

SOLARE PROZESSWÄRME

ENTWICKLUNGEN IM RAHMEN DER IEA TASK 33/4

Werner Weiss, Thomas Müller
Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE
Institut für Nachhaltige Technologien
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
Tel.: +43-3112-5886 17, Fax: +43-3112-5886-18
E-mail: w.weiss@ae.at

1 Einleitung

Das Ziel der Forschungsk Kooperation Task 33/4, die im Rahmen der Internationalen Energieagentur (IEA) durchgeführt wird, ist die Erschließung industrieller Prozesswärme für solarthermische Anlagen.

Task 33/4 ist ein Kooperationsprojekt zwischen dem IEA Solar Heating and Cooling Programm und dem IEA SolarPACES Programm. Während der Schwerpunkt des Solar Heating and Cooling Programmes bisher bei solarthermischen Anlagen im Niedertemperaturbereich lag, konzentrierte man sich im SolarPACES Programm vor allem auf solarthermische Kraftwerkstechnologien im Hochtemperaturbereich.

Durch die Zusammenarbeit kann das Expertenwissen beider Programme in das Projekt eingebracht und weiterentwickelt werden.

Unter der Leitung der AEE INTEC arbeiten bis zum Herbst 2007 insgesamt 28 Experten von 18 universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie Solartechnikunternehmen aus 7 europäischen Ländern, Australien und Mexiko an diesem Projekt.

Um industrielle Prozesswärme für solarthermische Systeme zu erschließen, werden Potenzialstudien erstellt, Mitteltemperaturkollektoren zur Erzeugung von Prozesswärme bis zu einem Temperaturniveau von 250°C entwickelt, sowie systemtechnische Lösungen zur Integration von Solarwärme in industrielle Prozesse untersucht. Darüber hinaus sollen in Zusammenarbeit mit der Solarindustrie Demonstrationsprojekte realisiert und die Anlagen- und Prozessdaten messtechnisch erfasst und ausgewertet werden.

Der Know-how Transfer zur Wirtschaft erfolgt durch einen jährlichen Industrie Newsletter und die Durchführung von Fachtagungen.

1.1 Potenzial und Rahmenbedingungen für solare Prozesswärme

Insgesamt waren mit Ende des Jahres 2001 weltweit rund 100 Millionen Quadratmeter Sonnenkollektoren mit einer Leistung von rund 56 GW_{th} installiert /1/. Abzüglich der Kunststoffabsorber, die vor allem für die Beheizung von Schwimmbädern eingesetzt werden, verbleiben noch rund 73 Millionen Quadratmeter Flach- und

Vakuurröhrenkollektoren mit einer installierten Leistung von 31 GW_{th}. Die mit diesen Anlagen produzierte Wärme beträgt jährlich rund 41.000 GWh bzw. 34.000 GWh, bezogen auf Flach- und Vakuurröhrenkollektoren. Dies stellt auch im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energien einen beachtlichen Beitrag zur Energieversorgung dar.

