

# INDUSTRIE VERTRAUT AUF SOLARWÄRME

Viele Produktionsbetriebe benötigen in Fertigungsprozessen Wärme. Liegt der Bedarf im Temperaturbereich unter 150 °C, 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.



Die Milchindustrie (im Bild: Emmi-Werk in Emmen, Kanton Luzern) braucht heisses Wasser unter anderem zur Reinigung von Tanks und Produktionsanlagen. Das heisse Wasser kann zumindest teilweise durch Solarkollektoren bereitgestellt werden. Foto: Emmi

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 °C benötigt, ist eine Bereitstellung über Solarkollektoren 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% 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 °C heisse Dampf wird für die Reinigung der Produktionsanlagen eingesetzt. Wenig später stellten Betriebe der Milchverarbeiter Cremo SA (in Fribourg) und Emmi AG (in Saignelégier/JU) ebenfalls teilweise auf Solarwärme um. Unterdessen gibt es landesweit gut ein halbes Dutzend Anlagen zur Bereitstellung industrieller Solarwärme.



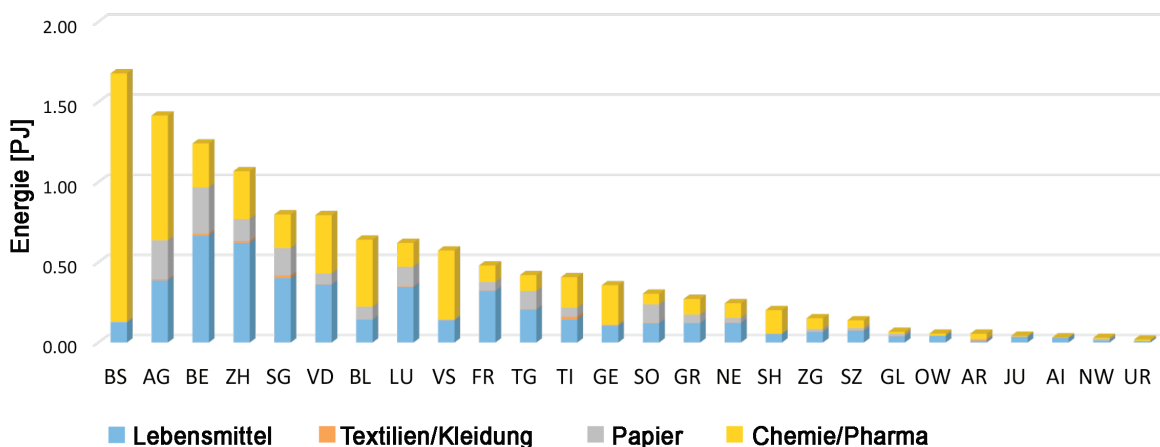
HSR-Forscherin Dr. Mercedes H. Rittmann-Frank. Foto: HSR

### Mehrjähriges Monitoring von fünf Anlagen

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 Quadratmeter-Erträge von bis zu 80 kWh pro Monat, wobei im Sommerhalbjahr rund 30 bis 45% der eingestrahlt Energie als Wärme genutzt werden. Die Firmen produzieren mit Solarkollektoren 15 bis 220 MWh Prozesswärme pro Jahr und decken damit bis zu 44% ihres jeweiligen Prozesswärmebedarfs.

Die fünf untersuchten Anlagen nutzen drei verschiedene Kollektorarten. Als «sehr positiv» bewerten die Forscherinnen und Forscher in ihrem Schlussbericht die Leistung der Vakuumröhren-Kollektoren, die bei der Firma Zehnder in Gräni-

### Potenzial für solarthermische Systeme (nach Kanton)



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



Parabolrinnen-Kollektoren (im Bild: Fromagerie de Saignelégier) konzentrieren die Strahlung auf ein von Wasser durchströmtes Absorberrohr und erhitzen das Wärmeträgermedium auf bis zu 112 °C. Die Kollektoren verwerten Direkt-, nicht aber Diffusstrahlung. Foto: SPF

Vakuumflach-Kollektoren (im Bild: Strassenbau-Unternehmen Colas in Yverdon-les-bains/VD) verwerten Direkt- und Diffusstrahlung. Sie unterscheiden sich von Vakuumröhren-Kollektoren durch ihren hohen Wirkungsgrad auch bei über 100 bis 150 °C. Foto: Lesbat/HEIG-VD

