



Parabolrinnen-Kollektoren (im Bild: Fromagerie de Saignelégier) konzentrieren die Sonnenstrahlung auf ein von Wasser durchströmtes Absorberrohr und erhitzen das Wärmeträgermedium auf bis zu 112 Grad. Die Kollektoren verwerten Direktstrahlung, nicht aber Diffusstrahlung.

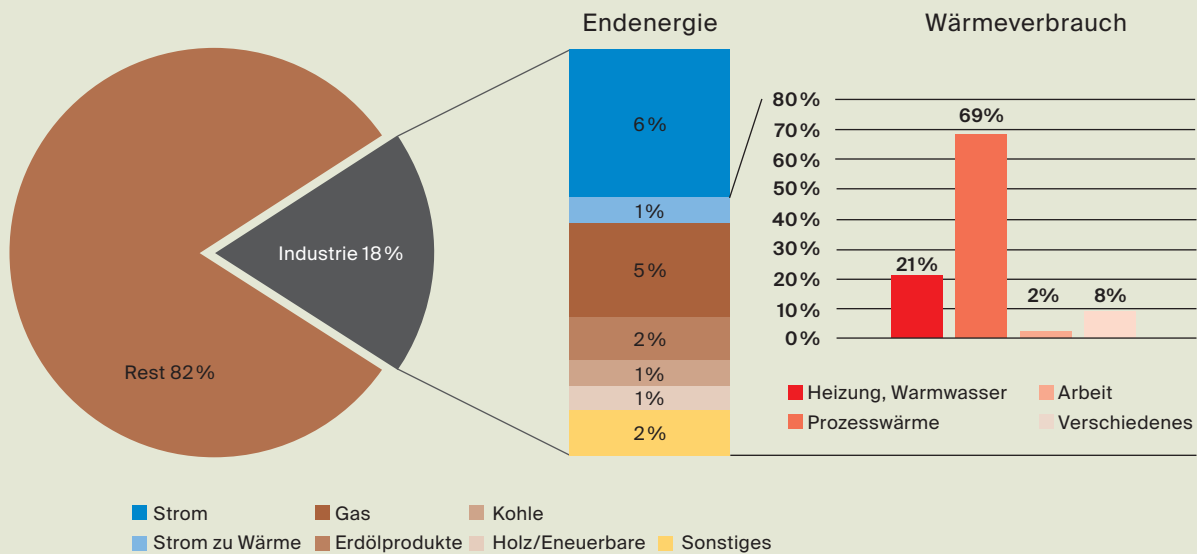
Foto: SPF

Industrie vertraut auf Solarwärme

Viele Produktionsbetriebe benötigen in Fertigungsprozessen Wärme. Liegt der Bedarf im Temperaturbereich unter 150 Grad, kann in mitteleuropäischen Breitengraden die Nutzung von Solarwärme sinnvoll sein. Günstige Voraussetzungen haben insbesondere die Lebensmittel-, Textil-, Papier- und Pharmaindustrie. Um die Wirtschaftlichkeit der Solarwärme zu verbessern, untersucht ein Forscherteam der Hochschule für Technik Rapperswil mit Unterstützung des Bundesamts für Energie standardisierte, skalierbare Kollektoranlagen.

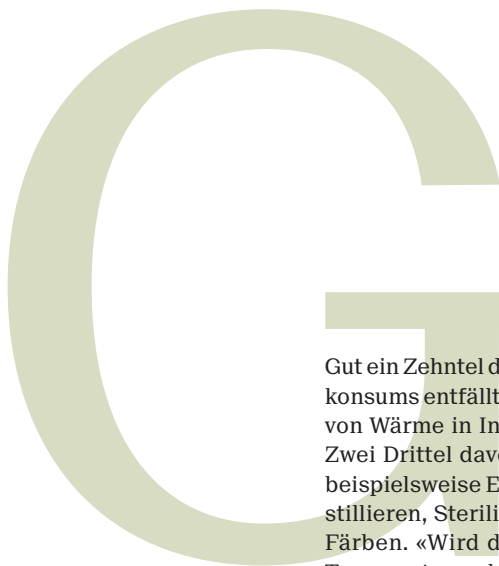
Text: Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Gesamtenergieverbrauch Schweiz