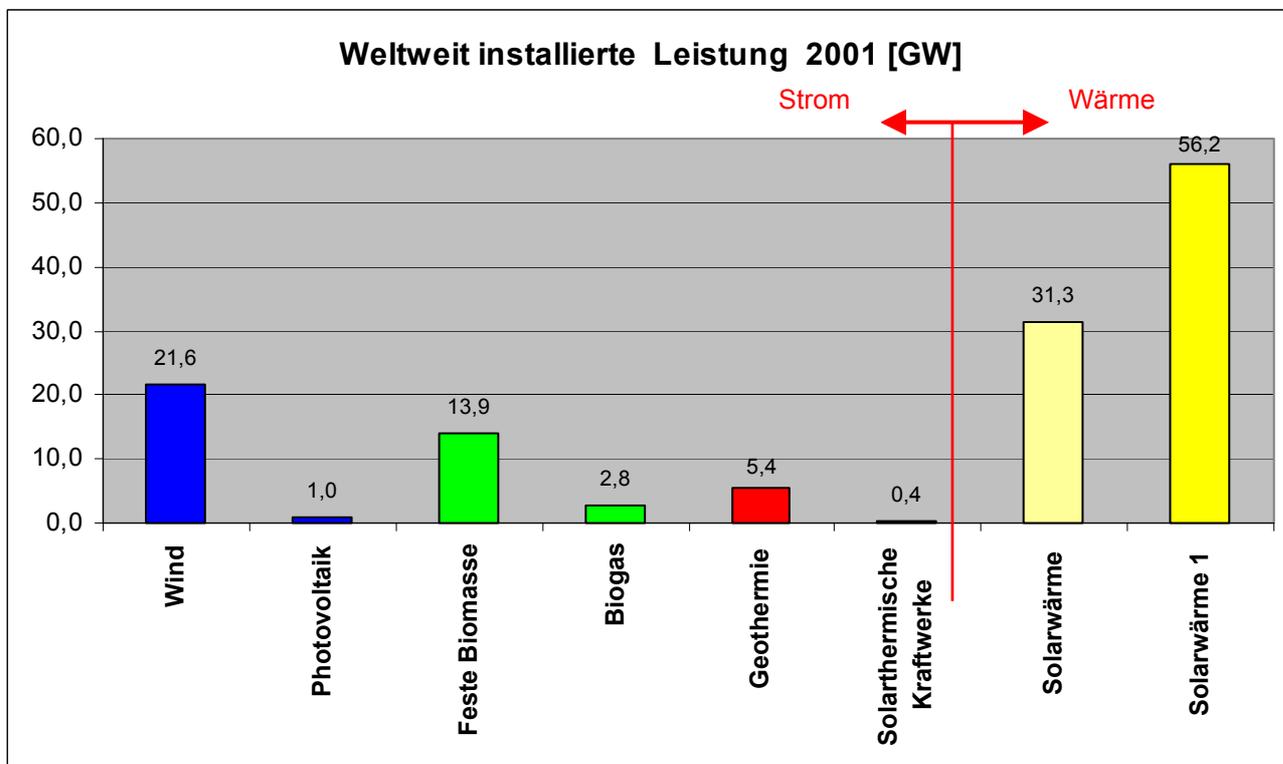


Abb. 1: Weltweit installierte elektrische bzw. thermische Leistung verschiedener erneuerbarer Energietechnologien (Solarwärme = bezogen auf Flach- und Vakuum Röhrenkollektoren; Solarwärme 1 = bezogen auf Schwimmbadabsorber, Flach- und Vakuum Röhrenkollektoren) /1 / 2/

Bisher wurden thermische Solaranlagen nahezu ausschließlich für die Beheizung von Schwimmbädern sowie zur Warmwasserbereitung und Raumheizung im Wohn- und Beherbergungsbereich eingesetzt. Die Nutzung der Sonnenenergie für gewerbliche und industrielle Produktionsprozesse sowie zur Beheizung von Produktionshallen blieb bisher auf wenige Einzelfälle beschränkt.

Betrachtet man den Energieverbrauch der Sektoren Industrie, Transport, Haushalte und den Dienstleistungssektor genauer, so wird deutlich, dass in den OECD-Ländern der Sektor Industrie, knapp gefolgt von Transport mit rund 30 % den höchsten Anteil am Energieverbrauch aufweist. Bedingt durch die Tatsache, dass fossile Energie billig und scheinbar unbegrenzt zur Verfügung steht, wurden bisher in Gewerbe- und Industriebetrieben nur bescheidene Anstrengungen unternommen, fossile Energieträger durch erneuerbare zu ersetzen.

Nimmt man die Prognosen der Erdölkonzerne ernst, die derzeit eine Reichweite von ca. 40 Jahren für die leicht erschließbaren Erdöl- und Gasvorkommen vorhersagen und zieht man zusätzlich in Betracht, wie lange eine Umstellung unserer Volkswirtschaften vom

fossilen Energiesystem auf ein erneuerbares Energiesystem benötigen, so ist die Entwicklung und Erprobung solarer Technologien für den Einsatz in Produktionsbetrieben höchst an der Zeit.

2 Aktuelle Nutzung von Solarwärme im Industriebereich

Wie oben dargestellt, blieb der Einsatz von Solarwärme in gewerblichen oder industriellen Produktionsprozessen bisher auf wenige Anlagen beschränkt. Eine erste Aufgabe der Task 33/4 war es daher, die existierenden Anlagen zu dokumentieren und Anwendungsbereiche sowie Erfahrungen, die mit den Anlagen gemacht wurden zu analysieren.

2.1 Weltweit dokumentierte Anlagen

Weltweit wurden bis April 2004 mehr als 60 Anlagen mit rund 60.000 m² Kollektorfläche, entsprechend einer Nennleistung von 24 MW_{th} im Industrie- und Gewerbebereich dokumentiert. Jeweils rund 10 Anlagen sind in den USA, Griechenland, Spanien und Österreich in Betrieb. In allen anderen Ländern liegt die Anlagenanzahl zwischen sechs und einer Anlage.

