

# KLIMASCHUTZ IN DER STADTPLANUNG – PRAXISLEITFADEN –

## ONLINE-ANHANG MIT HINTERGRUNDINFORMATIONEN UND GRUNDLAGEN

### TEIL 4: ENERGIE UND GEBÄUDE

#### INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>ENERGIE UND GEBÄUDE</b>	<b>2</b>
1.1	Energiearten	2
1.2	CO <sub>2</sub> -Emissionen von Energieträgern	5
1.2.1	CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren und Klimabilanz verschiedener Energieträger nach GEMIS (Version 4.6)	5
1.2.2	Bewertung der CO <sub>2</sub> -Emissionen gem. Primärenergiefaktor	9
1.3	Baustandards: Wärmeschutz und Reduzierung des Wärmebedarfs von Gebäuden	11
1.4	Heizungssysteme	19
1.5	Kosten und Wirtschaftlichkeit verschiedener Baustandards und Wärmeversorgungssysteme	21
1.6	Reduzierung des Wärmebedarfs von Gebäuden im Rahmen der Stadtentwicklung	23

## Herausgeber



Stadt Frankfurt am Main  
– Der Magistrat – Energiereferat (79A)  
Galvanistraße 28  
60486 Frankfurt am Main  
[www.energiereferat.stadt-frankfurt.de](http://www.energiereferat.stadt-frankfurt.de)

Regionalverband FrankfurtRheinMain  
Der Regionalvorstand  
Poststraße 16  
60329 Frankfurt am Main  
[www.region-frankfurt.de](http://www.region-frankfurt.de)

## Kontakt

Andrea Graf  
Projektleitung Masterplan 100% Klimaschutz  
Telefon: +49 69 212-39165  
E-Mail: [andrea.graf@stadt-frankfurt.de](mailto:andrea.graf@stadt-frankfurt.de)

Michael Voll  
Projektleitung Regionales Klimaschutzkonzept  
Telefon: +49 69 2577 1438  
E-Mail: [voll@region-frankfurt.de](mailto:voll@region-frankfurt.de)

## Erarbeitung

KEEA Klima- und Energieeffizienz Agentur, Kassel

Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES, Kassel

© Oktober 2014 Stadt Frankfurt am Main, Regionalverband FrankfurtRheinMain

## 1 ENERGIE UND GEBÄUDE

Der Energiestandard eines Gebäudes schreibt fest, wie hoch der Energiebedarf pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr sein darf. Der Energiestandard wird durch bauliche Maßnahmen und entsprechende Haustechnik erreicht, wohingegen das Nutzerverhalten keinen direkten Einfluss auf den Standard, wohl aber auf den tatsächlichen Verbrauch hat.

Die übliche Maßzahl des Energiebedarfs ist "Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr" [kWh/(m<sup>2</sup>·a)], bzw. umgerechnet 0,1 l/(m<sup>2</sup>·a) Heizöläquivalent. Um den Energiebedarf verschiedener Gebäude vergleichbar zu machen, müssen Art und Zweck der Energie, z.B. Primärenergie, Nutzenergie, Endenergie, Heizwärme sowie die Art und Berechnung der Fläche bestimmt werden. An dieser Stelle sind die wesentlichen Einflussfaktoren und Begriffe rund um die Bereiche Gebäude, Energie und Heizsysteme erläutert, um deren Abgrenzung und Unterscheidung zu erleichtern. Dies reicht von verschiedenen Arten der Energie über Gebäudestandards und damit verbundene Energieverbräuche bis hin zu Heizungssystemen und Kostenvergleichen. Um Doppelungen zu vermeiden sei an daher auf die entsprechenden Stellen im Leitfaden hingewiesen.

### 1.1 ENERGIEARTEN

Verschiedene Bezeichnungen für die Energiearten können leicht zu Verwirrung führen und die Aussagekraft von Vergleichen einschränken. Daher werden im Folgenden die verschiedenen Arten von Energie und die Zusammenhänge erläutert.

#### **Graue Energie**

Unter diesem Begriff versteht man die Energie, welche vom Verbraucher nicht direkt eingekauft wird. Sie wird für Herstellung, Transport und Entsorgung eines Produktes bzw. auch einer Dienstleistung benötigt. Diese Energie ist nicht sofort ersichtlich. Sie steckt z.B. in der Herstellung und dem Transport von Nahrung sowie in den Verpackungsmaterialien.

#### **Primärenergie**

Der Begriff (lat. Primus: der Erste) bezieht sich auf die Energie, welche in einer natürlich vorkommenden Energiequelle steckt. Erklärt man den Begriff anhand einer Solaranlage,

ist die Primärenergie das auftreffende Sonnenlicht, bzw. bei einer Windkraftanlage der Wind. Dieser Begriff kann allerdings auch auf Erdöl bzw. Kohle bezogen werden.

Der **Primärenergiebedarf** (nach EnEV, kurz: QP) eines Systems umfasst zusätzlich zum eigentlichen Energiebedarf an einem Energieträger die Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt wird (Primärenergie). Zur Ermittlung der Energiebilanz wird der entsprechende Energiebedarf unter Berücksichtigung der beteiligten Energieträger mit einem Primärenergiefaktor (PEF, fP genannt) multipliziert.

### **Sekundärenergie**

Entsteht durch die Umwandlung von Primärenergie, z.B. wird aus der Primärenergie „Kohle“ die Sekundärenergie „Strom“ gewonnen.

### **Endenergie**

Als Endenergie wird die Energie bezeichnet, die nach Energiewandlungs- und Übertragungsverlusten verbleibt und beschreibt damit quasi die Energie, die dem Endverbraucher (sowohl dem privaten Haushalt als auch dem Sektor Gewerbe, Handel, Industrie usw.) zur Verfügung steht. Beispielsweise wird die chemische Energie von Kohle in Kraftwerken in elektrische Energie umgewandelt und als elektrischer Strom bereitgestellt. Da bei der Umwandlung ein Teil der Energie verloren geht (bzw. physikalisch korrekter in nicht mehr weiter nutzbare Energieformen umgewandelt wird), ist die Summe des Endenergieverbrauchs geringer als die Summe des Primärenergieverbrauchs. Der Primärenergieverbrauch enthält also auch alle Umwandlungs- und Übertragungsverluste.

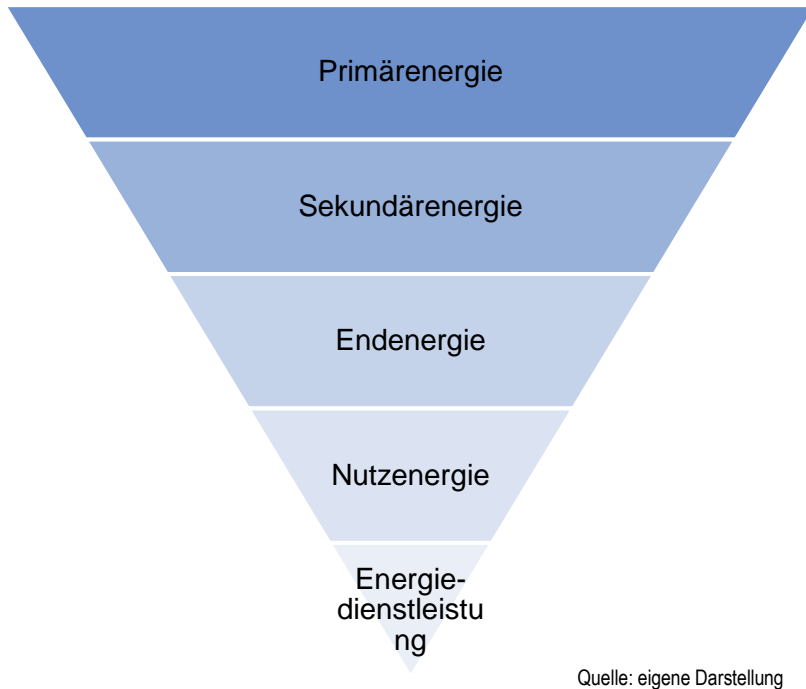
### **Nutzenergie**

Die Nutzenergie wird aus der Endenergie beim Anwender umgewandelt. Die Formen der Nutzenergie sind z.B. Wärme zur Raumheizung oder Licht zur Beleuchtung eines Raumes bzw. Arbeitsplatzes.

### **Energiedienstleistung**

Ist eine Dienstleistung, die der Verbraucher durch Verwendung der Nutzenergie bezieht (Wärme, Licht, Transport, Produktherstellung etc.).

