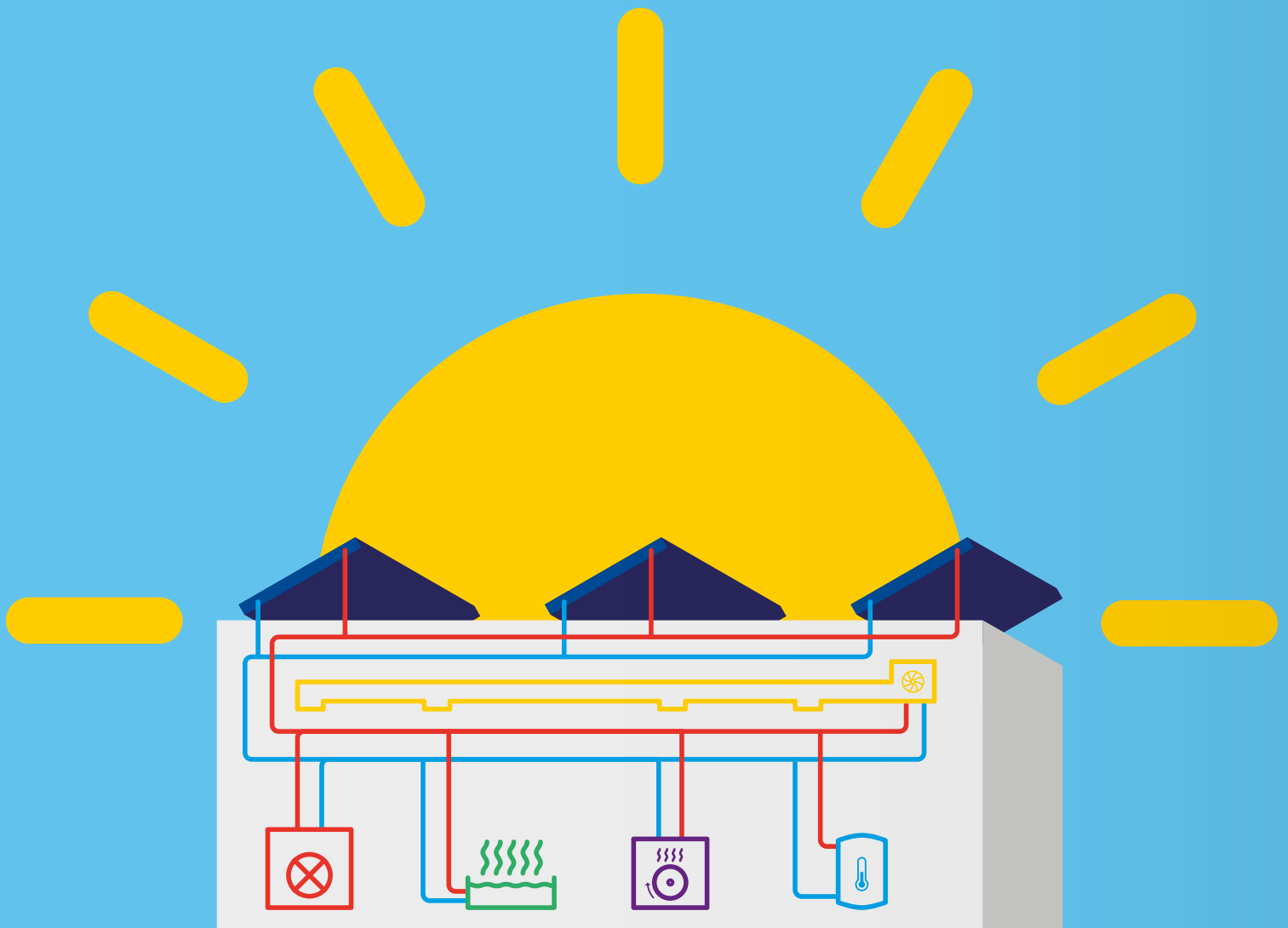


SOLARE PROZESSWÄRME

FÜR INDUSTRIE UND GEWERBE



Dr. Bastian Schmitt
Felix Pag
Mateo Jesper

kondensierteinformationen
alleswasmanwissenmuss
leitfaden

Autoren

Dr. Bastian Schmitt, Felix Pag, Mateo Jesper

Universität Kassel
Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik
Kurt-Wolters-Str. 3
34125 Kassel
solar@uni-kassel.de
www.solar.uni-kassel.de

Unterstützt durch

upp – Fachgebiet Umweltgerechte Produkte und Prozesse, Universität Kassel
STREKS – Stiftung für Ressourceneffizienz und Klimaschutz, Karlsruhe
AEE – Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf

Konzept und Gestaltung

Samson Apfel | www.samsonapfel.de

Diese Broschüre wurde mit Farben auf Pflanzenölbasis auf 100 % Recyclingpapier gedruckt, klimaneutral produziert und versendet.

Kassel, April 2019

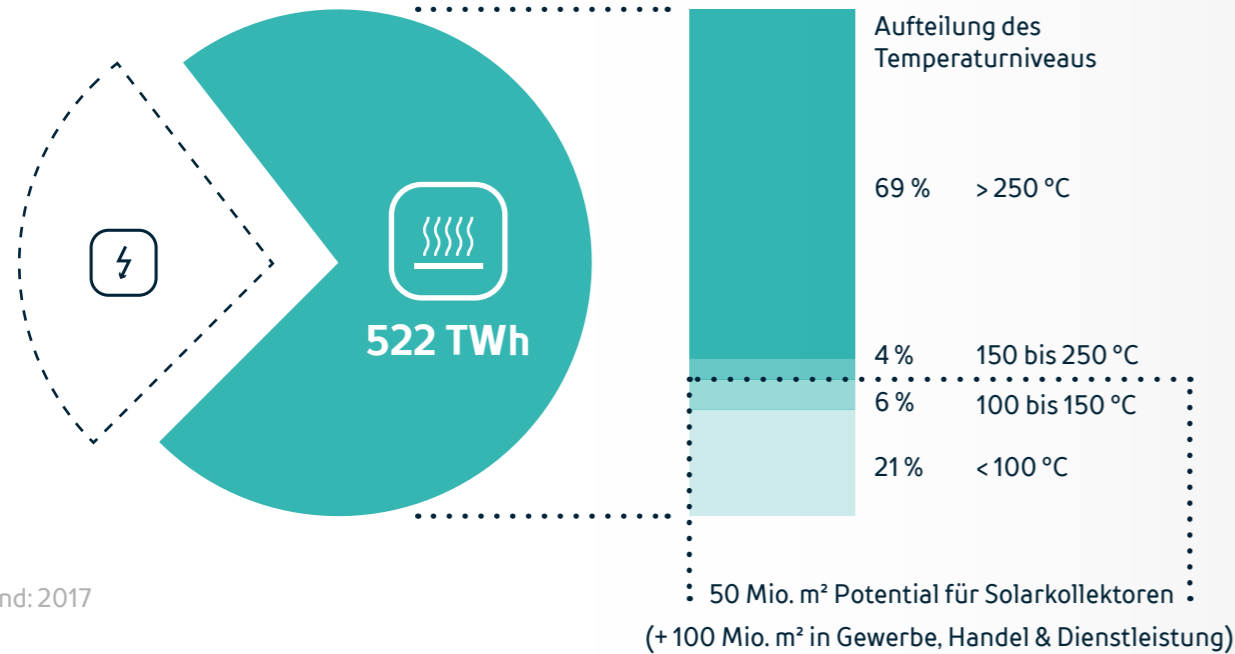


Inhalt

Gute Gründe für solare Prozesswärme.....	2
Wie es funktioniert	4
Vorauslegung einer Solaranlage	6
1 – Wärmenetze	8
2 – Beheizte Bäder, Maschinen oder Tanks	10
3 – Trocknungsprozesse.....	12
4 – Warmwasserbereitstellung	14
5 – Raumluftechnische Anlagen.....	16
Kosten und Wirtschaftlichkeit	18
Die wichtigsten Schritte bei der Projektierung.....	20
Best Practice Beispiele	22
Informationsmöglichkeiten.....	24
Kontakt	Rückseite

Gute Gründe für solare Prozesswärme

Endenergieverbrauch der deutschen Industrie



Stand: 2017

Eine Investition in den Wettbewerbsvorteil von morgen

Die fossilen Brennstoffpreise sind stark von der Situation am weltweiten Rohstoffmarkt abhängig und könnten zukünftig steigen – auch durch Energie- und CO₂-Abgaben. In eine solarthermische Anlage wird nur einmal investiert. Anschließend kann über mindestens 20 Jahre die solar erzeugte Wärme fast ohne weitere Kosten genutzt werden, da die Betriebs- und Wartungskosten sehr gering sind. Damit stabilisiert die Solarwärme die Energiekosten eines Unternehmens.

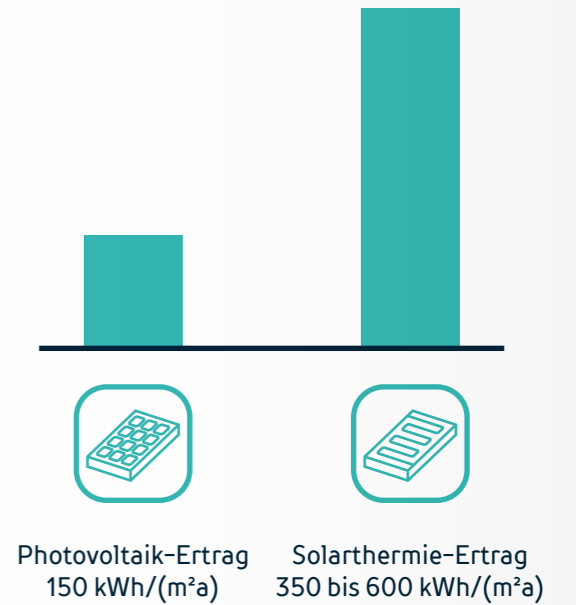


Außendarstellung

Ein BHKW im Keller und keinen Menschen interessiert? Die Solaranlage ist auf jedem Unternehmensfoto zu sehen und gibt jedem Betrieb ein grünes Image. Das kann für ein erfolgreiches Marketing genutzt werden.

