



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Schlussbericht 09.09.2013 (ergänzt) rev.08.11.2013, überarbeitet Juni 2014

Integration von solarthermisch bereitgestellter Prozesswärme in eine Lackieranlage bei der Firma Zehnder in Gränichen

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

Zehnder Group Produktion Gränichen AG
Oberfeldstrasse 1
CH-5722 Gränichen
www.zehnder-systems.ch

Autoren:

Heiner Schürch, Zehnder Group Produktion Gränichen AG, schuerchconsult@bluewin.ch
Jin Lee, gb consult ag, lee@gbconsult.ch

BFE-Bereichsleiter: Dr. Stefan Oberholzer

BFE-Programmleiter: Pierre Renaud

BFE-Vertragsnummer: SI/500742-01

Installationsstandort: Oberfeldstrasse 1, 5722 Gränichen
geographische Koordinaten 650192, 244614

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Abstract

In der Schweiz gibt es bis dato keine solarthermische Anlage, die mit Vakuumröhren - Technik in der Lage ist, Tauchbäder der Vorbehandlung einer Lackieranlagen über den Tagesverlauf konstant mit der benötigten Prozesswärme zu versorgen.

Da die empfindliche Prozesswärmeversorgung nicht durch die hydraulische Einbindung der solarthermischen Anlage gestört werden soll, ist die solarthermische Anlage so zu dimensionieren und zu integrieren, dass der hohe Prozesswärmeverbrauch bei guten Einstrahlungsbedingungen komplett von der Solaranlage versorgt werden kann. In dieser Zeit können die Kessel abgeschaltet werden.

Die im Projekt eingesetzten Vakuumröhren - Kollektoren können das Prozesswärmennetz nicht nur optimal mit Prozesswärme versorgen, sondern halten auch das Temperaturniveau konstant auf 90 -110°C.

Es gilt an Hand dieses Projektes zu zeigen, dass der Jahresenergiebedarf eines Industrieprozesses durchaus rentabel, konstant und bis zu 50% regenerativ gedeckt werden kann.

Mindestsolarertrag pro Jahr soll 157.6 MWh pro Jahr betragen, welche eine Reduktion von 16'800 kg Flüssiggas, umgerechnet etwa 20'000 Liter Heizöl oder 58'800 Kilogramm Holzschnitzel entspricht.



Projektbeschreibung

Allgemeines

Die Firma Zehnder in Gränichen hat ein Projekt initiiert um die Energiekosten bei der Erzeugung der Prozesswärme zu reduzieren. Geplant ist, die mit Flüssiggas (LPG) betriebenen Gaskessel mit einer solarthermischen Grossanlage direkt zu unterstützen um den Verbrauch von Flüssiggas deutlich zu verringern.

Die thermische Solaranlage soll den bestehenden Prozesswärmekreislauf unterstützen, an dem als sommerliche Hauptverbraucher die Vorbehandlungsbecken angeschlossen sind.

Dimensionierungsgrundlagen

Die Solaranlage wurde auf Grundlage von Messdaten aus einem technischen Bericht über den Zustand der Energieversorgungsanlage dimensioniert.

Dieser technische Bericht enthält detaillierte Informationen über den Wärmebedarf der Lackieranlagen sowie dessen zeitlichen Verlaufs.

Kollektorfeld und Integration

Kollektorfeld

Die vorgesehene Fläche für die Installation der Solarkollektoren ist auf dem Dach des Hallenneubaus. Der für die Installation vorgesehene Dachbereich bietet ausreichend Platz für die erforderliche Kollektorfläche von 400 m².

Die Ausrichtung des Kollektorfeldes richtet sich nach dem Gebäude selbst und hat somit eine gute Südausrichtung mit lediglich 20° Abweichung gen Osten.

