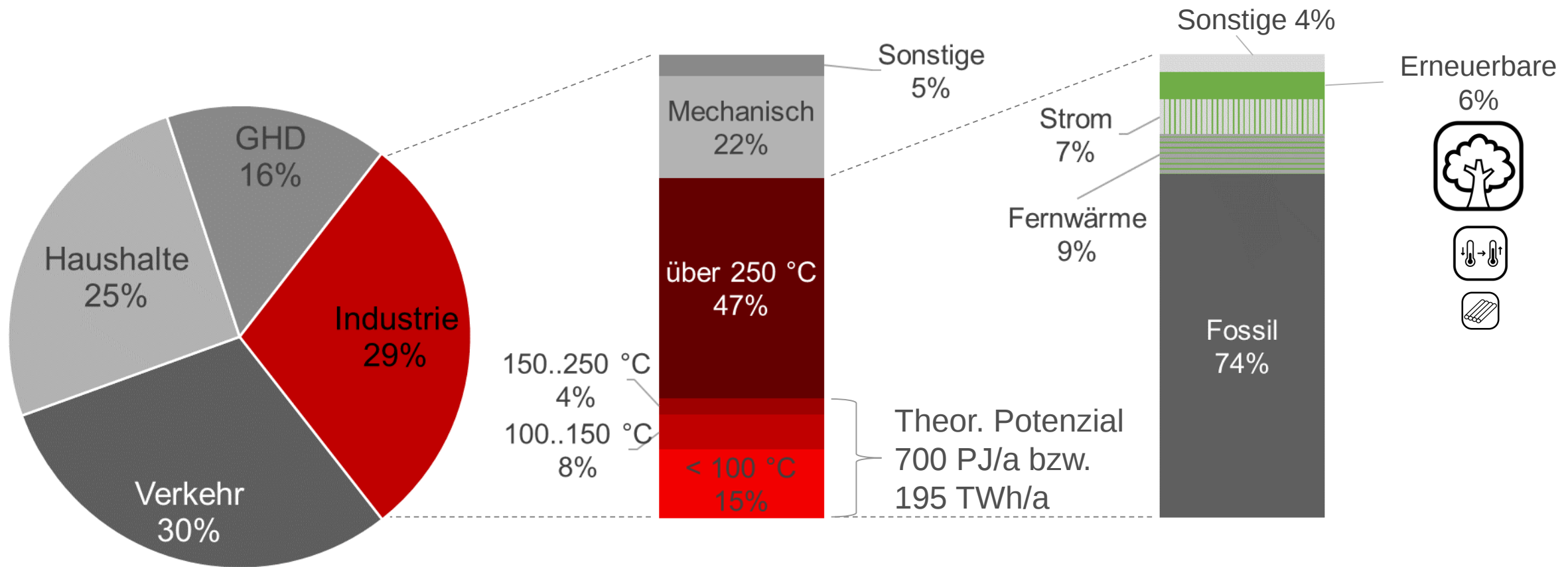


Erfahrungsaustausch der Energieeffizienz-Netzwerker

Workshop 4: Solare Prozesswärme

Endenergiebedarf Deutschland 2017



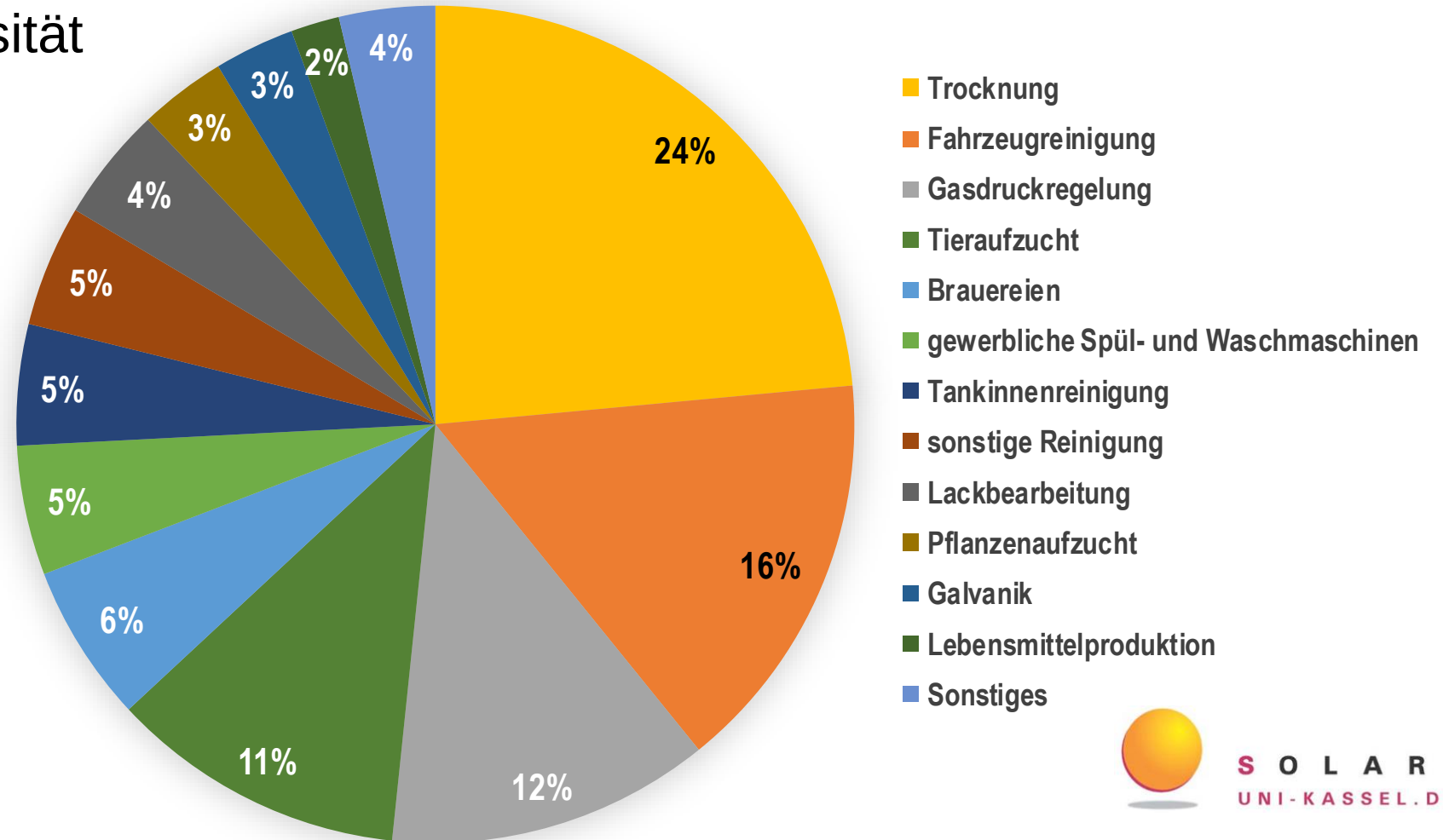
Technisches Potenzial für Solarthermie

- Industrie: 20 TWh/a $\approx 50 \text{ km}^2$
 - GHD: 40 TWh/a $\approx 100 \text{ km}^2$
- Fläche von Sylt →



Marktüberblick Solare Prozesswärme in DE

- Derzeit rund 33.000 m² (0,033 km²) installiert in ca. 300 Anlagen
- Große Prozessdiversität



Übersicht Solarsystem

Solarkreislauf

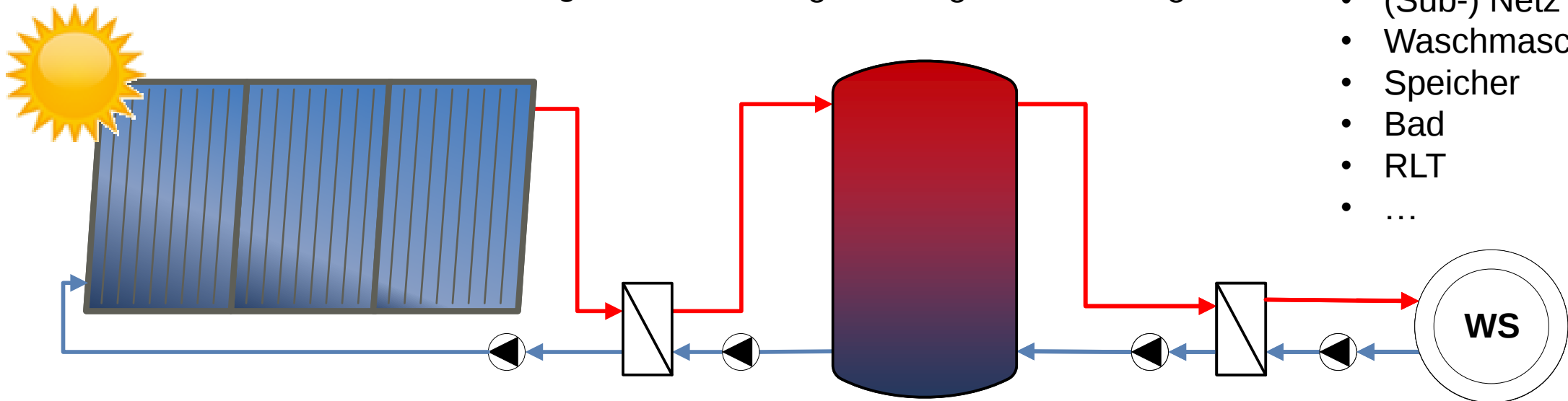
- i.d.R. Glykol-Wasser-Gemisch als Frostsicherung

(Solar-) Speicher

- i.d.R. Wasser, bis 95 oder 120 °C
- Ausgleich Angebot-Nachfrage

Prozessanbindung

- (Sub-) Netz
- Waschmaschine
- Speicher
- Bad
- RLT
- ...



Solarwärmeübertrager

- Zur hydraulischen Trennung
- Kann ggf. darauf verzichtet werden

Wärmeübertrager

- Zur hydraulischen Trennung
- Kann ggf. darauf verzichtet werden

Temperaturbereich solarer Prozesswärme



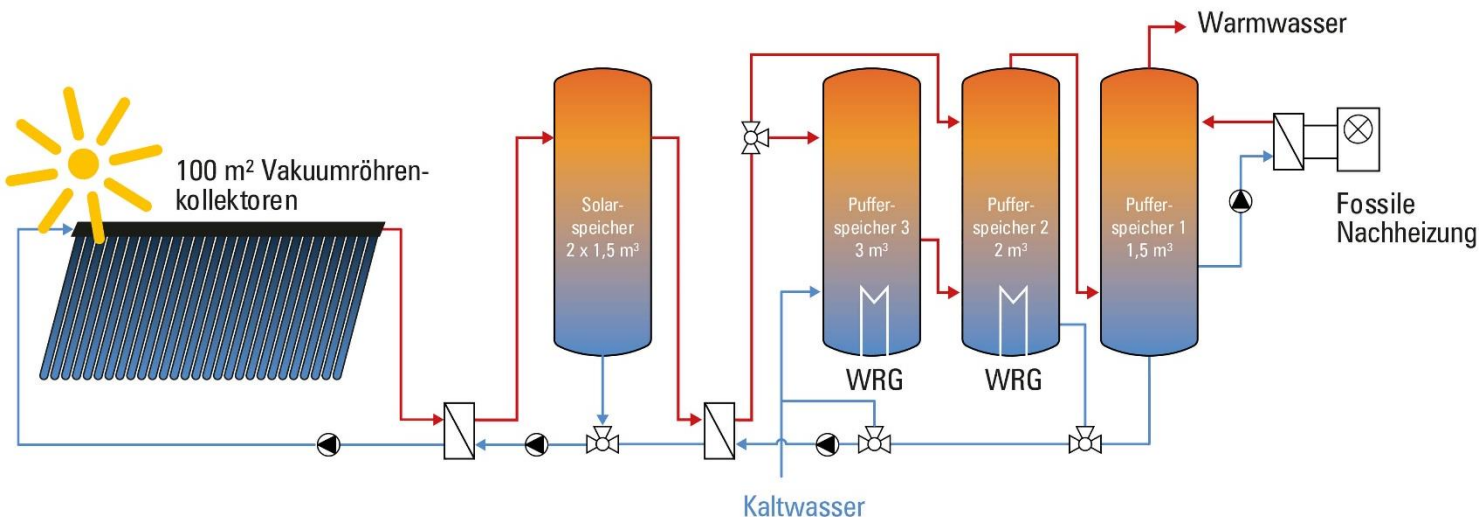
* Am besten geeignet für Regionen mit hoher Direktstrahlung (bspw. Südeuropa oder Hochgebirge)