Gemäss Schweizer Gesamtenergiestatistik entfallen 18% des landesweiten Endenergieverbrauchs bzw. 155 Petajoule auf die Industrie (so für das Jahr 2016). Diese Energie wird in Form von Wärme oder Elektrizität genutzt. Über zwei Drittel der Wärme werden für industrielle Prozesse verwendet.

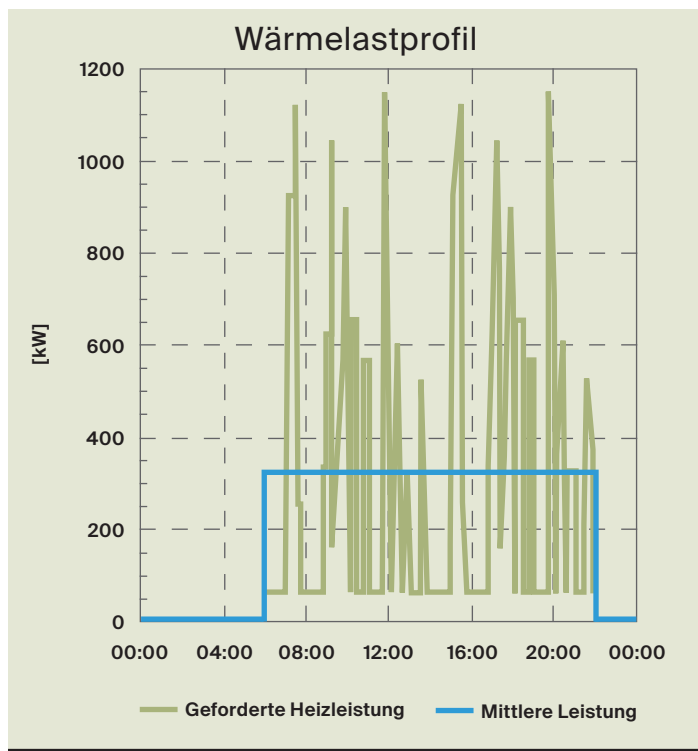
Grafik: SPF/bearbeitet B. Vogel



Gut ein Zehntel des Schweizer Energiekonsums entfällt auf die Bereitstellung von Wärme in Industrieunternehmen. Zwei Drittel davon sind Prozesse, wie beispielsweise Erhitzen, Reinigen, Destillieren, Sterilisieren, Bleichen oder Färben. «Wird die Prozesswärme bei Temperaturen bis zu 150 Grad benötigt, ist eine Bereitstellung über Solar Kollektoren in der Schweiz sinnvoll», sagt Dr. Mercedes H. Rittmann-Frank, Wissenschaftlerin am Institut für Solartechnik SPF der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR). In der Schweiz bieten vier Industriebranchen besonders gute Voraussetzungen für den Einsatz von Solarwärme: die Lebensmittel-, Textil-, Papier- und Pharmaindustrie. Eine Studie der HSR und der Westschweizer Fachhochschule HEIG-VD (Yverdon-les-Bains) hat 2019

das theoretische Potenzial für solare Prozesswärme in diesen vier Branchen mit 4 Terrawattstunden beziffert. Das sind 9 Prozent des gesamten Energiebedarfs der Schweizer Industrie.

