

Das Hansgrohe Solarkraftwerk

Ein Erfahrungsbericht

von M. Prösler

„Eine leistungsfähige Anlage, die offensichtlich ihre anfänglichen Kinderkrankheiten und Fehler überwunden hat“, so das Resümee von Armin Waidele über Deutschlands derzeit – noch – größtes dachintegriertes Photovoltaik-Kraftwerk. Armin Waidele betreut beim Unternehmen Hansgrohe – einem mittelständischen Hersteller von sanitärtechnischen Produkten im Schwarzwald – die 100 kW Photovoltaikanlage, die Teil eines Forschungsprogramms des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) ist. Ziel des „Meß- und Dokumentationsprogramms“ (MuD) ist die Optimierung von Photovoltaik-Systemen*.

Gemeinsames Ziel der Initiatoren und Betreiber ist es, die Nutzung der Sonnenenergie populärer zu machen. Dabei zeichnen sich erste positive Resultate ab. „Durchschnittlich kommen etwa alle vier Wochen andere Unternehmen auf Hansgrohe zu, die sich vor dem Kauf einer eigenen Großanlage bei uns informieren wollen“, berichtet Armin Waidele. „Auch ein Landwirt aus der Region erklärte mir, daß er jetzt 50.000,- Mark in eine eigene Solaranlage investieren will, nachdem er bei Hansgrohe gesehen hat, daß so etwas gut geht.“

Daß sich die Hansgrohe-Anlage im Werk Offenburg-Elgersweier unter rein ökonomischen Gesichtspunkten nicht rechnet, weiß man im Hause. Wichtig werden aber zunehmend Imagegewinne für Unternehmen im ökologischen Bereich, um sich von Wettbewerbern abzuheben. „Das Solarkraftwerk wie der Solarturm sind in der Region und bei unseren Kunden mittlerweile wirklich sehr bekannt und tragen zum positiven Image des Unternehmens bei“, so der Pressesprecher Dr. Henning Storek. Als aktuelles Beispiel führt er ein Zitat aus der regionalen Tagespresse an. „Fast schon zum Offenburger Öko-Wahrzeichen geworden: der Solarturm der Firma Hansgrohe in Elgersweier“, hieß es dort anlässlich einer vom Unternehmen ausgerichteten Tagung über Umweltkosten-Management. Auch dies gehört zu den Erfahrungen mit dem Kraftwerk und bringt Gewinne, wenn auch nicht monetärer Art.

Das Solarkraftwerk entstand in den Jahren 1993/94 auf Initiative von Klaus Grohe, dem geschäftsführenden Gesellschafter des Unternehmens. Die Realisierung wurde ermöglicht mit der finanziellen Unterstützung und in Zusammenarbeit mit der Wärmeversorgung Offenburg GmbH (einer Gesellschaft der Stadtwerke Offenburg und dem Elektrizitätswerk Mittelbaden), dem Landes-

ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Baden Württemberg und des BMBF. Als Teil des bundesweiten MuD-Programms wurde die Anlage durch das Ingenieurbüro WIP Consult in München meßtechnisch erfaßt und bewertet; den Auftrag für die Anlage erhielt die Firma Siemens Solar GmbH in München. Die interne Projektleitung hatte Diplomingenieur Dieter Katzer.

Weiterer Ausbau geplant

Das Kraftwerksprojekt geht jetzt in seine zweite Phase: Mit der Stadt Offenburg arbeitet das Unternehmen an einem Pilotprojekt, das die finanzielle Beteiligung von Bürgern in Form eines Anlegemodells an der Solaranlage zum Ziel hat. Die Dachfläche auf der Produktionshalle in Offenburg bietet ausreichend Platz für eine dreimal so große Anlage und auch die technische Ausrüstung hat man schon bei der Planung auf Zuwachs ausgelegt. Vorkaufrechte wurden bislang für 38 Kraftwerks-Anteile à 440 W erworben. Damit ist das Ziel von 10 kW in der ersten Ausbaustufe erreicht. Die Montage der neuen Module soll im Herbst beginnen.

Der Aufbau des Solarkraftwerks

Im Herbst 1993 wurde der erste Teil des Photovoltaik-Kraftwerks in Offenburg in Betrieb genommen. Auf dem Sheddach der Produktionshalle wurden 864 Module mit einer Nennleistung von je 100 W montiert und unter einem Winkel von 30° nach Süden ausgerichtet. Im Frühjahr 1994 wurde die Anlage durch zwei kleinere Vergleichsfelder ergänzt, die aus je 60 identischen Modulen mit einer Nennleistung von 110 W bestehen. Ein Vergleichsfeld wird mit Elektromotoren der Sonne zweiachsig nachgeführt; das andere ist starr auf dem Sheddach montiert (siehe Abb. 1).

