

Energetische Amortisationszeiten bei solarthermischen Großanlagen

Uta-Maria Klingenberger, Elmar Bollin, Sascha Himmelsbach

Hochschule Offenburg

Badstraße 24, 77652 Offenburg

Tel.: (0049-781) 205122, Fax: (0049-781) 205138

E-Mail: klingenberger@fh-offenburg.de

www.fh-offenburg.de/mv/st2000

1. Einleitung

An der Hochschule Offenburg werden seit 1999 im Rahmen des BMU – Förderkonzeptes Solarthermie2000plus solarthermische Großanlagen zur Trinkwassererwärmung und künftig auch Heizungsunterstützung wissenschaftlich begleitet.

Als Bewertungskriterien für diese Großanlagen werden derzeit Daten wie z.B. der solare Ertrag, der Deckungsanteil oder die solaren Wärmekosten angegeben. Wie in [1] erläutert wird, ist auch die energetische Amortisationszeit eine wichtige Charakteristik des Solarsystems. Nachdem die Methodik vom ITW der Uni Stuttgart in [2] für Kleinanlagen und solare Kombianlagen vorgestellt und angewendet wird, wird nun hier auf die energetische Amortisationszeit von großen Solaranlagen eingegangen. Es werden dabei keine Standardanlagen oder Simulationen sondern real installierte Anlagen mit gemessenen solaren Erträge als Grundlage verwendet.

2. Berechnung der Energetischen Amortisationszeit

Zur Berechnung der Energetischen Amortisationszeit (EAZ) wird der kumulierte Energieaufwand (KEA) zur *Herstellung*, *Transport* und *Montage* ermittelt. Weitere Energie wird zur *Wartung* und zum *Betrieb* der Anlage benötigt. Aus diesen Werten wird die *eingesetzte Primärenergie* ermittelt. Auf der anderen Seite steht die von der Solaranlage erzeugte solare Nutzwärme und die dadurch *substituierte Primärenergie*. Aus diesen Werten lässt sich dann die EAZ errechnen: die Zeit, die die Anlage in Betrieb sein muss bis die eingesetzte Primärenergie gleich der substituierten Primärenergie ist.

Für die Ermittlung des *KEA für die Herstellung* werden die einzelnen verwendeten Materialien der Solaranlage aufgelistet und aus Datenbanken wie z.B. der econinvent (www.ecoinvent.ch) die einzelnen KEA ermittelt. Für den *KEA Transport* wird angenommen, dass die Anlage durchschnittlich 400 km mit einem 16 t LKW transportiert wird. Für die *Montage* wird in Anlehnung an [1] Pauschal ein KEA von 10 % des KEA

für die Herstellung angenommen. Die Aufwendungen für die *Wartung* sind unabhängig von der Größe der Anlage und bestehen aus der Anfahrt des Handwerkers einmal im Jahr, durchschnittlich 30 km (einfach). Der KEA für den *Betrieb* der Anlage ist der gemessene Stromverbrauch für Pumpen und Regelung.

3. Berechnung der EAZ für zwei Großanlagen

Im folgenden werden zwei der im Rahmen des Förderprogramms betreuten Anlagen beispielhaft berechnet. Dabei wurde eine Anlage mit Solar Roof (Hegau Klinikum Singen, 264 m² Kollektorfläche, 15 m³ Pufferspeicher) und eine zweite Anlage (Stadtklinik Baden-Baden, 276 m² Kollektorfläche, 12 m³ Pufferspeicher) bei der die Kollektoren auf dem Flachdach aufgeständert sind, ausgesucht um eine möglichst weite Bandbreite abzudecken.

Tabelle 1 zeigt den ermittelten KEA zur Herstellung aufgeteilt auf die verschiedenen Teile der Anlage. Dabei wurden die eingebauten Teile aufgelistet, das Material und das Gewicht ermittelt und der jeweilige Energieaufwand aus Datenbanken ausgelesen. Falls die genaue Zusammensetzung, Gewicht oder Materialien nicht bekannt waren, wurde so realistisch wie möglich abgeschätzt.

Tabelle 1: Übersicht über den errechneten kumulierten Energieaufwand zu Herstellung bei den Anlagen auf der Stadtklinik Baden-Baden und dem Hegau Klinikum Singen

	Stadtklinik Baden-Baden		Hegau Klinikum Singen	
	KEA (kWh)	KEA (kWh/m ²)	KEA (kWh)	KEA (kWh/m ²)
Kollektoren	112.579,4	410,9	112.939,2	421,4
Aufständigung Kollektoren	55.341,8	202,0	-	-
Verrohrung Kollektorkreis	15.485,4	56,5	12.773,8	47,7
Wärmeübertrager Solarkreis	5.955,6	21,7	5.183,6	19,3
Verrohrung Speicherkreis	25.045,1	91,4	14.439,3	53,9
Pufferspeicher	5.378,2	19,6	-	-
Wärmeübertrager Trinkwasserkreis	5.246,0	19,1	2.957,5	11,0
Verrohrung Trinkwasserseite	7.528,6	27,5	12.265,3	45,8
Regelung	1.721,9	6,3	4.579,9	17,1
Dachgutschrift	-	-	-23.859,9	-89,0
Gesamt	234.282,1	855,0	141.278,7	527,2

