

Solaranlagen aus Sicht der EnEV

Helmut Jäger*

Seit Februar 2002 ist nach vierjähriger Diskussion in Normausschüssen und Politik die Energieeinsparverordnung (EnEV) in Kraft. Erstmals werden mit der EnEV auch Solaranlagen positiv bewertet. Bislang wurde im Rahmen der Wärmeschutzverordnung 1995 lediglich die passiven solaren Gewinne über Fenster berücksichtigt. Der nachfolgende Beitrag beleuchtet die Bewertung verschiedener anlagentechnischer Konzepte unter besonderer Beachtung von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung sowie von Kombianlagen mit solarer Heizungsunterstützung.

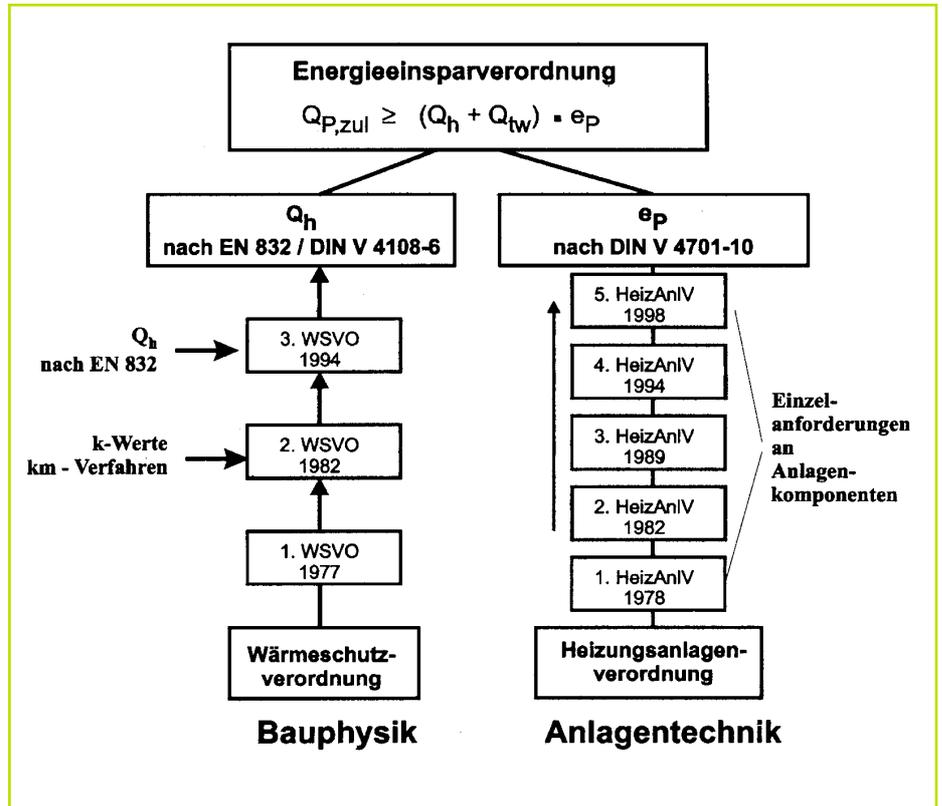


Bild 1 Zeitliche und inhaltliche Entwicklung der EnEV aus den Heizungsanlagen- und Wärmeschutzverordnungen

Ziel der EnEV 2002 ist die Reduzierung des Energieverbrauches beheizter Gebäude um 20–25 % gegenüber der bisherigen Wärmeschutzverordnung 1995 unter besonderer Berücksichtigung des Primärenergieverbrauches. Erstmals wird jetzt eine integrale Bewertung von Wärmeschutz, Anlagentechnik und Energieträger einschließlich Warmwasserbedarf und Hilfsenergie eingeführt. In Bild 1 ist die Entwicklung der Verordnungen seit der ersten Energiekrise 1973 dargestellt. Bislang wurden der bauliche Wärmeschutz und die Anforderungen an die Anlagentechnik

völlig getrennt voneinander geregelt. Ohne Bewertung war in der Vergangenheit auch der eingesetzte Energieträger und die damit verbundene Umweltbelastung. Das Konzept der EnEV zeigt Bild 2 für die Raumwärme. Ausgehend vom Heizwärmebedarf Q_h werden alle anlagentechnischen Komponenten in der Verteilung, Speicherung und Erzeugung bewertet und zusätzlich der gesamte Verarbeitungsaufwand (vom Bohrloch bis zum Gebäude) des Energieträgers eingerechnet. Der notwendige Heizwärmebedarf Q_h ergibt sich aus der Wärmebedarfsermittlung nach DIN V 4108-6 nach folgender Gleichung:

$$Q_h = Q_T + Q_V - Q_S - Q_i$$

- mit Q_h = Jahresheizwärmebedarf
- Q_T = Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle (Boden, Wände, Fenster, Dach)
- Q_V = Lüftungswärmeverluste durch Luftaustausch
- Q_S = nutzbarer Anteil der Solareinstrahlung durch Fenster und auf die Wände
- Q_i = nutzbarer Anteil der internen Wärmegewinne durch Personen und Geräte

* Dipl.-Ing. (FH) Helmut Jäger, Solvis GmbH & Co KG, 38122 Braunschweig, Telefon (05 31) 2 89 04-0, Telefax (05 31) 2 89 04-52, Internet: www.solvis.de

