

Rolf Schmidt

Welche Heizung braucht das Haus?

Systeme der Heiz- und Lüftungstechnik im Vergleich

3., aktualisierte Auflage



Fraunhofer IRB  Verlag

Rolf Schmidt

Welche Heizung braucht das Haus?
Systeme der Heiz- und Lüftungstechnik im Vergleich

Rolf Schmidt

Welche Heizung braucht das Haus?

Systeme der Heiz- und Lüftungstechnik im Vergleich

3., aktualisierte Auflage

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-8849-2

ISBN (E-Book): 978-3-8167-8850-8

Herstellung: Gabriele Wicker

Layout: Dietmar Zimmermann

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Druck: Konrad Triltsch Print und digitale Medien GmbH, Ochsenfurt

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2013

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 711 9 70-25 00

Telefax +49 711 9 70-25 08

irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Einleitung

Welches Haustechniksystem für die Beheizung und die Warmwasserbereitung ist für den Bauherren und den Bewohner wirtschaftlich und sinnvoll?

Durch steigende Energiepreise und der Notwendigkeit zur CO₂-Reduzierung wird diese Frage immer wichtiger und interessanter. Umfangreiche Fachliteratur behandelt dieses Thema ausführlich und im Internet sind alle nur denkbaren Informationen einfach, preiswert und ungeordnet für jedermann verfügbar. Es wird, selbst für den Fachmann, immer schwieriger, die Flut von verfügbarem Wissen zu lesen und im Zusammenhang zu bewerten.

Wir sind hier bewusst einen pragmatischen Weg gegangen und haben am Beispiel eines gebauten Einfamilienhauses als Referenzhaus für den Neubau und Altbau sinnvolle und praktikable Standards gemäß den Anforderungen nach der EnEV, Energieeinsparverordnung und nach den Förderkriterien der KfW, Kreditanstalt für Wiederaufbau festgelegt, mit unterschiedlichen aktuellen Haustechniksystemen kombiniert und verglichen. Für die Renovierung bzw. Sanierung zum besseren Vergleich der Ergebnisse wurde das gewählte Referenzhaus – künstlich gealtert –, und jeweils ausgehend vom Baustandard der 60er, 70er und 80er Jahre auf den aktuellen energetischen Standard nach EnEV angehoben.

Die energetischen Berechnungsergebnisse, die Investitions- und Verbrauchskosten der Alternativen sind in Tabellen, Diagrammen und vergleichenden Darstellungen dargestellt und zusammengefasst. Zusammen mit den aufgezeigten Schlussfolgerungen und Empfehlungen versetzen sie den Architekten, Planer und interessierte Bauherren in die Lage, die unterschiedlichen Varianten der Heizungs- und Lüftungssysteme einzuordnen und die für Ihren konkreten Fall passende Anlage zu wählen.

Neben den Beschreibungen der berechneten Heiz- und Lüftungssysteme mit entsprechenden Praxisbeispielen gebauter Häuser wird der aktuelle Stellenwert von Wohnungslüftungssystemen im Rahmen der Anforderungen der Energieeinsparverordnung in den wesentlichen Grundlagen erläutert und dargestellt.

Wichtige Gesetze und Verordnungen sind im Jahr 2009 in Kraft getreten.

Die ab Oktober 2009 gültige, überarbeitete Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) stellt, neben veränderten Berechnungsmethoden, deutlich verschärfte energetische Anforderungen an den Neubau und Altbau. Dies gilt auch für die entsprechenden Förderstufen für energieeffizientes Bauen und Sanieren der KfW-Bankengruppe.

Das seit Januar 2009 zu berücksichtigenden Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) regelt den Einsatz erneuerbarer Energien bundesweit für den Neubau.

In der überarbeiteten Lüftungsnorm DIN 1946-6, Lüftung von Wohnungen ist seit Mai 2009 die ausreichende Be- und Entlüftung von Wohnungen für jedes Bauvorhaben im Neubau und im Altbau verbindlich nachzuweisen und sicher zu stellen.

Auf der Grundlage dieser Neuerungen und Veränderungen haben wir in der zweiten aktualisierten Auflage die energetischen Anforderungen und Nachweise neu berechnet. Die vergleichenden Darstellungen der Ergebnisse wurden einschließlich der Schlussfolgerungen überarbeitet und mit zusätzlichen Beschreibungen ergänzt.

Die Systemvergleiche der Heiz- und Lüftungstechnik für den Neubau und Altbau sind, wie in der ersten Auflage, am Beispiel desselben Referenzhauses (nicht zu verwechseln mit dem Referenzgebäude nach EnEV 2009), durchgeführt und dargestellt.

Wie bei der ersten Auflage hat mir auch diesmal Herr Raimund Käser wieder mit Rat und Tat und viel Fachwissen geholfen. Auf diesem Wege noch einmal herzlichen Dank.

