

## *Masterstudiengang SENCE (Sustainable Energy Competence)*

### 1. Projektarbeit:

"Inbetriebnahme und Optimierung des solaren Heiz- und Kühlsystems im Plusenergiehaus ECOLAR der HTWG Konstanz"

Von: B.Sc. Katja Pfänder

### **Kurzfassung**

Es ist davon auszugehen, dass der Markt für energieeffiziente Gebäude in den kommenden Jahren expandieren und einer starken Nachfrage ausgesetzt sein wird. Vor diesem Hintergrund wurde an der HTWG Konstanz im Rahmen eines interdisziplinären Projektes das Plusenergiehaus ECOLAR entworfen und gebaut. Nach einem Testaufbau in Konstanz und der Teilnahme am Solar Decathlon Europe 2012 in Madrid, soll das Haus nun für Demonstrations-, Lehr-, und Forschungszwecke auf dem Hochschulcampus der HTWG Konstanz eingesetzt werden. Im Bereich der Forschungsarbeiten ist ein umfassendes Monitoring des gesamten Systems geplant, damit Erfahrungswerte im ECOLAR gesammelt werden können, die eventuelle Optimierungsmöglichkeiten des Systems aufdecken. Außerdem befindet sich auf dem Dach des ECOLARs ein höchst innovatives, einmaliges PVT (PV-Thermal)-Kollektorsystem, welches die noch in der Entwicklung stehende Technologie der Nachtstrahlung als Anwendungserweiterung von PVT-Kollektoren ermöglicht. Messtechnische Untersuchungen dieses System sind deshalb hoch interessant und werden unter anderem in Zusammenarbeit mit der HfT-Stuttgart, welche ebenfalls an deren Plusenergiehaus home<sup>+</sup> Forschung zu dieser Technologie betreibt, stattfinden.



Die Projektarbeit ist Bestandteil des Masterstudiengangs SENCE (Sustainable Energy Competence) der HfT Stuttgart und hatte zum Ziel, das solare Heiz- und Kühlsystem im ECOLAR wieder in Betrieb zu nehmen und somit für das in Zukunft geplante Monitoring instandzusetzen und auszustatten. Die Dichtheitsprüfung des hydraulischen Systems sowie die Optimierung des PVT-Kollektorsystems waren dabei wesentliche Maßnahmen zur Inbetriebnahme.

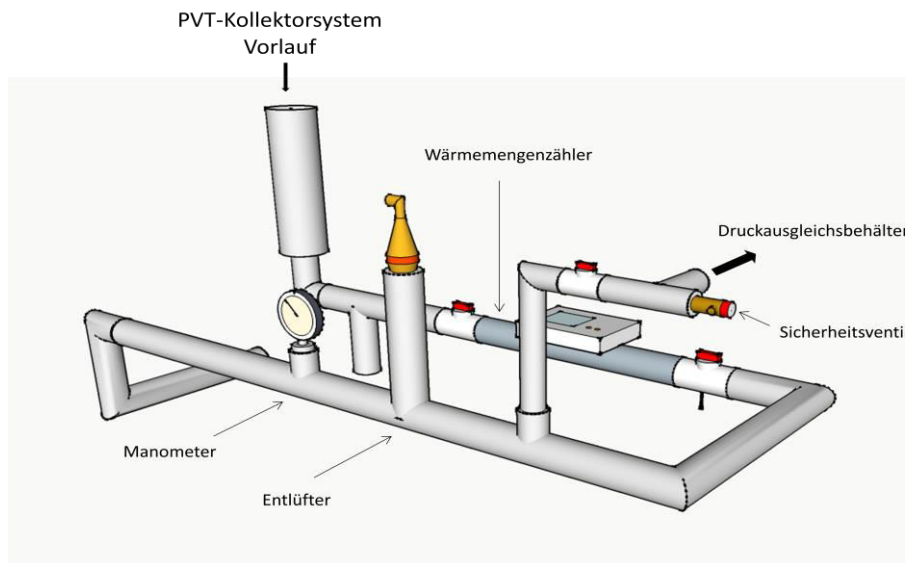
Die Optimierung der PVT-Anlage fand in Form einer Ergänzung wichtiger Komponenten im Kollektorkreis statt. Dementsprechend erfolgte die Dimensionierung und der Einbau eines Druckausgleichsbehälters, um zu gewährleisten, dass der Druck im Kollektorsystem konstant gehalten wird. Die Berechnung des Nennvolumens nach DIN 12828 ergab ein Ausdehnungsgefäß mit mindestens 35 Litern. Da es sich bei diesem Wert um das Mindestnennvolumen handelt und das PVT-Kollektorsystem des ECOLARs in Zukunft eventuell erweitert wird (Außenlüfter, Eisspeicher o.ä.), wurde die nächst größere Variante mit einem Nennvolumen von 50 Litern gewählt. Aufgrund des Korrosionsschutzes fiel die Auswahl auf den Druckausgleichsbehälter Reflex C50 mit einer Butyl-Vollmembran, welcher für Glykol-Wasser-Gemische bis 50 % geeignet ist.