Vorteile Solarthermie

Im Vergleich zu Photovoltaik (PV) kann bei gleicher Fläche die dreifache Menge an Energie gewonnen werden. Die Komponenten sind ausgereift und praxisbewährt. Im Gegensatz zur Photovoltaik bringen Solarthermieanlagen keinen administrativen Aufwand mit sich.



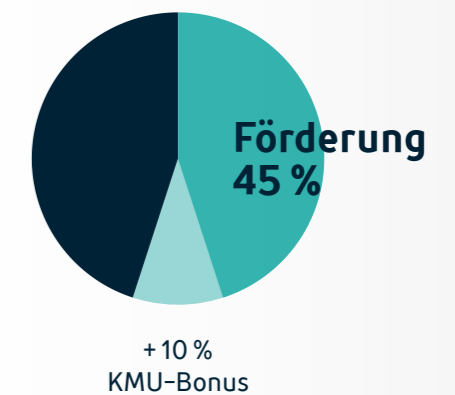
Umweltverträglichkeit

Solarwärme ist CO₂-frei und kann mit jedem anderen Wärmeerzeuger kombiniert werden, egal ob mit Wärmepumpen, BHKW oder Gas-, Öl- und Biomassekesseln. Die Installation einer Anlage wird im Rahmen des Energiemanagementprozesses anerkannt. Ein zusätzlicher Benefit ergibt sich bei wahrscheinlichen zukünftigen ordnungsrechtlichen Vorgaben, wie beispielsweise einem Mindestanteil an erneuerbaren Energien.



Attraktive Förderung

In Deutschland werden mindestens 45 % der Turnkey-Kosten (Planung, Komponenten, Installation, Einbindung) vom Staat beigesteuert. Damit ist solare Wärme meistens günstiger als fossile und es ergibt sich eine attraktive Verzinsung.



Wie es funktioniert

Eine Solaranlage besteht im Wesentlichen aus den Kollektoren und einem Speicher, deren Spezifikationen maßgeblich dadurch bestimmt werden, wofür die Solarwärme genutzt wird. So gibt es bspw. für unterschiedliche Temperaturbereiche jeweils besonders gut geeignete Kollektoren. Eine Herausforderung liegt darin, den besten Integrationspunkt für die Solarwärme in die Wärmeversorgung zu finden. Geeignete Wärmeverbraucher haben idealerweise auch im Sommer einen hohen Wärmebedarf bei möglichst niedrigen Temperaturen. Auch die gleichzeitige Versorgung mehrerer Wärmeverbraucher ist möglich.

Kollektorarten



Luftkollektoren sind die erste Wahl, wenn große Mengen Warmluft benötigt werden. Die Luft wird direkt im Kollektor erhitzt.



Flachkollektoren sind robust, einfach und günstig und daher am verbreitetsten. Temperaturen bis 80 °C bzw. 100 °C (doppeltverglast).



Vakuumröhrenkollektoren sind wartungsfreundlich, langlebig und leistungsstark. Temperaturen bis 100 °C. Mit zusätzlichem, rückseitigem Spiegel (= CPC-Kollektor) bis 120 °C.



Konzentrierende Kollektoren sind eher für höhere Direktstrahlung wie in Südeuropa und Temperaturen bis 250 °C geeignet.

Speichertechnologien

Mit Hilfe eines Speichers kann die solare Wärme zwischengespeichert und genau dann bereitgestellt werden, wenn sie gebraucht wird.

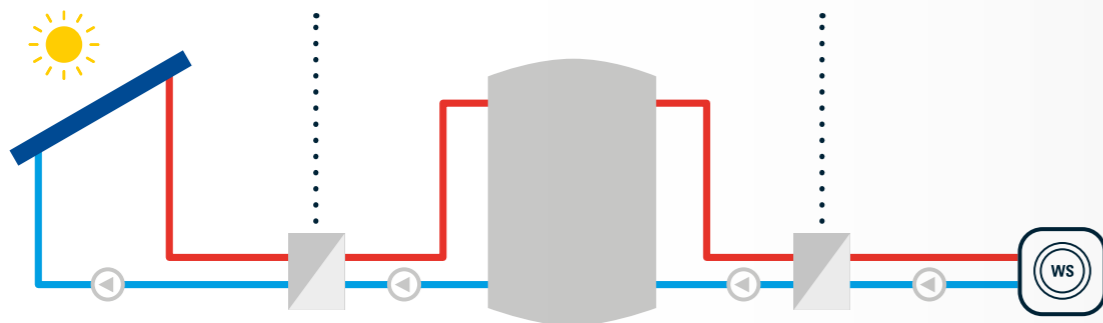
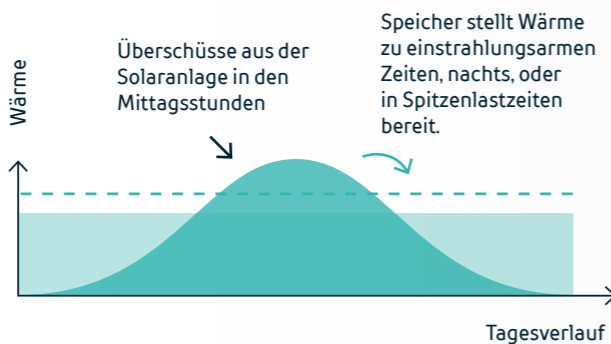
In der Regel werden Wasserspeicher eingesetzt, die bis 95 °C oder 120 °C aufgeheizt werden können. Höhere Temperaturen gehen mit erheblich steigenden Kosten einher.

Grober Daumenwert:
spezifisches Volumen 50 bis 100 l/m²

Wärmeverbraucher

Die solare Wärme kann entweder zentral in das Wärmenetz eines Betriebes eingespeist werden oder dezentral direkt einzelne Anlagen oder Prozesse versorgen.

Je nach Wärmesenke (WS) und der erforderlichen Temperatur wird ein geeigneter Kollektor ausgewählt.



Integration von Solarwärme

Ein guter Integrationspunkt ist entscheidend für den Ertrag und damit für die Rentabilität einer Solaranlage.

Grundregel: Prozesstemperatur ↓, Solarertrag ↑

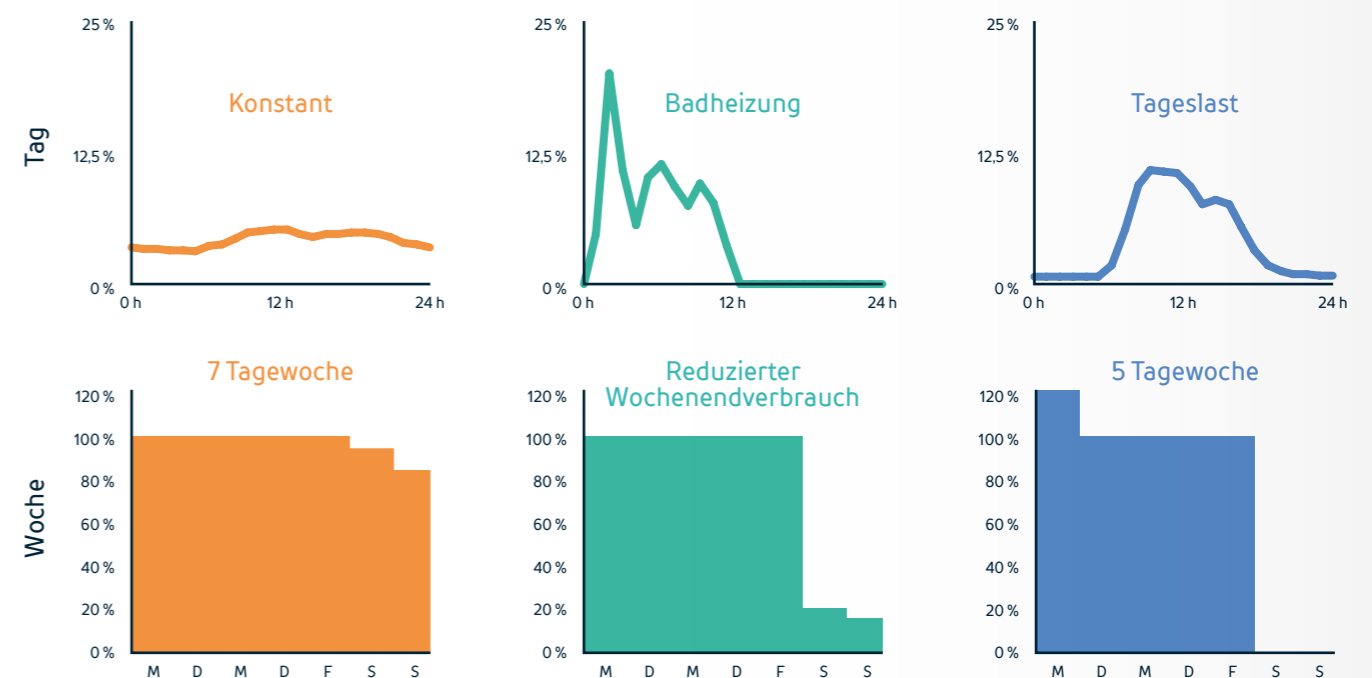
Daher sollte bei der Auswahl des Integrationspunktes zunächst der Fokus auf eine möglichst niedrige Prozesstemperatur gelegt werden. Möglicherweise können durch Prozessumstellungen, verbesserte Regelung oder Effizienzmaßnahmen die Prozesstemperaturen gesenkt werden.