Celle, im Januar 2010

Vorwort zur 3., aktualisierten Auflage

Beim energieeffizienten Bauen mit hohem Dämmstandard und dichter Gebäudehülle nimmt die Sicherstellung eines hygienisch notwendigen Luftwechsels für den Bewohner – von bestehenden Haftungsrisiken für Architekten, Planer und Verarbeiter abgesehen – mittlerweile einen sehr hohen Stellenwert ein.

Nach der nunmehr seit 2009 überarbeiteten vorliegenden DIN 1946-6 ist eine ausreichende Be- und Entlüftung der Wohnungen im Neubau und bei der Renovierung im Altbau verbindlich nachzuweisen.

Vor diesem Hintergrund wurde in der 3. Auflage das Kapitel »Stellenwert und Systeme der Wohnungslüftung« um die Ausarbeitung von Lüftungskonzepten auf der Grundlage der DIN 1946-6 ergänzt und die verschiedenen lüftungstechnischen Maßnahmen nach Funktion und Kosten bewertet und verglichen.

Diese Ergänzungen mit konkreten Schlussfolgerungen und Empfehlungen ermöglichen dem Architekten, dem Planer und dem Bauherren für das konkrete Bauvorhaben die passende Lüftungsanlage zu wählen.

Celle, im März 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Heizsysteme im Neubau – Bauen nach Energieeinsparverordnung 2009 und nach den Förderstufen der Kreditanstalt für Wiederaufbau	9
1.1	Referenzhaus	10
1.1.1	Baukonstruktion	11
1.1.2	Haustechniksysteme	11
1.1.3	Berechnungsgrundlagen	11
1.2	Berechnungsergebnisse und vergleichende Darstellungen	14
1.2.1	Primärenergiebedarf	14
1.2.2	Endenergiebedarf und Verbrauchskosten	18
1.2.3	Investitionskosten für Haustechnik und Gebäude	21
2	Heizsysteme im Altbau – Energetische Sanierung im Bestand	24
2.1	Referenzhaus	24
2.1.1	Baukonstruktion	24
2.1.2	Haustechniksysteme	26
2.1.3	Berechnungsgrundlagen	26
2.2	Berechnungsergebnisse und vergleichende Darstellungen	26
2.2.1	Energetische Sanierung auf Neubau-Niveau nach EnEV 2009	27
	Heizwärmebedarf	27
	Primärenergiebedarf	28
	Endenergiebedarf	29
	Verbrauchskosten	30
2.2.2	KfW Förderprogramm »Energieeffizient Sanieren«	31
3	Schlussfolgerungen und Empfehlungen – Welche Heizung braucht das Haus?	32
4	Praxisbeispiele gebauter Häuser	36
4.1	Gebaute Häuser im Standard nach EnEV 2004 – 2007	38
	■ Haus Wienhausen	38
	■ Haus Kirchlengern	39
	■ Haus Spanische Furt	40
	■ Haus Dortmund	41
	■ Haus Bünde	42
	■ Haus Magdeburg	43
4.2	Gebaute Häuser im Standard nach KfW 60	44
	■ Haus Holzkirchen	44
	■ Haus Westerheim	45
	■ Haus Ravensburg	46
	■ Haus Rheinhausen	47

■ Haus Seershausen	48
■ Haus Neubrunn	49
■ Haus Assamstadt	50
■ Haus Usingen	51
4.3 Gebaute Häuser im Standard nach KfW 40 bzw. Passivhaus	52
■ Haus Viernheim	52
■ Haus Helmstedt	53
■ Haus Halfing	54
■ Haus Crimmitschau	55
■ Haus Darmstadt	56
■ Haus Limburg	57
■ Haus Maisenbühl	58
■ Haus Messmer	59
■ Haus Frankfurt, Altbausanierung	60
5 Grundlagen und Erläuterungen	61
5.1 Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)	61
5.2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)	63
5.3 Baukonstruktion der Gebäudehülle	63
5.3.1 Systemdetails – Neubau	63
5.3.2 Systemdetails – Altbau	68
5.4 Stellenwert und Systeme der Wohnungslüftung	68
5.4.1 Lüftungsstufen und Lüftungskonzept	68
5.4.2 Lüftungstechnische Maßnahmen	69
5.4.3 Schlussfolgerungen, Kosten und Empfehlungen	71
5.5 Ventilatorgestützte Wohnungslüftungssysteme	73
5.5.1 Abluftsysteme ohne Wärmerückgewinnung	73
5.5.2 Zu- und Abluftsysteme mit Plattenwärmeaustauscher	74
5.5.3 Zu- und Abluftsysteme mit Rotationswärmeübertrager	75
5.5.4 Zu- und Abluftsystem mit Luft-Luft-Wärmepumpe	75
5.5.5 Zu- und Abluftsysteme mit Plattenwärmeaustauscher und Wärmeverteilung ..	75
5.6 Systembeschreibungen der berechneten Haustechnikkombinationen	76
5.6.1 Gasbrennwerttechnik	76
5.6.2 Wärmepumpentechnik	77
5.6.3 Pellettechnik	81
Sachregister	82

