

Energetische Bewertung der Anlagentechnik

Heiz-Ass

Die Energieeinsparverordnung schreibt seit 2002 energetische Mindeststandards für Wohngebäude vor – und zwar sowohl für Neubauten als auch für zu sanierende Altbauten. Dazu muss ein Planer zunächst ein Energiekonzept erarbeiten. Bei einer Sanierung hängt die Qualität dieses Konzepts aber wesentlich davon ab, wie umfassend und sorgfältig zuvor der Ist-Zustand des Gebäudes erfasst wurde. Dabei reicht es nicht aus, nur ein Auge auf die energetische Qualität der Gebäudehülle und -konstruktion zu werfen. Ebenso wichtig ist es, die vorhandene Anlagentechnik korrekt bewerten. Die DIN 4701 mit ihren Teilen 10 und 12 ist dafür ein hilfreiches Werkzeug.



Die Architekten der EnEV verfolgten einst das Ziel, den Energiebedarf künftiger Gebäude durch eine ganzheitliche Betrachtungsweise weitaus effizienter zu senken, als dies mit den bis 2002 gültigen Verordnungen der Fall war. Mit der Überlegung, die bis dahin geltende Wärmeschutzverordnung (WSchV'95) und die Heizungsanlagenverordnung (HeizAnlV) in der EnEV zusammenzufassen, schufen sie mit den darin definierten Rahmenbedingungen eine umfassende Basis, um die energetische Qualität eines neuen oder zu sanierenden Wohngebäudes zuverlässig bewerten zu können.

Was fordert die EnEV?

Im Kern fordert die EnEV, den Primärenergiebedarf Q_p eines Gebäudes so weit als möglich zu begrenzen – dieser umfasst den gesamten energetischen Aufwand (Energiebedarf inklusive der vorgeschalteten Prozessketten), der pro Jahr für ein Gebäude benötigt wird. Wie hoch der Primärenergieaufwand für die Bereitstellung des Energieträgers ist, erschließt sich aus dem Primärenergiefaktor, der für Öl, Gas, Strom oder Biomasse unterschiedlich hoch ist. Zur Bestimmung des Jahres-Primärenergiebedarfs müssen der Jahres-Nutzwärmebedarf des Gebäudes (Heizwärmebedarf Q_h und Trinkwasserwärmebedarf Q_{tw}) sowie die Aufwandszahl der Anlagentechnik e_p bekannt sein: $Q_p = (Q_h + Q_{tw}) \cdot e_p$.

Wie viel oder wie wenig Energie ein Gebäude benötigt, hängt wesentlich davon ab, nach welcher Himmelsrichtung die Räume orientiert sind, wie gut die thermische Hülle gedämmt ist und ob alle Fugen und Anschlüsse hinreichend luftdicht verschlossen sind. Die energetische Qualität der Wärme übertragenden Umschließungsfläche bildet somit die Grundlage zur Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs nach DIN 4108 Teil 6. Dieser bildet gemeinsam mit dem Trinkwasserwärmebedarf und sämtlichen Hilfsenergien den Löwenanteil des Endenergiebedarfs, der mit entsprechenden Betriebskosten und Schadstoffemissionen zu Buche schlägt. Dies bedeutet: Je hochwertiger der Wärmeschutz eines Gebäudes, desto niedriger ist der Heizwärmebedarf. Und: Je geringer der Jahres-Heizwärmebedarf, desto niedriger ist der energetische Aufwand, um den gesamten Endenergiebedarf abdecken zu können, der natürlich auch durch die Anlagentechnik bestimmt wird. Folglich ist bei einer anstehenden Sanierung die vorgefundene Anlagentechnik vollständig zu erfassen und zu bewerten, um mit dieser Kenntnis Optimierungspotenziale aufzudecken, die sich nicht unmittelbar (auf den ersten Blick) erschließen. Außerdem schafft man sich mit dem dokumentierten Ist-Zustand eine wichtige technische Vergleichsgrundlage, um aus verschiedenen Anlagenvarianten die effizientesten Modernisierungsansätze

