

Vergleich von Kombisystemen, der Ansatz des IEA-SHC Task 26 „Solar Combisystems“

Wolfgang Streicher (Leiter Subtask C),

Inst. für Wärmetechnik, Technische Universität Graz, Inffeldg. 25, A-8010 Graz

Tel.: +43-316-873-7306, Fax: +43-316-873-7305,

e-mail: streicher@iwt.tu-graz.ac.at Homepage: <http://wt.tu-graz.ac.at>

Unter Mitarbeit der folgenden Personen

Bales, Ch., SERC, Borlänge, Schweden, Beckman, B., SEL, Uni Wisconsin, Madison, USA, Bony, J, EIVD, Yverdon-les-Bains, Schweiz, Drück, H., ITW, Uni Stuttgart, Deutschland, Frei, U., SPF-HSR, Rapperswil, Schweiz, Hadorn, J.-C., Bourmens, Schweiz, Heimrath, R., IWT TU-Graz, Österreich, Jaehrig, D., SOLVIS, Braunschweig, Deutschland, Jordan, U., Uni Marburg, Deutschland, Krause, Th, SOLVIS, Braunschweig, Deutschland, Letz. Th. ASDER, Saint Alban-Leyssse, Frankreich, Overgaard, L., L., DTI, Aarhus, Dänemark, Perers, B., Vattenfall, Nyköping, Schweden, Papillon, Ph, Clipsol, Aix-les-Bains, Frankreich, Peter, M., Uni. Oslo, Norway, Pittet, Th, EIVD, Yverdon-les-Bains, Switzerland, Shah, L., J., DTU, Lyngby, Dänemark, Suter, J.-M., Suter Consulting, Bern, Schweiz, Vajen, K., Uni Marburg, Deutschland, Visser, H., TNO, Delft, Niederlande, Vogelsanger, P., SPF-HSR, Rapperswil, Schweiz, Weiss, W., AEE-Intec, Gleisdorf, Österreich

1 Einleitung

Seit Beginn 1999 beschäftigt sich der Task 26 „Solar Combisystems“ innerhalb des Implementing Agreements on Solar Heating and Cooling (SHC) der Internationalen Energieagentur (IEA) unter Beteiligung von 10 Ländern mit der Dokumentation, der Entwicklung standardisierter Tests sowie der Simulation und Optimierung von Solaren Kombisystemen (vgl Suter et al. 2000). Im folgenden werden die bisherigen Arbeiten im Subtask C (Optimization of Combisystems for the Market) zum Vergleich von Kombisystemen beschrieben, vgl. Streicher et.al. 2001, 2001a)

2 Vergleichsbasis

Um solare Raumheizungsanlagen miteinander vergleichen zu können wurden eine Reihe von Referenzbedingungen für die folgenden Aspekte festgelegt:

- **Klima:** Um verschiedene europäische Bedingungen wiederspiegeln zu können wurden die Klimate Carpentras (Südfrankreich), Zürich (Mitteleuropa) und Stockholm (Nordeuropa) gewählt. Die Klimadatensätze wurden mittels des Klimadatengenerators Meteororm 4 (2000) erstellt und zusätzlich wurden die Mittelwerte und Schwankungen der Grundwassertemperatur ermittelt.
- **Heizwärmebedarf:** Der Heizwärmebedarf wurde über zu beheizende Referenzgebäude definiert. Drei Einfamilienhäuser mit 30, 60 und 100 kWh/m²a und ein Mehrfamilien-Reihenhaus mit 45 kWh/m²a spezifischem Heizenergiebedarf bei Klima Zürich wurden mit zugehörigen Wandaufbauten, Fensterflächen, inneren Lasten etc. erstellt. Die Raumtemperatur durfte während der Heizperiode zwischen 19,5 und 24°C schwanken. Mit diesen Referenzgebäuden wurden für jedes Klima der Heizenergiebedarf über Radiatoren mit außentemperaturgeführter Heizungsvorlaufregelung und Thermostatventilen berechnet.
- **Brauchwasserbedarf:** Der Bedarf wurde mit 200 l/d und Haus bzw. Wohnung fixiert. Die tageszeitliche Verteilung des Bedarfs wurde mit einer eigens entwickelten Software (Jordan, Vajen, 2000), welche eine statistische Verteilung der Ereignisse kurze Last (Hände Waschen), mittlere Last, Dusche und Badewanne Einfüllen unter Zugrundelegung von statistischen Tagesverteilungen berechnet (vgl. Abb. 1).

