

Parabolrinnenkollektoren für Prozesswärme in Schweizer Molkereien

Elimar Frank

SPF Institut für Solartechnik, Hochschule für Technik Rapperswil
Oberseestr. 10, CH-8640 Rapperswil
elimar.frank@spf.ch
www.spf.ch

Mevina Feuerstein

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, ewz
Tramstrasse 35, CH-8050 Zürich
mevina.feuerstein@ewz.ch
www.ewz.ch

Stefan Minder

NEP Solar AG
Technoparkstrasse 1, CH-8005 Zürich
stefan.minder@nep-solar.com
www.nep-solar.com

Einleitung

In den vergangenen Jahren wurden in der Schweiz einige solare Prozesswärmeanlagen in verschiedenen Branchen und unterschiedlichen Kollektortechnologien sowie unterschiedlichen Temperaturniveaus und Integrationskonzepten realisiert. Drei Anlagen, die mit finanzieller Unterstützung des Schweizer Bundesamtes für Energie umgesetzt wurden, sind bzw. werden in Molkereien installiert. Für alle drei wurden Parabolrinnenkollektoren der Firma NEP Solar (Zürich) vorgesehen. Unterschiedlich sind jedoch die Kollektorspezifikationen, die Kollektorfeldgrößen, die angestrebten Temperaturen und die Wärmeträger im Kollektorkreis, die Integration sowie einige weitere Randbedingungen und technische Details. Alle drei Anlagen wurden bzw. werden mit einem Monitoring ausgestattet, anhand dessen die Anlagenbetreiber das Anlagenverhalten überwachen können. Darüber hinaus wurde das SPF Institut für Solartechnik vom Schweizer Bundesamt für Energie beauftragt, die Messdaten auszuwerten. Zwei der drei Anlagen sind im Besitz der jeweiligen Molkerei. Eine Anlage mit Standort in Bever (Graubünden, Schweiz) wird nicht von der Molkerei selbst betrieben, sondern vom Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) im Rahmen eines Energie-Contractings.

In diesem Beitrag werden am Beispiel der Solaranlage in Bever die Interessen und Erfahrungen der Betreiberin ewz und des Kollektorherstellers NEP Solar während der Planungs-, Realisierungs- und Betriebsphase aufgezeigt. Anhand der Messdaten von acht Monaten wird der Betrieb der Anlage durch das SPF ausgewertet.

Perspektive ewz – Beschreibung der Projektziele und des Anlagenkonzepts

ewz zählt zu den zehn umsatzstärksten Energiedienstleistungsunternehmen in der Schweiz und versorgt seit 1892 die Stadt Zürich und Teile des Kantons Graubünden mit Strom. Zur sicheren und ökologischen Stromversorgung investiert ewz in den Ausbau und die Förderung von neuen erneuerbaren Energien. Das Angebot von ewz umfasst auch Energie-Contracting und Facility Management. ewz versorgt im Rahmen von Energie-Contracting Gebäude mit Wärme, Kälte und konditionierter Luft. Die Energieversorgungskonzepte richten sich nach Art und Ort der Gebäude sowie nach den Bedürfnissen und Anforderungen der Kundinnen und Kunden. Im Fokus stehen Ökologie, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit. Im Hinblick auf eine nachhaltige Energieversorgung und den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft (Reduktion des Energieverbrauchs auf 2000 Watt Dauerleistung pro Person bzw. Reduktion des CO₂-Ausstosses auf 1 Tonne CO₂-Ausstoss pro Person und Jahr)¹ sucht ewz nach Möglichkeiten, innovative und umweltverträgliche Lösungen umzusetzen. Mit der Pilotanlage auf der höchstgelegenen Molkerei Europas in Bever leistet ewz einen Beitrag zu den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft.

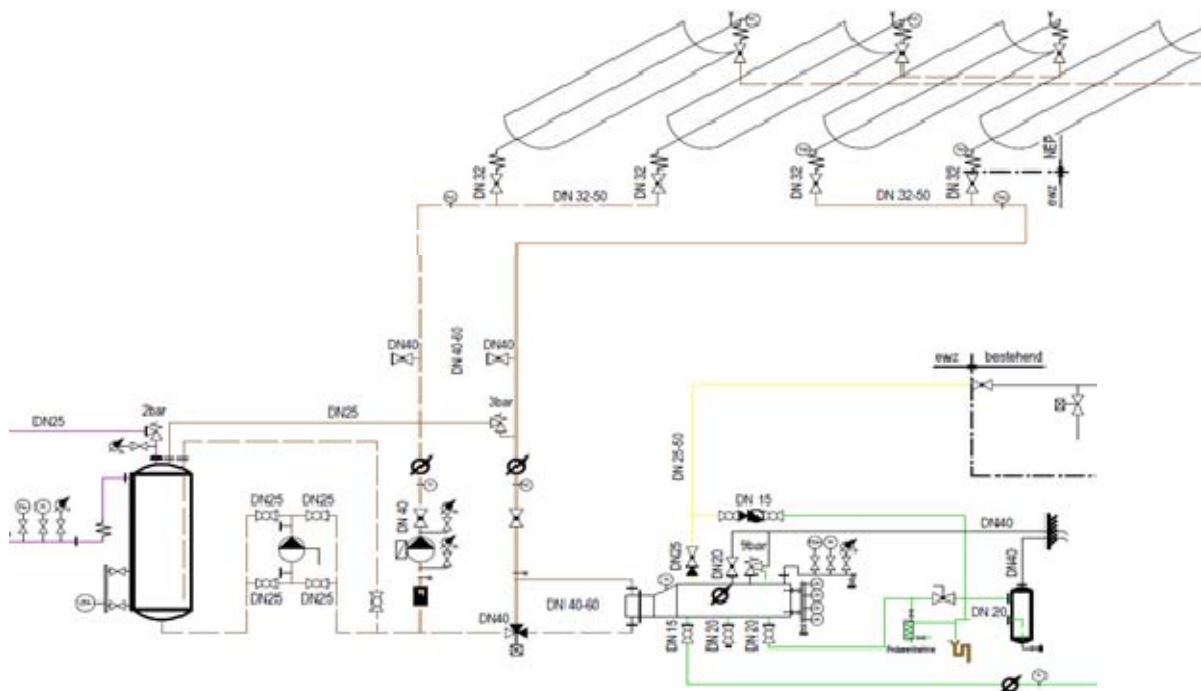


Abbildung 1: Schema der Solaranlage und der Integration in Bever. Über den Thermoöl-Kreislauf wird Dampf erzeugt und in das bestehende Dampfnetz eingespeist. Bild: © ewz.

