

Solare Kombianlagen – Energetische Amortisationszeit und Umweltverträglichkeit der verwendeten Materialien

E. Streicher, 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

E-Mail: streicher@itw.uni-stuttgart.de

Internet: www.itw.uni-stuttgart.de

1. Einleitung

Ein wichtiger Aspekt für den Vergleich und die Beurteilung von thermischen Solaranlagen sind die Umwelteigenschaften der Solaranlage. Diese können durch die energetische Amortisationszeit und die Umweltverträglichkeit der verwendeten Materialien beschrieben werden.

Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und gleichzeitigen Heizungsunterstützung, sogenannte Kombianlagen, werden durch eine Vielzahl unterschiedlicher Anlagenkonzepte realisiert. In diesem Beitrag wird die Methodik zur einheitlichen Bestimmung der energetischen Amortisationszeit von solaren Kombianlagen aufgezeigt. Dabei wird insbesondere auf die Besonderheiten eingegangen, die sich durch unterschiedliche Anlagenkonzepte bei der Realisierung solarer Heizungsunterstützung ergeben. Anhand eines Beispiels zur Ermittlung der energetischen Amortisationszeit von Kombianlagen mit und ohne integrierter Wärmequelle wird das Vorgehen detailliert erläutert.

2. Methodik zur Bestimmung der energetischen Amortisationszeit

Unter der energetischen Amortisationszeit versteht man die Zeit, welche die Anlage in Betrieb sein muss, um die Primärenergie einzusparen, die für Herstellung, Wartung und Betrieb der Solaranlage aufgewendet wurde. Sie ergibt sich durch Ermittlung der eingesetzten Primärenergie, welche anschließend der Energie gegen-

übergestellt wird, die durch die Solaranlage eingespart wird (substituierte Primärenergie).

$$t = AZ = \frac{KEA_h}{Q_{conv,tot} - Q_{aux,tot} - KEA_b - KEA_w} \quad (1)$$

mit

KEA_h kumulierter Energieaufwand zur Herstellung

$Q_{conv,tot} - Q_{aux,tot}$ substituierte Primärenergie

KEA_b kumulierter Energieaufwand für den Betrieb

KEA_w kumulierter Energieaufwand für Wartung

Die prinzipielle Methodik zur Bestimmung der energetischen Amortisationszeit von solaren Kombianlagen entspricht dem in [1] vorgestellten Vorgehen für die Ermittlung der energetischen Amortisationszeit von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung. Die Besonderheiten, die sich bei der Bilanzierung solarer Kombianlagen ergeben, werden im Folgenden erläutert.

3. Bilanzierungsgrenzen

Im Hinblick auf die unterschiedlichen Realisierungsmöglichkeiten solarer Heizungsunterstützung werden Bilanzierungsgrenzen definiert, die einen Vergleich verschiedener Kombianlagen ermöglichen. Hierbei wird zwischen Kombianlagen ohne integrierter Wärmequelle und Kombianlagen mit integrierter Wärmequelle unterschieden.

Bei solaren **Kombianlagen ohne integrierter Wärmequelle**, also mit einem separaten Heizkessel, wird die Bilanzierungsgrenze direkt am Speicher gezogen. Der Nachheizkreis mit Kessel sowie der Heizkreis mit Heizkreisstation wird bei den Berechnungen nicht berücksichtigt, da diese Komponenten bei einer „konventionellen“ Heizungsanlage ebenfalls vorhanden sind und somit keine rein solarspezifischen Bauteile darstellen. Das Gleiche gilt für den Trinkwasserkreis. Teile außerhalb dieser Bilanzierungsgrenze, werden nicht mitbilanziert.

Bei solaren Kombianlagen **mit integrierter Wärmequelle** sind der Kessel und die Nachheizung im Speicher integriert. Die Bilanzierungsgrenze verläuft ebenfalls direkt am Speicher. Bei diesem Anlagentyp umfasst die Bilanzierung jedoch die integrierte Wärmequelle und die Heizkreisstation. Abgasrohrsysteme werden in der Bilanzierung nicht berücksichtigt, da sie außerhalb der Bilanzierungsgrenze liegen.