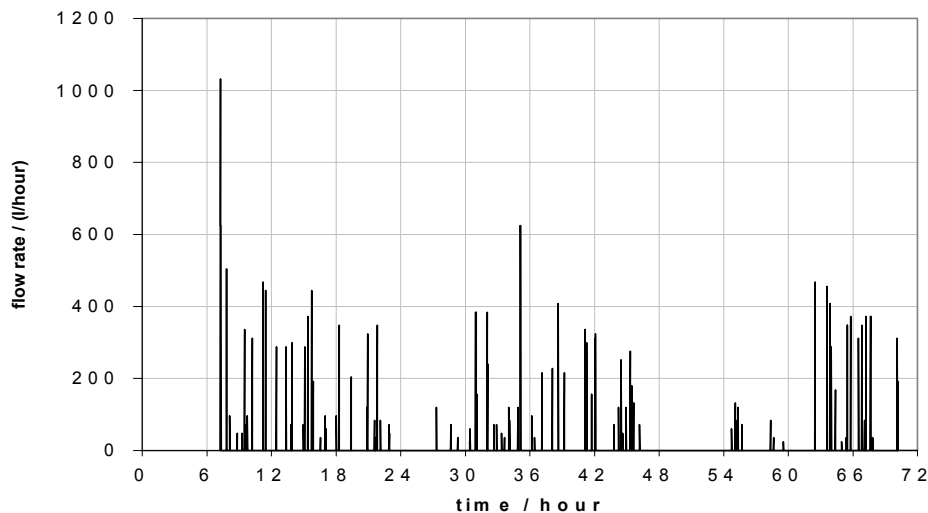


Abb. 1 Brauchwasser-Zapfprofil über 72 Stunden (200 l/day), (Jordan, Vajen , 2000)

- **Konventionelle Zusatzenergie:** Zwei verschiedene Kessel (Gas und Biomasse) wurden mit Wirkungsgrad und minimalen Lauf- und Stillstandszeiten definiert. Diese Kessel kamen bei den Referenzanlagen und bei Kombisystemen ohne eigenem, dem System zugehörigen, Kessel zum Einsatz.
- **Solaranlage:** Zur besseren Vergleichbarkeit von Konzepten wurden drei Standardkollektoren definiert. Da auch komplette Systeme miteinander verglichen werden sollen, konnten zudem die dem System zugehörigen Kollektortypen verwendet werden. Sofern nicht vom System vorgegeben, wurden Rohrleitungslängen und Wärmedämmung des Kollektorkreises vordefiniert. Die Größe der Wasserspeicher wurde hingegen freigestellt.
- **Strombedarf der Systeme:** Da auch der Strombedarf der verschiedenen Systeme miteinander verglichen werden sollte, wurde für sämtliche Pumpen der Energiebedarf und die elektrische Leistungsaufnahme (im Kollektorkreis abhängig von der Kollektorfläche) definiert. Der Strombedarf des Zusatzkessels wurde aus Literatur erhoben (z.B. Gertec, 1999).
- **„Genauigkeit“ der Simulation:** Um zu vermeiden, dass sich unterschiedliche Berechnungsergebnisse aufgrund unterschiedlichen maximal erlaubten Iterationsgenauigkeiten des Simulationsprogramms ergaben, wurde eine Prozedur festgelegt, mit welcher die Konvergenzkriterien des Simulationsprogramms so lange verschärft wurden, bis sich die Zielfunktion solarer Deckungsgrad nur mehr um ein festgelegtes ε änderten.
- **Zielfunktion:** Als zu vergleichende Kennwerte der Simulation wurden drei verschiedene Arten von solarem Deckungsgrad definiert. Alle diese Arten spiegeln eine Energieeinsparung des solaren Kombisystems gegenüber dem konventionellen Referenzsystem wieder.

$$\text{Thermischer Deckungsgrad (FSAVtherm)} = 1 - \frac{\text{Brennstoff}_{\text{Combi}}}{\text{Brennstoff}_{\text{Referenz}}}$$

$$\text{Erweiterter Deckungsgrad (FSAVext)} = 1 - \frac{\text{Brennstoff}_{\text{Combi}} + \text{EI}_{\text{pri,Combi}}}{\text{Brennstoff}_{\text{Referenz}} + \text{EI}_{\text{pri,Referenz}}}$$

$$\text{Deckungsgradindikator (Fsi)} = 1 - \frac{\text{Brennstoff}_{\text{Combi}} + \text{EI}_{\text{pri,Combi}} + \text{Strafe}_{\text{Combi}}}{\text{Brennstoff}_{\text{Referenz}} + \text{EI}_{\text{pri,Referenz}}}$$

