

Messtechnische Untersuchung und Optimierung von PVT-Kollektoren zur passiven Kühlung eines PlusEnergie-Gebäudes am Standort Stuttgart

In Zusammenarbeit zwischen der Hochschule für Technik (HfT) Stuttgart und dem Zentrum für angewandte Forschung an Fachhochschulen – Nachhaltige Energietechnik (zafh.net) Stuttgart wurden 2009/2010 photovoltaisch-thermische (PVT) Kollektoren entwickelt, welche die solare Einstrahlung sowohl in Strom als auch in Warmwasser umwandeln können. Darüber hinaus ist es mit diesen innovativen Kollektoren möglich, das Gebäude zu kühlen. Hierzu wird sich der Effekt der Strahlungskühlung zunutze gemacht. Die PVT-Kollektoren stehen dabei in langwelligem Strahlungsaustausch mit dem kalten Nachthimmel, wodurch es möglich ist das durch die Kollektoren zirkulierende Wärmeträgermedium unter Außenlufttemperatur abzukühlen und somit das Gebäude zu klimatisieren. Ziel der Untersuchung ist es, die PVT-Kollektoren hinsichtlich ihrer Kühlleistung und Systemintegration in das PlusEnergie-Gebäude am Standort Stuttgart messtechnisch zu untersuchen und zu optimieren, um somit deren Entwicklung und Markteinführung weiter voranzutreiben.

In Abbildung 1 ist das home⁺ genannte PlusEnergie-Gebäude zu sehen, auf dem 36 m² der PVT-Kollektoren verbaut sind. Abbildung 2 zeigt das Hydraulik-Schema des home⁺. Zentraler Bestandteil ist dabei ein Pufferspeicher mit 1200 l Fassungsvermögen. Darüber hinaus verfügt das home⁺ über eine reversible Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit einer Leistung von 2,4 kW, die das Gebäude sowohl beheizen als auch kühlen kann. Als Verbraucher stehen eine Fußbodenheizung ($A_{FBH}=30\text{ m}^2$), ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung sowie eine Heiz-/Kühldecke ($A_{HKD}=20\text{ m}^2$) zur Verfügung. Letztere ist mit dem Phasenwechselmaterial Paraffin ausgestattet, das sich durch die Aufnahme von Raumwärme ab einer Temperatur von 22 °C verflüssigt. Kühlt die Decke unter diese Temperatur ab, erstarrt das Paraffin. Neben dieser Regeneration der Heiz-/Kühldecke dienen die PVT-Kollektoren zur Rückkühlung des Pufferspeichers im Sommer, welcher als Wärmesenke für die Wärmepumpe dient.



Abbildung 1: Fotoaufnahme des home⁺ mit den PVT-Kollektoren auf dem Dach, Quelle: HfT Stuttgart

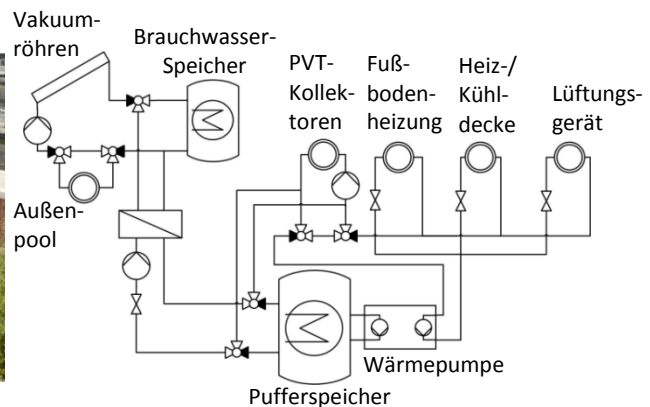


Abbildung 2: Hydraulik-Schema des home⁺ (stark vereinfacht)

Da die Strahlungskühlung bei den PVT-Kollektoren im Vordergrund steht, wurden an der HFT Stuttgart ungedeckte Flachkollektoren entwickelt, welche mit einem Wasser-Glykol-Gemisch gefüllt sind und in einem geschlossenen Kreislauf durchströmt werden. Der Aufbau der Kollektoren ist in Abbildung 3 zu sehen. Die Photovoltaik-Zellen werden von Glaselementen eingerahmt. Auf der Rückseite des Photovoltaik-Moduls befinden sich die wasser-glykol-führenden Kupferschlangen, die mithilfe von Aluminium-Absorberblechen fixiert werden. Letztere werden mit wärmeleitendem Kleber angebracht (s. Abbildung 4).