Bild 2 Konzeptdarstellung der EnEV

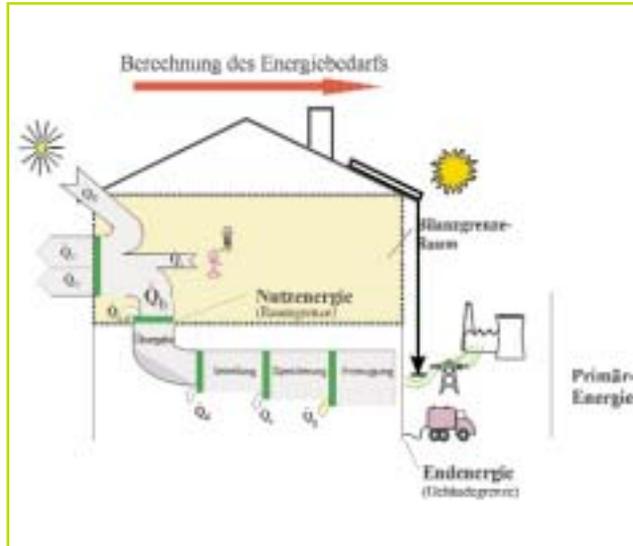
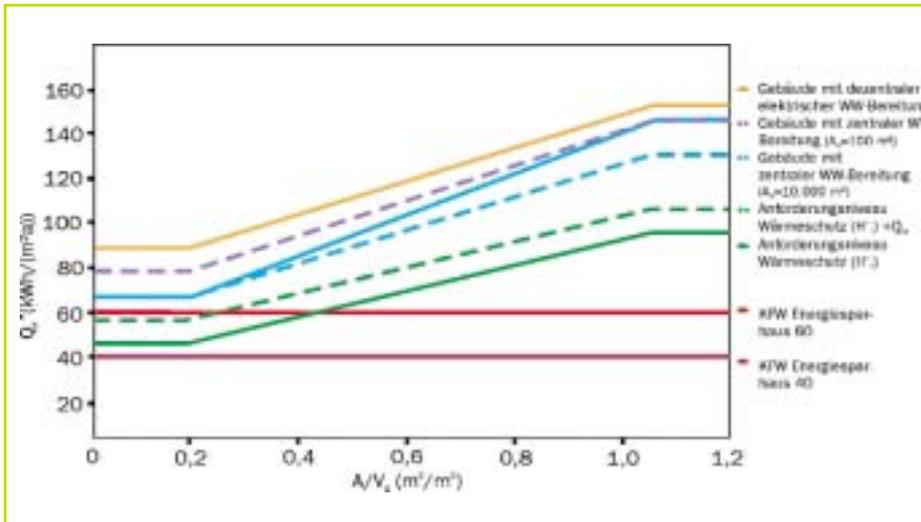


Bild 3 Anforderungen an den Primärenergiebedarf eines Gebäudes (Hauptanforderungen) nach EnEV



Die Endenergie für die Raumwärme $Q_{H,E}$ ergibt sich aus der Summe von Nutzwärme Q_h und allen Anlagenverlusten:

$$Q_{H,E} = Q_h + Q_{ce} + Q_d + Q_s + Q_g$$

mit

Q_h = Jahreswärmebedarf

Q_{ce} = Wärmeverluste bei der Übergabe (Heizkörper oder Warmluftauslaß) an den Raum

Q_d = Wärmeverluste durch Heizwärmeverteilung (von Kessel oder Speicher bis zur Heizfläche)

Q_s = Wärmeverluste durch Wärmespeicher (Pufferspeicher bei Solar, Wärmepumpe, Holzessel)

Q_g = Wärmeverluste durch Wärmeerzeuger (Kessel)

Bei der Ermittlung des Primärenergiebedarfs Q_p werden die Umwandlungsverluste von der Brennstoffgewinnung bis zum Gebäude durch die Primärenergieaufwandszahl f_p berücksichtigt, die z. B. für den Strommix in Deutschland 3 beträgt.

Anforderungen der EnEV 2002

In Bild 3 sind die Höchstwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs Q_p für Wohngebäude mit normalen Innentemperaturen (über 19 °C) in Abhängigkeit vom Verhältnis Gebäudeoberfläche/Gebäudevolumen (A/V_e) und der Nutzfläche A_N dargestellt. Zusätzlich zeigt die Grafik auch die Anforderung an den baulichen Wärmeschutz, der sich umgerechnet aus dem maximal zulässigen Transmissionswärmeverlust (H_T) ergibt. Daneben ist auch das Anforderungsniveau des Förderprogramms der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) mit dem „Energiesparhaus 60“ und „Energiesparhaus 40“ dargestellt. Hinter diesen Bezeichnungen ver-

bergen sich zwei Förderprogramme: Die KfW fördert zum einen die Errichtung von Häusern mit weniger als 60 kWh Primärenergieverbrauch je m² Nutzfläche mit einem zinsgünstigen Darlehen von max. 30 000 Euro. Bei Häusern mit Q_p unter 40 kWh/m² beträgt der Förderkredit max. 50 000 Euro (weitere Details zum Programm zur CO₂-Minderung: www.kfw.de). Fazit: Hiermit ist die Richtung vorgezeichnet, in die sich die EnEV (hoffentlich) in den nächsten zehn Jahren weiterentwickeln wird.

