

# **SONNENENERGIE KRAFTWERK**

## **S E P P**

**(Solar Energy Power Plant)**

### **Vorstellung des Systems**

**A.G. Sutsch  
Institute for Computer-assisted  
Research in Astronomy**

**Version 2.1, rev. 10.07.1994**

### **Einsatzgebiete und Ansatz**

Das Sonnenenergie-Kraftwerk SEPP erzeugt aus direkter Sonneneinstrahlung elektrische Energie in den Bereichen von ca. 250 kW bis 5 MW elektrisch plus 300 kW bis 6 MW hochwertige Industrieprozesswärme.

Solare Energierzeugungssysteme nach dem Prinzip des SEPP (Solar Energy Power Plant) kommen in abgelegenen Gebieten - Inseln, Schwellen- und Entwicklungsländern zur Anwendung. SEPP eignet sich für Siedlungen, Dörfer, Kleinindustrieanlagen, Krankenhäuser, wissenschaftliche Installationen, und dezentrale Energieversorgung, wo die Infrastruktur zur

Erzeugung von elektrischer Energie und Prozesswärme oder die Zuführung (Transport) elektrischer Energie und Prozesswärme auf konventionellem Weg entweder nicht möglich oder unwirtschaftlich ist.

SEPP kann in allen geographischen Lagen mit ausreichender Sonnenscheindauer seine Anwendung finden. In Gegenden um den Äquator mit  $\pm 40^\circ$  südliche und nördliche Breite werden derartige solare Energieerzeugungssysteme in grosser Stückzahl benötigt.

Das System SEPP besitzt einen wesentlich höheren Gesamtwirkungsgrad unter den Aspekten der Effizienz eingestrahelter Energie zu verwertbarer Energie und damit der wirtschaftlichen Nutzung, als dies in anderen Solarsystemen oder konventionellen Energieumwandlungsmaschinen erreicht wird. Es ist ein ökologisch sinnvolles System.

Die Einsparungen an fossilen Energieträgern durch die Verwendung der SEPP - Systemphilosophie sind enorm, da in den Einsatzgebieten die Nutzer von Energie einen völlig anderen Bedarf haben, als Energieverbraucher in der westlichen Welt (in Schwellenländern und Entwicklungsländern wird während der Nachtstunden sehr wenig Strom oder Prozesswärme verbraucht; die Aktivitäten beschränken sich zum grossen Teil auf die Tagesstunden).

## **Arbeitsweise**

Das Arbeitsprinzip stellt die hohe Konzentration von solarer Strahlung auf einer kleinen Fläche dar, indem eine grosse Parabolantenne der Sonne von Aufgang bis Untergang folgt. SEPP erreicht dadurch einen sehr hohen Arbeitspunkt. Umgebungsluft wird von einer offenen Gasturbine angesogen und durch die Wandlereinrichtung (Receiver) im Brennpunkt der grossen Parabolantenne mit sehr hoher Geschwindigkeit geleitet. Die Luft wird dort auf Temperaturen von ca.  $1000^\circ$  Celsius erhitzt. Die heisse Luft wird entweder zur direkten Stromerzeugung im Generator verwendet, der an der Gasturbine angeflanscht ist, oder in einen Hochtemperaturspeicher aus wärmekapazitiven Erden geleitet, von wo sie über einen Wärmetauscher auf die Eintrittstemperatur in die Turbine von ca.  $930^\circ$  C gebracht wird.

In dem Receiver (Strahlungsenergiewandler) wird die Sonnenenergie von Strahlungsenergie in Wärmeenergie umgesetzt. Die Luft wird in den Röhren des Receivers erhitzt und der Gasturbine zugeführt. Die Gasturbine entspannt die heisse Luft. Durch die abgegebene Energie wird in einem Generator elektrische Energie (Strom) erzeugt. Die Abwärme der Gasturbine befindet sich auf einem sehr hohen Temperaturniveau und kann zur Erzeugung von industrieller Prozesswärme in einem breiten Temperaturspektrum in sehr vielen Prozessen Verwendung finden. Der Gesamtwirkungsgrad des Systems wird durch den Einsatz dieser Abwärme wesentlich erhöht.

## **Ökologisch sinnvolles System**

Das System SEPP benötigt für den normalen Betrieb keine fossile Primärenergie; SEPP erzeugt keine Abfälle, belastet die Umwelt nicht, besitzt einen kleinen Land-Use Faktor und ist damit ein ökologisch sehr freundliches System.

Die Verwendung von Luft als Arbeitsmittel belastet die Umgebung nicht. Die Aufstellung des Kollektors erfolgt auf einem kleinen Stück Land meist auf 3 Stützen, sodass das Land unter der Anlage genutzt werden kann. Der Schatten des Kollektors bietet in den Einsatzgebieten meist willkommenen Schutz vor der Sonne.

