

Thermosiphonsysteme für Fassadenanwendungen

Manuel Sprenger, Dr. Johannes Koke, Ralf Köbbemann-Rengers

Bosch Solarthermie GmbH

Prozessionsweg 10, 48493 Wettringen

Tel.: 02557/9399-0 , Fax: 02557/9399-55

E-Mail: manuel.sprenger@de.bosch.com

www.bosch-solarthermie.de

Einleitung

Solare Thermosiphonsysteme bieten im Vergleich zu gepumpten Systemen auf Grund ihres einfachen Aufbaus eine kostengünstige Möglichkeit zur Warmwasserbereitung. Eingesetzt werden diese Systeme in südlichen Regionen sowie in Schwellenländern. In der Vergangenheit wurden Thermosiphonsysteme sowohl experimentell, theoretisch, als auch per Simulation untersucht. /1/, /2/

Vor dem Hintergrund immer knapper werdender Ressourcen und verstärkten Bevölkerungswachstums in Ballungsräumen steigt der Bedarf zur Nutzung solarer Energie in eben diesen Gebieten. Hier bieten Fassaden- oder auch Balkoninstallationen weiteren Raum zur solaren Warmwassernutzung in hohen Gebäuden. Die Installation konventioneller Thermosiphonsysteme ist im urbanen Umfeld auf Grund geringer Aufstellflächen begrenzt.

Solche Fassadeninstallationen unterscheiden sich zu konventionellen Thermosiphonsystemen u.a. durch die räumliche Trennung von Kollektor und Warmwasserspeicher sowie Restriktionen in der Ausrichtung, Positionierung und Größe der Kollektoren. Durch eine ungünstige Wahl der Systemparameter kann das Potenzial der Solarthermieanlage deutlich reduziert werden.

Während im asiatischen Markt üblicherweise Vakuumröhren oder Heatpipes für solche Systeme eingesetzt werden, wurde in dieser Arbeit speziell der Einsatz von Flachkollektoren untersucht. Dazu wurde ein numerisches Modell insbesondere für thermosiphonische Fassadensysteme entwickelt und mit experimentellen Daten validiert. Mittels Systemsimulation wurden die Sensitivitäten des solaren Deckungsgrades in Abhängigkeit von diversen Design- und Einflussparametern untersucht. Es zeigt sich, dass Fassaden- bzw. Balkonsysteme durch die optimale Wahl der Parameter einen attraktiven Beitrag zur Energieeinsparung in großen Wohnkomplexen darstellen.

Simulation

Für die Simulation des Thermosiphonsystems wurde eine Simulationsumgebung in Matlab Simulink geschaffen. Die verwendeten parametrischen Modelle für die Komponenten Kollektor, Speicher und Rohrleitungen sind in einer integrierten

Bibliothek eingebunden. Alle Komponenten des Thermosiphonsystems besitzen die Möglichkeit, die Auftriebskraft p_A sowie die Druckverluste und den daraus entstehenden Massenstrom im System entlang eines Stromfadens zu berechnen.

$$\Delta p_A = g \cdot \int \rho(\vartheta) \cdot dh \quad (1)$$

Das Simulationsprogramm verfügt über die Möglichkeit, negative Massenströme des Thermosiphonkreislaufes zu berechnen, wodurch auch Entladungseffekte z.B. in den Nachtstunden abgebildet werden können. Des Weiteren können Jahressimulationen mit Ertragsberechnungen für beliebige weltweite Standorte und Nutzer-Zapfprofile erstellt werden.

Experimentelle Validierung

Zur experimentellen Validierung des Modells wurde ein variabler Versuchsstand für Fassaden-Thermosiphonsysteme eingerichtet, der die Möglichkeit verschiedener Parameterkonfigurationen (Abbildung 1) ermöglicht. Hierdurch konnten verschiedene Speicherabstände sowie Kollektorwinkel untersucht werden. Gleichzeitig wurde ein konventionelles Thermosiphonsystem zum Vergleich der Systeme miteinander betrieben. Mit dem Versuchstand wurden sowohl die Systemeffizienzen nach ISO 9459-2 /3/ ermittelt als auch Temperaturen und Massenströme über der Zeit aufgezeichnet.

