

Energieeinsparungsverordnung EnEV – Neue Chancen für den Einsatz von solarthermischen Anlagen?

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

Die Energieeinsparverordnung ermöglicht die integrale Planung von Gebäuden und führt dabei den baulichen Wärmeschutz und die Anlagentechnik zusammen. Dieser neue Ansatz erlaubt deutlich größere Gestaltungsmöglichkeiten bei der Anwendung energiesparender Maßnahmen und bietet insbesondere für erneuerbare Energien, wie Solartechnik neue Chancen. In diesem Beitrag werden bauliche und anlagentechnische Maßnahmen zur Einhaltung der Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) gegenübergestellt. Dabei werden die dem Planer zur Verfügung stehenden Möglichkeiten erläutert mit denen der Primärenergiebedarf eines Gebäudes gesenkt werden kann. Anschließend werden an einem Musterhaus Wärmebedarfsberechnungen durchgeführt und für einzelne Maßnahmen die energetischen Einsparpotentiale abgeleitet. Diese energetischen Einsparpotentiale werden danach den durchschnittlichen Kosten der jeweiligen Maßnahmen gegenübergestellt.

2. Berechnung des Primärenergiebedarfs

Die EnEV enthält klare Forderungen über die Höhe des zulässigen Primärenergiebedarfs eines Gebäudes. Der Nachweis erfolgt über eine integrale Bewertung von Anlagentechnik, Wärmeschutz und Energieträger. Um der Kombination von hochmoderner Anlagentechnik mit niedrigem Wärmeschutz entgegenzuwirken, ist in der EnEV zusätzlich eine Nebenforderung enthalten, die die zulässigen Transmissionswärmeverluste eines Gebäudes in Abhängigkeit von dessen A/V-Verhältnisses festlegt. Das heißt, es wird ein gewisser Mindestwärmedämmstandard vorgegeben. Der Jahresprimärenergiebedarf ergibt sich durch Multiplikation des jährlichen Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser mit der Anlagenaufwandszahl e_p .

$$Q_p = (Q_h + Q_w) \cdot e_p \quad (1)$$

Dabei wird der Wärmebedarf für Warmwasser in der EnEV als fest vorgegebene Größe mit $Q_w = 12.5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, bezogen auf die Nutzfläche A_N angegeben. Eine Einflussnahme auf den Primärenergiebedarf ist entweder über den Jahresheizwärmebedarf oder aber über die eingesetzte Anlagentechnik möglich.

Der Jahresheizwärmebedarf Q_h wird gemäß DIN 4108-6 berechnet. Mit Anwendung des vereinfachten Heizperiodenbilanzverfahrens ergibt er sich zu

$$Q_h = 66 \cdot (H_T + H_V) - 0.95 \cdot (Q_S + Q_i) \quad (2)$$

Der Transmissionswärmebedarf H_T kann durch Verwendung von Bauteilen mit niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werten) gesenkt werden. Dies ist z. B. durch höhere Dämmstärken der Außenwände, der Kellerdecke oder des Daches oder durch Verwendung von speziellen Wärmeschutzverglasungen möglich. Der Lüftungswärmebedarf H_V hängt vom beheizten Gebäudevolumen und der Luftwechselzahl n ab. Wird ein Gebäude-Dichtheitsnachweis mit dem Blower-Door-Test durchgeführt, kann der Nachweis mit einer reduzierten Luftwechselzahl von $n = 0.6$ anstelle von $n = 0.7$ durchgeführt werden. Passive Solarerträge Q_S können in Abhängigkeit von der Fensterorientierung, Fenstergröße sowie des Gesamtenergiedurchlassgrades g der Fensterscheiben berücksichtigt werden. Für die internen Gewinne Q_i ist mit einem pauschalen Richtwert von fünf W/m^2 zu rechnen. Steht der Gebäudegrundriss fest, ist eine Senkung des Jahresheizwärmebedarfs daher hauptsächlich über die Reduktion der Transmissionswärmeverluste möglich.

