

# Prüfung von Reglern für thermische Solaranlagen

S. Bachmann, M. Peter\*, H. Drück, W. Heidemann, H. Müller-Steinhagen  
Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)

Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart

Tel.: 0711/685-3536, Fax: 0711/685-3503

email: bachmann@itw.uni-stuttgart.de

Internet: <http://www.tzs@itw.uni-stuttgart.de>

\*  $\partial p^2$  – Energienutzung mit Verstand

Mönchhofstr. 23, 34431 Marsberg

## 1. Einleitung

Eine standardisierte Prüfmethode für thermische Solaranlagen ist das *CTSS-Verfahren*<sup>1</sup>. Bei diesem Verfahren handelt es sich um ein komponentenorientiertes Vorgehen mit getrennten Prüfungen von Kollektor, Speicher und Regler. Ziel ist die Ermittlung der Komponentenparameter, mit deren Hilfe das thermische Verhalten der jeweiligen Komponente einer Solaranlage im Rahmen von Simulationsrechnungen nachgebildet werden kann. Die Prüfvorschrift für Regler, wie sie in der ENV 12977-2 beschrieben ist, wird den steigenden Anforderungen und den zum Teil sehr komplexen Regelalgorithmen von Multifunktionsreglern in Kombianlagen, welche die gesamte Anlage zur Wärmeversorgung regeln, häufig nicht gerecht. Im Rahmen des "Kombianlagenprojekts" wurde daher unter der Leitung des DFS in Zusammenarbeit mit dem ITW und 18 Partnern aus der Industrie ein Prüfverfahren für komplexe Regler entwickelt.

## 2. Prüfstand für Regler

Zur Prüfung von Multifunktionsreglern wurde am ITW ein Prüfstand (siehe Bild 1) aufgebaut, mit dessen Hilfe Regler unter realen Bedingungen geprüft werden können. Die Hauptkomponente des Prüfstands ist ein elektronischer "Controller", mit dessen Hilfe dem Regler gleichzeitig bis zu vier unterschiedliche Widerstände durch

---

<sup>1</sup> Component Testing – System Simulation

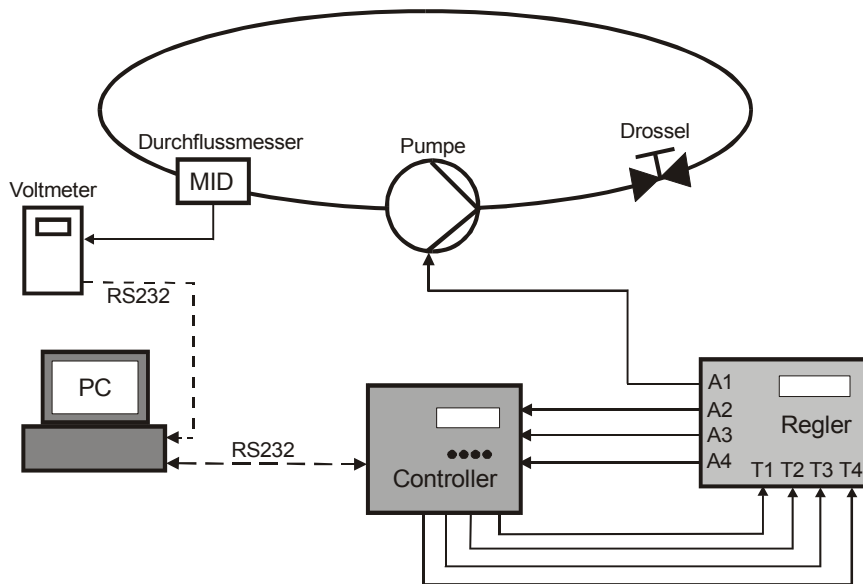


Bild 1: Schema des Reglerprüfstands

Pulsweiten-Modulation entsprechend der gewünschten Temperaturen aufgeprägt werden können. Dazu werden die entsprechenden Fühleringänge des Reglers mit den Ausgängen des "Controllers" verbunden.

Der "Controller" deckt einen Widerstandsbereich bis zu 5 k $\Omega$  ab. Damit lassen sich die relevanten Widerstandsbereiche von PT500, PT1000 und einer Vielzahl gängiger PTC- und NTC-Fühler abdecken. Einen automatischen Prüfablauf ermöglicht die Anbindung des "Controllers" an einen PC (RS232-Schnittstelle). Ein in LabView 6.0<sup>®</sup> erstelltes Steuer- und Messprogramm berechnet für jede gewünschte Temperatur den entsprechenden Widerstandswert und übermittelt ihn an den "Controller". Parallel dazu können zur Erfassung der Schaltzustände des zu prüfenden Reglers (Pumpen, Ventile,...) bis zu vier Ausgänge mit den Eingängen des "Controllers" verbunden und von einem PC abgefragt werden. Da in vielen Solaranlagen der Volumenstrom z. B. im Solarkreis durch den Regler variiert wird, wurde zur Überprüfung derartiger Regelstrategien ein hydraulischer Kreis mit Pumpe, Drosselventil und magnetisch-induktivem Durchflussmesser (MID) aufgebaut. Die Pumpe wird zur Prüfung an den entsprechenden Ausgang des Reglers angeschlossen.