Best Practice: HACK GASTRO-SERVICE OHG (bei Koblenz)

Mitarbeiterzahl: 100
Umsatz: 50 Mio. €/a
Wärmebedarf: 1.150 MWh/a
davon Warmwasser: 200 MWh/a
> 10 m³/d bei 65 °C
für Reinigung

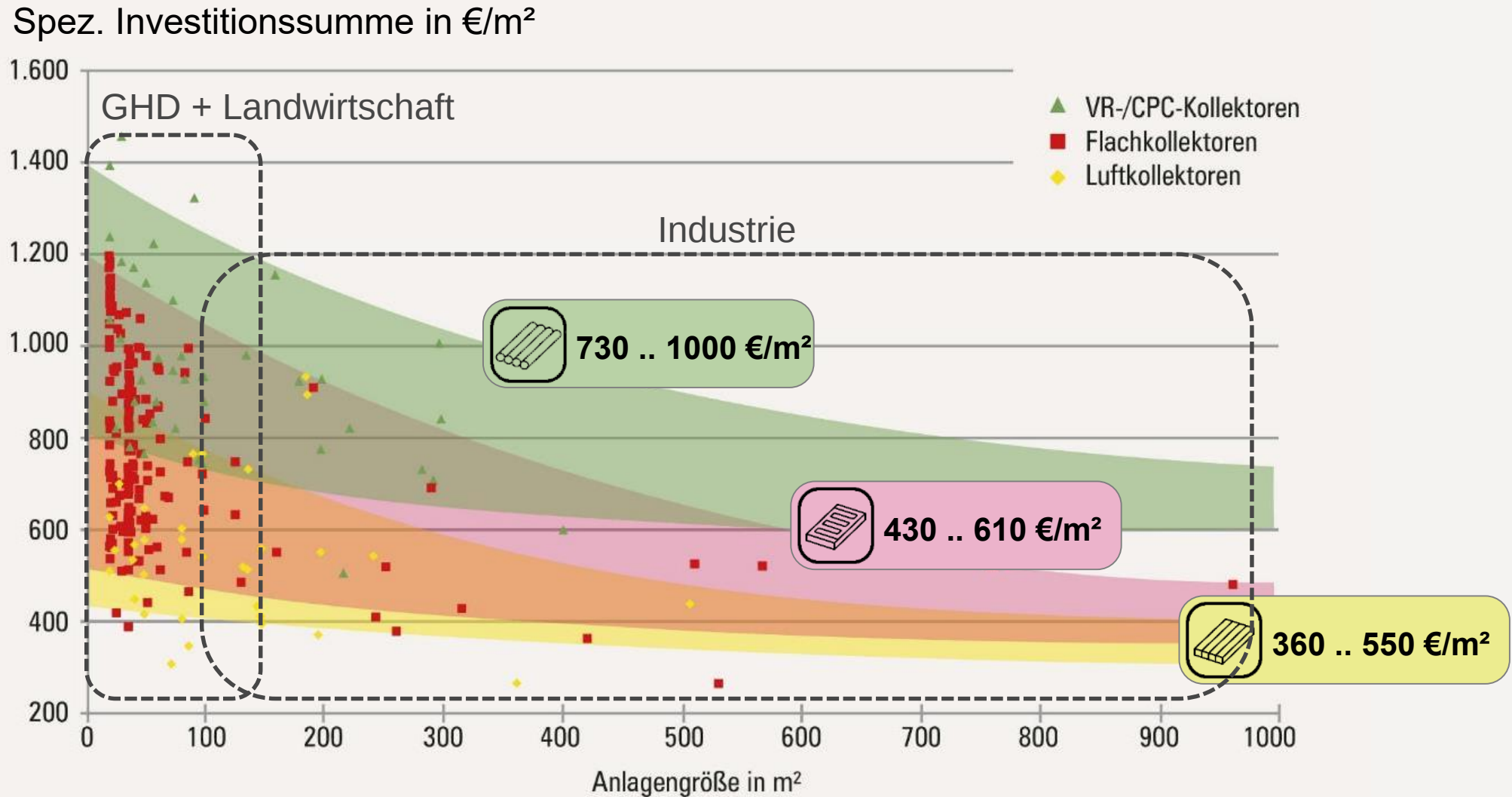


Integration der Solaranlage zur Wasservorerwärmung



Investition: 93.000 € (exkl. Förderung)
930 €/m²
Förderung: 50 % (in 2014)
Ertrag: 60 MWh/a
600 kWh/(m²·a)
Sol. Deckung: 30 %
Preis solar: 40 €/MWh (inkl. Förderung)
Amortisation: < 10 a

Turnkey-Investitionssumme (netto, ohne Förderung!)



Take-aways (mit Förderung 45% + 10 % für KMU)

- Netto-Investitionssumme: 180..450 €/m²
- Spezifische Jahreserträge: 350..600 kWh/m²a
- Nutzungsdauer: 20..30 Jahre
- Solare Wärmegestehungskosten: 25..50 €/MWh
- Amortisationszeiten: größer 5..7 Jahre
(Alternative: Contracting)
- Interne Verzinsung: **≥ 10 %**

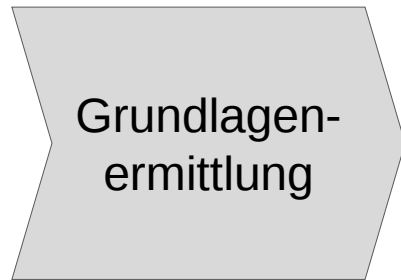


- [illegible]



Anhang

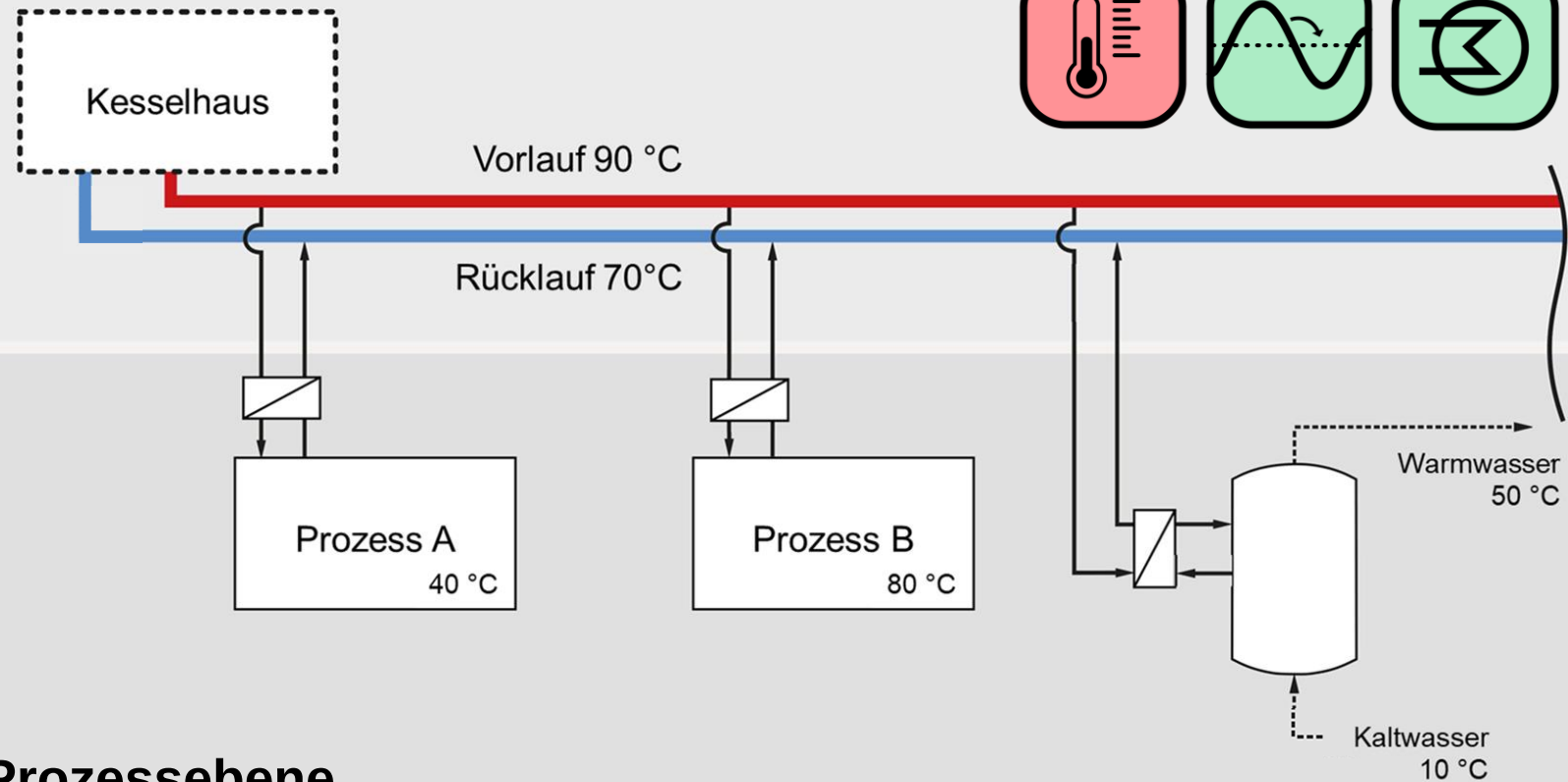
Machbarkeits- abschätzung



Grundvoraussetzungen prüfen und Wärmesenken auswählen:

- | | | |
|-----------------------|---|--|
| • Temperaturniveau |  | → Kollektor-Effizienz |
| • Lastprofil |  | → Angebot $\approx$ Bedarf |
| • Integrationsaufwand |  | → Investitions- und Wartungskosten |
| • Dach-/Freiflächen |  | → Ausrichtung (O,S,W), Statik, Nutzungsdauer |

Zentral - Versorgungsebene



Dezentral - Prozessebene





Wie groß sollten Kollektorfeld und Speicher sein?