Auf der Anlagenseite kann der Primärenergiebedarf durch eine Senkung der Anlagenaufwandszahl e_p , die sich nach DIN V 4701-10 berechnet, reduziert werden. Darin werden die drei Bereiche Warmwasser, Heizung, Lüftung separat erfasst. Die Norm bietet drei Berechnungsmöglichkeiten: Das Diagrammverfahren, das Tabellenverfahren oder ein detailliertes Verfahren, bei dem genaue Angaben über die Anlagentechnik erforderlich sind. Zur Anwendung des Diagrammverfahrens sind in der DIN V 4701-10 sechs Anlagendiagramme enthalten (davon eines mit solarer Trinkwassererwärmung), aus denen die Anlagenaufwandszahl in Abhängigkeit vom Jahresheizwärmebedarf und der Gebäudenutzfläche direkt abgelesen werden kann. Das Beiblatt 1 zur DIN V 4701-10 enthält ca. 71 weitere Anlagendiagramme, davon 14 Anlagen mit solarer Trinkwassererwärmung und zwei mit zusätzlicher solarer Heizungsunterstützung. Mit dem in Anhang C der DIN V 4701-10 enthaltenen Tabellen lassen sich auf schnelle Weise Standardkennwerte für Heizungs-, Lüftungs- und Trinkwassererwärmungsanlagen ermitteln. Es ist allerdings meist günstiger, genaue Werte aus Herstellerangaben oder ähnlichem zu verwenden und die Anlagenzahl mit dem detaillierten Verfahren zu berechnen.

3. Berücksichtigung der Solarthermie

Die DIN V 4701-10 enthält eine ausführliche Berechnungsmethode zur Ermittlung des Deckungsanteils von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung. Auch mit dem Tabellenverfahren in Anhang C lassen sich die Deckungsanteile in Abhängigkeit von der Kollektorfläche und der Gebäudenutzfläche ermitteln. Tabelliert sind außerdem die Wärmeverluste des Solarspeichers, die kleiner sind als bei einem indirekt beheizten Speicher, da sie sich nur auf das Bereitschaftsvolumen des Solarspeichers beziehen. Der Hilfsenergiebedarf für die Solarkreispumpe wird ebenfalls berücksichtigt.

Bei solaren Kombianlagen hingegen gibt die DIN V 4701-10 lediglich einen pauschalen Deckungsanteil von 10% am Heizwärmebedarf an. Dieser darf jedoch nur berücksichtigt werden, wenn die vorhandene Kollektorfläche das 1,8 fache der vorgeschriebenen Kollektorfläche für die Trinkwassererwärmung beträgt. Der Deckungsanteil wird bei der Erfassung der Heizung berücksichtigt, indem der Deckungsanteil des vorhandenen Kessels um den Deckungsanteil der Kombianlage reduziert wird. Bei der Berücksichtigung einer solaren Kombianlage wird demnach zuerst, wie oben beschrieben, die solare Trinkwassererwärmung und anschließend im Heizungsteil der Deckungsanteil von 10% angesetzt. Ein detaillierteres Berechnungsverfahren für solare Kombianlagen ist in der Norm nicht enthalten. Allerdings erlaubt die Norm eine Ermittlung des Deckungsanteils für Kombianlagen anhand anerkannter Regeln der Technik bzw. unter Hinzuziehung der dokumentierten Rechenergebnisse anerkannter Simulationsprogramme, wobei jedoch nicht spezifiziert wird, welche Simulationsprogramme „anerkannt“ sind. Unter dem Punkt „Sonstige Systeme“ der DIN V 4701-10 wird die solare Heizungsunterstützung nochmals erwähnt, mit dem Hinweis, dass der pauschale Deckungsanteil von 10% für EFH gilt, bei MFH jedoch lediglich ein pauschaler Deckungsanteil von 5% anzusetzen ist.

