

Kapitel 2

Energieeffizienz

Der Begriff der Energieeffizienz bezeichnet die rationelle Verwendung von Energie. Ziel von Energieeffizienzmaßnahmen ist die Reduktion des Gesamtenergiebedarfs von Prozessen durch Herabsetzung der quantitativen und qualitativen Verluste, die bei der Wandlung, dem Transport oder der Speicherung von Energie auftreten. Energieeffizienz umfasst alle Maßnahmen, um einen vorgegebenen (energetischen) Nutzen bei sinkendem Primär- bzw. Endenergieeinsatz zu erreichen. Rationelle Energieverwendung ist notwendig, weil die Energienutzung die Umwelt belastet, die (fossilen) Energievorräte begrenzt sind und Energie nicht umsonst nutzbar ist. Mit Hilfe einer Energieeffizienzanalyse werden Energienutzungsprozesse untersucht und bewertet. Die Analyse beginnt mit der Erfassung des jährlichen, monatlichen, täglichen oder stündlichen Endenergiebedarfs. Anschließend sind die verschiedenen Ansätze zur Bedarfsreduktion gegeneinander abzuwägen. Eine weitere Methode zur Verbesserung der Energieeffizienz ist die Exergieanalyse. Der Begriff der Exergie wird im Kapitel 14 zur Thermodynamik ab S. 858 ausführlich eingeführt. Exergie kann als ein Maß für die Qualität von Energie beschrieben werden.

Zunächst sollen im Kap. 2.1 die verschiedenen Ansätze zur Bedarfsreduktion untersucht werden. Kap. 2.2 beschäftigt sich intensiv mit dem Energiebedarf von Gebäuden, da diese trotz erfolgter energetischer Sanierung noch immer das größte Effizienzpotential aufweisen. Daran anschließend behandelt Kap. 2.3 die Energieeffizienz der Wärmebereitstellung. Bei einer Energieeffizienzuntersuchung ist eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unabdingbar, daher behandelt Kap. 2.4 die Grundlagen der Investitionsrechnung bzw. der Berechnung der Wärmegestehungskosten.

2.1 Ansätze zur Energiebedarfsreduktion

An erster Stelle aller Energieeinsparmaßnahmen steht natürlich das Vermeiden von Energieverbrauch. Nach Ausschöpfen dieses Einsparpotenzials können durch Änderung des Verbrauch(er)verhaltens Energieangebot und - nachfrage zusammenge-

führt werden und eine weitere Effizienzsteigerung bewirken. Erst im dritten Schritt sollte über den Ersatz fossiler Energieträger durch erneuerbare Energieangebote nachgedacht werden.

Inzwischen wurde eine Vielzahl gesetzgeberischer Maßnahmen geschaffen, die nachfolgend detaillierter beschriebenen Ansätze zur Energiebedarfsreduktion umzusetzen.

Vermeidung

Eine Energieeffizienzanalyse sollte sich immer zuerst mit der Frage beschäftigen, ob der ermittelte Energieeinsatz ggf. vermeidbar ist. Im einfachsten Fall kann z.B. durch Zeitschaltuhren und Bewegungsmelder die Beleuchtung in Fluren und Treppenhäusern gesteuert und der elektrische Energiebedarf somit reduziert werden. Die Optimierung der Heizkreis- und Kesselregelung einer Heizungs- und Trinkwassererwärmungsanlage hilft ebenfalls in vielen Fällen, unnötigen Energieverbrauch zu vermeiden. So sind durch Absenkung der Heizkreisvorlauftemperatur an den tatsächlichen Bedarf, durch hydraulischen Abgleich¹ oder durch Absenkung der Raumsolltemperatur während der Nacht erhebliche Energieeinsparungen möglich.

→ Negawatt

Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz werden häufig unter dem Begriff *Negawatt* zusammengefasst. Er wurde von dem amerikanischen Physiker Amory Lovins eingeführt, um vermiedenen Leistungsbezug durch erhöhte Energieeffizienz zu bezeichnen: „Negawatt“ statt „Megawatt“ [43]. Häufig wird der Begriff auch in Diskussionen um den Neubau von Kraftwerken gehört.