Lastprofile

Ein weiteres Kriterium für die Eignung eines Integrationspunktes sowie für die Auslegung und den Ertrag einer Solaranlage ist das Lastprofil. Je gleichmäßiger das Lastprofil im Wochenverlauf ist, desto wirtschaftlicher ist eine Solaranlage zu betreiben. So wird Warmwasser bspw. oft nur an fünf Wochentagen benötigt. Wärmenetze

verbrauchen Wärme hingegen meist an sieben Wochentagen. Der tägliche und wöchentliche Verlauf des Wärmebedarfs beeinflusst dabei vor allem die Speichergröße. Der jährliche Verlauf des Wärmebedarfs ist entscheidend für den durch eine Solaranlage deckbaren Anteil am gesamten Wärmeverbrauch.

Typische Lastprofile



Vorauslegung einer Solaranlage

Kollektordimensionierung

Durchschnittlich werden in Deutschland jährlich ca. 1100 kWh/m² auf eine nach Süden ausgerichtete Fläche eingestrahlt. Je nach Temperaturniveau und Lastprofil kommen 30 bis 60 % davon als Nutzwärme bei der Wärmesenke an. Die hierzu erforderliche Kollektorfläche wird in der Regel so

groß gewählt, dass sie den gesamten Wärmebedarf an einem guten Sommertag decken kann. Ein grober Daumenwert für eine erste Abschätzung sind 0,3 m² Kollektor pro kWh Wärmebedarf an einem Sommertag.

Auslegung des Speichervolumens

Die Speichergröße ist entscheidend für den Ertrag der Solaranlage. Je höher die Temperatur ist, die eine Wärmesenke benötigt, desto geringer wird das nutzbare Speichervolumen. Daher müssen bei höheren Prozesstemperaturen größere Speicher genutzt werden, um die gleiche Energiemenge speichern zu können.

All diese Einflussfaktoren müssen bei der Dimensionierung und Ertragsabschätzung berücksichtigt werden. Hierzu beinhaltet der Leitfaden auf den folgenden Seiten Diagramme als Auslegungshilfen für die wichtigsten Integrationspunkte. Diese Diagramme geben den zu erwartenden Solarertrag für eine bestimmte Anwendung in Abhängigkeit der mittleren Prozesstemperatur an. Je nach Höhe des Ertrags variiert die Farbe.

Ertragsabschätzung

Die für die Ertragsabschätzung benötigte mittlere Prozesstemperatur ergibt sich aus der Vor- und Rücklauftemperatur der Wärmesenke sowie der Art und Anzahl der verwendeten Wärmeübertrager. Je nach Wärmesenke können unterschiedliche

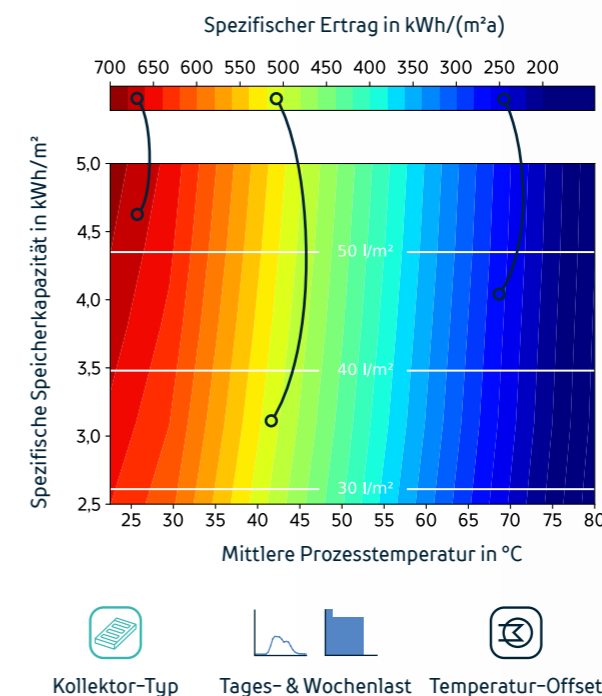
Wärmeübertrager (WÜT) verwendet werden, die einen spezifischen Temperatur-Offset für den Wärmeübergang bedingen. Damit lässt sich die mittlere Prozesstemperatur wie folgt berechnen:

$$\text{mittlere Prozesstemperatur} = \frac{\text{Vorlauftemperatur} + \text{Rücklauftemperatur}}{2} + \text{spezifischer Temperatur-Offset}$$

Um Kennzahlen vergleichbar zu machen, werden diese häufig flächenspezifisch angegeben, d.h. auf 1 m² Kollektorfläche bezogen (bspw. ein jährlicher Solarertrag von 450 kWh/(m²a) oder Investitionskosten von 500 €/m²).

Auf den Folgeseiten findet sich für jede Wärmesenke ein Diagramm, mit dem bei den jeweiligen Rahmenbedingungen der spezifische Solarertrag abgeschätzt werden kann.

Die Y-Achse der Diagramme gibt die spezifische Speicherkapazität in kWh/m² an. Dieser Wert sagt aus, wieviel Speicherkapazität pro Quadratmeter installierter Kollektorfläche benötigt wird.



Der spezifische Ertrag gibt an, wieviel Nutzwärme eine Solaranlage pro m² Kollektorfläche innerhalb eines Jahres liefert.

Die weißen Linien stellen eine Umrechnung der Speicherkapazität in den spezifischen Wert in l/m² dar. Mit der gesamten Kollektorfläche multipliziert ergibt dieser Wert das notwendige Speichervolumen.

Die Icons darunter erklären die dahinterliegenden Rahmenbedingungen.

Rahmenbedingungen

	Kollektor-Typ	Tages- & Wochenlast	Temperatur-Offset	Seite
1 Wärmenetze	CPC-Kollektor	Konstant, Konstant	1 WÜT mit 5 K	9
2 Beheizte Bäder, Maschinen und Tanks	Hochtemperatur-Flachkollektor	Badheizung, Red. WE-Last	Solar-WÜT mit 5 K WS-WÜT mit 15 K	11
3 Trocknung	Vakuumröhrenkollektor	Tageslast, Red. WE-Last	Solar-WÜT mit 5 K WS-WÜT mit 15 K	13
4 Warmwasserbereitstellung	Flachkollektor	Tageslast, 5-Tagewoche	Solar-WÜT mit 5 K WS-WÜT mit 5 K	15
5 Raumlufttechnische Anlagen	Flachkollektor	Tageslast, Konstant	Solar-WÜT mit 5 K WS-WÜT mit 20 K	17

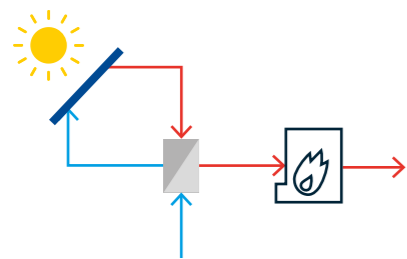
1 Wärmenetze

Nahezu jedes produzierende Unternehmen verfügt über ein Wärmenetz, das die Prozesse mit Wärme versorgt und die Gebäudeheizung sicherstellt. Je nach Anlagentechnik ist der Wärmeträger Warmwasser oder Dampf. In beiden Fällen kann Solarwärme integriert werden. Allerdings bieten wassergeführte Systeme ein deutlich höheres Potential, fossile Wärme solar zu substituieren. Bei der zentralen Einbindung in Warm- / Heißwassernetze bieten sich zwei grundlegende Integrationsmöglichkeiten an.

1. Anhebung der Rücklauftemperatur

Die Solaranlage arbeitet so effizient wie möglich. Der Rücklauf wird solar vorgewärmt, bevor der fossile Kessel die Zieltemperatur bereitstellt.

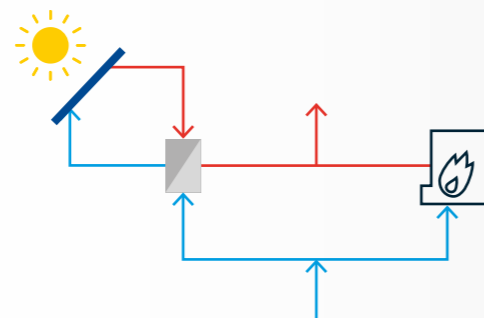
- + möglichst niedriges Temperaturniveau
- + einfache Regelung



2. Parallele Einbindung zum Kessel

Ein Teil des Rücklaufs wird von der Solaranlage bis auf Solltemperatur beheizt und nach dem fossilen Wärmeerzeuger wieder eingespeist.

- + Solaranlage stellt direkt Nutzwärme bereit
- Solaranlage arbeitet ggf. auf hohem Temperaturniveau

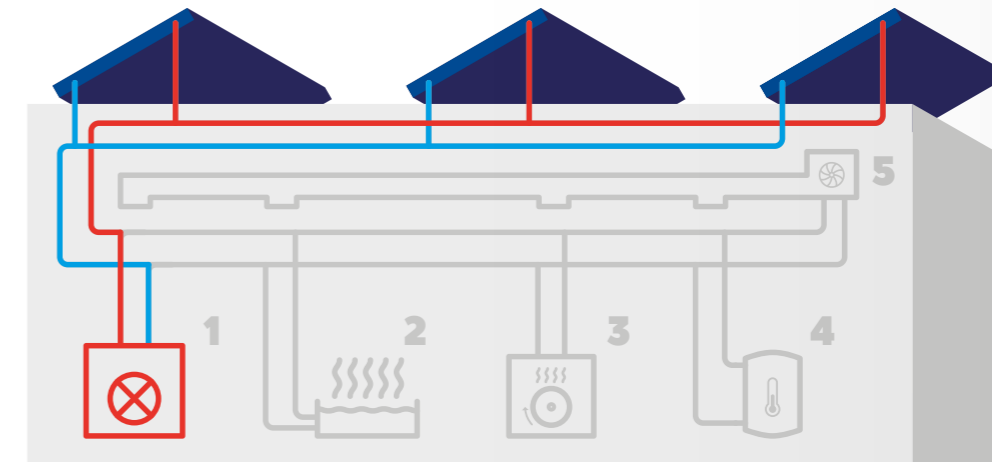


Sonderfall Dampf

Dampfsysteme stellen einen Sonderfall dar. Zwar können solarthermische Systeme bei ausreichender Einstrahlung auch Dampf bereitstellen, dies ist jedoch eher in Gebieten mit hoher Direkt- einstrahlung sinnvoll.