### 3. Vorgehensweise bei der Prüfung von Reglern

Vor einer Prüfung müssen die Ausgänge des "Controllers" entsprechend der Temperaturfühler des zu prüfenden Reglers angepasst und kalibriert werden. Hierzu werden die relevanten Temperaturkanäle des Reglers am "Controller" angeschlossen

und für jeden Temperaturkanal die Einstellung am "Controller" (z. B. in 10%-Schritten) über den gewählten Bereich variiert und die zugehörigen Werte des Reglerdisplays aufgenommen. Mittels Regression eines Polynoms dritter Ordnung werden für die jeweiligen Temperaturkanäle Konstanten ermittelt und zur Anpassung der an den "Controller" zu übermittelnden Einstellwerte zu den jeweiligen Temperaturen in das Prüfprogramm des PC übertragen.

In Abhängigkeit der zu prüfenden Funktion des Reglers wird ein entsprechendes Prüfprogramm erstellt, das die gewünschten Temperaturkanäle des Reglers über den "Controller" mit den gewünschten Temperaturen belegt. Tabelle 1 enthält einen Überblick über gängige Funktionen eines Multifunktionsreglers einer Kombianlage und die entsprechenden Prüfstrategien.

Tabelle 1: Reglerfunktionen und Prüfstrategien

|                             |  |   |  |
|-----------------------------|--|---|--|
| Geprüfter Regelalgorithmus: | Nachheizung des Bereitschaftsteils zur Trinkwassererwärmung  | Nachheizung des Bereitschaftsteils für die Raumheizung  |  |
| Prüfstrategie:              | Auf- und absteigende Variation der relevanten Speichertemperatur (0,5 K-Schritte) für unterschiedliche Solltemperaturen / Hysteresen                       | Auf- und absteigende Variation der relevanten Speichertemperatur(en) (0,5 K-Schritte) für unterschiedliche Außentemperaturen und Vergleich mit der Sollvorlauftemperatur gemäß Heizkurve        |  |
| Geprüfter Regelalgorithmus: | Ein-/Ausschalten der Solarkreispumpe in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Speicher   | Variation des Volumenstroms der Solarkreispumpe   | Aktivierung des 3-Wege-Ventils für die Rücklaufanhebung  |
| Prüfstrategie:              | Für unterschiedliche Speichertemperaturen (z. B. in Schritten von 10 K) wird die Kollektortemperatur jeweils auf- und absteigend variiert (0,5 K-Schritte) | Für unterschiedliche Speichertemperaturen (z. B. in Schritten von 10 K) wird die Kollektortemperatur jeweils auf- und absteigend variiert (0,5 K-Schritte). Der Volumenstrom wird aufgezeichnet | Für unterschiedliche Speichertemperaturen (z. B. in Schritten von 5 K) wird die Rücklauftemperatur der Raumheizung auf- und absteigend variiert (0,5 K-Schritte) |

## 4. Auswertung

Die mittels PC aufgenommenen Werte für die Temperaturen, die Schaltzustände von Pumpen und Ventilen sowie gegebenenfalls der aufgezeichnete Volumenstrom lassen sich graphisch darstellen. Bild 2 zeigt als Beispiel die Ein- und Ausschalttemperatur für ein Umschaltventil zur Rücklaufanhebung einer Kombianlage. Hierzu wurde für unterschiedliche Heizungsrücklauftemperaturen die relevante Speichertemperatur jeweils auf- und absteigend variiert. In Bild 2 ist dies für eine Heizungsrücklauftemperatur von 30 °C dargestellt. Die Ein- und Ausschalttemperaturdifferenz von 4 K / 2 K entspricht den im Regler eingestellten Sollwerten.