Neben dem Energieverbrauch sollten auch Lastspitzen² vermieden werden, da zu ihrer Abdeckung von den Netzbetreibern Energiespeicher bzw. Spitzenlastkraftwerke vorgehalten werden müssen. Um eine Vergleichmäßigung des Leistungsbezugs zu erreichen, erheben die Energieversorger daher neben den Arbeitspreisen auch Leistungspreise. Hierzu wird oft der Jahresmaximalwert des Leistungsbezugs L_{max} ermittelt, die Ansätze sind je nach Endenergieart unterschiedlich:

- Beim Bezug elektrischer Energie werden bei Großverbrauchern die 15-Minuten-Mittelwerte der Bezugsleistung $L_{el}(t)$ gemessen (Abb. 2.22 auf S. 101 zeigt ein Beispiel). Für den innerhalb eines Jahres ermittelten Maximalwert $L_{el,max}$ ist ein Leistungspreis in der Größenordnung von etwa 65 €/kW_{el} zu entrichten.

¹ Beim hydraulischen Abgleich wird z.B. mit Hilfe von Strangregulierventilen der Volumenstrom in allen Heizkörpern auf den vorberechneten Sollwert gebracht.

² Als Heizlast bzw. Stromlast wird die in einem Gebäude oder einem Prozess zu einem bestimmten Zeitpunkt t erforderliche Nutzenergieleistung bezeichnet, in diesem Kapitel erhält die Last das Formelzeichen $L(t)$ mit der Einheit W, kW oder MW. Lastspitzen L_{max} sind stündliche, tägliche oder jährliche Maximalwerte der Last.

- Beim Erdgasbezug wird bei Großkunden aus dem maximalen Tagesverbrauch eines Jahres der Leistungspreis ermittelt, bei kleineren Bezugsmengen vereinfacht ein monatlicher Grundpreis für die Bereitstellung, Messung und Abrechnung des Erdgases berechnet.
- Der Leistungspreis beim Bezug von Fernwärme richtet sich nach dem vereinbarten Anschlusswert, d.h. der über den Wärmetauscher maximal übertragbaren Wärmeleistung. Typisch sind auch hier Werte von 65 bis 70 €/kW_{th}.

Beim Bezug elektrischer Energie können Lastmanagementsysteme eingesetzt werden, um die aus dem Netz bezogene Stromlast $L_{el}(t)$ zu überwachen und bei Überschreiten eines voreingestellten Maximalwertes zuvor definierte Verbraucher selbsttätig vom Stromnetz zu trennen und damit unmittelbar die bezogene Stromlast zu mindern. Abschnitt 2.5 gibt dazu ein Praxisbeispiel. Zum Lastabwurf sind alle elektrischen Verbraucher geeignet, deren verzögertes Einschalten oder kurzzeitiges Ausschalten zu keiner nennenswerten Beeinträchtigung des Komforts oder gar von Produktionsprozessen führt. Dies können z.B. Kühlaggregate oder Heizungsumwälzpumpen sein.

Anlagen zur Wärme- oder Kälteversorgung und zur Trinkwassererwärmung werden häufig mit Pufferspeichern ausgestattet, die kurzzeitige Bedarfsspitzen abdecken und somit die maximale Heizlast reduzieren.

Verhaltensänderung

Verhaltensänderungen können ebenfalls zu deutlichen Energiebedarfsreduktionen führen. Häufig genügen schon einfache Hinweise und Erläuterungen, um die Energienutzer zu einem bewussteren Umgang mit Energie anzuregen. Ein gutes Beispiel sind die Verbrauchsanzeigen in Kraftfahrzeugen, die eine unmittelbare Auswirkung auf das Fahrverhalten zeigen. Ein anderes Beispiel sind die Stand-by-Schaltungen in elektronischen Unterhaltungsgeräten. Trotz geringster Leistungsaufnahme von nur wenigen Watt ergibt sich über das Jahr gerechnet eine merklicher Energiebedarf, da die elektrische Leistung permanent erforderlich ist: Bei 8760 h/a benötigt eine Stand-by-Schaltung mit 5 W im Jahr immerhin fast 44 kWh.

→ Smart Metering

Bei der „Energiewende“ wird die Änderung des Konsumverhaltens bei Nutzung elektrischer Energie eine wichtige Rolle spielen. Die in Jahrzehnten gewachsene klassische Erzeugungsstruktur mit Grundlast, Mittellast und Spitzenlast ermöglichte bisher einen wirtschaftlichen Betrieb der konventionellen Kraftwerke. Verbraucher und Industrie wurden durch entsprechende Preisgestaltung „ermuntert“, ihren (elektrischen) Energieverbrauch in die Nachtstunden zu verlegen, um die kostengünstig produzierenden Grundlastkraftwerke besser auszunutzen. Dazu wurde eine Tarifstruktur mit HT- (Hochtarif) und NT- (Niedrig- oder Nachttarif) Bezugspreisen eingeführt.

