Sektor Privathaushalte** gleichen solaren Deckungsraten wie in DK ( $f_{\text{sol}} = 20\%$ ) **bei ca. 8% liegen**.
  - Studie zum technische Potential für die Nutzung solarer Prozesswärme in DE: ca. **3,6 %** des industriellen Wärmebedarfs
- Weichenstellungen in Infrastrukturmaßnahmen (Wärmenetze, Sanierung, ..), die Förderungen der Technologien und Abschaffung falscher Anreize wichtig! Dafür erscheint ein Masterplan notwendig.
- Beim Vergleich **Solarthermie mit PV+WP** sind die Ergebnisse stark von Parametern wie Prozesstemperatur, Betriebszeiten und Einstrahlung abhängig. Beide Technologien können je nach Randbedingungen klar im Vorteil sein.

**Vielen Dank an das Fachgebiet Solar- und  
Anlagentechnik der Universität Kassel  
für die Unterstützung bei den  
Vorbereitungen für diesen Vortrag  
insbesondere an Prof. Dr. Klaus Vajen,  
Isabelle Best, Felix Pag und Mateo Jesper!**