

# **CCT (Concise Cycle Test): Ein Verfahren zur Prüfung der Funktionstüchtigkeit und Abschätzung der Leistungsfähigkeit von solarthermischen Systemen**

## **Zusammenfassung**

Das neu erarbeitete Prüfverfahren CCT (Concise Cycle Test) nutzt einen kurzen Testzyklus, der die im Laufe eines Jahreszyklus auftretenden Bedingungen einschliesst um:

- a) das korrekte Funktionieren eines Solarsystems zu überprüfen und um
- b) die Leistungsfähigkeit des Systems mit einiger Genauigkeit zu ermitteln.

Die CCT-Methode wurde insbesondere zur Prüfung von solaren Kombisystemen (Systeme für Warmwasser und Raumheizung) entwickelt. Sie soll zuerst an solaren Kombisystemen mit Feuerungen (Gas- und Ölkesseln) angewendet werden. Es eignet sich aber auch zur Untersuchung von solaren Warmwassersystemen mit oder ohne deren Zusatzheizung. Es ist nicht geeignet für Systeme ohne Trennung von Kollektorfeld und Speicher wie z.B. Thermosiphonsysteme und Speicherkollektoren.

## **Hintergrund und Motivation**

Verschiedene Herstellerfirmen haben solare Kombisysteme entwickelt, die ein hohes Mass an Vorfertigung und Standardisierung aufweisen. Diese kompakten Kombianlagen sind eine Folge des stark wachsenden Interesses am Markt. Im Gegenzug bietet die standardisierte Fertigung die Möglichkeit wesentlicher Kostenreduktion, wodurch Kombisysteme noch attraktiver werden. Damit sind die Voraussetzungen und die Notwendigkeit gegeben, die Leistungsfähigkeit solarer Kombisysteme zu untersuchen. Die im Bereich der solaren Warmwassersystemen bekannten Prüfverfahren sind nicht oder nur in unbefriedigender Weise auf solare Kombisysteme übertragbar: Das sogenannte DST-Verfahren ist ein dynamisches Prüfverfahren mit einem stark vereinfachten Modellansatz ("black-box"). Es ist, wenn auch wenig verständlich, in der ISO 9459-5 beschrieben. Das DST-Verfahren hat sich selbst bei den solaren Warmwassersystemen, für die es entwickelt wurde, als nicht ausreichend genau und nicht ausreichend zuverlässig erwiesen. Bei den weit komplexeren Kombisystemen ist ein solch einfacher Ansatz wie er beim DST-Verfahren angewendet wird von Beginn weg zum Scheitern verurteilt. Das Komponententestverfahren (CTSS) wie es in der ENV 12977 ansatzweise beschrieben ist, ist zweifellos auf Kombisysteme übertragbar. CTSS ist jedoch schon bei solaren Warmwassersystemen mit einem enormen Aufwand (und entsprechend enormen Kosten) verbunden. Bei Kombisystemen würden sich Aufwand und Kosten auf ein in der Regel untragbares Mass erhöhen. Dies ist dann besonders dramatisch, wenn die Zusatzwärmequelle (Kessel, etc.) als Teil des Systems mitgeprüft und mitbeurteilt werden soll.

Gesucht war also eine Methode mit der solare Kombisysteme ausreichend einfach und ausreichend genau untersucht werden können. Der Task 26, Solar Combisystems, des IEA-Solarprogrammes soll unter anderem die Möglichkeiten zur einfachen Prüfung von Kombisystemen erkunden. Das CCT-Verfahren ist ein Ergebnis dieser Forschungsarbeiten.

## **Konzept und Prüfeinrichtung**

Beim CCT-Verfahren handelt es sich um eine Indoor-Prüfmethode. Die Kollektoren, die vorgängig geprüft werden müssen, werden durch einen Heiz- und Kühlkreis simuliert bzw. emuliert. Der Kühlkreis wird durch eine dynamische Simulation des Kollektorfeldes gesteuert. Als weitere Komponente wird die Gebäudelast durch einen Kühlkreis simuliert, der seinerseits durch eine Gebäudesimulation gesteuert wird. Alle anderen Komponenten des Systems können installiert und direkt geprüft werden. Es sind dies in der Regel: Ein Wärmespeicher; ein Heizkessel und Brenner; alle Verbindungen zwischen den Komponenten, die Solarkreisverrohrung eingeschlossen; die Steuerung(en). Für die Temperaturfühler der Systemsteuerung (Aussentemperatur, Innenraumtemperatur, Kollektortemperatur) werden die entsprechenden Randbedingungen bzw. Betriebstemperaturen eigens generiert.

