

Einfach ist besser

Die weltgrößte CPC-Vakuumröhrenanlage steht in Deutschland

DR. RER. NAT. ROLF MEISSNER*

Ende des Jahres 2007 ging bei dem Baden-Württembergischen Unternehmen Festo AG & Co. KG in Esslingen-Berkheim bei Stuttgart mit 1330 m² Bruttokollektorfläche die größte Röhrenkollektoranlage der Welt in Betrieb, welche im Sommer die ebenfalls weltgrößte Adsorptionskältemaschine zur Kühlung von über 27.000 m² Bürofläche unterstützt und im Winter zur Heizung beiträgt. Für die Erfinder und Planer dieser Solaranlage ist sie eine von Hunderten. Doch allein aufgrund ihrer Größe und ihrer professionellen Umsetzung verdient diese Anlage eine besondere Erwähnung.



*Rolf Meißner ist Physiker und befasst sich seit über 20 Jahren mit Energiespeicherung. Seit 1990 ist er bei Paradigma u. a. Produktmanager und Entwickler von Solarkomponenten wie Regelungen und Speicher. Gegen Ende 2006 gründete er den Bereich „Solarthermische Großanlagen und Prozesswärme“.

Mit diesem Fachbeitrag sollen am Beispiel dieser Anlage die Vorteile des AquaSystems von Paradigma diskutiert, grundlegende Planungskonzepte, wie die Minimierung von Speichern, Pumpenergiebedarf und Dissipationsverlusten erläutert und erste Betriebsergebnisse vorgestellt werden.

FESTO – Beispiel für einen Prototyp solarthermischer Großanlagen (SGA)

Das Planungskonzept trägt den Namen AquaSystem. Es hat sich bereits mehr als 25.000fach bei Kleinanlagen bewährt. Bemerkenswert ist bei allen SGA, die

nach dem AquaSystem geplant werden, der unglaubliche Komfort für den Handwerker. Das sei am Beispiel der FESTO-Anlage erläutert:

- Es gibt keine überflüssigen Rückführungsrohre wie oft bei sog. „Verrohrungen nach Tichelmann“.
- Das gesamte Kollektorfeld besitzt über Dach keinen einzigen Entlüfter, kein einziges Ventil, keine einzige Stell- oder Schaltarmatur. Folglich ist auch kein hydraulischer Abgleich nötig (bzw. überhaupt möglich).
- Kollektorreihenstränge fassen bis zu 30 m² Kollektorfläche zusammen.
- Standardmäßige Rückführungsrohre im Sammelkasten reduzieren den Rohrlege- und Isolieraufwand um nahezu einen Kilometer.
- Weitere teure Komponenten wie Solarwärmetauscher, Frostschutzmittel, Sekundärkreisumpen und Sekundärkreisaggregate, Befüll- und Auffangvorrichtung, Drehzahlsteuerung, Stagnationswärmekühler u. a. entfallen ganz selbstverständlich.
- Als Ausdehnungsvorrichtung genügt eine Ergänzung der vorhandenen Ausdehnungsvorrichtung und sogar diese kann entfallen, wenn diese wie oft bereits reichlich überdimensioniert ist.
- Der Arbeits- und Problemkomplex „Frostschutzgemisch“ entfällt, dazu ge-



Bild 1: Sheddach mit CPC-Vakuumröhrenkollektoren



◀ Bild 2: Einfach heißt: kein einziger Entlüfter, kein Ventil, keine Stellarmatur auf dem Dach



▼ Bild 4: Rückführungsrohre im Sammelkasten sparen Hunderte Meter Rohr



hören Vorgänge wie Befüllung, Entlüftung, regelmäßige Zustandskontrolle und Wartung, regelmäßiger Wechsel des Glykols inklusive der Kollektorspülung mit aggressiven, giftigen Chemikalien, Entleerung, Entsorgung als Sondermüll u. a.

- Der elektrische Pumpenenergieanteil ist bei AquaSystem-SGAs mit weniger als 0,5 % vom Solarwärmegewinn extrem klein. Gründe dafür sind der Wärmeträger Wasser, der Wegfall von Sekundärpumpen und die Regelung Systsolar Aqua nach dem sog. „Eimerprinzip“.

- Der Speicherbedarf ist minimal, es genügt fast eine hydraulische Weiche. Beim Projekt FESTO wurden zwei 6-bar-Druckspeicher mit je 8,5 m³ nach den Vorgaben von Paradigma vor Ort seriell zusammengeschweißt und mit 200 mm Wärmedämmung isoliert.

- Der winzige, preiswerte Regler Systsolar (ca. 250 Euro) kann beliebig große Solarpumpen schalten, weil auf eine Drehzahlsteuerung verzichtet wird. Diese wäre kontraproduktiv bei der Sollwertregelung und würde eine gleichmäßige Durchströmung stören. Eine dritte Säule bildet die Solarregelung.