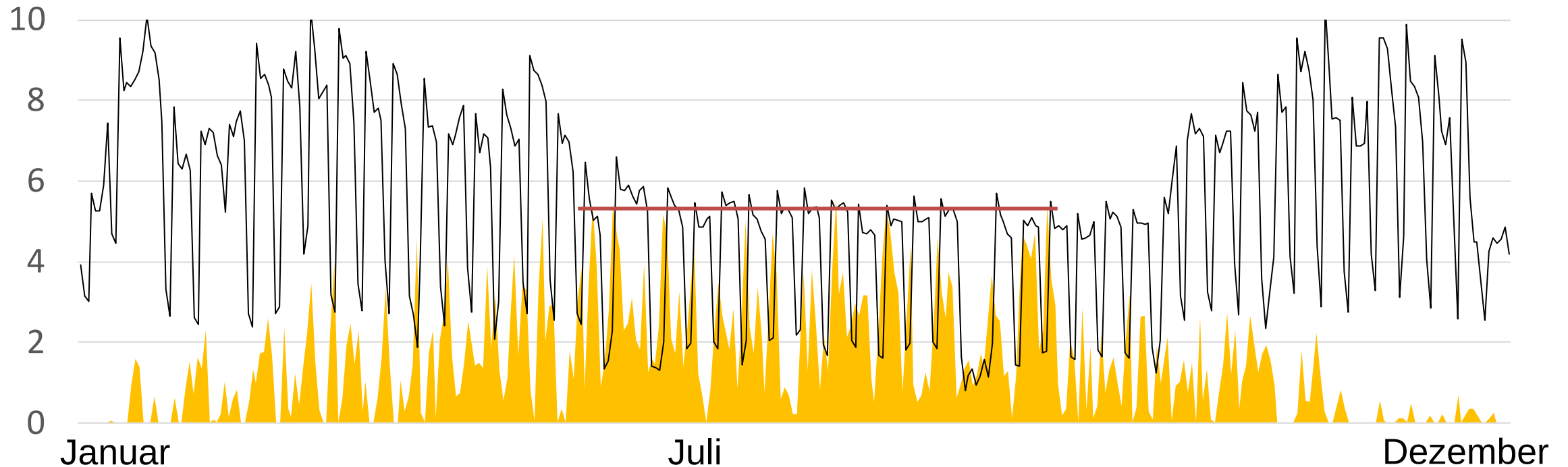
Auslegung auf sommerlichen Wärmebedarf (Autarkie an gutem Sommertag)

- Kollektorfeld: abhängig von Temperatur, Wochenprofil und Ausrichtung
- Speichervolumen: abhängig von Temperaturniveau und Wochenprofil

Sommerlicher Wärmebedarf

-  Voldeckung an einem einstrahlungsreichen Tag
-  Keine Überschüsse → Wirtschaftliche Optimierung

Wärme in MWh/d





Wie viel Energie liefert meine Solaranlage im Jahresverlauf?

- Temperaturniveau
- Wochen- und Jahresprofil
- Erfolgt häufig mittels Simulationen

Solarwärme ja oder nein - Machbarkeitsabschätzung

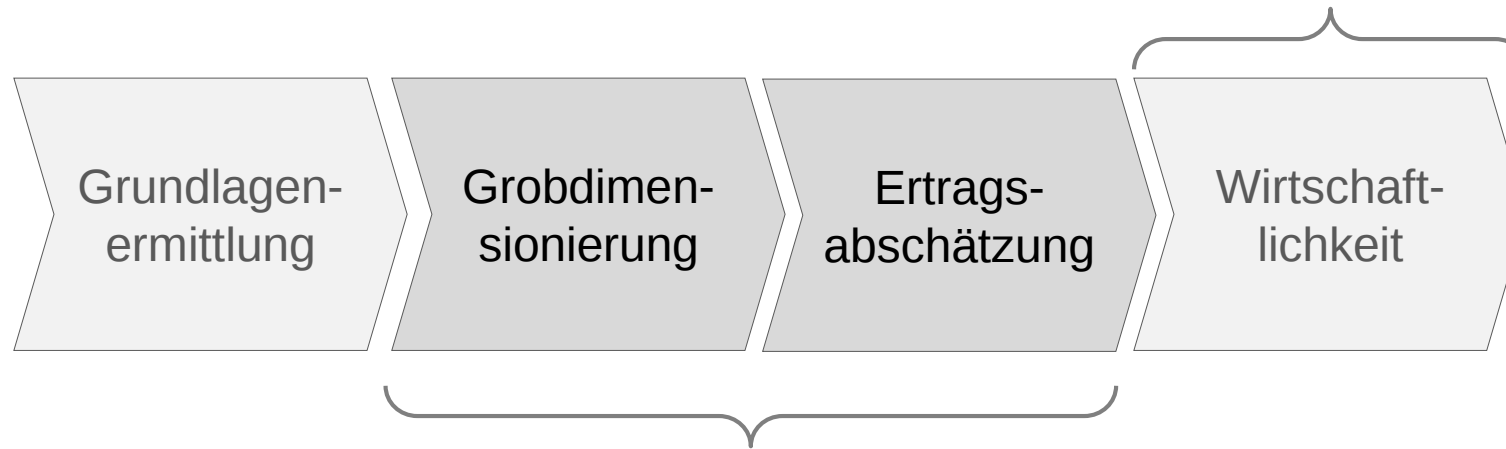


- Investitionskosten und Förderung
- Nutzungsdauer, AfA, Kalkulationszins und Preissteigerung
- Bedarfs- und betriebsgebundene Kosten
 - Solare Wärmeherstellungskosten

Solarwärme ja oder nein - Machbarkeitsabschätzung

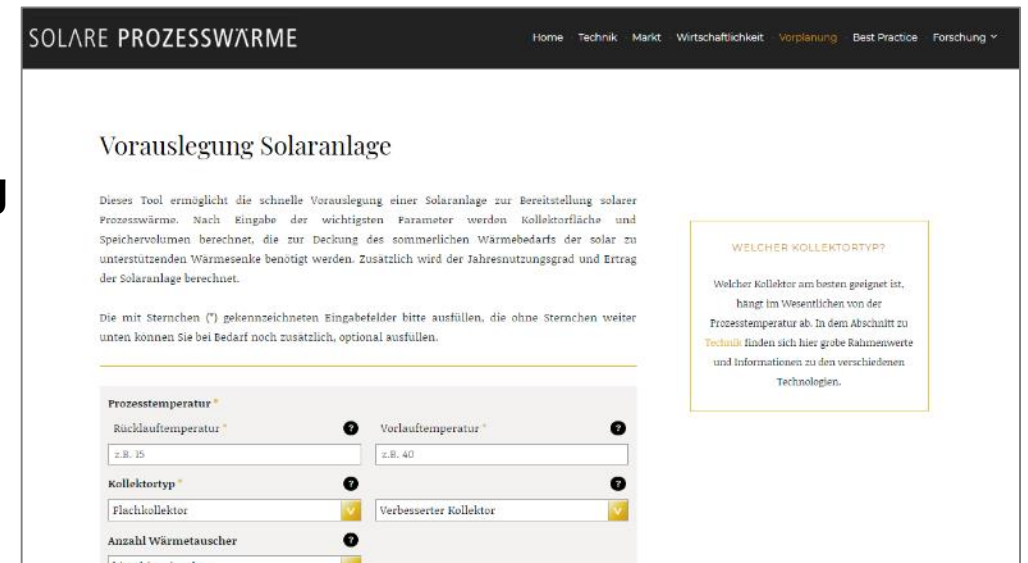
Excel-Tool

www.solare-prozesswärme.info/wirtschaftlichkeit



Online Vorauslegungstool

www.solare-prozesswärme.info/vorauslegung



SOLARE PROZESSWÄRME Home Technik Markt Wirtschaftlichkeit **Vorauslegung** Best Practice Forschung

Vorauslegung Solaranlage

Dieses Tool ermöglicht die schnelle Vorauslegung einer Solaranlage zur Bereitstellung solarer Prozesswärme. Nach Eingabe der wichtigsten Parameter werden Kollektorfläche und Speichervolumen berechnet, die zur Deckung des sommerlichen Wärmebedarfs der Solaranlage zu unterstützenden Wärmesenke benötigt werden. Zusätzlich wird der Jahresnutzungsgrad und Ertrag der Solaranlage berechnet.

Die mit Sternchen (*) gekennzeichneten Eingabefelder bitte ausfüllen, die ohne Sternchen weiter unten können Sie bei Bedarf noch zusätzlich, optional ausfüllen.

Prozesstemperatur *	
Rücklauftemperatur *	Vorlauftemperatur *
z.B. 15	z.B. 40
Kollektortyp *	
Flachkollektor	Verbesserte Kollektor
Anzahl Wärmetauscher	
hier hier eintragen	

WELCHER KOLLEKTORTYP?

Welcher Kollektor am besten geeignet ist, hängt im Wesentlichen von der Prozesstemperatur ab. In dem Abschnitt zu **Technik** finden sich hier grobe Rahmenwerte und Informationen zu den verschiedenen Technologien.

Beispiel zur Nutzung des Vorauslegungstools

Warmwasserbereitstellung von 10..60 °C

- 15 m³ WW-Bedarf pro Tag
- Daumenwert: 1 kWh pro m³ pro K
- ca. 750 kWh



Prozesstemperatur *

Rücklauftemperatur *

Vorlauftemperatur *

Kollektortyp *

Flachkollektor

Verbesserter Kollektor

Anzahl Wärmetauscher

Lastprofil *

Tägliches Lastprofil *

Tageslast

Wöchentliches Lastprofil *

Standort *

Deutschland

PLZ *

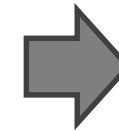
Sommerlicher täglicher Wärmebedarf in kWh/d *

Spez. Speicherkapazität *

Empfehlung

2.8 - 4.6

Eigene Eingabe *



Bruttokollektorfläche in m²

Speichervolumen in m³

Spez. Ertrag in kWh/(m²_{br}*a)

Ertrag in MWh

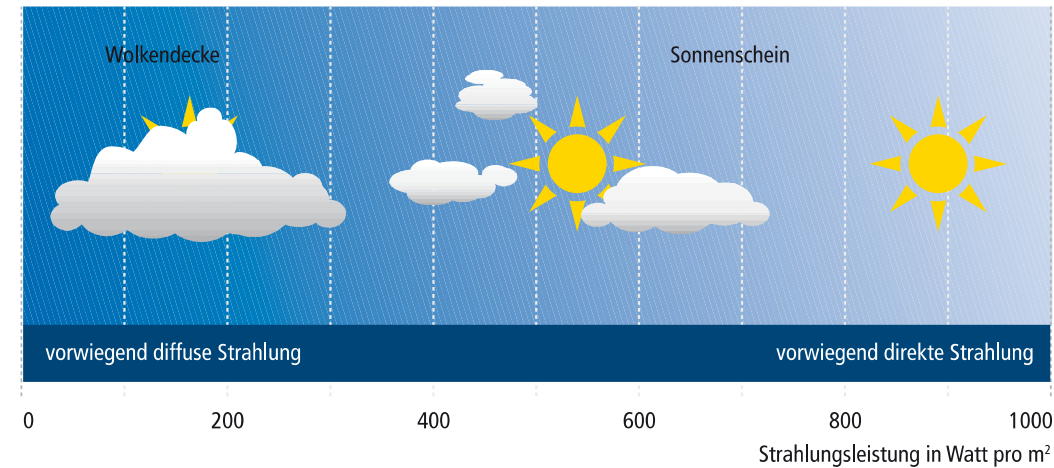
Systemnutzungsgrad in %

Auslegungswert in kWh/(m²_{br}*d)

