

Energiedifferenzregelung sorgt für Verbesserung des Wärmeertrags thermischer Solaranlagen

# Neues Regelkonzept

Der neue Solarregler SONJA® der Firma esaa GmbH verhindert regelungsbedingte Wärmeverluste des Solarspeichers. Eine Energiebilanz zwischen Kollektor, Leitung und Wärmespeicher macht die kostengünstige Verlegung der Leitungen im Freien möglich.

Gewöhnlich kommt es bei thermischen Solaranlagen gerade an Tagen mit geringer oder wechselnder Einstrahlung zu Wärmeverlusten des Solarspeichers. Verantwortlich dafür ist die Pumpenregelung des Solarkreislaufs: Die Wärmeverluste werden durch eine Regelung verursacht, die die Leitungen vernachlässigt und in ihrem Regelalgorithmus lediglich die Temperaturen in Kollektor und Speicher vergleicht (Temperaturdifferenzregelung).

Diese Standard-Regelung schaltet die Pumpe des Solarkreislaufs ein, wenn die fest einzustellende Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Speicher überschritten wird. Liegt insbesondere im Winter und während der Übergangszeit sowie am Abend die Temperatur der (Außen-)Leitung unter der Temperatur am Wärmetauscherausgang, wird das dem Füllvolumen des Kollektors entsprechende „kalte“ Leitungsvolumen in den Speicher gepumpt, während phasengleich „warmes“ Volumen aus dem Speicher entnommen wird. Folge: Regelungsbedingt sinkt die Speichertemperatur ab (Abb. 1).

## Das neue Regelkonzept

Die neu entwickelte, patentierte Energiedifferenzregelung basiert auf einer besonderen Ausschaltbedingung. Diese stellt sicher, daß bei jedem Pumpenintervall das gesamte Volumen der Kollektor-Speicher-Leitung und des Kollektors in den Wärmetauscher im Speicher geführt wird. Die in diesem Volumen gebundene Energie wird der Energie gegenübergestellt, welche dem Speicher bei diesem Pumpenintervall über den Wärmetauscher entzogen wird.

Die in einem flüssigen Medium gebundene Energie beträgt allgemein:

$$Q = c \times V_{\text{Medium}} \times T_{\text{Medium}}$$

wobei für T die „absolute“ Temperatur in Kelvin (K) einzusetzen ist.

Die „Null-Bilanzbedingung“ ist genau dann erfüllt, wenn die Energie, die dem Speicher je Pumpenintervall zugeführt wird, gleich der dem Speicher entzogene Energie ist.

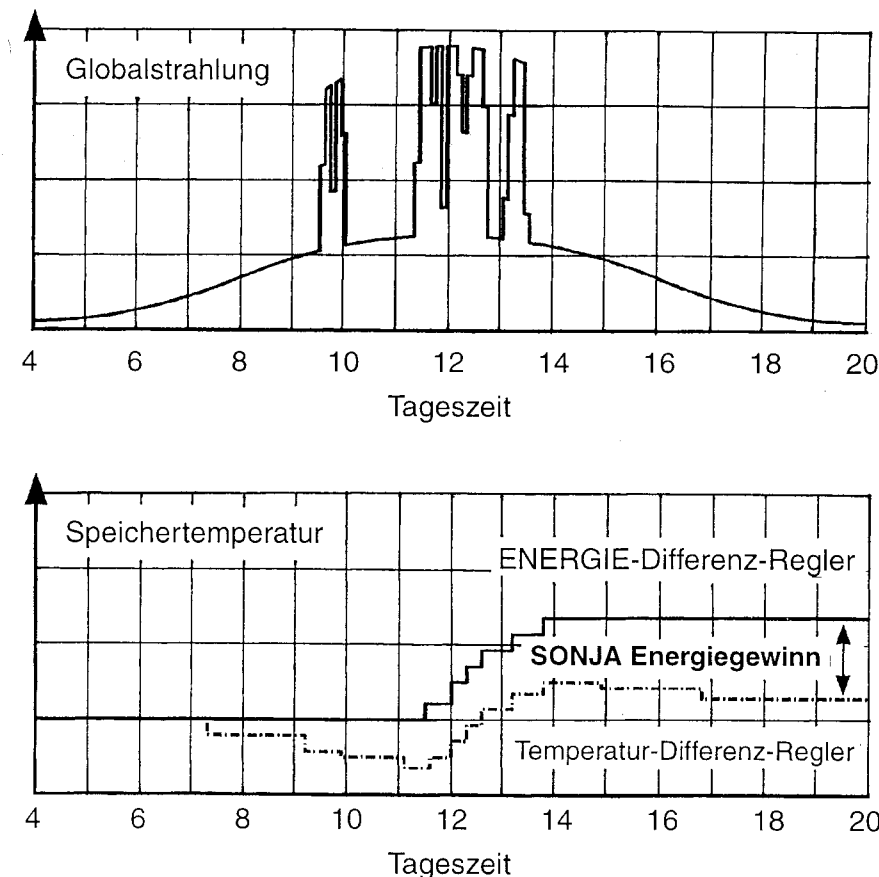


Abb. 1: Qualitativer Verlauf der Speichertemperatur als Funktion der Zeit

Die zugeführte Energie ist die Summe aus der Energie

- des Kollektors,
- des Leitungsabschnitts außerhalb des Gebäudes und
- des Leitungsabschnitts innerhalb des Gebäudes.