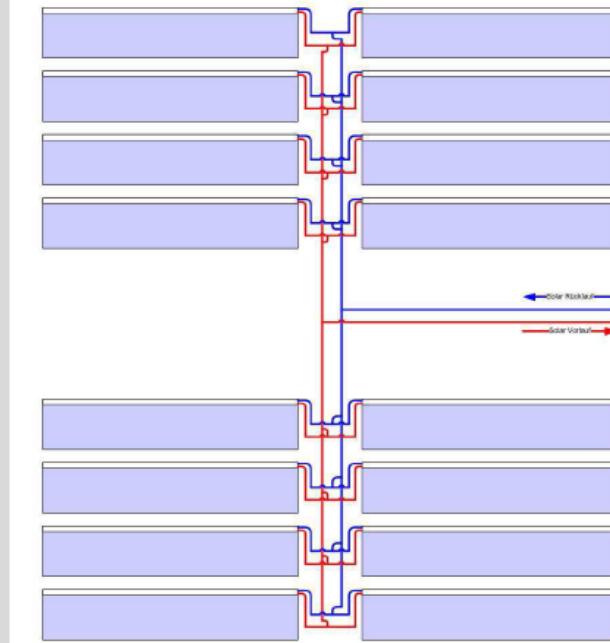
Standort:	Gränichen (CH)
Ausrichtung:	20° SO
Dachtyp:	Flachdach
Beschaffenheit:	Folie
Besonderheiten:	Lichtkästen
Tragfähigkeit:	gering
Verschattung:	keine



Die einzelnen Kollektorzeilen werden asymmetrisch an die Solarhauptleitung angeschlossen. Die Kollektorfeldverrohrung besteht aus geschweißtem, schwarzem Stahlrohr welches zu 100% mit Mineralwolle gedämmt und von einem Blechmantel gegen Witterungseinflüsse geschützt ist. Das gesamte Kollektorfeld ist frei von Armaturen (Ventile, Entlüfter, Strangregulierventilen...).

Kollektorfeldhydraulik

Hauptleitung: DN50
statische Höhe: 10 Meter
Asymmetrie: ~7%
Durchfluss: 5 m³/h
Wärmeträger: Wasser



Integration

Die Herausforderung bei der Anbindung von solarthermischen Grossanlagen an die Bestands hydrauliken ist es, die durch solar gewonnene Prozesswärme auf dem geforderten Temperaturniveau den Verbrauchern zu zuführen, ohne die meist sensiblen Prozessparameter zu beeinflussen und gleichzeitig die konventionellen Wärmeerzeuger zu entlasten.

Die Kollektorfelder sind nach dem Grundsatz der asymmetrischen Verrohrung direkt an den Pufferspeicher angeschlossen. Zwei in Reihe geschaltete Umwälzpumpen durchströmen die Kollektorzeilen einer jeden Anlage nach der, vom Solarregler vorgegebenen AquaSystem-Regelstrategie und beladen so den Pufferspeicher schichtend von oben geführt nach der Solltemperatur. Ein Umschaltventil im Solarvorlauf leitet morgendliche Anfahrverluste sowie auch kühtere Vorlauftemperaturen im Frostschutzbetrieb in eine kühtere Zone des Pufferspeichers.

Eine Einspeisepumpe versorgt separat geregelt von einem Standard - Kesselsteuermodul den Heizkreisverteiler.

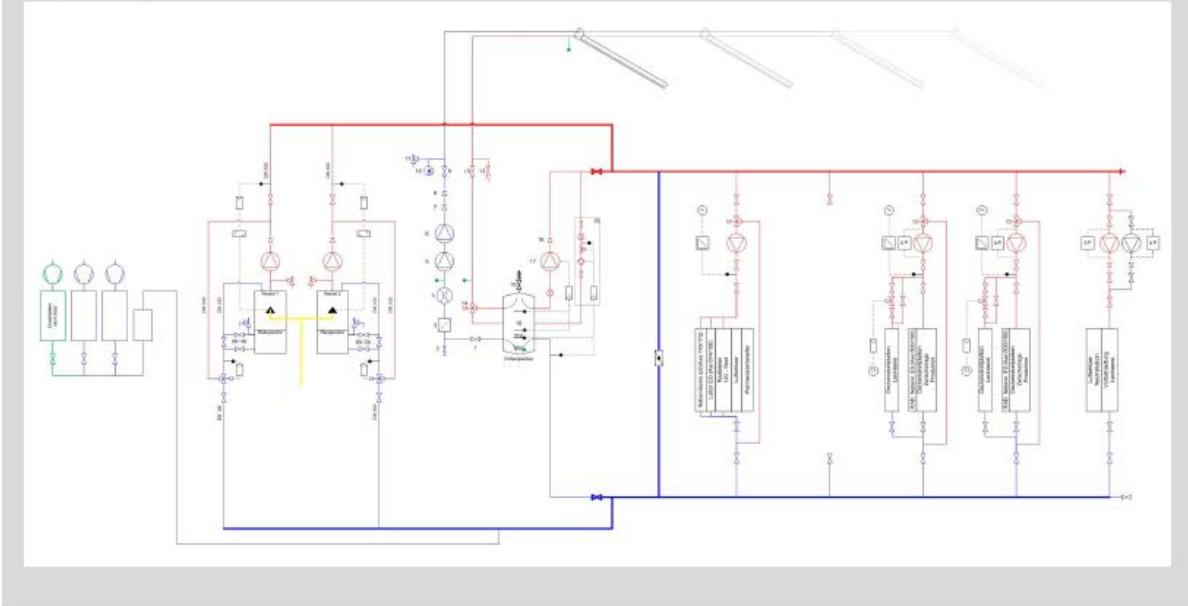
Ein Wärmetauscher zur hydraulischen Trennung des Solarkreislaufes von der Bestandsanlage ist nicht notwendig, da die Solaranlage mit dem Wasser aus der bestehenden Heizungsanlage betrieben werden kann.