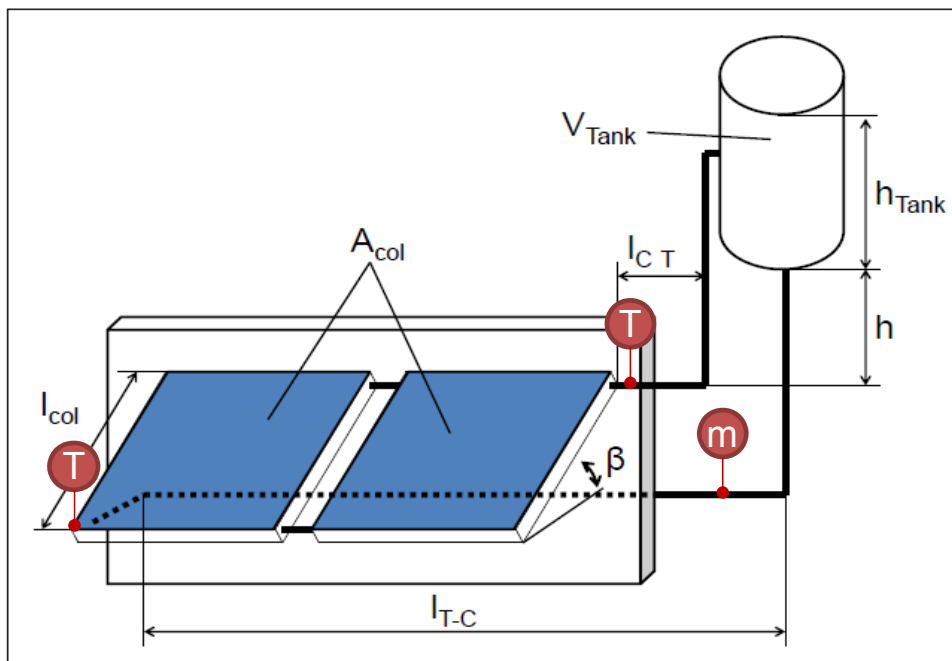


Abbildung 1: Balkon-Thermosiphonsystems mit Angabe der variierten Parameter

Abbildung 2 und 3 zeigen den gemessenen Massenstrom sowie die Fluidtemperaturen im Vergleich zu den simulierten Werten. Die Verläufe werden trotz

der starken Schwankungen aufgrund wechselnder Bewölkung mit sehr guter Genauigkeit wiedergegeben.

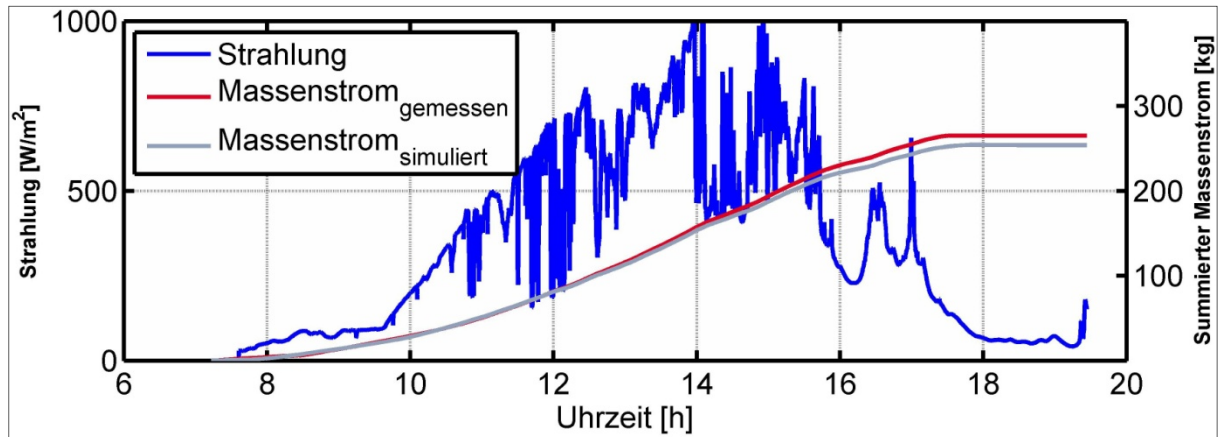


Abbildung 2: Vergleich der simulierten und gemessenen summierten Massenströme im Solarkreislauf eines Versuchstages mit Darstellung der Strahlung auf die Kollektorfläche.