Das AquaSystem

Die Grundlage des Paradigma AquaSystems bildet das Wasser. Wasser ist ein hygienischer, effizienter und billiger Wärmeträger. Es hat die höchste Wärmekapazität, ein besseres Fließ- und Wärmeübergangsverhalten als Glykol, ist chemisch und thermisch stabil und technisch recht einfach beherrschbar. Es gibt mit Wasser kein Überhitzungsproblem, Prozesswärmegewinnung bis 150 °C ist möglich und die Solaranlage kann jederzeit völlig reversibel in den Still-



▲ Bild 3: Keine „Tichelmann-Verrohrung“ und kein hydraulischer Abgleich

◀ Bild 5: Volle Leistung und Höchsttemperaturen auch im Winter

stand gehen. Betreibt man eine solare Großanlage dagegen mit Hochleistungskollektoren und Glykol, wird jeder Stillstand zum Albtraum für den Betreiber werden, weil der Wärmeträger dabei folgenreich zerstört werden kann. Eine weitere Säule sind die Paradigma CPC-Vakuumröhrenkollektoren. Sie sind einfach, langlebig, komfortabel, frei von Kupfer, unübertroffen effizient und eignen sich im Gegensatz zu Flachkollektoren für weit mehr als nur zum Schönwetter- und Sommereinsatz. Eine dritte Säule bildet die Solarregelung Systsolar Aqua. Eine umfangreiche automatische Funktionskontrolle reduziert die Ausfälle von



▲ Bild 7: Die Inbetriebnahme erfolgte reibungslos und unspektakulär.



▲ Bild 6: Der Regler ist das „Hirn“ vom AquaSystem

AquaSystem-Solaranlagen praktisch auf Null. Es hat sich mittlerweile gezeigt, dass auch die wenigen verbleibenden Anlagenausfälle (< 0,5 %) dem Alarm der Funktionskontrolle nicht entgehen konnten, wohl aber der Ignoranz des Anlagenbetreibers. Sicher diagnostiziert werden z. B. Schwerkraftzirkulation, vertauschte Anschlüsse, Luft im Kollektor, fehlende oder defekte Rückflussverhinderer, elektrische Anschlussfehler, Ausfälle von Fühlern oder Pumpen u.v.m. AquaSystem-Solaranlagen arbeiten wie ein Zusatzkessel nur mit Temperaturen oberhalb der Solltemperatur. Beim sog. „Eimerprinzip“ wird immer erwartet, bis der Kollektor deutlich heißer als die Solltemperatur ist, bevor er geleert wird. Das spart ca. 50 % Pumpenlaufzeit übers Jahr (ca. 800 h statt 1600 h), führt zu einer hervorragenden thermischen Schichtung im Speicher und bewirkt damit

- einen hohen Exergiegewinn,
- eine effektive Speicherauslastung und
- die schnelle Verfügbarkeit der Wärme.

Erste Betriebsergebnisse

Die Anlage wurde innerhalb eines halben Tages komplett gefüllt und in Be-

DIE CPC-VAKUUMRÖHRENKOLLEKTORANLAGE FESTO IN ZAHLEN

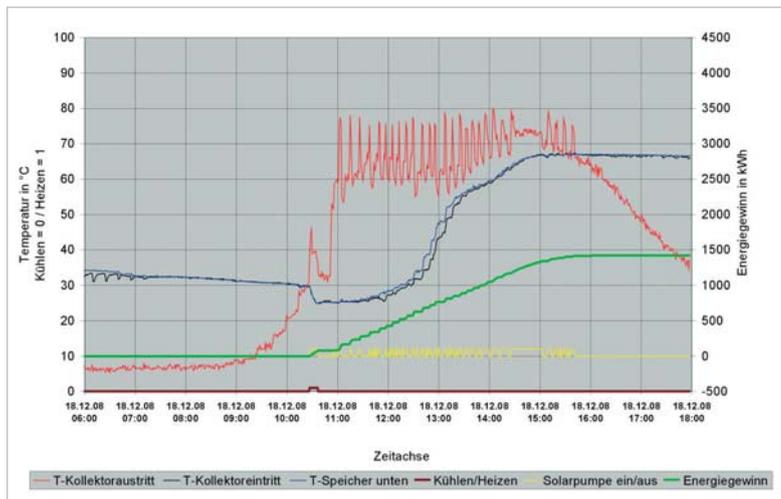
Solarenergienutzung	Solare Kühlung im Sommer mit 75-95 °C Solare Heizung im Winter mit 50-70 °C
Kollektorfläche	1330 m ² Bruttofläche
Anschlussrohre	120 m, DN 100
Volumenstrom	30 m ³ /h
Wärmespeicher	17 m ³
Spitzenleistung	1,2 MW
maximale Dauerleistung	0,65 MW
garantierter Ertrag	500 MWh pro Jahr
Elektroenergiebedarf	2,5 MWh pro Jahr
Herstellergarantie	10 Jahre
Betriebszeit	20 Jahre
Amortisationszeit	ca. 7,5 Jahre bei 12 % jährlicher Energiepreissteigerung bzw. ca. 9,3 Jahre bei 6 % jährlicher Energiepreissteigerung (bei 2,5 % Inflation, 3 % Kapitalzins und 2 % Betriebskosten)

