

Bewertung der Anlagentechnik nach Energieeinsparverordnung EnEV

Autor: Klaus Lambrecht
www.solaroffice.de

Die seit 1. Februar 2002 geltende Energieeinsparverordnung EnEV unterstützt einen integralen Planungsansatz durch Zusammenführen der Gebäudehülle und Anlagentechnik bei der energetischen Bewertung von Gebäuden. Bei der Gebäudetechnik wird dem Architekten, als zentralem Glied und Moderator eines Planungsteams, infolge dessen ein wesentlich fundierteres Know-how als bislang abverlangt. Seine Aufgabe ist es, die Informationen und Vorgaben der Fachplaner zu prüfen, aufeinander abzustimmen und in die Gesamtplanung einzuarbeiten. Dazu sind fundierte Kenntnisse über die Möglichkeiten der Wärmeerzeugung, -speicherung, -verteilung und -übergabe sowie deren Quellen notwendig.

Jetzt zählt die Primärenergie

Die Bewertungsgrößen der EnEV sind der Jahresprimärenergiebedarf Q_p sowie der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust H_T' . Bei Neubauten mit normalen Innentemperaturen darf der Jahresprimärenergiebedarf je nach A/V-Verhältnis maximal rund 70 – 150 kWh/m²a betragen. Der Jahres-Primärenergiebedarf Q_p ist der jährliche Wärmebedarf des Gebäudes für Beheizung und Warmwasser multipliziert mit der Anlagenaufwandszahl e_p , welche auch den Primärenergiefaktor f_p enthält.

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

Der Jahres-Heizwärmebedarf Q_h wird ähnlich wie bisher nach der neuen DIN V 4108-6 berechnet. Der Wärmebedarf für die Trinkwassererwärmung Q_{TW} wird in der EnEV für Wohngebäude pauschal mit 12,5 kWh/m²a - bezogen auf die Nutzfläche nach EnEV - festgelegt. Die Anlagenaufwandszahl e_p wird nach der neuen DIN V 4701-10 ermittelt.

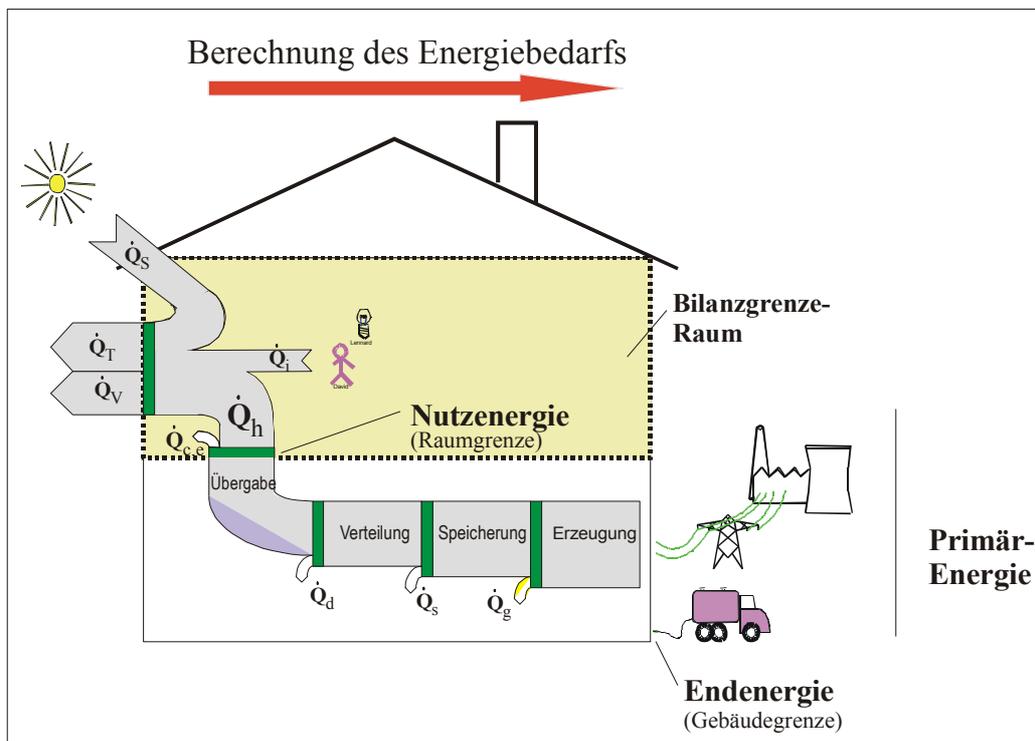


Bild 1: Berechnung des Energiebedarfs in Richtung der Bedarfsentwicklung. Quelle: DIN V 4701-10