Für das ewz stehen neben der Substitution fossiler Brennstoffe der Molkerei in dem Projekt weitere Zielsetzungen für den Einsatz der konzentrierenden Parabolrinnenkollektoren von NEP Solar im Vordergrund: Die Technologieerprobung und somit die Überprüfung der Machbarkeit von Solaranlagen im Temperaturbereich bis 200 °C in der Schweiz, das Sammeln von Erfahrungen mit Solaranlagen im alpinen Raum, und die Optimierung des Prozessablaufs der Molkerei. Um mit der Installation nicht in die

¹ vgl. <http://www.novatlantis.ch/2000watt.html>

laufenden Prozesse eingreifen zu müssen, wurde die Einbindung der solar bereitgestellten Wärme von Anfang an als Ergänzung der bestehenden Wärmeversorgung geplant. Entsprechend wird mit dem Thermoöl-Kollektorkreis bei Austrittstemperaturen von ca. 170 °C Dampf mittels eines Dampferzeugers bereitgestellt, der in das existierende Dampfnetz eingebracht wird, siehe Abbildung 1. Die erwartete Energielieferung durch die Sonnenkollektoren mit einer Aperturfläche von 115 m² beläuft sich auf ca. 60 MWh/a, womit eine Einsparung fossiler Brennstoffe von ca. 70 MWh/a und eine entsprechende CO₂-Reduktion von ca. 18 t/a erreicht werden. Die Anlage wurde Ende 2011 in Betrieb genommen und wird von Zürich aus fernbetrieben.

Die Investitionskosten beliefen sich auf rund Fr. 500'000. Die Molkerei nimmt die Energie in Form von Dampf ab, nutzt diese für die Milchverarbeitung und zahlt dafür denselben Preis wie für die konventionell bereitgestellte Energie.

Die Inbetriebnahmephase dauerte mehrere Monate. Insbesondere die Einbindung des Signals des Wärmemengenzählers hat einige Arbeitsstunden gekostet, da das Einbindungskonzept ein anderes Produkt verlangte als bei ewz-Anlagen eingesetzt wird. Die erwarteten Temperaturen und Leistungen werden innerhalb der Messtoleranz erreicht. Es wird sich nach dem ersten vollen Betriebsjahr zeigen, ob die erwartete Energiemenge der Molkerei geliefert werden kann.

Die Kollektoren wurden auf einem Betonfundament erhöht montiert, damit die Anlage im Winter ohne Schnee schaufeln zu müssen betreibbar ist. Sobald Schnee auf den Kollektoren liegen bleibt sind die Motoren überlastet und dadurch können die Kollektoren nicht mehr drehen. Erst wenn der Schnee von den Kollektoren gewischt wurde, sind die Kollektoren wieder einsatzfähig. Zudem müssen die Kollektoren zweimal jährlich mit Wasser gereinigt und mit einem Tuch trockengerieben werden. Insbesondere nach den Sommermonaten sind die Kollektoren verschmutzt. All dies verursacht insgesamt höhere Betriebskosten, als bei Projektbeginn angenommen.

Perspektive NEP Solar – Beschreibung der Kollektortechnologie und der Herausforderungen bei Planung und Realisierung

Die Strahlungsbedingungen im hochgelegenen und geschützten Alpental, in der Nähe von St. Moritz im Engadin, sind hervorragend. Meteoronorm gibt für den Standort Bever eine Direktstrahlung von 1841 kWh/m²/a an, vergleichbar mit guten Standorten in Südeuropa und ca. 80 % besser als in benachbarten tief gelegenen Regionen (Schweizer Mittelland, Süddeutschland), vgl. Abbildung 2. Nach Berücksichtigung der Horizontabschattung durch die nahen Berge am exakten Anlagenstandort bleiben immer noch 1577 kWh/m² nutzbare Direktstrahlung, vergleichbar mit Standorten in Südfrankreich oder Süditalien.

In Bever wurde der Kollektor NEP Solar PolyTrough 1200 mit einer Länge von ca. 25 m, einer Aperturweite von 1.2 m und einer Aperturfläche von 28.8 m² pro Kollektor eingesetzt. Der PolyTrough 1200 erreicht bei 200 °C Übertemperatur einen Wir-

kungsgrad² von ca. 51 % bei 800 W/m² Direktstrahlung und 54 % bei 1000 W/m² Direktstrahlung. Die Kollektoren werden einzeln mit einer Genauigkeit von <0.1° nachgeführt. Vier Kollektoren sind in zwei parallelen Strängen zu je zwei Kollektoren verschaltet. Die gesamte Aperturfläche beträgt 115.2 m². Die Kollektorachsen sind in etwa Nord-Süd ausgerichtet (18.8° Abweichung nach Osten aufgrund der Dachgeometrie).

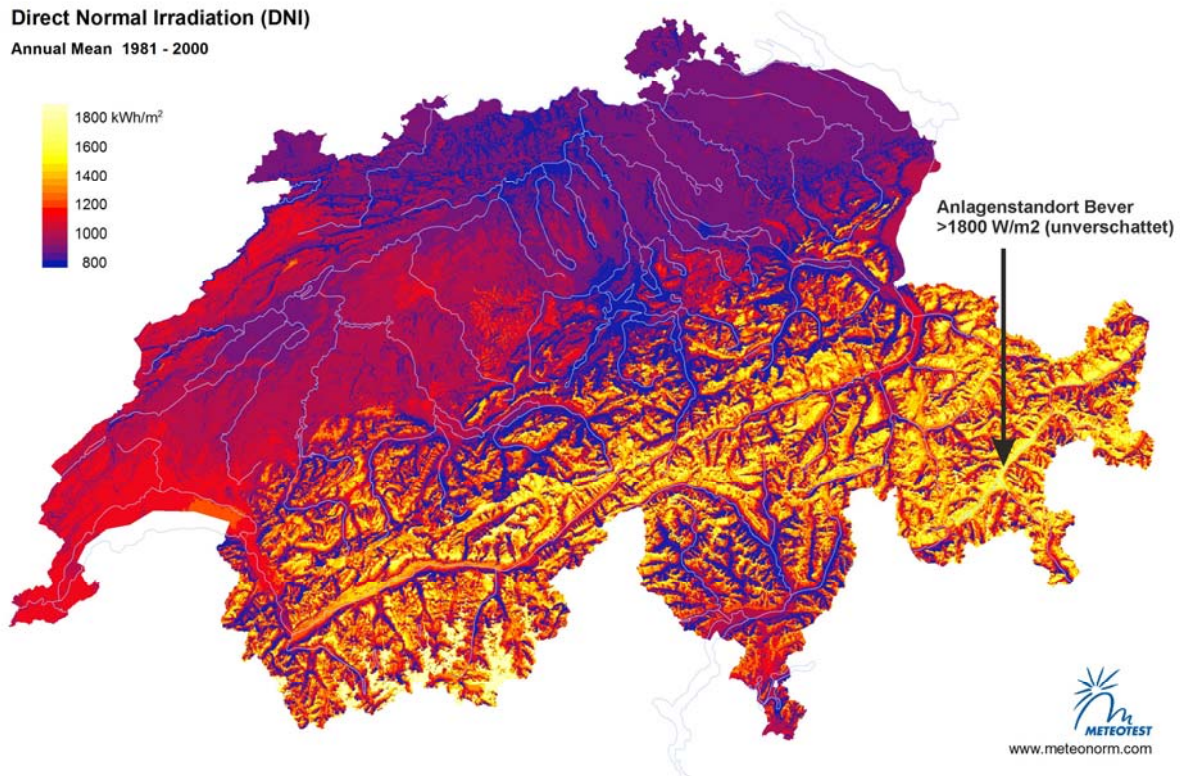


Abbildung 2: Direktstrahlungskarte der Schweiz. Bild: © Meteotest, www.meteonorm.ch. Die Markierung für den Standort Bever wurde hinzugefügt.

