

Dipl.-Ing. (FH) Ben Reule  
Projektarbeit SENCE – Sommersemester 2009

„Messung des horizontalen Ausrichtungswinkels mithilfe des Sonnenstands bei einem linearfokussierenden Fresnelkollektor zur solaren Prozesswärmeerzeugung“

## Zusammenfassung

**Linearfokussierender Fresnelkollektor** • Fresnelkollektoren sind eine Variante der linienfokussierenden Parabolrinnen. Sie reflektieren die direkte Solarstrahlung mit einem Feld einzeln nachgeführter Spiegelreihen auf einen stationären Receiver mit einem Absorberrohr, in welchem Wasser als Wärmeträgermedium unter Druck erhitzt oder verdampft werden kann.

Das von der Sonne erhitzte Wasser kann zur Dampferzeugung und damit zum Antrieb von Turbinen genutzt werden, welche mittels eines Generators Strom erzeugen können. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht in der direkten Auskopplung von Prozesswärme zur solaren Kühlung oder zur industriellen Nutzung.

Vorteile gegenüber den schon industriell und kommerziell erprobten Parabolrinnenkollektoren sind:

- Einfach und kostengünstig zu produzierende Reflektoren aus Flachglasspiegeln
- Stationärer Receiver
- Einfache Aufdachmontage durch sehr gute Gewichtsverteilung und geringe Windlast
- Präzise automatische Leistungs- und Temperaturregelung (keine Stillstands- oder Überhitzungsproblematik)
- Installation nahe bei der Prozesswärmeanwendung auf dem Dach einer Produktionshalle
- Hoher Flächennutzungsgrad
- Der Kollektor muss nicht in Nord-Süd oder Ost-West-Richtung ausgerichtet werden

**Demonstrationskollektor** • Im Rahmen eines Fördervorhabens der *Deutschen Bundesstiftung Umwelt* wurde, u.a. mit Hilfe des Autors, auf dem Dach der Produktionshalle der PSE AG in Freiburg ein Demonstrationskollektor errichtet.

**Messung des Kollektorazimuts** • Der horizontale Ausrichtungswinkel des Fresnelkollektors zur geographischen Nord-Süd-Richtung (Kollektorazimut) ist für die Nachführung der Primärspiegel ein wichtiger Parameter. Dieser muss so genau wie möglich ermittelt und in die Steuerungssoftware eingegeben werden, um einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen.

Normalerweise orientieren sich Orts- bzw. Richtungsmessungen an bereits vermessenen Punkten (Vermessungspunkte). Die Koordinaten dieser Vermessungspunkte sind jedoch kostenpflichtig. Außerdem gibt es Aufstellungsorte wie z.B. Standorte in der Wüste, an welchen keine Vermessungspunkte vorhanden sind. Daher wurde vom Autor die Messmethode mittels Theodolit-Projektion entwickelt, welche schnell und weltweit autark einsetzbar, kostengünstig und trotzdem ausreichend genau ist.

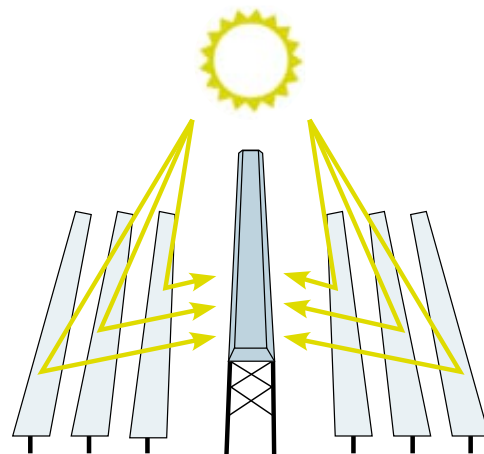


Abb. 1 : Prinzip des linearen Fresnelkollektors



Abb. 2 : Demonstrationskollektor der PSE AG in Freiburg

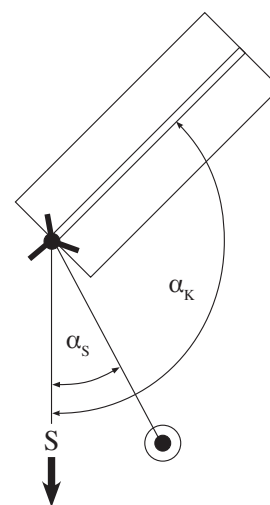


Abb. 3 : Sonnen- und Kollektorazimut

**Theodolit-Projektion** • Ein Theodolit ist ein optisches Winkelmessinstrument. Dieser kann, entgegen seiner üblichen Anwendungsweise, auf die Sonne ausgerichtet werden, um den Winkel zwischen der Sonne und dem Absorberrohr des Kollektors zu messen.