1 Aufwandszahlen von Wärmeerzeugern aus fossilen Brennstoffen

Beheizte Nutzfläche	Aufwandszahl e_g (-)							Hilfsenergie Q_{g-HE} (kWh/m ² a)
	Konstanttemperaturkessel	Niedertemperaturkessel			Brennwertkessel			
		Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle						
	Alle	70/55	55/45	35/28	70/55	55/45	38/28	
AN (m ²)	e_g (-)							
100	1,38	1,15	1,14	1,12	1,08	1,05	1,00	0,79
150	1,33	1,14	1,13	1,11	1,07	1,05	1,00	0,66
200	1,30	1,13	1,12	1,11	1,07	1,04	0,99	0,58
300	1,27	1,12	1,12	1,10	1,06	1,04	0,99	0,48
500	1,23	1,11	1,11	1,10	1,05	1,03	0,99	0,38
750	1,21	1,11	1,10	1,10	1,05	1,03	0,99	0,31
1000	1,20	1,10	1,10	1,09	1,05	1,02	0,99	0,27
1500	1,18	1,10	1,09	1,09	1,04	1,02	0,98	0,23
2500	1,16	1,09	1,09	1,09	1,04	1,02	0,98	0,18
5000	1,14	1,09	1,08	1,08	1,03	1,01	0,98	0,13

Die Norm enthält zwei Bewertungsverfahren bezüglich des Wirkungsgrades von Brennwertkesseln. Wenn zur Berechnung des Primärenergiebedarfs im Rahmen des Nachweises der EnEV die Aufwandszahl für „Brennwert verbessert“ angewandt wird, muss der tatsächlich eingebaute Kessel einen nachgewiesenen verbesserten Wirkungsgrad aufweisen, dessen Berechnungsgrundlage in der Norm angegeben ist. Kennt man den Wirkungsgrad des Kessels nicht, so ist der Standardwert der Norm zu verwenden.

herausstellen zu können und so die energetische Qualität des Wohngebäudes zu verbessern. Die anlagentechnische Optimierung ist umso wichtiger, wenn der Wärmeschutz eines Gebäudes nicht oder nur begrenzt verbessert werden kann – zum Beispiel, weil es sich um ein denkmalgeschütztes Objekt handelt.

Normen

Für ein tragfähiges energetisches Konzept kommt man als Planer also nicht daran vorbei, die vorgefundene oder neu zu installierende Anlagentechnik umfassend zu bewerten. Wie das geht, beschreibt der Teil 10 der DIN 4701, der auf mehr als 150 Seiten über die energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen und die Trinkwassererwärmung informiert. Obwohl der Teil 10 im Grunde für den Neubau konzipiert ist, sind die Inhalte auch weitgehend für die Modernisierung gültig. Lediglich in Teil 12 der Norm finden sich einige ergänzende Hinweise zu Anlagen in bestehenden Gebäuden: Diese beziehen sich auf die Wärmeerzeugung zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung; aufgeführt sind auch die entsprechenden Kennzahlen für ältere Wärmeerzeuger bis Baujahr 1994, wie sie im Bestand anzutreffen sind. Für die Wärmeübergabe an den Raum und die Wärmeverteilung enthält der Teil 12 keine Berechnungsgrundlagen; stattdessen wird an entsprechender Stelle deutlich auf den Teil 10 der Norm verwiesen.

Die Anlagen-Aufwandszahl e_p wird folglich auch im Bestand nach DIN V 4701-10 ermittelt. Sie beschreibt das Verhältnis der von der Anlagentechnik aufgenom-

menen Primärenergie in Relation zu der von ihr abgegebenen Nutzwärme. Der Jahres-Heizwärmebedarf wird entweder nach dem Monatsbilanzverfahren der DIN V 4108 Teil 6 bestimmt, oder nach dem in der Verordnung selbst angegebenen Heizperiodenbilanzverfahren. Durch den Einsatz erneuerbarer Energien kann die Anlagenaufwandszahl durchaus geringer als 1,0 sein.