Die Anlage befindet sich an einem hochgelegenen Standort (ca. 1700 m). Der Kollektor wurde für den Einsatz in extremen alpinen Bedingungen mit Minustemperaturen bis -30 °C, starken Temperaturschwankungen, Eis, Schnee und hoher UV-Strahlung angepasst: Die Nachführeinheit besteht pro Kollektor aus autonomer Positionierungssteuerung, Neigungssensor, Motorenendstufe, Schrittmotor, Getriebe und Kettenantrieb. Diese Komponenten sind normalerweise mittig beim Kollektor angebracht. Für die alpine Anlage in Bever wurden Steuerung und Endstufe geschützt im Schaltschrank im Gebäude montiert und die Schrittmotoren direkt von dort aus angetrieben. Die Antriebskette wurde mit einer geschlossenen Abdeckung versehen. Die Ruhestellung der Kollektoren wurde auf einen steilen (aufrechten) Winkel geändert, um übermäßige Schneeakkumulation auf den Reflektoren zu vermeiden.

Bei der Kollektorsteuerung hat die parallele Verlegung der Leistungsstromkabel der Schrittmotoren und der Sensor- und Kommunikationskabel zu Beginn zu massiven

² Angabe NEP Solar, Wirkungsgradkurve bei Messungen von SPF an Teilkollektor bestätigt, vgl. Rommel et al. (2012).

elektromagnetischen Störungen geführt. Zur Behebung mussten die Kabel neu verlegt und die Verkabelung im Schaltschrank angepasst werden. Mit konsequent getrennter Verkabelung funktioniert die Steuerung jetzt störungsfrei.

Die Nord-Süd ausgerichteten Kollektoren (Ost-West Nachführung) bringen auch im Winter ab Sonnenaufgang sofort eine hohe Leistung und heizen das System auch bei sehr tiefen Außentemperatur innerhalb einer guten Stunde auf 170 °C auf, vgl. Abbildung 3. Trotzdem hat die thermische Trägheit des Systems einen signifikanten Einfluss auf

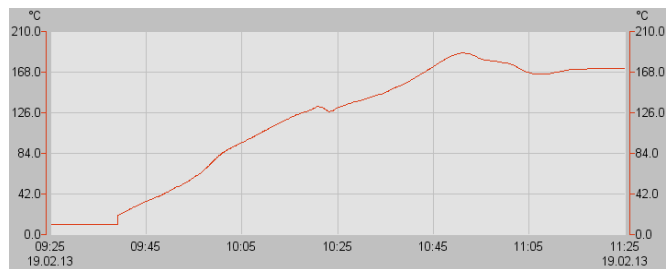


Abbildung 3: Austrittstemperatur Kollektorfeld am 19.2.2013. Die Solltemperatur von ca. 170 °C wird aus kaltem Zustand in ca. 1h10' erreicht.

den Jahresertrag. Dieser Aspekt wird bei der Auslegung und Simulation häufig unterschätzt. Bei Anlagen im Mitteltemperaturbereich wird mehr Energie für das Aufheizen benötigt als bei Niedertemperaturanlagen. Es ist deshalb zentral, die thermische Masse des Gesamtsystems möglichst tief zu halten. Eine Ertragsrechnung für die Gesamtanlage ist nur präzise, wenn ein Tool verwendet wird, welches die dynamischen Effekte berücksichtigt (TRNSYS, Polysun, o.ä.).

Im Winterbetrieb wurde festgestellt, dass Schnee stark auf der Aluminiumrückseite der Reflektoren haftet. Dadurch baut sich viel Schnee auf und der Kollektorantrieb reicht bei Schneefall schnell nicht mehr aus, die Spiegel zu drehen. Zwei- bis dreimal pro Winter müssen darum die Kollektoren von Schnee befreit werden. Dieses Problem wird bei zukünftigen Anlagen in schneereichen Regionen einerseits durch stärkere Antriebmotoren und andererseits durch Antihaft-Beschichtung der Reflektorrückseite vermieden werden.

SPF - Auswertung der Messdaten der Anlage in Bever

Für Bever liegen auswertbare Messdaten in hoher Qualität (Minutenauflösung, keine Datenlücken) beginnend mit Juli 2012 vor. Die Wetterdatenerfassung umfasst die Messung von Globalstrahlung und Diffusstrahlung in der Horizontalen, die Umgebungstemperatur sowie Windgeschwindigkeit und -richtung. In diesem Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse der Messdatenanalyse für die Anlage in Bever vorgestellt. Bei der Bestimmung der vom Kollektorfeld gelieferten Wärmemenge werden die Messwerte der beiden Temperatursensoren auf dem Dach am Eintritt in und am Ausgang vom Kollektorfeld ausgewertet (vgl. Abbildung 4), zusammen mit dem Volumenstrom und den (temperaturabhängigen) Stoffwerten des Thermoöls.

In der so ermittelten Wärmemenge werden also auch die Wärmeverluste der Feldhydraulik (bestehend aus schätzungsweise 30 m Rohrleitung) sowie die Reihenverschattung mit abgebildet.

Es wird zunächst eine Auswertung der Tagessummen des Kollektorfeld-Wärmeertrags für den Monat Juli 2012 dargestellt (vgl. Abbildung 5), aufgetragen über die Tagesstrahlungssumme der Direktstrahlung auf die nachgeführte Kollektor-Aperturfläche. Für die Strahlungssummen wurde eine Direktstrahlungsberechnung des Betreibers für die einachsig nachgeführte Aperturfläche verwendet, die mit eigenen Berechnungen (hier nicht dargestellt) validiert wurde.