4. Gutschriften

Um einen Vergleich der Kombianlagen mit und ohne integrierter Wärmequelle zu ermöglichen, werden sogenannte standardisierte Komponenten definiert, die den entsprechenden Anlagen mit integrierter Wärmequelle wieder gutgeschrieben werden. Dies erfolgt über spezielle Gutschriften wie bereits in [1] anhand der Trinkwasserspeichergutschrift beschrieben wurde. Diese Gutschriften können je nach Ausführung der Kombianlage mit integrierter Wärmequelle die Heizkreisstation, den Heizungsregler und den Heizkessel beinhalten. Für die einzelnen Komponenten wird dabei von nachfolgend aufgeführten Durchschnittswerten ausgegangen.

Die **Referenz-Heizkreisstation** besteht aus einem 3-Wege-Ventil, einem Mischer, einer Pumpe, 3m Cu-Rohr mit Wärmedämmung und einem Ausdehnungsgefäß für den Heizkreis mit 35 l Inhalt. Der kumulierte Energieaufwand für die Herstellung dieser Referenz-Heizkreisstation ergibt sich zu 247 kWh.

Als **Referenz-Heizungsregler** wird ein Regler mit einem Gewicht von 1,25 kg (inkl. Temperaturfühler) definiert. Der kumulierte Energieaufwand für die Herstellung dieses Reglers beträgt 89 kWh. Die Leistungsaufnahme des Referenz-Heizungsreglers beträgt 3 W. Dies ergibt einen jährlichen Strombedarf von 26 kWh. Der kumulierte Energieaufwand für den Betrieb des Referenz-Heizungsreglers ergibt sich unter Berücksichtigung des Primärenergieäquivalentes für Strom zu 100 kWh/a.

Als **Referenz-Heizkessel** wird ein Niedertemperaturkessel für Öl/Gas mit einem Gewicht von 45 kg angesetzt. Der Kessel besteht aus den Materialien Stahl unlegiert, Edelstahl, Aluminium, Kupfer und Polypropylen. Der kumulierte Energieaufwand für die Herstellung dieses Kessels beträgt 972 kWh.

Zur besseren Veranschaulichung wird an vier unterschiedlichen Kombianlagen beispielhaft gezeigt, wie sich der kumulierte Energieaufwand mit Berücksichtigung der jeweiligen Gutschriften zusammensetzt.

Tabelle 1: Kumulierter Energieaufwand der eingesetzten Materialien von Kombianlagen mit und ohne integrierter Wärmequelle

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, wird demnach einer Kombianlage mit integrierter Wärmequelle im Höchstfall eine Gutschrift für Heizungskomponenten in Höhe von 1308 kWh gutgeschrieben, die sich aus dem kumulierten Energieaufwand für Heizkreisstation, Heizungsregler und Heizkessel ergibt (siehe Beispielanlage 3). Gutschriften für den Heizkreisregler kommen teilweise auch bei Kombianlagen ohne integrierter Wärmequelle zur Anwendung. Dies ist der Fall, wenn der Regler der Kombianlage auch die Regelfunktion für den Heizkreis beinhaltet (siehe Beispielanlage 1).

Die gleichen Überlegungen werden bei der Ermittlung des kumulierten Energieaufwandes für den Betrieb angestellt, der sich ausschließlich auf den „solaren“ Teil der Kombianlage bezieht. Er beinhaltet den Stromverbrauch für die Solarkreispumpe(n), für die Regelung, für die Fremdstromanode (soweit vorhanden) sowie einer evtl. zur Trinkwassererwärmung benötigten Pumpe. Der Stromverbrauch von Heizkreispumpen und Heizungsregelungen wird nicht bilanziert. Ist die Regelfunktion für die Solarkreispumpe in der Regelung der Gesamtanlage integriert, darf nur der Teil des auf die Solarkreisregelung entfallenden Stromverbrauchs berücksichtigt werden. In diesem Fall wird vom jährlichen Stromverbrauch des (Gesamt)Reglers ein Wert von 26 kWh subtrahiert (siehe Kapitel 3).