1 Heizsysteme im Neubau – Bauen nach Energieeinsparverordnung 2009 und nach den Förderstufen der Kreditanstalt für Wiederaufbau

Die 2002 eingeführte Energiesparverordnung (EnEV), aktualisiert in 2004 und 2007, wurde in einem weiteren Schritt zum 1. Oktober 2009 deutlich verschärft.

Die nunmehr auf der Grundlage der aktuellen Regeln und Vorgaben der EnEV 2009 zu ermittelnden maximal zulässigen Höchstwerte für den Jahresprimärenergiebedarf Q_p und der Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle H_t bilden den energetisch entscheidenden Maßstab für die Baugenehmigung eines geplanten Bauvorhabens.

Durch die vorgegebene ganzheitliche Betrachtung der energetischen Effizienz von Gebäudehülle und Haustechniksystem in Verbindung mit den erhöhten Anforderungen wird der Anteil der Haustechnik insgesamt – die nachfolgenden Berechnungen zeigen dies – zunehmend wichtiger und erhält mehr und mehr einen zentralen Stellenwert (siehe Kapitel 5.1 Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)).

Weitere über den Standard der neuen EnEV 2009 hinausgehende Verschärfungen zum Schutz der Umwelt werden von der Kreditanstalt für Wiederaufbau in Berlin weiterhin beim Neubau in unterschiedlichen Stufen für den Bauherren finanziell gefördert.

Kriterien der Förderstufe KfW-Effizienzhaus 70

Die nach EnEV 2009 berechneten Referenzgebäudewerte dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf Q_p von 70% und den Transmissionswärmeverlust H_t von 85% nicht überschreiten (siehe Kapitel 5.1 Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)).

Kriterien der Förderstufe KfW-Effizienzhaus 55

Die nach EnEV 2009 berechneten Referenzgebäudewerte dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf Q_p von 55% und den Transmissionswärmeverlust H_t von 70% nicht überschreiten (siehe Kapitel 5.1 Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)).

Bei einem Nachweis nach den Passivhausrichtlinien – dies ist auch möglich – darf der Jahresheizwärmebedarf des Gebäudes, bei Einbeziehung von Wärmerückgewinnen durch Wohnungslüftungsanlagen, nicht über 15 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche liegen. Wie beim KfW-Effizienzhaus 55, darf auch hier der nach EnEV 2009 zu berechnende Referenzgebäudewert des Jahresprimärenergiebedarfs von 55% nicht überschritten werden. Weitere Einzelheiten und aktuelle Informationen unter www.kfw.de.

1.1 Referenzhaus

Das gewählte Referenzhaus (nicht zu verwechseln mit dem Referenzgebäude nach EnEV 2009, siehe Kapitel 5.1), gebaut im Jahr 2001, ist ein nicht unterkellertes Einfamilienhaus mit 156 m² Wohnfläche mit einem Bruttovolumen von 575 m³, und einer Gebäudenutzfläche von 184 m².