Abbildung 4: Position der Kollektorfeld-Temperatursensoren

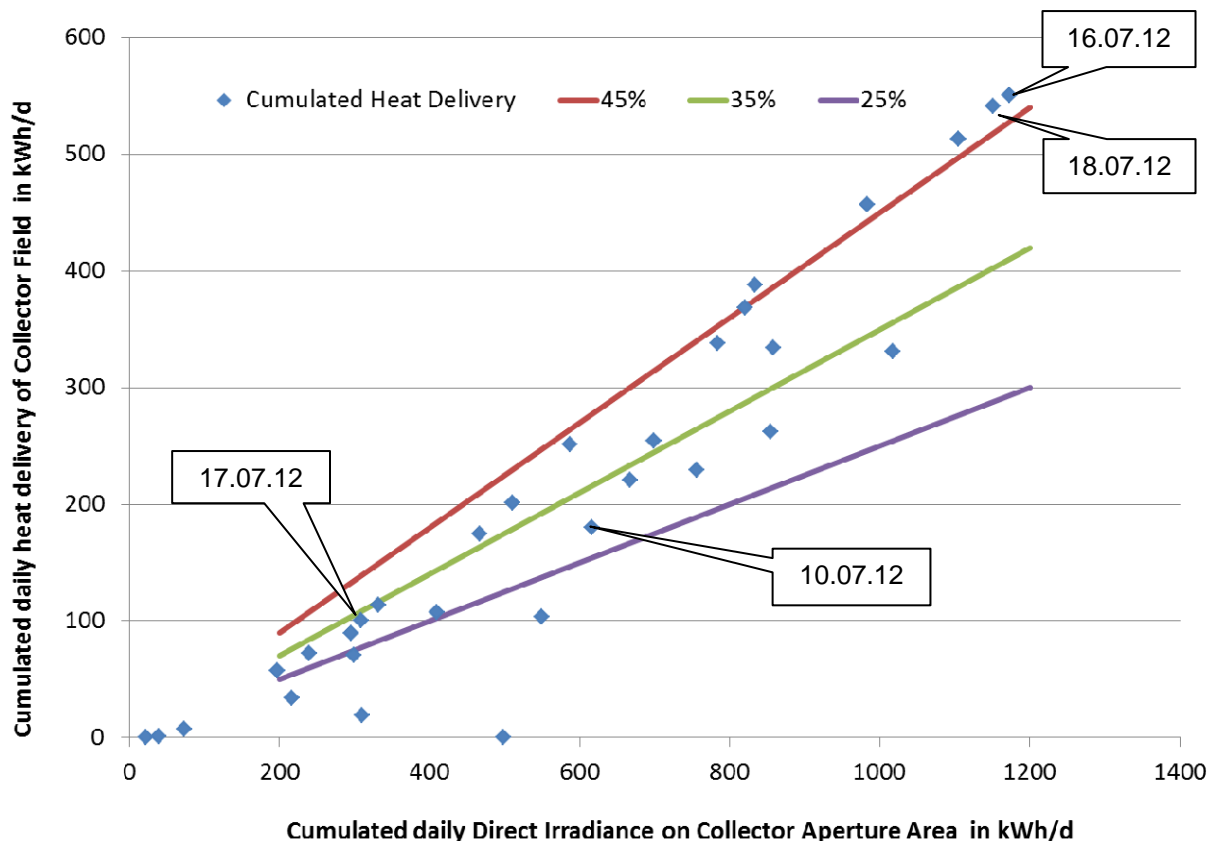


Abbildung 5: Wärmelieferung des Kollektorkreises (Tagessumme in kWh) aufgetragen über der Tagesstrahlungssumme der Direktstrahlung auf die nachgeführte Kollektor-Aperturfläche (115 m²). Jeder Punkt repräsentiert einen Tag, dargestellt sind alle Tage vom 01. bis 31. Juli 2012. In diesem Monat wurden noch einige technische Probleme mit dem Dampferzeuger behoben, so dass es einige Tage mit aussergewöhnlich geringem bzw. keinen Solarertrag gab. An der Verteilung der täglichen Strahlungssummen ist erkennbar, dass das Wetter in diesem Sommermonat überwiegend schlecht war.

Aus der Darstellungsweise von Abbildung 5 wird einerseits ersichtlich, wie die Strahlungsbedingungen in diesem Monat waren (Tagessummen auf der x-Achse) und wie viel der verfügbaren Direktstrahlung bei unterschiedlichen Strahlungsbedingungen als Wärme vom Kollektorkreis bereitgestellt wird. Einzelne „auffällige“ Tage (d.h.

kaum oder keine Wärmebereitstellung bei ausreichender täglicher Strahlungssumme) können dann herausgegriffen und näher analysiert werden.

In Abbildung 5 ist erkennbar, dass an Tagen mit geringen Strahlungssummen (etwa <400 kWh/d) vom Kollektorkreis etwa zwischen 25 % und 35 % als nutzbare Wärme geliefert wird, für mittlere Strahlungssummen (etwa 400..800 kWh/d) um 35 % und für hohe Strahlungssummen (>800 kWh/d) gut 45 %. Für drei der Punkte sind die Daten der Tage angezeigt, um zu verdeutlichen, dass das Wetter im Juli 2012 oft eher wechselhaft war. So konnten am 16.07. und am 18.07. die höchsten Kollektorfeld-Tageserträge dieses Monats erreicht werden, während am 17.07. ein nur geringer Wärmeertrag gemessen wurde. Jedoch zeigt der Verlauf von Global- bzw. Direktstrahlung selbst für die beiden Tage mit der höchsten Strahlungssumme keinen „idealen“ Verlauf, d.h. auch dort sind Schwankungen und Einbrüche der Strahlung zu verzeichnen (vgl. Abbildung 6). Der Gesamtertrag des Kollektorfeldes im Juli 2012 beläuft sich auf 6369 kWh (dies entspricht einem durchschnittlichen Tagesertrag von 205 kWh). Der Spitzenwert der Wärmelieferung lag am 16.07.2012 bei 550 kWh. In Abbildung 5 ist auch erkennbar, dass es einige Tage gab, an denen die Anlage nicht oder nicht optimal lief, so dass die Monatssumme eher unter den zu erwartenden Erträgen liegt. Zudem gab es im Juli 2012 insgesamt eher schlechtes Wetter, wie eine Auswertung der Globalstrahlung für alle Tage im Juli gezeigt hat. Um die Betriebsweise der Solaranlage detaillierter darzustellen, sind in Abbildung 6 für zwei exemplarische Tage (16.07.2012 und 10.07.2012) die Wetterbedingungen sowie Temperaturen und Volumenstrom des Kollektorkreises und Temperatur und Druck im Dampferzeuger dargestellt. In den Messdaten vom 16.07., einem strahlungsreichen Tag, ist erkennbar, dass der Dampferzeuger während der morgigen Aufheizphase von ca. 65 °C (Nachtauskühlung) während knapp 1.5 Stunden auf etwa 150 °C aufgeheizt wird. Der Druck im Dampferzeuger steigt dabei auf etwa 3.5 bar. Die Kollektoraustrittstemperatur steigt während der Aufheizphase auf ca. 190 °C. Nach einer Einregelphase erfolgt eine kontinuierliche Wärmeabgabe des Kollektorkreises an den Dampferzeuger mit Kollektor-Austrittstemperaturen von etwa 190 °C und einer Temperaturspreizung von Kollektorein- und Austritt von etwa 20 K. Die Schwankungen des Drucks im Dampferzeuger sind auf Druckschwankungen im Dampfnetz zurückzuführen. Die Temperatur im Dampferzeuger und im Kollektorkreis passen sich dem Dampfdruck an. Der Betrieb des Kollektorkreises bleibt auch während der Strahlungsschwankungen zwischen ca. 12:00 Uhr und 13:00 Uhr unverändert. Bei insgesamt etwa 12.5 h Laufzeit an diesem Tag resultiert einschließlich der Aufwärmphase am Morgen eine durchschnittliche Kollektorkreisleistung von ca. 44 kW bzw. 47 kW ohne die Aufheizphase (und die in dieser Phase an den Dampferzeuger abgegebene Wärmemenge, etwa 28 kWh). Die Spitzenleistung des Kollektorfeldes an diesem Tag lag bei knapp 59 kW um ca. 11:30 Uhr und um ca. 13:20 Uhr). Die tatsächliche Spitzenleistung ist jedoch aufgrund der thermischen Kapazitäten nicht unmittelbar abzulesen und bislang nur aus Datenpunkten, denen mindestens etwa 5 Minuten konstante Bedingungen vorangingen, zu ermitteln.