Bestandsermittlung

Der Trinkwasser-Wärmebedarf wird in der EnEV und der DIN 4701-10 pauschal mit 12,5 kWh/(m²a) festgelegt. Dies ist ein auf die Nutzfläche bezogener, pauschalierter Wert und würde bei einer Wohnfläche von 150 m² bedeuten, dass zur Bereitstellung von Trinkwarmwasser ein jährlicher Wärmebedarf in Höhe von 1875 kWh anfällt. Teilt man diesen Wert durch 365, so liegt der tägliche Energiebedarf zur Warmwasserbereitung bei 5,14 kWh, was für einen Haushalt mit drei bis vier Personen genügend sein kann. Gerade in Bestandsgebäuden sollte man aber die tatsächlichen Verbrauchswerte erfassen, die sich aus den individuellen Nutzeranforderungen und -gewohnheiten ergeben und zudem Grundlage für die Dokumentation des Nutzerprofils sind. Auch die Ergebnisse des berechneten Trinkwasser-Wärmebedarfs müssen in der Praxis mit den tatsächlichen Gegebenheiten abgeglichen werden. Dies gilt auch für die Ermittlung des Endenergiebedarfs, der natürlich im Wesentlichen vom Jahres-Heizwärmebedarf geprägt wird, aber auch durch das individuelle Nutzerverhalten beeinflusst wird. Der ausgewiesene Endenergiebedarf entspricht in den sel-

tensten Fällen auch dem tatsächlichen Verbrauch, den die Hausbesitzer ja sehr wohl kennen. Der Grund für diese Differenz ist zum Beispiel in der angenommenen mittleren Raumlufttemperatur zu suchen, die ja nie konstant ist, sondern durch temporär genutzte Räume, durch Nachtabsenkung oder Urlaubsschaltungen im Jahresmittel deutlich unter der normalen Raumlufttemperatur liegt. Durch entsprechende Anpassungen im Rechenverfahren lassen sich dann die errechneten Werte an die tatsächlichen Werte angleichen.

Das Rechenverfahren der Norm muss jedoch standardisiert sein, um verschiedene Anlagensysteme überhaupt miteinander vergleichen zu können, was ja ein wichtiges Ziel ist. Im Bestand ist der Abgleich mit den tatsächlichen Werten unverzichtbar, um den Ist-Zustand verlässlich ermitteln zu können.

Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs

Will man eine energetische Bewertung der Anlagentechnik vornehmen, muss man den Jahres-Heizwärmebedarf unbedingt kennen. Bei Altbauten ist der Endenergiebedarf ja aus den Verbrauchsabrechnungen (Heizöl, Gas, Strom) ersichtlich und kann zur überschlägigen Ermittlung des Heizwärmebedarfs genutzt werden. Liegt der Heizölverbrauch beispielsweise bei 2000 Liter pro Jahr, entspricht dies in etwa einer Energiemenge von 20000 kWh, welche die Zentralheizungsanlage in einem Jahr benötigt, um nicht nur den Heizwärmebedarf, sondern auch den Energiebedarf zur Trinkwassererwärmung abzudecken – vorausgesetzt die Deckungsrate des Ölkessels liegt bei 100 Prozent. Wird die Trinkwassererwärmung von einer solarthermischen Anlage unterstützt, muss der solare Deckungsanteil ermittelt beziehungsweise eingerechnet werden. In so einem Fall lassen sich nur sehr schwer Rückschlüsse auf den tatsächlichen Jahres-Heizwär-

mebedarf ziehen. Überschlägige Ermittlungen sind also nur in einfach konzipierten Standardanlagen und der entsprechenden Erfahrung möglich.

Im Rahmen der Bestandsaufnahme sind aber ohnehin die entsprechenden Daten zur Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs aufzunehmen, um diesen nach Teil 6 der DIN 4108 zu berechnen. Hier wird dann auch deutlich, welchen Stellenwert die energetische Qualität der Gebäudehülle hat, die letztendlich die Basis für eine energieeffiziente Anlagentechnik darstellt.

Bewertung von Bestandsanlagen

Zur energetischen Bewertung der bestehenden Anlagentechnik (Heizen, Lüften und Trinkwasser erwärmen) wird eine auf die Primärenergie bezogene Anlagen-Aufwandszahl inklusive Hilfsenergie errechnet, die als dimensionslose Kennzahl die Effizienz der Anlage beschreibt. Zur Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl und des Primärenergiebedarfs stellt die DIN 4701-10 drei Verfahren auf Basis des Jahres-Heizwärmebedarfs zusätzlich des nutzflächenbezogenen Warmwasserbedarfs zur Auswahl:

- Beim Diagrammverfahren werden Anlagen-Aufwandszahl und Endenergiebedarf auf grafischem Wege ermittelt, und zwar anhand von Aufwandszahl-Diagrammen in Abhängigkeit vom flächenbezogenen Heizwärmebedarf q_h und der Nutzfläche AN. Die Diagramme werden exemplarisch für sechs gängige Anlagensysteme im Anhang der Norm dargestellt. Dieses Verfahren bietet sich an, wenn die Zusammenstellung der Anlage bereits festgelegt ist.
- Das Tabellenverfahren kann angewendet werden, wenn ein Gerät oder ein Bestandteil der Anlagentechnik noch nicht bekannt ist. Für diesen Fall bietet die Norm im Anhang Kennwert-Tabellen von Standardprodukten. Diese Standardwerte können

2 Aufwandszahlen von Wärmeerzeugern aus Umweltwärme

	Aufwandszahl	Hilfsenergie	
	etw _g (-)	q _{TW,gHE} (kWh/m ² a)	
Elektro-Heizstab	1,0	0,0	
Durchlauferhitzer, Speicher	1,0	0,0	
Heizungswärmepumpe Wasser/Wasser	0,23	$0,8 \cdot A_N^{-0,1}$	
	0,27	$0,5 \cdot A_N^{-0,1}$	
	Erdreich/Wasser	0,30	0,0
	Luft/Wasser	0,25	0,0
Abluft/Wasser	0,25	0,0	
Trinkwasserwärmepumpe	0,26	0,0	
	Abluft	0,26	0,0
	Abluft/Zuluft ohne WÜT	0,29	0,0
	Abluft/Zuluft mit WÜT, n _{wrg} =0,6	0,31	0,0
	Abluft/Zuluft mit WÜT, n _{wrg} =0,8	0,33	0,0
Kellerluft	0,33	0,0	

Steht die Nutzung von Umweltwärme zur Debatte, zeigen die Aufwandszahlen deutlich den regenerativen Anteil dieser Ressource aus unserer unmittelbaren Umgebung. Die unterschiedlichen Aufwandszahlen verdeutlichen auch sehr anschaulich den energetischen Aufwand, der zu betreiben ist, um die unterschiedlichen Temperaturen bereitzustellen.

3 Unterscheidung von Trinkwassererwärmungssystemen

gebäudezentral	wohnungszentral	dezentral
Warmwasserspeicher im Keller oder Nebenraum versorgt von zentraler Stelle sämtliche Entnahmestellen im Haus	Warmwasserspeicher oder elektrischer Warmwassererzeuger steht in einer Wohnung und versorgt sämtliche Entnahmestellen in der Wohnung	Warmwasserspeicher direkt an jeder Entnahmestelle, wie beispielsweise Untertischboiler oder Wandhängende Boiler im Bad

Die entsprechende Bewertung der Art der Trinkwassererwärmung ist stets auf das jeweilige Gebäude zu beziehen.

zwar immer verwendet werden, jedoch gilt es zu berücksichtigen, dass diese Werte sich am unteren Durchschnitt der im Markt verfügbaren Anlagen orientieren.

- Das detaillierte Verfahren ist zu empfehlen, wenn die Kennwerte von ausgewählten Produkten der Hersteller vorliegen. Diese Angaben müssen aber mindestens den Randbedingungen und Vorgaben der DIN V 4701-10 genügen und können dann an die Stelle der Standardwerte (Tabelle 1) treten. Das detaillierte Verfahren eignet sich auch deshalb für den Gebäudebestand, weil die Nutzerbedürfnisse und tatsächlichen Werte vor Ort ermittelt werden müssen.

Anlagenaufwandszahlen

Die Aufwandszahlen von älteren Wärmeerzeugern zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung sind in Teil 12 der DIN 4701 detailliert mit Kennzahlen und Angaben zum Nutzungsgrad aufgeführt. Zur Bewertung von Wärmeverteilung und Wärmeübertragung wird ausdrücklich auf den Teil 10 verwiesen. Reduzierte Anlagen-Aufwandszahlen verbessern die energetische Qualität eines Wohngebäudes. Besonders bei den Wärmeerzeugern macht sich dies auf den ersten Blick bemerkbar (Tabelle 2).