Grundsätzlich gilt die Hauptanforderung der EnEV für alle beheizten Neubauten, die auf Innentemperaturen über 19 °C für einen Zeitraum von mehr als vier Monaten beheizt werden. Allerdings gibt es zahlreiche Ausnahmen, die in der Übersicht (Bild 4) dargestellt sind. Wichtigste Sonderregelung betrifft alle Anlagen, deren Heizenergie zu 70 % und mehr aus erneuerbaren Energien (Solar, Holz), Kraft-Wärme-Kopplung oder Umweltwärme mit Wärmepumpe gewonnen wird. In jedem Fall müssen die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz (HT) eingehalten werden. In Bild 5 sind die wesentlichen Anforderungen an den Gebäudebestand dargestellt. Für das SHK-

Gebäude mit Innentemperatur ≥ 19 °C über mehr als 4 Monate pro Jahr beheizt

- Jahresprimärenergiebedarf $Q_p \leq Q_{p,max}$
Ausnahmen:
 - ≥ 70 % Heizenergie aus Kraft-Wärme-Kopplung oder erneuerbarer Energie oder Umweltwärme (Wärmepumpe mit Leistungszahl $> 3,3$)
 - überwiegend Einzelfeuerstätten
 - Ein- und Zweifamilienhäuser mit NT-Kessel und Temperatur über 55/45 °C und monolithischer Außenwand gilt für 5 Jahre: $Q_{p,max} \times 1,03$
 - für überwiegend elektrischer Warmwasserbereitung gilt für 8 Jahre: $Q_{p,max} = 72,94 + 75,29 \times A/V_e$
 - für elektrische Speicherheizsysteme mit Lüftungsanlage und Wärmerückgewinnung ist für 8 Jahre der Primärenergiefaktor von 3 auf 2 reduziert
- Transmissionswärmeverlust $H_T \leq H_{T,max}$

Bild 4 Anforderungen der EnEV an den Neubau

Nachrüstpflichten

- Heizkessel vor Einbau vom 1. 10. 1978 müssen bis 31. 12. 2006 getauscht werden. Bei Brennererneuerung ab 1. 11. 1996 gilt Frist bis 31. 12. 2008. Ausnahme: selbstgenutzte Ein- und Zweifamilienhäuser; bei Eigentümerwechsel gilt Zwei-Jahres-Frist
- Oberste Geschoßdecken müssen bis 31. 12. 2006 gedämmt werden ($U_{max} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{k}$)
- Ungedämmte Wärmeverteil- und Warmwasserleitungen in unbeheizten Räumen müssen (wenn zugänglich) bis 31. 12. 2006 gedämmt werden

Modernisierung/Ersatz

- Außenbauteile, die außen oder innen mit Bekleidung oder Verschalung versehen werden, dürfen folgende U-Werte ($\text{W/m}^2\text{k}$) nicht überschreiten:
 - Außenwände bei Modernisierung außen 0,35 und innen 0,45
 - Steildach 0,30
 - Flachdach 0,25
 - Kellerdecke, Erdgeschoßfußboden bei Modernisierung außen 0,40 und innen 0,50
- Verglasung bei Fenster und Türen 1,50
- Fenster und Türen einschließlich Rahmen 1,70

Bild 5 Anforderungen der EnEV an den Bestand

Handwerk relevant ist die Erneuerung alter Kessel sowie die nachträgliche Dämmung aller zugänglichen warmen Verteilleitungen.

Der Jahres-Primärenergiebedarf Q_p ergibt sich nach der DIN V 4701-10:

$$Q_p = (Q_h + Q_{tw}) e_p$$

Hierin bedeuten:

Q_h = Jahres-Heizwärmebedarf berechnet nach DIN V 4108-6 oder nach Anhang 1, Abschnitt 3 der Energieeinsparverordnung
 Q_{tw} = Jahres-Wärmebedarf für die Trinkwassererwärmung. Dieser Wärmebedarf wird in der Verordnung mit $12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ als feste Größe angegeben und für alle Anwendungsfälle konstant gehalten. Dieser Wärmebedarf entspricht einem täglichen Bedarf an warmem Wasser von 23 Litern pro Person bei $50 \text{ }^\circ\text{C}$ Wassertemperatur an der Zapfstelle.

e_p = Anlagen-Aufwandszahl nach DIN V 4701-10 einschließlich Primärenergiefaktor für den gewählten Energieträger und Hilfsenergiebedarf

Eine zentrale Kenngröße

Mit der DIN V 4701-10 werden erstmals alle anlagentechnischen Komponenten zur Heizwärme- und Warmwasserbereitstellung für ein gesamtes Jahr bewertet. Als Ergebnis ergibt sich eine einzige Kenngröße:

$$e_p = \frac{\text{Primärenergieeinsatz}}{\text{Nutzwärme für Raumwärme (im Raum) + Nutzwärme für Warmwasser (an den Zapfstellen)}} = \frac{Q_p}{Q_h + Q_{tw}}$$

beheizten Gebäudehülle) sowie dem Heizwärmebedarf des Gebäudes ab. Daraus folgt: e_p ist keine fixe Zahl für ein bestimmtes Anlagenkonzept, sondern zusätzlich vom gewählten Wärmeschutz des Gebäudes abhängig. Dieser Zusammenhang läßt sich anschaulich am Berechnungsschema der Trinkwassererwärmung (Bild 7) und der Raumheizung (Bild 8) erläutern. Der Bedarf geht in beiden Fällen von der Nutzwärme am Wasserzaphahn bzw. der Heizwärme an den Raum aus. Da bei jeder Stufe (Verteilung, Speicherung, Erzeugung, Primärenergieumwandlung) Verluste auftreten, steigt der Energieaufwand mit den nach rechts „wachsenden“ roten Pfeilen. Bei der Warmwasserbereitung ist noch eine Besonderheit zu berücksichtigen: Steht der Warmwasserspeicher innerhalb der beheizten Gebäudehülle (z. B. Hauswirtschaftsraum) und sind die Verteilleitungen ebenfalls innerhalb der beheizten Räume verlegt, so tragen die Wärmeverluste von Speicher und Leitungen zur Raumerwärmung in der Heizperiode bei. Daher wird ein Teil dieser Verluste als Gutschrift für die Heizwärme verrechnet. Beim Einsatz einer Solaranlage als Wärmeerzeuger wird dies mit dem Primärenergiefaktor 0 berücksichtigt. Für eine bestimmte Anlagentechnik (z. B. Brennwertkessel mit Trinkwassersolarspeicher) sind die Anlagenverluste konstant. Diese Anlagenverluste haben z. B. bei ei-