Die Werte der zwei Anlagen liegen sehr deutlich um den Faktor 1,6 auseinander. Der Grund für den höheren Energieaufwand zu Herstellung der Anlage in Baden-Baden ist hauptsächlich die aufwendigere Aufständigung auf ein Flachdach mit Aluprofilen während in Singen ein Solar Roof eingesetzt werden konnte, welches auch noch eine

Dachgutschrift erlaubt. Die Dachgutschrift ist möglich, weil durch den Einsatz des Solar Roofs Dachfläche eingespart wird. Weiterhin wurden in Singen vorhandene, alte Trinkwasserspeicher als Pufferspeicher verwendet, so dass auch hierfür kein KEA angesetzt werden musste.

Bild 1 zeigt die Aufteilung des KEA zur Herstellung auf die verschiedenen Anlagenteile beispielhaft für die Anlage in Baden-Baden. Die Kollektoren und deren Aufständigung auf ein Flachdach verursachen dabei den größten Energieaufwand.

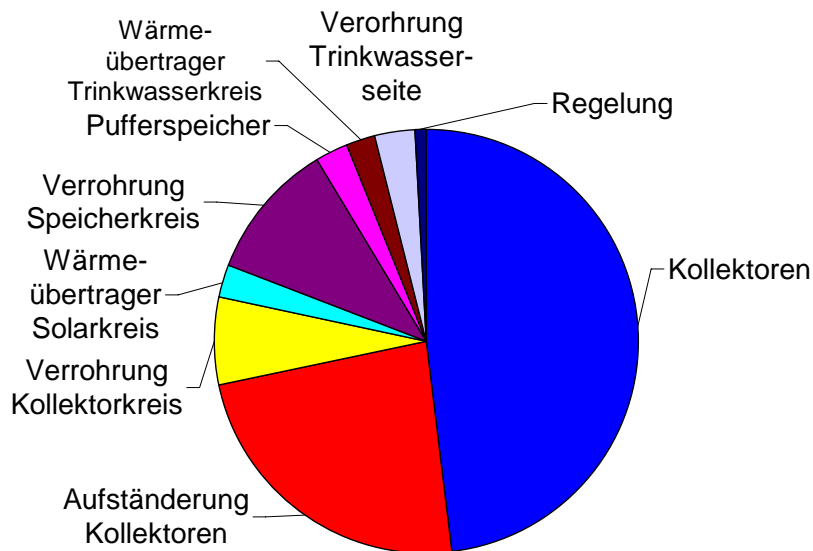


Bild 1: Aufteilung der KEA in kWh auf die verschiedenen Anlagenteile in Baden-Baden

Wie in Kapitel 2 beschrieben werden noch der Energieaufwand für den Transport und die Montage addiert, was dann den KEA für die gesamte Herstellung des Systems ergibt (Tabelle 2).

Zusätzlich werden noch die jährlichen Energieaufwendungen zur Wartung und der gemessene Wert für den Betrieb der Anlage hinzugefügt. Elektrische Energie wird dabei noch mit dem Primärenergiefaktor 3,8 multipliziert. So erhält man das eingesetzte Primärenergieäquivalent PEA_{ein} .

Zur Berechnung der Substituierten Primärenergie PEA_{Sub} werden nun der gemessene Ertrag der Anlage im ersten Garantiemessjahr mit dem Kesselnutzungsgrad von 0,85 dividiert und mit dem Primärenergiefaktor von 1,11 von Erdgas multipliziert. Die beiden von der Zeit abhängigen PEA werden gleichgesetzt: $PEA_{ein}(t) = PEA_{Sub}(t)$, wobei t die EAZ ist. Die energetische Amortisationszeit berechnet sich dann nach folgender Formel:

$$EAZ = t = KEA_{\text{Herstellung gesamt}} / (\text{Solarer Jahresertrag} - KEA_{\text{Betrieb}} - KEA_{\text{Wartung}})$$

Tabelle 2: Übersicht über den errechneten kumulierten Primärenergieaufwand für Herstellung, Betrieb, Wartung bei den Anlagen auf der Stadtklinik Baden-Baden und dem Hegau Klinikum Singen im Vergleich zur substituierten Primärenergie.