Von 2012 bis 2016 hat sich die Zahl der Solarthermie-Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme weltweit von 120 auf 700 mehr als verfünffacht. Eingesetzt werden sie in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, im Maschinenbau und in der Textilbranche. Seit dem Jahr 2011 wird Solarwärme auch in der Schweiz genutzt. Damals nahm der Milchverarbeitungsbetrieb Lesa in Bever GR die erste Anlage in Betrieb. Der 190 Grad heisse Dampf wird für die Reinigung der Produktionsanlagen eingesetzt. Wenig später stellten Betriebe der Milchverarbeiter Cremo SA (in Fribourg) und Emmi AG (in —//



Lastprofil eines Batch-Prozesses aus der Textilindustrie.
Da der Wärmebedarf im Zeitverlauf stark variiert,
ist der Einsatz eines Wärmespeichers unabdingbar.

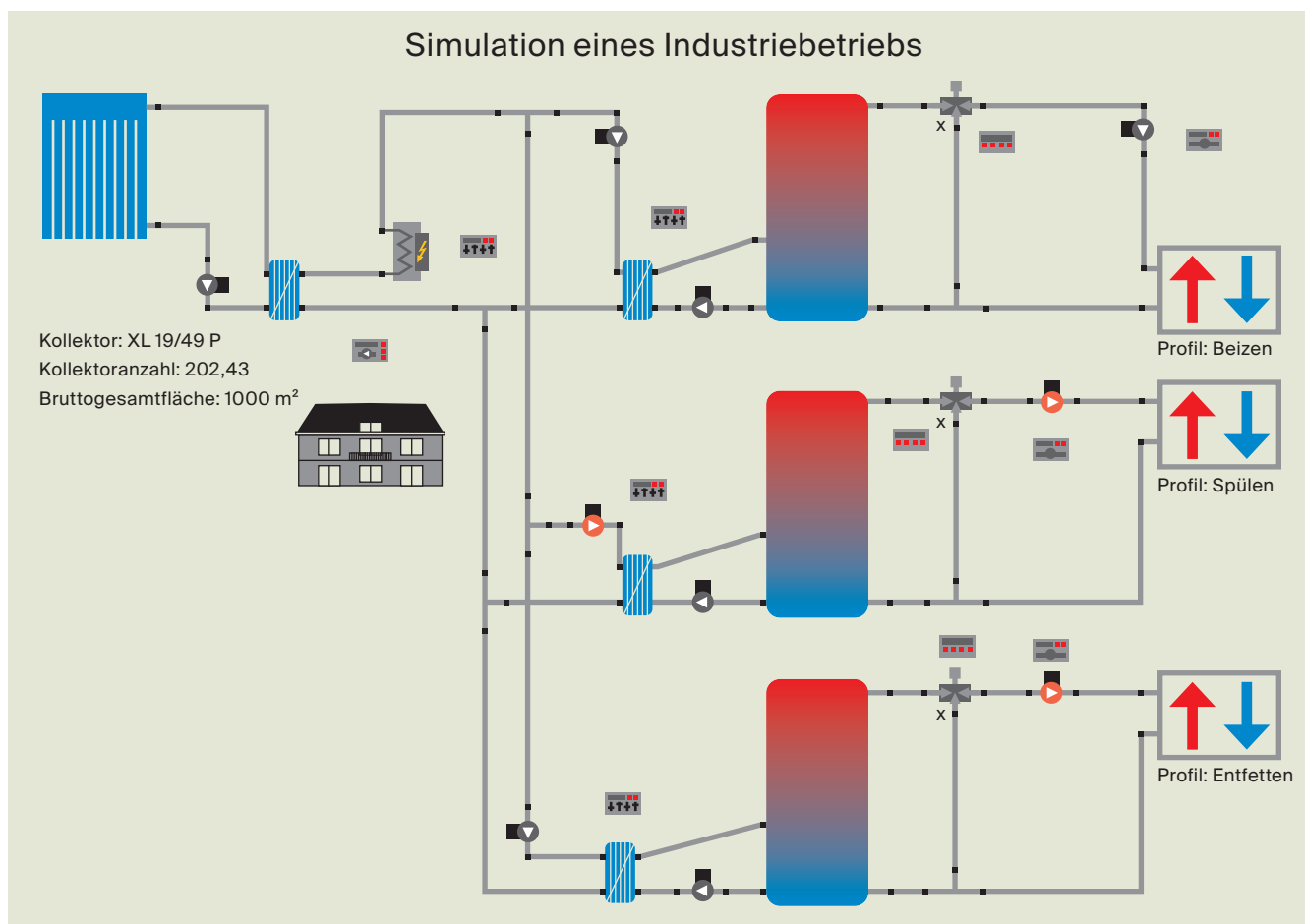
Grafik: Zwischenbericht BillySolar

Saignelégier JU) ebenfalls teilweise auf Solarwärme um. Unterdessen gibt es landesweit gut ein halbes Dutzend Anlagen zur Bereitstellung industrieller Solarwärme.

MEHRJÄHRIGES MONITORING

In einem vom Bundesamt für Energie unterstützten Monitoringprogramm hat ein HSR-Forscherteam seit 2014 fünf dieser Anlagen begleitet. Der erste Teil der Studie «Evaluation von Solaren Prozesswärmeanlagen in der Schweiz» (EvaSP) wurde 2017 abgeschlossen, der zweite Teil lief von 2018 bis Mai 2020. Gemäss den Auswertungen liefern die Anlagen Quadratmetererträge von bis zu 80 kWh pro Monat, wobei im Sommerhalbjahr rund 30 bis 45 Prozent der eingestrahelten Energie als Wärme genutzt werden (siehe Grafiken Seite 32 und 33). Die Firmen produzieren mit Solarkollektoren 15 bis 220 MWh Prozesswärme pro Jahr und decken damit bis zu 44 Prozent ihres Prozesswärmebedarfs.