Drucksicherheitsventile und eine Erweiterung der Druckhaltestation gewährleisten stabile Prozessbedingungen unter allen Lastzuständen.

Die Bestandshydraulik in der Heizzentrale besteht im Wesentlichen aus zwei LPG Gaskesseln die kaskadiert einen Heizkreisverteiler mit Wärme versorgen.
An diesen Heizkreisverteiler sind als Hauptverbraucher die Heizkreise der Prozessbäder der Lackieranlage angeschlossen.

Integrationspunkte für die Solarthermieanlage sind die Reservestutzen die ehemals für einen dritten Gaskessel vorgesehen waren.

Integrationshydraulik



Die Solaranlage hat regelungstechnisch eine Vorrangstellung bei der Einspeisung von Wärme gegenüber den Gaskesseln. Somit wird beim Einspeisen von Solarwärme der Gasverbrauch reduziert bzw. vollständig unterbunden.

Solarertragsspitzen die über dem angeforderten Wärmebedarf liegen (Unterbrechung der Produktion, Wochenende, Feiertage) können in den Prozessbädern selbst ausgelagert werden um eine frühzeitige Stagnation der Solaranlage zu verhindern.

Mess- und Regelungstechnik

Der Solarregler SystaSolar XL regelt den Wärmeaustausch zwischen den mit Wasser gefüllten CPC Vakuumröhrenkollektoren und dem Pufferspeicher.

Um den bestmöglichen Gesamtwirkungsgrad der Anlage zu erreichen, sollte mit möglichst wenig Stromverbrauch möglichst viel solare Energie in den Speicher transportiert werden. Die sehr gut isolierten CPC Vakuumröhrenkollektoren können mit nur geringen Verlusten die solare Energie „sammeln“ bevor sie schubweise in den Speicher gepumpt wird. Dies senkt den Stromverbrauch der Solaranlage deutlich, ohne den Wirkungsgrad des Kollektors merklich zu senken.

Alle im Solarkreis enthaltenen Aktoren werden vom Solarregler SystaSolar XL angesteuert. Zudem enthält der Solarregler eine automatische Funktionskontrolle, welche die Funktionen der gesamten Anlage ständig überwacht. Potentiellen Störungen werden vom Solarregler erkannt und an das Service Interface SystaService übermittelt.

Alle Messdaten werden von dem Service Interface SystaService aufgezeichnet und gespeichert. Über das Service Interface wird eine übergeordnete Gebäudeleittechnik die Busdaten der Solarregler auslesen.

Ausführungstermin

Die Integrationsarbeiten der Solaranlagen konnten wie geplant innerhalb 7 Wochen ohne Betriebsunterbruch realisiert werden.

Stand der Arbeiten

Am 16. Juli 2012 wurde die thermische Solaranlage offiziell in Betrieb genommen. Ab sofort wird ein Teil des Energiebedarfs für die Prozesswärme im Lackierwerk durch Sonnenergie gedeckt.