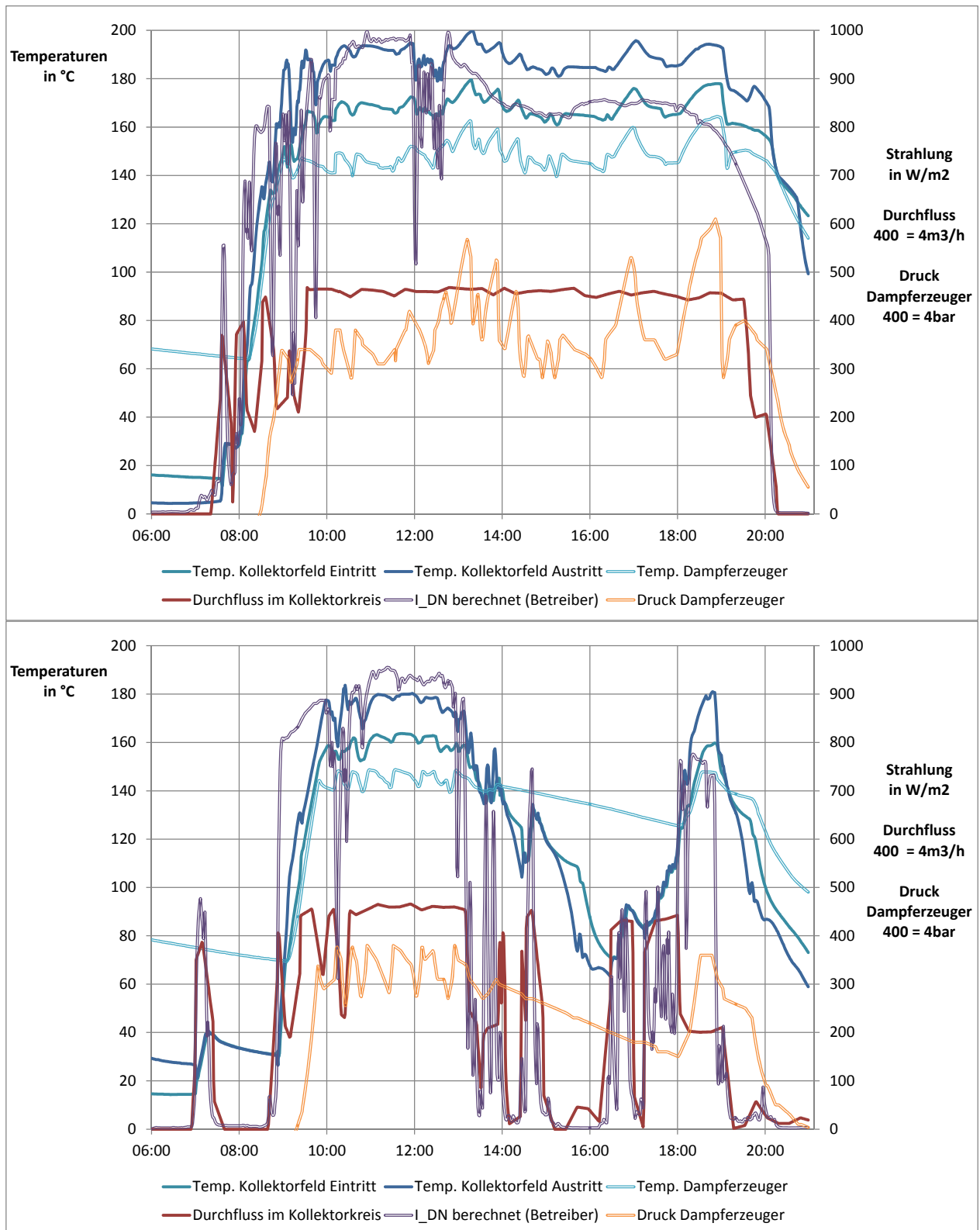


Abbildung 6: Messdaten vom 16. Juli 2012 (oben) und vom 10. Juli 2012 (unten). Die Temperaturen werden auf der linken Ordinate in °C dargestellt, die Strahlung auf der rechten Ordinate in W/m². Durchfluss und Druck im Dampferzeuger werden ebenfalls auf der rechten Ordinate dargestellt, wobei sie zur besseren Übersichtlichkeit skaliert wurden (je mit einem Faktor 100 zu den Einheiten m³/h bzw. bar).

Der 10.07.2012 wird als Beispiel für einen sehr wechselhaften Tag mit nur geringem Ertrag von insgesamt 180 kWh dargestellt (vgl. Abbildung 6 und auch Abbildung 5).