Gemessen werden insbesondere: der Verbrauch an Zusatzenergie (Brennstoff, Gas oder Öl) und der Verbrauch elektrischer Hilfsenergie. Dabei kann, sofern dies aufgrund der Systemkonzeption überhaupt möglich ist, unterschieden werden, ob die Hilfsenergie für den Solarkreis, für die Zusatzwärmeerzeugung oder für die Wärmeverteilung verwendet wird. Analog zu Kollektorfeld und Gebäude kann auch der Kessel durch einen mittels Softwaresimulation gesteuerten Heizkreis ersetzt werden. Ferner können weitere Systemkomponenten wie zum Beispiel die Steuerungen durch Standardkomponenten ersetzt werden um zum Beispiel das Verhalten eines Speichertanks für solare Kombisysteme allein zu untersuchen.

## **Zyklus von Randbedingungen**

Vor dem eigentlichen Testbeginn wird der Wärmespeicher auf eine vordefinierte Anfangstemperatur gebracht. Auf eine weitere 18-stündige Initialisierungsphase folgt die 12-tägige Kernphase des Prüfzyklus. Die Initialisierungsphase, die der Kernphase unmittelbar vorausgeht, entspricht den letzten 18 Stunden der Kernphase. Die zwölf Tage der Kernphase wurden aus einer grossen Anzahl von realen Messdaten mit relativ hoher zeitlicher Auflösung (10 Minuten) ausgesucht. Die Reihenfolge der Tage entspricht in seiner Charakteristik einem Jahresablauf. Sie beginnt und endet mit kalten und strahlungsarmen Tagen, weswegen von einem Zyklus die Rede ist.

Die Tage der Kernphase wurde so ausgewählt, dass sie in Bezug auf Mittelwert und Fluktuation sehr weitgehend ein typisches Jahr des interessierenden Klimas, in diesem Fall des Schweizerischen Mittellandes, repräsentieren. So sind z.B. Strahlungssumme, und Gebäudeheizlast während der 12-tägigen Kernphase um den Faktor 12/356 kleiner als beim Jahreszyklus desselben Klimas, entsprechend dem Verhältnis der Dauer der beiden verschiedenen Zyklen.

## **Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit auf Jahresleistung und Aussicht**

Das Ergebnis des CCT ist direkt der Verbrauch von Endenergie in Form von Brennstoff und Elektrizität. Die Resultate verschiedener Systeme sind dann direkt vergleichbar, wenn die Systeme vergleichbar dimensioniert sind (Speichergrösse und Leistungsfähigkeit des Kollektorfeldes).

Die Konversion von CCT-Resultaten auf die Jahresleistungsfähigkeit erfordert die Simulationen des CCT und die Jahressimulation des gleichen Systems. In welchem Ausmass die Simulation des CCT mit den CCT-Messwerten übereinstimmen muss, um eine zuverlässige Aussage über den Jahresertrag, bzw. den jährlichen Zusatz- und Hilfsenergieverbrauch zu machen, wird Gegenstand zukünftiger Forschung sein.

## **Anwendung**

Das Institut für Solartechnik SPF hat den Auftrag, eine Reihe von solaren Kombisystemen mit Kesseln als Zusatzwärmeerzeuger zu untersuchen. Diese Untersuchung wird nicht nur Resultate über die geprüften Systeme liefern: Aufgrund der praktischen Anwendung können weitere Erkenntnisse über das CCT-Verfahren gewonnen werden. In absehbarer Zeit soll die Funktions- und Leistungsprüfung solarer Kombisysteme mittels CCT zum Standardangebot im Dienstleistungsbereich des SPF werden. Es ist beabsichtigt, die Prüfeinrichtung so zu erweitern, dass auch Kombisysteme ohne, bzw. mit einem Standardkessel, und solche mit automatischen Holzfeuerungen (Pellets, etc.) geprüft werden können. Auch die Prüfung von solaren Warmwassersystemen mittels CCT ist zweifellos erwägenswert.

Rapperswil, 4.10.2001

Peter Vogelsanger  
SPF, Institut für Solartechnik Prüfung Forschung  
Hochschule für Technik Rapperswil  
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil, Schweiz  
peter.vogelsanger@solarenergy.ch