Die fünf untersuchten Anlagen nutzen drei verschiedene Kollektorarten. Als «sehr positiv» bewerten die Forscherinnen und Forscher in ihrem



Polysun-Simulation eines Industriebetriebs mit drei Prozessen.

Grafik: Zwischenbericht BillySolar

Schlussbericht die Leistung der Vakuumröhren-Kollektoren, die bei der Firma Zehnder in Gränichen AG zum Einsatz kommen. Diese Technologie ist aus dem Wohnbereich gut erprobt, hat aber den Nachteil, dass nur Temperaturen bis 90 Grad möglich sind. Höhere Temperaturen bis zu 190 Grad lassen sich mit konzentrierenden, nachgeführten Parabolrinnen-Kollektoren erzielen. Diese Art von Kollektoren, die in drei untersuchten Anlagen (Lesa/Bever, Emmi/Saignelégier, Cremo/Fribourg) eingesetzt werden, liefern laut Experteneinschätzung «zufriedenstellende bis gute Energiebeiträge».

Alle untersuchten Anlagen sind Pilotanlagen und damit Investitionen, die auch dazu dienen, aus Fehlern und Störungen zu lernen. Die von den HSR-Forschenden festgestellten Fehlfunktionen betrafen bewegliche Teile (bei Parabolrinnen-Kollektoren), Fehler bei der Systemintegration sowie bei der Datenübertragung und -speicherung, wobei letztere nicht direkt mit der Kollektortechnologie in Verbindung stehen. Die festgestellten Probleme konnten in der Regel behoben werden. Die Untersuchungen zu Degradation und Verschmutzung zeigen keine ungünstigen Befunde. Der Schlussbericht zieht denn auch ein positives Fazit: «Die untersuchten Anlagen zeigen vielversprechende Ergebnisse, die Schweiz sollte das Potenzial für diese CO₂-neutrale Wärmeerzeugung nutzen.»