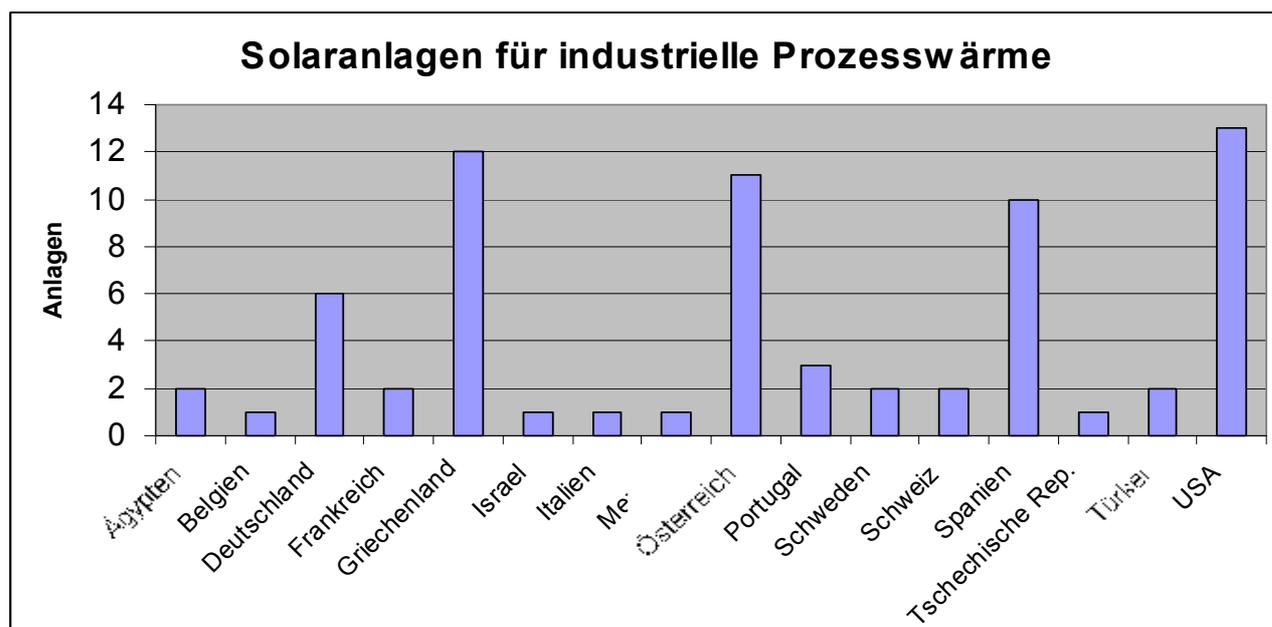


Abb. 2: Verteilung der dokumentierten Solaranlagen für Prozesswärmeanwendungen
Quelle: H. Schweiger, Task 33/4, Subtask A

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich ist, sind derzeit die wesentlichen Einsatzbereiche für solarthermische Anlagen in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, in der Textil- und Chemieindustrie sowie bei einfachen Waschprozessen wie zB. Autowaschanlagen. Dies liegt vor allem an den Temperaturniveaus, die für die Prozesse dieser Branchen erforderlich sind. Die notwendigen Prozesstemperaturen liegen im Bereich von 30°C bis maximal 90°C, weshalb hauptsächlich Flachkollektoren eingesetzt werden, die bis zu diesem Temperaturbereich einen guten Wirkungsgrad aufweisen.

Neben der Prozesswärmebereitstellung wird Solarwärme auch zur Beheizung von Produktionshallen genutzt. Diese Anlagen befinden sich derzeit allerdings ausschließlich in Österreich.