Aufgrund einer fehlerhaften Bestimmung der Strahlung um etwa 07:00 Uhr läuft der Solarkreis für eine Zeit an, bei der noch kein Ertrag erzeugt werden kann. Nach der Aufheizphase von 08:50 Uhr bis 09:50 Uhr (25 kWh) werden etwa die gleichen Temperaturen im Kollektor und Dampferzeuger sowie ein ähnlicher Druck im Dampferzeuger erreicht wie am 16.07.2012. Bis 13:20 Uhr wird ein Ertrag von 126 kWh vom Kollektorkreis verzeichnet, anschließend kühlt der Dampferzeuger von knapp 145 °C auf etwa 125 °C (18:00 Uhr) ab. Zwischendurch sorgt die Kollektorkreisregelung bei Strahlungsspitzen noch für eine Temperaturanhebung im Kollektorkreis, die aber nicht für eine Wärmelieferung an den Dampferzeuger ausreicht. Zwischen etwa 18:00 und 18:30 Uhr kann der Kollektorkreis aber erneut so weit aufgeheizt werden, dass bis etwa 19:00 Uhr wieder Dampf vom Dampferzeuger abgegeben werden kann (10 kWh). Die restlichen 19 kWh Differenz zur für diesen Tag berechneten Wärmemenge von 165 kWh, die vom Kollektorkreis bereitgestellt wurde, wird für Zwischenaufheizungen verwendet.

Die folgende Abbildung 7 liefert wiederum einen Gesamtüberblick der Tagesauswertungen für den Monat August 2012.

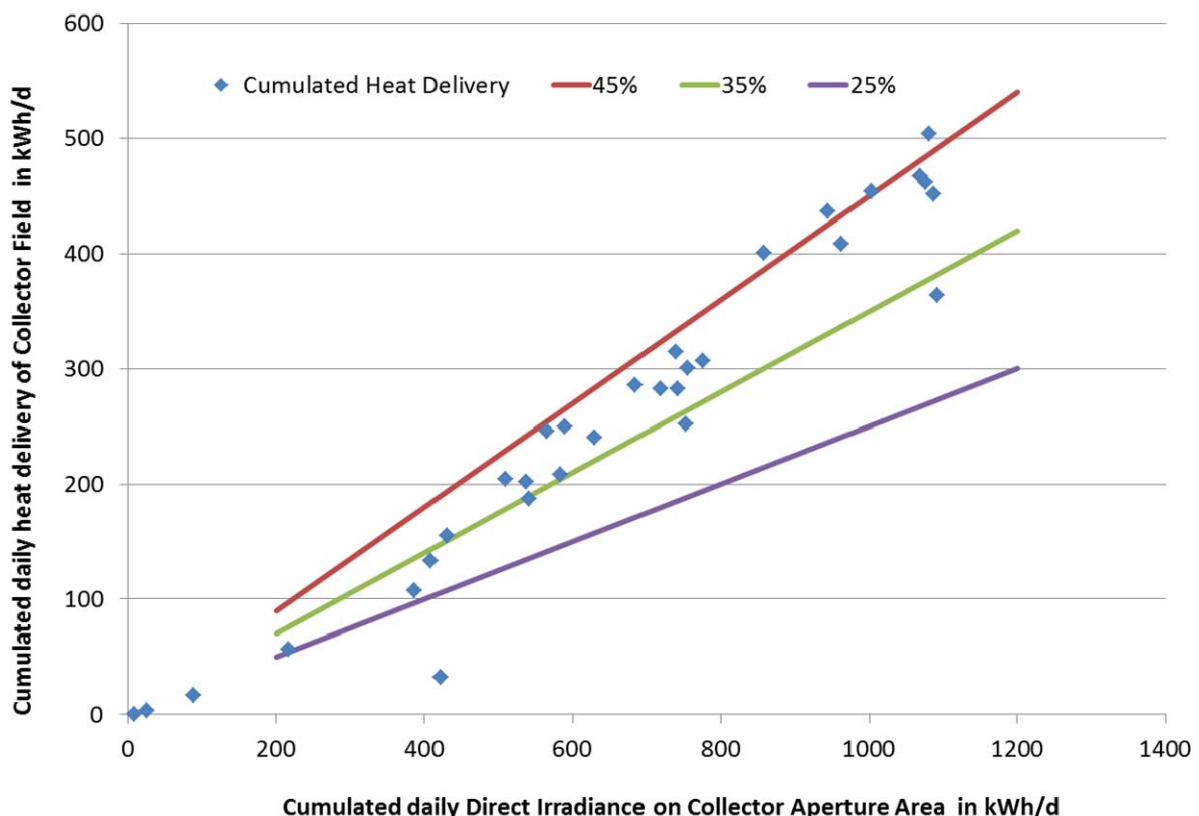


Abbildung 7: Wärmeertrag des Kollektorfeldes (Tagessumme in kWh) aufgetragen über die Tagesstrahlungssumme der Direktstrahlung auf die nachgeführte Kollektor-Aperturefläche für alle Tage vom 01. bis 31. August 2012.

Im August wurden ähnliche Spitzenwerte wie im Juli erreicht (509 kWh am 19.08.2012) und insgesamt gab es mehr Tage mit Wärmeerträgen vom Kollektorfeld zwischen etwa 400 und 500 kWh/d. Der Gesamtertrag im Monat August beläuft sich auf 8095 kWh (entspricht einem durchschnittlichen Tagesertrag von 261 kWh). Es

gibt in der Tagesanalyse nur einen „auffälligen“ Tag (04.08.12), dessen Ertrag trotz mittlerer Strahlungssumme deutlich unter der 25 %-Linie liegt. An diesem Tag ist in den Messdaten eine (aufgrund der wechselhaften Einstrahlung) längere Aufheizphase zu beobachten, bei der jedoch der Volumenstrom auf 0 abfällt, bevor die Austrittstemperatur des Kollektorfeldes 160 °C erreicht, und erst am Nachmittag wieder ansteigt, so dass an diesem Tag kaum nutzbare Wärme aus dem Kollektorfeld bezogen werden kann. Als Grund für dieses Betriebsverhalten wurde eine Störmeldung ermittelt, aufgrund derer die Anlage abgeschaltet wurde. Dieses Beispiel zeigt, dass mit der Tagesauswertung ein erster Anhaltspunkt für eine Fehlersuche gegeben ist.