RUF NACH STANDARDISIERUNG

Vor dem Hintergrund der Herausforderungen speziell bei der Systemintegration wünschen sich die HSR-

Forschenden «einfachere und standardisierte Integrationskonzepte». Bisher sind Solaranlagen zur Erzeugung von industrieller Prozesswärme jeweils Einzelanfertigungen. Entsprechend aufwendig sind die Voruntersuchungen zur Auslegung und Einbindung neuer Anlagen. Da verschiedene Industriebetriebe ähnliche Prozesse und Prozessanforderungen haben, stellt sich die Frage, ob sich Solarwärmeanlagen in einem gewissen Mass standardisieren und damit Planungs- und Herstellungskosten sparen liessen. Das ist die zentrale Fragestellung des auf zwei Jahre angelegten Forschungsprojekts BillySolar, das seit Frühjahr 2019 an der HSR läuft. Der Projektname bringt die übergeordnete Zielsetzung auf den Punkt: Lassen sich Anlagen aus einer kleinsten, universell einsetzbaren Wärmeeinheit zusammensetzen, quasi wie ein Billy-Regal von Ikea?

Auf dem Weg zu diesem Ziel wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Wärmebedarf von industriellen Prozessen verstehen und in Industriebetrieben wiederkehrende Prozesse mit ähnlichem Wärmebedarfsprofil identifizieren, also Prozesse, bei denen Wärmemenge, Temperatur und Tagesverlauf vergleichbar sind. Um dies zu tun, wurden über die Werksleiter von sechs Emmi-Produktionsstätten mittels Fragebogen die Angaben zu den jeweils eingesetzten Prozessen erhoben. Zusätzlich untersuchten Forschungspartner der Hochschule Luzern (HSLU) Energieflussanalysen von industriellen Prozessen (sogenannte Pinch-Analysen) —//



HSR-Forscherin
Dr. Mercedes H. Rittmann-Frank

Foto: HSR

Brückenschlag zur Industrie

An dem im Text vorgestellten Forschungsprojekt «Konzernrelevante Verringerung von CO₂-Emissionen durch die Integration von skalierbaren und kostengünstigen Solarwärme-Einheiten (BillySolar)» sind die Hochschule für Technik Rapperswil und die Hochschule Luzern beteiligt. Industriepartner sind Vela Solaris (Herstellerin der Simulationssoftware Polysun), das Milchverarbeitungsunternehmen Emmi sowie die Kollektorhersteller TVP und Soltop.

OPP-SOR®

Gas- und CO-Warnanlagen



TGÜ-BM 3.6



GWA-M 3.6

- **Tiefgaragenüberwachung TGÜ**
Überwachung von Tiefgaragen und Tunneln. Konform zur VDI 2053 und SWKI VA103-01 (CH). Option: Feuchte- und Zeitschaltregelung.
- **Gaswarnanlage GWA**
Überwachung von Kälteanlagen/-mitteln sowie toxischen und brennbaren Gasen.
- **Breites Zubehörprogramm**
- **Mehrsprachigkeit**
- **Standard Modbus-Schnittstelle zur GLT**
- **GWA-Individualalarm für IR-Gasmessfühler**

- **Gasmessfühler GMF-MOD**
Für TGÜ/GWA in Bus-Technologie. Z.B. für Frigene R134a, R407a, R410, etc. oder CO, NO₂, CH₄, LPG sowie CO₂. Erhältlich im Kunststoff- oder Alugehäuse. Auch als Kombi- oder IR-Dual-Beam Sensor.



Gasmessfühler
GMF-MOD

Auch kompatibel zu den neuen alternativen Kältemitteln

SENSORIK | GASWARNANLAGEN | BRANDSCHUTZ

Oppermann Suisse AG

Unterscheid 2 | CH-6375 Beckenried
Telefon +41 41 511 03 70 | info@opr.ch | www.oprg.ch



aus der Lackier-, Galvanik-, Textil- und Lebensmittelindustrie, die in einer HSLU-Datenbank abgelegt sind.