Mit zunehmendem Anteil erneuerbarer Energien im Strommix muss dieses „antrainierte“ Verbraucherverhalten umgestellt werden. Dazu eignet sich die Smart Metering Technologie, die zeitlich veränderliche Strombezugskosten erlaubt. Auf diese Weise wird es z.B. möglich sein, die von den PV-Kraftwerken verursachten Mittagsspitzen in der Stromerzeugung sinnvoll zu nutzen. Entsprechend wird der Strombezug in der Nacht und in windarmen Zeiten teurer werden müssen, um einen wirtschaftlichen Betrieb von Gas-Kombi-Kraftwerken oder Energiespeichern zu ermöglichen.

Energieeffizienzsteigerung

Wenn die Potenziale zur Vermeidung und Verhaltensänderung ausgeschöpft sind, müssen die Energieumwandlungs-, -transport- und -speicherprozesse hinsichtlich ihrer Effizienz untersucht werden. Das Maß für die Effizienz einer Energieumwandlung ist der Nutzungsgrad, der das Verhältnis des (energetischen) Nutzens zum Aufwand angibt:

$$\eta = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}}$$

Man unterscheidet verschiedene Stufen des Energieverbrauchs (vgl. auch Kap. 1):

- *Nutzenergie* (Index NE) ist beispielsweise Licht, Raumwärme, Warmwasser oder mechanische Arbeit, die zum Antrieb von Fahrzeugen, zum Transport von Lasten und zum Antrieb von Maschinen und Werkzeugen erforderlich ist. In industriellen Betrieben ist zudem Prozesswärme auf höherem Temperaturniveau erforderlich. Auch im Bereich der Informationsverarbeitung und Kommunikation wird elektrischer Strom als Nutzenergie verwendet.
- *Endenergie* (Index EE) bezeichnet die Energieform, die dem Anwender in Form von Erdgas, Heizöl, Benzin, Diesel, elektrischem Strom, Hackschnitzeln, Scheitholz oder Holzpellets zur Verfügung gestellt wird, um den Nutzenergiebedarf zu decken.
- Endenergie wird aus *Primärenergie* (Index PE) wie Naturgas, Stein- und Braunkohle, Rohöl, Kernenergie, Ersatzbrennstoffen wie Müll und schließlich den regenerativen Energiequellen gewonnen. Der Aufwand an Primärenergie ist um die Umwandlungs- und Transportverluste höher als der Endenergieaufwand. Oft wird nur der fossile Anteil der genutzten Primärenergie betrachtet.

Mit diesen Stufen des Energieverbrauchs kann der Begriff der Energieeffizienz wie folgt definiert werden: Energieeffizienz bedeutet die Bereitstellung der erforderlichen Nutzenergie bei minimiertem (fossilen) Endenergie- bzw. Primärenergieeinsatz.

Bezogen auf die Energieumwandlung gibt der Endenergie-Nutzungsgrad

$$\eta_{EE} = \frac{E_{NE}}{E_{EE}} \quad (2.1)$$

das Verhältnis zwischen Nutzenergieverbrauch E_{NE} und Endenergiebedarf E_{EE} und der Primärenergie-Nutzungsgrad

$$\eta_{PE} = \frac{E_{EE}}{E_{PE}} \quad (2.2)$$

das Verhältnis zwischen dem Endenergiebedarf E_{EE} und dem Primärenergieverbrauch E_{PE} an. Tab. 2.1 und 2.2 geben einige Beispiele dazu.

Tabelle 2.1 Typische Primärenergie-Nutzungsgrade η_{PE} bei der Umwandlung in elektrische Endenergie nach [1]. Die mechanische Energie von Wind und Wasser, die solare Strahlungsenergie und die entnommene geothermische Energie werden hier als (erneuerbare) Primärenergie gerechnet.