Abb. 1: Übersicht über die verschiedenen Energiearten



### Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf (HWB, teils auch Nutzheiz-Energiekennzahl NEZ) ist die errechnete Energiemenge, die einem Gebäude innerhalb der Heizperiode zuzuführen ist, um die gewünschte Innentemperatur aufrechtzuerhalten, z. B. durch Heizkörper an einen beheizten Raum abgeben. Allgemein dient der Heizwärmebedarf für die Definition von Energiestandards bei Häusern.

Er ist als Baukenngroße für ein spezielles Gebäude typisch und wird von der Gebäudehülle (Bauform, Dämmung), Standort (groß- und kleinklimatische Bedingungen) und seiner baulichen Nutzungsart bestimmt, ist jedoch vom Nutzerverhalten unabhängig. Die Bauform des Gebäudes beeinflusst den Heizwärmebedarf über den Kompaktheitsgrad, die Wärmedämmung den sog. Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) der Außen- und Trennflächen, außerdem enthält sind die Gesamtenergiedurchlassgrade (g-Wert) aller Fensterflächen, einschließlich Orientierung und Abschattung der Glasflächen, also solare Wärmegewinne.

### **Transmissionswärmeverlust**

Der Transmissionswärmeverlust ist eine der Verlustleistungen, welche bei einem beheizten Gebäude durch Energieabgabe an die Umgebung entsteht. Als Leistung wird der Energiefluss in einem Moment angegeben, der Transmissionswärmeverlust über einen bestimmten Zeitraum ergibt eine Wärmemenge (Einheit Ws). Weitere Energieverluste entstehen bei Gebäuden z. B. durch Lüftung und Abwässer. Wenn die Innentemperatur gehalten werden soll, muss die Summe der Wärmeverluste durch Heizwärme ersetzt werden. Die dafür erforderliche Heizleistung wird Heizlast genannt.

### **Endenergieträger**

Hierbei handelt es sich um Energieträger, welche vom Endverbraucher eingesetzt werden um den Energiebedarf zu decken. Energieträger sind z.B. Kohle, Öl, Gas usw.

## **1.2 CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN VON ENERGIETRÄGERN**

Um die verschiedenen Energieträger mit ihren Umweltauswirkungen bewerten zu können und sie untereinander vergleichbar zu machen bestehen verschiedene Möglichkeiten und Berechnungsmethoden. Im Folgenden werden die zwei wichtigsten Ansätze, die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren nach dem GEMIS-Modell sowie der Primärenergiefaktor, näher betrachtet. Wichtig ist, dass die zu vergleichenden Emissionsfaktoren die Vorketten zur Bereitstellung der Energieträger einbeziehen, nach einer einheitlichen Methode berechnet und in den Entscheidungsprozess bei der Auswahl der Energieträger in der Wärmeversorgung einbezogen werden.

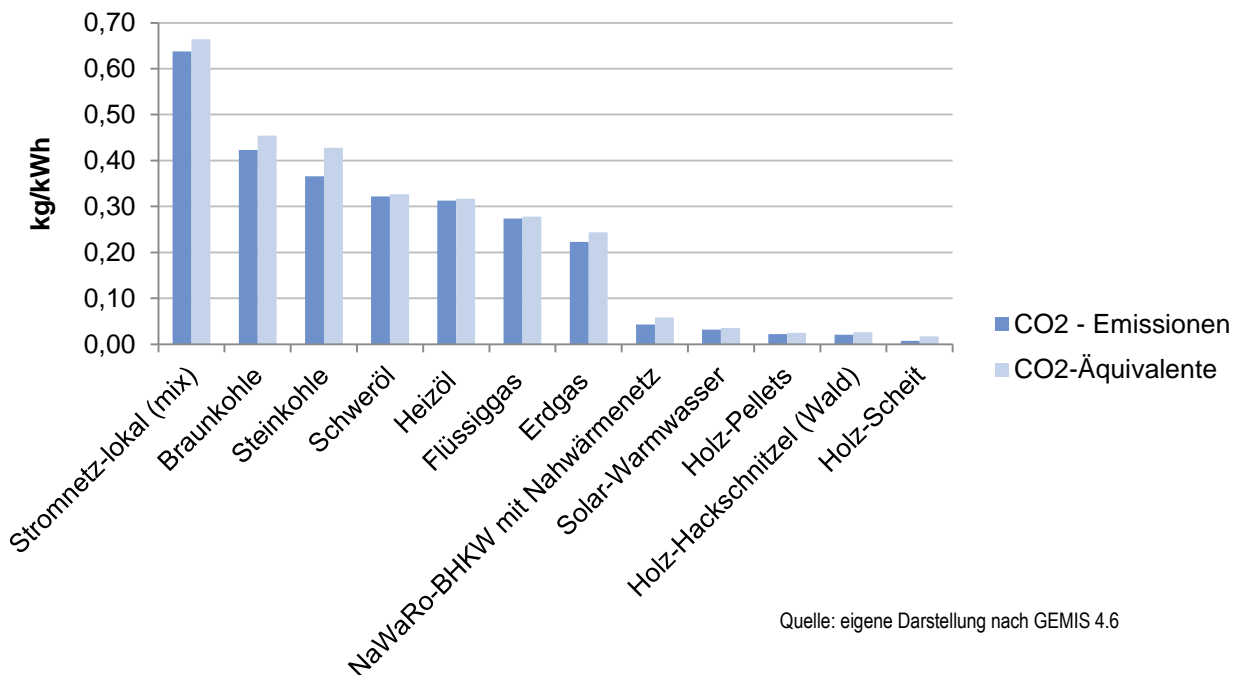
### **1.2.1 CO<sub>2</sub>-EMISSIONSFAKTOREN UND KLIMABILANZ VERSCHIEDENER ENERGIETRÄGER NACH GEMIS (VERSION 4.6)**

Beim Einsatz unterschiedlicher Energieträger werden auch unterschiedliche Mengen an CO<sub>2</sub> bzw. CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ausgestoßen. Die emittierte Menge an CO<sub>2</sub> bzw. CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Menge eingesetzter Energieträger kann mit Hilfe der sogenannten CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren nach dem GEMIS-Modell berechnet werden. GEMIS (Globales Emissions-Modell integrierter Systeme) ist ein Bilanzierungsmodell für Energie- und Stoffströme. Das Bilanzierungsmodell berechnet für alle Prozesse sogenannte Lebenswege (Life-Cycle), d.h. es berücksichtigt von der Primärenergie- bzw. Rohstoffgewinnung bis zur

Nutzenergie bzw. Stoffbereitstellung alle wesentlichen Schritte. Außerdem bezieht es auch den Hilfsenergie- und Materialaufwand zur Herstellung von Energieanlagen und Transportsystemen mit ein. Die Herstellung der Stoffe bzw. Materialien erfordert wiederum Energie- und Transportprozesse. Der folgende Vergleich zeigt die Emissionsfaktoren der einzelnen Energieträger zur Wärme- und Strombereitstellung. Es werden sowohl fossile als auch regenerative Energieträger betrachtet, da auch für die Energiebereitstellung aus nachwachsenden Rohstoffen für Bereitstellung und Transport Energie aufgewendet werden muss.

