

# PARABOLRINNENKOLLEKTOR ZUR ERZEUGUNG INDUSTRIELLER PROZESSWÄRME

## Optimierung und erste Betriebserfahrungen

Dipl.-Ing. Dagmar Jähmig<sup>1)</sup>, Ing. Richard-Matthias Knopf<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>AEE INTEC  
Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE  
Institut für Nachhaltige Technologien  
Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf  
Tel.: +43-3112 / 5886-28, Fax: DW -18  
E-Mail: d.jaehmig@aee.at

<sup>2)</sup>Knopf Design  
Gurkgasse 16, 1140 Wien  
E-Mail: m.knopf@buttonenergy.at

### 1 Einleitung

21% des österreichischen Endenergieverbrauchs entfiel 1998 auf die industrielle Prozesswärme. Diese Prozesswärme wird derzeit nur zu 12% mit erneuerbaren Energieträgern gedeckt. Prozesswärme bis zu einem Temperaturniveau von etwa 100°C kann problemlos mit am Markt erhältlichen Sonnenkollektoren (Flachkollektoren bzw. Vakuumröhrenkollektoren) erzeugt werden. Ein großer Anteil der benötigten Prozesswärme liegt aber auch im Temperaturbereich zwischen 100°C und 200°C, dies gilt zum Beispiel für gewisse Prozesse in der Lebensmittel-, Textil- und Chemieindustrie. Solche Temperaturniveaus können jedoch nur noch mit konzentrierenden Systemen erreicht werden, da bei herkömmlichen Kollektoren die Wärmeverluste bei diesen Temperaturen zu hoch werden und damit der Wirkungsgrad stark abnimmt.

Konzentrierende Kollektoren wurden bisher hauptsächlich in solarthermischen Kraftwerken zur Dampferzeugung eingesetzt und brauchen sehr große Flächen, um wirtschaftlich betrieben werden zu können.

Im vorliegenden Projekt wird ein kostengünstiger konzentrierender Kollektor mit kleinen Abmessungen nach dem Parabolrinnenprinzip entwickelt. Ein derartiger Kollektor mit kleinen Abmessungen, der ohne großen Aufwand installierbar ist und

durch seine kleinen Abmessungen und sein geringes Gewicht auch auf Fabrikdächern montiert werden kann, ist eine Neuheit im Bereich der Solartechnik.

Ein solcher Kollektor wurde von der Firma Knopf Design, Wien, entwickelt. Der Kollektor ist für den Betrieb bei Kollektortemperaturen zwischen 100 und 200°C ausgelegt und kann sowohl mit Druckwasser als auch zur direkten Erzeugung von Dampf eingesetzt werden.

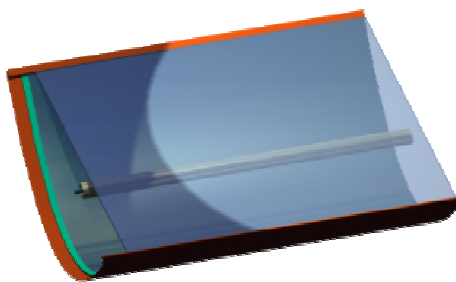


Abb. 1: Schnittzeichnung 1. Prototyp  
Fa. Knopf Design, Wien



Abb. 2: 1. Prototyp auf dem Teststand  
der AEE INTEC, Gleisdorf

## 2 Optimierung

Zunächst wurde die Wirkungsgradkennlinie des Prototypen der Firma Knopf Design, Wien, am Teststand der AEE INTEC in Gleisdorf vermessen. Der Prototyp hat eine Aperturbreite von knapp 50 cm und eine Länge von 4 m. Der Receiver hat einen Durchmesser von 8 mm und war bei diesem ersten Prototypen mit nicht selektivem Solarlack beschichtet und von einem nicht evakuierten Glashüllrohr umgeben. Der Konversionsfaktor, der bei einem Parabolrinnenkollektor hauptsächlich vom optischen Wirkungsgrad beeinflusst wird, lag bei diesem Prototypen bei knapp 50%. Wie Abb. 3 zeigt, war die Kennlinie des ersten Prototypen zudem relativ steil, was durch das fehlende Vakuum und die nicht selektive Beschichtung auch zu erwarten war. Mit Hilfe von Strahlungsmessungen in der Brennlinie des Kollektors wurde danach analysiert, durch welche Veränderungen, der Konversionsfaktor verbessert werden kann. Das Ergebnis dieser Strahlungsmessungen war, dass die Parabelform sehr gut