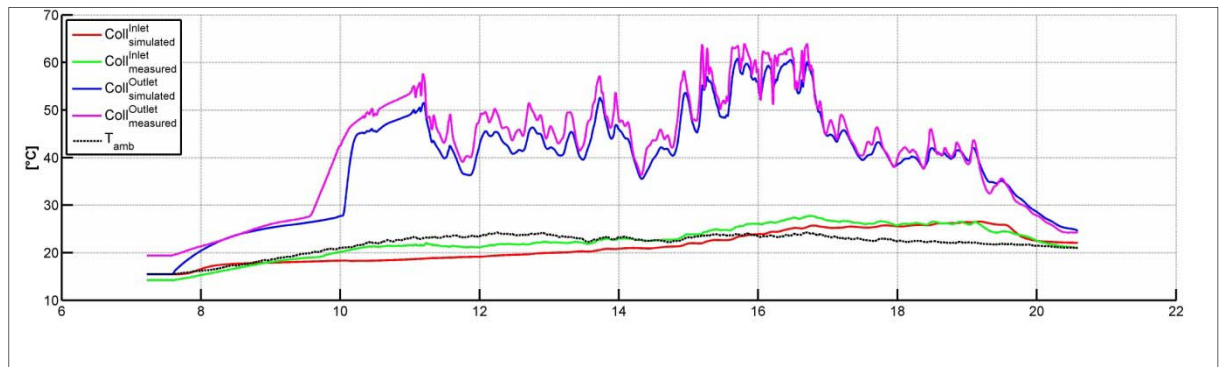


Abbildung 3: Vergleich der simulierten und gemessenen Temperaturen im Solarkreislauf für einen Versuchstag.

Sensitivitätsanalyse

In der Sensitivitätsanalyse wurde die Abhängigkeit der solaren Deckungsrate von diversen Einflussparametern untersucht. Hierzu wurden die Klimadaten von Shanghai (China) ausgewählt, da in solchen Megastädten ein besonders hohes Potenzial für Fassadenanwendungen besteht. Es wurde ein charakteristisches urbanes chinesisches Verbrauchsprofil mit einer verstärkten Warmwassernutzung in den Abendstunden verwendet.

Die Kenngrößen des verwendeten Referenzmodells sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Kenngrößen des Referenzsystems

Kenngrößen des Referenzsystems	Wert	Einheit
Speichervolumen	180	[l]
Speicherhöhe	1	[m]
Speicherausrichtung	Senkrecht	-
Horizontale Rohrlänge von Kollektor zu Speicher	1	[m]
Horizontale Rohrlänge von Speicher zu Kollektor	3	[m]
Abstand zwischen Kollektoroberkante und Speicherunterkante	0,6	[m]
Kollektoraperturfläche	2	[m ²]
Kollektoranstellwinkel	75	[°]
Standort	Shanghai	
Rohrdämmungsstärke (EPDM)	19	[mm]

Abbildung 4 zeigt als Ergebnis die Abhängigkeit der solaren Deckungsrate von verschiedenen Parametern für den Standort Shanghai. Die Ordinate zeigt hierbei die prozentuale Änderung der jährlichen solaren Deckungsrate. Die Abszisse stellt die prozentuale Veränderung bezogen auf den jeweiligen Referenzparameter dar.