Bild 1
Referenzhaus

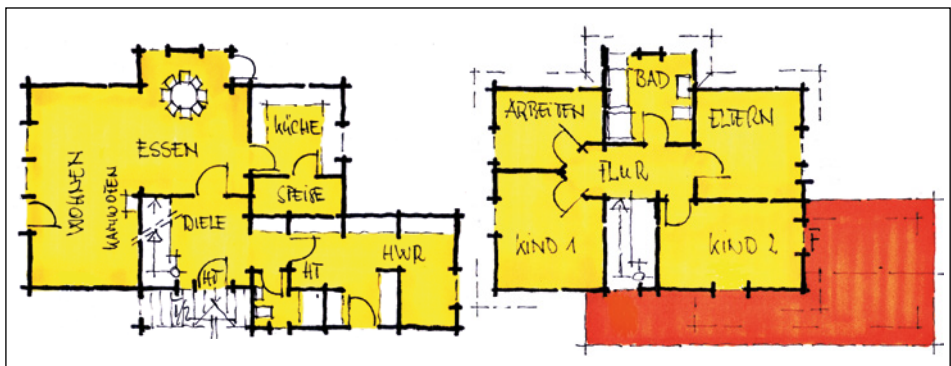


Bild 2 Grundrisse Referenzhaus

Bauteil	Außenwand Holzbau	Außenwand Massivbau	Dach	Decke	Bodenplatte	Fenster
	Holzrahmen- bau	Ziegelmauer- werk 24 cm				
EnEV 2009						
Dämmdicke	24 cm	12 cm	20 cm	20 cm	10 cm	
U-Wert	0,18 W/m ² K	0,18 W/m ² K	0,22 W/m ² K	0,21 W/m ² K	0,32 W/m ² K	1,20 W/m ² K
g-Wert						0,65
KfW 70						
Dämmdicke	34 cm	18 cm	30 cm	30 cm	20 cm	
U-Wert	0,14 W/m ² K	0,14 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,18 W/m ² K	1,10 W/m ² K
g-Wert						0,60
KfW 55						
Dämmdicke	44 cm	24 cm	40 cm	40 cm	30 cm	
U-Wert	0,11 W/m ² K	0,11 W/m ² K	0,11 W/m ² K	0,11 W/m ² K	0,12 W/m ² K	0,80 W/m ² K
g-Wert						0,50

Bild 3 Dämmdicken und U-Werte der Gebäudehüllen – Neubau (siehe Kapitel 5.3.1 Systemdetails – Neubau)

1.1.1 Baukonstruktion

Die in den jeweiligen energetischen Standards festgelegten Dämmqualitäten der Gebäudehüllen entsprechen den konstruktiven und wirtschaftlich sinnvollen Erfahrungswerten unserer geplanten und gebauten Häuser seit Einführung der Energieeinsparverordnung 2002.

1.1.2 Haustechniksysteme

Die für die Berechnungen eingesetzten Systeme sind eine Auswahl aktueller Kombinationen mit Wohnungslüftung und Solarkollektoren auf der Grundlage von Gasbrennwert-, Wärmepumpen- und Pelletanlagen (siehe Kapitel 5.6 Systembeschreibungen der berechneten Haustechnikkombinationen).

1.1.3 Berechnungsgrundlagen

Die gewählten Haustechniksysteme wurden mit den jeweiligen Gebäudehüllen im Standard nach EnEV 2009, KfW-Effizienzhaus 70 und KfW-Effizienzhaus 55 mit dem Rechenprogramm EPASS-HELENA®* (Version 4.8 mit den Randbedingungen nach EnEV 2009) vom Energieberatungszentrum Süd, Ingenieurgesellschaft in Viernheim, berechnet.

* Programmentwicklung im Team Prof. Hauser, UNI Kassel und Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