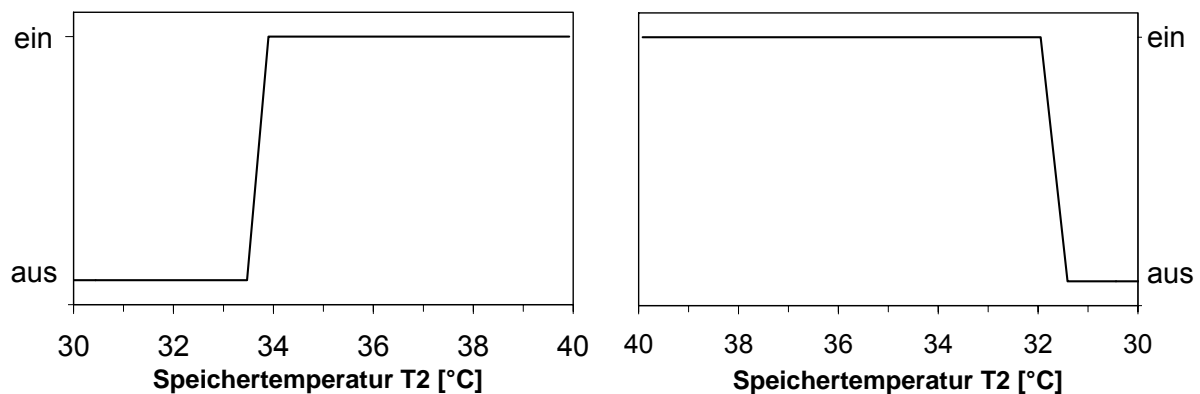


Bild 2: Ein- und Ausschalttemperatur für ein Umschaltventil zur Rücklaufanhebung

Bild 3 zeigt die Volumenstromregelung für eine Pumpe im Solarkreis. Da der Volumenstrom in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Speicher (unten) geregelt wird, ist hier der Volumenstrom über dieser Temperaturdifferenz (links steigend, rechts fallend) aufgetragen. Die Regelung des Volumenstroms soll eine konstante Temperaturdifferenz von 10 K zwischen Kollektor und Speicher gewährleisten. Beide Diagramme bestätigen dies: Liegt die Temperaturdifferenz unter dem Sollwert, so wird der Volumenstrom bis auf einen minimalen Wert herunteregelt. Steigt die Temperaturdifferenz über den Sollwert, so wird der Volumenstrom kontinuierlich bis zum Maximum erhöht. Reduziert sich die Temperaturdifferenz, so wird ab einem Wert von 11 K auch der Volumenstrom wieder kontinuierlich zurückgefahren. Nur beim Einschalten läuft die Pumpe,

unabhängig von der Temperaturdifferenz, kurzzeitig mit max. Leistung. Bild 3 zeigt die Regelung des Volumenstroms für eine konstante Speichertemperatur von 40 °C.

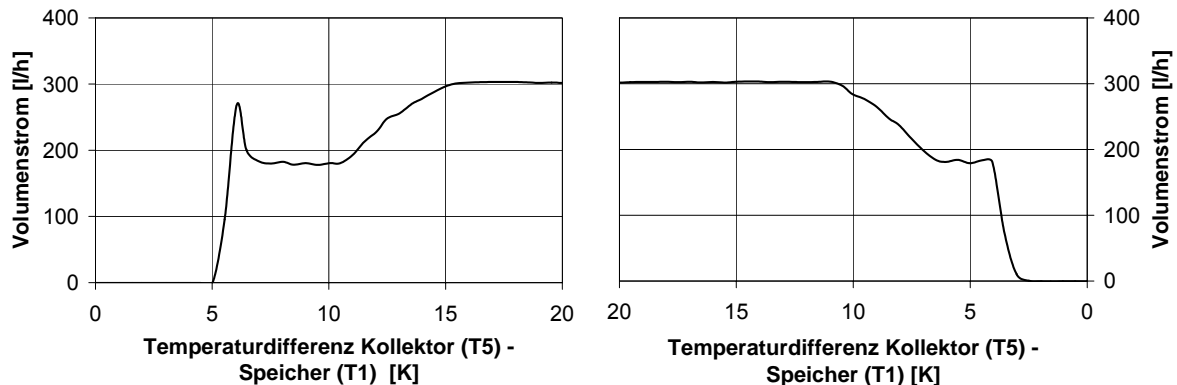


Bild 3: Volumenstromregelung für eine Solarkreispumpe

## 5. Fazit

Das vorgestellte Prüfverfahren stellt eine deutliche Verbesserung des Verfahrens nach ENV 12977-2 dar. Insbesondere bei komplexen Reglern ist es möglich, eine Vielzahl unterschiedlicher Regelalgorithmen, die z. B. in modernen Multifunktionsreglern implementiert sind, auf effiziente Weise zu überprüfen. Der Einsatz des "Controllers" erfordert eine Anpassung und Kalibrierung auf den zu prüfenden Regler, dafür kann jedoch auf aufwändige Temperiereinheiten verzichtet werden. Besondere Vorteile liegen in dem sehr schnellen Erreichen von stationären Zuständen, deren guter Reproduzierbarkeit sowie dem automatisierten Prüfablauf durch einen PC. Durch die Verwendung des "Controllers" besteht ferner die Möglichkeit, Regler mit Simulationsprogrammen (wie z. B. TRNSYS) zu koppeln und so über beliebige Zeiträume durch Echtzeitsimulationen den Einfluss eines Reglers auf das Anlagenverhalten zu untersuchen. Außerdem können auch Funktionskontrollgeräte für Solaranlagen (z.B. Input/Output-Controller) mit diesem Verfahren geprüft werden. Bei der Überarbeitung der ENV 12977 wird dieses Reglerprüfverfahren vorgeschlagen werden.