trieb gesetzt. Die Inbetriebnahme war zwar nur ein einfacher Job für wenige Spezialisten, doch für dieses Ereignis hatten sich viele interessierte Zuschauer angesagt. Neben Technikern der Firmen Paradigma, Festo AG & Co. KG

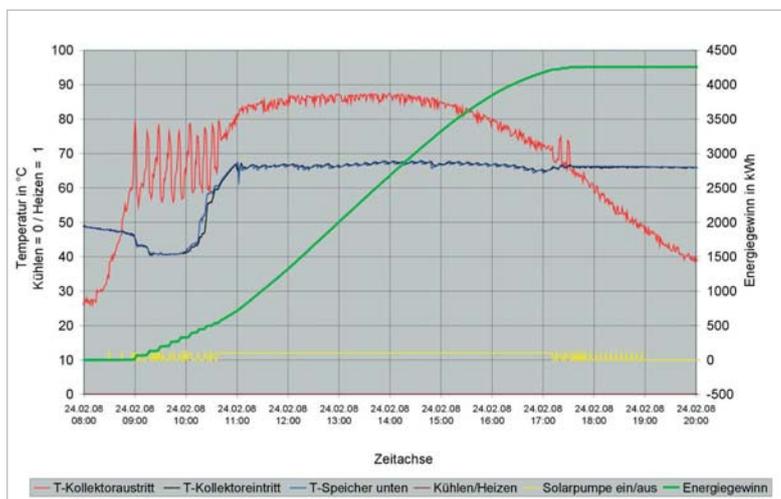
und LEW hatten sich auch prominente Vertreter der FH Offenburg eingefunden, weil diese Lehreinrichtung vom Fördermittelgeber mit dem Monitoring beauftragt ist. Das Konzept der „Cockpit-“ Befüllung und -Entlüftung, die bei jeder Anlagengröße kurz und bündig von nur einer Person im Heizraum durchgeführt werden kann, ohne dass sich eine einzige Armatur auf dem Dach befindet, hatte sich zwar bereits an anderen SGA bewährt, stellte für diese Anlagengröße jedoch eine Premiere dar. Trotzdem kam keine Spannung auf, die Inbetriebnahme erfolgte dank professioneller Vorbereitung reibungslos und unspektakulär. Die abschließende Entlüftung aus den Drucktanks war zwar eindrucksvoll laut, aber nach wenigen Minuten vorüber.

Als erstes soll die Aufzeichnung vom 18. Dezember 2007, ein Wintertag, betrachtet werden. Obwohl es den ganzen Tag über frostig unter -5 °C war, wurde mühelos ständig ein Sollwert von 70 °C erreicht und eine Wärmeenergie von knapp 1,5 MWh in den Speicher gebracht. Für den nahezu kürzesten und kältesten Tag des Jahres ist das ein sehr gutes Ergebnis, zumal im Winter eine beachtliche Verschattung herrscht, wie auf dem ersten Bild gut zu sehen ist. Am 24. Februar 2008 lagen bereits einfachere Bedingungen vor. Bei Temperaturen von weit über 80 °C wurden insgesamt knapp 4,3 MWh in den Speicher eingespeist, das sind immerhin 3,2 kWh pro Quadratmeter Bruttokollektorfläche – für einen Februartag auch nicht schlecht.