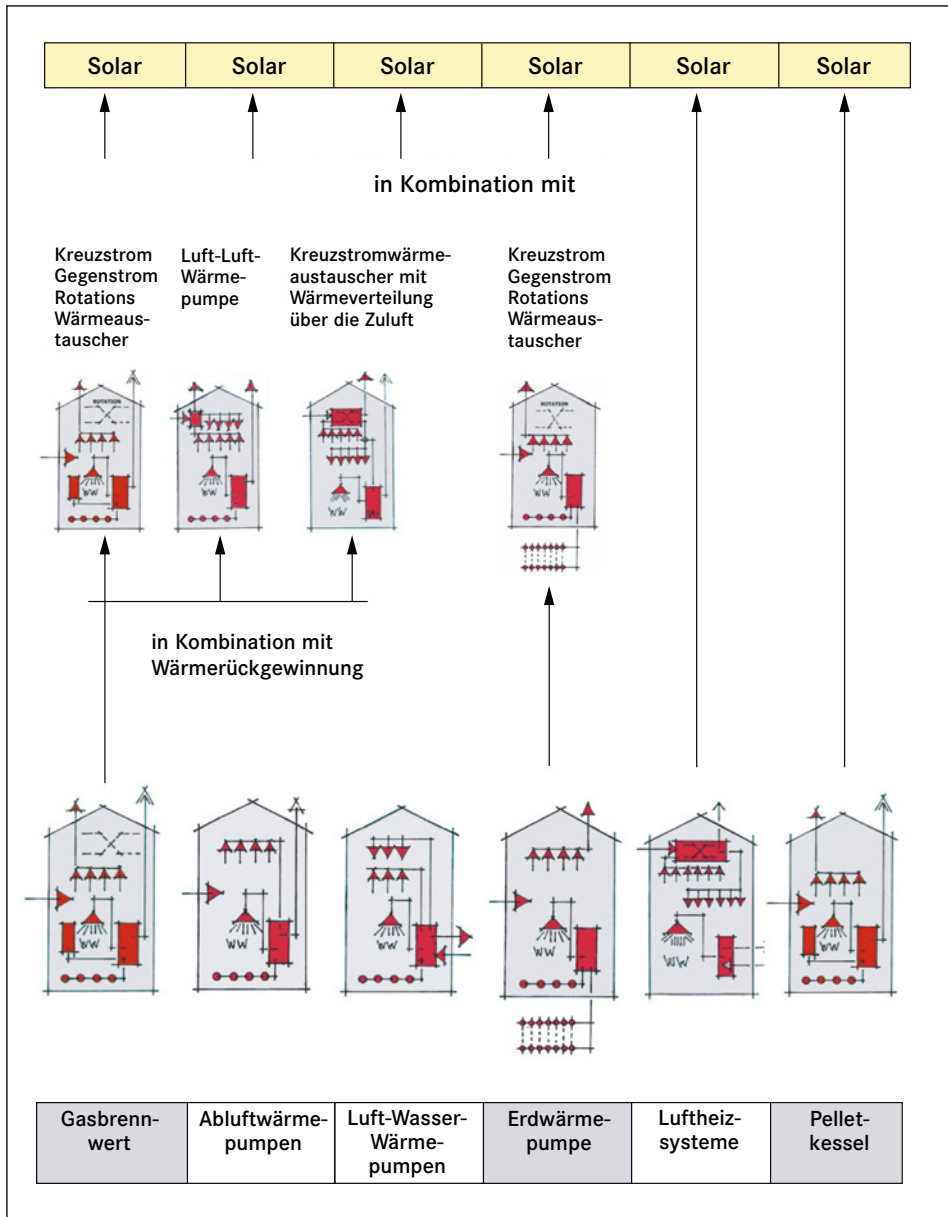


Bild 4 Aktuelle Haustechnikkombinationen

Haustechniksystem	mit
Gasbrennwert	Abluft ohne WRG
Gasbrennwert	WRG-80
Gasbrennwert	WRG-92
Gasbrennwert	WRG-Rotation
Gasbrennwert	WRG-80-Solar
Gasbrennwert	WRG-92-Solar
Gasbrennwert	WRG-Rotation
Gasbrennwert	WRG-Rotation + Solar
Gasbrennwert	WRG-WP
Gasbrennwert	WRG-WP + Solar
Gasbrennwert	WRG + WVT**
Gasbrennwert	WRG + WVT** + Solar
Abluftwärmepumpe	
Luftwasser WP	WRG
Luftwasser WP	WRG + Solar
Erdwärmepumpe	Abluft
Erdwärmepumpe	WRG-80
Erdwärmepumpe	WRG-92
Erdwärmepumpe	WRG-Rotation
Erdwärmepumpe	WRG-80 + Solar
Erdwärmepumpe	WRG-92 + Solar
Erdwärmepumpe	WRG-Rotation + Solar
Luftheizsystem	WRG + WP
Pelletkessel	Abluftanlage
Pelletkessel	Abluftanlage + Solar

WRG = Wärmerückgewinnung WP = Wärmepumpe
WVT = Wärmeverteilung Luft

Bild 5

Berechnete Haustechnikkombinationen (siehe Kapitel 5.6 Systembeschreibungen der berechneten Haustechnikkombinationen)

Die Bewertungsgrundlage für die Haustechniksysteme ist das detaillierte Verfahren nach DIN 4701-10, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen. Für einzelne Varianten wurden konkrete veröffentlichte Herstellerprodukt-daten, wie bei Gasbrennwertkesseln, bei Wärmepumpen (Abluftwärmepumpen zum Beispiel mit einem Heizstabanteil von 10 %) und bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung angesetzt. Pelletkessel mit Trinkwassererwärmung sind nach dem Tabellenverfahren mit zusätzlichen Herstellerinformationen berechnet.

Um eine einheitliche Bewertung für die Vergleiche sicher zu stellen, wurden die gesetzlich festgelegten Annahmen, wie zum Beispiel ein deutschlandweites Referenzklima, ein normiertes Nutzerverhalten, eine Raumtemperatur von 19 °C und ein 0,6-facher Luftwechsel pro Stunde aufgrund einer Dichtheitsprüfung zugrunde gelegt.

Die Berücksichtigung der Wärmebrücken erfolgte beim Standard nach EnEV 2009 und beim KfW-Effizienzhaus 70 pauschal mit dem Faktor $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ gemäß DIN 4108, Beiblatt 2. Beim KfW-Effizienzhaus 55 wurde der Faktor $0,02$ mit Nachweis im Einzelfall angesetzt.

Die Verbrauchswerte (alle Kostenangaben inkl. MwSt. 19 %) wurden mit aktuell üblichen Energiepreisen berechnet:

Strom Standard	Euro/kWh	0,1920
Strommix Wärmepumpe	Euro/kWh	0,1382
Gas	Euro/kWh	0,0565
Pellet	Euro/kWh	0,0380.

1.2 Berechnungsergebnisse und vergleichende Darstellungen

Die Berechnungsergebnisse des Primär- und Endenergiebedarfs und der Verbrauchskosten sind in Tabellen und Diagrammen zusammengefasst und gegenübergestellt.