Die Energie der Hauptanlage wird über einen dreiphasigen netzgeführten Wechselrichter in das Niederspannungs-Hausnetz des Unternehmens eingespeist. Die Nennleistung des Wechselrichters beträgt 120 kVA. Sie wurde deutlich größer als die Nennleistung des Generators gewählt, um die geplante Erweiterung der Anlage schnell und einfach durchführen zu können. Die Wechselrichter der beiden kleineren Vergleichsanlagen sind ebenfalls dreiphasig netzgeführt und wurden auf 75 % der Nennleistung des Generators ausgelegt, um einen guten Teillastwirkungsgrad zu erzielen.

Seit der Inbetriebnahme wird das Photovoltaik-Kraftwerk kontinuierlich meßtechnisch überwacht. Die Bestrahlungsstärke wird jeweils in der Modulebene mit kalibrierten Siliziumsensoren (Typ Matrix MK-1G) und die eingespeiste Wechselstromleistung durch Drehstromzähler mit Im-

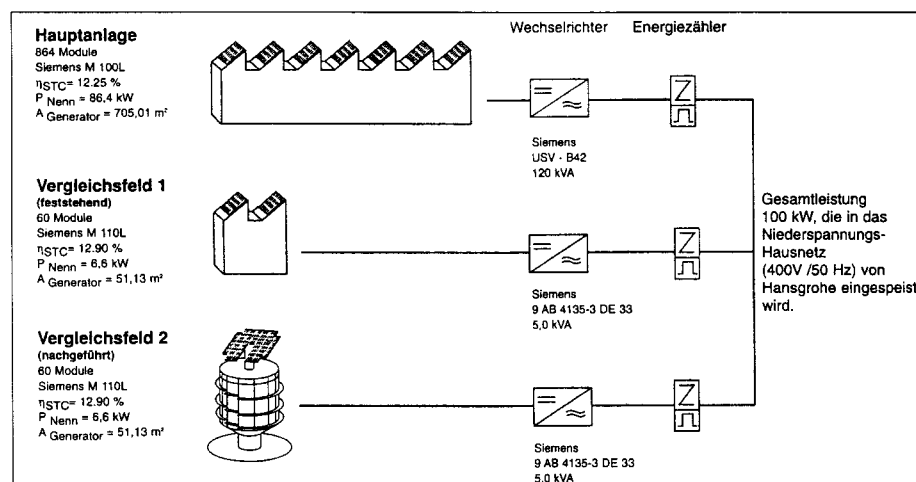


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Hansgrohe Solarkraftwerks. Im April 1996 wurde der Wechselrichter des Vergleichsfeldes 1 durch sechs kleine Geräte des Typs „Sinus Power SPN 1000“ von Siemens ersetzt.

pulsausgang gemessen. Die Erfassung der Meßdaten basiert auf den „Isolated Measurement Pods“ der Firma Schlumberger.

Betriebserfahrungen

Die Inbetriebnahme des Kraftwerks und auch der Meßdatenerfassung waren von einer Reihe von Schwierigkeiten begleitet. Ausgefallene Leistungsschalter, Fehlanzeigen der Sensoren, Fehlfunktionen der Wechselrichter und der Ausfall eines Teilstrings verringerten die Energieausbeute im ersten Betriebsjahr. So konnte 1994 nur ein Jahresergebnis von rund 42.000 kWh erzielt werden – rund die Hälfte des erwarteten Betrages. Alle aufgetretenen Schwierigkeiten konnten aber bis zum Jahresende 1994 beseitigt werden. Lediglich der Wechselrichter des feststehenden Vergleichsfeldes mußte mehrfach gewartet und schließlich im Frühjahr 1996 ganz ersetzt werden.

Das Nachführsystem basiert auf einem elektromotorischen Antrieb. Hier traten in den ersten sechs Monaten Steuerungsprobleme auf, die aber behoben werden konnten. Grundsätzlich erscheint als gute Alternative zum elektromotorischen System ein autarkes Nachführsystem auf der Basis eines thermohydraulischen Antriebes: Der elektrische Energieverbrauch der Motorenvariante könnte vermieden und auf Rechner, Steuerprogramm und Verkabelung ganz verzichtet werden. Außerdem kann die Diffusstrahlung der Sonne bei völliger Bewölkung automatisch besser genutzt werden /1/.