ist. Der Grund für den relativ niedrigen Konversionsfaktor war hauptsächlich eine nicht optimale Positionierung des Receivers in der Brennpunktlinie.

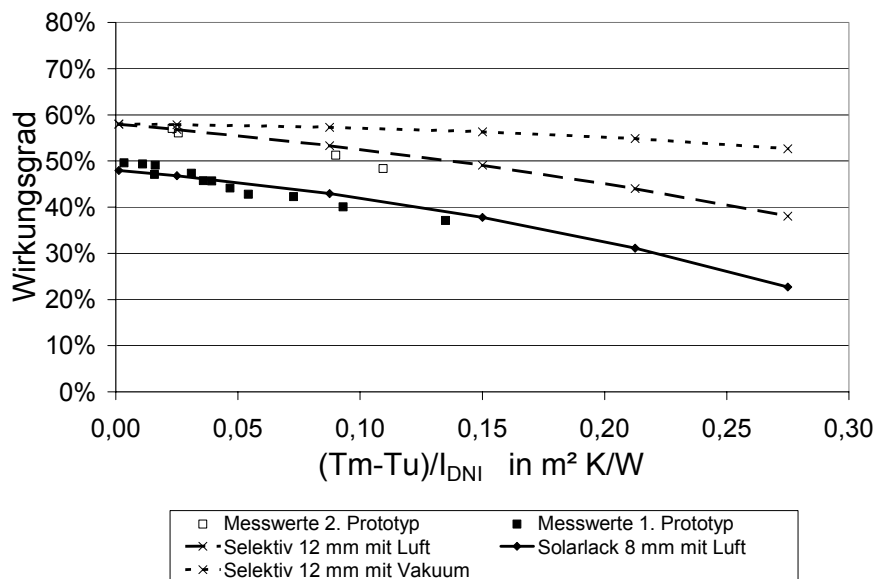


Abb. 3: Vergleich der Kollektorkennlinien für den 1. und 2. Prototypen

Es wurden einige Verbesserungsvorschläge erarbeitet, die dann vom Hersteller umgesetzt wurden:

- 1) Eisenarmes ESG statt Fensterglas als Abdeckscheibe
- 2) Genauere Positionierung des Receivers (Mechanische Optimierung der Abstützungen und Möglichkeit, die Receiverposition von außen nachzujustieren)
- 3) Selektive Receiverbeschichtung statt Solarlack (führt zu einem niedrigeren optischen Wirkungsgrad, aber zu einer wesentlich flacheren Kennlinie durch die selektiven Eigenschaften der Beschichtung)
- 4) Evakuiertes Glashüllrohr (senkt die thermischen Verluste, verhindert das Zersetzen der selektiven Beschichtung)
- 5) Receiverdurchmesser 12 mm statt 8 mm (Dadurch steigt der optische Wirkungsgrad, die thermischen Verluste nehmen allerdings leicht zu).

Abb. 3 zeigt die gemessenen Kennlinien für den 1. und 2. Prototypen. Der optische Wirkungsgrad dieses zweiten Prototypen liegt bei knapp 60%.