Die entnommene Energie ist die Summe dieser Volumen, gewichtet mit der Temperatur  $T_{\text{WTaus}}$  des Mediums am Ausgang des Wärmetauschers. Diese „Null-Bilanzbedingung“ wird nach der Kollektortemperatur aufgelöst.

Vor dem Einschalten der Solarkreispumpe muß der Kollektor mindestens diese Temperatur erreichen, um einen regelungsbedingten Wärmeverlust für den Speicher zu vermeiden (siehe Kästen S. 22).

Zusatzbedingungen ergänzen diese Grundbedingung der Energiedifferenzregelung SONJA®.

Das neue Regelkonzept optimiert den Wirkungsgrad aller Solaranlagen unabhängig von

- der spezifischen Wärmekapazität des Übertragungsmediums,
- den Kennlinien der Kollektoren,
- den Verlustbeiwerten der Leitungen,

- den Einflüssen von Wind,
- den Einflüssen von Feuchtigkeit und
- Alterungsprozessen in den Anlagenteilen.

Für die Auslegung einer thermischen Solaranlage zeigt die Analyse der Gleichungen:

- Das Kollektorstärke steht im Nenner, d.h. eine Anlage mit einem größeren Kollektorstärke (Selbstbaukollektoren) erreicht die Energiebilanz bei einer niedrigeren Kollektortemperatur (besserer Kollektorstärkegrad).
- Die pro Pumpenintervall dem Kollektor zugeführte Energie ist proportional der Temperaturerhöhung  $\Delta T_1$ , d.h. die Energiemenge kann frei gewählt werden (niedrigere Kollektorstärke).

## Wärmeertragsverbesserungen

Simulationsrechnungen mit der modularen Simulationsumgebung ColSim am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE haben gezeigt, daß der Energieertrag konventioneller Solaranlagen mit der Energiedifferenzregelung SONJA® um mehr als 10 % pro Tag gesteigert werden kann.

Dieser Mehrertrag wird durch zwei Kennzeichen der Regelung erreicht:

1. Durch die Energiedifferenzregelung werden Pumpenintervalle unterdrückt, die einen Wärmeverlust für den Speicher bedeuten.
2. Im Betriebszustand „warmer“ Leitung wird die Einschalttemperaturdifferenz Kollektor-Speicher (je nach Temperaturabfall in der Leitung) bis auf etwa 3 K reduziert. Infolgedessen ergibt sich ein höherer Wirkungsgrad des Kollektors.

### Mehrere Vorteile

Die Entwicklung der Solartechnik wird durch diese neue Erfindung wesentlich beeinflusst. Untersuchungen haben gezeigt, daß solarthermische Anlagen nicht nur kollektor- und speicherbezogen entwickelt werden müssen, sondern in Bezug auf das Gesamtsystem. Die Leitungen, und insbesondere die Regelung, haben einen wesentlichen Einfluß auf das Leistungsvermögen einer Anlage.

Ein bedeutender Markt der Zukunft sind solarthermische Anlagen für bereits

bestehende Gebäude. Durch die Vermeidung regelungsbedingter Energieverluste für den Speicher durch „kalte“ Leitungen können Solaranlagen an bestehenden Gebäuden vereinfacht installiert werden. Die Leitungen vom Kollektor zum Speicher können (nahezu energieneutral) kostengünstig und staubfrei an der Fassade geführt werden.

Neben den allgemeinen Wärmeertragsverbesserungen können somit mit dieser Regelung wesentliche Installationskosten eingespart werden.

Die Regelung ist mit einem bidirektionalen, dreiadrigen Solar-Daten-Bus ausgestattet. Dieser überträgt die gemessenen Daten über aktive Funktionsboxen an die Regelung und diese steuert über denselben Bus die Pumpen und Ventile. Die aktiven Funktionsboxen können in unmittelbarer Nähe der Speicher und/oder der Kollektoren montiert werden, sie senken die Kosten und vereinfachen die elektrische Installation.