Primärenergie	Umwandlung	η_{PE}
Kernenergie	Kernkraftwerke	30 - 35 %
Kohle	Kohlekraftwerke	30 - 45 %
Erdgas	Gas- und Dampfturbine	45 - 58 %
Solarenergie	Solkraftwerke	10 - 15 %
Geothermie	Geokraftwerke	10 - 15 %
Wind	Windkraftwerke	30 - 40 %
Wasser	Wasserkraftwerke	70 - 90 %

Tabelle 2.2 Typische Endenergie-Nutzungsgrade η_{EE} nach [1]

Endenergie	Nutzenergie	Umwandlung	η_{EE}
Benzin	Mechanische Energie	Ottomotor	25 - 30 %
Diesel	Mechanische Energie	Dieselmotor	35 - 40 %
Elektr. Energie	Mechanische Energie	Elektromotor	60 - 95 %
Heizöl EL, Erdgas	Thermische Energie	Niedertemperaturgerät	85 - 95 %
Heizöl EL, Erdgas	Thermische Energie	Brennwertgerät	100 - 108 %
Elektr. Energie	Licht	Glühlampe, Halogenlampe	4 - 7 %
Elektr. Energie	Licht	Energiesparlampe	20 - 25 %

Im Gebäudebereich werden oft „Aufwandszahlen“ verwendet, das sind die Kehrwerte der Nutzungsgrade. So beschreibt die Anlagen-Aufwandszahl e_P (vgl. Kap. 2.2) das Verhältnis der aufgewendeten (fossilen) Primärenergie zum Nutzenergiebedarf,

$$e_P = \frac{E_{PE, foss.}}{E_{NE}} \quad (2.3)$$

Während Wirkungsgrade das Verhältnis der energetischen Leistung in einem stationären Nennbetriebspunkt angeben, berücksichtigen die Nutzungsgrade auch die oft schlechteren Wirkungsgrade im Teillastbetrieb und die Energieverluste der Bereitschaftszeiten. Nutzungsgrade werden meist über das Zeitintervall eines Jahres (Index a) gemittelt,

$$\eta_{EE, a} = \frac{\int_{0h}^{8760h} \dot{E}_{NE}(t) dt}{\int_{0h}^{8760h} \dot{E}_{EE}(t) dt} \quad (2.4)$$

und als Jahresnutzungsgrad $\eta_{EE,a}$ angegeben. Es genügt jedoch nicht, nur die energetischen Nutzungsgrade zu bewerten. Eine vollständige Energieeffizienzuntersuchung erfordert zudem eine Betrachtung des exergetischen Nutzungsgrads η_{ex} . Hierbei wird bewertet, welcher Anteil der Exergie beim Umwandlungsprozess tatsächlich genutzt wurde. Im Kap. 14, ab S. 858 finden sich einige Berechnungsbeispiele dazu.

Ersatz fossiler Energieträger

Nach Abschluss aller Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs durch Verhaltensänderung und zur Effizienzsteigerung (Wirkungsgrad- und Nutzungsgraderhöhung) sollte erst im letzten Schritt geprüft werden, ob die verwendeten fossilen Energieträger nicht auch durch regenerative Energien ersetzt werden können. Die Möglichkeiten und Bedingungen dazu sind in den weiteren Kapiteln dieses Buches ausführlich erläutert.

Gesetzgeberische Maßnahmen zur Energieeffizienz

Die Europäische Union gibt in Form von Richtlinien einen Rahmen zum effizienten Energieeinsatz vor. Hierbei beschreitet sie gleichzeitig zwei Wege: Das Entscheidungsverhalten der Konsumenten beim Kauf energienutzender Produkte (von Waschmaschinen bis hin zu Kraftfahrzeugen) soll mit zahlreichen Vorschriften zur Kennzeichnung der Energieeffizienz beeinflusst werden („Energy Labelling“). Gleichzeitig werden die Hersteller verpflichtet, nur noch energieeffiziente Produkte auf den Markt zu bringen („EcoDesign“).

Energy Labelling

Zur vergleichenden Bewertung des energieverbrauchenden Marktangebots wurde von der EU das Energielabel (Abb. 2.1, links) geschaffen. Die dort angegebenen Energieeffizienzklassen werden vom Gesetzgeber regelmäßig aktualisiert und dem technischen Fortschritt angepasst. Das Energielabel soll den Verbraucher dazu bringen, ein möglichst energieeffizientes Produkt zu erwerben.

Seit 2010, mit Erscheinen der Richtlinie 2010/30/EU [48], muss der Energieverbrauch bei allen Produkten mittels einheitlicher Etiketten und Produktinformationen für den Endverbraucher angegeben werden. In der genannten Richtlinie wird auch das Ziel der EU-Kommission angegeben, bis zum Jahr 2020 insgesamt 20 % des Energieverbrauchs der EU durch Energieeffizienzmaßnahmen einzusparen.