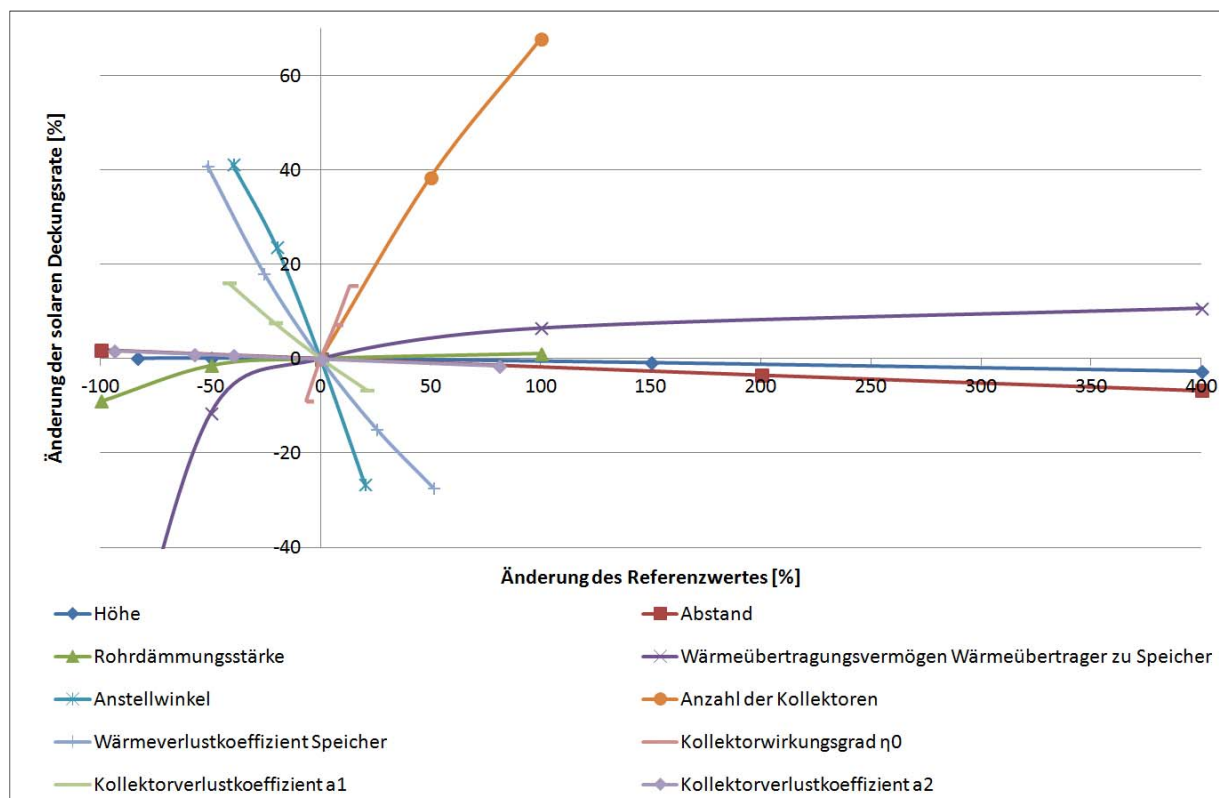


Abbildung 4: Einfluss verschiedener Parametervariationen des Referenzsystems auf die solare Deckungsrate.

Die stärkste Abhängigkeit der solaren Deckungsrate ergibt sich naturgemäß durch eine Variation der wirksamen Absorberfläche (hier als Anzahl der Kollektoren dargestellt). Die max. Kollektorfläche ist jedoch auf Grund baulicher Restriktionen in der Regel limitiert. Weitere relevante Kollektorparameter sind die Kollektorkennlinie sowie der Anstellwinkel.

Darüber hinaus spielen die Wärmeverluste des Speichers und der Verrohrung eine wichtige Rolle. Mit dem Sensitivitätsdiagramm lassen sich wirtschaftlich sinnvolle Wärmedämmstärken festlegen.

Der Einfluss des Abstandes zwischen Kollektor und Speicher in vertikaler Richtung ist entgegen den Untersuchungen von Scheller /1/ sehr gering. Eine Vergrößerung des horizontalen Abstandes zwischen Kollektor und Speicher führte aufgrund des höheren Druckverlustes und der erhöhten Wärmeverluste zu einer geringen Abnahme der solaren Deckungsraten. Es zeigt sich aber, dass trotz einer Trennung von Speicher und Kollektor hohe Deckungsraten erzielt werden können, wodurch weitere Anwendungsfälle für Thermosiphon-Fassadensysteme in Betracht kommen. Generell ist auf eine ausreichende Rohrisolierung zu achten.

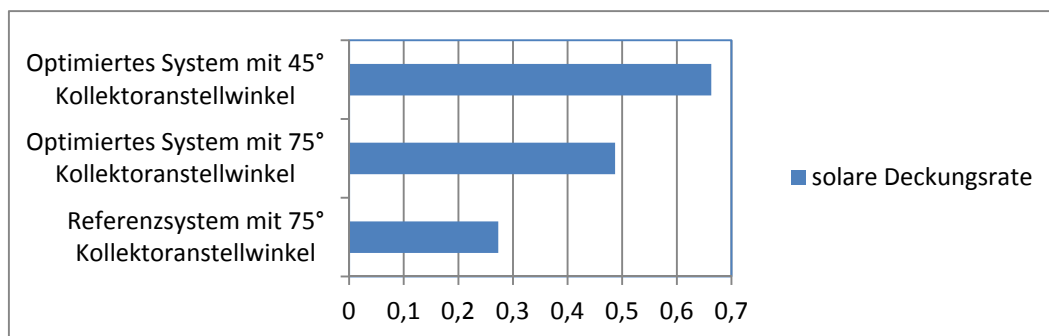


Abbildung 5: Vergleich der solaren Deckungsraten für ein optimiertes System gegenüber dem Referenzsystem sowie Vergleich zwischen Anstellwinkeln 45° und 75°.

Literatur

/1/ **Scheller W. (1986):** *Solaranlagen zur Warmwasserbereitung – Analytische Untersuchungen von Thermosiphon- und Pumpenanlagen unter mitteleuropäischen Klimbedingungen*, Berichte der Kernforschungsanlage Jülich – Nr. 2047, Dissertation, T.H. Aachen

/2/ **Brandmayr S., Zörner W., Hanby V. (2010):** *Sensibilitätsanalyse von Thermosiphon-Solaranlagen unter Matlab/Simulink und CARNOT*, 21. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, S.428-433

/3/ **ISO 9459-2 (1995):** *Solar heating – Domestic water heating systems – Part 2, Outdoor test methods for system performance characterization and yearly performance prediction of solar-only systems*, International Organization for Standardization