Je geringer der Primärenergieverbrauch eines Anlagensystems, um so kleiner wird die Anlagenaufwandszahl e_p . In Bild 6 sind alle wesentlichen Einflußgrößen auf e_p dargestellt. Neben dem Energieträger und der Anlagentechnik hängt e_p aber auch ganz wesentlich von der Installationsart (Geräte und Leitungen innerhalb oder außerhalb der

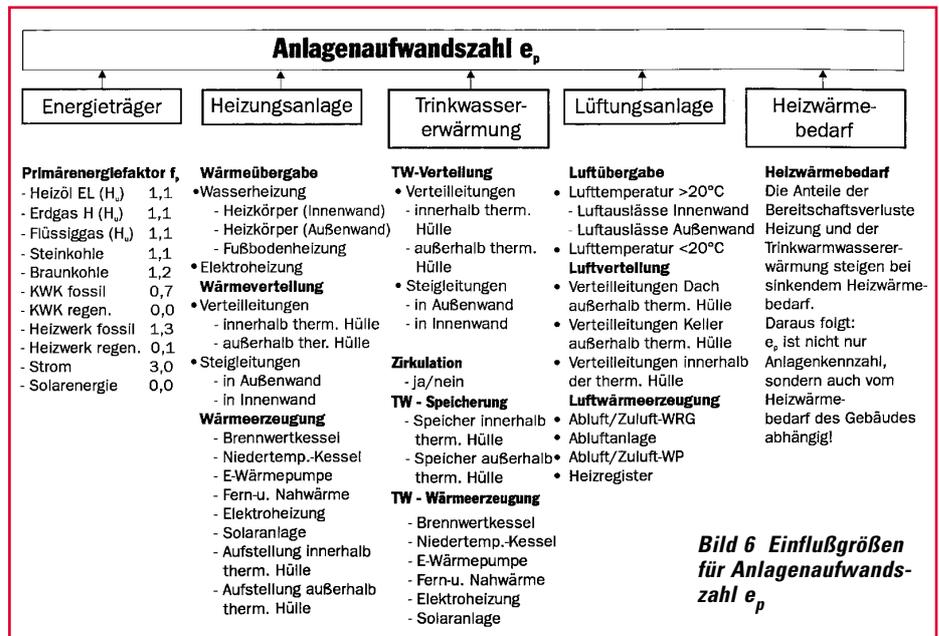


Bild 6 Einflußgrößen für Anlagenaufwandszahl e_p

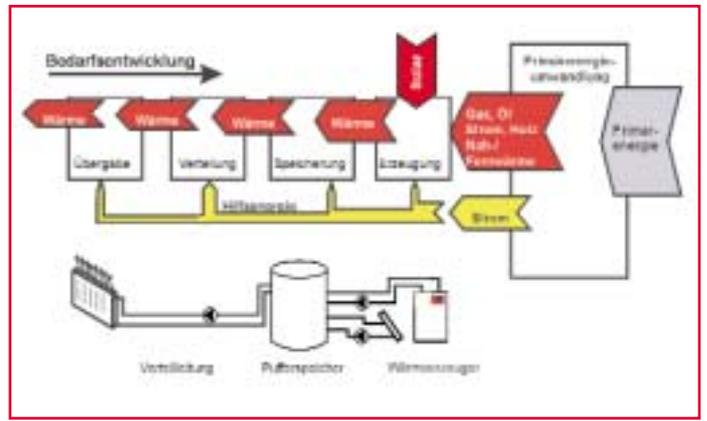
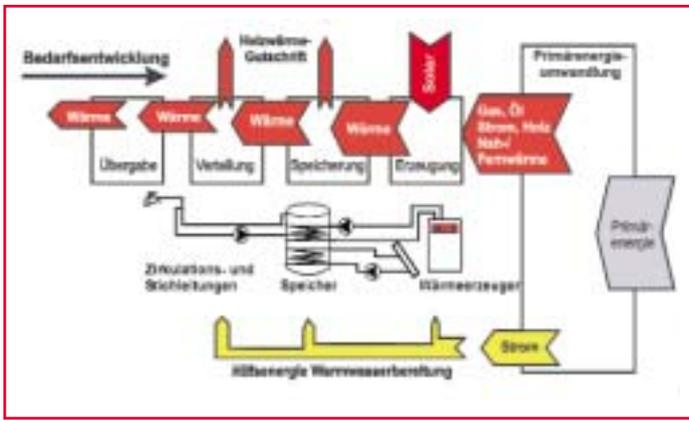


Bild 7 Berechnungsschema Trinkwassererwärmung

Bild 8 Berechnungsschema Raumheizung

dem Haus mit einem Wärmebedarf von 80 kWh/m²a für Heizwärme und Warmwasser einen Anteil von 20 %. Sinkt der Wärmebedarf auf 40 kWh/m²a erhöhen sich die Anlagenverluste anteilmäßig auf ca. 40 %. Daher kann es keinen bedarfsunabhängigen Anlagenkennwert e_p geben.