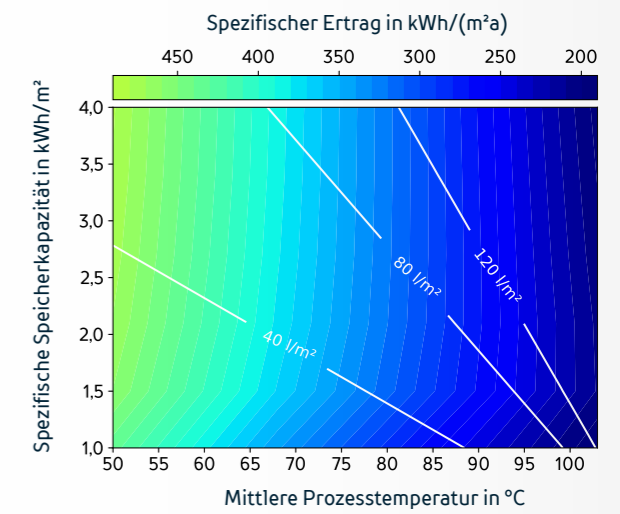
In gemäßigten Klimazonen sollte man sich darauf fokussieren, das durch Kondensat- und Dampfverluste notwendige Zusatzwasser vorzuwärmen. Die Integration erfolgt durch einen Wärmeüber- trager (siehe 4 – Warmwasserbereitstellung).

Geeignete Kollektoren



Charakteristik

- + hoher konstanter Wärmebedarf
- + Grundlast, die auch außerhalb der Produktionszeiten mit Solarthermie gedeckt werden kann
- + alle Prozesse können mit Solarwärme versorgt werden
- + einfache Integration über einen Wärmeübertrager
- + einfache Regelung
- höchste Integrationstemperatur und damit ggf. niedrigere Solareträge



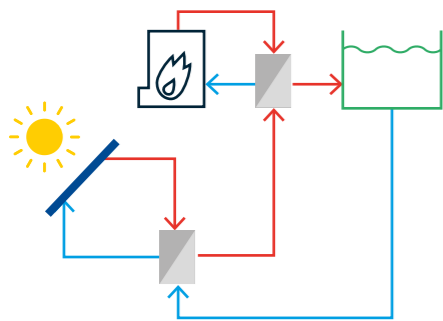
2 Beheizte Bäder, Maschinen oder Tanks

Beheizte Bäder sind verbreitete Wärmesenken in Industrie und Gewerbe. Häufig finden sie Anwendung in Waschprozessen oder in Unternehmen, die in der Oberflächenbearbeitung tätig sind. Die Bäder werden in der Regel bei Umgebungsdruck betrieben, sollten aus Effizienzgründen abgedeckt sein und werden bei Temperaturen zwischen Raumtemperatur und 100 °C betrieben.

1. Externer Wärmeübertrager

Wird das Prozessmedium durch einen konventionellen Durchlauferhitzer erwärmt, kann ein vorgeschalteter Solarwärmeübertrager einen Teil des fossilen Energieverbrauchs substituieren.

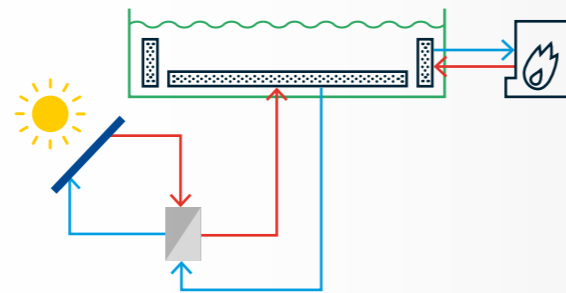
- + ermöglicht niedrige Temperaturen im Solarkreislauf
- ggf. kein verfügbarer Bauraum für externen Wärmeübertrager
- je nach Badinhalt spezifische Anforderungen an Material des Wärmeübertragers



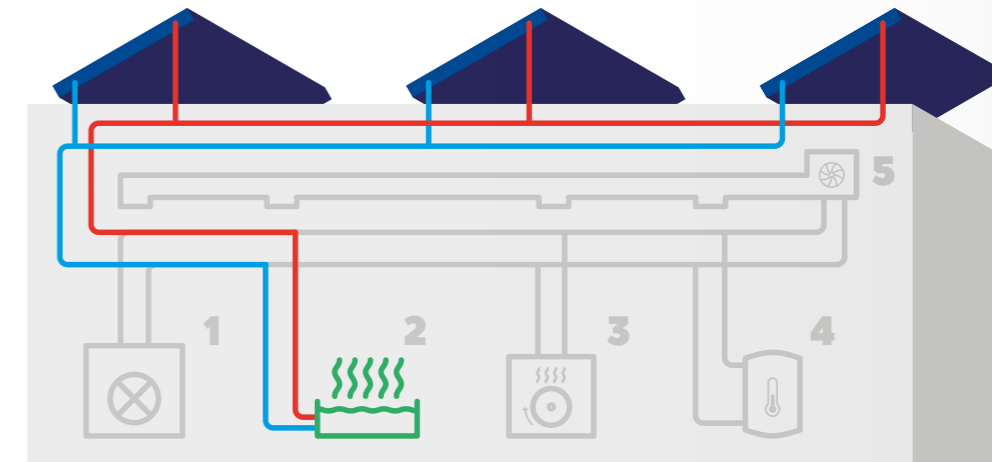
2. Interner Wärmeübertrager

Wird ein Bad konventionell mittels internem Wärmeübertrager beheizt, lässt sich das Integrationskonzept links meist nicht realisieren. In diesem Fall muss ein zusätzlicher solar beheizter Wärmeübertrager integriert werden.

- ggf. individuelle Anfertigung des Wärmeübertragers nötig
- leichter Platzverlust im Becken durch zusätzlichen Wärmeübertrager
- höherer Temperatur-Offset als bei externem Wärmeübertrager

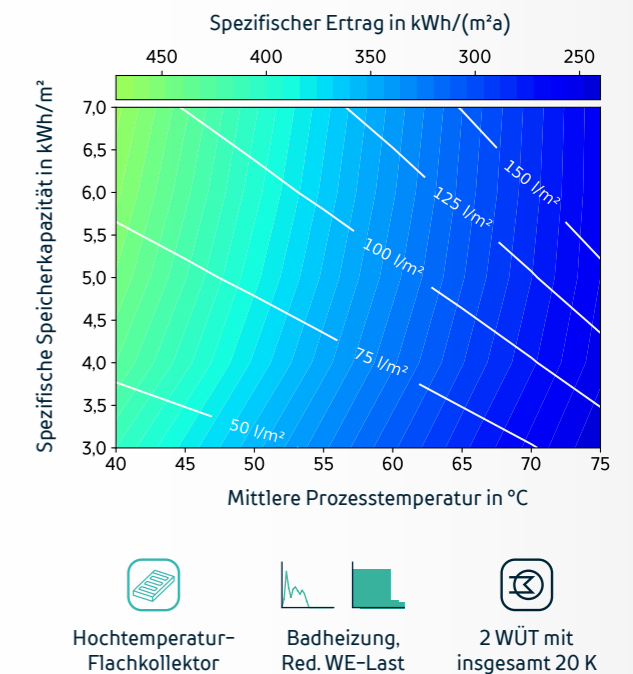


Geeignete Kollektoren



Charakteristik

- + gleichmäßiger Wärmebedarf
- + ggf. regelmäßige Neubefüllung mit aufzuheizendem Kaltwasser
- + Bad selbst kann je nach Inhalt und Größe als Speicher genutzt werden
- + Wärmebedarf am Wochenende durch Temperaturhaltung
- + ggf. kann eine elektrische Beheizung ersetzt werden
- bei Parallelschaltung zur konventionellen Beheizung hohe Solltemperatur der Solaranlage
- evtl. je nach konventioneller Beheizung erhöhter Aufwand zur Einbindung der Solarwärme



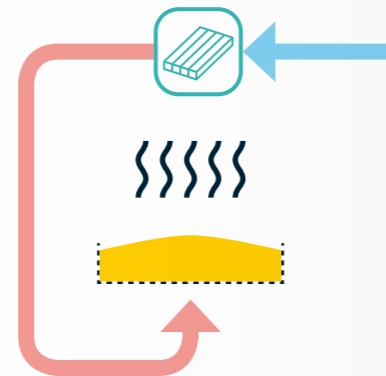
3 Trocknungsprozesse

Trocknungsprozesse gibt es in vielen Branchen. Sie weisen meist einen hohen Anteil am Wärmeverbrauch aus. Die Anlagentechnik wird durch das Trocknungsgut sowie die Parameter Durchsatzmenge, zulässige Höchsttemperatur, maximale Verweilzeit und angestrebte Restfeuchte bestimmt. Trockner lassen sich meist in Kontakt- und Konvektionstrockner unterteilen.