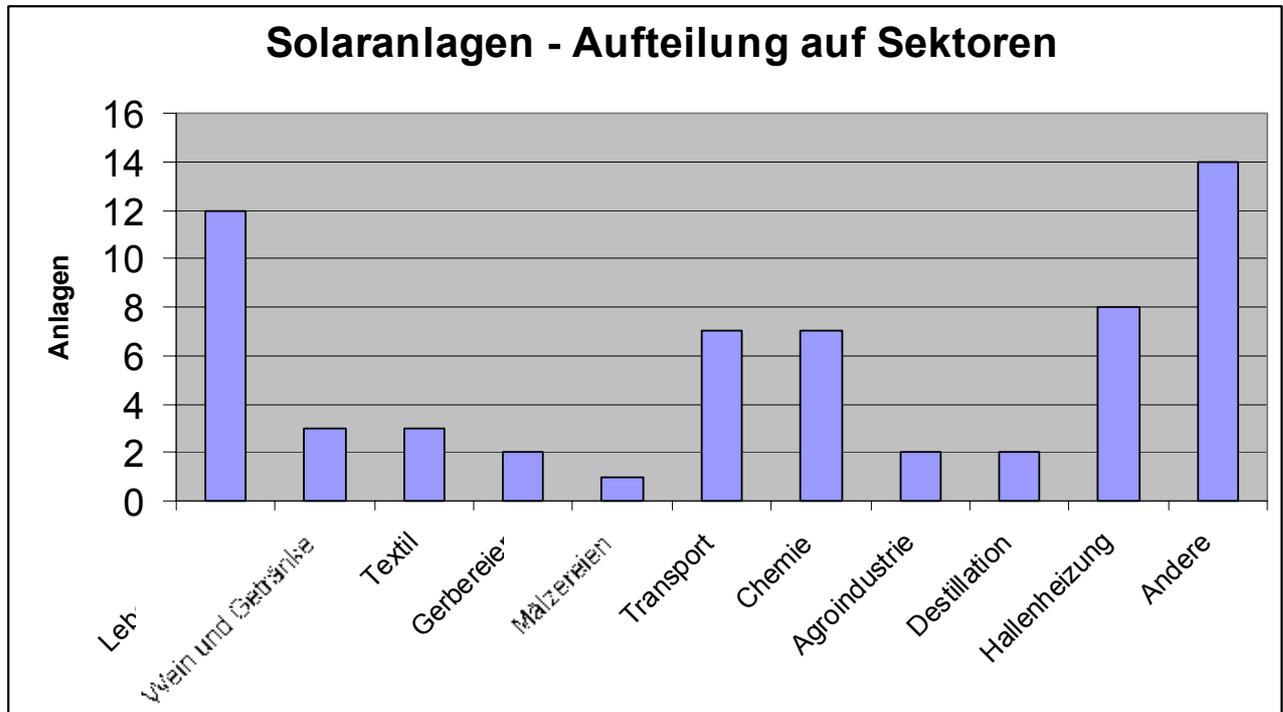


Abb. 3: Bisher dokumentierte thermische Solaranlagen in verschiedenen Sektoren.

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass in den dargestellten Branchen neben Niedertemperaturprozessen bis 80°C auch ein beachtliches Potenzial im mittleren Temperaturbereich bis ca. 250°C erschließbar wäre.

Industriesektor	Prozess	Temperaturniveau [°C]
Lebensmittel und Getränke	Trocknen	30 - 90
	Waschen	40 - 80
	Pasteurisieren	80 - 110
	Kochen	95 - 105
	Sterilisieren	140 - 150
	Wärmebehandlung	40 - 60
Textilindustrie	Waschen	40 - 80
	Bleichen	60 - 100
	Färben	100 - 160
Chemieindustrie	Kochen	95 - 105
	Destillieren	110 - 300
	Div. chem. Prozesse	120 - 180
Alle Sektoren	Vorwärmung von Kesselwasser	30 - 100
	Beheizung von Industriehallen	30 - 80

Tabelle 1: Branchen und Prozesse mit dem größten Potenzial für solarthermische Anwendungen

Unterteilt man gewerbliche und industrielle Prozesse sowie die Wärme, die zur Beheizung von Produktionshallen erforderlich ist, in zwei Temperaturbereiche (bis 80°C und von 80°C – 250°C), dann werden auch kurz-, und mittelfristig erschließbare Anwendungen für solarthermische Anlagen sowie die Erfordernisse für Forschung- und Entwicklung deutlich.