Unmittelbar nach der Inbetriebnahme der solarthermischen Grossanlage strömte 110 Grad heisses Wasser vom Dach der Produktions- und Logistikhalle in den neuen Wärmespeicher der Heizzentrale. Zwei Heizkessel werden nun durch eine geballte Ladung Solarenergie bei der Produktion von Prozess- und Heizwärme unterstützt. Unter besten Bedingungen werden sie sogar vorübergehend ganz ausgeschaltet werden.

Die anwesenden Mitglieder der Zehnder Group Geschäftsleitung und Mitarbeiter, sowie die Delegationen der Zulieferfirmen und interessierten Behördenmitgliedern konnten sich an einer Anzeige überzeugen, wie viel Power in der neuen Anlage steckt.



Bild 1



Bild 2



Bild 3

Bild 1: Vakuumröhrenkollektoren

Bild 2: Wärmespeicher und Kollektorkreispumpen in der Heizzentrale

Bild 3: Dr. Jürg Ammann, Mitglied der Gruppenleitung Zehnder Group (Leiter Operations Europe) öffnet den Kreislauf für das über 100 Grad Celsius heisse Wasser aus den Sonnenkollektoren.

Schlussabrechnung

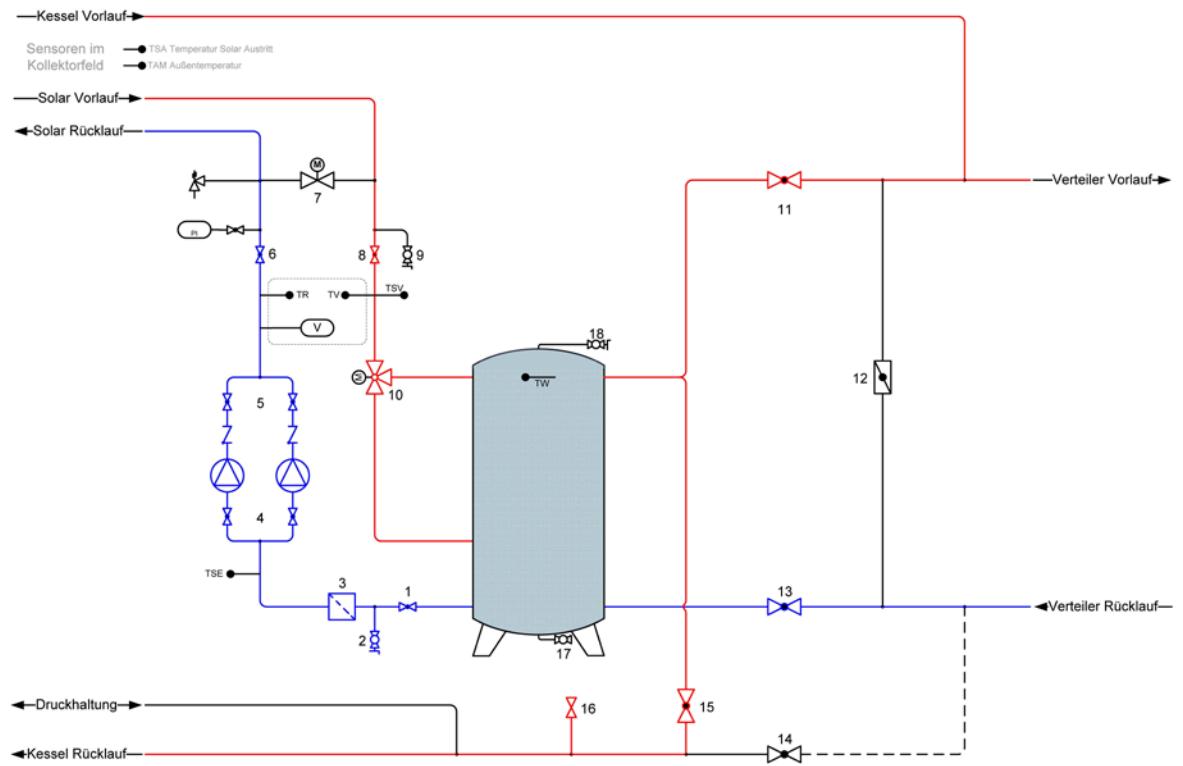
1. Anlagekosten Euro 360'000.--	=	CHF 432'000.—
2. Elektroinstallationen bauseits	=	CHF 2'865.—
3. Fachingenieur / Projektbegleitung	=	CHF 4'320.—
4. Stahlkonstruktion für 2.Etappe	=	CHF 20'000.—
5. Dachdurchbrüche	=	CHF 834.50
6. Elektroinstallationen bauseits	=	CHF 1'226.75
7. Gebühren / Bewilligung etc.	=	CHF 4'392.50
8. Aqua Metro / Material div	=	CHF 2'494.75
9. Otto Fischer / div. Material	=	CHF 738.45
10.Elektroinstallationen bauseits	=	CHF 1'942.50
11.Zaun De-und Remontage	=	CHF 1'533.—
12.ELVATEC AG /div.Material	=	CHF 1'389.10
<hr/>		