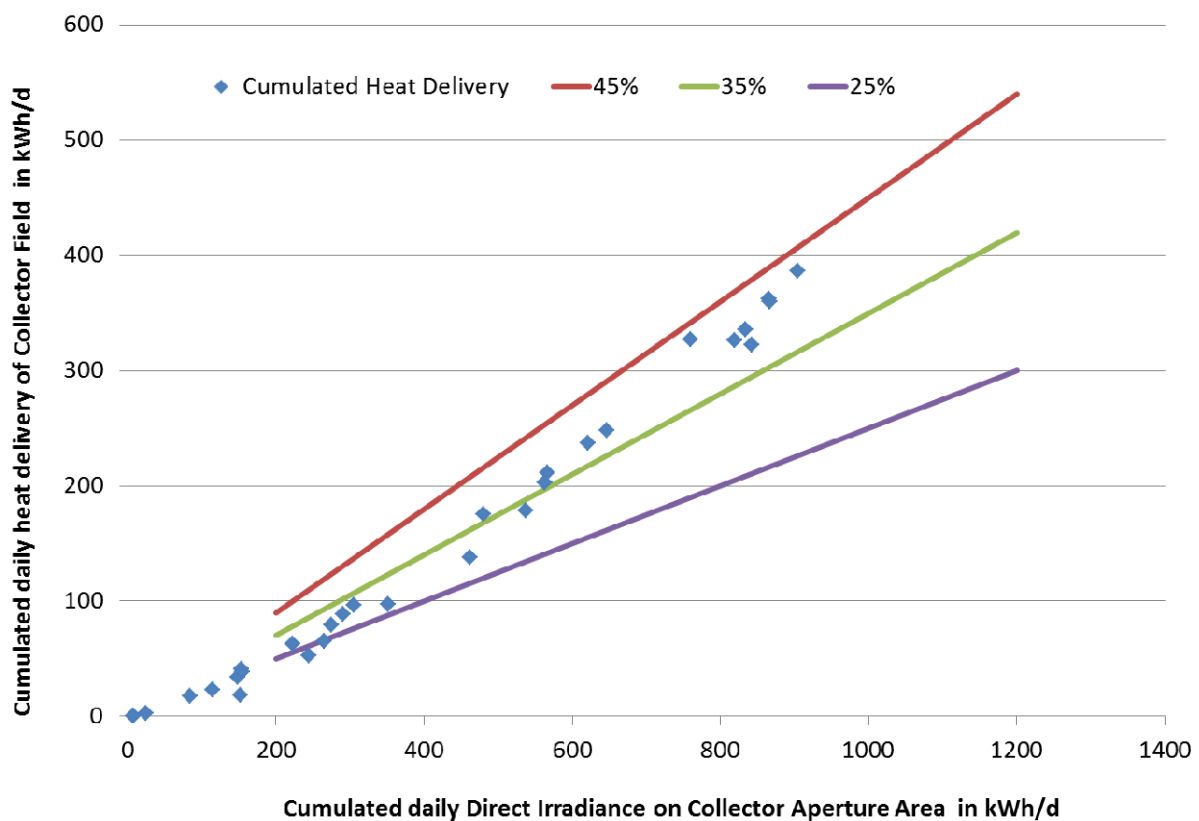


Abbildung 8: Wärmeertrag des Kollektorfeldes (Tagessumme in kWh) aufgetragen über die Tagesstrahlungssumme der Direktstrahlung auf die nachgeführte Kollektor-Aperturfläche für alle Tage vom 01. bis 30. September 2012.

Die Tagesauswertung für den September in Abbildung 8 zeigt keine Tageserträge >400 kWh mehr, auch die Feldwirkungsgrade für Strahlungssummen <700 kWh/d fallen um einige Prozentpunkte ab verglichen mit den Vormonaten. Etwa die Hälfte aller Tage weisen Erträge <100 kWh/d auf. Der Gesamtertrag im September beläuft sich auf 4528 kWh (entspricht einem durchschnittlichen Tagesertrag von 151 kWh). Die Tagesauswertung für den Oktober in Abbildung 9 (links) zeigt keine Tageserträge >200 kWh mehr. Der Gesamtertrag im Oktober beläuft sich auf 2636 kWh (entspricht einem durchschnittlichen Tagesertrag von 85 kWh). Für November (gesamt 870 kWh) und Dezember (gesamt 255 kWh) sind nur noch geringe Erträge zu verzeichnen (vgl. Abbildung 9, rechts). Dies lag vor allem an den Problemen mit den Stellmotoren der Kollektoren, die aufgrund der Schneelast auf der Rückseite der Re-

flektoren die Rinnen nicht mehr in die richtige Position bringen konnten. Dieses Problem führte zu einigen Tagen völlig ohne Ertrag. Hinzu kommen der niedrige Sonnenstand in diesen Monaten und die Verschattung durch umliegende Berge.

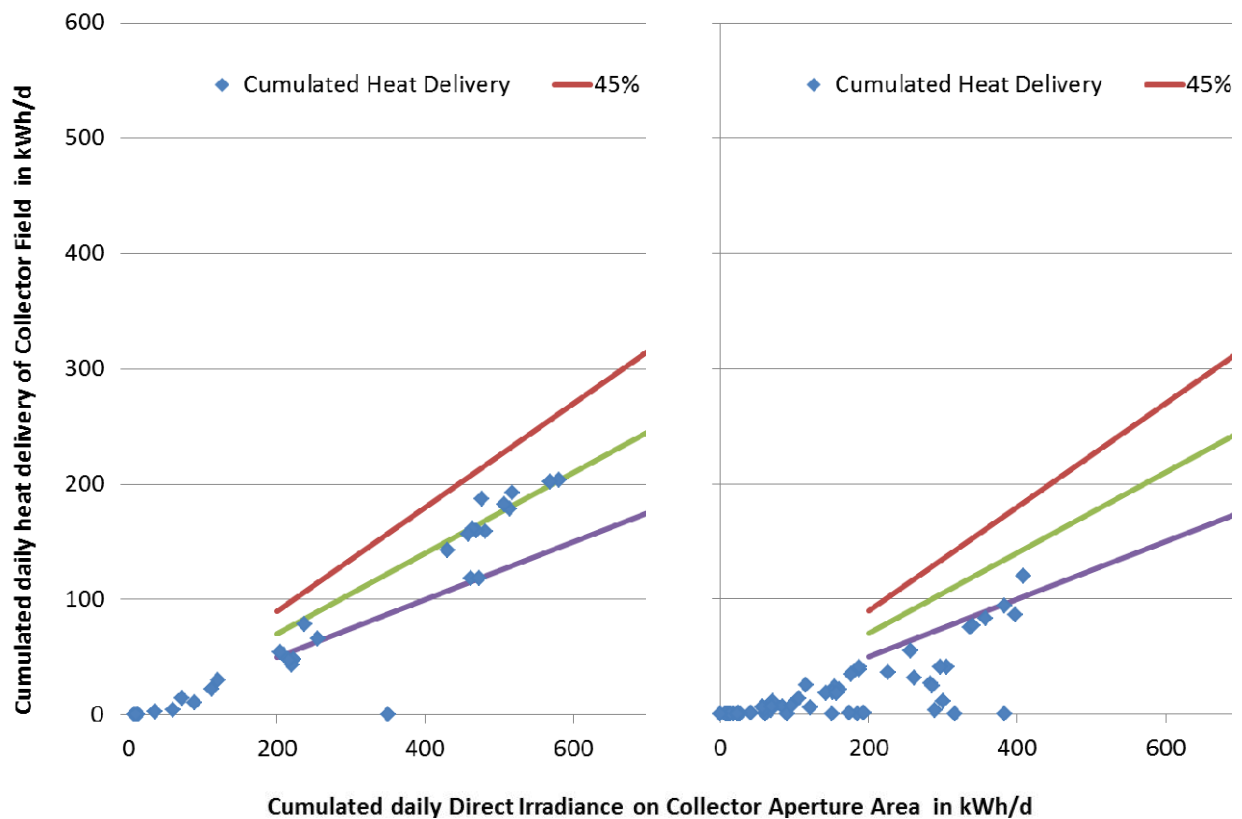


Abbildung 9: Wärmeertrag des Kollektorfeldes (Tagessumme in kWh) aufgetragen über die Tagesstrahlungssumme der Direktstrahlung auf die nachgeführte Kollektor-Aperturfläche für alle Tage vom 01. bis 31. Oktober 2012 (links) und (zwei Monate) vom 01. November bis 31. Dezember 2012 (rechts).

