

Theoretical and Experimental Analysis of Polymer-Based Solar Thermal Drain Back Systems

Kurzfassung

Aufgrund deutlich geringer Rohstoffkosten versprechen solarthermische Flachkollektoren aus Kunststoff Kosteneinsparungen gegenüber konventionellen Kollektoren (typischerweise gefertigt aus Aluminium oder Kupfer). Gleichzeitig erfordern Kunststoffkollektoren aufgrund ihrer spezifischen Materialeigenschaften (insb. die gegenüber Metallen niedrigere Wärmeleitfähigkeit, Druck- und Temperaturbeständigkeit) geeignete Absorberstrukturen und eine angepasste Systemarchitektur. In diesem Zusammenhang stellen Drain-Back-Systeme einen vielversprechenden Ansatz dar, da sie sich mit den Anforderungen von Kunststoffkollektoren wechselseitig ergänzen.

Die vorliegende Arbeit zielt auf die Ermittlung von Wärmegestehungskosten solarthermischer Drain-Back-Systeme mit Kunststoffkollektoren für einen Einsatz in Einfamilienhäusern ab. Aktuelle Ansätze zur Fertigung von Kunststoffabsorbern verwenden typischerweise vorgefertigter Halbzeuge (z. B. Doppelstegplatten oder Rohre aus Kunststoffen), die anschließend manuell zu Absorberstrukturen zusammengefügt werden. Im Gegensatz hierzu wurde im Rahmen dieser Untersuchung die Eignung eines modernen Kunststoff-Fertigungsverfahrens (Twin-Sheet-Thermoforming) zur vollautomatischen Fertigung von Kunststoffabsorbern untersucht. Auf Grundlage der gefertigten Absorber wurden mehrere unterschiedliche Prototypen aufgebaut und hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit charakterisiert. Im Anschluss wurden die Kollektor-Prototypen in ein geeignetes Drain-Back-System implementiert, um sowohl das Kollektor- als auch Systemverhalten unter realen Bedingungen zu erfassen. Auf Grundlage der gewonnenen Ergebnisse auf Komponenten- und Systemebene wurde ein geeignetes Simulationsmodell entwickelt, mit dessen Hilfe die technische Leistungsfähigkeit eines Drain-Back-Systems mit Kunststoffkollektoren auf Jahrestypen bestimmt werden kann. Die so ermittelten Energieeinsparungen bilden neben den Investitions- und Betriebskosten die Grundlage zur Ermittlung der Wärmegestehungskosten eines solchen solarthermischen Systems.

Die Ergebnisse zeigen, dass Drain-Back-Systeme mit Kunststoffkollektoren kompetitive Wärmegestehungskosten im Vergleich zu solarthermischen Systemen mit konventionellen Flachkollektoren erreichen können. Darüber hinaus verspricht die Verwendung von Kunststoffen bei anderen Systemkomponenten (bspw. Wärmespeicher oder Schlauchleitungen aus Kunststoffen) weitere Kosteneinsparungen. Drain-Back-Systeme mit Kunststoffkollektoren können deshalb einen Beitrag zur Senkung der Wärmegestehungskosten liefern und damit zu einer Verbreitung solarthermischer Systeme beitragen.

Abstract

Polymeric solar thermal flat plate collectors promise lower costs compared to conventional, metal-based ones. However, due to their specific material properties (i.e. thermal conductivity, pressure and temperature resistance), they not only require a special absorber structure but also adjustments on the surrounding architecture of the solar thermal system. In this context, so called drain back systems can make a meaningful contribution, as the setup of such systems complement the material characteristics of polymeric solar thermal flat plate collectors.

This thesis aims for a determination of the heat generation costs of drain back systems with polymeric flat plate collectors for application in single-family homes. In contrast to approaches described in scientific literature, which mainly utilise pre-fabricated, semi-finished components (e.g. twin-wall or honeycomb plates) to build polymeric absorbers for solar thermal collectors, a novel manufacturing process called Twin-Sheet-Thermoforming was chosen for producing polymeric absorbers. Based on these polymeric absorbers, different collector prototypes were set up and tested regarding their efficiency. Subsequently, these collector prototypes were implemented into a drain back system to determine both the collector's as well as the system's behaviour under real operation conditions. Based on the collector tests and the system measurements, a simulation model was developed which is able to predict the annual performance of a drain back system with polymeric solar thermal flat plate collectors. By means of the simulation model, the energy savings were determined. Together with the system costs (i.e. investment and operation costs), the heat generation costs of such drain back systems with polymeric flat plate collectors were evaluated.

The results indicate that drain back systems with polymeric solar thermal flat plate collectors can provide heat at competitive costs with respect to systems equipped with metal-based solar flat plate collectors. Extending the application of polymeric materials to other system components (i.e. the heat storage, pipes etc.) can yield further cost savings. Drain back systems with polymeric collectors can therefore make a meaningful contribution towards lower heat generation costs and subsequently to a further dissemination of solar thermal systems.