EcoDesign

Mit der von 2005 bis 2009 geltenden EuP-Richtlinie 2005/32/EG [46] wurden erstmals für elektrische Haushaltsprodukte wie Waschmaschinen und Kühlschränke

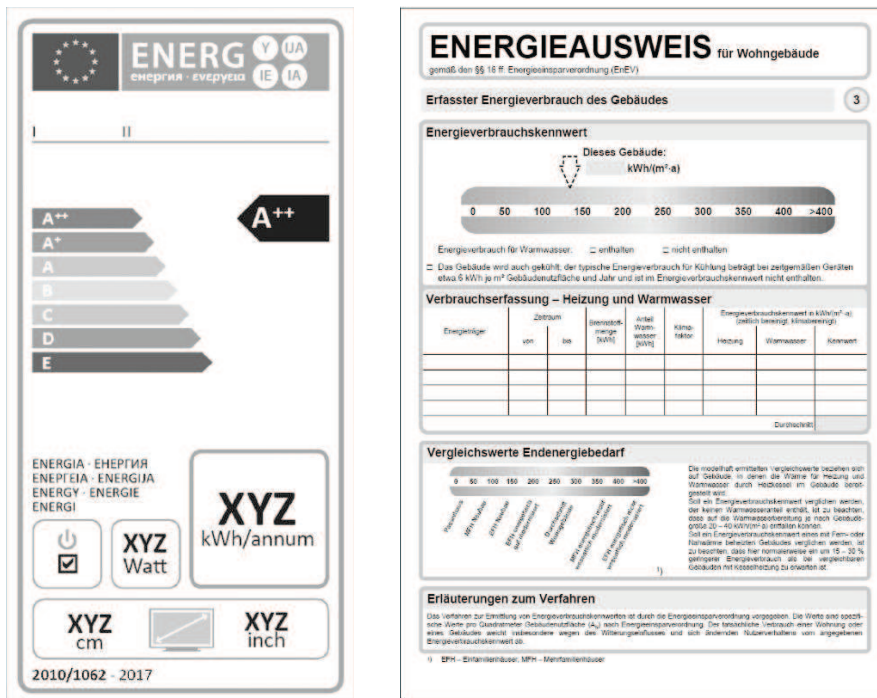


Abb. 2.1 (Links) Energie-Effizienz-Label der EU. Die Energieeffizienzklassen werden mit der Buchstabenfolge A, B, C etc. bezeichnet. Die im Vergleich zur aktuellen Vorschrift besonders effizienten Geräte erhalten ein A+, A++ oder gar A+++. (Rechts) Beispiel eines Energieausweises, der seit 2007 bei Neuerrichtung, Vermietung oder Verkauf einer Wohnung oder eines Gebäudes vorzulegen ist.

Anforderungen hinsichtlich ihrer Energieeffizienz geschaffen, die von Herstellern einzuhalten waren. Sie wurde im Jahr 2009 mit der ErP-Richtlinie 2009/125/EG [47] aktualisiert.³ In zahlreichen Durchführungsverordnungen sind inzwischen Verbrauchsgrenzwerte für Kühlschränke, TV-Geräte, Motoren, Netzteile sowie für Haushalts- und Bürogeräte im Stand-by [62] und Haushaltslampen bestimmt. Seit September 2015 müssen auch alle neuen Wärmeerzeuger und Warmwasserspeicher über ein Label verfügen, weitere Verordnungen sind in Vorbereitung.

Die genannte EU-Richtlinie mit ihren Durchführungsbestimmungen wurden mit dem Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz [40] und einer Vielzahl von Energieverbrauchskennzeichnungsverordnungen (z.B. [33] für PKW) in deutsches Recht umgesetzt. Darin werden die Hersteller verpflichtet, den Energieverbrauch ihrer Produkte kenntlich zu machen und bestimmte Grenzwerte hinsichtlich Energiekonsum und Energieeffizienz einzuhalten, die fortschreitend der technischen Entwicklung angepasst werden.

³ Die EuP (Energy using Products) und ErP (Energy related Products) Richtlinie werden auch als Ökodesign-Richtlinie bezeichnet.