1. Konvektionstrocknung

Konvektionstrockner arbeiten in der Regel schonender mit Temperaturen unterhalb von 100 °C. Das Prozessmedium, meist Luft, wird wie in einer Raumlufttechnischen Anlage (siehe 5 – RLT-Anlagen) erwärmt und in direkten Kontakt mit dem Trocknungsgut gebracht. Je nach Trocknungsprozess kann der Umluftanteil zwischen 0 und 100 % liegen.

Viele Trocknungsprozesse arbeiten im Batchbetrieb. Warme Luft kann aber nur schwer gespeichert werden. Bessere Bedingungen liefern kontinuierliche Trockner (Band-, Trommel-, Sprüh-, Teller- oder Wirbelschichttrockner).



Beispiel:
Hackschnitzeltrocknung mit
Luftkollektoren

1a. Wassergeführte Einbindung

Je nach Temperaturanforderung können für die wassergeführte Einbindung alle Kollektoren zum Einsatz kommen.

- + Solarwärme kann einfach für Batchbetrieb, Spitzenlast, einstrahlungsarme Zeit und Nacht gespeichert werden
- + durch Speicherung höhere solare Deckungsraten möglich
- niedrigere Erträge und teurer als luftgeführtes System

1b. Luftgeführte Einbindung

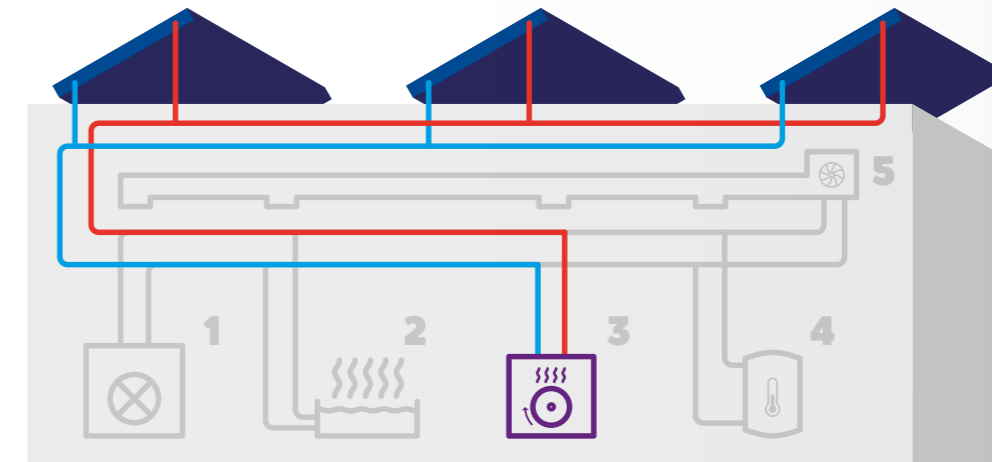
Standardluftkollektoren liefern warme Luft effizient bis zu 60 °C. Vakuumröhrenluftkollektoren können dank verbesserter Eigenschaften bis zu 160 °C bereitstellen, sind aber auch entsprechend teurer.

- + hohe Solarerträge und niedrige Kosten
- + einfach nachrüstbar
- große Rohrquerschnitte
- Speicherung sehr aufwändig
- hauptsächlich für kontinuierlich am Tag betriebene Prozesse geeignet

2. Kontaktstrocknung

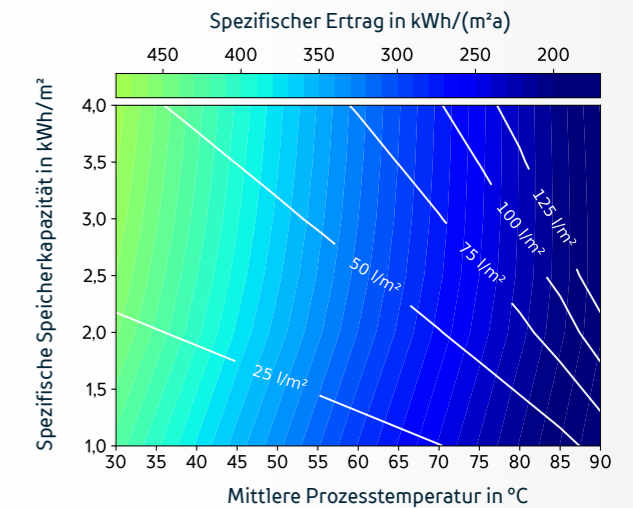
Kontaktstrockner arbeiten tendenziell mit Temperaturen oberhalb von 100 °C und sind daher nur mit erhöhtem Aufwand durch Solarthermie zu beheizen. Das Trocknungsgut ist in direktem Kontakt mit einer heißen Oberfläche, die häufig intern mit Dampf beheizt wird (bspw. Walzen bei Papiertrocknung). Die Einbindung sollte sich auf die Zusatzwasservorwärmung fokussieren. (siehe 4 – Warmwasserbereitstellung)

Geeignete Kollektoren



Charakteristik

- + auch im Sommer hoher Wärmebedarf
- + je nach Produkt niedrige Systemtemperaturen und damit hoher Solarertrag
- + mit Luftkollektoren besonders geringe Systemkosten
- Spitzenlasten mit Solarwärme nur schwer zu versorgen
- Luft-Wasser-Wärmeübertrager brauchen hohen Temperatur-Offset
- insbesondere im Batch-Betrieb hohe Spitzenlasten möglich



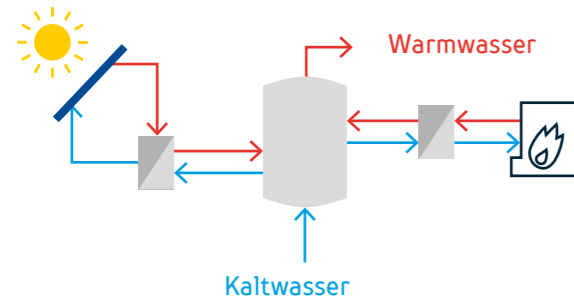
4 Warmwasserbereitstellung

Die Aufheizung von Warmwasser ist für viele industrielle Prozesse notwendig, beispielsweise für Reinigungs- und Waschprozesse. Jedoch finden sich auch viele Maschinen mit internen Speichern, die regelmäßig mit Warmwasser gefüllt werden müssen. Charakteristisch bei dieser Integration ist die Möglichkeit einer solaren Vorwärmung, sodass auf sehr niedrigen Temperaturen angefangen werden kann, was zu hohen solaren Erträgen führt. Das Prozessmedium ist typischerweise Wasser, kann aber auch das Produkt selbst (z.B. Milch, Bier) sein. Das Konzept zur Integration der Solarwärme ist abhängig von der konventionellen Beheizung.

1. Speicher

Die Solaranlage erwärmt den Speicher. Zusätzlich können in produktionsfreien Zeiten die Wärmeverluste des Speichers mit Solarwärme kompensiert werden.

- + einfache Regelung
- + Solaranlage kann den kompletten Wärmebedarf bedienen
- + keine hohen Spitzenlasten
- ggf. arbeitet Solaranlage nicht auf Kaltwassertemperatur



3. Nachspeisung

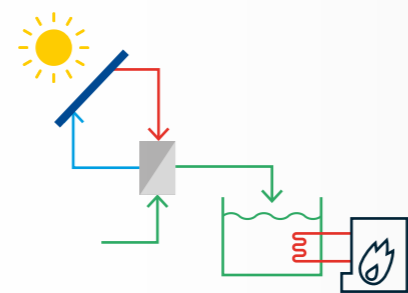
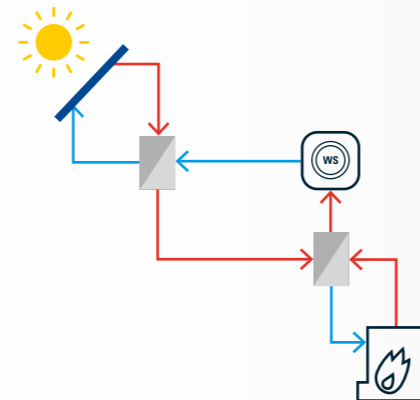
Muss regelmäßig warmes Wasser für einen Prozess nachgefüllt werden, kann das Ergänzungswasser mit Solarwärme vorgewärmt werden.

- + niedriges Temperaturniveau
- Solaranlage kann Wärmeverluste des Beckens nicht ausgleichen

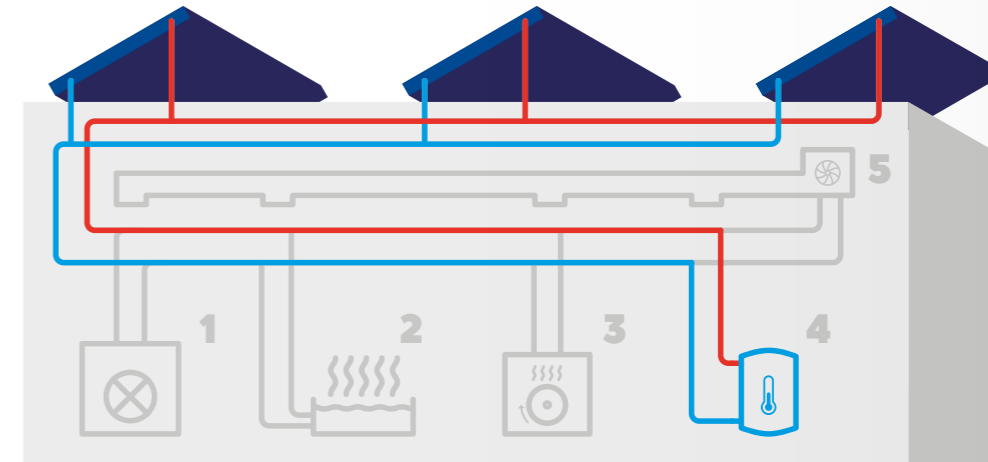
2. Durchlauferhitzer

Wird das Prozessmedium durch einen konventionellen Durchlauferhitzer erwärmt, kann ein vorgeschalteter Solarwärmeübertrager einen Teil des fossilen Energieverbrauchs substituieren.