### 3 Beispielprozess im Kleinmaßstab

Im Juli und August 2004 wurde eine Beispielanwendung im Labormaßstab (7,5 m<sup>2</sup> Kollektorfläche) am Teststand aufgebaut und mit einem realistischen Wärmeabnahmeprofil unter realen Wetterbedingungen vermessen. Als Beispielprozess wurde ein Prozess gewählt, der eine konstante Rücklauftemperatur zum Kollektorfeld von 130°C gewährleistet. Der Prozess bzw. das Kollektorfeld wurde so ausgelegt, dass bei 800 W/m<sup>2</sup> direkter Strahlung die Last von etwa 3 kW zu 100% gedeckt werden kann. Mit dieser Beispielanwendung war es möglich, erste Betriebserfahrungen bezüglich Nachführung der Kollektoren und Regelstrategien an sonnigen bzw. teilweise bewölkten Tagen zu gewinnen. Abb. 4 zeigt eine Messaufzeichnung für einen sehr sonnigen Tag.

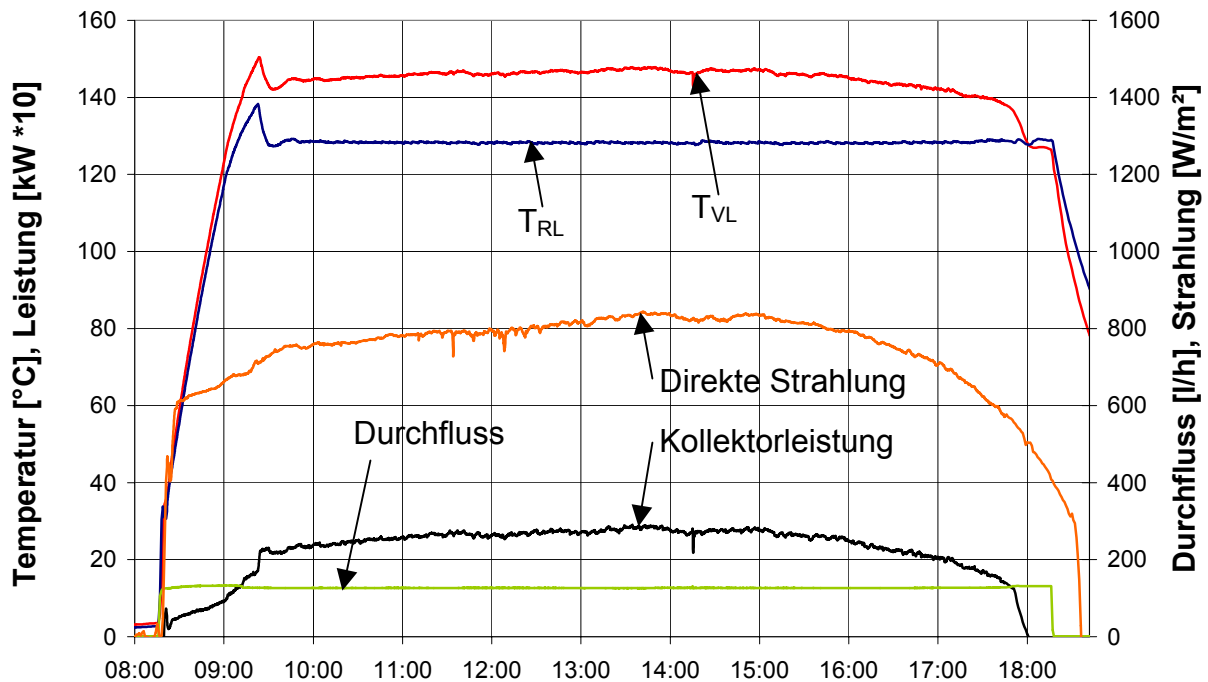


Abb. 4: Messaufzeichnung an einem sonnigen Tag

Eine Regelstrategie für Parabolrinnenkollektoren muss die folgenden Aufgaben erfüllen.