Desweiteren wurde die Kollektorkreispumpe durch eine neue, größere eingetauscht, da die alte für die geplanten messtechnischen Untersuchungen zu geringe Förderhöhen leistet. Die Auslegung erfolgte dabei unter der Annahme eines maximalen Volumenstroms von  $3 \text{ m}^3/\text{h}$  und dabei resultierenden 800 mbar Druckverlust im System und führte zum Einbau der stufenlos regelbaren Pumpe Wilo Stratos mit einer Förderhöhe von 1-10 m.

Für ein detailliertes Monitoring wurde das PVT-Kollektorsystem zudem mit einem Schwingstrahl-Wärmemengenzähler (Nenndurchfluss  $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ) ausgestattet, welcher für Wasser-Glykol-Gemische geeignet ist und sehr präzise Messungen ermöglicht.

Zur Vermeidung von Luft im System wurde ein automatischer Schwimmerentlüfter und ein Sicherheitsventil installiert.

Da die Erweiterung all dieser Komponenten durch den sehr beschränkt zur Verfügung stehenden Platz im Technikraum des ECOLARs erschwert war, wurde folgende sehr platzsparende, U-förmige Rohrkonstruktion entworfen.



Um das solare Heiz- und Kühlsystem im ECOLAR wieder in Betrieb zu nehmen war vor der Befüllung des hydraulischen Systems eine Dichtheitsprüfung der Rohrleitungen notwendig. Da die Rohrleitungen der Fußbodenheizung schon befüllt waren, umfasste die Dichtheitsprüfung dieser Projektarbeit die PVT-Anlage, die Wärmepumpe, die Puffertanks, die Kühldecke und die Lüftung.

Das Beheben der Undichtigkeiten erwies sich dabei als sehr zeitaufwendig, da zu prüfende Rohrleitungen teilweise nur schlecht oder nicht zugänglich waren, weil sie sich beispielsweise unter dem Fußboden befanden. Sichtbare Rohrleitungsabschnitte wurden nach dem Stand der Technik einer Druckprüfung mit Luft oder Wasser unterzogen. Bei nicht sichtbaren Rohrleitungen im Innenbereich des ECOLARs wurde dagegen ausschließlich eine Druckprüfung mit Luft durchgeführt. Neben zu wenig angezogenen Verschraubungen und fehlenden Dichtungsringen in flachdichtenden Verbindungsstücken, waren mangelhaft angebrachte Verhanfungen an Gewinden sowie kaputte bzw. abgenutzte Gewinde Ursache für die festgestellten Leckagen im System.

Zur Bewertung der installierten Sensorik wurde außerdem eine Analyse der Messgenauigkeit des Systems in Form einer Messfehlerbetrachtung der einzelnen Geräte durchgeführt. Die installierten Temperatursensoren entsprechen der DIN 43760 und weisen eine Messgenauigkeit von  $\pm 0,4$  K bei  $0^\circ\text{C}$  auf. Sowohl die im Sekundärkreislauf installierten Ultraschall- als auch der Schwingstrahl-Wärmemengenzähler im Primärkreislauf weisen relative Fehlergrenzen nach DIN EN 14134 Klasse 2 auf und betragen somit  $E = (3+4 \cdot \Delta\theta_{\min}/\Delta\theta + 0,02 \cdot q_p/q_q)$ .

Nach der Dichtheitsprüfung und den Reparaturarbeiten des solaren Heiz- und Kühlsystems im ECOLAR konnte sowohl die Verbraucherseite mit Fußbodenheizung, Kühldecke, Wohnraumlüftung und TWW-Tank, als auch die Erzeugerseite mit PVT-Kollektorsystem, Wärmepumpe und Pufferspeicher am 05.05.2014 in Betrieb genommen werden. Seitdem werden alle von den Sensoren gemessenen Datenpunkte mitgeschrieben, sodass ab sofort das Monitoring des Systems,

insbesondere der PVT-Kollektoranlage beginnen kann. Eine von der Firma Sauter entwickelte Visualisierung der Messdaten kann bei der Auswertung der gewonnenen Datenpunkte herangezogen werden und ermöglicht es, den aktuellen Ist-Zustand des Systems zu jedem Zeitpunkt abzurufen und dessen Entwicklung und Änderung zu beobachten.