Die spezifischen Kühlleistungen der PVT-Kollektoren steigen mit der treibenden Temperaturdifferenz zwischen Wärmeträgermedium und der Temperatur des kalten Nachthimmels. Bei der nächtlichen Rückkühlung des Pufferspeichers, der tagsüber zur Klimatisierung des home⁺ dient, werden abhängig vom Volumenstrom durchschnittlich spezifische Kühlleistungen zwischen $-43...-60 \text{ Wm}^{-2}$ erzielt. Die Leistungszahlen (Verhältnis der Kühlleistung zu elektrischer Pumpenleistung) betragen im Schnitt zwischen 16...76 während die PVT-Rücklauf-Temperatur im Mittel $2,9...4,5 \text{ K}$ unter der Außenlufttemperatur liegt. Die Speichertemperatur erwärmt sich dabei tagsüber auf maximal 27 °C und wird nachts durch die PVT-Kollektoren auf durchschnittlich 16 °C gesenkt.

Wird das Gebäude nachts direkt über die PVT-Kollektoren klimatisiert, beträgt deren spezifische Kühlleistung bei minimalem Volumenstrom im Schnitt -50 Wm^{-2} und die mittlere Leistungszahl 62. Die PVT-Rücklauf-Temperatur liegt dabei im Mittel um $4,3 \text{ K}$ unter der Außenlufttemperatur. Somit kann die Behaglichkeit im Gebäude bei sommerlichen Außenlufttemperaturen bis 28 °C sichergestellt werden, ohne dabei mittels reversibler Wärmepumpe kühlen zu müssen. Unter minimalem und mittlerem Volumenstrom werden deutlich höhere Leistungszahlen erzielt als bei maximalem Volumenstrom, womit dies sehr energieeffiziente Varianten darstellt das Gebäude mittels freier Kühlung ausreichend zu klimatisieren. Weiteres Optimierungspotential bei der Konstruktion der PVT-Module wird untersucht.

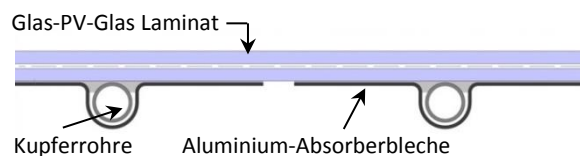


Abbildung 3 : Schematischer Querschnitt der verbauten PVT-Kollektoren, Quelle: HFT Stuttgart

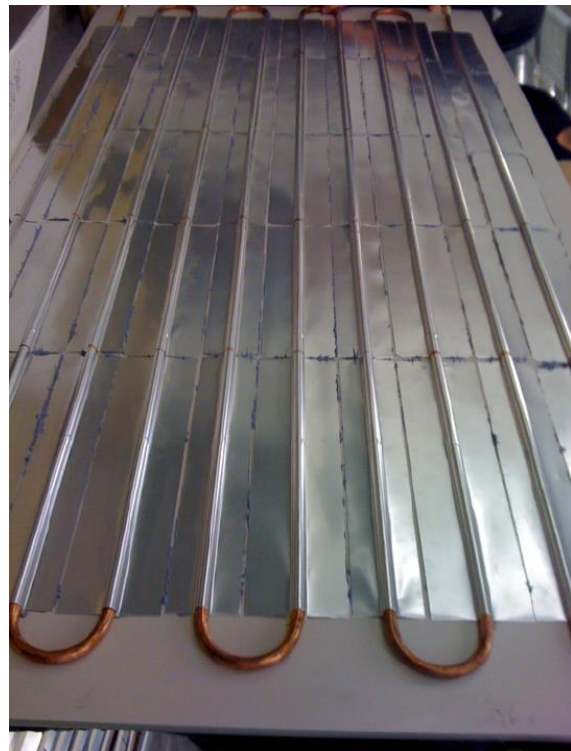


Abbildung 4 (rechts): Fotoaufnahme der Rückseite der verbauten PVT-Kollektoren, Quelle: HFT Stuttgart