Vakuumröhren-Kollektoren (im Bild: Heizungs-hersteller Zehnder in Gränichen/AG) nutzen die Direkt- und Diffusstrahlung zur Erhitzung eines Wärmeträgers (hier: Wasser-Glycol Gemisch). Der Wärmeträger durchströmt ein vakuumisoliertes Rohr. Foto: SPF

chen (AG) zum Einsatz kommen. Diese Technologie ist aus dem Wohnbereich gut erprobt, hat aber den Nachteil, dass nur Temperaturen bis 90 °C möglich sind. Höhere Temperaturen bis zu 190 °C lassen sich mit konzentrierenden, nachgeführten Parabolrinnen-Kollektoren erzielen. Diese Art von Kollektoren, die in drei untersuchten Anlagen (Lesab/Bever,

Emmi/Saignelégier, Cremo/Fribourg) eingesetzt werden, liefern laut Experteneinschätzung «zufriedenstellende bis gute Energiebeträge».

Alle untersuchten Anlagen sind Pilotanlagen und damit Investitionen, die auch dazu dienen, aus Fehlern und Störungen

## FÜNF ANLAGEN IM VERGLEICH

Kennzahlen der fünf im Monitoringprojekt EvaSP erfassten Anlagen. Eine sechste Anlage auf dem Dach des Genfer Universitätsspitals HUG wird 2020 in Betrieb genommen und war noch nicht Gegenstand des Monitorings. Zur Produktion von Prozesswärme bis 90 °C können unter anderem

	Emmi Saignelégier	Cremo Fribourg	Lesab Bever	Colas Yverdon	Zehnder Gränichen	HUG Genf
Industrie-Branche	Milchverarbeitung			Strassenbau	Heizkörperhersteller	Krankenhaus
Prozesswärmee-nutzung	Reinigung, Produktion			Gebäude Bitumen	Lackieranlage	Sterilisation
Temperaturen	112°C	120°C/160°C	190°C	90°C/160°C	60°C/90°C	90°C
Kollektorart	Parabolrinnenkollektor			Vakuumflachkollektor	Vakuumröhrenkollektor	
Anlagengrösse	627 m <sup>2</sup>	581 m <sup>2</sup>	115 m <sup>2</sup>	360 m <sup>2</sup>	184 m <sup>2</sup>	462 m <sup>2</sup>

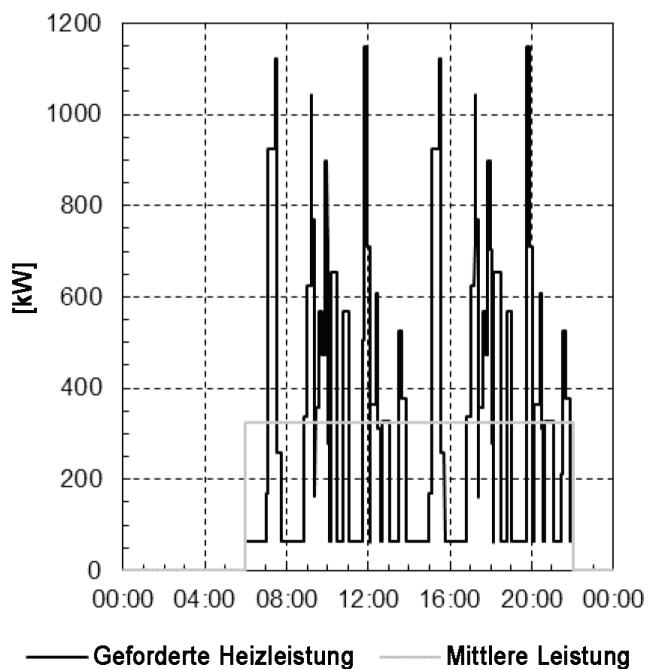
Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt werden, die sich im Wohnbereich zur Wärmeproduktion bewährt haben. Für höhere Temperaturen benötigt man Vakuumflachkollektoren (bis 160 °C) oder Parabolrinnenkollektoren (bis 190 °C). Letztere sind konzentrierende Systeme, die im Tagesverlauf der Sonne nachgeführt werden. Konzentrierende Systeme eignen sich besonders für Regionen mit viel Direktstrahlung, z.B. in südeuropäischen Ländern. Ein Teil der in der Tabelle aufgeführten Anlagen arbeitet bei verschiedenen Betriebstemperaturen – in Fribourg beispielsweise bei 120 °C (für Reinigungszwecke) oder bei 160 °C (für die Rahmproduktion). BV



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 des Projekts zieht denn auch ein positives Fazit: «Die untersuchten Anlagen zeigen vielversprechende Ergebnisse, die Schweiz sollte das Potential für diese CO<sub>2</sub>-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 aufwändig 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



Lastprofil eines Batch-Prozesses aus der Textil-Industrie. Da der Wärmebedarf im Zeitverlauf stark variiert, ist der Einsatz eines Wärmespeichers unabdingbar. Grafik: Zwischenbericht BillySolar

## 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 Unternehmen seit vergangenem Jahr eine schnelle Abschätzung, ob die Nutzung von solarer Prozesswärme in ihrem Industriebetrieb sinnvoll ist.