► Bild 8: Betriebsergebnis am nahezu kürzesten und kältesten Tag des Jahres



► Bild 9: Betriebsergebnis an einem sonnigen Februartag





◀ Bild 10: Luftbild von der Festo AG & Co. KG in Esslingen-Berkheim

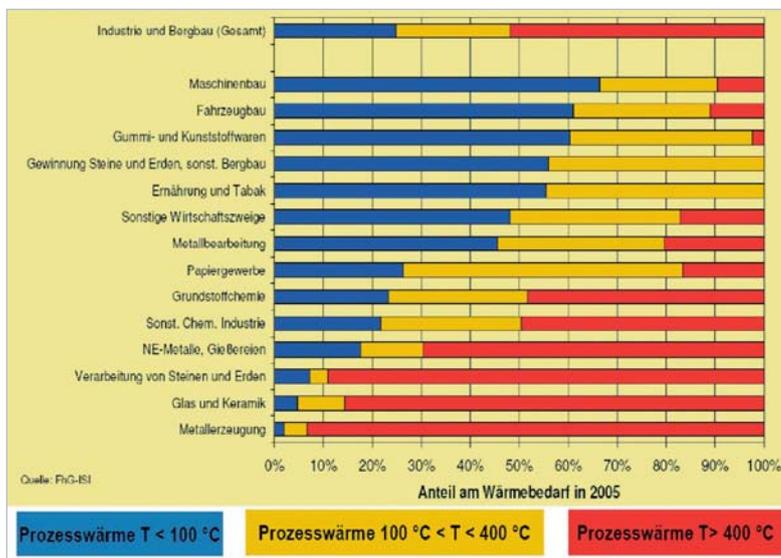


◀ Bild 11: Mehrfamilienhaus in Katowice, Polen

Professionelle Anlagenplanung und Perspektiven

Die PARADIGMA Projektgruppe bearbeitete seit Aufnahme ihrer Tätigkeit im Herbst 2006 über 300 solarthermische Großanlagen mit insgesamt nahezu 100.000 m² Kollektorfläche, ca. 10 % davon sind Exportanfragen. Mehrere Anlagen haben allein weit über 1000 m² Kollektorfläche. Vertreten sind u. a. Brauereien, Lebensmittelhersteller, z. B. aus der Fleisch- und Wurstindustrie, Großwaschanlagen, Galvanisierbetriebe, Lackierereien sowie verschiedene Kühlanlagen, aber auch Krankenhäuser, Kaser-

nen, Hotels und Freizeiteinrichtungen. Zunächst wird jedes Bauvorhaben auf Eignung geprüft, grob dimensioniert und zusammen mit einer Ertragsprognose und einer Rentabilitätsabschätzung angeboten. Bei Interesse muss eine Planung beauftragt werden. Im Falle der Realisierung des Projekts werden die Planungskosten erlassen. Die Projektgruppe arbeitet eng mit den lokalen Projektplanern zusammen und übernimmt die Verantwortung für das gesamte Kollektorfeld. Die Planungsschnittstelle zur übrigen Anlage ist meistens ein Pufferspeicher.



◀ Bild 12: Prozesswärmebedarf in Deutschland (Quelle FhG-ISI)

In Deutschland gibt es einen Prozesswärme-Bedarf von etwa 55 Mrd. KWh pro Jahr. Bei etwa einem Drittel davon werden nach einer Abschätzung der FHG-ISE nur Temperaturen bis 100 °C benötigt. Insgesamt lässt sich grob ein Bedarf von mindestens 35 Mio m² CPC-Vakuurröhren-Kollektorfläche ableiten. Darin ist aber noch keine einzige Warmwasserbereitung und auch keine Raum- oder Schwimmbadheizung enthalten.

Fazit

Paradigma hat die Hemmnisse für solarthermische Großanlagen beseitigt. Mit CPC-Hochleistungs-Vakuurröhrenkollektoren als Hochtemperatur-Motor, Wasser als Wärmeträger und dem Solarregler SystsSolar Aqua steht nunmehr ein verblüffend einfaches und deshalb für Investoren und Handwerker besonders sympathisches Konzept zur Verfügung. Es wurde gerade erst mit der Anwendung dieses Werkzeugs begonnen, doch schon zeigt sich anhand der geradezu explodierenden Nachfrage, wie sehr der Markt auf wirklich gute Kollektoren und Konzepte gewartet hat. Indem sich Paradigma die völlige Planungshoheit über solarthermische Großanlagen mit dem AquaSystem vorbehält, wird gewährleistet, dass sich in jeder dieser Anlagen ein Höchstmaß an Professionalität widerspiegelt. Auf dieser Grundlage vergibt Paradigma grundsätzlich die folgenden Herstellergarantien:

Ertragsgarantie	5 Jahre (10 Jahre verhandelbar)
Material- und Herstellungsfehler	5 Jahre (10 Jahre verhandelbar)
Korrosionsschäden	5 Jahre (10 Jahre verhandelbar)
Sturm- und Hagelschäden	5 Jahre (10 Jahre verhandelbar)
Glasbruch	10 Jahre
Frostschäden	15 Jahre

Abschließend sei festgestellt, dass eine SGA wie das Projekt FESTO nur so erfolgreich und reibungslos umgesetzt werden kann, wenn alle Projektbeteiligten bestens qualifiziert und motiviert sind und grundsätzlich mit größter Sorgfalt und Umsicht zu Werke gehen. Dafür gebührt allen Verantwortlichen der Firmen Festo AG & Co. KG und LEW Automotive GmbH, welche die gesamte Anlage nach den Vorgaben von Paradigma gebaut haben, Dank und Anerkennung.