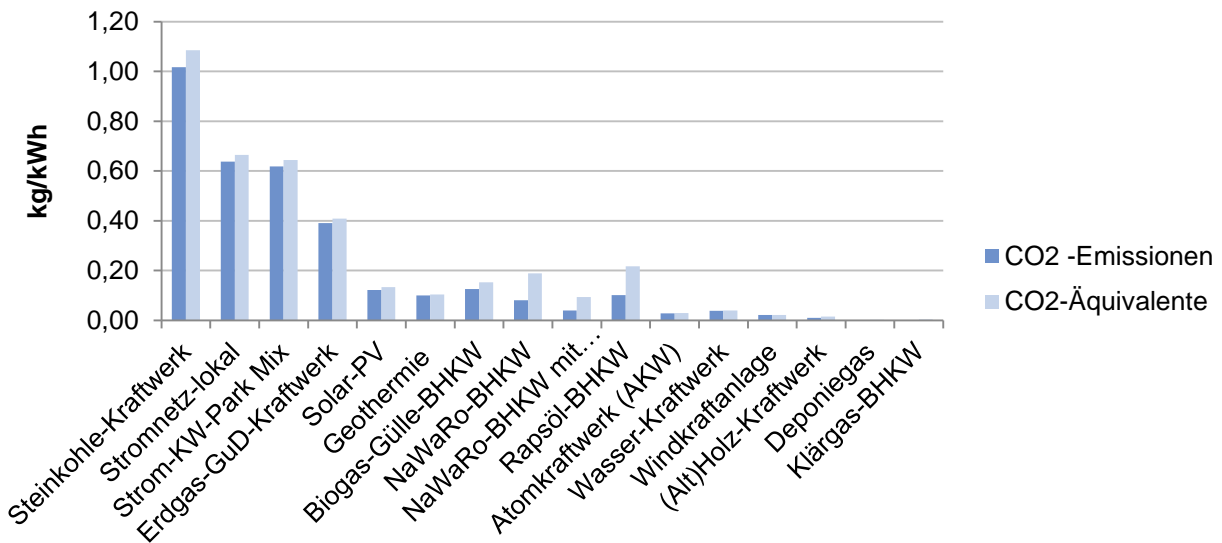
Dennoch wird deutlich, dass im direkten Vergleich für die Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern wie Braunkohle, Heizöl und Erdgas wesentlich mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen anfallen als durch regenerative Energieträger wie Holz, Solarenergie oder Nahwärme-Biogas. Dies trifft auch bei der Stromerzeugung zu.

Abb. 2: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren der Wärmebereitstellung nach GEMIS 4.6 [kg/kWh]



Unter den regenerativen Energieträgern fallen durch die Windenergie vergleichsweise geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen an, auch die Nutzung von Rest- und Abfallstoffen wie beispielsweise in Deponie- oder Klärgasanlagen ist vergleichsweise CO<sub>2</sub>-arm.

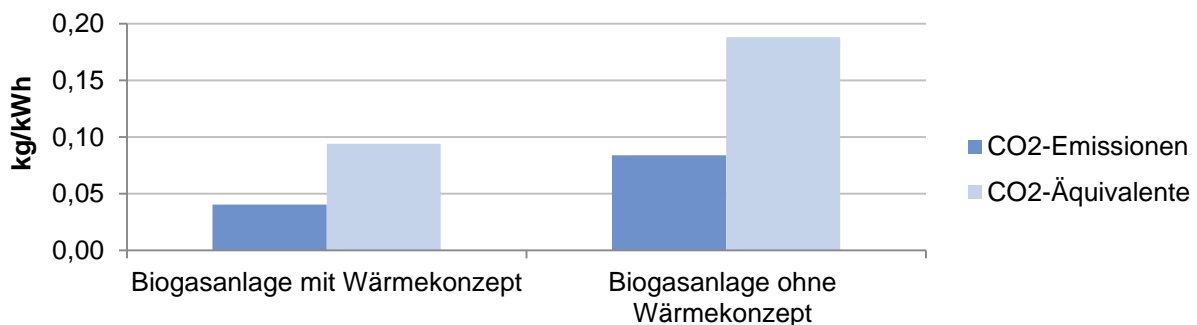
Abb. 3: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren der Strombereitstellung nach GEMIS 4.6 [kg/kWh]



Quelle: eigene Darstellung nach GEMIS 4.6

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die Wärme- und Stromerzeugung in KWK-Anlagen anfallen, sind abhängig von der Betriebsweise der Anlagen. Wird die anfallende Abwärme beispielsweise in einem Nahwärmenetz zur Gebäudeheizung eingesetzt, sind die Emissionen für diese kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung (entsprechend kalorischer Rechnung) deutlich geringer als bei ausschließlicher Stromerzeugung der Biogasanlagen. Grundlage ist die Annahme, dass bei kombinierter Strom- und Wärmeerzeugung keine CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Wärmebereitstellung anfallen, da die Wärme ein Nebenprodukt der Stromerzeugung ist.

Abb. 4: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren von Biogasanlagen in Abhängigkeit der Betriebsweise nach GEMIS 4.6 [kg/kWh]



Quelle: eigene Darstellung, kalorische Rechnung nach GEMIS 4.6



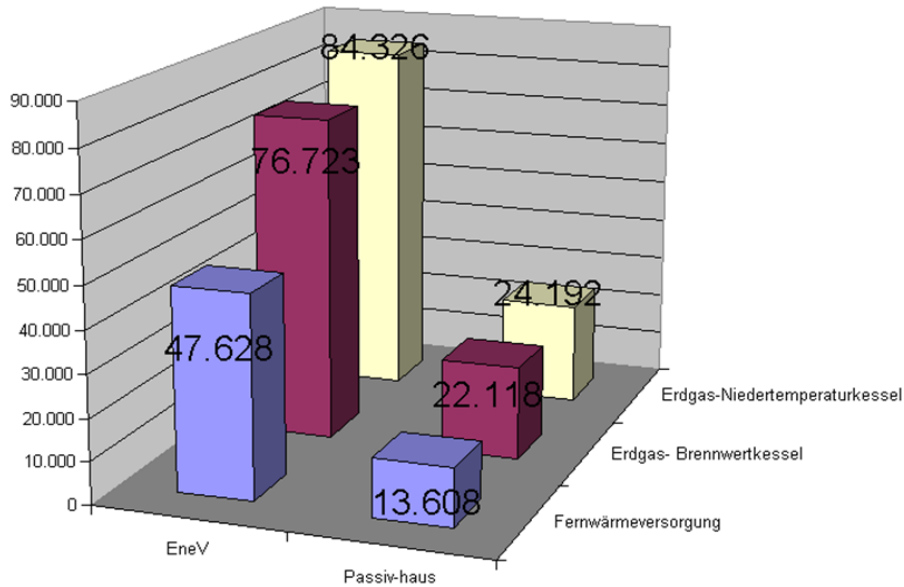
**Tab. 1: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren der einzelnen Energieträger für die Wärmebereitstellung**

	CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren [kg/kWh]	CO <sub>2</sub> -Äquivalente [kg/kWh]
Heizöl	0,313 kg/kWh	0,317 kg/kWh
Schweröl Großkunden	0,322 kg/kWh	0,326 kg/kWh
Erdgas	0,223 kg/kWh	0,244 kg/kWh
Flüssiggas	0,273 kg/kWh	0,278 kg/kWh
Braunkohle	0,423 kg/kWh	0,454 kg/kWh
Steinkohle	0,366 kg/kWh	0,428 kg/kWh
Holz-Scheit	0,008 kg/kWh	0,017 kg/kWh
Holz-Pellets	0,022 kg/kWh	0,025 kg/kWh
Holz-Hackschnitzel (Wald)	0,021 kg/kWh	0,026 kg/kWh
Holz-Hackschnitzel (KUP – Pappel)	0,024 kg/kWh	0,037 kg/kWh
Solar-Warmwasser-flach	0,040 kg/kWh	0,045 kg/kWh
Solar-Warmwasser-Vakuum	0,024 kg/kWh	0,025 kg/kWh
Nahwärmenutzung Biogas-Mais-BHKW	0,043 kg/kWh	0,059 kg/kWh
Stromnetz-lokal (mix)	0,638 kg/kWh	0,664 kg/kWh

Quelle: nach GEMIS 4.6

Die folgende Abbildung zeigt die Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Baustandards und Wärmeversorgungssysteme im Vergleich. Es wird deutlich, dass zwischen den Emissionen, die aus einem Passivhaus mit Fernwärmeversorgung (knapp 13.600 t CO<sub>2</sub>/a) und einem Gebäude nach EnEV mit Erdgas-Niedertemperaturkessel (knapp 85.000 t CO<sub>2</sub>/a) rund 71.400 t CO<sub>2</sub>/a liegen – eine beachtliche Differenz, die von der Kommune beispielsweise durch die Festschreibung von Gebäudestandards oder Wärmeversorgungssysteme bzw. die informelle Steuerung der Investitionsentscheidungen beeinflusst werden kann.