1.2.1 Primärenergiebedarf

Die nach Gasbrennwert-, Wärmepumpen- und Pellettechnik unterteilten Berechnungen mit den Kennwerten

- Q_h – Jahresheizwärmebedarf
- $H_{t'}$ – spezifischer Transmissionswärmeverlust
- e_p – Anlagenaufwandzahl
- $Q_{p''}$ – Primärenergiebedarf

ergeben in bezogen auf das Referenzhaus folgende Faustregeln:

Die Anforderungen nach EnEV und die Förderstandards KfW-Effizienzhaus 70 und 55 unter Berücksichtigung des EEWärmeG werden von folgenden Haustechnikkombinationen erfüllt:

Haustechnik-systeme	Jahresheiz-wärme Q_h	$H_{t,max}$ Ref-Haus	$H_{t,max}$ Tabelle	Auf-wandzahl e_p	Primärenergie $Q_{p,max}$
	kWh / (m ² a)	W / (m ² a)			kWh / (m ² a)
EnEV 2009 Referenzwerte:	64,29	0,38	0,40	1,17	89,72 89,72
Standard EnEV 2009					
Gasbrennwert+ABLUFT ohne WRG	53,87	0,32	0,38	1,31	(87,03) 89,72
Gasbrennwert+WRG-80	56,86	0,32	0,38	1,10	(76,47) 89,72
Gasbrennwert+WRG-92	56,86	0,32	0,38	1,05	73,08 89,72
Gasbrennwert+WRG-RO*-96	56,86	0,32	0,38	1,03	71,58 89,72
Gasbrennwert+WRG-80 + SOL	56,86	0,32	0,38	0,91	62,99 89,72
Gasbrennwert+WRG-92 + SOL	56,86	0,32	0,38	0,86	59,60 89,72
Gasbrennwert+WRG-RO*-96 + SOL	56,86	0,32	0,38	0,84	58,10 89,72
Gasbrennwert+WRG-WP**	56,86	0,32	0,38	1,08	74,62 89,72
Gasbrennwert+WRG-WP** + SOL	56,86	0,32	0,38	0,88	61,14 89,72
Gasbrennwert+WRG-WVT***	56,86	0,32	0,38	1,27	(88,39) 89,72
Gasbrennwert+WRG-WVT***+SOL	56,86	0,32	0,38	1,14	79,05 89,72
Standard KfW-Effizienzhaus 70					
Gasbrennwert+ABLUFT ohne WRG	42,67	0,26	0,32	1,35	74,71 62,80
Gasbrennwert+WRG-80	45,58	0,26	0,32	1,10	64,06 62,80
Gasbrennwert+WRG-92	45,58	0,26	0,32	1,04	60,67 62,80
Gasbrennwert+WRG-RO*-96	45,58	0,26	0,32	1,02	59,16 62,80
Gasbrennwert+WRG-80 + SOL	45,58	0,26	0,32	0,87	50,70 62,80
Gasbrennwert+WRG-92 + SOL	45,58	0,26	0,32	0,81	47,31 62,80
Gasbrennwert+WRG-RO*-96 + SOL	45,58	0,26	0,32	0,79	45,80 62,80
Gasbrennwert+WRG-WP**	45,58	0,26	0,32	1,13	65,47 62,80
Gasbrennwert+WRG-WP** + SOL	45,58	0,26	0,32	0,90	52,11 62,80
Gasbrennwert+WRG-WVT***	45,58	0,26	0,32	1,25	72,55 62,80
Gasbrennwert+WRG-WVT***+SOL	45,58	0,26	0,32	1,03	59,77 62,80
Standard KfW-Effizienzhaus 55					
Gasbrennwert+ABLUFT ohne WRG	30,14	0,17	0,27	1,43	60,98 49,35
Gasbrennwert+WRG-80	32,97	0,17	0,27	1,10	50,24 49,35
Gasbrennwert+WRG-92	32,97	0,17	0,27	1,03	46,85 49,35
Gasbrennwert+WRG-RO*-96	32,97	0,17	0,27	1,00	45,34 49,35
Gasbrennwert+WRG-80 + SOL	32,97	0,17	0,27	0,82	37,20 49,35
Gasbrennwert+WRG-92 + SOL	32,97	0,17	0,27	0,74	33,80 49,35
Gasbrennwert+WRG-RO*-96 + SOL	32,97	0,17	0,27	0,71	32,30 49,35
Gasbrennwert+WRG-WP**	32,97	0,17	0,27	1,12	51,00 49,35
Gasbrennwert+WRG-WP** + SOL	32,97	0,17	0,27	0,94	42,71 49,35
Gasbrennwert+WRG-WVT***	32,97	0,17	0,27	1,22	55,28 49,35
Gasbrennwert+WRG-WVT***+ SOL	32,97	0,17	0,27	0,98	50,11 49,35
* Rotationswärmeaustauscher ** Wärmepumpe *** Wärmeverteilung über das Lüftungssystem					