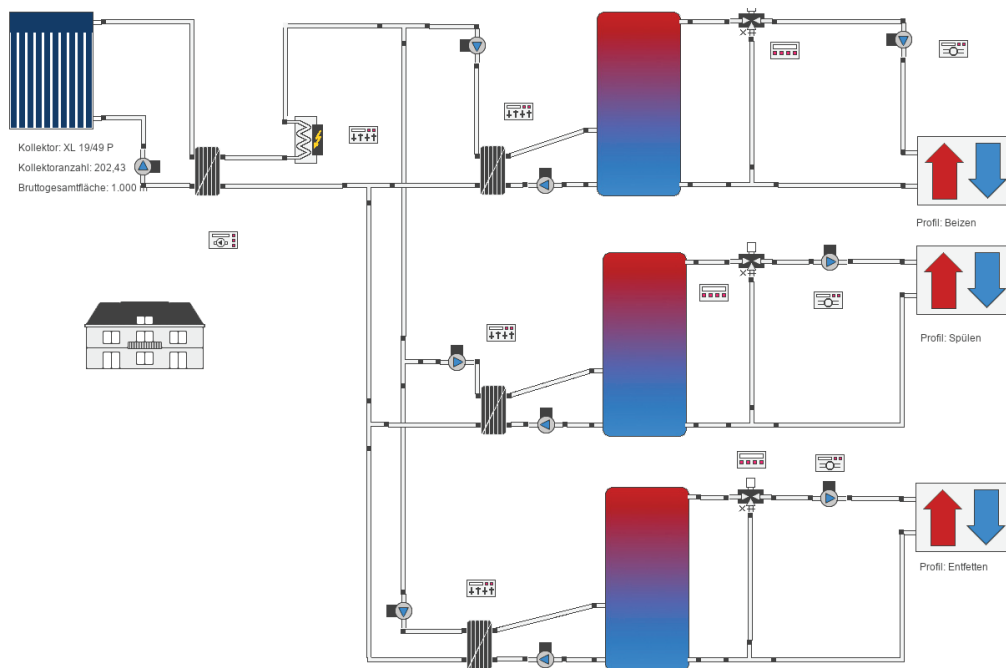
Download unter: <https://www.spf.ch/index.php?id=19086>

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

### Standardmodul mit 100 m<sup>2</sup> Fläche

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 nächsten Schritt konnten sie die Parameter der Anlagen (Art der Kollektortechnologie, 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,



Polysun-Simulation eines Industriebetriebs mit drei Prozessen.  
Grafik: Zwischenbericht BillySolar

dass das kleinste Standardmodul für industrielle Solarthermie-Anlagen auf 100 m<sup>2</sup> Kollektorfläche und einen Warmwasserspeicher mit 10 m<sup>3</sup> dimensioniert werden könnte.

Diese Grösse ist das Ergebnis einer energetischen und wirtschaftlichen Optimierung; bei dieser Anlagengrösse sind die Kosten pro Kilowatt 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 m<sup>2</sup> 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.»

➤ Der 2017 veröffentlichte Schlussbericht zur Studie «Evaluation Solarer Prozesswärmanlagen in der Schweiz»

(**EvaSP, Teil 1**) ist abrufbar unter: <https://www.aramis.admin.ch/Default.aspx?DocumentID=46127>. Die im März 2020 abgeschlossene Studie **EvaSP Teil 2** ist abrufbar unter <https://www.spf.ch/index.php?id=18110&L=8%27>.

- **Auskünfte** zu dem Projekt erteilt Dr. Stefan Oberholzer (stefan.oberholzer[at]bfe.admin.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Solare Hochtemperaturrenergie.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Solare Hochtemperaturrenergie finden Sie unter [www.bfe.admin.ch/ec-solar](http://www.bfe.admin.ch/ec-solar).

## BRÜCKENSCHLAG ZUR INDUSTRIE

An dem im Haupttext vorgestellten Forschungsprojekt «Konzernrelevante Verringerung von CO<sub>2</sub>-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. BV