Abb. 3: Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Baustandards und Wärmeversorgungssysteme [t CO<sub>2</sub>/a]



	EneV	Passiv-haus
■ Fernwärmeversorgung	47.628	13.608
■ Erdgas- Brennwertkessel	76.723	22.118
□ Erdgas-Niedertemperaturkessel	84.326	24.192

Quelle: Stadt Frankfurt am Main, Energiereferat

### 1.2.2 BEWERTUNG DER CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN GEM. PRIMÄRENERGIEFAKTOR

Eine weitere Bewertungsmöglichkeit für Energieträger bietet der sogenannte „Primärenergiefaktor“, der allerdings einige Einschränkungen aufweist. Der Primärenergiefaktor beschreibt grundsätzlich den Aufwand, der nötig ist, bis der jeweilige Energieträger beim Verbraucher vor Ort eingesetzt werden kann (Gewinnung, Aufbereitung, Transport). Der Faktor dient dazu, verschiedene Energieträger bei der Bewertung des Einsatzes in Gebäuden durch die Einbeziehung der Vorketten bis zur Quelle miteinander vergleichbar zu machen. Hierbei handelt es sich ausschließlich um einen Energiekennwert, der keinen Rückschluss auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen zulässt.

Der Primärenergiefaktor spielt vor allem bei der Gebäudebewertung nach der Energieeinsparverordnung (ENEV) eine wichtige Rolle, da er in Multiplikation mit dem Endenergiebedarf darüber entscheidet, ob das Gebäude die Anforderung der ENEV erfüllt oder nicht. Die aktuelle Fassung (EnEV 2014) wird im Frühjahr des Jahres 2014 in Kraft gesetzt. Die

energetische Bewertung der energetischen Qualität des Gebäudes erfolgt durch die rechnerischen Wärmeverluste durch die Gebäudehülle (Ht') und den Primärenergiebedarfs (QP) bezogen auf die Energiebezugsfläche (AN). Nach ENEC werden die mit dem Betrieb des Gebäudes verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht bewertet.

Die zur Bewertung herangezogenen Primärenergiefaktoren basieren auf den Normen DIN V 18599-1 und DIN 4701-10/A1, bzw. auf den in diesen Normen genannten Berechnungsverfahren für den Primärenergiefaktor. Die folgende Tabelle zeigt die aktuellen Faktoren.

Tab. 2: Primärenergiefaktoren nach DIN 18599

Energieträger	Primärenergiefaktoren		
		insgesamt	nicht erneuerbarer Anteil
Fossile Brennstoffe	Heizöl EL	1,1	1,1
	Erdgas H	1,1	1,1
	Flüssiggas	1,1	1,1
	Steinkohle	1,1	1,1
	Braunkohle	1,2	1,2
Biogene Brennstoffe	Biogas	1,5	0,5
	Bioöl	1,5	0,5
	Holz	1,2	0,2
Nah-/Fernwärme aus KWK (70%)	fossiler Brennstoff	0,7	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,7	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	1,3	0,1
Strom	allgemeiner Strommix	2,8	2,4
	Verdrängungsstrommix	2,8	2,8
Umweltenergie	Solarenergie	1,0	0,0
	Erdwärme, Geothermie	1,0	0,0
	Umgebungswärme	1,0	0,0
	Umgebungskälte	1,0	0,0
Abwärme innerhalb des Gebäudes	Aus Prozessen	1,0	0,0

Entscheidend für die Bewertung des Energieeinsatzes in Gebäuden ist der Faktor „**Primärenergie, nicht erneuerbarer Anteil**“. Wie schon erläutert, wird über diesen Faktor eine Nachhaltigkeitsbewertung im Blick auf die Inanspruchnahme von Ressourcen vorgenommen und keine Aussage hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen getroffen.

Die Berechnung des Primärenergiefaktors von gekoppelten Systeme (Nah-/Fernwärmesysteme mit und ohne Kraft-Wärme-Kopplung) erfolgt nach dem Arbeitsblatt FW 309 Teil I der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme, jetzt Effizienzverband für Wärme, Kälte und KWK (AGFW). Hier sind auch in Anlehnung an die Auslegung des deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) folgende ergänzende Primärenergiefaktoren festgelegt.

Anhand dieses Arbeitsblatts wird für Nah-/und Fernwärmesysteme in Deutschland der Primärenergiefaktor bestimmt. Neben den ergänzenden Primärenergiefaktoren wird in diesem Arbeitsblatt auch geregelt, wie die über KWK-Prozesse erzeugte Strommenge bewertet wird. Die Anrechnung erfolgt als Gutschrift auf den primärenergetischen Brennstoffeinsatzes eines Nah-/ Fernwärmesystems. Sollte dabei der resultierende Primärenergiefaktor negativ werden, so wird er auf 0 begrenzt.

Die Nutzung von Wärme aus der Verbrennung von Müll, lokalen Gasen und Klärschlamm wird mit dem Faktor 0 bewertet, da es sich hier um eine Zweitnutzung handelt. So ist z.B. der Müll „sowieso schon vorhanden“ und es werden keine weiteren fossilen Ressourcen durch die thermische Umwandlung des Mülls verbraucht. Daher wird Müll der gleiche primärenergetische Faktor wie bei der Nutzung von erneuerbaren Energien zugewiesen. Bei der AGFW ([www.agfw.de](http://www.agfw.de)) kann eine aktuelle Liste mit den Primärenergiefaktoren von Fernwärmesystemen abgerufen werden.

### **1.3 BAUSTANDARDS: WÄRMESCHUTZ UND REDUZIERUNG DES WÄRMEBEDARFS VON GEBÄUDEN**

Bei einem Neubau wird der Energiebedarf eines Gebäudes über einen sehr langen Zeitraum festgeschrieben. Werden hier falsche oder nicht zeitgemäße Entscheidungen getroffen, bedeutet dies möglicherweise erhöhten Energieverbrauch, negative Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen oder Unwirtschaftlichkeit für die nächsten 50–70 Jahre. Daher ist

es besonders wichtig, einen Überblick zu haben, welche Baustandards welchen Energiebedarf bedingen und welches die optimalen Lösungen zur Erreichung der jeweiligen kommunalen Zielsetzungen sind.

Der Energiestandard eines Gebäudes schreibt fest, wie hoch der Energiebedarf pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr sein darf. Daher gilt bei der Unterscheidung bzw. dem Vergleich verschiedener Bau- bzw. Gebäudestandards, einen einheitlichen Bezugsrahmen zu finden und den (tatsächlichen) Energiebedarf nach einem einheitlichen und vergleichbaren System (z.B. PHPP) zu bewerten, um so die realen Bedarfe abzubilden.

Allgemein dient der Heizwärmebedarf für die Definition von Energiestandards bei Häusern: Angestrebte Minimalforderungen für effiziente moderne Wärmedämmungen liegen bei etwa  $Q_h \leq 100$ , für neugebaute Häuser wird laut der deutschen Energieeinsparverordnung (EnEV) etwa der Effizienzhaus-Standard mit einem spezifischen Heizwärmebedarf zwischen 40–70 kWh/m<sup>2</sup>a gefordert, für unsanierte Altbauten liegt der Wert typischerweise über 150 bis weit über 300 kWh/m<sup>2</sup>a. Der Nullenergiehaus-Standard kommt im Jahresmittel ohne Netto-Energiebezug von außen aus, die benötigte Energie wird am Haus selbst erzeugt. Dieser Standard sagt jedoch nichts über den Energiebedarf des Hauses selbst aus.