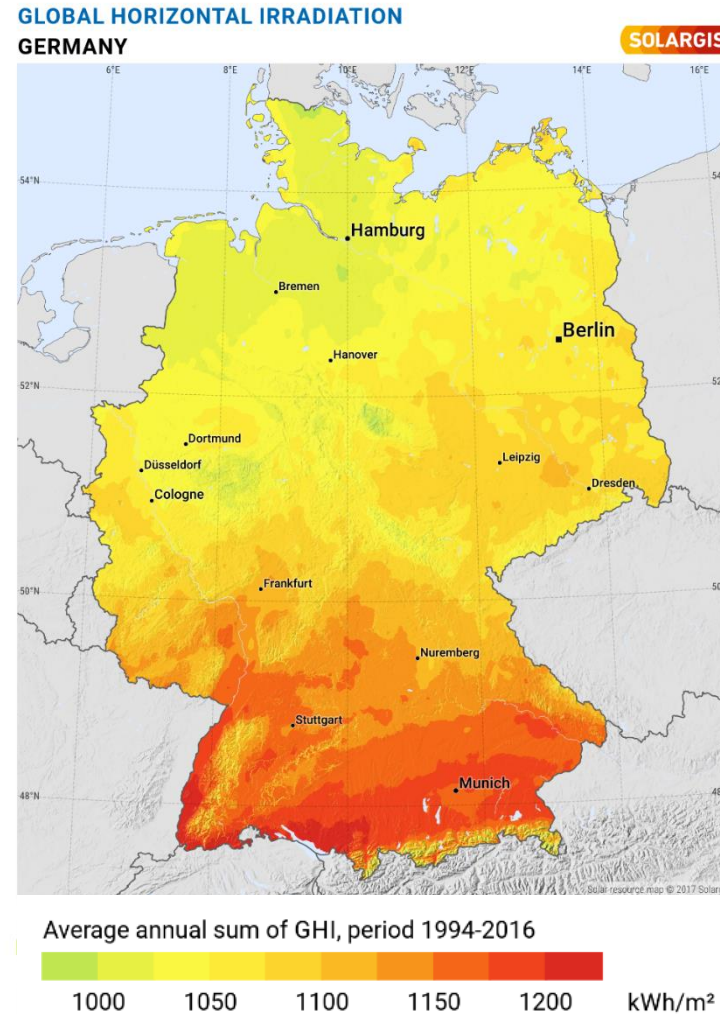
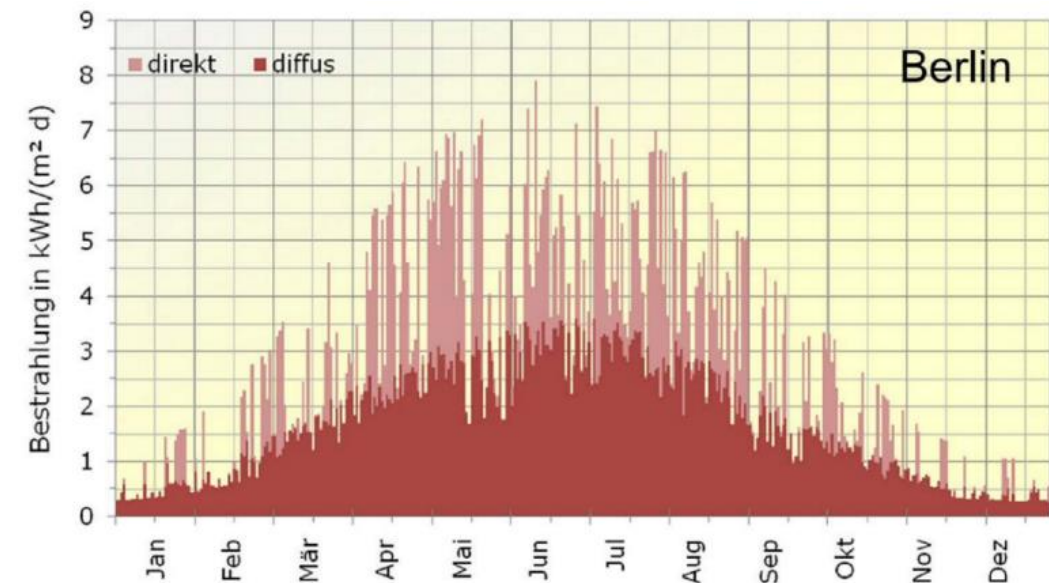
Optimaler Anstellwinkel in °

Solarstrahlung

Solarstrahlung



Quelle: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie



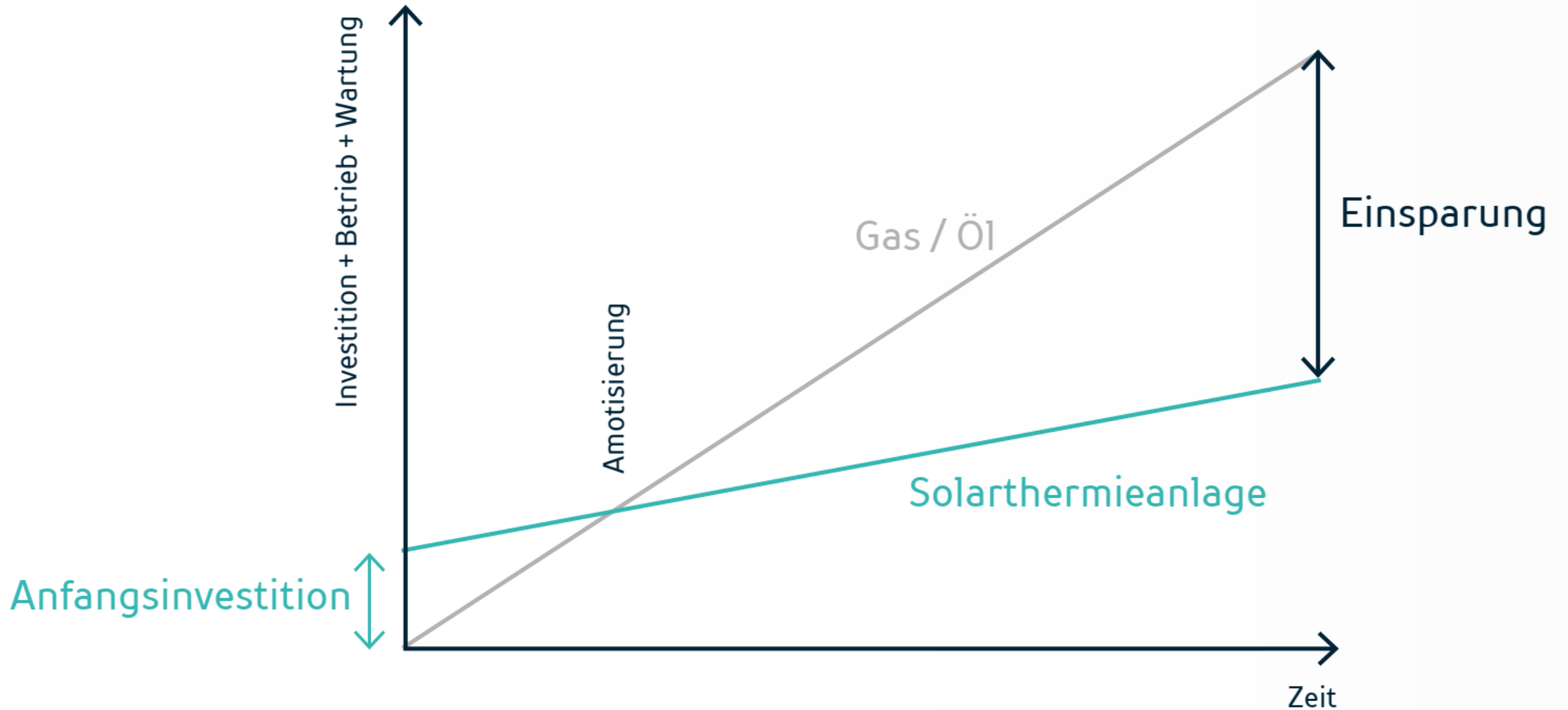
- Peakleistung rund 1.000 W/m²
- Diffusanteil ca. 60 %
- Jahressumme der Globalstrahlung: 1.000..1.200 kWh/m²
- Jahresertrag: 350 .. 600 kWh/m²
 - Temperaturniveau
 - Lastprofil

Wirtschaftlichkeit

+

Contracting

Keine schnelle Amortisation, aber langfristiger Nutzen



Alternative: Wärmeliefercontracting

- Contracting-Unternehmen plant, finanziert, baut und betreibt die Solaranlage
- Vertraglich geregelter Preis (bspw. an den Gaspreis gekoppelt)



Verringerte Wärmekosten



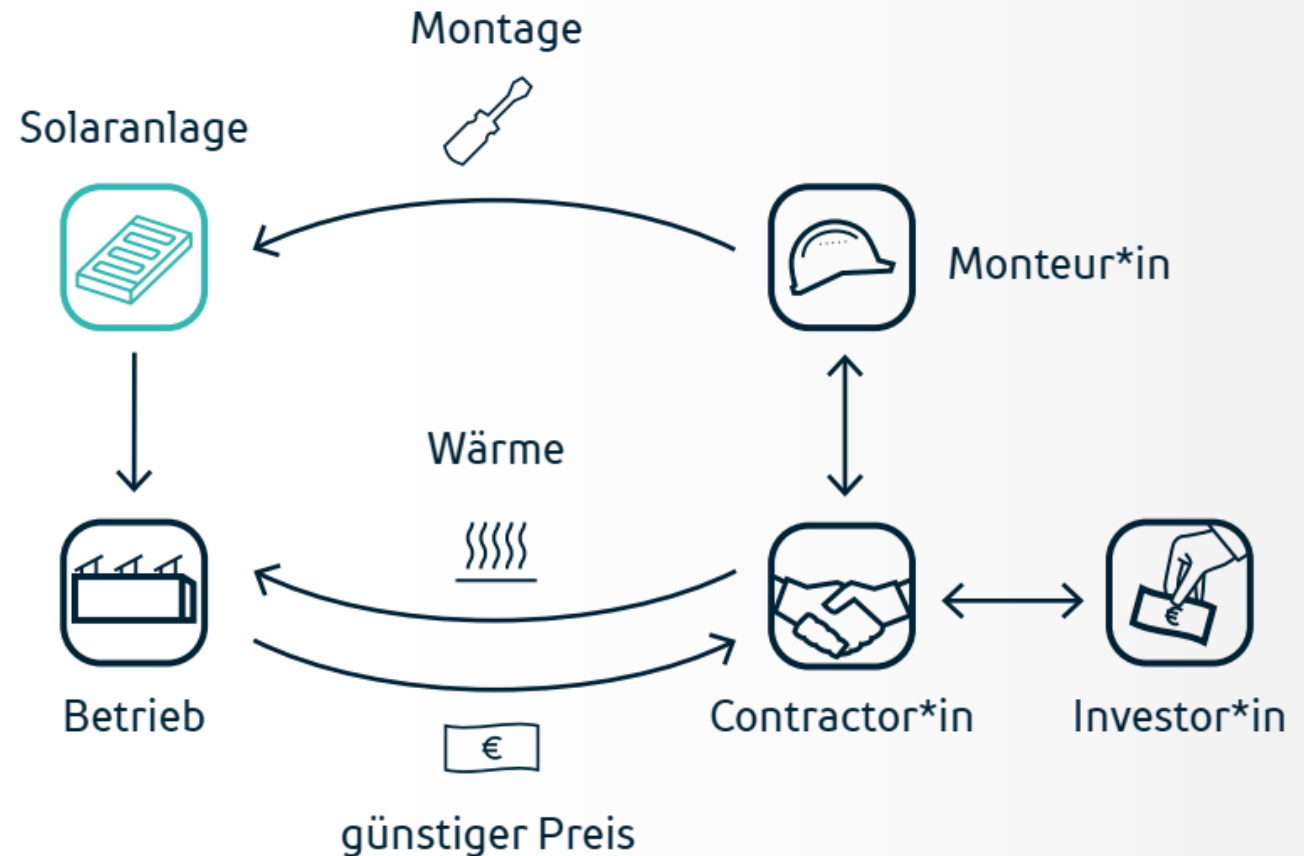
Turnkey-Anlage aus einer Hand



Kein finanzielles Risiko

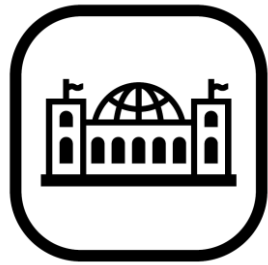


Contracting garantiert effizienten Betrieb



Förderung

Förderung solarer Prozesswärme



45 %
(+10 % KMU)
Förderung



Zuschuss



Tilgungszuschuss
für zinsgünstigen Kredit



Förderung der Turnkey-Kosten

Planung, Hardware, Installation,
Prozessanbindung, Messtechnik

Seit 01.01.2019 zusammengeführtes
Förderprogramm für Energieeffizienz und
erneuerbare Wärme in der Wirtschaft

Machbarkeitsabschätzung auch förderfähig!