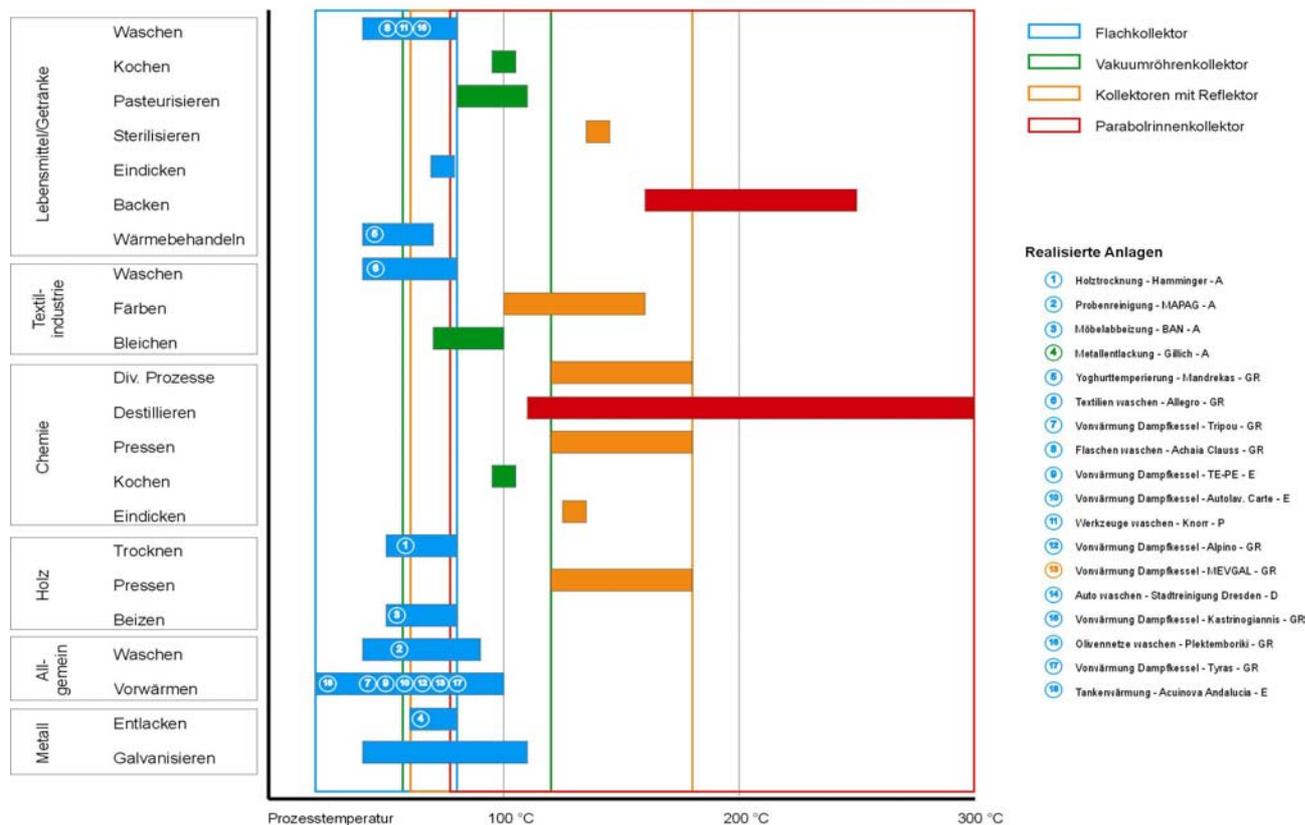


Abb. 4: Prozesswärmeanwendungen und geeignete Kollektoren, sowie realisierte Anlagen in Österreich /3/

Für den Temperaturbereich bis 80°C stehen derzeit Flachkollektoren oder Vakuumröhrenkollektoren zur Verfügung. In diesem Anwendungssegment ist es vor allem notwendig, Konzepte zu entwickeln, die eine sowohl technisch wie auch ökonomisch sinnvolle Einbindung von Solarwärme in bestehende industrielle Prozesse ermöglichen. Um auch den Mitteltemperaturbereich bis 250°C für die Solarthermie zu erschließen, werden im Rahmen der Task 33/4 optimierte und in ihrer Leistungsfähigkeit verbesserte Flachkollektoren, wie auch CPC und Parabolrinnenkollektoren entwickelt, da die derzeit verfügbaren Kollektoren entweder das erforderliche Temperaturniveau nicht mit entsprechendem Wirkungsgrad erreichen, oder wie im Fall der Parabolrinnenkollektoren sich die Optimierung bisher vor allem an den Erfordernissen von solarthermischen Kraftwerken orientierte. (Aktuelle Entwicklungen bei Mitteltemperaturkollektoren s. auch der Beitrag von M. Rommel in diesem Tagungsband).

Eine erste Demonstrationsanlage für eine Anwendung im industriellen Mitteltemperaturbereich wurde im Jänner 2004 für den Pharmabetrieb „El NASR Pharmaceutical Chemicals“ in Ägypten errichtet und in Betrieb genommen.



Abb. 5: 1900 m² Parabolrinnen-Kollektoranlage für „El NASR Pharmaceutical Chemicals“ in Ägypten (Foto: Fichtner Solar GmbH)

Die Anlage besteht aus zwei hydraulischen Kreisen mit je 36 Parabolrinnenkollektoren. Mit einer Kollektorfläche von 1900 m² werden 1,3 Tonnen Sattdampf (173 °C und 8 bar) pro Stunde produziert.

Um die Leistungsunterschiede zu ermitteln, wurde ein Teil der Parabolrinnen (Kreis 1) an der Frontseite mit einer Glasabdeckung versehen, der zweite Kreis hat keine Glasabdeckung. In einer ersten Testphase im März 2004 wurden im Kreis 1 173°C und im Kreis 2 161 °C erreicht.

Die Anlage wurde von der Firma Fichtner Solar GmbH. aus Deutschland - einem Industrieunternehmen, das am Task 33/4 mitarbeitet - geplant und über den African Development Fund finanziert.

2.2 Installierte Anlagen in Österreich

Ende des Jahres 2003 waren in Österreich 327 m² Kollektorfläche für die Prozesswärmeerzeugung und 539 m² Kollektorfläche für die Beheizung von Produktionshallen in Betrieb. Sowohl bei Prozesswärmeanwendungen wie auch bei der Hallenheizung kommen auch in Österreich überwiegend Flachkollektoren zum Einsatz. Für die Hallenheizung werden sowohl Flachkollektoren mit Wasser/Glykol-Gemisch als Wärmeträger als auch Luftkollektoren eingesetzt.