STANDARDMODUL

So identifizierten die Forscherinnen und Forscher Prozesse, die für die Beschickung mit solarer Prozesswärme in Frage kommen. Zusätzlich erstellten sie die Solarthermie-Anlagen und alle zugehörigen Komponenten mit der Simulationssoftware Polysun. Im

Berechnungstool

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des SPF haben zusammen mit Kolleginnen und Kollegen des Laboratoire d'énergétique solaire et de physique du bâtiment (Lesbat) an der Fachhochschule der Westschweiz in Yverdon-les-Bains ein Berechnungsprogramm entwickelt, das sogenannte SOLIND-Tool, das aus dem Projekt «Solind Swiss» hervorging. Dieses erlaubt den Unternehmen seit verganginem Jahr eine schnelle Abschätzung, ob die Nutzung von solarer Prozesswärme in ihrem Industriebetrieb sinnvoll ist. Download unter:

www.spf.ch/index.php?id=19086

nächsten Schritt konnten sie die Parameter der Anlagen (Art der Kolleortechnologie, Kollektorfeldfläche, Volumen Wärmespeicher) nun beliebig variieren und so die energetischen Kennzahlen und die Kosten der jeweiligen technischen Umsetzung (Anlage-, Integrations- und Montagekosten) bestimmen. Mit den Simulationen gelangten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu dem Schluss, dass das kleinste Standardmodul für industrielle Solarthermie-Anlagen auf 100 m² Kollektorfläche und einen Warmwasserspeicher mit 10 m³ dimensioniert werden könnte.

Diese Grösse ist das Ergebnis einer energetischen und wirtschaftlichen Optimierung; bei dieser Anlagengrösse sind die Kosten pro Kilowattstunde produzierter Wärme am tiefsten, wie die Forscherinnen und Forscher zeigen konnten. Für Firmen ist es somit am vorteilhaftesten, wenn sie sich – je nach Wärmebedarf – für 100 m² oder ein Vielfaches dieser Kollektorfläche entscheiden. Bei der vorgeschlagenen Standardgrösse handelt es sich um ein Zwischenergebnis, das im Zuge des Projekts bestätigt und verfeinert werden muss. Zu klären bleibt, ob bzw. wie sich solche Standardeinheiten in einen bestimmten Industriebetrieb konkret integrieren lassen und welche finanziellen Anreize allenfalls nötig sind, um der Solarthermie im industriellen Sektor trotz

der Mehrkosten gegenüber fossilen Energieträgern Vorschub zu leisten. HSR-Forscherin Rittmann-Frank ist optimistisch: «Wir gehen davon aus, dass diese vor allem aus der Milchindustrie abgeleitete kleinste Produktionseinheit auf andere Branchen übertragbar ist und auch dort eine sinnvolle Grösse zur Erzeugung von Prozesswärme darstellt.» —//