- 1) Hoch- und Herunterfahren der Kollektoren am Morgen bzw. am Abend
- 2) Nachführung der Kollektoren von Ost nach West
- 3) Regelung der Primärkreispumpe

Die Ost-West-Nachführung der Kollektoren wurde mit einem Doppelstrahlungssensor (siehe Abb. 5) gelöst, der zu diesem Zweck einwandfrei funktioniert hat. Zum Hochfahren der Kollektoren und für die Steuerung der Primärkreispumpe kann nicht, wie bei Flachkollektoren üblich, ein Temperaturfühler im Kollektor verwendet werden, da die Temperatur im Kollektor erst ansteigt, wenn der Kollektor im Fokus ist. Daher ist ein zweiter Strahlungssensor nötig, der diese Aufgabe übernimmt.

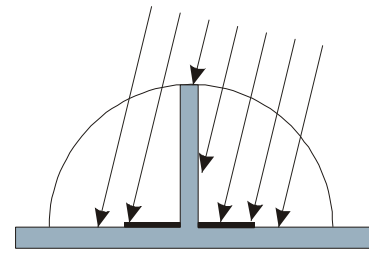


Abb. 5:  
Doppelstrahlungssensor zur  
Nachführung der Kollektoren

Es wurde ein maximaler Solarertrag von etwa 3 kW bei  $800 \text{ W/m}^2$  direkter Einstrahlung, d. h. 50% Wirkungsgrad erreicht. Bei kurzzeitigem Strahlungseinbruch durch Wolken bricht die Vorlauftemperatur stark ein. Trotzdem sollte dann nicht das gesamte System heruntergefahren werden, sondern beispielsweise durch eine Bypassschaltung der Primärkreis von der Last getrennt werden.

#### 4 Danksagung

Die vorgestellten Arbeiten wurden innerhalb des Projekts „Entwicklung und Optimierung eines Parabolrinnenkollektorsystems zur Erzeugung von Prozesswärme für industrielle Produktionsprozesse“ im Rahmen der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ – eine Initiative des österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und von den beteiligten Firmen Knopf Design, Knopf Glastechnik und Solution Solartechnik GmbH finanziert.

#### 5 Literatur

**Löf G.O.G., Fester D.A., Duffie J.A.**, (1962), Energy Balances on a Parabolic Cylinder Solar Collector, Trans. ASME, J.. for Power Engrg, 84a, 24

**Müller T. et al**, (2003), PROMISE - Produzieren mit Sonnenenergie, Endbericht zum Projekt im Rahmen der Programmlinie Fabrik der Zukunft, [www.fabrikderzukunft.at](http://www.fabrikderzukunft.at)

## 6 English Summary

The goal in the underlying project was the development of a small-scale parabolic trough collector suitable for process heat applications in a temperature range between 100°C and 200°C.

A first prototype collector was built by the Austrian company Knopf Design, Vienna. It can be operated either with pressurized water or for direct steam generation. The first prototype was tested at the AEE INTEC test site in Gleisdorf, Austria. Measurements of the efficiency curve as well as radiation measurements in the focal line of the collector revealed the optimization potential and led to the construction of a second improved prototype. The conversion factor was improved from about 50% to about 60%. The main improvement was the exact positioning of the receiver tube in the focal line of the collector. For operation at high concentration ratios, this is a very important factor for a good overall efficiency.

In a second step, a laboratory-scale collector field of 7.5 m<sup>2</sup> aperture area was installed at the test site and coupled to a realistic load profile assuming a constant load of 3 kW during daytime hours. This laboratory-scale installation allowed to gain operation experience with the tracking system and control strategies for sunny and partly cloudy days.

The control strategy has to fulfil the following functions

- 1) Start and stop of the tracking system in the morning and evening respectively
- 2) Tracking of the collectors during the day from east to west
- 3) Control of the primary loop pump

The tracking of the collectors worked well using a double radiation sensor (Fig. 5). With 800 W/m<sup>2</sup> direct normal radiation, a maximum solar yield of 3 KW, i.e. 50% efficiency was reached. On partly cloudy days, it is important that the system is not shut down as soon as the radiation decreases rapidly due to a small cloud. A better solution is to uncouple the primary loop from the load as long as the flow temperature is below a certain limit.