Definition „Solare Prozesswärme“

Auszug aus neuer RiLi (Stand 01.01.2019)

„Anlagen zur Bereitstellung von Wärme aus Solarkollektoranlagen, Wärmepumpen oder Biomasse-Anlagen, deren Wärme zu über 50 % für Prozesse, das heißt zur **Herstellung, Weiterverarbeitung oder Veredelung von Produkten** oder zur **Erbringung von Dienstleistungen** verwendet wird.“

- Eine anteilige Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser oder thermisch angetriebene Kühlung ist möglich (< 50 %)

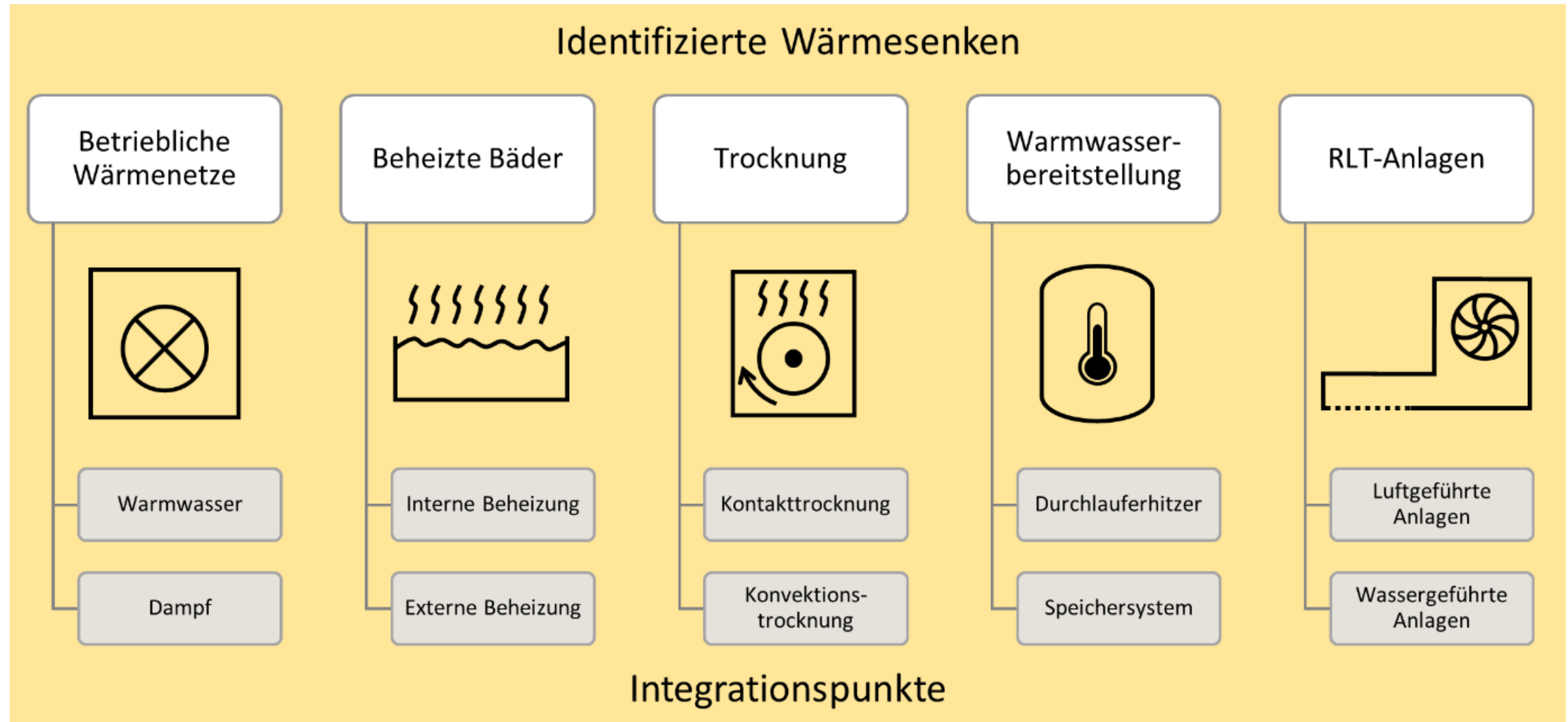
Dienstleistungen beinhalten gewissen Spielraum

Seit 1.1.2019 auch Hotels, Schwimmbäder, Krankenhäuser, etc. förderfähig

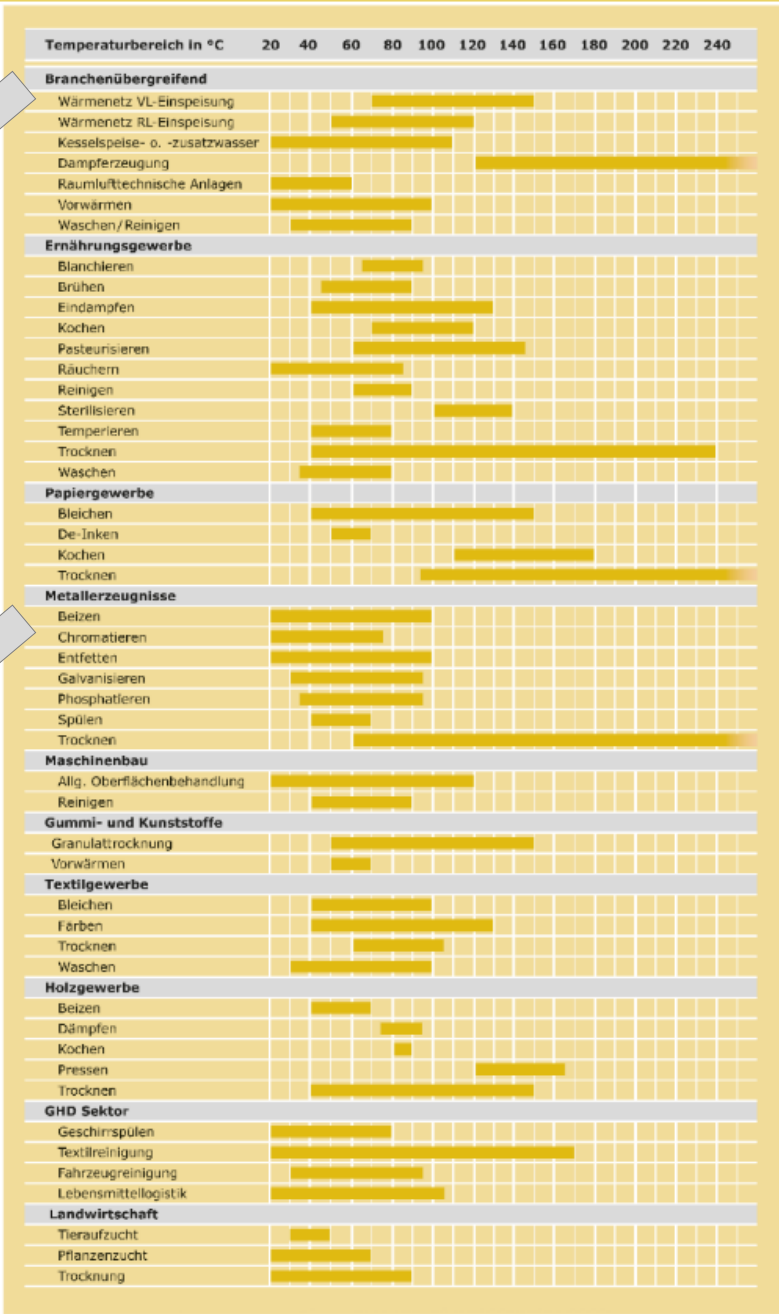
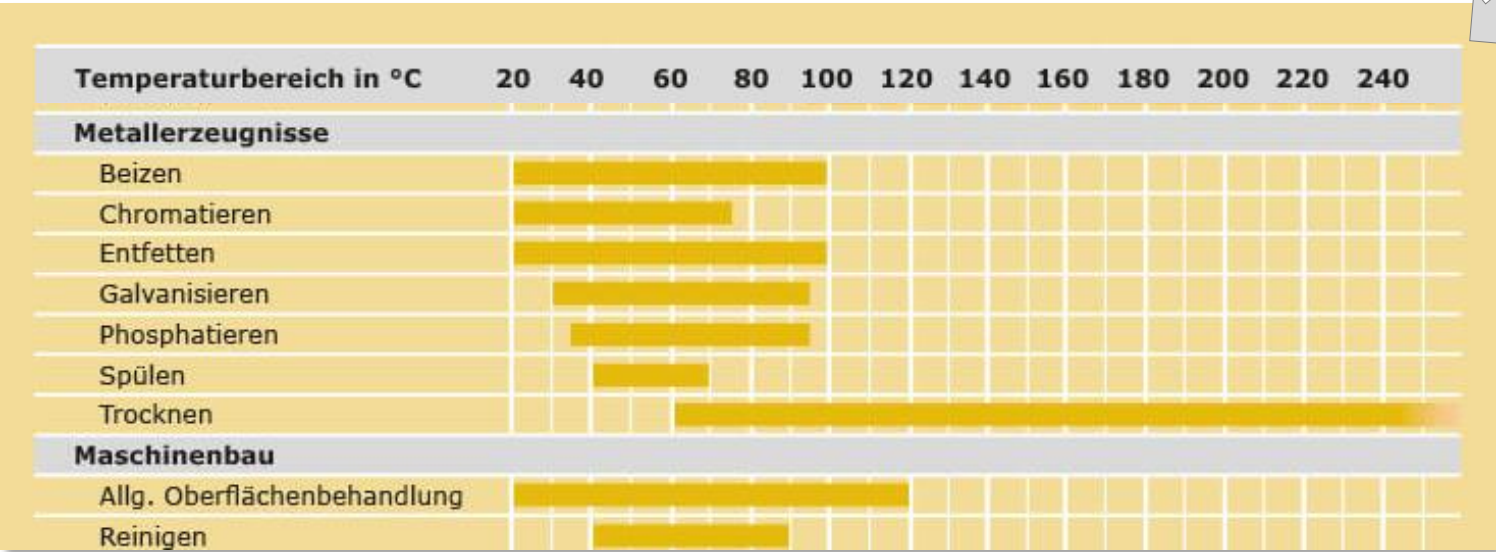
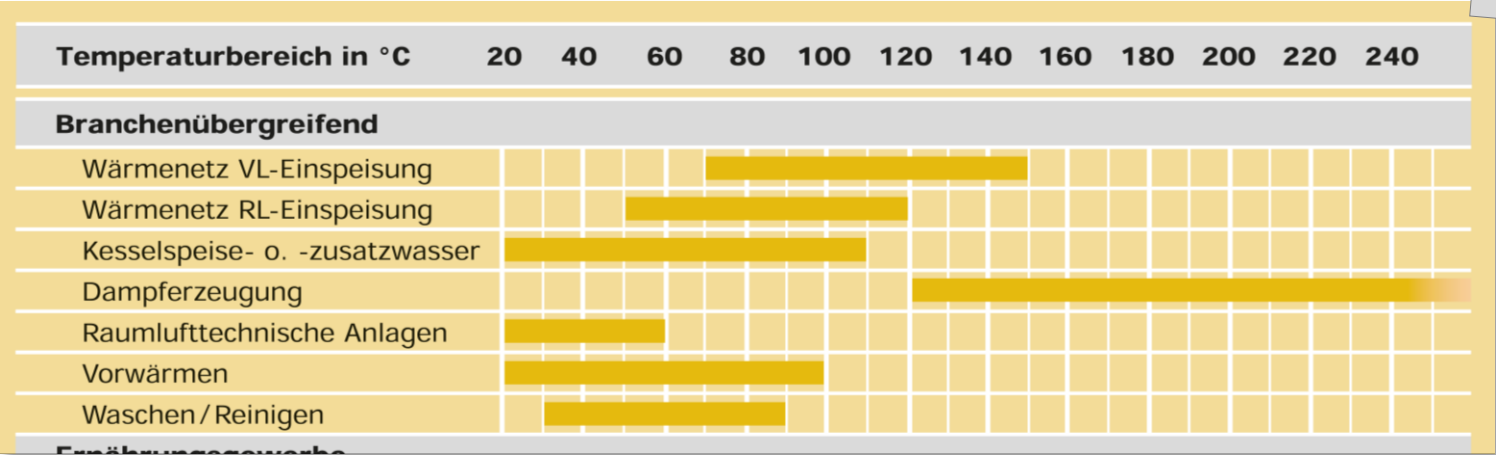


Anwendungen

Prozesstemperaturen bis 150 °C – um welche Wärmesenken handelt es sich?