Anlagenkonzepte im Vergleich

Sonnenenergie wurde bislang im Rahmen der Wärmeschutzverordnung 1995 nur als passive solare Gewinne über Fenster berücksichtigt. Erstmals werden mit der

EnEV jetzt auch Solaranlagen positiv bewertet. Ist die notwendige Kollektorfläche (Bild 9) entsprechend der Nutzfläche des Gebäudes vorhanden, wird die Solaranlage standardmäßig bei der Anlagenbewertung nach DIN V 4701-10 entweder zur Trinkwassererwärmung oder als Kombianlage mit zusätzlicher Heizungsunterstützung bewertet. Wird eine Solaranlage für Warmwasser entsprechend dem Diagramm (Bild 9, blaue Kurve) ausgelegt, so ergeben sich nach DIN V 4701-10 solare Deckungsanteile bei Solarspeichern innerhalb der be-

heizten Hülle von 51–68 % und bei Aufstellung des Solarspeichers außerhalb der beheizten Hülle von 49–63 % am Jahresenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung. Ist die Kollektorfläche um das 1,8fache größer als zur Warmwasserbereitung (Bild 9, rote Kurve), wird zusätzlich ein Anteil von 10 % des Heizenergiebedarfs von der Solaranlage abgedeckt.

Basisdaten der drei Konzepte

Für folgende Anlagenkonzepte wurden die Anlagenaufwandszahlen e_p für Gebäudenutzflächen von 100 m²–500 m² ermittelt:

■ NT-Kessel, Aufstellung außerhalb des beheizten Bereiches (a)

Verteilung Heizung außerhalb des beheizten Bereiches ($V_H - a$),

indirekt beheizter Trinkwasserspeicher (Solarspeicher bei TW – Solar und TW + HZ – Solar),

Warmwasserverteilung außerhalb des beheizten Bereiches ($V_w - a$) mit Zirkulation und Lüftung über Fenster

■ NT-Kessel, Aufstellung innerhalb des beheizten Bereiches (i)

Verteilung Heizung innerhalb des beheizten Bereiches ($V_H - i$),

indirekt beheizter Trinkwasserspeicher (Solarspeicher bei TW – Solar und TW + HZ – Solar),

Warmwasserverteilung innerhalb des beheizten Bereiches ($V_w - i$) mit Zirkulation und Lüftung über Fenster

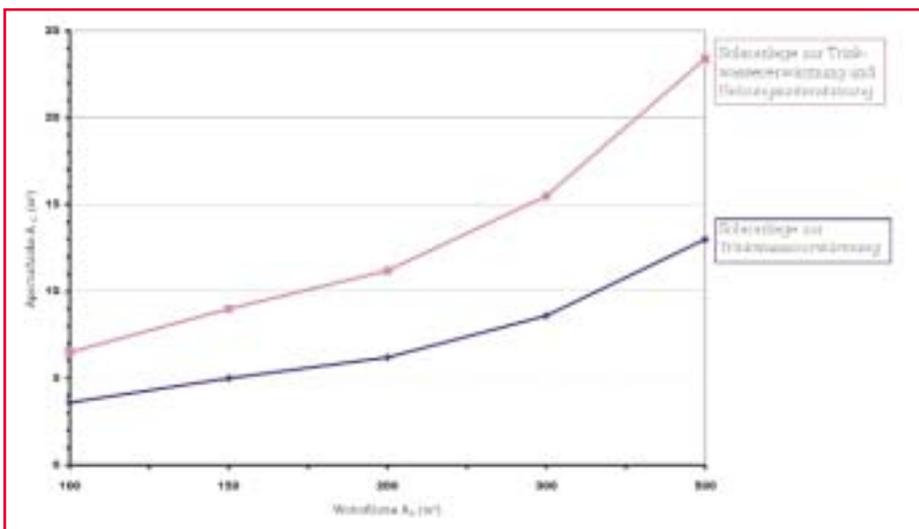


Bild 9 Notwendige Kollektorfläche nach EnEV (DIN V 4701-10)

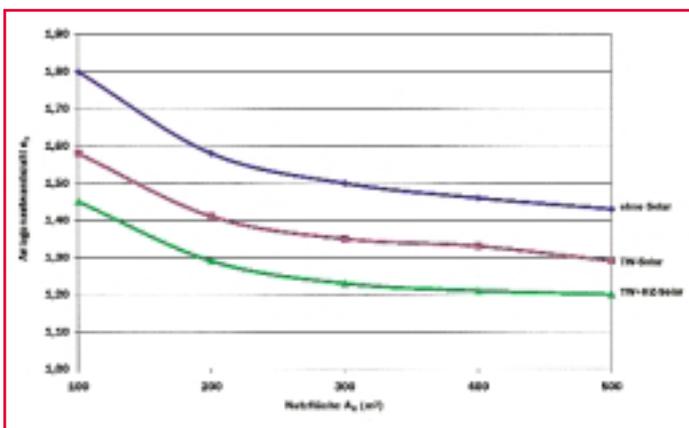


Bild 10a Anlagenaufwandszahl e_p für Anlagentechnik (NT-Kessel) außerhalb der beheizten Hülle (Keller), $q_H = 90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

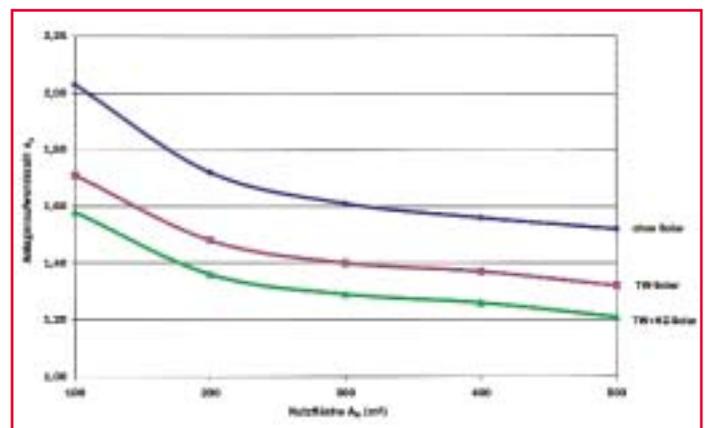


Bild 10b Anlagenaufwandszahl e_p für Anlagentechnik (NT-Kessel) außerhalb der beheizten Hülle (Keller), $q_H = 60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