**Tab. 3: Übersicht über den Energiebedarf verschiedener Baustandards**

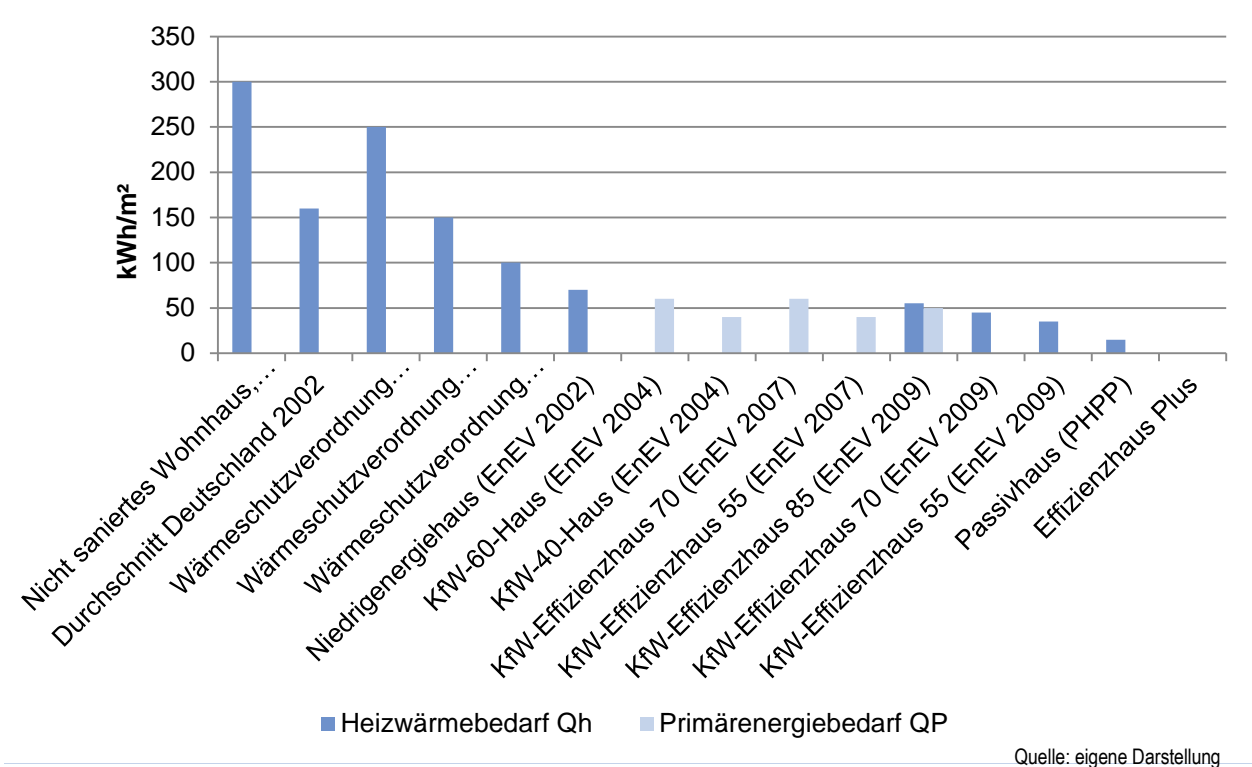
	Heizwärme- bedarf $Q_h$ ; kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Primärenergie- bedarf $Q_p$ ; kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Endenergie- bedarf $Q_e$ ; kWh/(m <sup>2</sup> · a)	Transmissi- onswärme- verlust $H_T$
Nicht saniertes Wohnhaus, Baujahr 1960–1980	300			
Durchschnitt Deutschland 2002	160			
Wärmeschutzverordnung (WSVO 77)	$\leq 250$			
Wärmeschutzverordnung (WSVO 82)	$\leq 150$			
Wärmeschutzverordnung (WSVO 95)	$\leq 100$			
Effizienzhaus (EnEV 2002)	$\leq 70$			

**Praxisleitfaden: „Klimaschutz in der Stadtplanung“**  
**Teil 4: Energie und Gebäude**

KfW-60-Haus (EnEV 2004)		$\leq 60$		
KfW-40-Haus (EnEV 2004)		$\leq 40$		
KfW-Effizienzhaus 70 (EnEV 2007)		$\leq 60$		$\leq 70\%$ Höchstwert EnEV 2007
KfW-Effizienzhaus 55 (EnEV 2007)		$\leq 40$		$\leq 55\%$ Höchstwert EnEV 2007
KfW-Effizienzhaus 85 (EnEV 2009)	$\leq 55$	$\leq 85\%$ Höchstwert EnEV 2009 (ca. 50 kWh/(m <sup>2</sup> · a))		$\leq 100\%$ Höchstwert EnEV 2009
KfW-Effizienzhaus 70 (EnEV 2009)	$\leq 45$	$\leq 70\%$ Höchstwert EnEV 2009		$\leq 85\%$ H <sub>T,Ref</sub> EnEV 2009
KfW-Effizienzhaus 55 (EnEV 2009)	$\leq 35$	$\leq 55\%$ Höchstwert EnEV 2009		$\leq 70\%$ H <sub>T,Ref</sub> EnEV 2009
KfW-Effizienzhaus 40 (EnEV 2009)		$\leq 40\%$ Höchstwert EnEV 2009		$\leq 55\%$ H <sub>T,Ref</sub> EnEV 2009
Passivhaus (PHPP)	$\leq 15$			
Effizienzhaus Plus		$\leq 0$	$\leq 0$	

Quelle: eigene Zusammenstellung nach WSVO 77/82/95, EnEV 2002/2004/2007/2009

Abb. 4: Heizwärme- und Primärenergiebedarf bei verschiedenen Gebäudestandards



Im Folgenden werden die gesetzlichen Grundlagen und Baustandards näher erläutert:

### EU Gebäuderichtlinie

Die 2010 in Kraft getretene europäische Gebäuderichtlinie (2010/31/EU) ist ein Instrument der EU zur Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudebestand. Diese thematisiert:

- Entwicklung einer Methode zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Festlegung von Mindestanforderungen für die Erreichung kostenoptimaler Niveaus
- Ausweitung der Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz auf alle Gebäude, die einer größeren Renovierung unterzogen werden sollen, einschließlich Nachrüstungs- oder Renovierungsarbeiten an Elementen der Gebäudehülle
- Alle neuen Gebäude müssen ab Dezember 2020 dem Niedrigenergiestandard entsprechen (öffentliche Gebäude ab Dezember 2018)

- Mitgliedsstaaten werden dazu verpflichtet, finanzielle Anreize zu etablieren, um den Übergang zum Niedrigenergiestandard für Gebäude zu ermöglichen
- Verbindliche Energiezertifizierung für alle gebauten, verkauften oder vermieteten Privatgebäude und für alle öffentlichen Gebäude mit einer Grundfläche von über 500m<sup>2</sup> oder solchen mit viel Publikumsverkehr
- Verstärkte Wartung und Berichterstattungspflichten für Heiz- und Kühlsysteme
- Mitgliedsstaaten werden dazu verpflichtet, Strafen im Falle einer Nichteinhaltung zu verhängen.

### **EnEV**

Die Abkürzung steht für Energieeinsparverordnung. Kurz gesagt, ist es eine Rechtsverordnung mit dem Ziel, den Energieverbrauch eines Gebäudes zu senken. Auf Grundlage der Verordnungsermächtigung des Energieeinsparungsgesetz (EnEG) werden Bauherren durch diese Verordnung bautechnische Standardanforderungen zum effizienten Betriebsenergieverbrauch ihres Gebäudes oder Bauprojektes vorgeschrieben. Diese Verordnung gilt für alle Gebäude, die beheizt oder klimatisiert werden. Die Energieeinsparverordnung löste die Wärmeschutzverordnung (WSchV) und die Heizungsanlagenverordnung (HeizAnV) ab und fasste sie zusammen. Seit der Einführung traten verschiedene Fassungen in Kraft (EnEV 2002, EnEV 2004, EnEV 2007, EnEV 2009).

### **Bestand**

Bestandsgebäude bezeichnen z.B. Bauwerke, welche zu einem bestimmten Zeitpunkt bereits vorhanden sind. Diese haben in nicht sanierten Zustand (Baujahr 1960–1980) üblicherweise einen durchschnittlichen Heizwärmebedarf von 160–300 kWh/(m<sup>2</sup>\*a).

### **KfW Effizienzhaus**

Ein KfW-Effizienzhaus steht für einen sehr geringen Energiebedarf. Hierbei ist der Ausgangspunkt die Vorgabe der EnEV (Energieeinsparverordnung), welche festlegt, wie ein KfW Effizienzhaus 100 / 70 / 55 und 40 gegliedert sein muss.

### **KfW Effizienzhaus 100**

Per Definition nach der Verordnung EnEV ist das KfW Effizienzhaus 100 (Effizienzhaus) das Standardhaus. Eine Förderung orientiert sich meist an diesen Kriterien. Hierbei muss es sich nicht zwangsläufig um einen Neubau handeln, Häuser im Bestand lassen sich ebenfalls zum Effizienzhaus sanieren.



### KfW Effizienzhaus 70

- Der Jahres-Primärenergiebedarf (QP) darf nicht mehr als 70% des Höchstwertes der EnEV für das Referenzhaus 100 betragen (daher KfW Effizienzhaus 70).
- Zudem muss der Transmissionswärmeverlust den Höchstwert der EnEV um mindestens 15% unterschreiten (nicht mehr als 85% des Höchstwertes).