### Die Bildung der Null-Bilanzbedingung bezogen auf den Wärmespeicher

Die im Pumpenintervall (über den Wärmetauscher) in den Wärmespeicher geführte Energie  $Q_{WT,in}$  beträgt:

$$Q_{WT,in} = c \times V_{Koll} \times T_{Koll} + c \times V_{Ltg,au\beta en} \times T_{Ltg,au\beta en} + c_{VLtg,innen} \times T_{Ltg,innen} \quad (1)$$

= Energie im Kollektor + Energie in der Außenleitung + Energie in der Innenleitung

Die im Pumpenintervall (über den Wärmetauscher) dem Wärmespeicher entnommene Energie  $Q_{WT,out}$  beträgt:

$$Q_{WT,out} = c \times (V_{Koll} + V_{Ltg,au\beta en} + V_{Ltg,innen}) \times T_{WT,aus} \quad (2)$$

Die Null-Bilanzbedingung für die Energie bezogen auf den Wärmespeicher lautet somit:

$$Q_{WT,in} = Q_{WT,aus} \quad (3)$$

Gleichung (1) und (2) eingesetzt in (3) zeigt, daß c eliminiert werden kann. Die Energiedifferenzregelung wird unabhängig von der spezifischen Wärmekapazität des Mediums.

### Die Bildung der Pumpen-EIN-Schaltbedingung

Die Auflösung der Null-Bilanzbedingung nach der Kollektortemperatur führt auf die Gleichung:

$$T_{Koll} = (V_{Ltg,au\beta en} / V_{Koll}) \times (T_{WT,aus} - T_{Ltg,au\beta en}) + (V_{Ltg,innen} / V_{Koll}) \times (T_{WT,aus} - T_{Ltg,innen}) + T_{WT,aus} \quad (4)$$

Um einen positiven Eintrag in den Speicher zu erhalten, muß die Null-Bilanzbedingung um das additive Glied  $\Delta T_1$  erweitert werden. Dieses Glied bestimmt die Wärmemenge  $Q_{Gewinn} = c \times V_{Koll} \times \Delta T_1$ , die beim Pumpen dem Speicher zugeführt wird. Diese Erweiterung führt auf die Pumpen-EIN-Schaltbedingung (Kollektor-Mindest-Temperatur):

$$T_{Koll,einschalt} > (V_{Ltg,au\beta en} / V_{Koll}) \times (T_{WT,aus} - T_{Ltg,au\beta en}) + (V_{Ltg,innen} / V_{Koll}) \times (T_{WT,aus} - T_{Ltg,innen}) + T_{WT,aus} + \Delta T_1 \quad (5)$$

Das Verhältnis  $V_{Ltg,au\beta en} / V_{Koll}$  (K1) bzw.  $V_{Ltg,innen} / V_{Koll}$  (K2) ist ein konstanter, anlagengebundener Wert.

$$T_{Koll,einschalt} > k_1 \times (T_{WT,aus} - T_{Ltg,au\beta en}) + k_2 \times (T_{WT,aus} - T_{Ltg,innen}) + T_{WT,aus} + \Delta T_1 \quad (6)$$

Die Einschalt-Temperaturdifferenz Kollektor-Speicher moduliert also nur in Abhängigkeit von den Leitungstemperaturen.

Die Modulationsbreite wird bei der Inbetriebnahme festgelegt. Die bekannte Einschalt-Temperaturdifferenz Kollektor-Speicher variiert zwischen +4 °C (warme Leitung) und +20 °C (kalte Leitung).

Weitere Zusatzbedingungen ergänzen die neu entwickelte Energiedifferenzregelung.

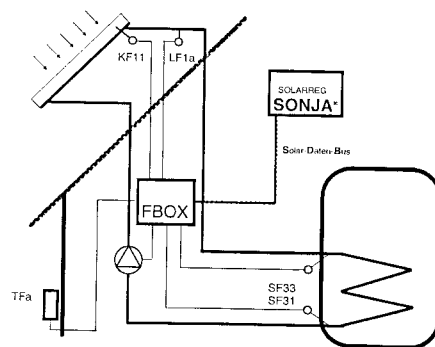


Abb. 2: Grundschaltbild einer hydraulischen Schaltung für SOLARREG SONJA® mit Anordnung der Fühler

Die Programmierung erfolgt über ein Display mit 2 x 16 Zeichen durch Auswahl des gewünschten Anlagenschemas (mit maximal zwei Kollektorfelder: Ost-/Westdach und maximal drei Speichern – SONJA® 23 – in den derzeit lieferbaren Ausführungen). Gegenüber konventionellen Regelungen müssen zusätzlich folgende Werte eingegeben werden:

- Leitungsdurchmesser,
- Leitungslänge außerhalb,
- Leitungslänge innerhalb und
- Gesamtvolumen des Kollektors.

Die Modulationsbreite, d.h. die minimal und maximal zulässige Kollektor-Speicher-Temperaturdifferenz verbessert jede Anlage bezüglich ihres Wärmeertrags.

Volker Böhringer

Über den Autor:

Volker Böhringer ist geschäftsführender Gesellschafter der esaa GmbH in Mühlacker.