Eine bessere Nutzung der Diffusstrahlung – so das Resümee bei Hansgrohe – ließe sich beim elektromotorischen System über eine modifizierte Steuerung erreichen. Dazu muß der Einstrahlungswert in der nachgeführten Ebene und in der Horizontalen verglichen werden. Liegt der erste Wert unter dem zweiten, so ist das bewegliche Panel in die horizontale Position zu bringen. Läßt man die Azimutachse weiter mitlaufen, kann bei einer Weteraufhellung die Ausrichtung zur Sonne wieder schnell durchgeführt werden.

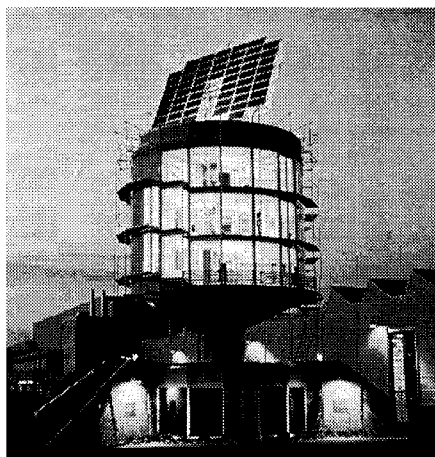


Abb. 2: Der Hansgrohe Solarturm – ein Mustergebäude mit Solarzellen, Sonnenkollektoren, Erdwärmetauscher, Isolierglas, optimierter Wärmedämmung auf der sonnenabgewandten Seite und einem Heizsystem, das die Abwärme aus dem Werk nutzt. (Architekt: Rolf Disch, Freiburg.) Foto: Gerd Modlich

Betriebsergebnisse 1995

Die Dokumentation und Veröffentlichung der Erfahrungen mit Photovoltaik-Systemen sind ein zentraler Aspekt des MuD-Programms, in dessen Rahmen die Anlage gefördert wurde. Daher sollen hier auch die technischen Ergebnisse dargestellt werden.

Die Zuverlässigkeit des Photovoltaik-Kraftwerkes konnte im Betriebsjahr 1995 deutlich gesteigert werden, so daß die Anlage den erwarteten Ertrag von rund 80.000 kWh einbrachte. Tab. 1 zeigt die Ergebnisse in summarischer Form.

Der jährliche spezifische Anlagenenergieertrag der drei Anlagenteile erreichte im Betriebsjahr 1995 folgende Werte:

- Hauptanlage: 794 kWh/(kW_p·a)
- feststehendes Vergleichssystem: 731 kWh/(kW_p·a)
- zweiachsig nachgeführtes Vergleichssystem: 1.051 kWh/(kW_p·a)

Die Hauptanlage erzielte einen spezifischen Anlagenenergieertrag von 794 kWh und entspricht damit fast genau dem Durchschnittswert von 795 kWh, der im Standard Meß- und Auswertprogramm für kleine netzgekoppelte Dachanlagen in Baden-Württemberg ermittelt wurde /2/.

Als Gütekriterium für Photovoltaikanlagen hat sich die errechnete Qualitätsgröße Performance Ratio (PR) bewährt, da sie in unseren Breiten weitgehend standortunabhängig ist. Sie beträgt bei der Hauptanlage, wie bei dem zweiachsig nachgeführten System auf der Jahresbasis etwa 75 %. Dies stellt im Vergleich zu kleinen, dachmontierten Anlagen einen recht guten Wert dar /2/. Für Anlagen in der hier vorgestellten Leistungsklasse sind jedoch PR-Werte von etwa 80 % möglich, wie ein Vergleich mit anderen Großanlagen zeigt /3/.

Die Performance Ratio für das feststehende Vergleichssystem liegt aufgrund der langdauernden Probleme mit dem Wechselrichter deutlich unter dem Wert der beiden anderen Anlagenteile. Abhilfe brachten hier sechs neue Wechselrichter des Typs „Siemens SPN 1000“ á 1.000 Watt, die im April 1996 eingebaut wurden. Sie haben sich als problemlos erwiesen und werden im Laufe des Jahres zu einem guten Ergebnis der Anlage beitragen.

