

**Fachhochschule**

**Konstanz**

**Konzeptstudien zur Optimierung von  
Temperaturverteilung und  
Wärmeübergang in polymeren  
Solarabsorbern mittels FEM-Simulation**

**Hannes Franke**

# **Diplomarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Diplom-Ingenieur (FH)**

an der

**Fachhochschule Konstanz**

**Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung im  
Fachbereich Maschinenbau/ Konstruktion und Entwicklung**

**Thema:** **Konzeptstudien zur Optimierung von Temperaturverteilung  
und Wärmeübergang in polymeren Solarabsorbern  
mittels FEM-Simulation**

**Diplomand:** Hannes Franke, Sonnenstr. 12, 88239 Wangen

**Betreuer:** Prof. Dr.-Ing. Andreas Lohmberg, HTWG Konstanz  
Dipl.-Phys. Michael Köhl, Fraunhofer ISE, Freiburg

Die Arbeit entstand im Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg im Breisgau.

**Eingereicht:** Konstanz, den 15. Juni 2007

---

## 5.7 Zusammenfassung

Solare Flachkollektoren auf Polymerbasis sollen in naher Zukunft wettbewerbsfähig gemacht werden. In dieser Arbeit wurde ein Konzept eines Kollektor untersucht, dessen Absorber- und Isolationsschichten aus nur einem Bauteil bestehen. Dies wird durch eine Extrusion der Strömungskanäle und der Front- und Rückseitenabdeckung erreicht. Mittels numerischer Simulation wurden verschiedene Geometrien eines Strömungskanals auf Auswirkungen auf das Temperaturniveau des Wärmeträgerfluids untersucht. Das Ziel dabei war, bei gleich bleibendem Massenstrom, möglichst hohe Austrittstemperaturen des Trägerfluids zu erreichen. Höhere Temperaturen bedeuten einen besseren Kollektorwirkungsgrad. Um diesen zu erreichen, kann entweder der Wärmeübergang von der Absorberfläche auf das Fluid verbessert werden oder die auftretenden Wärmeverluste minimiert werden.

Durch eine Extrusion der Strömungskanäle wurde es erstmals möglich, die Gestaltung der Querschnittsebene zu beeinflussen und sogar die Lage der absorbierenden Schicht zu verändern. Die Geometrie des Strömungskanals wurde in der Querschnittsebene auf drei verschiedene Arten verändert und auf Auswirkungen auf das Temperaturniveau überprüft. Zunächst wurde, ausgehend von einer Grundgeometrie, die äußere Form der Kanalhülle modifiziert. Danach wurden in die Grundgeometrie verschiedene Strukturen in den Kanalquerschnitt gelegt und schließlich eine der Strukturen in ihrer Größe verändert. Wie schon erwähnt, wurde es durch die Extrusion des Absorbers möglich, die Lage der Absorptionsschicht zu verändern. So kann die Absorption der solaren Strahlung und damit die Umwandlung in Wärmeenergie entweder, wie bisher auf der Oberfläche der Absorberplatte stattfinden, oder aufgrund einer transparenten Abdeckung des Strömungskanals in den Kanal hinein gelegt werden.

Es ergeben sich acht verschiedene Geometrien, die jeweils auf die zwei beschriebenen unterschiedlichen Absorptionsarten, untersucht wurden. Somit wurden sechzehn Modelle mit dem Simulationsprogramm COMSOL Multiphysics verglichen.

Auffällige Verbesserungen wurden vor allem bei den Modellen erreicht, bei denen die Absorptionsschicht in den Strömungskanal gelegt wurde. Ursache für diese Steigerung dürfte ein verbesserter Wärmeübergang von der Absorberschicht hin zum Wärmeträgerfluid, aufgrund der Umspülung der Absorberplatte durch das Fluid, sein. Durch eine geringere Oberflächentemperatur werden die Wärmeverluste auf der Oberfläche der Absorbereinheit minimiert.

Bei den Strukturen, die in den Strömungskanal gelegt wurden, waren ebenfalls Auswirkungen auf das Temperaturniveau der Trägerflüssigkeit zu erkennen. Vorteile brachten Strukturen, die eine vergrößerte Kontaktfläche zwischen Absorberplatte und Fluid aufwiesen und gleichzeitig eine möglichst geringe Fläche zur Umgebung hin besaßen. Dadurch wurde bei gleich bleibenden Wärmeverlusten an die Umgebung, ein besserer Wärmeübergang auf das Fluid und dementsprechend eine höhere Temperatur erreicht.

Dies gilt jedoch nicht für eine Absorptionsschicht außerhalb des Strömungskanals, da eine strukturierte Form auch eine höhere Materialstärke mit sich bringt. Die schlechte thermische Leitfähigkeit der Polymermaterialien führt dazu, dass die Wärme nur langsam durch das Material nach innen zum Wärmeträgerfluid geleitet wird. Die resultierenden höheren Oberflächentemperaturen bedeuten höhere Wärmeverluste.

Die Regel, dass die Kontaktfläche mit zunehmender Strukturgröße beliebig vergrößert werden kann und damit höhere Austrittstemperaturen erreicht werden, ist nur bedingt richtig. Die Veränderung der Strukturgrößen zeigte, dass die Strömung des Wärmeträgerfluids durch zu tief eingeschnittene und enge Kanäle, die durch große Strukturen entstehen, behindert wird. Dadurch wird das Fluid schlechter durchmischt und es bildet sich schneller eine Grenzschicht aus, die den Wärmeübergang behindert. Daher muss ein Mittelweg zwischen großer Oberfläche und ungehinderter Strömung gefunden werden.

Bei den Veränderungen der äußeren Form des Strömungskanals konnten kaum Unterschiede ausgemacht werden. Eine Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Fluid und Absorber sorgt hier gleichzeitig zu einer größeren Verlustfläche zur Umgebung hin und ist daher wenig sinnvoll.

Ein Teil der ermittelten Ergebnisse wurde von einem externen Mitarbeiter durch eine Vergleichsrechnung validiert. Dabei wurden ausgewählte Modelle mit einem anderen Simulationsprogramm gerechnet. Die Ergebnisse sind beim Druckverlust identisch. Beim Temperaturniveau werden ebenfalls Abweichungen unter einem halben Grad Celsius erreicht. Somit kann von einer zufrieden stellenden Qualität der Ergebnisse ausgegangen werden.

Unter Anhang C finden sich von jedem Modell Abbildungen von Netzstruktur, ausgebildeter Strömung und Temperaturverteilung.