Die Bereitstellung von Heizwärme durch einen Heizstrang lässt sich im allgemeinen Fall in fünf Prozessbereiche (Schritte) unterteilen:

1. Übergabe der Wärme an den Raum: Q_{ce} (Index `ce` - controll and emission)
2. Verteilung der Wärme zum Ort der Übergabe: Q_d (Index `d` - distribution)
3. Speicherung der Wärme: Q_s (Index `s` - storage)
4. Erzeugung der Wärme: Q_g (Index `g` - generation)
5. Umwandlung Primärenergie (Primärenergie-Umwandlungsfaktor f_p)

Durch die Bewertung auf Primärenergie wird der Tatsache Rechnung getragen, dass es unter Klimaschutzgesichtspunkten nicht nur wichtig ist, den Wärmebedarf eines Gebäudes (Bilanzgrenze = Raum, wie bisher in der WSchVO) zu minimieren, sondern auch zu beachten, wie effektiv die Wärmeerzeugung ist und aus welchen Quellen diese Energie stammt. Die Energieträger werden mit Primärenergiekennzahlen (f_p) versehen, die das Verhältnis von Primärenergie zu Endenergie ausdrücken. So darf z.B. ein mit elektrischem Strom beheiztes Haus weniger als die Hälfte der Endenergie brauchen wie ein mit Gas oder Heizöl beheiztes Haus. Denn Strom hat einen Primärenergiefaktor von 3,0, wohingegen Gas und Heizöl einen Primärenergiefaktor von 1,1 und Holzpellets von nur 0,2 haben. Am besten schneidet die Solarenergie ab, da diese überhaupt keine Energie „verbraucht“, sondern Energie aus der Sonne als einer – in unseren Maßstäben – unerschöpflichen Energiequelle gewinnen. Daher ist zu erwarten, dass durch die EnEV die positive Tendenz zum Einsatz regenerativer Energien einen zusätzlichen Schub bekommt.

Schnelleinstieg in die DIN V 4701-10

Die DIN V 4701-10 bietet dem Anwender drei Wege zur Ermittlung der Anlagenaufwandszahl e_p , je nachdem, wie detailliert die Anlage im jeweiligen Planungsstadium beschrieben werden kann. Immer liegt jedoch dasselbe Rechenverfahren zugrunde.

Grundsätzlich erfolgt die Berechnung der Anlagenaufwandszahl in der Reihenfolge

1. Warmwasser,
2. Lüftung und
3. Heizung

getrennt voneinander. Dabei werden Wärmeverluste aus der Trinkwarmwasseranlage und Lüftungsanlage sowie Gewinne aus einer Abluftwärmerückgewinnung oder Wärmepumpe dem Gebäude zumindest teilweise als Heizenergie gutgeschrieben und bei der Berechnung der Heizung entsprechend berücksichtigt.

Zunächst werden für Warmwasser, Lüftung und Heizung jeweils die Wärmeverluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung ermittelt. Zusammen mit dem jeweiligen Wärmebedarf ergeben diese den Energiebedarf für Warmwasser, Lüftung oder Heizung. Dieser wird dann anteilig nach Deckungsraten auf die unterschiedlichen Erzeuger, z.B. Brennwertkessel und Solaranlage, verteilt und mit der Erzeugeraufwandszahl (e_g) multipliziert um den Endenergiebedarf zu ermitteln. Der Endenergiebedarf der einzelnen Erzeuger multipliziert mit dem jeweiligen Primärenergiefaktor f_p , ergibt schließlich den Primärenergiebedarf Q_p .

Dieses Verfahren gilt sowohl für die Wärmeenergie als auch für die zum Betrieb der Anlagen benötigte Hilfsenergie für Pumpen, Regelung, usw.