Je größer der Anteil erneuerbarer Energien, umso geringer ist der Jahres-Primärenergiebedarf. Die für das Tabellenverfahren sowie das detaillierte Verfahren einheitlich verwendbaren Blätter zur Anlagenbewertung finden sich einschließlich Berechnungsbeispielen in den Teilen 10 und 12 der Norm. Zur Ermittlung der Anlagenaufwandszahl wird die vorhandene Anlagentechnik zunächst für Trinkwassererwärmung, dann für Lüftung und zuletzt für Heizung berechnet. Sowohl die strikte Trennung bei der Berechnung als auch die Reihenfolge begründen sich aus dem Umstand, dass nur so die Wärmemengen, die aus dem Trinkwassererwärmungssystem Teile des Jahres-Heizwärmebedarfs decken, berücksichtigt werden können:

Die Bestimmung von Kennzahlen für Anlagen zur Deckung des Trinkwasser-Wärmebedarfs beinhaltet die Übergabe des Trinkwarmwassers sowie die Trinkwarmwasserverteilung mit oder ohne Zirkulation. Es wird zwischen drei Trinkwassererwärmungssystemen unterschieden (Tabelle 3).

Unterschiedlich sind auch die Kenngrößen für den Warmwasserspeicher sowie für den Wärmeerzeuger, die sich schließlich auf den Primärenergiebedarf auswir-

ken. Eine Zirkulationspumpe im Dauerbetrieb wirkt sich wesentlich ungünstiger in der Aufwandszahl der Wärmeverteilung aus, als eine bedarfsorientierte Zirkulationspumpe. Ebenso werden die Deckungsanteile von Trinkwassererwärmungsanlagen bei kombinierten Systemen berücksichtigt. Solare Deckungsanteile werden mit Solar-Simulationsprogrammen ermittelt, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Die Deckungsrate sollte bei solarer Warmwassererwärmung mindestens 60 Prozent betragen, damit der Kessel im Sommer ausgeschaltet bleiben kann.

Zwar trifft man bei Altbauten selten auf eine Wohnungslüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, jedoch kann eine solche Lösung durchaus in einer Modernisierungsvariante bedacht werden, besonders wenn neue Fenster eingebaut werden und sich das zugeige Gebäude in eine luftdichte Festung verändert. Bei Lüftungsanlagen zur Deckung des Jahres-Heizwärmebedarfs werden die Übergabe an den Raum sowie die Verteilung in der Berechnung berücksichtigt. Je nach Art des Wärmeerzeugers im Lüftungsgerät ergeben sich unterschiedliche Kenngrößen für die Art der Wärmegewinnung.

Ähnlich wie bei der Deckung des Trinkwasser-Wärmebedarfs beginnt die Bestimmung der Kennzahlen

4 Primärenergiefaktoren fp

Energieträger		Primärenergie-Faktoren
Brennstoffe (1)	Heizöl EL	1,1
	Erdgas H	1,1
	Flüssiggas	1,1
	Steinkohle	1,1
	Braunkohle	1,2
	Holz	0,2 (2)
Nah/ Fernwärme aus KWK (3)	fossiler Brennstoff	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0
Nah/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	0,1
Strom	Strom-Mix	3

(1) Bezugsgröße Endenergie: unterer Heizwert Hu
 (2) Dieser Wert berücksichtigt ausschließlich den nicht-regenerativen Anteil
 (3) Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme

Primärenergiefaktoren nach dem aktualisierten Beiblatt mit Unterscheidung der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Anteile.

Quelle: DIN V 4701-10:2003-08

5 Beispielrechnung mit Ist-Zustand und zwei Varianten

	Ist-Zustand: NT-Heizkessel mit zentraler Trinkwassererwärmung	Variante 1: zusätzlich integrierte solarthermische Anlage	Variante 2: Brennwertkessel statt NT-Kessel (mit Solaranlage wie in Variante 1)
Primärenergiebedarf in kWh/(m ² a)	139,9	123,5	110,6
Endenergiebedarf in kWh/(m ² a)	121,7	106,1	94,1
Anlagen-Aufwandszahl	1,36	1,20	1,08

des Jahres-Heizwärmebedarfs mit der Wärmeübergabe an den Raum, es folgt die Verteilung der Wärme, dann richtet sich der Blick auf gebäudezentrale, dezentrale oder wohnungszentrale Heizungssysteme und zuletzt sind die Aufwandszahlen diverser Wärmeerzeuger und Primärenergiefaktoren zu ermitteln.