4. Beispielrechnung

Die Berechnung erfolgt anhand eines freistehenden Einfamilienhauses, welches in seiner Geometrie einem Durchschnittsgebäude für Deutschland entspricht. Für dieses EFH mit einem Volumen von 443.5 m³ und einer Nutzfläche von 141.9 m² ergibt sich ein zulässiger Jahresprimärenergiebedarf von 131 kWh/(m²a). Mit Ansatz des Mindest-Wärmedämmstandards gemäß EnEV und einer definierten „Mindeststandard-Anlage“ berechnet sich für das Gebäude ein vorhandener Jahresprimärenergiebedarf von 167 kWh/(m²a). Die Anforderungen der EnEV werden also nicht erfüllt. Die „Mindeststandard-Anlage“ besteht aus einem Niedertemperaturkessel 70/55°C, zentraler Trinkwassererwärmung mit Zirkulation wobei sich Speicher und Verteilung außerhalb der thermischen Hülle befinden. Da bei Einsatz einer Lüftungsanlage ohnehin ein Dichtheitsnachweis gefordert wird, wird dieser in den Berechnungen beim Mindeststandard vorausgesetzt. Die Berechnung des Heizwärmebedarfs erfolgt mit dem im Abschnitt 2 beschriebenen Heizperiodenbilanzverfahren nach DIN V 4108-6, die Anlagenaufwandszahlen werden mit dem Tabellenverfahren der DIN V 4701-10 berechnet.

Tabelle 1 enthält die prozentualen Anteile einer möglichen Reduktion des Primärenergiebedarfs durch Variation der Anlagentechnik. Dabei sind 5 Varianten dargestellt: die Ausführung ohne Zirkulationsleitungen, der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG), die Substitution des NT-Kessels durch einen Brennwertkessel BW mit 55/45°C, der Einsatz einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung (TW) und der Einsatz einer Solaranlage mit zusätzlicher Heizungsunterstützung (TWH).

Beim Einsatz einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung kann der Jahresprimärenergiebedarf um 12%, bei zusätzlicher Heizungsunterstützung sogar um 19% gesenkt werden.

Demgegenüber bewirkt der Einsatz eines besseren Kessels lediglich eine Reduktion um 8%. Zur Erfüllung der EnEV Forderung ist in diesem Fall eine Reduktion um 22% nötig. Kombiniert man mehrere Varianten ergibt sich bei Einsatz eines Brennwertkessels mit Temperaturniveau 55/45°C, solarer Kombianlage, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung $\eta = 0.8$ und ohne Zirkulationsleitung eine Reduktion um bis zu 34% des Jahresprimärenergiebedarfes im Vergleich zur Mindeststandardanlage. Der in der EnEV angegebene maximal zulässige Jahresprimärenergiebedarf kann somit sogar unterschritten werden.

Standardanlage: NT Kessel 70/55°C, zentrale TWWerwärmung mit Zirkulation, alles außerhalb beheizter Hülle, mit Dichtheitsnachweis				Prozentualer Anteil der Reduktion durch				
				ohne Zirk.	WRG $\eta=0.6$	BW 55/45°C	Solar TW	Solar TWH
Primärenergiebedarf								
Trinkwarmwasser	$Q_{TW,P}$	[kWh/a]	5997	26%	0%	3%	47%	47%
Heizung	$Q_{H,P}$	[kWh/a]	17768	-1%	14%	9%	0%	10%
vorhandener Jahresprimärenergiebedarf	$Q_{p, vorh.}$	[kWh/a]	23765	6%	7%	8%	12%	19%

Tabelle 1: Prozentuale Auswirkung der Einzelmaßnahmen auf die Senkung des Primärenergiebedarfs