Der Thermische Deckungsgrad betrachtet rein die Einsparung von fossilem Energieträger durch die Solaranlage. Der Erweiterte Thermische Deckungsgrad berücksichtigt zusätzlich den Strombedarf von Referenzvariante und Kombisystem. Mit dem Deckungsgradindikator wird zudem berücksichtigt, ob das solare Kombisystem den Wärmebedarf decken kann. Wird z.B. die benötigte Warmwassertemperatur von 45°C nicht erreicht so wird für diesen Zeitschritt eine Strafe in Form von zusätzlich benötigter Brennstoffenergie berechnet. Abb 2 zeigt die Straffunktion für Warmwasser. Gewählt wurde für Task 26 der Exponent 2. Für den Wärmebedarf des Gebäudes wurde über die Raumtemperatur ebenfalls eine Straffunktion eingeführt welche unter 19,5°C und über 24°C aktiviert wird.

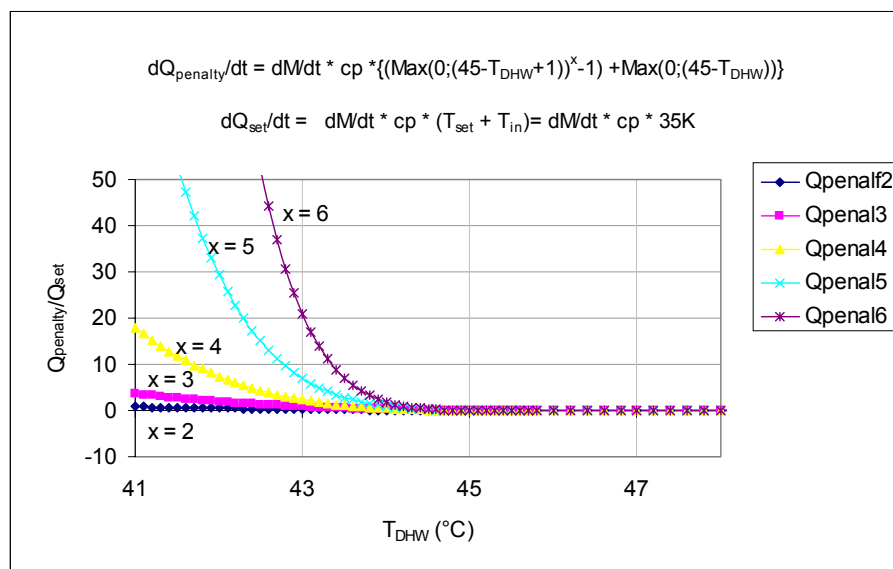


Abb. 2 Straffunktion für Brauchwarmwasser

Vergleich von Anlagen: Um schließlich Kombisysteme mit unterschiedlichen solaren Deckungsgraden miteinander vergleichen zu können wurde von Letz (2001) der Vergleich zwischen theoretisch möglichem und tatsächlich erzieltem solarem Deckungsgrad eingeführt. Abb 3 zeigt den dahinterliegenden Mechanismus. Der theoretisch nutzbare Solarertrag ist einerseits durch den Wärmebedarf im Sommer und andererseits durch das Strahlungsangebot im Winter begrenzt. Die Division des theoretisch nutzbaren Solarertrages durch den tatsächlichen Bedarf ergibt den theoretisch möglichen solaren Deckungsgrad (FSC). Dieser kann nun mit dem tatsächlich erzieltem verglichen werden. Das Verhältnis zwischen tatsächlich erzieltem und theoretisch möglichem Deckungsgrad beschreibt die Güte der Anlage.

Theoretischer Deckungsgrad	FSC
Solares Potential	$Q_{\text{sol_pot}}$
Gesamtverbrauch	Q_{ges}
$FSC = \min(Q_{\text{sol_pot}}, Q_{\text{ges}})/Q_{\text{ges}}$	

Abb. 4 zeigt für eine simulierte Anlage unter den verschiedenen Referenzbedingungen von Klima und Gebäuden das Verhältnis von solarem Potential und thermischen Deckungsgrad F_{sav} . Man sieht, dass die Ergebnisse der Simulation gut auf einer Kurve liegend dargestellt werden können.

Hieraus ergibt sich nun die Möglichkeit der schnellen Berechnung solcher Anlagen aufgrund der obigen Darstellung. Das solare Potential einer Anlage kann aus der Kollektorfläche und dem Wärmebedarf eines Gebäudes schnell aus einem Jahresklimadatensatz ermittelt werden. Über obige Kurve kann für jedes System der

jeweilige Deckungsgrad abgelesen werden. Ein solches schnelles Simulationssystem wird als Abschluss der Verlängerungsphase von Task 26 auf CD-Rom verfügbar sein.