		Baden-Baden	Singen
	Einheit	KEA	KEA
KEA Herstellung	kWh	234.282	141.279
KEA Transport	kWh	8.824	7.259
KEA Montage	kWh	23.428	14.128
KEA Herstellung gesamt KEA_h	kWh	270.557	169.189
KEA Betrieb, gemessen	kWh/a elektrisch	3.000	2.780
Primärenergieaufwand Betrieb	kWh/a	11.400	10.563
Primärenergieaufwand Wartung	kWh/a	41	41
Solarer Ertrag (gemessen erstes Garantiejahr)	kWh/a thermisch	116.384	98.130
Substituierter Brennstoff (Nutzungsgrad Heizkessel 0,85)	kWh/a (Erdgas)	136.922	115.447
Substituierte Primärenergie (pro Jahr)	kWh/a	151.983	128.146
Energetische Amortisationszeit	Monate	21,6	16,6

Bild 2 zeigt eindrucksvoll den Primärenergieaufwand für die Erstellung und Betrieb der Anlage in Baden-Baden und die substituierte Primärenergie über die gesamte Lebensdauer von 20 Jahren. Für die noch nicht gemessenen zukünftigen Erträge wurde der Durchschnitt aus den vergangenen gemessenen Jahren angenommen.

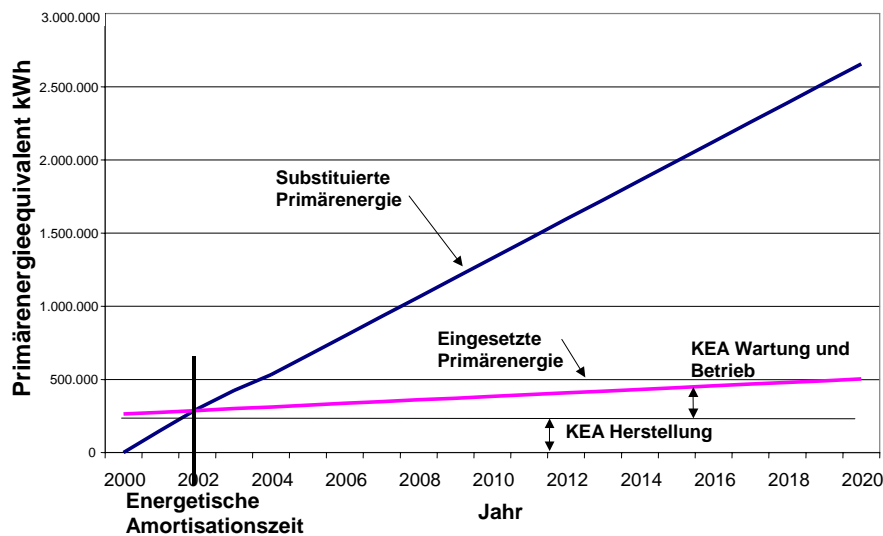


Bild 2: Grafische Darstellung der energetischen Amortisationszeit am Beispiel der Stadtklinik Baden-Baden

4. Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde beispielhaft die Berechnung der Energetischen Amortisationszeit EAZ an zwei sehr unterschiedlichen solarthermischen Großanlagen gezeigt. Für beide Anlagen lag die EAZ unter 2 Jahren.

Die Zeit, in der die Solaranlage die für den Bau und Betrieb des gesamten Systems notwendige Primärenergie substituiert hat spielt eine wichtige Rolle bei der Bewertung der Umweltfreundlichkeit. Es ist jedoch wichtig die Betrachtung auf die gesamte Lebensdauer des Produktes auszuweiten und auch die Einsparung von Ressourcen während der gesamten Betriebszeit zu berücksichtigen. So wird die Anlage in Baden-Baden trotz einer EAZ von 22,6 Monaten in 20 Jahren 2,15 GWh Primärenergie einsparen, während die Anlage in Singen mit einer EAZ von 16,6 Monaten 2,28 GWh einsparen wird. Der Unterschied von 6 Monaten bei der EAZ, was über 30 % bedeutet, relativiert sich in der Betrachtung über die gesamte Lebensdauer zu 6 % Unterschied in der Primärenergieeinsparung.

Im Hinblick auf die Beurteilung der Umweltfreundlichkeit von Solaranlagen ist die EAZ eine hilfreiche Größe. Für eine ganzheitliche Betrachtung ist es allerdings auch erforderlich die während der gesamten Lebensdauer der Anlage erzielten Primärenergieeinsparung zu berücksichtigen.

Literatur

- [1] E. Streicher; Methodik zur Ermittlung der energetischen Amortisationszeit von thermischen Solaranlagen; 12. Symposium Thermische Solarenergie, 2002
- [2] E. Streicher; Solare Kombianlagen – Energetische Amortisationszeit und Umweltverträglichkeit der verwendeten Materialien; 14. Symposium Thermische Solarenergie, 2004
- [3] Wolfgang Streicher, Markus Peter „Material demand and Accumulated Energy Expense of Solar Combisystems“, A Report of IEA SHC - Task 26, Solar Combisystems, May 2003
- [4] H.-J. Wagner, F. Peuser, R. Croy, „Energie- und Emissionsbilanz von Solaranlagen zu Warmwassererwärmung“, HLH - Bd. 46, Juni 1995