GESAMTKOSTEN = **CHF 477'737.15**

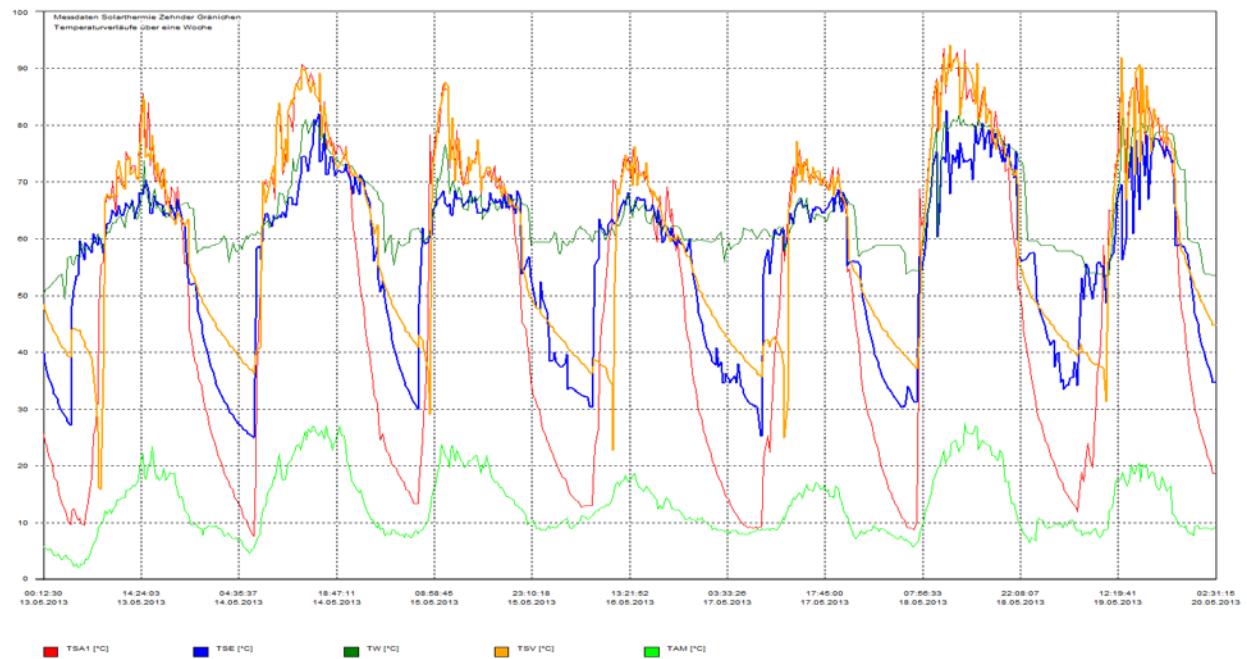
(Detailangaben der Arbeitsstunden pro Person extern/intern sind nicht lieferbar).