Auswertung und Ausblick

Die Anlage in Bever ist mit vier Kollektoren (115 m^2) klein und die Einbindung mit Thermoölkreislauf und Dampferzeuger relativ komplex. Dadurch, sowie durch die Lernkurve bei dieser speziellen Anwendung, sind die spezifischen Gesamtkosten hoch. Der Vergleich des Kostenanteils der Kollektoren und der spezifischen Kosten pro m^2 Kollektor mit einem der in der Einleitung erwähnten ca. 5.5mal größeren Projekt in der Schweiz ist in Tabelle 1 dargestellt. Beim Projekt in Bever machen die Kollektorkosten (installiert) nur ca. 23 % der Gesamtkosten aus, beim größeren Projekt 52 %. Die spezifischen Kosten pro Aperturfläche des Kollektorfeldes sind beim größeren Projekt auf 62 % reduziert. Die spezifischen Gesamtkosten der größeren und einfacheren Anlage betragen gar nur 28 % der Bever Anlage. Mit größeren Anlagen ab 1000 m^2 Aperturfläche können die spezifischen Kosten nochmals signifikant gesenkt werden.

Tabelle 1: Vergleich unterschiedlicher Anlagengrößen.

	LESA Bever	2012 realisiertes Projekt	<i>Faktor</i>
Einbindung	Thermoölkreislauf Dampferzeuger	Heisswasserkreislauf Wärmetauscher	
Aperturfläche	115 m ²	627 m ²	x 5.5
Kosten Kollektorfeld montiert	CHF 115'000.-	CHF 389'000.-	x 3.4
Spezifische Kosten Kollektorfeld montiert	1'000 CHF/ m ²	622 CHF/ m ²	62%
Gesamtkosten Anlage	CHF 500'000.-	CHF 750'000.-	x 1.5
Spezifische Gesamtkosten Anlage	4348 CHF/ m ²	1196 CHF/ m ²	28 %
Anteil installiertes Kollektorfeld an Gesamtkosten	23 %	52 %	

Entsprechend sieht ewz aufgrund der zu erwartenden geringeren spezifischen Investitionskosten einerseits und der Weiterentwicklung der Kollektortechnologie andererseits weitere Einsatzmöglichkeiten der Kollektoren von NEP Solar in der Schweiz überall dort, wo Temperaturen zwischen 100 und 200 °C benötigt werden, beispielsweise in Wäschereien, Spitälern oder grösseren Hotels. Auch für die Erzeugung solarer Kälte könnten die Kollektoren geeignet sein.

Konzentrierende Kollektoren spielen ihre Stärken besonders in Regionen mit hoher Direktstrahlung, also vielen Sonnenstunden, aus. Südliche, trockene Standorte erhalten typischerweise rund 1.6mal bis 2.2mal so viel Direktstrahlung als Standorte in den DACH-Ländern (Deutschland, Österreich, Schweiz). Der Ertrag ist entsprechend höher und die Wirtschaftlichkeit der Anlage besser. Allerdings spielen weitere Faktoren bestimmende Rollen: Der Preis der ersetzten fossilen Brennstoffe, finanzielle Anreize und Subventionen, sowie auch die Haltung der Industrie gegenüber erneuerbaren Lösungen und die Erwartung der Endkunden in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit. All diese Faktoren sind stark variabel, haben einen grossen Einfluss auf die Machbarkeit einer Anlage und machen die DACH-Region trotz mäßig guter Sonneneinstrahlung attraktiv. Deutschland und Österreich kennen gezielte Förderprogramme für Grossanlagen für Prozesswärme und die Schweiz unterstützt die Projekte von Fall zu Fall. Die Brennstoffkosten sind höher als in den meisten Südländern und die Industrie ist vergleichsweise aufgeschlossen und denkt und rechnet tendenziell langfristiger als im Süden.

Obwohl NEP Solar mittelfristig das größere Potenzial im Sonnengürtel der Erde sieht, bieten darum die DACH-Länder günstige Bedingungen für die Realisierung von einer ersten Reihe von Referenzprojekten, der Entwicklung der Technologie und des Markts. Wenn dazu noch gute Standorte mit günstigem Mikroklima, wie bei Bever im Oberengadin, dazu kommen, ist eine ideale Kombination gegeben. NEP Solar sieht darum in den nächsten Jahren ein bedeutendes Potenzial für die Realisierung von Prozesswärmeanlagen mit konzentrierender Kollektortechnologie.

Anhand der umfangreichen Messdaten werden derzeit weitere Detailanalysen des Betriebsverhaltens der Anlage in Bever am SPF durchgeführt. Die Untersuchungen werden mit den Messdaten weiterer Prozesswärmeanlagen in der Schweiz verglichen, und die erreichten und künftig (aufgrund der Verbesserungen und Anpassungen) zu erwartenden Jahreserträge werden ausgewertet und zu einem späteren Zeitpunkt publiziert.

Danksagung

Unser Dank gebührt dem Bundesamt für Energie sowie den beteiligten Firmen und Personen, die sich mit viel Engagement allen Herausforderungen stellen.

Literatur

Rommel et al. (2012): Rommel, M., Larcher, M., Frank, E., Bohren, A., Keller, M., Riedesser, F.: Experimental Investigations on the Optical and Thermal Characterization of a Parabolic Trough Collector. Proceedings of ISES EuroSun Conference, Rijeka/Croatia, 2012.

Anhang: Errata (18. April 2012)

In der ursprünglichen Version des Beitrags wurden fälschlicherweise Auswertungen präsentiert, die nicht mit den Temperaturmessungen der beiden Sensoren des Kollektorfeldes (Ein- und Austritt), sondern den Temperaturmessungen nahe beim Dampferzeuger ermittelt wurden. Für die vorliegende korrigierte Version wurde dies angepasst. Die nun präsentierten Tageserträge des Kollektorfeldes sind entsprechend höher (in den Sommermonaten um etwa 10%, in den Wintermonaten um bis zu 25%). Für die aktualisierte Version des Beitrags wurden nun auch die korrigierten Volumenstromwerte (ohne Linearisierung) verwendet (vgl. Fussnote 3 im ursprünglichen Beitrag).