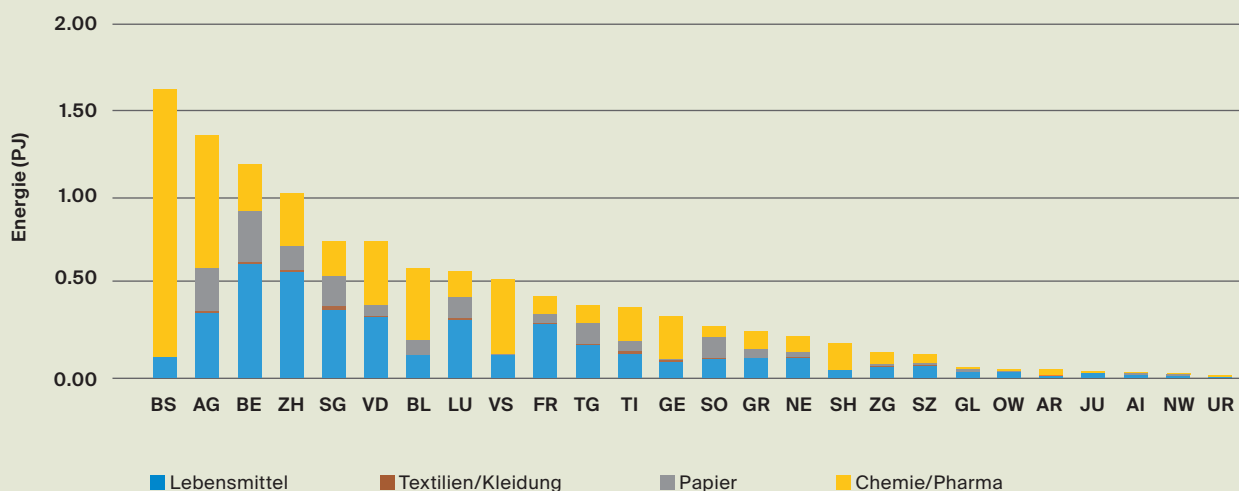
HINWEISE

Der 2017 veröffentlichte Schlussbericht zur Studie «Evaluation Solarer Prozesswärmeanlagen in der Schweiz» (EvaSP, Teil 1) ist abrufbar unter: www.aramis.admin.ch/Default.aspx?DocumentID=46127
Die im März 2020 abgeschlossene Studie EvaSP Teil 2 ist abrufbar unter: www.spf.ch/index.php?id=18110&L=8%27

Auskünfte zu dem Projekt erteilt Dr. Stefan Oberholzer ([stefan.oberholzer\[at\]bfe.admin.ch](mailto:stefan.oberholzer[at]bfe.admin.ch)), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Solare Hochtemperaturrenergie.

Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Solare Hochtemperaturrenergie unter: www.bfe.admin.ch/ec-solar

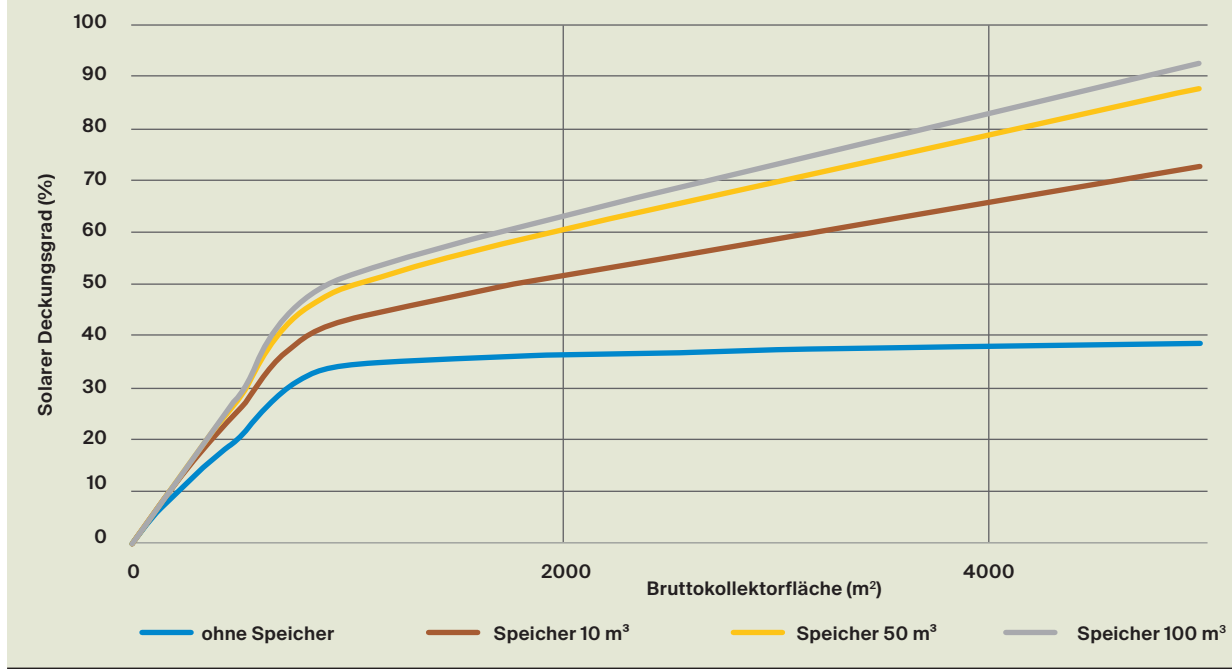
Potenzial für solarthermische Systeme (nach Kantonen)



In der Lebensmittel-, Textil-, Papier- und Pharmabranche gibt es besonders viele Anwendungsmöglichkeiten für Prozesswärme, wie diese Aufstellung aus einem Bericht des Bundesamts für Statistik von 2017 zeigt.