Messungen

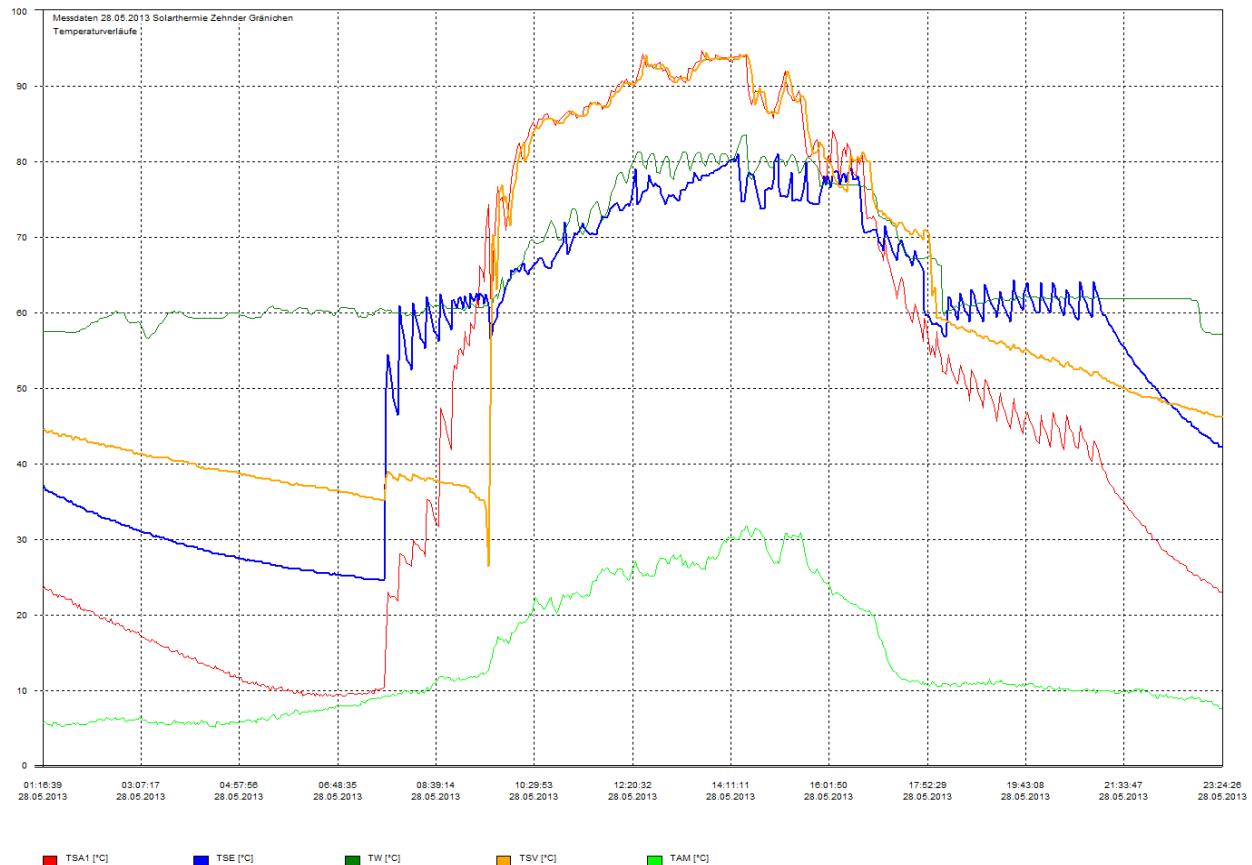
Die Messung des Solarwärmeertrags erfolgt mit Hilfe eines geeichten Wärmemengenzählers im Kollektorkreis. Für die Messung des Prozesswärmeverbrauches wurde ein geeichter Wärmemengenzähler im Prozessheizkreis installiert. Beide Wärmemengenzähler sind mit einer Speicherfunktion ausgerüstet, welche eine stundenweise Auswertung ermöglicht. / Aktuelle Messungen siehe Anhang.