Der Gültigkeitsbereich der DIN V 4701-10 beschränkt sich auf Neuanlagen. Somit kann der Bestand damit nicht bewertet werden. Hierzu wird derzeit neu der Teil 12 entwickelt, mit dessen Erscheinen aber nicht vor 2004 gerechnet wird.

Trinkwassererwärmung

Da das benötigte Warmwasser gleichzeitig bereits der Wärmeträger ist, fallen bei der Trinkwassererwärmung naturgemäß keine Übergabeverluste an.

Die Verteilverluste sind bei dezentralen oder wohnungszentralen Systemen aufgrund kürzerer Leitungswege (max. 6 m) wesentlich geringer als bei gebäudezentraler Warmwasserversorgung. Zudem fallen oft keine Speicherverluste an und die Erzeuger können in der Regel innerhalb der thermischen Hülle aufgestellt werden. Bei Installationen innerhalb der thermischen Hülle fallen aufgrund der etwas höheren Umgebungstemperatur der Leitungen etwas geringere Verluste an, vor allem aber können die Verluste dem Gebäude in erhöhtem Maß als Heizwärme gutgeschrieben werden.

Zirkulationsleitungen von zentralen Warmwasserversorgungsanlagen führen zusätzlich zu deutlich erhöhten Verteilverlusten beim Trinkwarmwasser.

Für die Aufstellung des Trinkwasserspeichers innerhalb oder außerhalb der thermischen Hülle gilt das gleiche wie für Verteilung und Erzeuger. Gasbeheizte Trinkwasserspeicher haben zudem wesentlich höhere Speicherverluste als indirekt beheizte Speicher oder Elektropeicher.

Hilfsenergie fällt bei der Trinkwarmwasserversorgung für die Zirkulation, für die Speicherung in indirekt beheizten Speichern und für die Wärmeerzeugung an.

Eine dezentrale Warmwasserversorgung hat geringere Anlagenverluste. Bei Erzeugung aus regenerativen Energiequellen ist dies aber meist nicht möglich. Durch die günstigen Primärenergiefaktoren sind die solare Trinkwassererwärmung oder andere regenerative Energiequellen aber immer noch die besten Lösungen.

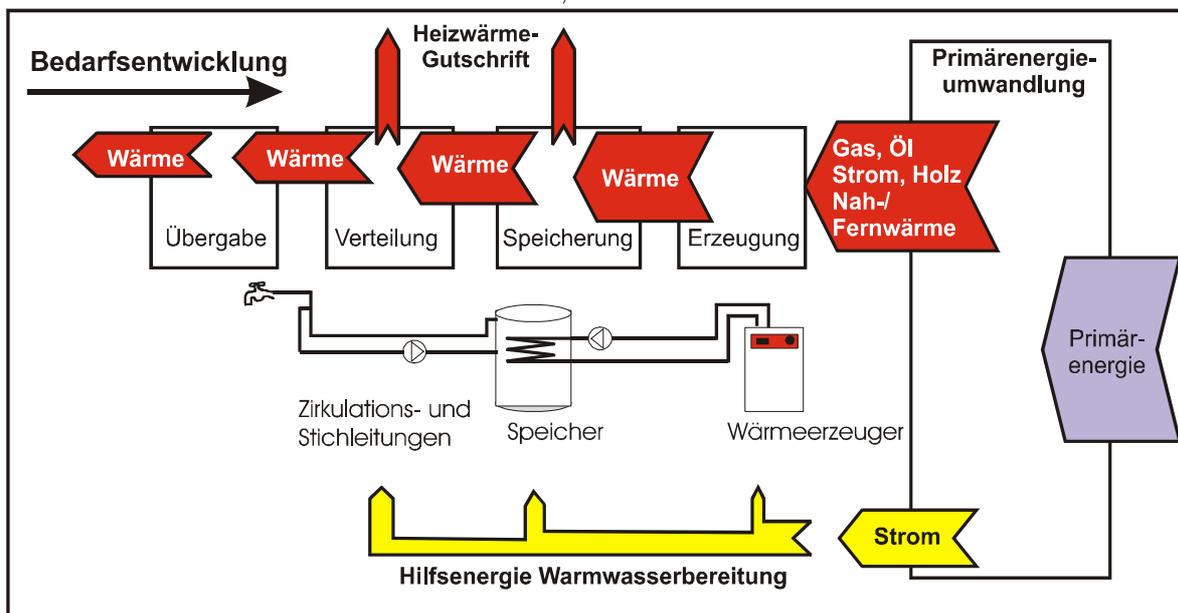


Bild 2: Erläuterung des Berechnungsschemas für die Trinkwassererwärmung. Quelle: DIN V 4701-10