EnEV 2009 (EEWärmeG) nicht erfüllt	EnEV Anforderungen erfüllt	KfW-70 Anforderungen erfüllt	KfW 55 Anforderungen erfüllt
---------------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

Bild 6 Berechnungsergebnisse mit Gasbrennwerttechnik

Haustechniksysteme	Jahresheizwärme Q_h	$H_{t,max}$ Ref-Haus	$H_{t,max}$ Tabelle	Aufwandzahl e_p	Primärenergie $Q_{p,max}$ $Q_{p,max}$	
	kWh/(m²a)	W/(m²a)			kWh/(m²a)	
EnEV 2009 Referenzwerte:	64,29	0,38	0,40	1,17	89,72	
Standard EnEV 2009						
Abluftwärmepumpe	52,91	0,32	0,38	0,98	64,37	89,72
LuftwasserWP mit WRG	55,87	0,32	0,38	0,98	67,03	89,72
LuftwasserWP mit WRG+SOL	55,87	0,32	0,38	0,74	50,74	89,72
Erdwärmepumpe+Abluft	52,91	0,32	0,38	0,78	51,19	89,72
Erdwärmepumpe+WRG-80	55,87	0,32	0,38	0,71	48,21	89,72
Erdwärmepumpe+WRG-92	55,87	0,32	0,38	0,66	44,92	89,72
Erdwärmepumpe+WRG-RO*-96	55,87	0,32	0,38	0,65	44,58	89,72
Erdwärmepumpe+WRG-80+SOL	55,87	0,32	0,38	0,60	41,34	89,72
Erdwärmepumpe+WRG-92+SOL	55,87	0,32	0,38	0,56	38,06	89,72
Erdwärmepumpe+WRG-RO*96+SOL	55,87	0,32	0,38	0,55	37,71	89,72
Luftheizsystem – WRG-WP	55,87	0,32	0,38	0,66	44,87	89,72
Standard KfW-Effizienzhaus 70						
Abluftwärmepumpe	42,67	0,26	0,32	1,03	56,69	62,80
LuftwasserWP mit WRG	45,58	0,26	0,32	0,98	57,09	62,80
LuftwasserWP mit WRG+SOL	45,58	0,26	0,32	0,73	42,61	62,80
Erdwärmepumpe+Abluft	42,67	0,26	0,32	0,81	44,89	62,80
Erdwärmepumpe+WRG-80	45,58	0,26	0,32	0,72	41,83	62,80
Erdwärmepumpe+WRG-92	45,58	0,26	0,32	0,66	38,54	62,80
Erdwärmepumpe+WRG-RO*-96	45,58	0,26	0,32	0,66	38,20	62,80
Erdwärmepumpe+WRG-80+SOL	45,58	0,26	0,32	0,60	35,01	62,80
Erdwärmepumpe+WRG-92+SOL	45,58	0,26	0,32	0,55	31,72	62,80
Erdwärmepumpe+WRG-RO*96+SOL	45,58	0,26	0,32	0,54	31,38	62,80
Luftheizsystem – WRG-WP	45,58	0,26	0,32	0,70	40,70	62,80
Standard KfW-Effizienzhaus 55						
Abluftwärmepumpe	30,14	0,17	0,27	1,08	46,16	49,35
LuftwasserWP mit WRG	32,97	0,17	0,27	0,99	45,01	49,35
LuftwasserWP mit WRG + SOL	32,97	0,17	0,27	0,72	32,87	49,35
Erdwärmepumpe+Abluft	30,14	0,17	0,27	0,87	37,24	49,35
Erdwärmepumpe+WRG-80	32,97	0,17	0,27	0,75	34,05	49,35
Erdwärmepumpe+WRG-92	32,97	0,17	0,27	0,68	30,75	49,35
Erdwärmepumpe+WRG-RO*-96	32,97	0,17	0,27	0,67	30,40	49,35
Erdwärmepumpe+WRG-80+SOL	32,97	0,17	0,27	0,60	27,39	49,35
Erdwärmepumpe+WRG-92+SOL	32,97	0,17	0,27	0,53	24,08	49,35
Erdwärmepumpe+WRG-RO*-96+SOL	32,97	0,17	0,27	0,52	23,73	49,35
Luftheizsystem – WRG-WP	32,97	0,17	0,27	0,73	32,98	49,35
* Rotationswärmeaustauscher						
EnEV 2009 und EEWärmeG Anforderungen erfüllt	KfW 70 Anforderungen erfüllt			KfW 55 Anforderungen erfüllt		