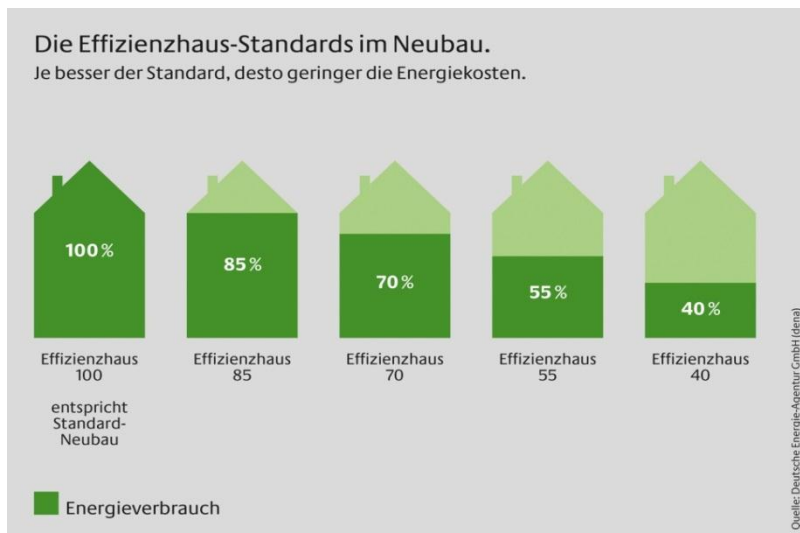
### KfW Effizienzhaus 55

- Der Jahres-Primärenergiebedarf (QP) (Gesamtenergieverbrauch eines Gebäudes) darf maximal 55% des Referenzgebäudes nach der EnEV 2009 betragen.
- Der so genannte HT-Wert (durchschnittlicher, spezifischer Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle nach außen) muss um mindestens 45% unter dem Höchstwert der EnEV liegen.

### KfW Effizienzhaus 40

- Bei einem KfW Effizienzhaus 40 muss der Primärenergiebedarf mindestens kleiner/ gleich 40% des Höchstwertes nach EnEV 2009 sein.
- Die Transmissionswärmeverluste müssen kleiner/ gleich 55% des Referenzwertes der EnEV (2009) sein. Letztlich sind als Maßstab eben das Referenzgebäude nach EnEV (2009) und die Abweichungen davon ausschlaggebend.

Abb. 5: Vergleich der KfW-Effizienzhaus-Standards



Quelle: dena

## Sonnenhaus

Dem Prinzip des solaren Bauens hat sich das Sonnenhaus verschrieben. Als Sonnenhaus bezeichnet werden dürfen Häuser, die folgende Bedingungen erfüllen:

- hohe Wärmedämmung
- Mehr als 50% solare Deckung des Warmwasser- und Heizwärmebedarfs
- Zuheizung nur durch regenerative Energiequellen, i.d.R. Holz

Geprägt wurde der Begriff vom Verein Sonnenhaus-Institut mit Sitz in Straubing. Der hohe solare Deckungsgrad des Wärmebedarfs wird durch eine großflächige Solaranlage zur Wärmeengewinnung und einen entsprechend dimensionierten Puffer mit einem Volumen von meist mehreren Kubikmetern zur Überbrückung von Schlechtwetterperioden erreicht. Während der sonnenarmen Monate der Heizperiode (je nach Auslegung der Solaranlage von November/Dezember bis Februar/März) kommt zusätzlich zur Solaranlage die regenerative Zuheizung zum Einsatz.

Ein Sonnenhaus verwendet zur Heizung der Räume in der Regel eine Flächenheizung mit niedriger Vorlauftemperatur (Wand- oder Fußbodenheizung). Damit wird ein anderer Ansatz verfolgt als bei den meisten Passivhäusern, die kein Heizverteilsystem im herkömmlichen Sinn besitzen, sondern mit einer Erwärmung der Zuluft der im Passivhaus immer vorhandenen zentralen Lüftungsanlage arbeiten. Eine zentrale Lüftungsanlage wird im Sonnenhaus nicht zwangsweise benötigt.

## Plusenergiehaus

Ein Plusenergiehaus ist ein dem Nullenergiehaus ähnliches Haus, dessen jährliche Energiebilanz positiv ist, da es mehr Energie gewinnt, als es von außen (zum Beispiel in Form von Elektrizität, Gas, Heizöl oder Holzbrennstoffen) bezieht. Plusenergie bedeutet 100% regenerative Energieversorgung und emissionsfreier Betrieb: die benötigte Energie für Heizung und Warmwasser wird im oder am Haus selbst gewonnen, meist durch thermische Solaranlagen und Photovoltaikanlagen. Da jedoch keine allgemein akzeptierte Definition oder Norm für das Plusenergiehaus existiert, bleibt unklar ob auch der Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung, Haushaltsstrom etc. zu bilanzieren, also auszugleichen ist. Nicht berücksichtigt wird ebenfalls der Primärenergiebedarf, der für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung der Baustoffe zur Erstellung des Hauses benötigt

wird. Ebenso sollte die Monatsbilanz des Plusenergiehauses berücksichtigt werden, in der starke Schwankungen zwischen Sommer- und Wintermonaten auftreten können.

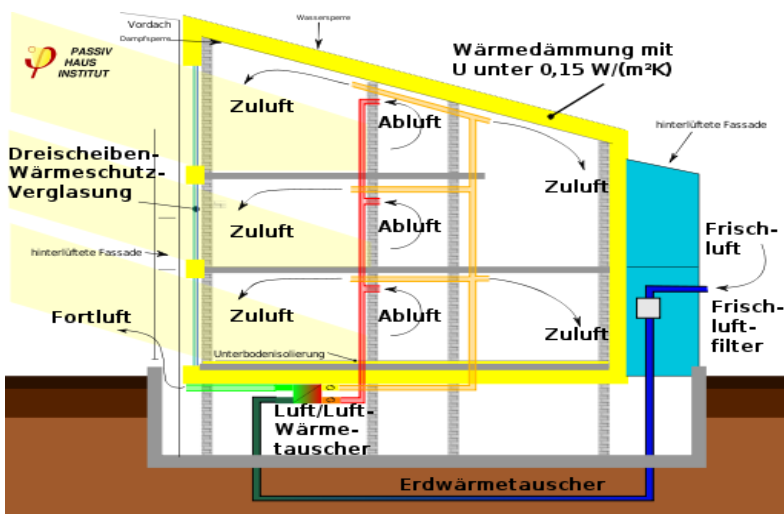
### Passivhaus

Als Passivhaus wird ein Gebäude bezeichnet, welches aufgrund seiner guten Wärmedämmung keine klassische Gebäudeheizung benötigt.

Laut des Passivhausinstituts Darmstadt darf der Heizwärmebedarf 15 kWh pro Quadratmeter im Jahr nicht übersteigen. Weitere Definitionen gibt es beim Primärenergiebedarf 120 kWh/m<sup>2</sup>\*a, der Luftdichtheit und dem minimalen Wirkungsgrad.

Der Begriff „passiv“ entstammt daher, dass der größte Teil des Wärmebedarfs aus „passiven“ Quellen gedeckt wird, z.B. durch Sonneneinstrahlung und Abwärme von Personen, sowie von technischen Geräten.

Abb. 6: Querschnitt durch ein Passivhaus



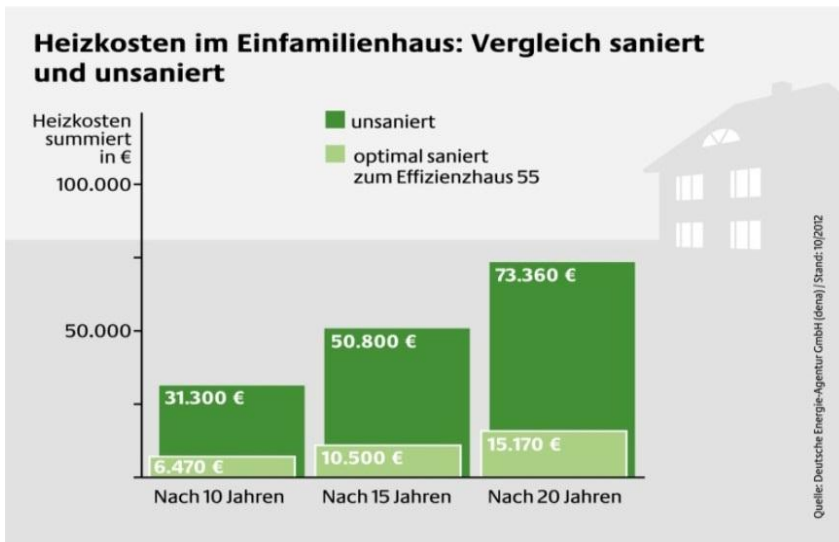
Quelle: Passivhaus Institut

### Effizienzhaus

Als Effizienzhaus bezeichnet man einen Energiestandard für Neubauten, aber auch sanierte Altbauten, die gewisse geforderte energietechnische Anforderungsniveaus unterschreiten. Derzeit gilt in Deutschland das Anforderungsniveau der Energieeinsparverordnung (EnEV) in der Novellierung vom 1. Oktober 2009. Zentrale Grundlage eines Effi-

zienzauses ist im Allgemeinen eine optimale Wärmedämmung des Daches und der Außenwände. Eine ausreichende Dämmung der Außenwände sowie eine Isolierung der Fenster und der Außentüren des Hauses sorgen dafür, dass nur ein geringer Teil der aufgewendeten Heizungsenergie das Hausinnere verlassen kann.