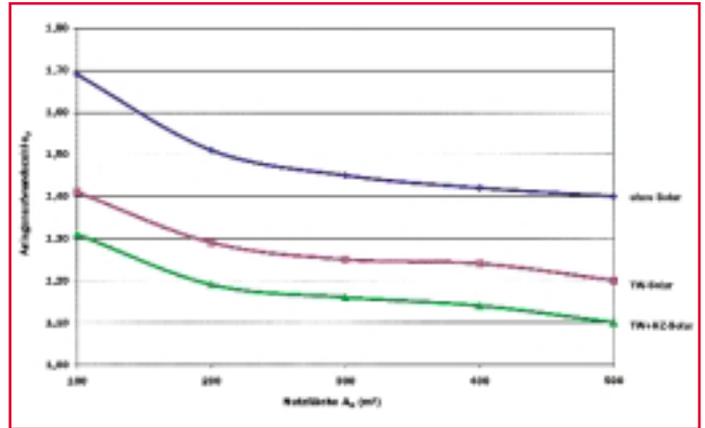
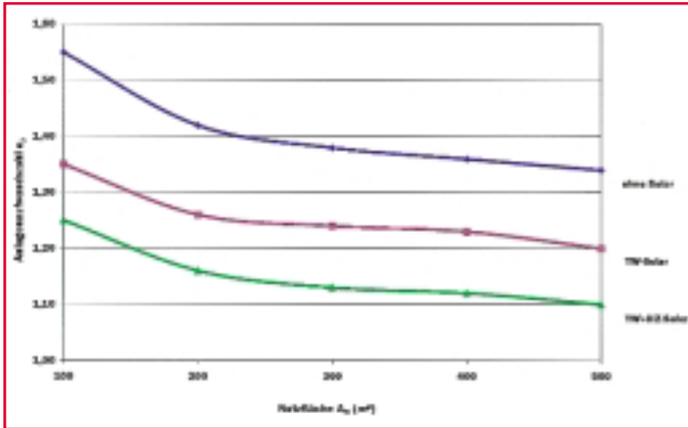


Bild 11a Anlagenaufwandszahl e_p für Anlagentechnik (NT-Kessel) innerhalb der beheizten Hülle, $q_H = 90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Bild 11b Anlagenaufwandszahl e_p für Anlagentechnik (NT-Kessel) innerhalb der beheizten Hülle $q_H = 60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

■ Brennwertkessel (Gas), Aufstellung innerhalb des beheizten Bereiches, Verteilung Heizung außerhalb des beheizten Bereiches ($V_H - i$), indirekt beheizter Trinkwasserspeicher (Solarspeicher bei TW – Solar und TW + HZ – Solar), Warmwasserverteilung außerhalb des beheizten Bereiches ($V_w - i$) mit Zirkulation und Lüftung über Fenster
Die drei Anlagenkonzepte wurden jeweils in drei Varianten dargestellt:

- Grundvariante ohne Solaranlage
- Grundvariante mit solarer Trinkwassererwärmung
- Grundvariante mit Kombisolaranlage zur Trinkwassererwärmung und solarer Heizungsunterstützung.

Um zusätzlich den Einfluß des Gebäude-dämmstandards darzustellen, wurden alle Anlagenkonzepte für verschiedene Heizwärmebedarfe durchgerechnet. Ausgangsbasis für alle Berechnungen sind die Standardwerte für die Anlagenkomponenten nach DIN V

4701-10. Die Diagramme können direkt für die Gebäude- und Anlagenplanung nach der neuen EnEV eingesetzt werden.

Resultate für das NT-Konzept

In Bild 10a und 10b sind die Anlagenaufwandszahlen für zwei verschiedene Dämmstandards ($90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und $60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) mit NT-Kessel und Anordnung der Anlagentechnik außerhalb der thermischen Hülle dargestellt. Die e_p -Werte sinken mit steigender Nutzfläche, da die Anlagenverluste im Verhältnis zum steigenden Wärmebedarf geringer werden. Die Diagramme zeigen deutlich den positiven Einfluß der Solartechnik. Durch eine Warmwassersolaranlage läßt sich der e_p -Wert um ca. 15 % senken. Eine Kombisolaranlage mit Heizungsunterstützung senkt die Anlagenaufwandszahl um ca. weitere 10 %. Bei einer Reduzierung des Heizwärmebedarfs von $90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ auf $60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ klettern die e_p -Werte je nach Nutzfläche um 5–10 %, da die Anlagenverluste relativ zum niedrigeren Wärmebedarf ansteigen.

Eine deutliche Verbesserung der e_p -Werte läßt sich durch Installation der Geräte und Verteilungen innerhalb der beheizten Gebäudehülle erreichen, wie die Bilder 11a und 11b zeigen. Durch Nutzung der Anlagenverluste in der Heizperiode für die Beheizung des Gebäudes sinken die Kennzahlen bis zu 15 %.