Anlagenbild - Messpunkte



Beispiel - Datenaufzeichnung Wochenverlauf

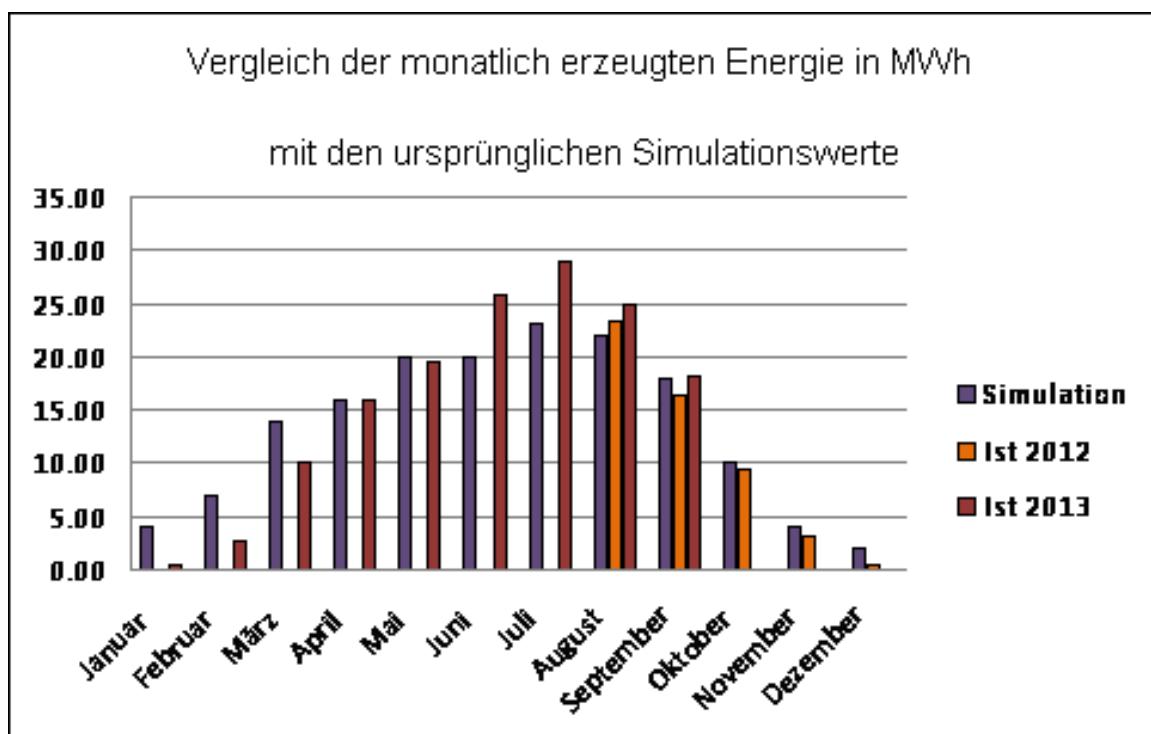


Beispiel - Datenaufzeichnung Tagesverlauf

Auswertung der Resultate (Stand 30.09.2013):

Vergleich der monatlich erzeugten Energie in MWh mit den ursprünglichen Simulationswerten

	Solarenergieertrag in MWh		
	Simulation	Ist 2012	Ist 2013
Januar	4.00		0.53
Februar	7.00		2.61
März	14.00		10.20
April	16.00		15.86
Mai	20.00		19.51
Juni	20.00		25.81
Juli	23.00		29.04
August	22.00	23.40	24.94
September	18.00	16.36	18.14
Oktober	10.00	9.42	
November	4.00	3.24	
Dezember	2.00	0.45	
Total	160.00	52.87	146.64



Das Projekt wurde in der Fachzeitschrift 'Spektrum GebäudeTechnik' Ausgabe Nr. 5 / 2012 unter der Rubrik 'Firmen' publiziert. Der Auszug ist im Anhang beigelegt.

Schlussfolgerung:

Wir haben 2006 eine detaillierte Studie erstellt (BHKW) und haben uns aus wirtschaftlichen Überlegungen in unserem Fall für die Zukunftskombination Solarthermie und PV entschieden. Die Erwartungen haben sich bis dato erfüllt – allerdings haben wir mit dem Anlagenbauer (Eisenmann/Ritter) eine dreijährige Betriebsphase mit Ertragsgarantie vertraglich gesichert. Diese Resultate sind zu bestätigen – dann ist auch eine jetzt schon angedachte Erweiterung möglich. Parallel treiben wir unser PV Projekt weiter um die Substitution und Eigenerzeugung von Primärenergie weiter voranzutreiben. Selbstverständlich werden ähnliche Projekte an unseren diversen Produktionsstandorten in Europa und weltweit initialisiert und ausgearbeitet – die Anlage in Gränichen ist dafür eine vorbildliche und gelungene Investition in die Zukunft.

Anhang

Auszug aus der Ausgabe 5/2012 'Spektrum GebäudeTechnik'

Vakuumröhrenkollektoranlage direkt eingebunden

Solarwärme für den Produktionsprozess

An ihrem Produktionsstandort in Gränichen hat die Zehnder Group Schweiz AG Mitte Juli 2012 eine solarthermische Grossanlage offiziell in Betrieb genommen. Auf dem Dach der neuen Logistikhalle werden zukünftig Solarpanels auf 400 m² Fläche dafür sorgen, dass bis zu 50 % des Energiebedarfs für die Prozesswärme im Lackierwerk durch die Sonnenergie gedeckt werden.