Abb. 7: Kumulierte Heizkosten eines Einfamilienhauses (Vergleich saniert / unsaniert)



Quelle: dena

## 1.4 HEIZUNGSSYSTEME

Heizungssysteme und die verwendeten Energieträger sind nach dem Baustandard die weiteren wesentlichen Einflussgrößen auf die Emissionen des Gebäudebestandes. Auch hier gibt es große Unterschiede im Wirkungsgrad bzw. in Bezug auf den Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Daneben müssen bei Entscheidungen für verschiedene Heizungssysteme die Vollkosten der einzelnen Systeme betrachtet werden.

### Ölheizung + Solar

Dies ist ein Hybridsystem aus Ölheizung und Solarthermie. Hierbei wird die Ölheizung optimal durch die Solaranlage ergänzt. Je nach Jahreszeit agieren die Systeme unterschiedlich. Im Sommer wird hauptsächlich die Solarenergie genutzt um Warmwasser zu speisen. Im Herbst und Frühling hingegen ergänzen sich die beiden Systeme gegenseitig. In der kalten Jahreszeit wird die Wärme dann von der herkömmlichen Ölheizung produziert.

### **Erdgas Niedertemperatur + Solar**

Der Begriff Niedertemperatur ist auf die Funktionsweise zurück zu führen. Im Durchschnitt arbeitet sie mit niedriger, gleitender Temperatur. Es wird nur soviel Wärme bereitgestellt, wie gerade benötigt wird. Zusätzlich wird diese Anlage, ähnlich wie die Ölheizung + Solar, durch eine Solarthermie Anlage unterstützt und arbeitet nach demselben Prinzip.

### **Erdgas Brennwert + Solar**

Bei der Brennwerttechnik wird der Energieinhalt des verwendeten Brennstoffes nahezu vollständig genutzt. In der Brennwerttechnik wird der Wasserdampf unter den Taupunkt abgekühlt. Hierbei entsteht flüssiges Kondensat. Bei dieser Umwandlung wird Wärme frei, welche dem Heizsystem zugeführt wird. Um dieses System noch effizienter zu machen, wird es auch wiederum mit einer Solarthermie Anlage kombiniert.

### **Wärmepumpe (Erde / Luft)**

Wärmepumpenheizungen basieren auf der Funktion, dass sie der Umwelt (Erdreich bzw. Umgebungsluft) Wärme entziehen. Mittels einer Wärmepumpe, wird diese entzogene Energie auf ein nutzbares Temperaturniveau gehoben um es dann sinnvoll zum heizen in Gebäuden einsetzen zu können.

### **Wärmenetz**

Ein Wärmenetz verknüpft mehrere Gebäude, Quartiere, Ortsteile oder ganze Ortschaften miteinander. Mit Unterstützung eines gedämmten Leitungssystems, fungiert Heizwasser als Transportmedium. Bei dem jeweiligen Verbraucher wird das ankommende Heizwasser mit Hilfe eines Wärmetauschers auf die jeweilige Bedarfssituation angepasst. Nach der Nutzung, wird das abgekühlte Heizwasser der Heizzentrale für die erneute Erwärmung zugeführt. Eine Umstellung auf regenerative Energieträger beispielsweise kann in Wärmenetzen leichter erfolgen als in zahlreichen Einzelheizungen.

### **Strom (Nachtspeicher)**

Bei einer Nachtspeicherheizung, wird Strom in Wärme umgewandelt. Der Name Nachtspeicherung rührt daher, dass die Wärme überwiegend nachts gespeichert wird, wenn der Strom gerade günstig ist. Am Tag wird die Wärme, dann je nach Bedarf abgegeben.

## 1.5 KOSTEN UND WIRTSCHAFTLICHKEIT VERSCHIEDENER BAUSTANDARDS UND WÄRMEVERSORGUNGSSYSTEME

Für (Kosten-)Vergleiche verschiedener Baustandards, vor allem aber auch Wärmeversorgungssysteme ist es wichtig, eine Vollkostenbetrachtung des Projekts über den Nutzungszeitraum unter Einbeziehung von Preissteigerungsraten für Energieträger aufzustellen. Nur so können belastbare Aussagen zur Wirtschaftlichkeit gemacht werden.

### **Investkosten**

Kurz gesagt sind Investkosten Ausgaben, welche bei einer Anschaffung getätigt werden. Aus Sicht der Betriebswirtschaft handelt es sich nicht um Kosten, da die Investitionen in die Anlagenbuchhaltung mit einfließen. Dies führt zur Veränderung der Abschreibung. Zum Zeitpunkt der Anschaffung stellt die Investition deshalb lediglich einen Aktivtausch bzw. eine Bilanzveränderung dar.

### **Vollkosten**

Bei der Vollkostenrechnung, werden sämtliche Kosten dem Kostenträger zugerechnet. Vollkosten sind die einer Einheit eines einzelnen Kostenträgers zugerechneten Einzelkosten und anteiligen Gemeinkosten bzw. variablen Kosten und anteiligen fixen Kosten. Die Addition sämtlicher Vollkosten der Produkteinheiten ergibt als Summe die Gesamtkosten des Unternehmens.

### **Umweltkosten (€/to CO<sub>2</sub>)**

Umweltkosten sind Kosten die entstehen bei dem Verbrauch von (Natur-) Ressourcen und bei der Zerstörung von Ökosystemen, technischen und kulturellen Gütern. Diese Kosten lassen sich nur schwer beziffern und dies ist nur in wenigen Fällen möglich.

### **Mehrkosten**

Hierbei handelt es sich um Kosten, welche über die geplanten Kosten hinausgehen. Hierbei könnte es sich z.B. um Zeit- und Lohnüberschreitungen oder Materialnachforderungen handeln.

### **Kapitalgebundene Kosten**

Aufwendungen für Investition und Installation.

### **Verbrauchsgebundene Kosten**

Aufwendungen für Energie und Hilfsenergie.

### Betriebsgebundene Kosten

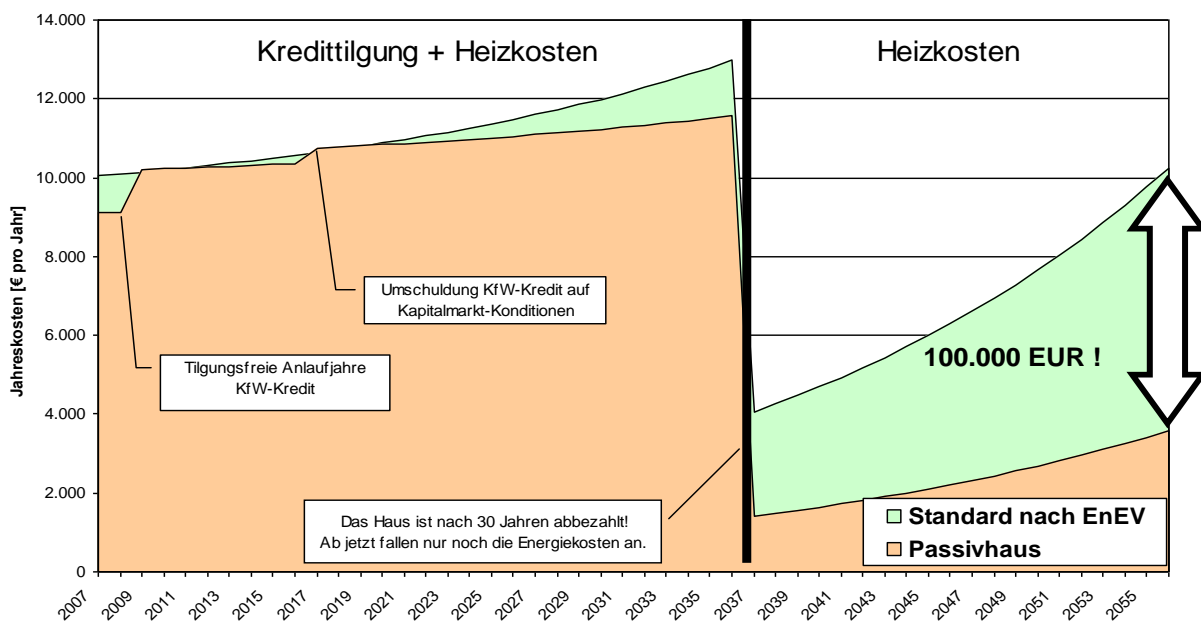
Aufwendungen für Wartung, Reinigung und Versicherung.