Beispiele einer Bewertung

Die Bewertung von Heizungs-, Lüftungs- und Trinkwassererwärmungsanlagen hinsichtlich Primärenergiebedarf, Energiebedarf und Aufwandszahlen zeigt die DIN beispielhaft an sechs ausgewählten Anlagen zur energetischen Bewertung der Anlagentechnik. Mit dem Inkrafttreten des Beiblatt 1 zur DIN 4701 Teil 10 werden diese sechs Anlagenbeispiele aus der Norm gestrichen, denn jetzt gelten die 100 Anlagensysteme, welche im Beiblatt 1 aufgeführt sind. Obgleich die Diagramme im Beiblatt dazu beitragen sollen, dass auch Planer ohne spezielle Fachkenntnisse in der Anlagentechnik die Norm anwenden können, ist es je nach Komplexität der zu bewertenden Anlage zu empfehlen, entweder einen Fachmann hinzuzuziehen oder sich zuvor grundlegende Kenntnisse über die Anlagentechnik anzueignen.

Tabelle 5 zeigt ein Beispiel auf Basis des Ist-Zustandes mit unterschiedlichen Wärmeerzeugern. Der Ist-Zustand beschreibt eine Heizanlage mit Niedertemperaturheizkessel und zentraler Trinkwassererwärmung. Die Variante 1 beinhaltet eine zusätzlich integrierte solarthermische Anlage; Variante 2 ersetzt den Niedertemperaturkessel durch einen Brennwert-Kessel. Die Wärmeverteilung und -übertragung bleiben bei beiden Varianten unverändert. Der Jahres-Heizwärmebedarf q_h beträgt jeweils 90 kWh/(m²a) bei einer Nutzfläche AN von 150 m².

Bei einem entsprechenden Anteil erneuerbarer Energie sinkt die Anlagen-Aufwandszahl unter 1,0, was folglich auch entsprechende Auswirkungen auf den Jahres-Primärenergie und Endenergiebedarf hat.

Fazit

Das Ziel der EnEV, Gebäude in energetischer Hinsicht ganzheitlich zu bewerten, stellt sowohl den Bauherrn als auch den Planer – also in der Regel den Architekten – vor die Situation, auch Entscheidungen hinsichtlich der energetischen Qualität der Anlagentechnik zu treffen. Grundsätzlich gestattet es die EnEV, die baulichen und anlagentechnischen Potenziale individuell auszuschöpfen, selbst den Schwerpunkt zu legen

und nach Belieben an den Stellschrauben zu drehen – solange nur der primärenergetische Mindeststandard erreicht wird.

Dies sollte aber nicht ohne Kenntnis der diversen Möglichkeiten und Grenzen geschehen, da die baulichen Voraussetzungen stets in Korrespondenz mit der Anlagentechnik stehen. Es lässt sich daher viel sicherer und zielstrebig planen, wenn man sich ein wenig in der Anlagentechnik auskennt, auch wenn diese Norm dem anlagentechnischen Nicht-Fachmann sehr entgegen kommt und besonders das Beiblatt 1 eine wertvolle Orientierungshilfe darstellt. Außer Frage steht, dass ein Planer die Inhalte der DIN V 4701 Teil 10 kennen und verstehen muss, wenn er vor der Aufgabe steht, ein Gebäude zu modernisieren und die Anlagentechnik dabei nicht hinten runter fallen soll. Für das praxisgerechte Umsetzen des Anlagenkonzeptes ist fraglos eine detaillierte Kenntnis der anlagentechnischen Bestandteile innerhalb der zu unterscheidenden Bereiche notwendig.

Literaturhinweise:

- [1] 100 Datenblätter für die Anlagenbewertung – GEB 4/2007
- [2] Vierteilige Serie Heizungsmodernisierung in Altbauten in GEB 4 bis 7&8/2007

AUTOR

Frank Hartmann ist Gas-Wasser-Installateur und Heizungs- und Lüftungsbauer, Elektroinstallateur und Energietechniker. Nach langjähriger Erfahrung im Handwerk mit dem Schwerpunkt Erneuerbare Energien gründete er 2002 in Zeilitzheim das Forum Wohnenergie als Dienstleistungszentrum für energieeffizientes Bauen und Modernisieren. Darüber hinaus ist Frank Hartmann Vorsitzender des Fachausschusses Wärmepumpe der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS) mit Sitz im Forum Wohnenergie und sowohl im Projektmanagement als auch in der Weiterbildung, Qualifizierung und Beratung tätig. Mitbegründer der Solartechnik-Schule Nürnberg.

Kontakt: www.forum-wohnergie.de