Resultate für das Brennwertkonzept

Durch Einsatz moderner Brennwertkessel und Fußbodenheizung läßt sich die Energieeffizienz gegenüber NT-Kesseln um bis zu 10 % steigern. Die entsprechenden Ergebnisse sind in den Bildern 12a und 12b dargestellt. Der Heizwärmebedarf wurde zwischen $70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und $30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (Niedrigenergiehäuser) variiert. Die Ergebnisse zeigen auch den steigenden Anteil der Wassererwärmung bei sinkendem Heizwärmebedarf. Je geringer der Heizwärmebedarf um so stärker wird der positive Effekt einer Solaranlage. In Bild 12b sinken die e_p -Werte durch eine Warmwassersolaranlage um bis zu 25 %.

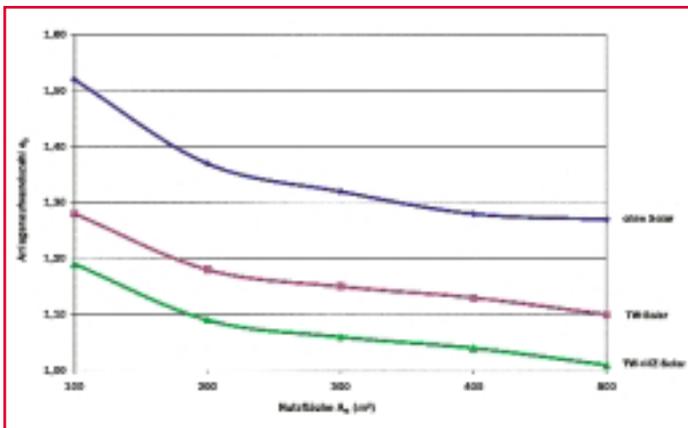


Bild 12a Anlagenaufwandszahl e_p für Anlagentechnik (Brennwertkessel) innerhalb der beheizten Hülle, $q_H = 70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

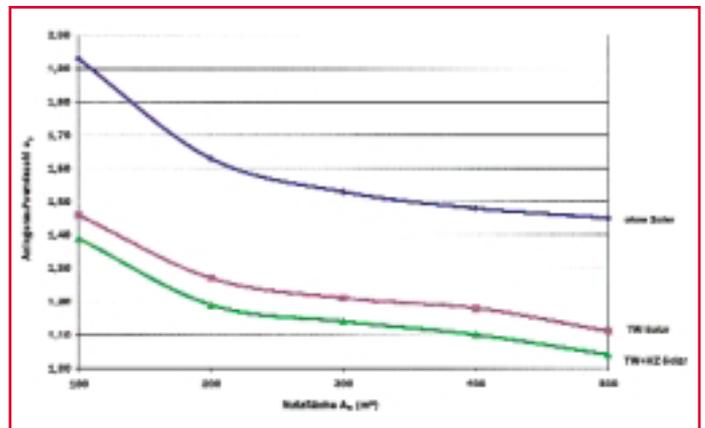


Bild 12b Anlagenaufwandszahl e_p für Anlagentechnik (Brennwertkessel) innerhalb der beheizten Hülle mit Zirkulation, $q_H = 30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

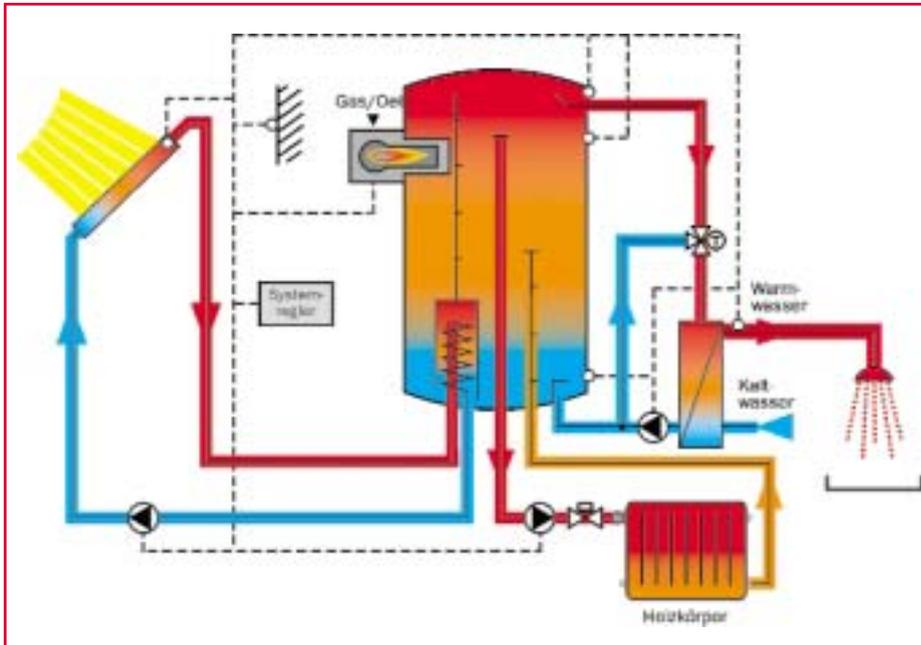


Bild 13 Integrierter Solarheizkessel SolvisMax für Gas-Brennwert und Öl-Niedertemperatur

Vorteile mit Solaranlagen

Als Ergebnis zeigt sich der deutliche Vorteil von Anlagenkonzepten mit Solaranlagen. Besonders integrierte Konzepte (Bild 13) erreichen deutlich bessere e_p -Werte als die Standardwerte in der DIN 4701-10. In Bild 14 sind die Aufwandszahlen für konventionelle Wassererwärmung im Vergleich zum integrierten Gerät „SolvisMax“ für ein Gebäude mit $A_N = 150 \text{ m}^2$ dargestellt. Die Daten für die konventionelle Wassererwärmung sind die Standardwerte nach DIN V 4701-10, die „SolvisMax“-Daten geprüfte Meßwerte. Die Aufwandszahl e_{TW} stellt den Kehrwert des Jahresnutzungsgrades für reine Warmwassererwärmung dar. Nachfolgend sind die Aufwandszahlen in Jahresnutzungsgrade umgerechnet:

- NT-Kessel + TW-Speicher: $\eta_{TW} = 0,69$
- „SolvisMax“ NT: $\eta_{TW} = 0,83$
- Brennwertkessel + TW-Speicher: $\eta_{TW} = 0,71$
- „SolvisMax“ Gas: $\eta_{TW} = 0,93$

Konsequenzen für die Praxis

In Bezug auf Entwurf und Ausführung der Gebäudehülle ergeben sich folgende Konsequenzen aus der EnEV 2002:

- Kompakte Bauweise reduziert die wärmeabgebende Gebäudeoberfläche.
- Südorientierung ermöglicht maximale passive solare Energiegewinne durch die Fenster.
- Guter Wärmeschutz garantiert hohe Behaglichkeit und langfristige Wirtschaftlichkeit bei steigenden Energiepreisen.
- Geprüfte Dichtigkeit mit Blower-Door-Messung vermeidet Bauschäden und ist Voraussetzung für niedrige Lüftungs-Wärmeverluste und Einsatz von Wärmerückgewinnung.

In Bezug auf die Anlagentechnik ergeben sich folgende Konsequenzen aus der EnEV 2002:

- Trinkwassererwärmung sollte in Wohngebäuden grundsätzlich mit zentralem Speicher erfolgen. Nur so ist der optimale Einsatz von Solartechnik möglich. Besonders auch in Mehrfamilienhäusern ist eine zentrale Trinkwassererwärmung wichtig. Dann kann die Wärmeversorgung einer Immobilie z. B. auf Fernwärme, Kraft-Wärme-Kopplung oder auf CO_2 -neutrale Holz-hackschnitzel oder Holzpellets umgestellt werden.
- Wärmeerzeuger und Wärmeverteilung für Heizung, Trinkwasser und Lüftung sollten möglichst in der beheizten Gebäu-

dehülle installiert werden. So können die Anlagenverluste direkt zur Beheizung genutzt werden und die e_p -Werte sinken um 10–13 %.

- Wärmeerzeuger sollten raumluftunabhängig betrieben werden um unnötige Auskühlung zu vermeiden.
- Solarenergie zur Wassererwärmung und Heizungsunterstützung wird mit Primärenergiefaktor 0 bewertet und verbessert die Anlagenaufwandszahl um bis zu 30 %.
- Brennwerttechnik verbessert die Ausnutzung von Gas und Öl um bis zu 10 %.
- Lüftungsanlagen garantieren hohe Luftqualität, verhindern Schimmelbildung und Wärmerückgewinnungsanlagen reduzieren den Heizenergiebedarf.
- Werden über 70 % der Energie für Heizwärme und Warmwasser durch regenerative Energie (Solar, Holzpellets etc.) oder Umweltwärme (Wärmepumpe mit Leistungszahl besser 3,3) bereitgestellt, muß nur der Mindestwärmeschutz (H_T) eingehalten werden.
- Das KfW-Förderprogramm bietet günstige Voraussetzung für den Einsatz moderner Energiespartechnologien und den Bau langfristig rentabler Häuser, die Energiepreissteigerungen nicht fürchten müssen und hohen Wohnkomfort bieten.

Literatur:

- Energieeinsparverordnung, Kommentar zur DIN V 4701-10, Boris Kruppa, Rolf Peter Strauß, Beuth-Verlag,
- Sämtliche Berechnungen wurden mit dem Programm „EP“ des TWW der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel durchgeführt, Kati Jagnow

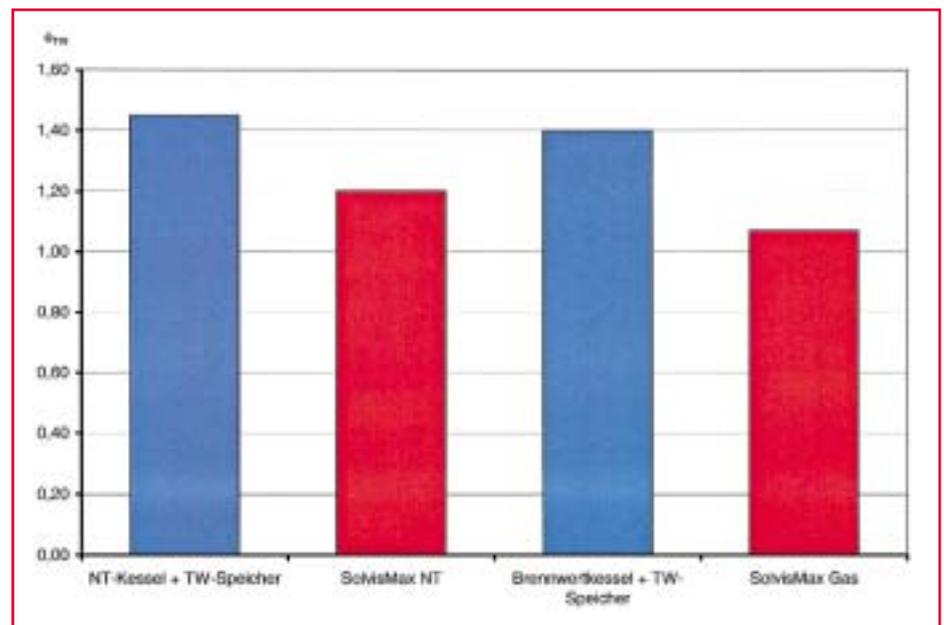


Bild 14 Aufwandszahlen für Warmwassererwärmungssysteme