5. Berechnungsbeispiel zur energetischen Amortisationszeit

Tabelle 2 enthält die einzelnen Berechnungsergebnisse der vier untersuchten Anlagen. Dabei basiert die Bestimmung der substituierten Primärenergie der Kombianlagen auf den im Anschluss angegebenen Randbedingungen.

Eingangsgrößen	Formelzeichen	Einheit	ohne integrierte Wärmequelle		mit integrierter Wärmequelle	
			Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3	Anlage 4

EINGESETZTE PRIMÄRENERGIE

Herstellung	KEA_h	[kWh]	9448	9420	7596	9531
Betrieb	KEA_b	[kWh/a]	282	542	443	207
Wartung	KEA_w	[kWh/a]	83	83	83	83

SUBSTITUIERTE PRIMÄRENERGIE

Brennstoffmenge	$Q_{conv,tot}$	[kWh/a]	16557	16557	16557	16557
Nachheizwärmebedarf	$Q_{aux,tot}$	[kWh/a]	12584	12915	14074	11921
Substituierte Primärenergie	PEA_{sub}	[kWh/a]	3973	3642	2483	4636

ENERGETISCHE AMORTISATIONSZEIT	AZ	[a]	2.6	3.1	3.9	2.2
---------------------------------------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------

Tabelle 2: Energetische Amortisationszeit von Kombianlagen mit und ohne integrierter Wärmequelle

Die von der Referenzanlage jährlich benötigte Brennstoffmenge setzt sich aus dem Anteil der Trinkwassererwärmung und dem Heizwärmebedarf zusammen. Gemäß europäischem Normentwurf prEN 12977-2 werden der Warmwasserbedarf mit 2945 kWh und die Wärmeverluste des Speichers mit 644 kWh angesetzt. Der Heizwärmebedarf für ein Einfamilienhaus mit Niedrigenergiehausstandard und ca. 130 m² beheizter Nutzfläche beträgt 9090 kWh. Daraus ergibt sich ein Gesamtwärmebedarf von 12679 kWh pro Jahr. Mit Berücksichtigung des Kesselnutzungsgrades von $\eta = 85\%$ und des Primärenergieäquivalentes für Öl bzw. Gas von 1.11 kWh_{primär}/kWh ergibt sich die von der Referenzanlage jährlich benötigte Brennstoffmenge $Q_{conv,tot}$. Durch Abzug des Nachheizwärmebedarfes $Q_{aux,tot}$ von $Q_{conv,tot}$ ergibt sich die substituierte Primärenergie.

5. Ausblick

Gegenwärtig liegen die typischen energetischen Amortisationszeiten bei Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung bei 1,3 bis 2,3 Jahren und bei solaren Kombianlagen zwischen 2,0 und 4,3 Jahren. Bei einer zu erwartenden Lebensdauer von mindestens 20 Jahren kann also mit dem Einsatz von solaren Kombianlagen noch eine beträchtliche Menge an Energie eingespart werden. Jedoch sollten bei einer Optimierung thermischer Solaranlagen hinsichtlich geringem primärenergetischem Einsatz auch andere umweltrelevante Kriterien berücksichtigt werden. So spielen Lebensdauer der Solaranlage und die Umweltverträglichkeit der verwendeten Materialien ebenfalls eine Rolle. Eine recyclinggerechte Konstruktion und die Trennbarkeit der einzelnen Materialien voneinander erleichtern die umweltgerechte Entsorgung der Bauteile am Ende ihrer Lebensdauer. Weiterführende Untersuchungen, welche Methoden für eine Anwendung auf thermische Solaranlagen und ihre Komponenten am Besten geeignet sind werden derzeit am TZS durchgeführt.

Referenzen:

- [1] E. Streicher - Methodik zur Ermittlung der energetischen Amortisationszeit von thermischen Solaranlagen – 12. Symposium Thermische Solarenergie 2002

englischer Titel: **Solar Combisystems – Energy Payback Time and Environmental Impact**