- + niedrige Temperatur
- + einfaches Systemkonzept ohne Solarspeicher möglich
- aufwändige Regelung
- hohe Wärmeübertragerleistung notwendig
- Einspeisung nur bei Last möglich

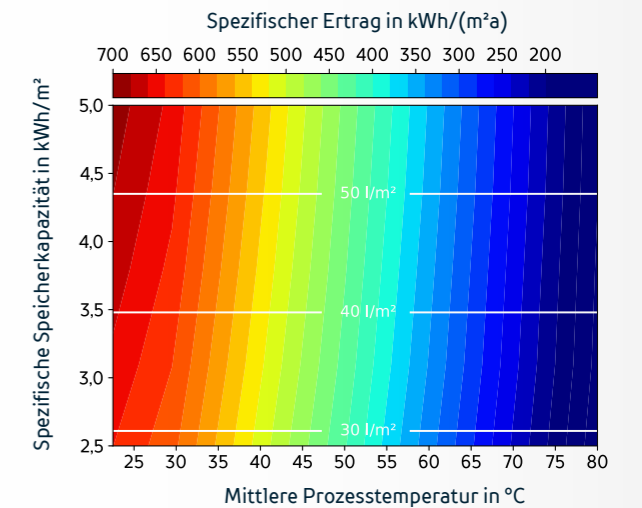


Geeignete Kollektoren



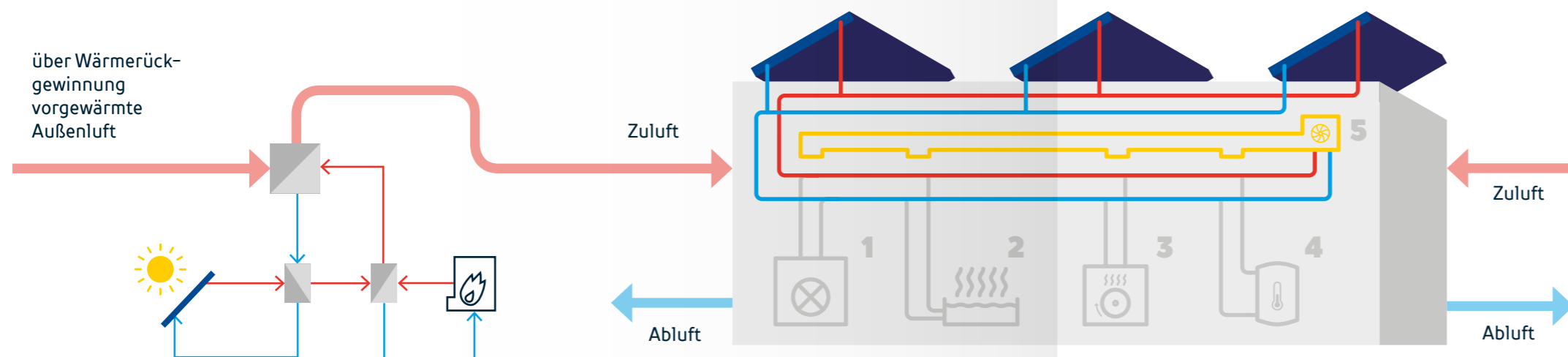
Charakteristik

- + niedriges Temperaturniveau und potentiell hohe Solarerträge
- + Speicherinfrastruktur häufig bereits vorhanden, verkleinert ggf. den notwendigen Solarspeicher
- in der Regel keine Grundlast, dafür jedoch insbesondere bei Durchlauferhitzerkonzept große Lastspitzen möglich



5 Raumluftechnische Anlagen

Die Höhe des Wärmeverbrauchs von RLT-Anlagen wird häufig unterschätzt. Größere Produktionshallen haben in der Regel eine oder mehrere Lüftungsanlagen. Auch bei einer Aufheizung um nur wenige °C führen hohe Luftvolumenströme zu einem relevanten Wärmeverbrauch. Daher sind die Schlüssel zu effizienten RLT-Anlagen ein möglichst hoher Umluftanteil sowie eine gute Wärmerückgewinnung.



1. Wassergeführte Einbindung

Durch ein Wärmerückgewinnungssystem wird zunächst die Außenluft durch die Abluft vorgewärmt. Anschließend wird die Luft indirekt durch Solarkollektoren und bei Bedarf durch einen Brenner oder Kessel auf die Zieltemperatur gebracht.

- + Solarwärme kann gespeichert werden
- höhere Temperaturen als bei luftgeführter Einbindung

Geeignete Kollektoren



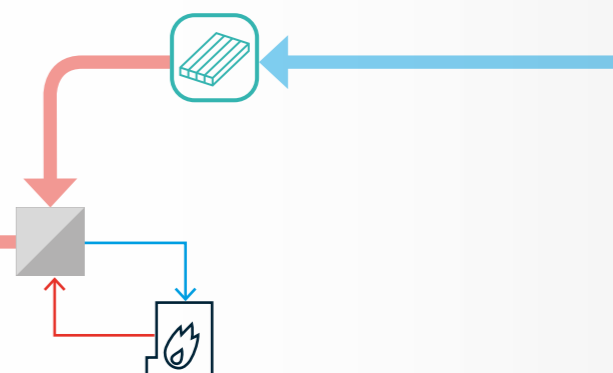
Geeignete Kollektoren



2. Luftgeführte Einbindung

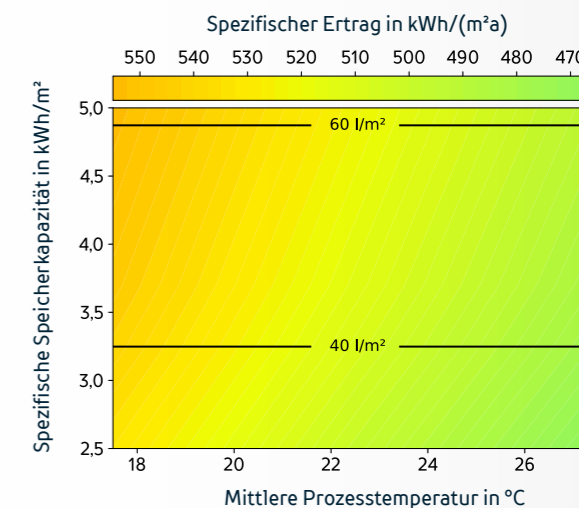
Wenn eine Außenluftvorwärmung mittels Wärmerückgewinnung nicht möglich ist, bietet sich eine solare Vorwärmung über Luftkollektoren an.

- + hohe Solarerträge und niedrige Kosten
- + einfach nachrüstbar
- große Kanalquerschnitte
- aufwändige Speicherung



Charakteristik

- + niedriges Temperaturniveau
- + hoher Wärmebedarf, insbesondere bei aktiver Entfeuchtung
- hohe Außentemperaturabhängigkeit des Wärmebedarfs, dadurch reduzierte solare Deckung im Jahresverlauf
- Luft-Wasser-WÜT benötigt hohen Temperatur-Offset



Kosten und Wirtschaftlichkeit

Die finale Entscheidung für ein Investment wird in der Regel auf der Basis einer Wirtschaftlichkeitsanalyse getroffen. Eine Solaranlage erfordert eine hohe Anfangsinvestition, die sich im Laufe der Betriebszeit mehr als amortisiert, d.h. eine relativ hohe interne Verzinsungen mit sich bringt.

Turnkey-Kosten*

... bezeichnet die Gesamtinvestitionssumme inkl. Planungs- und Integrationsaufwand. Die Gesamtinvestition kann für eine Solaranlage in der Industrie noch sehr stark variieren. Insbesondere bei kleineren Anlagen ist ein Vergleichsangebot empfehlenswert. Große Anlagen werden durch Skaleneffekte spezifisch günstiger. Im Rahmen der Bundesförderung werden mindestens 45 % der Turnkey-Kosten gefördert.

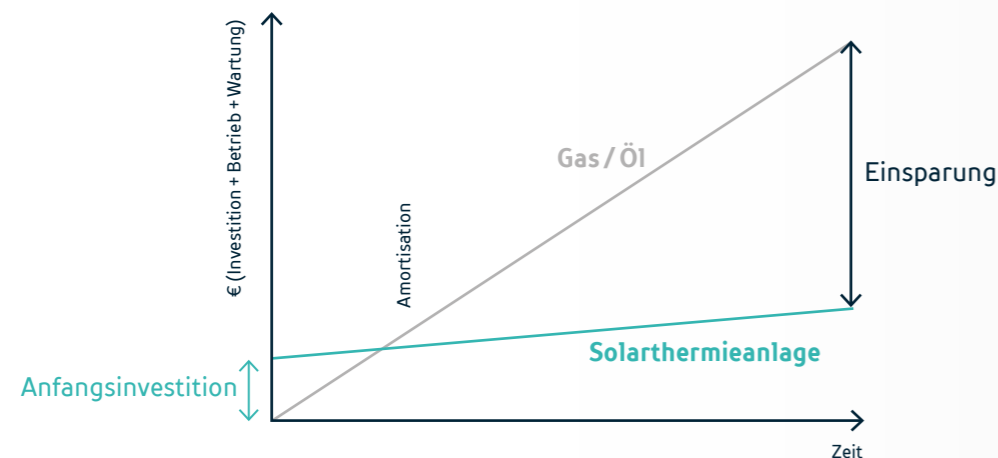
* ohne Förderung

-  390 bis 550 €/m²
-  430 bis 610 €/m²
-  730 bis 975 €/m²

Einsparung und Wärmegestehungskosten

Bei den meisten Wärmeerzeugern werden die Wärmegestehungskosten maßgeblich durch den genutzten Energieträger verursacht. Die Anfangsinvestition (bspw. in den Kessel) ist üblicherweise gering relativ zu den Betriebskosten. Bei Solarthermie ist dies grundlegend anders. Die Anfangsinvestition ist vergleichsweise hoch, die Solarkollektoren liefern die Wärme dann

jedoch dauerhaft fast kostenlos. Wird eine Förderung in Anspruch genommen und werden alle seit der Errichtung der Solaranlage verursachten Kosten aufsummiert (Investition, Betriebs- und Wartungskosten), dann unterschreiten die Gesamtkosten einer Solarthermieanlage meist nach wenigen Jahren die Gesamtkosten eines konventionellen Systems.