## **Modularität**

Die Grösse des Systems mit einem oder mehreren Parabolkollektoren wird durch die geforderte elektrische Leistung und Prozesswärmegewinnung bestimmt. Berechnungen ergeben, dass in den oben genannten Einsatzgebieten mit Modulen von 500 kW elektrische Leistung ein Parabolkollektor von 55 m Durchmesser benötigt wird; Parabolkollektoren von 40 m im Durchmesser ergeben 250 kW elektrische Leistung. Die Technologie solcher Strukturen ist seit langem in der Radioastronomie und der Kommunikation bekannt. Da das System einen modularen Charakter besitzt, können bei weiteren Anforderungen an die Leistung des Kraftwerks mehrere Kollektoren mit ihren Energiewandlern elektrisch und wärmetechnisch aneinandergeschaltet werden.

## **Sekundärbetrieb: wissenschaftliche Nutzung**

Während bewölkter Perioden und während der Nachtstunden kann der Parabolreflektor zu wissenschaftlichen Zwecken als Radioteleskop Verwendung finden. Die internationale Zusammenarbeit mit Instituten weltweit in der Radioastronomie bringt für ein Betreiberland zusätzliche wissenschaftliche Aspekte und Ausweitung der geistigen Betätigung. Diese Zusatzfunktion ist integraler Bestandteil der Anlage und kann durch mobile Umbauten täglich realisiert werden.

## **Erprobte Komponenten - kostengünstiger Bau und Unterhalt**

Das System SEPP verwendet Komponenten basierend auf bekannten Technologien, um die Bau-, Betriebs- und Unterhaltskosten niedrig zu halten. Es kommen nur hochwertige Komponenten zum Einsatz, um die langfristige Stabilität der Anlage und den Unterhalt kostengünstig zu gestalten. Parabolantennen von 64 m bis 100 m im Durchmesser befinden sich in vielen Teilen der Welt für radioastronomische und Kommunikationszwecke (Deep Space Network der USA) seit einigen Jahrzehnten im Einsatz und können relativ kostengünstig hergestellt werden. Kleine Gasturbinen sind als Notaggregate bei Feuerwehren, etc. im Einsatz. Die thermisch anspruchsvolle Komponente Receiver ist in konventionellen Kraftwerken seit mehreren Jahrzehnten im Einsatz.

## **Lokales Arbeitspotential**

Die Erd- und grossen Stahlbauarbeiten können meist vor Ort durch lokales Personal durchgeführt werden; dies ergibt eine günstige Situation für das lokale Arbeitspotential: es wird eine Beschäftigung der lokalen Arbeiter erreicht.

Der Betrieb wird durch Spezialisten der Systemanbieterfirma als Komplettangebot langfristig gesichert. Sie übernehmen die Ausbildung lokalen Personals zum Betrieb der Anlage mit dem Ziel, der lokalen Bevölkerung den Betrieb des Kraftwerks eines Tages übergeben zu können. Unterhaltsarbeiten an den Komponenten sollten sich auf die Unterhaltszyklen pro Jahr von derartigen Maschinen beschränken.

## **Kontinuierlicher 24 h Betrieb**

Das System SEPP stellt - wenn als Hybridsystem betrieben, d.h. Betrieb während der Sonnenscheindauer mit Solarenergie, in den Stunden ohne Sonnenstrahlung mittels konventioneller Primärenergie - ein völlig autonomes Kraftwerk und System zur Erzeugung elektrischer Energie und Prozesswärme auf einer 24-stündigen Basis dar.

Das Hybridsystem SEPP basiert auf kontinuierlicher Energieerzeugung, d.h. Stromerzeugung und Prozesswärme zur Tages und Nachtzeit. Es ist so ausgelegt, dass es zu jeder Zeit seine volle Leistung erbringt, auch in Zeiten bedeckten Himmels oder bei Regenperioden, indem es thermische Energie entweder aus einem Hochtemperaturspeicher bezieht oder mit zusätzlicher Feuerung von fossilen Energieträgern (Gas oder Öl) Strom- und Prozesswärme erzeugt.