Lüftungsanlage und Luftheizung

Bei Lüftungsanlagen ist zunächst zu unterscheiden, ob die Anlage lediglich der Lüftung (Wohnungslüftungsanlagen mit Lufttemperaturen $< 20^{\circ}\text{C}$) oder gleichzeitig als Luftheizung auch der Raumerwärmung dient (Wohnungslüftungsanlagen mit Lufttemperaturen $> 20^{\circ}\text{C}$). Da keine Wärme transportiert wird, fallen bei reinen Lüftungsanlagen keine Verluste bei Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung an, wohl aber Hilfsenergie für Verteilung und Regelung. Die verringerten Lüftungsverluste eines Gebäudes durch kontrollierte Lüftung gegenüber der üblichen Fensterlüftung werden nicht bei der Berechnung der

Anlagenaufwandszahl nach DIN V 4701-10, sondern bereits bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs nach DIN V 4108-6 berücksichtigt. Einfluss auf die Anlagenaufwandszahl haben daher nur Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Erdwärmetauscher zur Zuluftvorwärmung bleiben nach DIN V 4701-10 unberücksichtigt.

Bei Lüftungsanlagen, die zur Raumerwärmung beitragen, sind für die Übergabeverluste, die Art der Temperaturregelung sowie die Anordnung der Luftauslässe im Innen- oder Außenwandbereich entscheidend. Die Trägheit und Regelungenauigkeit eines Wärmeübergabesystems, das die Wärme an den Raum abgibt, führt zeitweise zu einer ungewünschten Erhöhung der Raumtemperatur. Dadurch steigen die Transmissions- und Lüftungsverluste des Gebäudes an. Dies wird bei den Übergabeverlusten von Heizsystemen berücksichtigt. Bei Anordnung der Luftauslässe im Außenwandbereich wird die Raumluft direkt dort erwärmt, wo sie am stärksten auskühlt. Dadurch ist eine exaktere Regelung der Raumtemperatur möglich, was zu geringeren Übergabeverlusten beiträgt. Die Regelung erfolgt optimal als Einzelraumregelung. Aber auch eine zentrale Vorregelung weist noch recht niedrige, um mindestens 50 % geringere, Übergabeverluste als eine unregelte Anlage auf.

Auch bei Lüftungsleitungen sind die Verteilverluste außerhalb der thermischen Hülle aufgrund der niedrigeren Umgebungstemperaturen höher als innerhalb der thermischen Hülle. Die Verluste bei Verlegung in einem unbeheizten Dachraum sind hier sogar noch etwas höher anzusetzen als bei Verlegung im unbeheizten Keller.

Als Wärmeerzeuger einer Luftheizungsanlage kann eine Abluft/Zuluft-Wärmepumpe und/oder ein Heizregister eingesetzt werden. Eine Abluft/Zuluft-Wärmepumpe wirkt sich energetisch trotz des hohen Primärenergiefaktors für Strom von 3,0 noch deutlich günstiger aus als ein mittels fossiler Brennstoffe betriebenes wasserbeheiztes Heizregister, nicht aber als ein solar oder regenerativ beheiztes Heizregister.

Die Hilfsenergie einer Lüftungsanlage wird meist komplett über ein Kompaktgerät mit Wärmerückgewinnung erfasst. Lediglich zusätzliche Ventilatoren in der Lüftungsanlage sowie die Pumpen eines Heizregisters müssen separat berechnet werden.