2.2 Energieeffizienz von Gebäuden

Mehr als die Hälfte des Endenergiebedarfs Deutschlands wird im Bereich der Wärmebereitstellung genutzt. Hier dominieren noch immer die fossilen Energien, im Jahr 2015 entstammten nur 13,2 % der benötigten Endenergie erneuerbaren Energiequellen wie Biomasse und Biogas, Klärgas sowie Solar- und Geothermie. Tabelle 2.3 zeigt die Beiträge erneuerbarer Energien zur Energiebereitstellung für die einzelnen Verbrauchssektoren. Erdgas, Heizöl und auch elektrische Energie werden benötigt, um Gebäude zu beheizen, Trinkwasser zu erwärmen und im gewerblich / industriellen Bereich Prozesswärme bereitzustellen.⁴

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme (Raum-, Kühl- und Prozesswärme sowie Warmwasser) bis zum Jahr 2020 auf 14 % zu erhöhen.⁵ Dazu sind erhebliche Anstrengungen notwendig, z.B. durch finanzielle Anreize in Form von Fördermaßnahmen, vor allem aber durch gesetzgeberische Vorgaben.

Tabelle 2.3 Beitrag erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch, am Endenergieverbrauch Wärme und Kälte, Endenergieverbrauch Verkehr sowie am Primärenergieverbrauch (PEV) nach [4].

Sektor	1990	2000	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Strom	3,4 %	6,2 %	15,1 %	16,3 %	17,0 %	20,4 %	23,7 %	25,2 %	27,4 %	32,6 %
Wärme	2,1 %	4,4 %	8,5 %	10,4 %	11,1 %	11,3 %	11,9 %	12,2 %	12,5 %	13,2 %
Verkehr	0,1 %	0,5 %	6,0 %	5,4 %	5,8 %	5,6 %	6,0 %	5,5 %	5,6 %	5,3 %
PEV	1,3 %	2,9 %	8,0 %	8,9 %	9,9 %	10,8 %	10,3 %	10,8 %	11,5 %	12,5 %

2.2.1 Gesetzgeberische Maßnahmen

Die steigenden Energiekosten bilden für Unternehmen in der Regel einen ausreichend starken Anreiz, den Einsatz von Prozesswärme in der Produktion zu minimieren. Daher sind nach Auffassung der derzeitigen Bundesregierung keine gesetzgeberischen Maßnahmen vonnöten. Anders verhält es sich im Gebäudebereich. Der Endenergiebedarf zur Bereitstellung von Raum- und Prozesswärme sowie zur Trinkwassererwärmung trägt mit etwa 40 % zu den gesamten energiebedingten Treibhausgasemissionen bei. Die Klimaschutzziele der Bundesregierung sind nur zu erreichen, wenn auch der Bereich der Wärmebereitstellung einen wesentlichen Beitrag zur Kohlenstoffdioxid-Reduktion leistet. Dies kann insbesondere durch eine Verringerung des flächenspezifischen Heizwärmebedarfs, eine Verbesserung der Energieeffizienz und den Ausbau der erneuerbaren Energien erreicht werden.

⁴ Zwar beträgt der energetische Wirkungsgrad moderner Heizkessel annähernd 100 %, jedoch liegt der exergetische Wirkungsgrad bei nur wenigen Prozent.

⁵ Dieses Ziel wurde mit dem EEWärmeG [38] gesetzgeberisch festgelegt.

Die Verringerung des flächenspezifischen Heizwärmebedarfs ist durch die energetische Modernisierung des Wohn-, Gewerbe- und Industriegebäudebestands zu erreichen. Beispiele dafür sind die verbesserte Dämmung der Gebäudehülle, Fenster mit Wärmeschutzverglasung oder die passive Nutzung der Solarstrahlung. Aber auch eine effizientere Anlagentechnik gekoppelt mit der Nutzung erneuerbarer Energien kann den Endenergiebedarf zur Wärmebereitstellung reduzieren.

Für Neubauten werden durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) Mindeststandards hinsichtlich der Energieeffizienz festgeschrieben, die sich am aktuellen Stand der Technik orientieren und kontinuierlich angepasst werden.

Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die seit 2001 bereits mehrfach novellierte Energieeinsparverordnung EnEV begrenzt den Energiebedarf beheizter oder gekühlter Wohn- und Nutzgebäude sowie Industrieanlagen auf vorgegebene Maximalwerte des Primärenergieverbrauchs.