Die Prozesswärmeanwendungen umfassen Holz Trocknung, Abbeizen von Möbeln, Entlackung von Metallteilen, die Reinigung von Materialproben und Autowaschen. Abb. 6 zeigt die Aufteilung der Kollektorfläche von gewerblich genutzten Anlagen in Österreich nach den Anwendungen und den eingesetzten Kollektortypen.

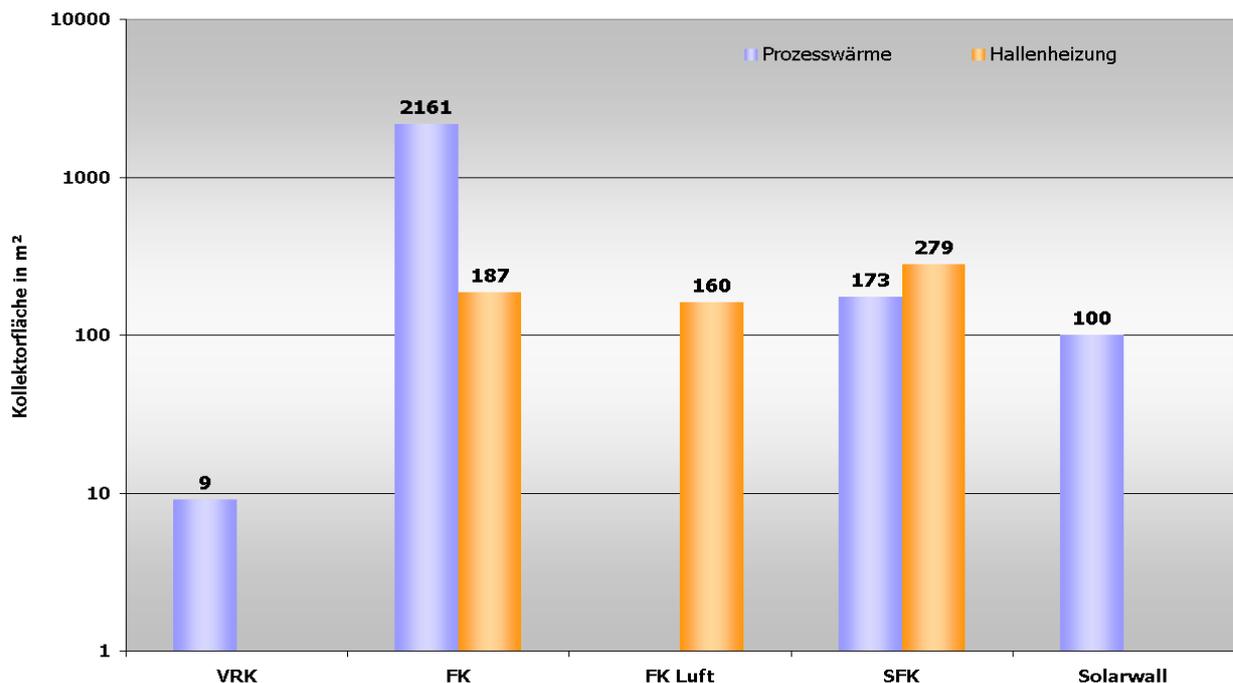


Abb. 6: Aufteilung der installierten gewerblich genutzten Solaranlagen nach Kollektortypen für Österreich (inklusive stillgelegte Anlagen) /3/

FK	Flachkollektor nicht selektiv	VRK	Vakuümrohrenkollektor
FK Luft	Luftkollektor	CPC	CPC Kollektor
SFK	Selektiver Flachkollektor	PRK	Parabolrinnenkollektor

In dieser Aufstellung sind auch zwei Anlagen enthalten, die nicht mehr in Betrieb sind. Diese stellen allerdings einen Großteil der Kollektorfläche dar, da sie gemeinsam eine Fläche von 2.116 m² aufwiesen. Die genannten Anlagen wurden um 1980 als Reaktion auf die zweite Ölpreiskrise errichtet und waren jeweils ca. 15 – 20 Jahre in Betrieb. Die Stilllegung dieser Anlagen ergab sich einerseits durch den stark reduzierten Warmwasserbedarf aufgrund von Prozessoptimierungen und dem Erreichen der Lebensdauer andererseits.

Solaranlagen zur Beheizung von Produktionshallen

Bedingt durch den zunehmend besseren Wärmedämmstandard von Produktionshallen und der relativ niedrigen Raumtemperatur von 16 bis 18°C, die in Produktionshallen gefordert wird einerseits und die Entwicklung von direkt in die Fassade integrierbaren Fassadenkollektoren andererseits, eröffneten sich neue Möglichkeiten der Nutzung von Solarwärme, die seit dem Jahr 2000 vor allem in Österreich Anwendung finden.