Beim Vergleich von feststehender und nachgeführter Anlage liegt der Zugewinn für letztere im Bereich von etwa 30 % – wie es für unsere Breiten zu erwarten ist. Das feststehende Vergleichssystem hatte allerdings aufgrund der wiederholten Wechselrichterausfälle eine geringere Energieausbeute erzielt als möglich. Dadurch scheint – rein rechnerisch – das nachgeführte System einen Zuwachs von über 40 % zu ermöglichen. Daß sich der Zuwachs im zu erwartenden Rahmen bewegt, zeigt ein Vergleich mit der Hauptanlage (siehe Abb. 3).

Resümee

Nach den Anfangsschwierigkeiten läuft das Solarkraftwerk jetzt rund und erzielt mit 80.000 kWh pro Jahr einen guten Ertrag. Ein Vergleich mit anderen Großanlagen zeigt, daß das Potential zur Steigerung der Energieausbeute noch nicht voll ausgeschöpft ist. Eine Leistungssteigerung von gut 10 % scheint bei der Anlage noch möglich. Eine differenzierte Analyse der Komponenten beziehungsweise ein detailliertes Energieflußdiagramm könnte Aufschluß über die konkreten Optimierungsmöglichkeiten bringen.

Im Hause Hansgrohe ist man mit der Anlage sehr zufrieden, und das Unternehmen wird auch weiterhin auf regenerative Energien setzen: Deren Förderung ist Teil der betrieblichen Umweltpolitik, die im Rahmen der Ökoaudit-Zertifizierung 1995 formuliert wurde. Die Pläne für das nächste Projekt werden bereits ausgearbeitet.

1995	H _{POA} [kWh/m ²]	H _{ges,POA} [MWh]	H _{ges,AC} [MWh]	η _{gesamt} [%]	PR [%]
	1.059,5	746,958	68,630	9,18	75,0
	1.059,5	54,172	4,825	8,91	69,0
	1.396,4	71,398	6,939	9,72	75,3

Tab. 1: Betriebsergebnisse des Photovoltaik-Kraftwerks 1995
 H_{ges,POA} Strahlungsenergie, die auf die gesamte Generatorfläche auftrifft
 E_{ges,AC} elektrische Energie, die in das Hausnetz eingespeist wird
 η_{gesamt} mittlerer jährlicher Gesamtwirkungsgrad
 PR Performance Ratio = 100 E_{ges,AC} / (H_{ges,POA} · η_{STC}) [%]

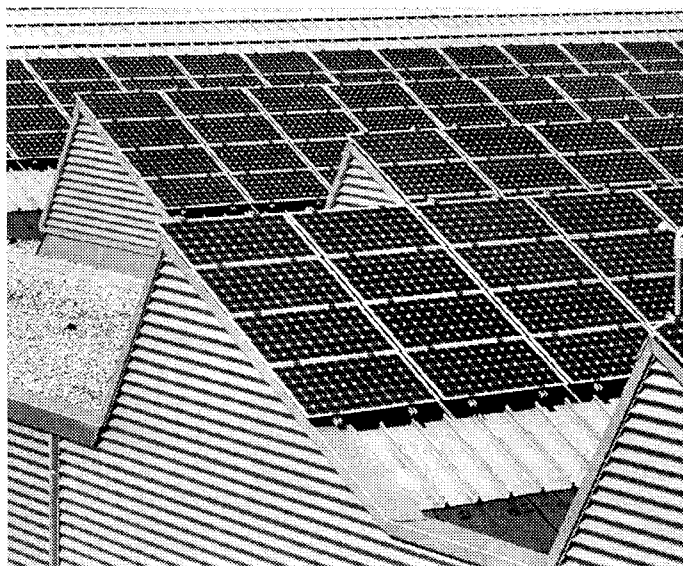
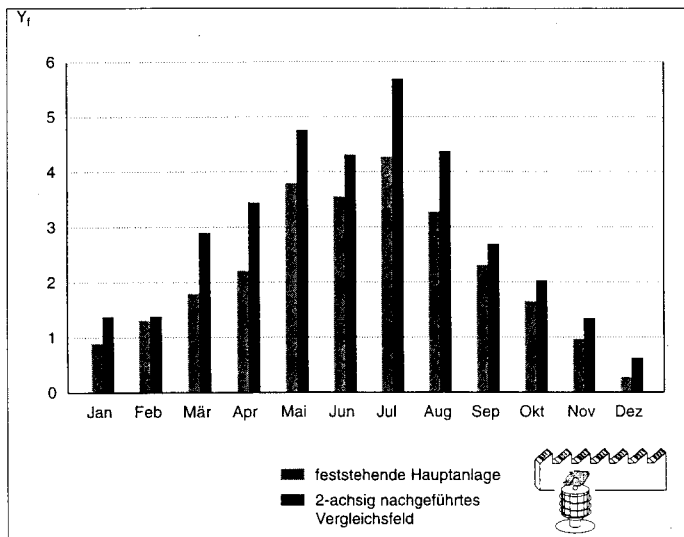