Die derzeit aktuelle EnEV 2014/2016 [32] gilt für neu zu errichtende, mit Energie beheizte oder gekühlte Wohn- und Nichtwohngebäude, bei An- und Umbauten sowie größeren Renovierungen an Bestandsgebäuden. Der berechnete Jahres-Primärenergiebedarf Q_P für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und bei Nichtwohngebäuden auch zur Beleuchtung darf dabei den Jahres-Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes $Q_{P,ref}$ gleicher Nutzung, Geometrie, Nutzfläche und Ausrichtung nicht überschreiten. Zudem müssen die Transmissionswärmeverluste der wärmeübertragenden Umfassungsflächen vorgegebene Grenzwerte einhalten.

Die EnEV macht aber nicht nur Vorgaben für die bautechnische Ausführung des Gebäudes, sondern auch für die installierte Anlagentechnik zur Beheizung, Trinkwassererwärmung, Belüftung, Klimatisierung und Beleuchtung. So ist der Betrieb und die Nachrüstung mit Heizkesseln z.B. nur dann zulässig, wenn das Produkt aus Erzeugeraufwandszahl und Primärenergiefaktor $e_g \cdot f_p$ nicht größer als 1,30 ist. Je erzeugter Einheit Nutzwärme dürfen also maximal 1,3 Einheiten fossile Primärenergie aufgewendet werden.

Bereits mit der EnEV 2007 [30] wurden Gebäudeenergiepässe eingeführt, die Käufern und Mietern von Gebäuden quantitative Hinweise geben, wie hoch der nutzfächenspezifische fossile Primärenergieverbrauch des Gebäudes ist. Ein Beispiel ist in Abb. 2.1 (rechts) zu sehen. Die EnEV 2009 [31] hat den Primärenergiebedarf beheizter Gebäude um 30 Prozent gegenüber den Grenzwerten der EnEV 2007 reduziert. Elektrische Widerstandsheizungen zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung haben eine Anlagen-Aufwandszahl entsprechend dem Primärenergiefaktor elektrischer Endenergie. Nach der EnEV 2009 müssen solche Anlagen spätestens bis 2019 durch energieeffizientere Systeme ersetzt sein. Zur Überwachung der EnEV-Vorgaben zum energieeffizienten Betrieb der Anlagentechnik sind seit dem Oktober 2009 die Bezirksschornsteinfeger zuständig, zudem werden höhere Bußgelder bei Zuwiderhandlungen verhängt. Die EnEV 2014/2016 führte gegenüber der Fassung von 2009 ein:

- Absenkung des maximal zulässigen Primärenergiebedarfs in zwei Schritten (2014 und 2016) um jeweils 12,5 %,
- Minderung der maximal zulässigen Transmissionswärmeverluste im Mittel um 10 %,
- Verpflichtende Angabe der energetischen Kennwerte von Gebäuden bei Immobilienanzeigen,
- Absenkung des Primärenergiefaktors $f_{P,el}$ für elektrischen Strom von (EnEV 2009) 2,6 auf dann 2,0 und zum 01. Januar 2016 auf 1,8
- sowie Verlegung des Standorts des Referenzgebäudes von Würzburg nach Potsdam.

→ **Weiterlesen**

Auch für 2017 steht eine Neufassung der EnEV an – im Gespräch (Stand November 2016) ist eine Zusammenlegung mit dem EEWärmeG (s.u.), zudem sind Vorgaben aus der europäischen Gebäudeenergie richtlinie EPBD [49] umzusetzen: Nach dieser dürfen ab 2021 nur noch Niedrigstenergiegebäude errichtet werden, bereits ab 2019 ist diese Vorgabe auf den Neubau öffentlicher Gebäude anzuwenden. Im Original der EU-Gebäude richtlinie wird der zukünftige Gebäudestandard als „nearly zero energy“ bezeichnet, er wird vermutlich mit der Definition des KfW-55-Gebäudes gleichgesetzt werden. Vermutlich wird mit der Neufassung auch die zur DIN 18599 alternativ noch zulässige Berechnung von Wohngebäuden nach der DIN V 4701-10 gestrichen.

Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Der Ausbau erneuerbarer Energien im Wärmebereich hat bisher nicht die Dynamik erreicht, die im Strombereich durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) initiiert wurde. Die 2008 erfolgte Verabschiedung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) [38] - im Mai 2011 novelliert [38] - soll hier als Markteinführungsprogramm dienen. Wenngleich zunächst nur das Neubausegment Gegenstand gesetzlicher Regelungen ist, wurden auch für den Ausbau der Nahwärmenetze wichtige Impulse gesetzt. Zweck des Gesetzes ist die Förderung erneuerbarer Energien mit dem Ziel, deren Anteil am Endenergiebedarf zur Wärmebereitstellung bis zum Jahr 2020 auf 14 % zu erhöhen. Das EEWärmeG umfasst die folgenden Vorgaben:

- Jedes Gebäude, das nach dem 31. Dezember 2008 neu errichtet wurde, muss seinen Wärmeenergiebedarf, je nach eingesetzter Technologie, zwischen 15 und 50 Prozent aus erneuerbaren Energien decken.
- Bei Einsatz von Solarenergie müssen z.B. mindestens 15 Prozent des Wärmeenergiebedarfs gedeckt werden, dazu genügen nach dem EEWärmeG z.B. bei Wohngebäuden mit max. zwei Wohnungen bereits 4 m² Kollektorfläche je 100

m² Nutzungsfläche. Bei Wohngebäuden mit mehr als zwei Wohnungen sind solarthermische Anlagen mit einer Fläche von mindestens 3 m² Kollektorfläche je 100 m² Nutzungsfläche zu installieren. Die Bundesländer können höhere Mindestflächen festlegen.

- Bei Verwendung von Biogas muss der Deckungsanteil 30 Prozent oder mehr betragen, bei Verwendung von flüssiger oder fester Biomasse 50 Prozent oder mehr.
- Bei der Nutzung geothermischer Energie oder von Umweltwärme mittels Wärmepumpen ist ein Mindestdeckungsanteil von ebenfalls 50 Prozent vorgegeben, die Jahresarbeitszahl⁶ muss bei Luft-Wasser-Wärmepumpen mindestens 3,5, bei allen anderen Typen mindestens 4,0 betragen.⁷
- Ersatzweise kann das EEWärmeG erfüllt werden, wenn der Wärme- und Kältebedarf zu mindestens 50 % durch Kraft-Wärme-Kopplung oder durch sonstige Abwärmenutzung gedeckt wird.
- Auch mit dem Anschluss an ein Nah- oder Fernwärmenetz können die Anforderungen erfüllt werden (§ 7 Ersatzmaßnahmen) oder
- mit der Übererfüllung der gültigen Energieeinsparverordnung EnEV um mindestens 15 %.

Die Einhaltung des EEWärmeG ist vom Hausbesitzer durch spezielle Bescheinigungen oder Brennstoffrechnungen nachzuweisen.

Gebietskörperschaften können nach dem EEWärmeG einen Anschlusszwang an ein Nah- oder Fernwärmenetz aus Gründen des Klimaschutzes und der Ressourcenschonung verhängen. Zudem wurde das Markteinführungsprogramm (MAP, [3]) zur Förderung von Solarthermie, Biomasse, Geothermie und Umweltwärme sowie von Nahwärmenetzen im Zuge der Einführung des EEWärmeG finanziell deutlich aufgestockt.

Erneuerbare Energien im Gebäudebestand

Die große Zahl der vorhandenen Altbauten (rund 20 Mio. Gebäude mit etwa 41 Mio. Wohnungen) im Vergleich zur geringen Anzahl der jährlichen Neubauten⁸ verhindert eine tiefgreifende Wirkung der gesetzgeberischen Maßnahmen (EEWärmeG und EnEV) auf den durchschnittlichen fossilen Heizenergiebedarf. Mit der Novelisierung des EEWärmeG mit Wirkung zum 1. Mai 2011 gilt immerhin nun eine Nutzungspflicht Erneuerbarer Energien nicht nur mehr für Neubauten, sondern auch für Bestandsgebäude in öffentlicher Hand, die grundlegend renoviert werden.

Es bleibt zu hoffen, dass nach dem Klimaschutzabkommen von Paris (Kap. 1.2.4) in den kommenden Jahren durch geeignete Impulse auch im privaten Gebäudebe-

⁶ Die Jahresarbeitszahl ist „mit den anerkannten Regeln der Technik“ zu berechnen, entspricht also dem *SCOP*, vgl. S. 508.

⁷ Erfolgt auch die Warmwasserbereitung mit der Wärmepumpe, so ist eine Jahresarbeitszahl von 3,3 bzw. 3,8 zu übertreffen.

⁸ Nach [52] wurden im Jahr 2015 genau 146.852 Baugenehmigungen für Wohnungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden erteilt und 247.722 Wohnungen fertiggestellt.