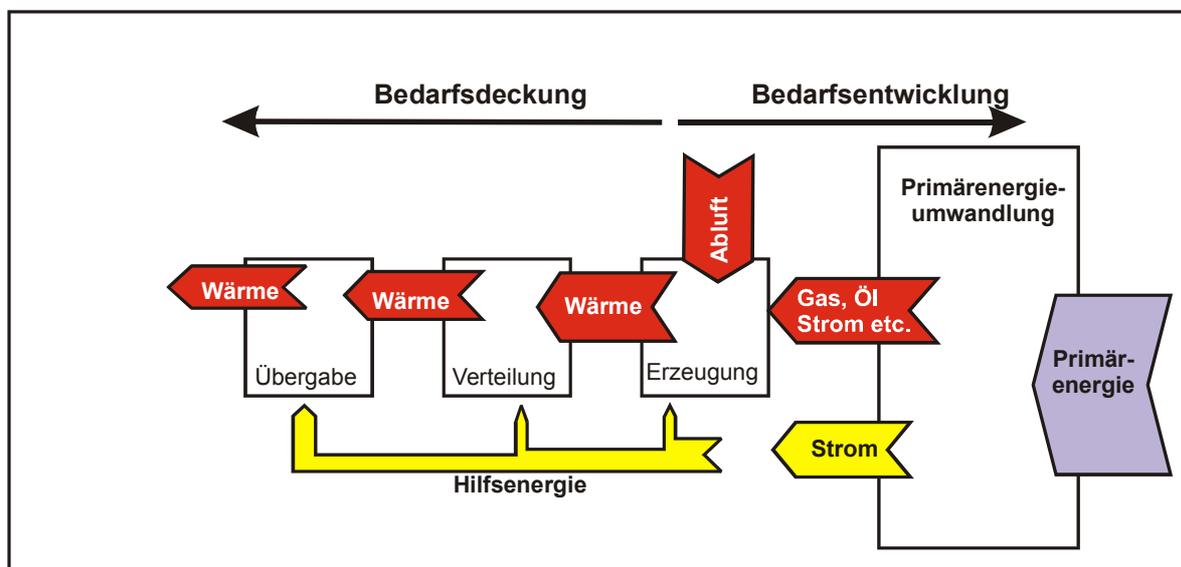


Bild 3: Erläuterung des Berechnungsschemas für die Lüftung. Quelle: DIN V 4701-10

Heizungsanlage

Das wohl komplexeste Flechtwerk von Möglichkeiten bietet die Heizungsanlage.

Auch hier müssen ungewollte Überhöhungen der Raumtemperatur bei den Übergabeverlusten berücksichtigt werden. Die Heizungsregelung sollte daher möglichst geringe Schwankungen zulassen. Moderne gasgeregelte Ventile (Auslegungsproportional-

bereich von 1 K) können die Übergabeverluste bereits auf ein Drittel reduzieren, noch besser sind elektronische Regelungen wie BUS-Systeme. Entgegen der noch weitverbreiteten Meinung sind die Übergabeverluste von Flächenheizungen nicht größer als bei Heizkörpern und werden entsprechend in der DIN gleichbehandelt. Bei Heizkörpern (freie Heizflächen) wirkt sich aufgrund des hohen Konvektionsanteils die Anordnung im Außenwandbereich günstig auf die Übergabeverluste aus. Bei Flächenheizungen (integrierte Heizflächen) mit hohem Strahlungsanteil spielt die Anordnung hingegen keine Rolle.