Abb. 4: Das Hansgrohe Solarkraftwerk Foto: Klaus Kramer

Abb. 3: Monatliche spezifische Tagesenergieausbeute der Hauptanlage und des zweiachsig nachgeführten Systems 1995

Literatur

/1/ F. H. Klotz; „PV systems with V-trough concentration and passive – concept and economic potential in Europe“. Proceedings of the 13th EU PV Solar Energy Conference, Nice 1995 (H.S. Stephens & Associates, Bedford 1996), S. 1060- 63
 /2/ FhG-ISE; „1000-Dächer Meß- und

Auswerteprogramm – Jahresjournal 1995“
 /3/ R. Voermans und W. Hoppe; „Photovoltaikanlage >Neurather See< - Erfahrungen der ersten Betriebsjahre“. Tagungsbericht des 9. Internationalen Sonnenforums, Stuttgart 1994 (DGS Sonnenenergie Verlags GmbH, München 1994), S. 363-70

*Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministers für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie unter dem Förderkennzeichen 03 gefördert.
 Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Photovoltaik-Systeme

Ein Auslegungsprogramm zu ihrer Dimensionierung von U. Nemsman

Das vorliegende Auslegungsprogramm dient der Dimensionierung aller Anlagen-Komponenten in photovoltaischen Energieversorgungs-Anlagen.

Vom Konzept her ist das Programm so aufgebaut, daß die wesentlichen Anlagentypen, die mit heutiger Technik realisierbar sind, behandelt werden können. Die vielseitige Nutzbarkeit ergibt sich daraus, daß es aus Programmteilen zur Simulation von Einstrahlungsprofilen, Generatorkennlinien, Batterie-Lade- und -entladekennlinien hervorgegangen ist. Über die Anlagendimensionierung hinaus ist es daher auch einsetzbar für die Berechnung und Darstellung von Einstrahlungsprofilen, Leistungs-, Spannungs- und Ertragsprofilen sowie zu Energiebilanzen und Designuntersuchungen. Die Anlagenoptimierung kann, wie aus der Kurzdarlegung ersichtlich, unter verschiedenen Gesichtspunkten durchgeführt werden.

1. Übersicht

Das Programm ist in TURBO PASCAL geschrieben. Die prinzipielle Struktur des Auslegungsprogrammes wird in Abbildung 1 dargestellt.

Die nachfolgenden Zusammenstellungen erläutern die vorhandenen Simulationsmöglichkeiten sowie die Ein-, bzw. Ausgabeoptionen.

Das Programm liegt in 2 Versionen vor, und zwar mit und ohne Druckerausgabe. Die ausführliche Programmbeschreibung kann vom Autor gegen einen Unkostenbeitrag bezogen werden.

Allgemeiner Rechengang:

Der Rechengang umfaßt folgende, teilweise als Optionen wählbare Komponenten:

- Dateneingabe und Auswahl der Bearbeitungspfade
- Berechnung der verfügbaren Einstrahlungsenergie auf die geneigte Generatorfläche
- Berechnung der Leistungsparameter auf Modulbasis
- Berechnung des Leistungs-/Bedarfsprofils der Verbraucher
- Berechnung der Generator Leistung und Spannung unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade und Verluste
- Berechnung der Größe und Anzahl von Strings im Generator (mit Varianten für gewählte und verfügbare Modultypen)
- Berechnung von Kapazität und Zellenzahl der Batterie
- Berechnung der mittleren und relativen Energie- und Leistungsbilanz des Generators
- Berechnung von Wechselrichter-Kenndaten, von Zusatzenergiemengen, des spezifischen Energieanlagen-ertrages, der Jahres-Vollaststunden, des Generatorflächenbedarfs
- Ausgabe der berechneten Werte

Eingabe:

- Standort und Globalstrahlung (Datei oder manuell)
- Anlagentyp und Einsatzart (manuell)
- Komponenten-Vorwahl (manuell)
- Generator-Ausrichtung (manuell)
- Lastdaten / Lastprofil (manuell, Profilalgor)