Im folgenden wird untersucht, welche Anlagenvariante die Anforderungen der EnEV unter Verwendung des Mindestwärmeschutzes erfüllt. Tabelle 2 zeigt sechs unterschiedliche Anlagen, davon sind drei mit NT Kessel mit Temperaturniveau 70/55°C ausgestattet, die anderen drei mit einem Brennwertkessel 55/45°C. Beide Kessel werden jeweils mit Einsatz einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung TW und mit Einsatz einer solaren Kombianlage TWH kombiniert. Wie die Ergebnisse zeigen, werden die Anforderungen der ENEV

mit Dichtheitsnachweis Bauteilausführung mit Mindestwärmeschutz Jahresheizwärmebedarf $Q_h = 11860$ kWh/a				Anlagenvarianten (alle mit zentraler TWWerwärmung, mit Zirkulation, Speicher und Verteilung außerhalb therm. Hülle)					
zulässiger Primärenergiebedarf	Q_{p^*}	[kWh/(m²a)]	131	NT 70/55°C	Solar TW	Solar TWH	BW 55/45°C	Solar TW	Solar TWH
	Q_p	[kWh/a]	18589						
	Anlagenaufwandszahl	e_p	[-]						
Primärenergieverbrauch									
Trinkwarmwasser	$Q_{TW,P}$	[kWh/a]		5997	3185	3185	5812	3100	3100
Heizung	$Q_{H,P}$	[kWh/a]		17768	17768	16062	16146	16146	14609
vorh. Jahresprimärenergiebedarf	$Q_{p, vorh.}$	[kWh/a]		23765	20953	19247	21958	19246	17709
	$Q_{p^*, vorh.}$	[kWh/(m²a)]		167	148	136	155	136	125
Anlagenaufwandszahl	e_p	[-]		1.74	1.54	1.41	1.61	1.41	1.30
Differenz (Ist - Soll)	Q_p	[kWh/m²a]		36	17	5	24	5	-6

Tabelle 2: Darstellung der Berechnungsergebnisse für den Einsatz von Solaranlagen in Kombination mit Niedertemperatur- und Brennwertkessel

nur bei Ausführung der Anlagentechnik mit einem Brennwertkessel 55/45°C in Kombination mit einer solaren Kombianlage erfüllt.

Im nächsten Schritt wird aufgezeigt, welcher Wärmedämmstandard erforderlich ist, um mit der oben definierten Mindeststandardanlage die Forderungen der EnEV zu erfüllen. Dabei werden die in Tabelle 3 angegebenen U-Werte des Mindestdämmstandards für das EFH sukzessive verbessert. (Der angegebene Mindestdämmstandard berücksichtigt bereits die

Mindestdämmstandard für das EFH U-Werte [W/(m²K)]			
Außenwand	Fenster	Dach	Decke
0.34	1.7	0.3	0.5

Erfüllung der Nebenanforderung der ENEV.) Wird lediglich der U-Wert eines einzigen Bauteiles verbessert, kann die Forderung der EnEV nicht erfüllt werden. Die Ausführung der Kellerdecke im Passivhausstandard

Tabelle 3: U-Werte

mit einem U-Wert von 0.15 W/(m²K) ergibt dabei das größte Einsparpotential. Dennoch liegt der Primärenergiebedarf bei dieser Ausführung noch 21 kWh/m² über den Anforderungen der EnEV. Deswegen werden im folgenden die U-Werte mehrerer Bauteile reduziert.

zulässiger Primärenergiebedarf $Q_p'' = 131$ [kWh/(m²a)]			Standard-Anlage (NT 70/55°C, mit Zirkulation, Speicher und Verteilung außerhalb therm. Hülle)			
	Symbol	Einheit	Mindest- standard	Variante 1	Variante 2	Variante 3
U-Werte						
Außenwand		[W/(m²K)]	0.34	0.15	0.15	0.15
Fenster		[W/(m²K)]	1.7 g=0.7	1.7 g=0.7	1.0 g=0.6	0.8 g=0.5
Dach		[W/(m²K)]	0.30	0.15	0.30	0.30
Kellerdecke		[W/(m²K)]	0.50	0.15	0.15	0.17
Transmissionswärmeverlust	H_T'	[W/(m²K)]	0.45	0.28	0.29	0.28
Jahresheizwärmebedarf	qh	[kWh/(m²a)]	84	51	54	54
Jahresprimärenergiebedarf	Q_p'' , vorh.	[kWh/(m²a)]	167	127	130	130
Differenz (Ist - Soll)	Q_p	[kWh/m²a]	36	-4	-1	-1