Im Rahmen der Task 33/4 wurden in Österreich insgesamt 8 Anlagen dokumentiert. Als Beispiele werden hier zwei solar beheizte Produktionshallen aus Vorarlberg angeführt.

In Feldkirch, Vorarlberg wurde die erste Gewerbehalle Mitteleuropas errichtet, die ausschließlich (monovalent) über eine Solaranlage beheizt wird. In der Halle werden

Sonnenkollektoren und Zubehör der Firma Winkler Solar produziert, weiters ist in ihr eine zugehörige Spenglerei untergebracht. Die Produktionshalle mit einem Bruttovolumen von 4.523 m³ wird über eine Solarfassade mit 105 m² Kollektorfläche und 87 m² Kollektoren, die am Dach des Gebäudes mit einer Neigung von 80° montiert wurden beheizt.



Abb. 7: Solaranlagen zur Beheizung von Produktionshallen. Links: Monovalent solar beheizte Halle der Firma Winkler. Rechts: Büro und Produktionshalle der Firma VMZ in Bludesch.

3 Einkopplung von Solaranlagen in industrielle Wärmeversorgungssysteme

In industriellen Prozessen können Luft, Wasser oder auch Wasserdampf als Wärmeträger eingesetzt werden. Die folgende Abbildung zeigt die möglichen Punkte zur Einbindung einer solarthermischen Anlage in ein konventionelles System zur Erzeugung industrieller Prozesswärme am Beispiel eines wasser- bzw. dampfgeführten Prozesses.

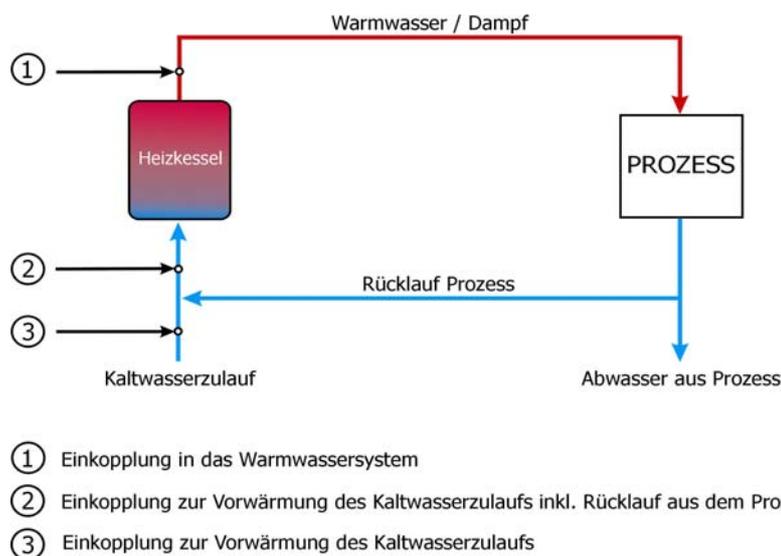


Abb. 8: Prinzipielle Möglichkeiten der Einkopplung von solar erzeugter Wärme in einen Produktionsprozess

3.1 Wärmeabgabe an den Prozess

Neben der Beachtung der Einkopplungspunkte in ein industrielles Wärmesystem wie oben beschrieben, muss auch die Art des Wärmeaustausches der solarthermischen Anlage mit dem konventionellen System betrachtet werden, um zu einer technisch und wirtschaftlich sinnvollen Integration zu kommen. Es ergeben sich mehrere Möglichkeiten des Wärmeaustauschs mit dem Prozess.