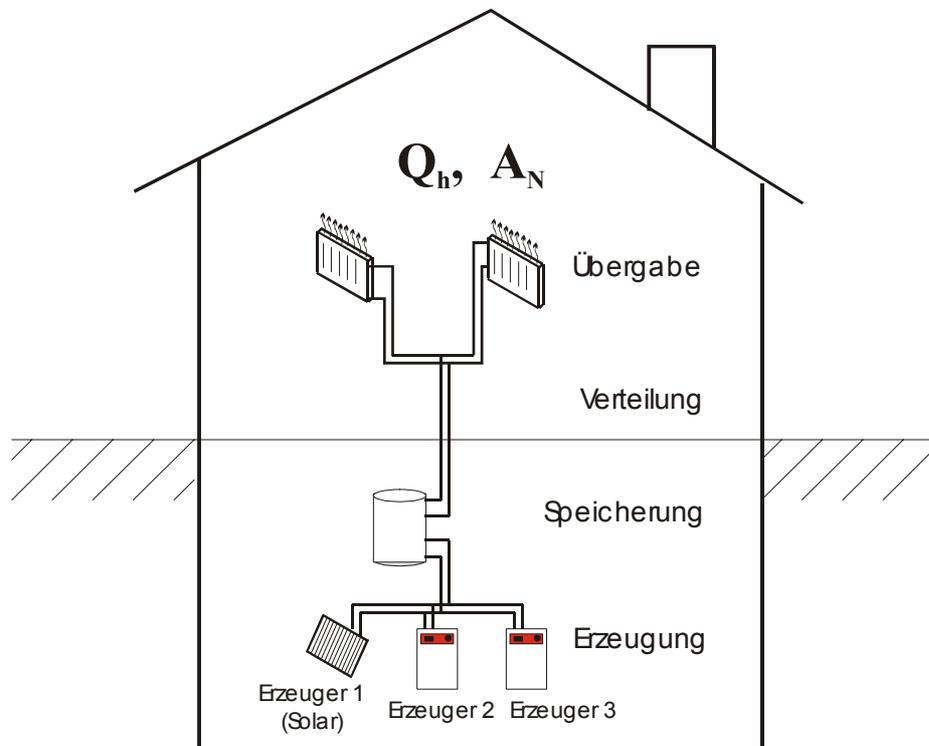


Bild 4: Beispielhafte Erläuterung eines Heizstrangs. Quelle: DIN V 4701-10

Elektroheizungen führen aufgrund des hohen Primärenergiefaktors zu ungünstigen Anlagenkennzahlen e_p . Bei Elektrospeicherheizungen kommen noch die im Vergleich zu anderen Systemen höheren Regelungsverluste hinzu.

Hilfsenergie fällt für die Übergabe im Raum meist keine an, sofern kein zusätzlicher Antrieb benötigt wird.

Für die Verteilungen der Heizungsanlage gilt das gleich wie für Trinkwarmwasserleitungen. Die Anordnung sollte so weit wie möglich innerhalb der thermischen Hülle erfolgen. Bei der Berechnung der Heizung wird nochmals zwischen horizontalen Verteilungen und vertikalen Heizsträngen unterschieden.

Dezentrale Heizungsanlagen führen zu kurzen Leitungswegen meist innerhalb der thermischen Hülle. Leitungsverluste gibt es hierbei nicht, da der Ofen meist direkt im zu beheizenden Raum steht.

Niedrige Vorlauftemperaturen führen aufgrund der geringen Temperaturdifferenz zur Umgebung zu geringen Verteilverlusten. Allerdings steigt die Hilfsenergie für die Heizungspumpen mit sinkender Vorlauftemperatur leicht an: Durch die geringere Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf bei Niedertemperatursystemen muss entsprechend mehr Heizwasser zirkuliert werden.

Speicherverluste fallen bei der Heizung nur bei Anlagen mit Heizkreispufferspeichern wie z.B. Wärmepumpenanlagen oder solarer Heizungsunterstützung an. Die Speicherverluste sind allein von der Temperaturdifferenz des Speicherwassers zur Umgebung abhängig, also von der Vorlauftemperatur des Heizsystems und dem Aufstellungsort des Speichers

innerhalb oder außerhalb der thermischen Hülle. Allein das platzieren des Heizkessels in die thermische Hülle kann den Heizenergiebedarf eines EFH um rund 10% verringern, die Verlegung der Verteilungen im Warmen ergeben weitere rund 10% Verbesserung.

Wärmeerzeugung

Der Wirkungsgrad eines Wärmeerzeugers wird mit dem Faktor Erzeugeraufwandszahl (e_g) beschrieben. Auch hier gilt: je kleiner die Aufwandszahl, desto besser.

Moderne Niedertemperatur- und Brennwertgeräte sowie Nah- und Fernwärmeanschlüsse werden dabei recht günstig bewertet. Die Aufwandszahl liegt etwa zwischen 1,0 und 1,2. Bei Kombikesseln ist die Aufwandszahl etwas ungünstiger, da sie über einen langen Zeitraum im Jahr im Teillastbereich betrieben werden müssen. Konstanttemperaturkessel, die seit Anfang der 80er Jahre vom deutschen Markt fast verschwunden sind, sind aufgrund der schlechten Regelbarkeit nicht empfehlenswert.