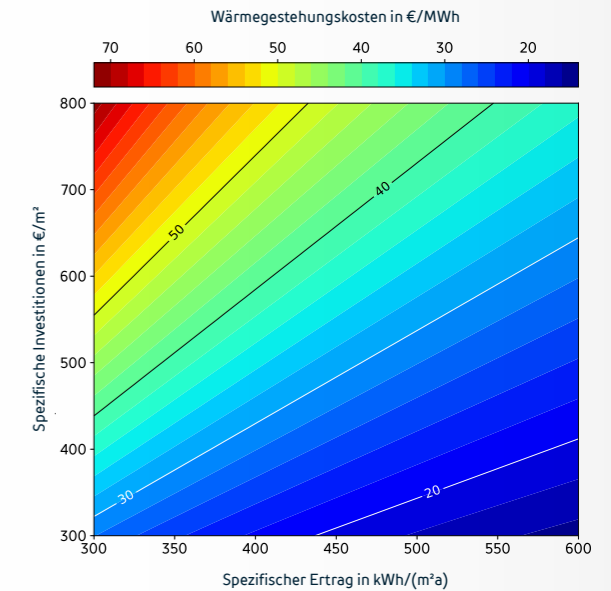


Die Einsparung durch eine Solaranlage ergibt sich aus der Differenz der solaren Wärmegestehungskosten zu den konventionellen. Werden der Nutzungsgrad eines Heizkessels sowie die Verluste der Wärmeverteilung berücksichtigt, liegen die realen Wärmegestehungskosten konventioneller Systeme deutlich über dem eigentlichen Gas- bzw. Ölpreis (i.d.R. 20 bis 30 %). Direkt mit Strom beheizte Prozesse haben üblicherweise

kaum Wärmeverluste, jedoch ist Strom 3 bis 5-mal so teuer wie Gas oder Öl. Die solaren Wärmegestehungskosten werden durch die Investitionssumme und den Ertrag bestimmt. Je mehr Wärme von der Solarthermieanlage produziert wird bzw. je günstiger die Anlage ist, desto niedriger sind auch die solaren Wärmegestehungskosten.

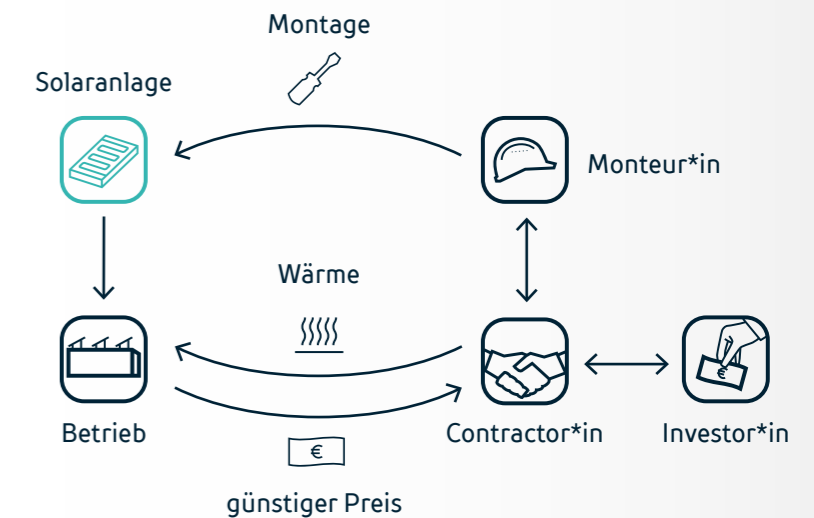
Auf den vorherigen Seiten kann mit Hilfe der abgebildeten Diagramme der spezifische Solarertrag für verschiedene Anwendungsfälle und Rahmenbedingungen abgeschätzt werden. Zusätzlich wird für die jeweilige Anwendung ein Kollektortyp empfohlen, für den auf Seite 20 spezifische Turnkey-Kosten angegeben sind. Mit Hilfe der so ermittelten Angaben und der hier dargestellten Grafik können die solaren Wärmegestehungskosten abgeschätzt werden.

Rahmenbedingungen:
Lebensdauer 25 Jahre, Kesselnutzungsgrad 80 %, Fördersatz 55 %, Kalkulationszins 5 %, Abschreibung über 10 Jahre, Versicherung und Wartung 0,75 % / a



Contracting

Eine hohe Anfangsinvestition und demzufolge Amortisationszeiten von mehr als fünf Jahren können abschreckend sein. Hier springen Contracting-Unternehmen und Investor*innen ein, die die Anlagen finanzieren, betreiben und die Wärme an den Betrieb verkaufen – zu niedrigeren Preisen als den bisherigen laufenden Kosten. Das Unternehmen nutzt also CO₂-freie Wärme ohne finanzielles Risiko. Nach einer vereinbarten Vertragslaufzeit geht die Anlage in der Regel in das Firmenvermögen über.



Die wichtigsten Schritte bei der Projektierung

Machbarkeitsstudie

Voraussetzungen

- > Flächen für Solaranlage
- > Wärmesenke und nutzbare Flächen in örtlicher Nähe
- > Wärmebedarf im Sommerhalbjahr
- > Temperaturen unter 150 °C
- > passende Investitionserwartungen (Amortisation, Verzinsung, Contracting)

Grundlagenermittlung

- > energetischer Ist-Zustand
- > vorhandene Wärmebereitstellung
- > Wärmenutzung (Temperaturniveau & geschätzter Lastverlauf)
- > Produktionszeiten (Schichten, Ferien, Wochenende)
- > Integrationsmöglichkeiten

Auslegung

- > Auslegung der Kollektorfläche
- > Auslegung des Speichervolumens
- > Hydraulik + Systemeinbindung
- > Ertrags- und Kostenschätzung

Entscheidung

- > Risiko- und Rentabilitätsanalyse
- > Berücksichtigung weiterer Aspekte wie stabilere Energiekosten, Image oder CO2-Fußabdruck
- > **Solare Prozesswärme ja / nein**

Nach Entscheidung für solare Prozesswärme

- > Beauftragung der Vorplanung und Einholung von Angeboten
- > Beantragung der Förderung

Eingang positiver Förderbescheid

- > Beauftragung Detailplanung und Auftragsvergabe
- > Installation und Inbetriebnahme der Solaranlage

Verwendungsnachweis

- > Unterlagen bei Fördermittelgeber einreichen
- > Auszahlung bzw. Buchung des Zuschusses

Vorauslegungstool

Die Auslegung einer Solaranlage muss viele Randbedingungen berücksichtigen. Das Auslegungstool unter www.solare-prozesswärme.info/vorauslegung berechnet eine erste Dimensionierung und gibt eine Ertragsabschätzung ab – alles auf Basis weniger Eingaben.



Solare - Prozesswärme - Rechner

Wärmebedarf	<input type="text"/>
Rücklauftemperatur	<input type="text"/>
Vorlauftemperatur	<input type="text"/>
Lastprofil	<input type="text"/>
Standort	<input type="text"/>
Wärmebedarf	<input type="text"/>

VDI 3988

Die Richtlinie „Solarthermische Prozesswärme“ orientiert sich an der Struktur der HOAI und gibt Hinweise für alle Planungsschritte. Damit ist sie das Handwerkzeug für jede Planung einer solarthermischen Prozesswärmeanlage. Dank vielfältiger Checklisten und Beispiele ist die Nutzung sehr anwendungsorientiert.

Best Practice Beispiele

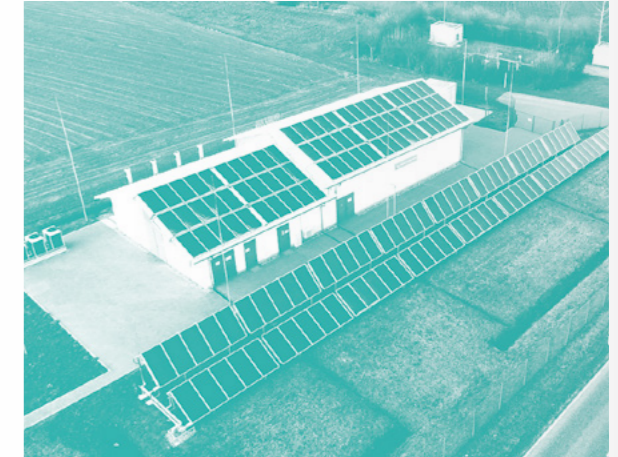
HAMBURG
Lethe GmbH
 Lackierung Komponenten Schiffsbau

Zieltemperatur	bis 22 °C
Wärmesenken	Frischlufthvorwärmung Lackierkabinen, Temperierung Bauteile in Lackvorbereitung
Inbetriebnahme	2014
Kollektorfeld	80 m ²
Kollektortyp	Luftkollektoren
Speicher	kein Speicher
Solarertrag	440 kWh/(m ² a)
solare Deckung	40 %
Besonderheiten	Vorwärmung Außenluft, Überschusswärme für Hallenheizung, bei Bedarf Nachheizung
Investition	545 €/m ²
Förderung	50 %