Tabelle 4: Verschiedene U-Wert-Kombinationen mit denen die Anforderungen der EnEV erfüllt werden

Bei Fenstern ist zu beachten, dass sehr niedrige U-Werte meistens niedrigere Gesamtenergiedurchlassgrade g aufweisen, was eine Verminderung der passiven Solargewinne zur Folge hat. Tabelle 4 zeigt drei Varianten, mit denen die EnEV jeweils knapp erfüllt wird. Wie Tabelle 4 zeigt, ist für die Erfüllung der EnEV in Verbindung mit der Mindeststandardanlage mit NT-Kessel ein hoher Wärmeschutzstandard erforderlich. In Variante 1 werden Außen-

wand, Boden und Dach mit einem Passivhausstandard ausgeführt, die Fenster bleiben unverändert im Mindestdämmstandard.

Um die anlagentechnischen und bauseitigen Maßnahmen im Hinblick auf die verursachenden Kosten bewerten zu können, wurde eine Wirtschaftlichkeitsbewertung mit dem LEG-Verfahren [1] gemacht. Das LEG-Verfahren wurde vom hessischen Umweltministerium entwickelt und eignet sich besonders für die Wirtschaftlichkeitsberechnung von Energieeinsparmaßnahmen. Die Berechnungen basieren auf der Annuitätenmethode. Bilanziert werden Kapitalkosten, Energiekosten und Wartungskosten während der Nutzungsdauer. Dabei wurde von den in [1] empfohlenen Randbedingungen ausgegangen: Kapitalzinssatz $p = 6\%/a$, Energiepreisverteuerung $s_e = 6\%/a$, Anlagenteuerung $s_a = 2\%/a$, Preissteigerung für Wartung $s_u = 2\%/a$. In Abweichung von [1] wurde für die Solaranlage eine realistische Nutzungsdauer von 20 Jahren angesetzt.

Verglichen wurden Variante 1, welche die bauseitigen Maßnahmen zur Erfüllung der EnEV beinhaltet, mit der Anlagenvariante Mindestwärmeschutz mit Einsatz Brennwertkessel und TWH aus Tabelle 2. Gemäß der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnung liegt die Variante 1 mit den jährlichen Gesamtkosten sogar geringfügig über der Variante mit der verbesserten Anlagentechnik. Auf eine detaillierte Auflistung der Berechnungsergebnisse wird verzichtet, da hiermit keine allgemeingültige Aussage getroffen werden kann. Aufgrund der im Baubereich gängigen Preisspannen sowie der unterschiedlich möglichen Ausführungsvarianten zur Erreichung eines Niedrigenergiestandards, handelt es sich hier lediglich um eine Grobabschätzung. Mit dem Ergebnis kann jedoch gezeigt werden, dass in manchen Fällen der Einsatz einer solaren Kombianlage sogar kostengünstiger ist, als die Durchführung rein baulicher Maßnahmen.

5. Ausblick

Mit dem Einsatz solarer Kombianlagen kann weit mehr Energie eingespart werden, als dies in der EnEV bzw. in der DIN V 4701-10 derzeit verlangt wird. Nicht jeder Planer hat ein Simulationsprogramm zur Hand und kann zeitintensive Kalkulationen durchführen. Es sollten daher im Tabellenverfahren der DIN V 4701-10 unterschiedliche Deckungsanteile von solaren Kombianlagen angegeben sein, ähnlich wie dies bei den solaren Trinkwasseranlagen der Fall ist.

Referenzen:

- [1] Jagnow, Horschler, Wolff – Die neue Energieeinsparverordnung 2002, Kosten- und verbrauchsoptimierte Gesamtlösungen - 2002

englischer Titel: **The German “Energy Saving Directive” EnEV – New Prospects for the Utilization of Solar Thermal Energy?**