Betrieben wird die Solaranlage mittels hochleistungsfähiger Vakuumröhrenkollektoren. Konkret handelt es sich damit um die erste Solar-Vakuumröhrenkollektoranlage in der Schweiz, die direkt in den Produktionsprozess eingebunden ist. Mit dieser speziellen Anlagenkonfiguration übernimmt Zehnder eine ökologische Vorreiterrolle in der Schweiz.

Geballte Ladung Solarenergie

Unmittelbar nach der Inbetriebnahme der solarthermischen Grossanlage strömte 110 °C heißes Wasser vom Dach der Produktions- und Logistikhalle in den neuen Wärmespeicher der Heizzentrale. Zwei Heizkessel werden nun durch eine geballte Ladung Solarenergie bei der Produktion von Prozess- und Heizwärme unterstützt. «Unter besten Bedingungen können sie sogar vorübergehend ganz ausgeschaltet

Die knapp 400 m² grosse Kollektorfläche auf dem Dach der neuen Logistikhalle kann zukünftig bis zu 50 % des Energiebedarfs für die Prozesswärme im Lackierwerk von Zehnder abdecken. (Bilder: Zehnder Group)



werden», erklärte Jan Neyrinck vom Solaranlagenbauer Ritter XL Solar GmbH.

Nutzt «jeden Sonnenstrahl»

Dank der innovativen Vakuumröhrentechologie reicht das 400 m² grosse Kollektorfeld, um den hohen Wärmebedarf abzudecken. Die mit CPC-Spiegel ausgerüsteten Vakuumröhren erzeugen selbst bei geringer Sonneneinstrahlung hohe Temperaturen. Während das Unternehmen Ritter XL Solar GmbH die Kollektoren lieferte, war die Eisenmann Anlagenbau GmbH & Co. KG aus Holzgerlingen in Deutschland federführend für die Integration der Solartechnik in das industrielle Umfeld Zehnders verantwortlich.

Ökologisch, effizient, wirtschaftlich Zehnder optimiert mit dieser solarthermischen Grossanlage die Energiebilanz in seiner Produktion erheblich. Die Energie-



Dr. Jürg Ammann, Mitglied der Gruppenleitung Zehnder Group und Leiter Operations Europe, öffnet im Rahmen der Einweihung der solarthermischen Grossanlage bei Zehnder den Kreislauf für das über 100 Grad heiße Wasser aus den Sonnenkollektoren.

kosten zur Erzeugung der Prozesswärme beim Lackieren der Heizkörper können bei optimaler Sonneneinstrahlung um bis zu 50 % reduziert werden. Der garantierte Mindestsolarertrag beträgt 157,6 MWh pro Jahr. Die Brennstoffeinsparung liegt in diesem Fall bei etwa 200 MWh pro Jahr. Dies entspricht einer Reduktion von 16 800 kg Propangas, umgerechnet etwa 20000 Liter Heizöl oder 58 800 kg Holzschnitzel. Zusammen mit dem Förderbeitrag vom Bundesamt für Energie rechnet sich die Anlage bereits ab dem fünften Betriebsjahr. Kein Wunder, dass ein Ausbau der Solarkapazitäten auf dem Dach der Zehnder Produktionshalle bereits jetzt in Planung ist.

Attraktivität rundum

Die Zehnder Group ist überzeugt von ihrer Investition in die ökologische und zukunftssichere Grossanlage. «Wir wollen der attraktivste Anbieter energieeffizienter Lösungen für ein gesundes und komfortables Raumklima sein, das gilt nicht nur für unsere Produkte und Systemlösungen, sondern auch für eigene Gebäude und Produktionsanlagen», verkündet Projektleiter Heiner Schürch. Mit der in der Schweiz bisher einmaligen Anbindung von Solarthermie an einen bestehenden Prozesskreislauf wird dieser Unternehmensanspruch glaubwürdig unterstrichen. ■

Weitere Informationen:
 Zehnder Group Schweiz AG
 Moosalstrasse 3, 5722 Gränichen
 Tel. 062 855 11 11, Fax 062 855 11 22
www.zehnder-systems.ch
info@zehnder-systems.ch