Anwendungen



<http://www.solare-prozesswärme.info/markt/>

Jede Wärmeerzeugungstechnologie unterliegt bestimmten Limitierungen:

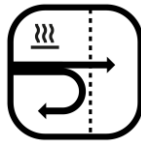
- Limitierte Energiequelle (*Flächenkonkurrenz, Abwärme, Umweltwärme, Solarstrahlung etc.*)
- Limitiertes CO₂-Vermeidungspotential (*fossil betriebene KWK etc.*)
- Technische Limitierungen (*Netzstabilität, Temperaturabhängige Effizienz, max/min Temperaturen etc.*)
- Regulatorische Limitierungen (*max. Betriebsdauer etc.*)

→ Eine weitreichende dezentrale Dekarbonisierung kann nur in den seltensten Fällen mit nur einem erneuerbaren Wärmeerzeuger erreicht werden

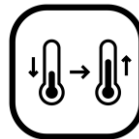
→ Integrierte Energiesysteme mit bspw.:



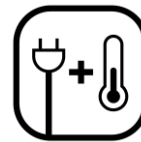
Biomasse



Abwärme



Wärmepumpen

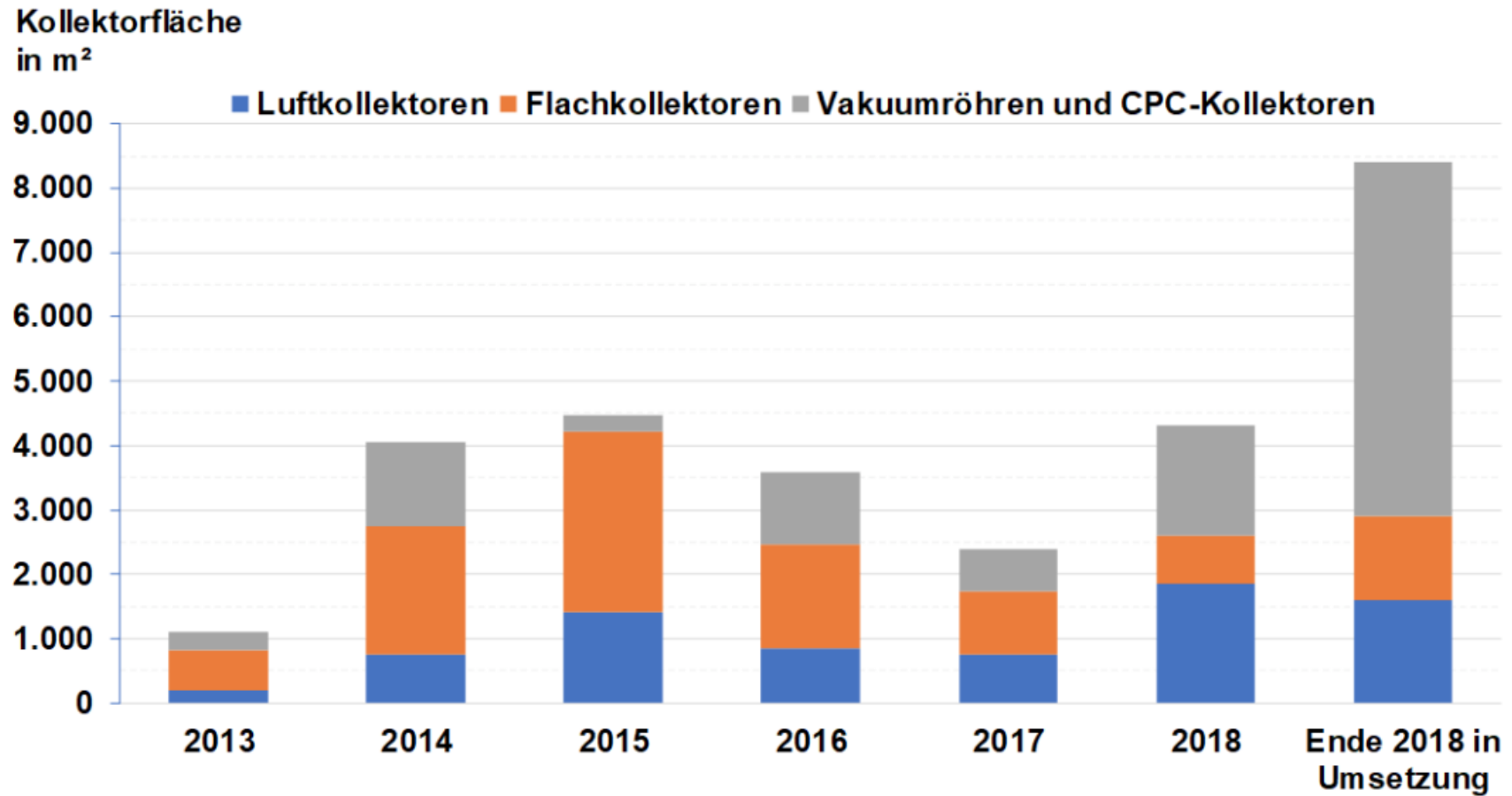


KWK



Solarthermie

Markt



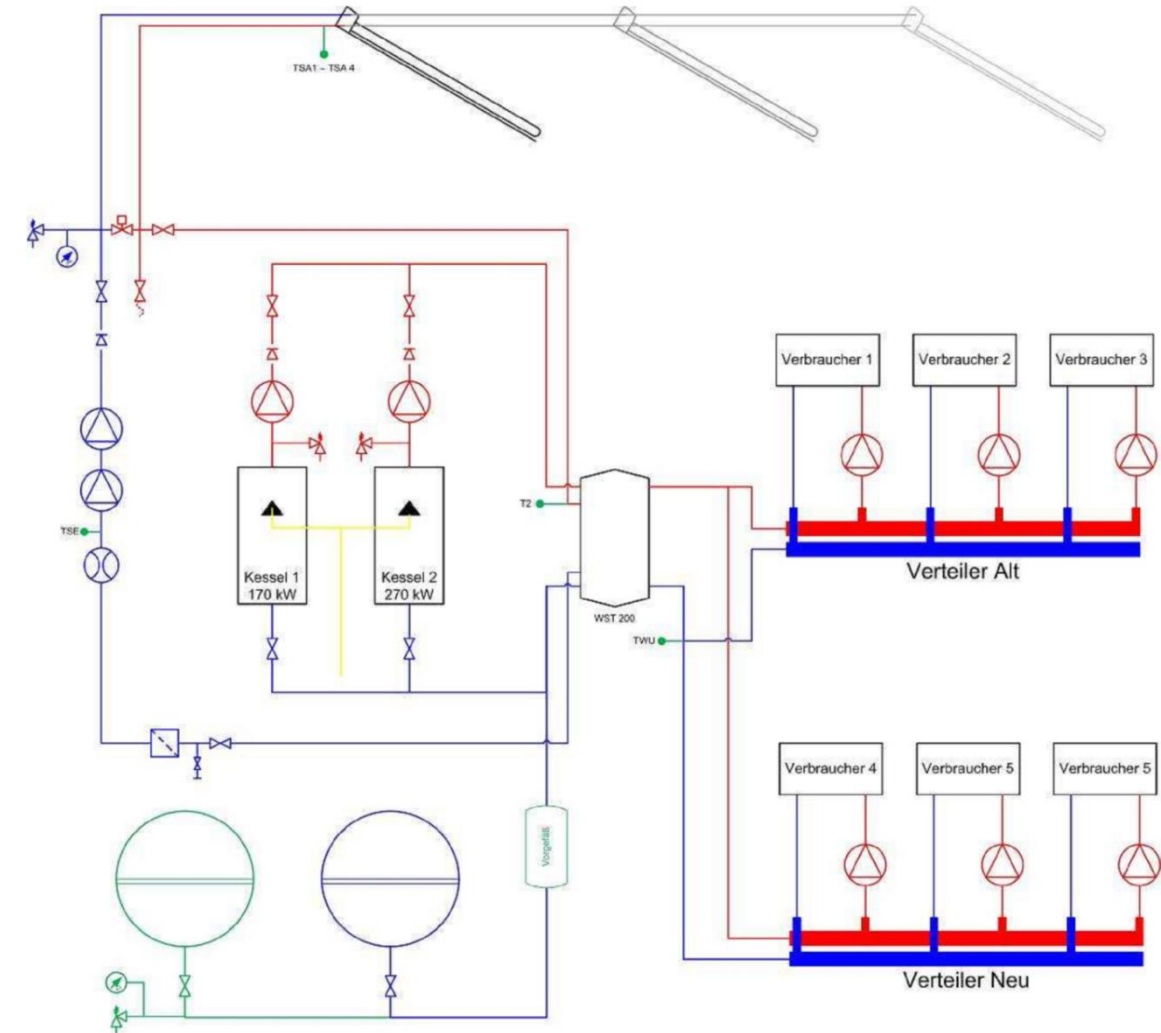
Anlagenzahl	29	74	53	43	42	38	38
Ø-Größe	38	55	84	83	57	113	221

Best Practice

Galvanik & Lackierereien

Hustert Galvanik, Germany

- Badbeheizung bei 90 °C
- Parallele Integration zum Kessel
- Deckt 40 % des Wärmebedarfs
- 450 kWh/m²a



Metallveredlung

- 297 m² CPC-Kollektoren, 15 m³ Pufferspeicher
- 4 Reihen nach NO, 3 nach SW orientiert
- Beheizung verschiedener dezentraler Wärmesenken