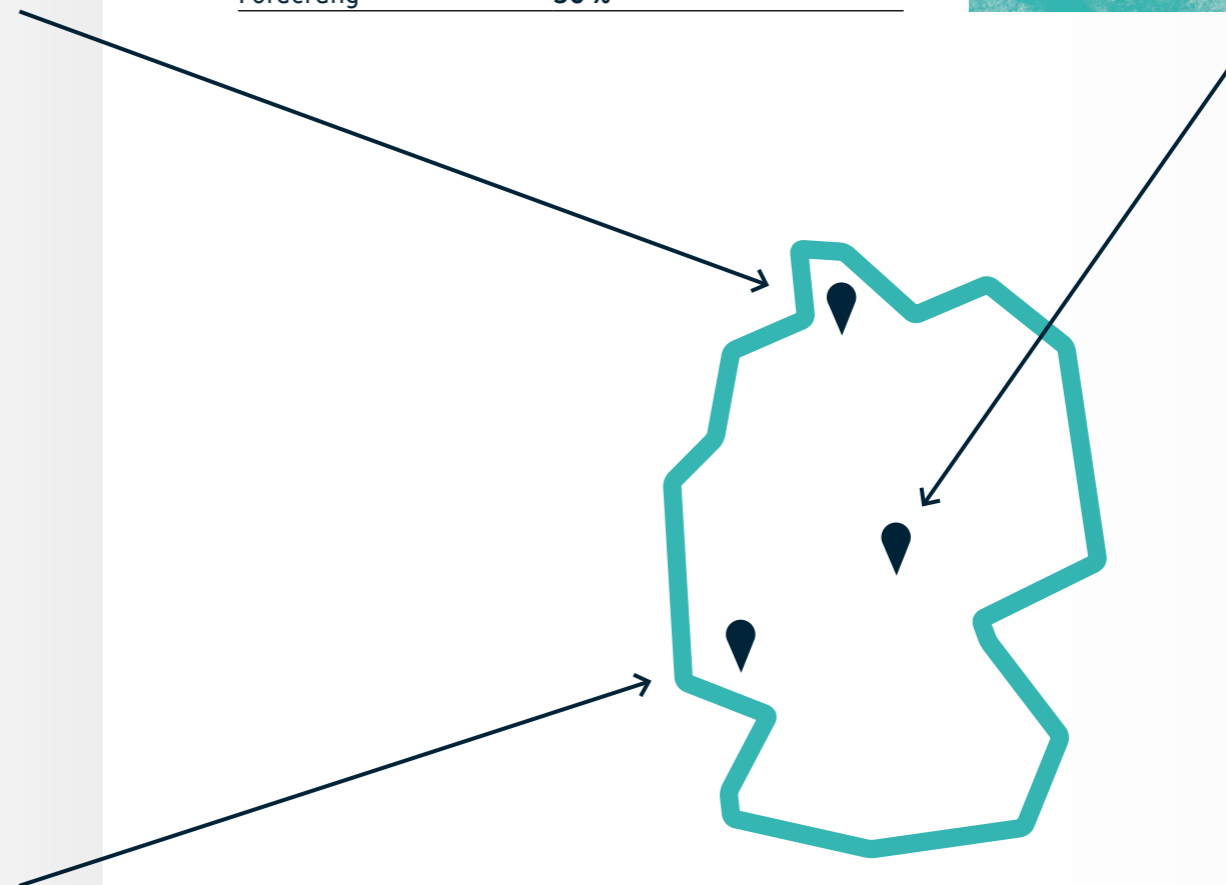
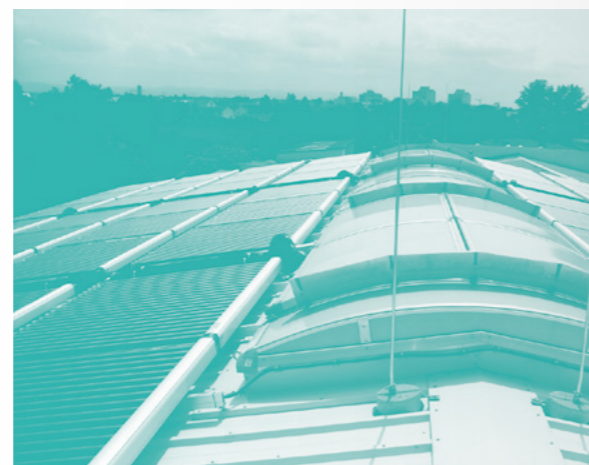
OSTHEIM
EAM GmbH & Co. KG
 Gas-Druckregel- und -messanlage

Zieltemperatur	60 °C
Wärmesenken	Vorwärmung des Erdgases auf 45 °C vor Entspannung von 90 auf 16 bar
Inbetriebnahme	2016
Kollektorfeld	421 m ²
Kollektortyp	Flachkollektoren
Speicher	21 m ³
Solarertrag	475 kWh/(m ² a)
solare Deckung	12 %
Besonderheiten	Kombination mit drei Gas- Absorptions- Wärmepumpen, insgesamt 22 % Deckung
Investition	760 €/m ²
Förderung	50 %



LAMPERTHEIM
Heinz Daurer & Söhne GmbH & Co. KG
 Veredelung metallischer Oberflächen

Zieltemperatur	40 - 85 °C
Wärmesenken	zentrale Einbindung: Bäder, Trockner, RLT- Anlage, Warmwasser, Heizung Büros
Inbetriebnahme	2014
Kollektorfeld	300 m ²
Kollektortyp	CPC-Kollektoren
Speicher	15 m ³
Solarertrag	370 kWh/(m ² a)
solare Deckung	20 %
Besonderheiten	Wassersystem ohne Wärmeübertrager, aktiver Frostschutz
Investition	830 €/m ²
Förderung	50 %



Weitere Umsetzungen unter www.solare-prozesswärme.info und www.ship-plants.info.

Informationsmöglichkeiten



Informationsportal zu solarer Prozesswärme

Die herstellerneutrale Website bietet grundsätzliche Informationen für Einsteiger in die Thematik. Mit dem implementierten Vorauslegungstool kann jede*r eine solare Prozesswärmanlage auslegen. Referenzanlagen liefern gute Argumente für Entscheider*innen.

www.solare-prozesswärme.info



BINE Themeninfo „Solare Prozesswärme“

Diese umfangreiche Publikation fasst den aktuellen Stand der Technik in Forschung und Anwendung zusammen und bietet auch tiefergehendes Wissen zu industriellen Wärmesenken und entsprechenden Integrationsmöglichkeiten von Solarwärme.



SolFood, Leitfaden zur Vorplanung

Um Solaranlagen auszulegen, müssen viele Randbedingungen beachtet werden. Für den Leitfaden wurde eine allgemeingültige Auslegungsmethodik entwickelt, die sowohl für das Vorauslegungstool als auch die VDI 3988 verwendet wurde. Diese eignet sich für eine Grobdimensionierung im Rahmen der Vorplanung für alle Anwendungsfelder.

www.solfood.de



Wiki Efficiency Finder

Das Wiki fasst Informationen zu spezifischen Prozessen und Industriesektoren von Forschungsprojekten aus ganz Europa zusammen. Die Infos sind nach Branchen und Prozessen gegliedert.

<http://wiki.zero-emissions.at>



EnPro, Leitfaden Erneuerbare Prozesswärme

Solarkollektoren können nur im Sommer gute Erträge liefern. Warum also nicht die Systeme mit einer Wärmepumpe koppeln und noch mehr Erneuerbare Wärme bereitstellen? Dieser Leitfaden bietet einen guten Einstieg.

www.bit.ly/EnPro-Leitfaden



VDI 3988 Solarthermische Prozesswärme

Diese Richtlinie legt Kriterien für Planung und Auslegung sowie zu Systemtechnik und Komponentenauswahl fest. Als Ergänzung zur VDI 6002 ist sie das Handwerkzeug für Planer und Anwender.



Online-Vorauslegungstool – in 5 Minuten zur Solaranlage

Allein mit Standort, Temperaturniveau und sommerlichem Wärmebedarf können Sie sich mit diesem Tool ihre Solaranlage dimensionieren sowie eine ersten Ertragsabschätzung berechnen lassen.

www.solare-prozesswärme.info/vorauslegung



Webinar – Solare Prozesswärme

Einstündiger Crashkurs durch die Solare Prozesswärme. Präsentation und Video sind frei verfügbar.

www.mittelstand-energiewende.de/webinare/



Nützliche Links

www.ship-plants.info

www.deutschland-machts-effizient.de

www.bafa.de

www.kfw.de

Kontakt

DEUTSCHLAND

Dr.-Ing. Bastian Schmitt

Prof. Dr. Klaus Vajen

Universität Kassel

Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik

Tel.: +49 561 / 804-2634

solar@uni-kassel.de

www.solare-prozesswärme.info

ÖSTERREICH

DI Jürgen Fluch

DI Christoph Brunner

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Bereich: Industrielle Prozesse und Energiesysteme

Tel.: +43 3112 / 5886-0

j.fluch@aee.at, c.brunner@aee.at

www.aee-intec.at

Konzept und Gestaltung
Samson Apfel | www.samsonapfel.de



SOLAR
AUTOMOTIVE

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Erstellt im Rahmen des Deutsch-Österreichischen F&E-Vorhabens SolarAutomotive – Solare Prozesswärme für die Automobil- und Zulieferindustrie.

Dieses bilaterale Projekt wird aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie sowie des Klima- und Energiefonds gefördert. Es wird im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms sowie des Programms "Energieforschung (e!MISSION)" durchgeführt.