Dies kann natürlich nicht durch Hindurchsehen geschehen, da das Sonnenlicht durch das Fernrohr des Theodoliten konzentriert wird, und damit die Netzhaut des menschlichen Auges zerstören kann. Deshalb wird das Anpeilen der Sonne mithilfe einer Projektion des Sonnenabblids auf einer Schablone durchgeführt. Sie ermöglicht die optische Ausrichtung des Theodoliten zur Sonne. Zur Verringerung von Messfehlern wird die Schablone, welche aus konzentrischen Kreisen und einem Mittelpunkt besteht, mit einer Haltevorrichtung am Fernrohr des Theodoliten befestigt.



Abb. 4 : Theodolit mit Schablone und Halterung

Wenn die exakte Uhrzeit zum Zeitpunkt der Messung notiert wird, kann rückwirkend der Azimut der Sonne berechnet werden. Zusammen mit dem gemessenen Winkel kann schließlich daraus der Winkel zwischen dem Absorberrohr und der geographischen Süd- bzw. Nordrichtung als Ausrichtungswinkel des Kollektors bestimmt werden. Diese Methode ist nach einer entsprechenden Vorbereitung einfach in der Durchführung und liefert ein Ergebnis mit ausreichender Genauigkeit.



Abb. 5 : Sonnenabbild und Fadenkreuz auf der Schablone

**Kollektorazimut** • Für den Standort des Demonstrationskollektors wurde ein Kollektorazimut von  $66^{\circ}39'02''$  auf Süden bezogen mit einer Standardabweichung von  $0,026^{\circ}$  ermittelt. Dieser wurde durch eine Streckenmessung per *GoogleEarth* verifiziert. Die Messmethode hat eine resultierende Messunsicherheit (Genauigkeit) von  $0,0376^{\circ}$ .

**Bruttowärmeertrag** • Es wurden die Werte der solaren Einstrahlung für den Standort des Demonstrationskollektors ermittelt und damit die erwarteten Leistungserträge simuliert.

Es ergibt sich, bei einer Betriebstemperatur von  $180^{\circ}$  und ohne Reihenendverluste, ein Bruttowärmeertrag inklusive Wärmeverluste von  $277,6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Mit einer direkt-normalen Jahreseinstrahlung (DNI) von  $980 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  ergibt sich ein Jahreswirkungsgrad von  $28,3 \%$ . Auf die Aperturfläche des Kollektors von  $132 \text{ m}^2$  umgerechnet erzeugt der Kollektor somit voraussichtlich einen Jahreswärmeertrag von rund  $36.600 \text{ kWh/a}$ .

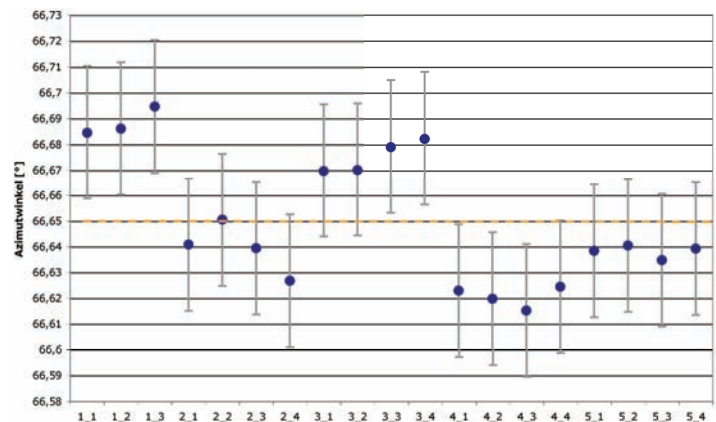


Abb. 6 : Ergebnisse der Messung des Kollektorazimuts

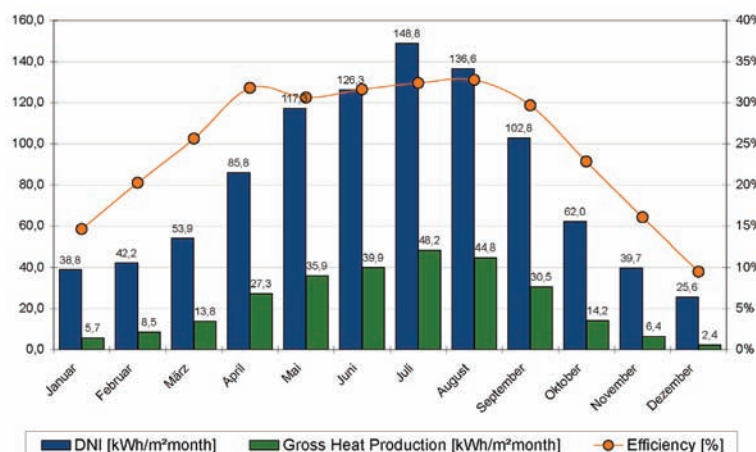


Abb. 7 : Simulierter Bruttowärmeertrag (Gross Heat Production)