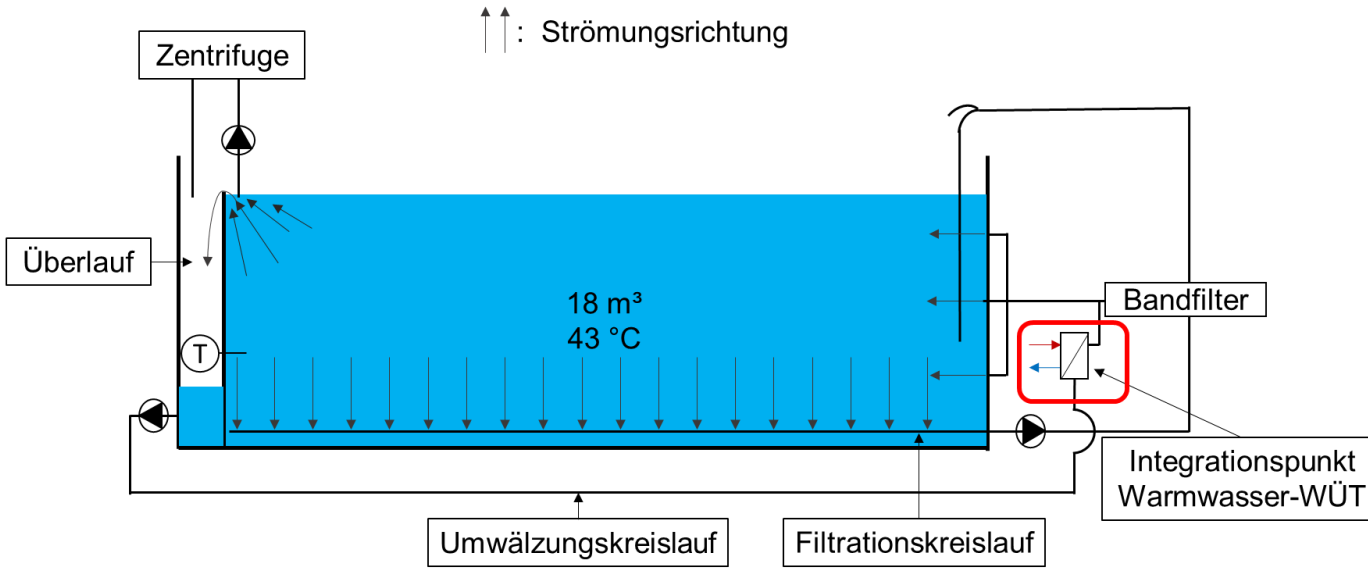


Lackiercenter Schulte in Meppen

- 134 m² Vakuumröhrenkollektoren mit 2 x 5 m³ Speicher
- Luft-Wasser-Wärmetauscher mit bis zu 85 °C Vorlauftemperatur
- Prozesswärme für
 - Außenluftvorerwärmung für Lackierprozess (24 °C, 22.000 m³/h)
 - Trocknung (70 °C, 1.200 m³/h)
- Jahreswärmebedarf: 180 MWh
- 30 % solare Deckung



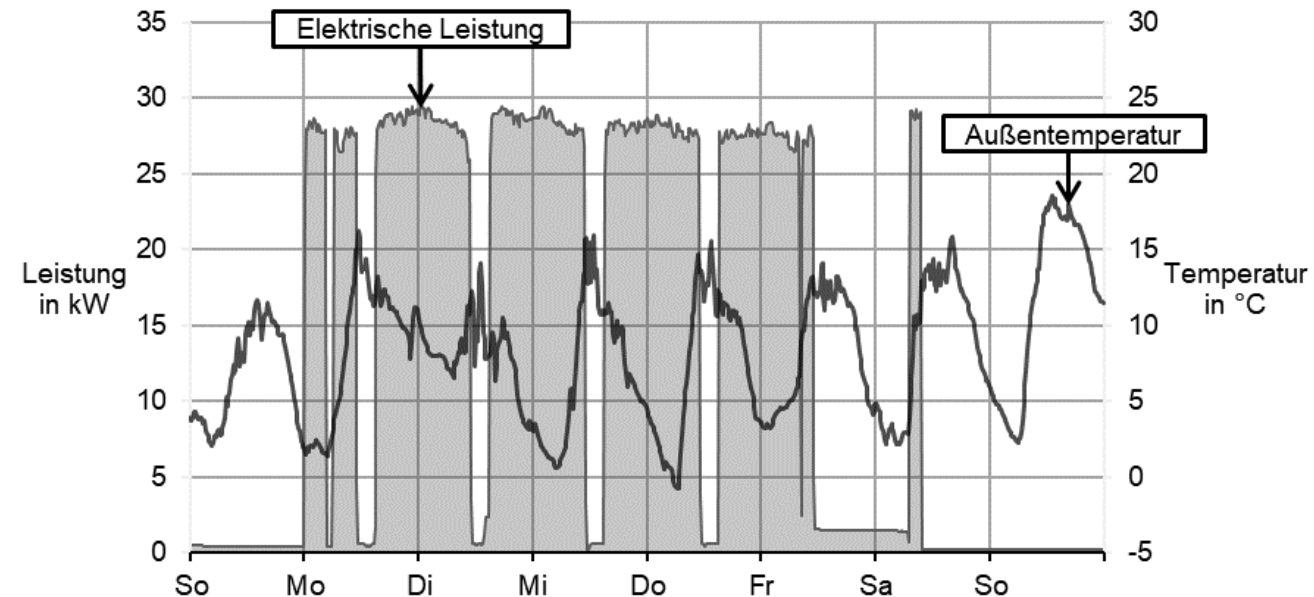
Beispiel: Vorbehandlung für Lackierung in Tauchbad



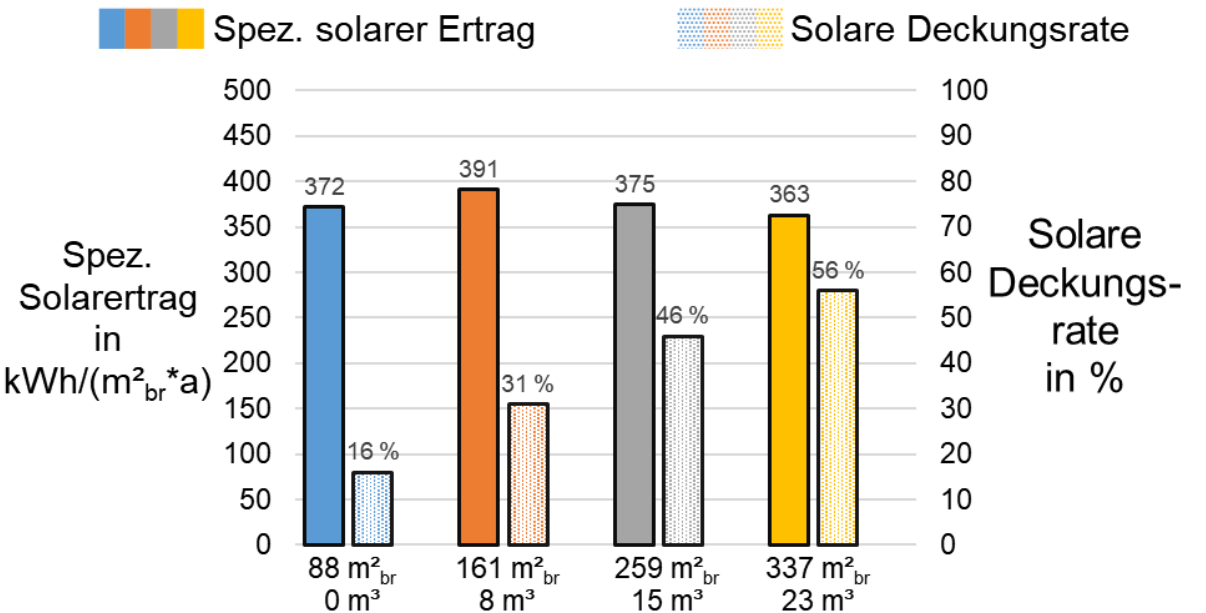
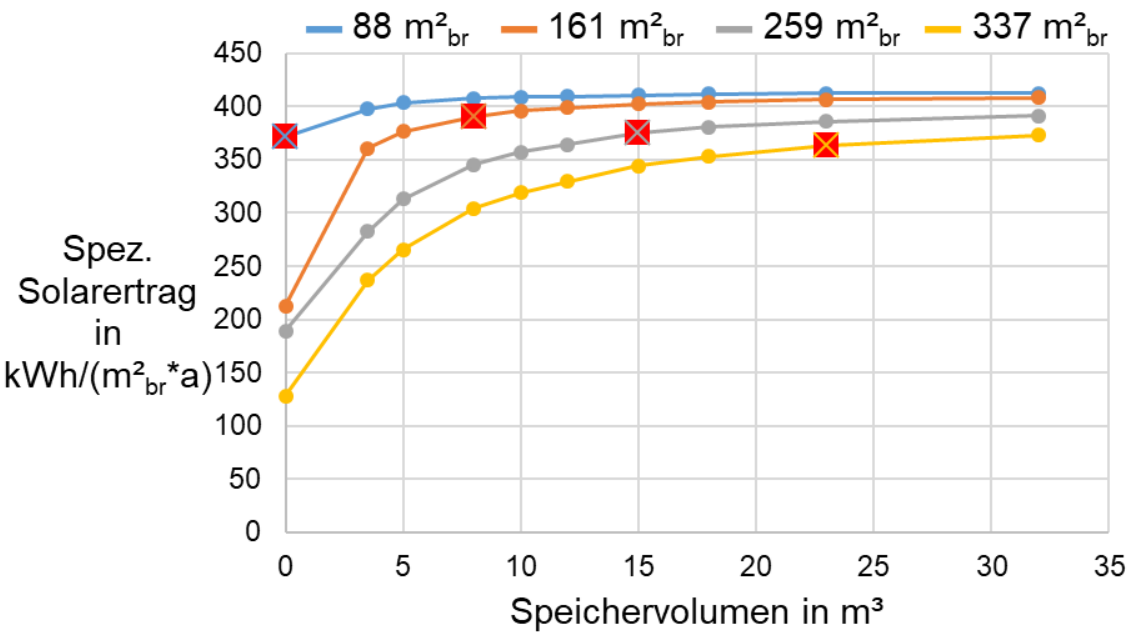
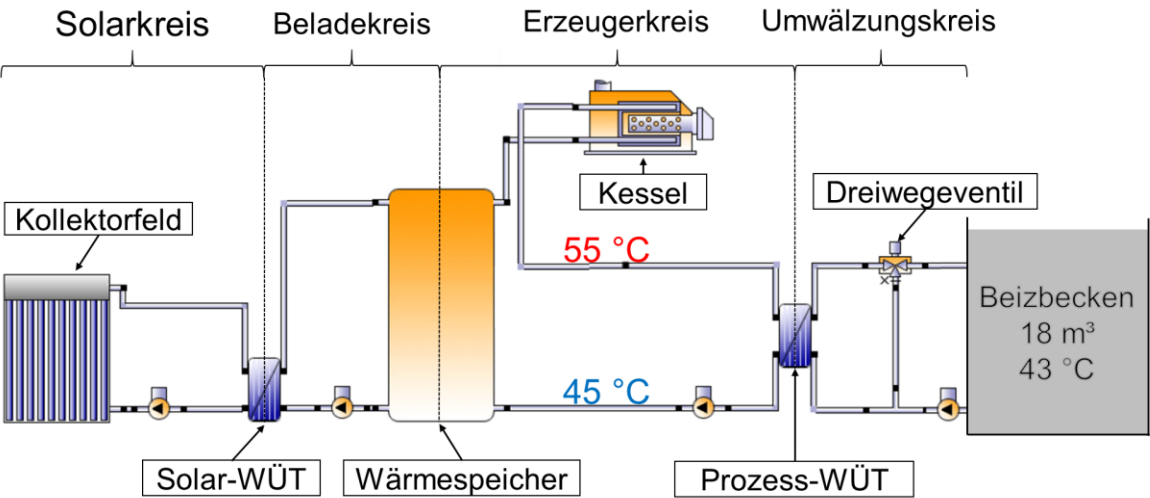
→ Einfache Integration eines Warmwasser-WÜT

→ Nahezu konstanter Wärmebedarf:

- 670 kWh/d
- 210 MWh/a



Beispiel: Vorbehandlung für Lackierung in Tauchbad



Gasdruckregelanlagen

Gasdruckregelanlage (EnergieNetz Mitte)

355 m² FK, 25 m³ Speicher, kombiniert mit Nahwärme (Biogas)