Grafik: SPF/bearbeitet B. Vogel

Vergleich Vakuumröhrenkollektor mit verschiedenen Speichergrossen



Eine Polysun-Simulation für eine Solarthermie-Anlage unter Verwendung von Vakuumröhren-Kollektoren: Der solare Deckungsgrad lässt sich erhöhen, indem das Kollektorfeld vergrössert und/oder das Speichervolumen erhöht wird.

Grafik: Zwischenbericht BillySolar

...die perfekte Abluftleistung fürs Flachdach



Antares
Air System®

Ohnsorg Söhne AG
Knonauerstr. 5, Postfach 332
6312 Steinhausen
Tel +41 41 747 00 22
Fax +41 41 747 00 29
www.ohnsorg-soehne-ag.ch
info@ohnsorg-soehne-ag.ch



Wärme
Mieten Sie
mobile Wärme



■ Einsatzbereit, zuverlässig und leistungsstark.

Jetzt flexible, mobile Wärme in allen Leistungsgrössen für jede Anwendung ganz einfach mieten. Vom Spezialisten angeschlossen und in Betrieb genommen.

Unser Team berät Sie gerne.
24/7 Hotline: 0848 201 201



www.mobilintime.com

Erträge

	Monitoring Zeitraum	Betriebs-temperatur	Direkteinstrahlung Kollektorebene	Feldertrag		Kollektorfeldwirkungsgrad
			[kWh/m ²]	MWh	MWh	
Bever	Aug.–Dez. 2012	190 °C	430	129	15	30 %
	Jan.–Dez 2013		1172	356	41	30 %
	Jan.–Aug. 2014		840	196	23	23 %
	2015–2017		Kein durchgängiger Betrieb, Ausfälle wegen Leckagen und Reparaturarbeiten			
	Jun.–Aug. 2018		546	40	5	7 %
	Jun.–Okt. 2019		625	137	16	22 %
Saignelégier	2014	117 °C	945	344	216	36 %
	2015		1138	418	262	37 %
	Mrz.–Dez. 2016		890	298	187	33 %
	Mrz.–Mai 2017		344	114	72	33 %
	Apr.–Okt. 2018		955	289	181	30 %
	Apr.–Aug. 2019		719	276	173	38 %
Fribourg	2014	120 °C/ 160 °C	928	340	197	37 %
	2015		976	380	221	39 %
	2016		843	336	195	40 %
	2017		904	332	193	37 %
	Jul.–Dez. 2018		496	171	100	34 %
	2019		1025	362	171	35 %
			Globalstrahlung Kollektorebene			
			[kWh/m ²]	kWh/m ²	MWh	
Gränichen	2015	70 °C–90 °C	876	340	122	39 %
	Jan.–Apr. 2016		222	90	33	41 %
	2017		Keine Messdaten			
	2018		1247	535	192	43 %
	2019		1336	593	214	44 %
Yverdon	Apr.–Dez. 2015	80 °C/ 180 °C	747	92	17	12 %
	Jan.–Okt. 2016		1198	83	15	7 %

Die Aufstellung zeigt für die fünf untersuchten Anlagen die am jeweiligen Standort eingestrahlt Energiemengen (Direktstrahlung/Globalstrahlung) und die erzielten Erträge (Feldertrag). Die Anlagen arbeiten mit einem Wirkungsgrad bis zu 44 Prozent.

Tabelle: Schlussbericht EvaSP Teil 2