Elektrische Erzeuger (Heizregister) haben aufgrund der hochwertigen Energieform, die sich verlustfrei in Wärme umsetzen lässt, zwar eine günstige Aufwandszahl von 1,0. Aufgrund des hohen Primärenergiefaktors von Strom schneidet elektrische Wärmeerzeugung schlechter ab. Elektrowärmepumpen hingegen liegen bei Aufwandszahlen im Bereich von etwa 0,2 bis 0,4 und damit auch unter Berücksichtigung des hohen Primärenergiefaktors und trotz hoher Hilfsenergie noch im günstigen Bereich. Voraussetzung ist hier eine gute Planung, ausreichende Wärmequellen (in der Regel Erdwärmetauscher) und geringe Heizkreistemperaturen (in der Regel Flächenheizungen).

Am besten schneidet allerdings mit Abstand die Solarenergie ab. Da hierbei keine Energie zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden muss, werden Solaranlagen mit einer Erzeugeraufwandszahl von 0,0 bewertet. Da lediglich Hilfsenergie für Pumpen und Regelung benötigt werden, sind sie damit die bei weitem effizientesten Erzeuger.

Hilfsenergie wird für Heizkessel nur in geringem Maß benötigt. Für Fern- und Nahwärmeanschlüsse sowie Elektroheizungen fällt gar keine Hilfsenergie an.

Primärenergiefaktoren

Der Primärenergiefaktor f_p bewertet energetisch den Weg eines Energieträgers bis zur Bereitstellung, also von der Rohstoffgewinnung über die Aufbereitung bis zur Lieferung. Am 12.6.02 wurde Hauptausschuss der DIN V 4701-10 auch der Primärenergiefaktor für automatisch verfeuert Holz mit 0,2 festgelegt. Bei Nah- und Fernwärme ist zu berücksichtigen, dass bereits Endenergie am Gebäude bereitgestellt wird und damit die Primärenergiefaktoren mit den Brennstoffen nicht direkt vergleichbar sind.

Energieträger		Primärenergie-Faktoren
Brennstoffe (Bezugsgröße: unterer Heizwert H_u)	Heizöl EL	1,1
	Erdgas H	1,1
	Flüssiggas	1,1
	Steinkohle	1,1
	Braunkohle	1,2
	Holzpellets, -hackschnitzel	0,2
Nah/ Fernwärme aus KWK (Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme)	fossiler Brennstoff	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,0
Nah/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	0,1
Strom	Strom-Mix	3,0

Tabelle 1: Primärenergiefaktoren. Quelle: DIN V 4701-10 und persönliche Mitteilung von K. Jagnow aus der Sitzung des Hauptausschusses der DIN V 4701-10 vom 12.6.02 bezüglich Holz

Fazit

Eine gute Gebäudetechnik zeichnet sich nicht allein durch effiziente Erzeuger und weitgehende Nutzung regenerativer Energieträger aus, auch die Verluste der Anlage spielen eine entscheidende Rolle und sollten weitgehend reduziert werden. Um die unvermeidlichen Wärmeverluste nutzen zu können, sollte die Anlage soweit als möglich innerhalb der thermischen Hülle installiert sein. Damit kommen die Anlagenverluste zumindest teilweise dem Gebäude als Heizwärme zugute. Des weiteren kann eine möglichst genaue Regelung dazu beitragen, unnötige Wärmeüberproduktion zu vermeiden. Letztendlich ist es Aufgabe des Planers, eine Gesamtoptimierung von Anlagentechnik UND Gebäudehülle zu erreichen. Um hierin Kostensicherheit zu erlangen, hat das BKI (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern) die von Klaus Lambrecht geleitete Seminarreihe „Sichere Baukostenplanung energiesparender Gebäude nach EnEV“ gestartet (Info und Anmeldung beim BKI: www.baukosten.de).

Über den Autor:

Klaus Lambrecht, Diplom-Physiker,

ist Inhaber der ECONSULT in Rottenburg (www.solaroffice.de). Als Dozent ist er für mehrere Architekten- und Ingenieurkammern sowie das BKI tätig zu den Themen energie- und kostenoptimiertes Bauen, Energiekonzepte, EnEV, Solartechnik und Anlagentechnik.

www.solaroffice.de