135 m² FK, 10 m³ Speicher



420 m² FK, 20 m³ Speicher



Brauereien

Solarunterstütztes Bierbrauen

- Hütt Brauerei, Kassel
- 155 m² FK + 10 m³
- Brauwassererwärmung
- Hofmühl Brauerei, Eichstätt
- 835 m² CPC, 2 x 55 m³
- Flaschenreinigung
- Rothaus Brauerei, Grafenhausen
- 1.000 m² VRK + 50 m³
- Flaschenreinigung, Brauwasser



Hofmühl



Enersolve GmbH

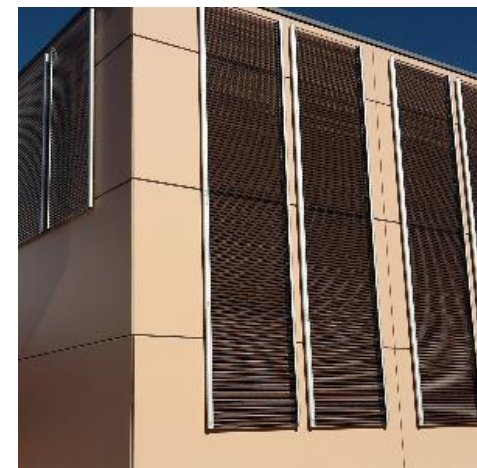


Solare Flaschenreinigung bei der Rothaus Brauerei

- Seit Oktober 2018 1000 m² in Betrieb
- Vakuumröhrenkollektor (Heat Pipe)
- Aufstellungsort: Hallendächer und Fassade

Besonderheiten:

- Besonders leichte Aufdachkonstruktion ermöglicht Aufstellung auf Produktionshallendächern
- Automatische Abschalttemperatur der Röhren bei 140°C zur Vermeidung von Stagnation
- Röhren können im Sammler optimal ausgerichtet werden



Heineken (BrauUnion), Österreich

- Brauerei Göss
- Solarunterstütztes Maischen (80..90 °C)
Speisewasseraufheizung (15..85 °C)
- 1.500 m² FK (1 MW)
- 200 m³ Pufferspeicher
- Inbetriebnahme 6/2013
- 43 €/MWh_{sol}



AEE INTEC

Lebensmittel

Berger Fleischwaren, Österreich

- Sieghartskirchen
- WW für Reinigungsprozesse (40..70 °C)
- Vorwärmung Kesselspeisewasser (28..93 °C)
- 1.100 m² FK (770 kW)
- 60 m³ Speicher
- 470 kWh/m²
- 45 €/MWh_{sol}

S.O.L.I.D.



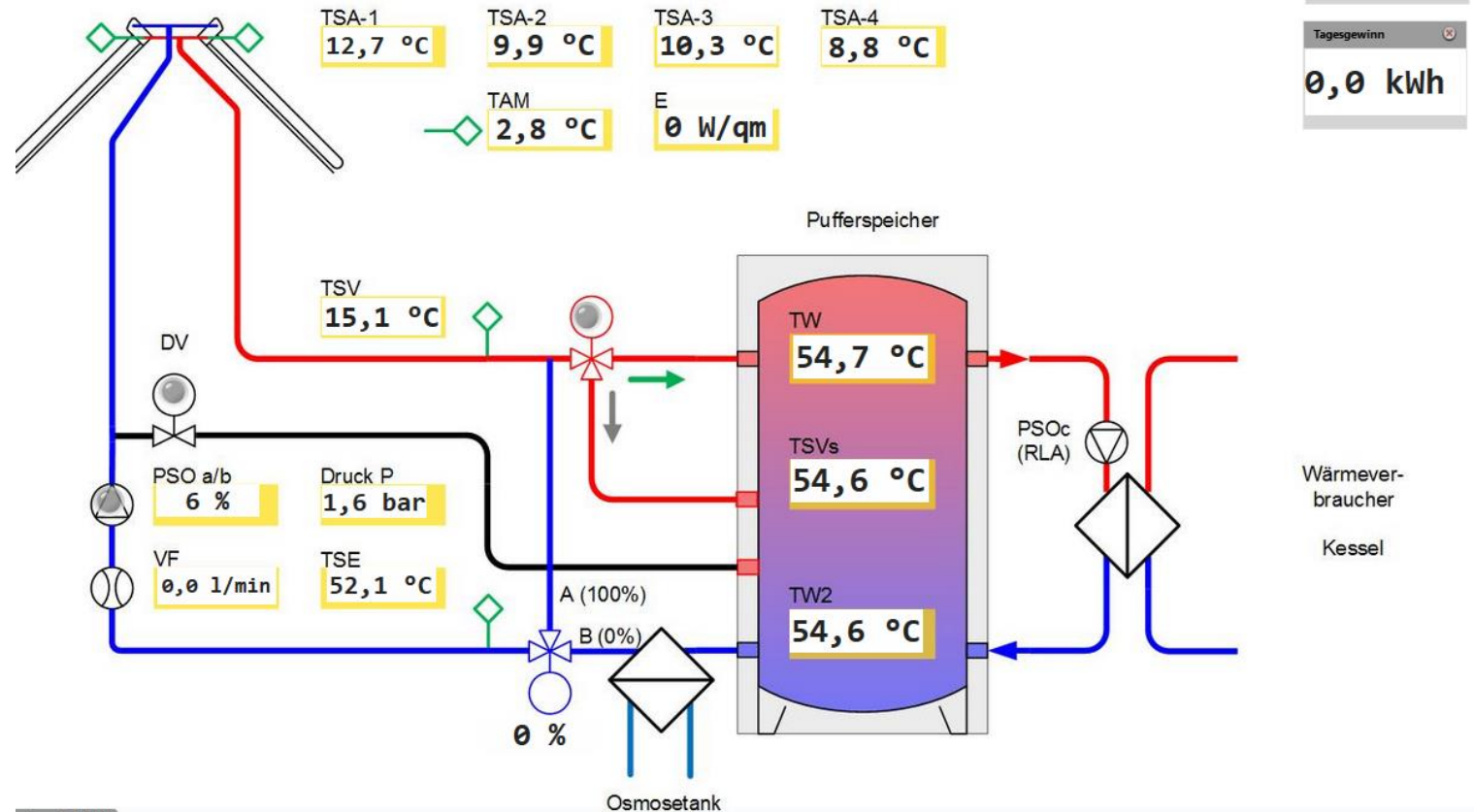
Autowaschanlagen

Mr. Wash AG

- Solaranlage ist Bestandteil bei jedem Neubau
- Bislang 1.500 Quadratmeter Kollektorfläche installiert in Hannover, Bremen, Kassel, Mannheim und demnächst Bonn



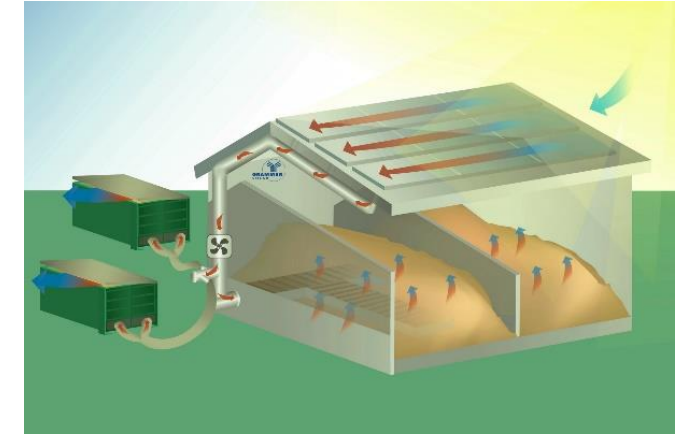
Funktionshydraulik Solar Projekt P17_2579 Mr. Wash Kassel



Luftkollektoranlagen

Solare Holzhackguttrocknung im Odenwald

- 507 m² Luftkollektoren
(entspricht Nennleistung von 340 kW)
- Inbetriebnahme: 2015
- max. Luftleistung: 28.000 m³/h
- Ertrag von mehr als 600 kWh/m²*a



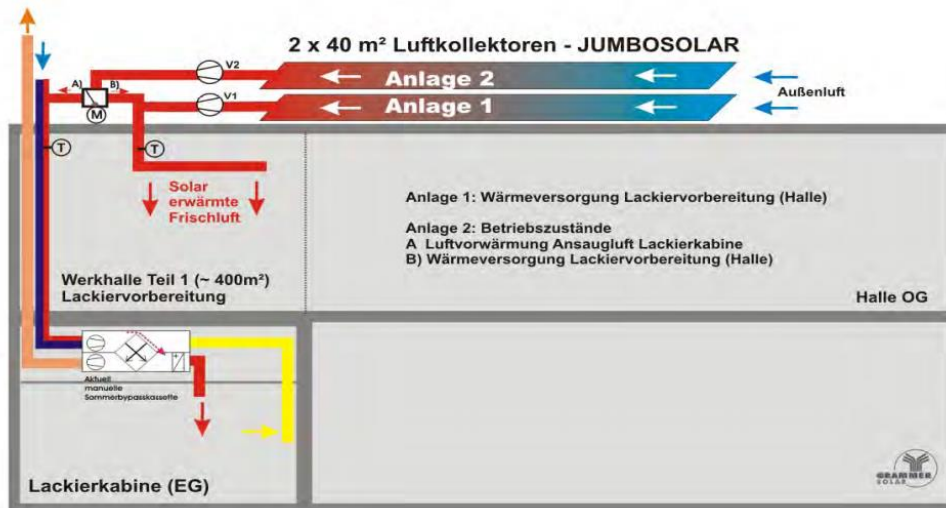


Grubmüller GbR, Schöllnach (Deggendorf)

- Biomassetrocknung
- 1.313 m² Luftkollektoren
- 300 m³ **Steinspeicher**, 432 t Speichermedium
- Umsetzung: Grammer Solar

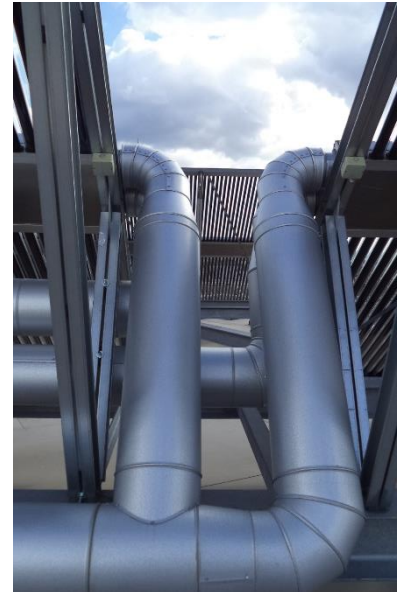
Fa. Lethe GmbH in Hamburg

- Herstellung von Schiffen & Jachten
- 80 m² Luftkollektoren (54 kW)
- 2.800 m³/h
- Prozesswärme für
 - Außenluftvorerwärmung für Lackierprozess
 - Raumerwärmung der Lackiervorbereitung



Pfizer, Freiburg

- Raumluftkonditionierung (Trocknung)
- Bisher: Entfeuchter, teilweise elektrisch
- Neu: 120 m² Vakuumröhrenluftkollektoren
- Regeneration des Sorptionsrades durch solarvorgewärmte Luft
- Deckungsanteil 50 %





Solarthermie auch in Industrie und Gewerbe
hervorragende Möglichkeit zur **Wärmebereitstellung** mit großem Potential



Attraktive Förderung ermöglicht **niedrige Wärmepreise**,
teils deutlich unterhalb fossiler Energie



Solare Prozesswärme als eine wichtige Technologie
zur Reduktion der Energiekosten und Emissionen



Wärmewende nur mit integrierten Energiesystemen inkl. Solarthermie schaffbar



Weitere Informationen unter
www.solare-prozesswaerme.info

Vielen Dank!

prozesswaerme@uni-kassel.de