Systeme ohne Speicher

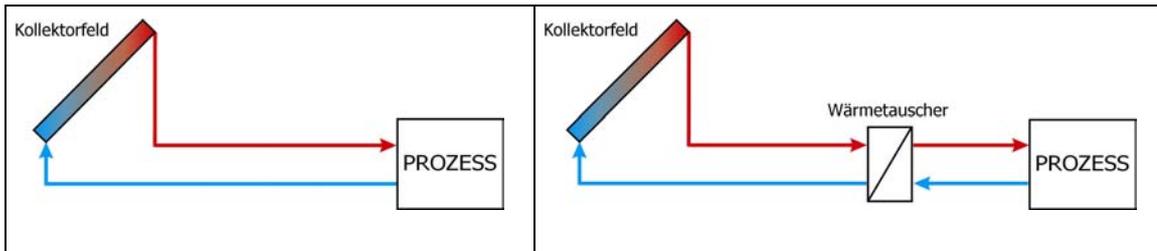


Abb. 9: Direkter Wärmeaustausch

Abb. 10: Indirekter Wärmeaustausch

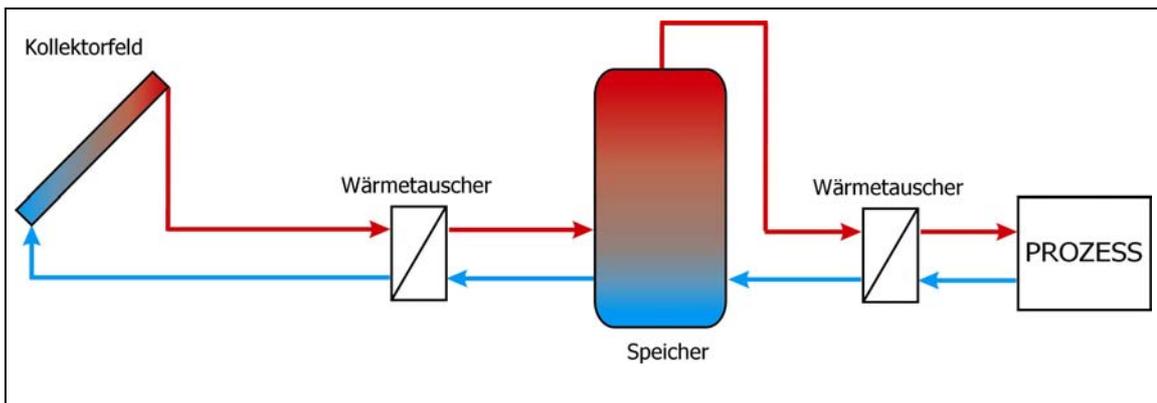


Abb. 11: Indirekter Wärmeaustausch mit Speicher

Die Abbildungen zeigen, dass der apparative und regelungstechnische Aufwand mit der Anzahl der Wärmetauscherkreise zunehmend steigt.

Das einfachste System ist jenes, das in Abb. 9 dargestellt ist. Das Prozessmedium fließt direkt durch den Kollektor und wird dort erwärmt. Dies ist aber nur dann möglich, wenn es sich um ein nicht korrosives Medium handelt und keine Frostgefahr gegeben ist, oder bei Prozessen, die Luft als Wärmeträger und Prozessmedium nutzen (Trocknungsprozesse).

Abb. 10 zeigt ein Zweikreissystem, wobei der Primärkreis (Solarkreislauf) mit einem Wasser/Glykolgemisch betrieben werden kann und die Wärme über einen externen oder internen Wärmetauscher an das Prozessmedium übertragen wird. Dieses Konzept hat den Vorteil, dass die Frostsicherheit erfüllt ist und auch mit korrosiven Medien bzw. auch anderen Medien als Wasser im Sekundärkreis gearbeitet werden kann. Eine mögliche Anwendung dafür stellt die Erwärmung von Galvanikbecken dar.

Systeme, wie die beiden voran beschriebenen, können vor allem bei kontinuierlicher Prozessführung eingesetzt werden, wobei ein gewisser Anteil der Grundlast des Wärmebedarfs von der Solaranlage und der Rest durch das konventionelle System gedeckt wird.

Der technisch größte Aufwand ergibt sich bei einem System nach Abb. 11. Dieses System hat den Vorteil, dass Wärme gespeichert werden kann und in Perioden geringer solarer Einstrahlung zur Verfügung steht. Dies ist dann von Vorteil, wenn Prozesse diskontinuierlich betrieben werden und durch die Speicherung zusätzliche Energiegewinne erzielt werden können; damit kann auch der solare Deckungsgrad erhöht werden.

Da die Wirtschaftlichkeit bei industriellen Anwendungen sehr oft im Vordergrund steht, scheinen aus derzeitiger Sicht vor allem Anlagen mit direkter Einbindung der Solarwärme das größte unmittelbare Umsetzungspotenzial zu haben.

Literatur:

- /1/ Weiss, W. : New Emerging Markets and Applications for Solar Thermal Applications for Solar Thermal Systems, Chance or risk for the European solar thermal industry?", Eurosun 2004 Conference, Freiburg, 2004.
- /2/ IEA Statistics - Renewables Information 2003, IEA, Paris, 2004.
- /3/ Müller, T, et. al.: Promise – Produzieren mit Sonnenenergie, Potenzialstudie zur Solarenergienutzung in Gewerbe- und Industriebetrieben in Abhängigkeit von den Produktionsprozessen, Projekt im Rahmen der Programmlinie "Fabrik der Zukunft", Gleisdorf, 2004.

Projektfinanzierung

Die Teilnahme der österreichischen Experten an Task 33/4 wird vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ gefördert.

Weitere Informationen zum Thema:

www.iea-shc.org

www.solarpaces.org

www.iea-ship.org

www.aee.at

www.energytech.at