## **Wirkungsgrade**

Das Turbinensystem zur Erzeugung elektrischer Energie arbeitet ab Temperaturen von ca. 750° und erreicht bei der verwendeten Einlasstemperatur an der Turbine (930°) und den elektrischen Leistungen (500 kW) einen elektrischen Wirkungsgrad von ca. 30% mit nachgeschaltetem Recuperator. Hinzu kommt die Verwendung der Abwärme der Turbine für Prozesswärme in einem weiten Temperaturspektrum bis hin zur Niedertemperatur-Verlustwärme für Prozesse wie Trocknung und Wasserentsalzung (Meerwasser oder Brackwasser aus Brunnen). Diese zusätzliche Verwendung der Abwärme nach der Stromerzeugung ist "kostenlos", besitzt jedoch in den Einsatzgebieten des Systems sehr hohen Stellenwert. Hochwertige Prozesswärme für die Nahrungsmittelherstellung, Trocknung von Materialien, Kleinindustrien, etc. muss in den Einsatzgebieten meist teuer bezahlt werden.

Mit einem Primärenergienutzungsfaktor (Gesamtwirkungsgrad) von über 80% stellt das SEPP - System eine wirtschaftlich und energetisch sehr günstige Anlage dar.

## **Zusammenfassung**

Das Sonnenenergie-Kraftwerk SEPP erzeugt als modulares System aus direkter Sonneneinstrahlung elektrische Energie in den Bereichen von ca. 250 kW bis 5 MW elektrisch plus 300 kW bis 6 MW hochwertige Industrieprozesswärme.

Solare Energierzeugungssysteme nach dem Prinzip des SEPP (Solar Energy Power Plant) kommen in abgelegenen Gebieten - Inseln, Schwellen- und Entwicklungsländern zur Anwendung. SEPP eignet sich für Siedlungen, Dörfer, Kleinindustrieanlagen, Krankenhäuser, wissenschaftliche Installationen, und dezentrale Energieversorgung, wo die Infrastruktur zur Erzeugung von elektrischer Energie und Prozesswärme oder die Zuführung (Transport) elektrischer Energie und Prozesswärme auf konventionellem Weg entweder nicht möglich oder unwirtschaftlich ist.

Das SEPP basiert auf konventionellen, industriell erprobten Technologien. SEPP stellt ein zuverlässiges und kostengünstiges Energiesystem in Betrieb und Einrichtung dar.

Direkte Sonneneinstrahlung wird über eine grosse Parabolantenne (55 m für 500 kW elektrische Energie) fokussiert und in einem Strahlungsenergiewandler (Receiver) mittels Luft in Hochtemperaturwärme konvertiert. Die erhitzte Luft wird entweder in einem Reservoir hochkapazitiver Erden gespeichert oder zur direkten Energieverwendung einer offenen Gasturbine zugeführt. Dort gibt die erwärmte Luft ihre Energie ab, ein nachgeschalteter Generator erzeugt elektrischen Strom. Die Abwärme der Gasturbine ist durch ihre hohe Temperatur sehr hochwertig und wird zur Nutzung für Industrieprozesse verwendet. Der damit erreichte Gesamtwirkungsgrad des Systems (Nutzung der eingestrahlten Primärenergie) ist elektrisch plus thermisch sehr hoch und liegt bei über 80%.

Vorteile des Sonnenkraftwerkes SEPP gegenüber herkömmlichen Systemen der Stromerzeugung und Prozesswärmegewinnung für entlegene Gebiete:

- 1. speziell geeignet für entlegene Gebiete (Isolated Load Market)*
- 2. kostengünstiges, autonomes Kraftwerkssystem*
- 3. kontinuierliche Strom- und Wärmeenergieerzeugung über 24 h möglich*
- 4. Nutzung zu Hochtemperatur-Prozesswärme unter Ausnutzung der Abwärme*
- 5. hoher elektrischer Wirkungsgrad ca. 30%*
- 6. Gesamtenergienutzungsgrad elektrisch plus thermisch über 80%*
- 7. während der Stunden ohne Sonnenschein, Nutzung der Anlage für wissenschaftliche Zwecke (Radioastronomie)*
- 8. keine Verwendung von fossiler Primärenergie bei Einsatz eines Hochtemperatur-speichers, kleiner zusätzlicher fossiler Energiebedarf, wenn SEPP ohne Speicher*

*betrieben wird (Hybrideinsatz für 24 h Betrieb))*

- 9. einfaches Grundprinzip: offener Gaskreislauf mit Arbeitsmedium Luft*
- 10. ökologisch sinnvolles System - keine Umweltverschmutzung*
- 11. modulares Konzept für erweiterbare Energiebedürfnisse*
- 12. Verwendung erprobter Industriekomponenten - dadurch Sicherheit und Kostenersparnis bei Betrieb und Installation*
- 13. minimale Personalanforderung für Betrieb und Unterhalt*
- 14. Betrieb der Anlage während Perioden ohne Sonnenschein durch Hochtemperaturspeicher oder Hybridfeuerung (fossile Zusatzfeuerung)*
- 15. kostenlose und nie versiegende Primärenergie - die Sonne !*