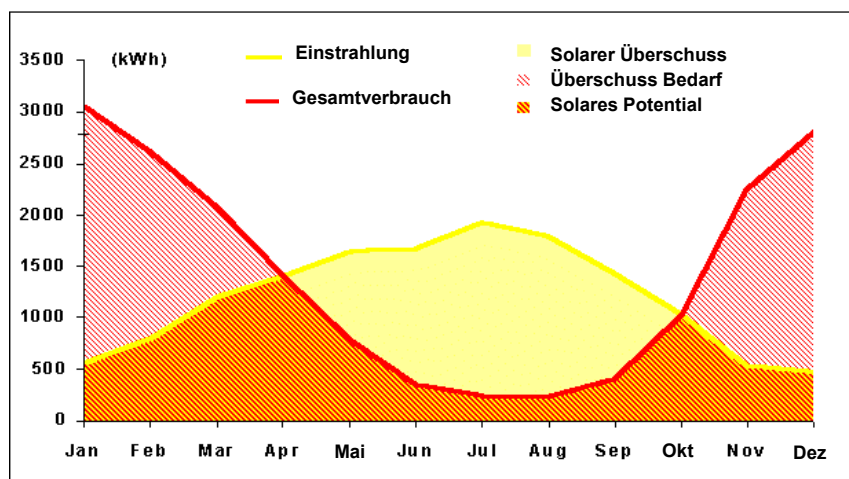


Abb. 3 Definition des theoretischen Deckungsgrades FSC solarer Kombisysteme (Letz, 2001)

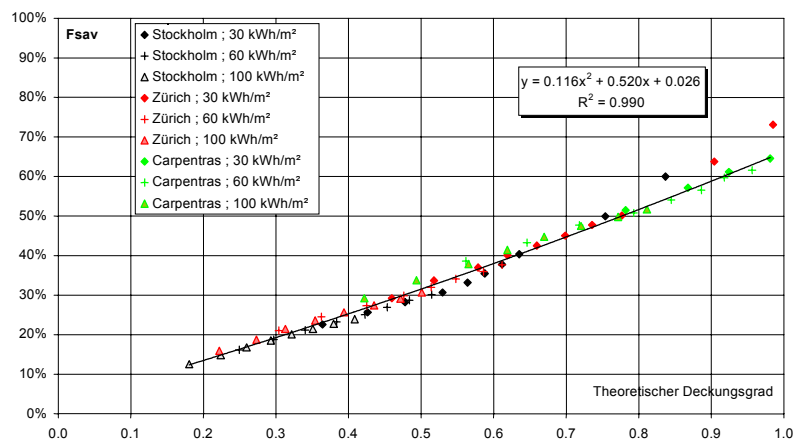


Abb 4 Vergleich des solaren Potentials mit dem thermischen Deckungsgrad (Fsav) einer simulierten realen Anlage (Letz, 2001)

3 Schlussfolgerung

Durch eine große Anzahl von Referenzannahmen, Deckungsgraddefinitionen und einem Vergleichsalgorithmus von sehr unterschiedlichen Kombisystemen wird im Task 26 des Implementing Agreements on Solar Heating and Cooling versucht, unterschiedlichste solare Kombisystemen miteinander zu vergleichen. Ob dies gelingt, wird sich spätestens Ende 2002, bei Beendigung des Tasks herausstellen.

4 Literatur

- Gertec, 1999**, CO₂-Minderung durch stromsparende Pumpen und Heizungsantriebe, Untersuchung an 136 Gas Brennwertkesseln, Viehofer Straße 11, D-45127 Essen
- Jordan, U., Vajen, K., 2000**, Influence of the DHW Load Profile on the Fractional Energy Savings: A Case Study of a Solar Combisystem with TRNSYS Simulations, Solar Energy Vol. 69(Suppl.), Nos. 1-6, pp 197-208, (see also Appendix 1).

Letz, Th, 2001, Combisystems characterization, Internal report for IEA-SHC TASK 26.

Meteonorm 2000, Klimadatengenerator, Fa. METEOTEST, Fabrikstrasse 14, CH-3012 Bern, Schweiz

Suter, J.M., Letz, Th, Weiss, W., Inäbit, J., 2000, IEA SHC – Task 26, Solar Combisystems in Austria, Denmark, Finland, France, Germany, Sweden, Switzerland, the Netherlands and the USA, Overview 2000, Official Bruchure of Task 26, available at <http://www.iea-shc.org>.

Streicher, W., Heimrath R. (et all authors of above paper), 2001, Milestone Report C 0.2 Reference Conditions, Internal report for IEA-SHC TASK 26.

Streicher, W., Heimrath R. (et all authors of above paper), 2001a, Milestone Report C 3.1 Optimization Procedure, Internal report for IEA-SHC TASK 26.