### Jahresgesamtkosten

Ergeben sich aus der Summe von kapitalgebundenen, verbrauchsgebundenen und betriebsgebundenen Kosten.

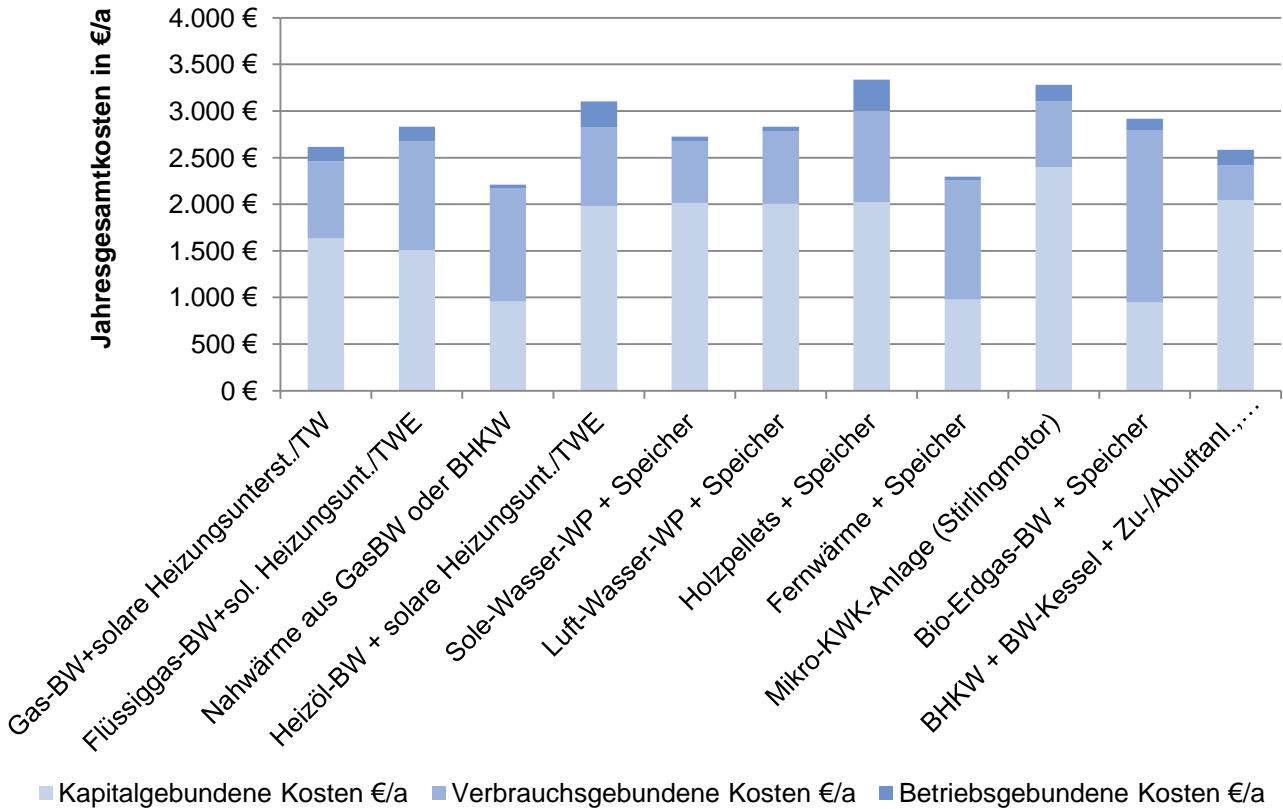
Die folgende Abbildung zeigt einen Vollkostenvergleich der verschiedenen Heizungs- und Trinkwarmwassersysteme im Neubau. Dabei wird deutlich, dass Nah- und Fernwärmesysteme auch im Neubau kostengünstige Alternativen darstellen können.

Abb. 8: Beispielhafter Kostenvergleich (Kapital- und Energieverbrauchskosten) von Passivhaus sowie Gebäude nach EnEV



Quelle: Stadt Frankfurt am Main, Energiereferat

Abb. 9: Vollkostenvergleich für unterschiedliche Heizungs- und Trinkwarmwassersysteme im Neubau [Jahresgesamtkosten in €/a]



Quelle: Eigene Darstellung nach ASUE

## 1.6 REDUZIERUNG DES WÄRMEBEDARFS VON GEBÄUDEN IM RAHMEN DER STADTENTWICKLUNG

Ziel bei der Entwicklung neuer Baugebiete sollte ein möglichst niedriger Wärmeenergiebedarf der zu errichtenden Gebäude sein, beispielweise indem die Anforderungen der EnEV übertroffen wird und/oder Bauvorhaben in Passivhausbauweise errichtet werden. Der gesetzliche Rahmen hinsichtlich des Wärmebedarfs von Gebäuden ergibt sich derzeit vor allem aus der Energieeinsparverordnung (EnEV). Sollen Wärmeschutzanforderungen oder der Wärmebedarf festgesetzt werden, können daher drei Varianten gewählt werden, deren rechtliche Zulässigkeit allerdings umstritten ist:

- die Festsetzung eines maximal zulässigen mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten (km-Wert) der gesamten Gebäudehülle, wobei im Hinblick auf unterschiedliche



km-Werte verschiedener Gebäudetypen ein eindeutiges Berechnungsverfahren vorgegeben werden muss

- die Festsetzung von maximal zulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Werte) für einzelne Bauteile (Außenwände, Dachflächen, Kellerdecken, Fenster usw.), wobei nach dem sog. Bauteilverfahren die k-Werte einzeln berechnet bzw. geprüft werden können
- die Festsetzung einer Jahres-Heizwärmekennzahl oder Energiekennzahl, die gegenüber den Durchgangskoeffizienten die Faktoren Lüftungswärmeverluste, solare und interne Wärmegewinne mit berücksichtigt und der Zielrichtung der EnEV stärker entspricht. Die Festsetzung einer Energiekennzahl in kWh/qm und Jahr muss in Verbindung mit Bauteilanforderungen und Berechnungsverfahren erfolgen

Als Rechtsgrundlage für eine solche Festsetzung könnte § 9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB herangezogen werden. Nach dieser Vorschrift können die zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen und sonstigen Gefahren im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes oder zu deren Vermeidung oder Minderung zu treffenden baulichen und sonstigen technischen Vorkehrungen festgesetzt werden. Da es sich bei durch Wärmeerzeugung verursachte CO<sub>2</sub>-Emissionen um eben solche schädlichen Umweltauswirkungen handelt, ließe sich begründen, dass die mit dem „Niedrigenergiestandard“ verbundenen baulichen und technischen Vorkehrungen nach § 9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB festgesetzt werden können. Rechtlich ist dies allerdings nach wie vor umstritten, sodass informelle Instrumente bzw. Umsetzungsmodalitäten wie ein städtebaulicher Vertrag oder ein Grundstückskaufvertrag mit Bauwilligen herangezogen werden kann. Mit diesen Instrumenten können auch Regelungen getroffen werden, die mit den Mitteln des Bebauungsplans nicht getroffen werden könnten. Der städtebauliche Vertrag trägt zudem eher zu mehr Akzeptanz und Rechtssicherheit bei, da er auf der Einigung mit einem Vorhabenträger bzw. Grundstückseigentümer basiert. Ähnliche Möglichkeiten und Rechtssicherheit bestehen beim Verkauf von Baugrundstücken aus dem Eigentum der Gemeinde mittels Festsetzungen in Grundstückskaufverträgen. Gleichwohl sind auch beim Abschluss von Verträgen rechtliche Grenzen zu beachten.