Bild 7 Berechnungsergebnisse mit Wärmepumpentechnik

Haustechnik-systeme	Jahresheiz-wärme Q_h	$H_{p,max}$ Ref-Haus	$H_{p,max}$ Tabelle	Aufwand-zahl e_p	Primärenergie $Q_{p,max}$
	kWh / (m ² a)	W / (m ² a)			kWh / (m ² a)
EnEV 2009 Referenzwerte:	64,29	0,38	0,40	1,17	89,72 89,72
Standard EnEV 2009					
Pelletkessel + Abluft ohne WRG	52,91	0,32	0,38	0,69	45,10 89,72
Pelletkessel + Abluft + SOL	52,91	0,32	0,38	0,59	38,91 89,72
Standard KfW-Effizienzhaus 70					
Pelletkessel + Abluft ohne WRG	42,67	0,26	0,32	0,75	41,47 62,80
Pelletkessel + Abluft + SOL	42,67	0,26	0,32	0,63	34,73 62,80
Standard KfW-Effizienzhaus 55					
Pelletkessel + Abluft ohne WRG	30,14	0,17	0,27	0,88	37,43 49,35
Pelletkessel + Abluft + SOL	30,14	0,17	0,27	0,70	29,71 49,35

KfW 70 Anforderungen erfüllt	KfW 55 Anforderungen erfüllt
------------------------------	------------------------------

Bild 8 Berechnungsergebnisse mit Pellettechnik

■ mit Gasbrennwerttechnik

- nach EnEV 2009 mit WRG ≥ 92
- nach KfW-EFH-70 mit WRG ≥ 92
mit WRG und Solareinbindung
- nach KfW-EFH-55 mit WRG ≥ 92
mit WRG und Solareinbindung.

Nebeneffekte:

Mit WRG ≥ 92 und Solareinbindung sind die KfW-70 Anforderungen bereits bei der Gebäudehülle nach EnEV 2009 erfüllt und bei der KfW-70 Hülle werden die Anforderungen des Standards nach KfW-55 erreicht.

■ mit Wärmepumpentechnik

- nach EnEV-2009 alle Systemkombinationen
- nach KfW-EFH-70 alle Systemkombinationen
- nach KfW-EFH-55 alle Systemkombinationen

Nebeneffekte:

Mit Wärmepumpen, außer Abluftwärmepumpe und LuftWasserWärmepumpe mit WRG, sind die KfW-70 Anforderungen bereits bei der Gebäudehülle nach EnEV 2009 erfüllt und bei der KfW-70 Hülle werden die Anforderungen des Standards nach KfW-55 erreicht.

- Pellettechnik

nach EnEV 2009 alle Systemkombinationen

nach KfW-EFH-70 alle Systemkombinationen

nach KfW-EFH-55 alle Systemkombinationen

Nebeneffekte:

Mit Pelletsystemen sind die KfW-70 Anforderungen bereits bei der Gebäudehülle nach EnEV 2009 erfüllt und bei der KfW-70 Hülle werden die Anforderungen des Standards nach KfW-55 erreicht.

1.2.2 Endenergiebedarf und Verbrauchskosten

Der Endenergiebedarf in kWh per anno ist die Energiemenge, die für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung eines Gebäudes, multipliziert mit den aktuellen Energiepreisen für Gas, Öl, Strom und Holz vom Bauherren zu bezahlen ist.

Die zum Zweck der Vergleichbarkeit auf Referenzannahmen und normiertem Nutzerverhalten ermittelten Verbrauchskosten können durch die individuellen Verhaltensweisen der Bewohner und bei abweichenden Klimadaten von den tatsächlich zu zahlenden Kosten deutlich abweichen (siehe Kapitel 4 Praxisbeispiele gebauter Häuser).

Die Einzelergebnisse der Berechnungen ergeben:

- Die Verbrauchskosten mit Wärmepumpentechnik sind wesentlich günstiger als bei Gasbrennwerttechnik.
- Die Verbrauchswerte der Wärmepumpen bei der Gebäudehülle nach EnEV 2009 lassen sich mit Gasbrennwert erst bei der Dämmqualität nach KfW-Effizienzhaus 55 erreichen.
- Sowohl bei Gasbrennwert als auch bei Wärmepumpen lassen sich die Verbrauchskosten innerhalb eines Dämmstandards durch Aufrüsten mit Wärmerückgewinnung und Solareinbindung um rund 250 bis 300 Euro pro Jahr verringern.
- Bei einer Erhöhung des Dämmstandards der Gebäudehülle von EnEV 2009 auf KfW-EFH-70 bzw. von KfW-EFH-70 auf KfW-EFH-55 liegt die Minderung des Verbrauchs jeweils nur bei rund 100 Euro pro Jahr.
- Pelletkessel zeigen aktuell die höchsten Verbrauchskosten.

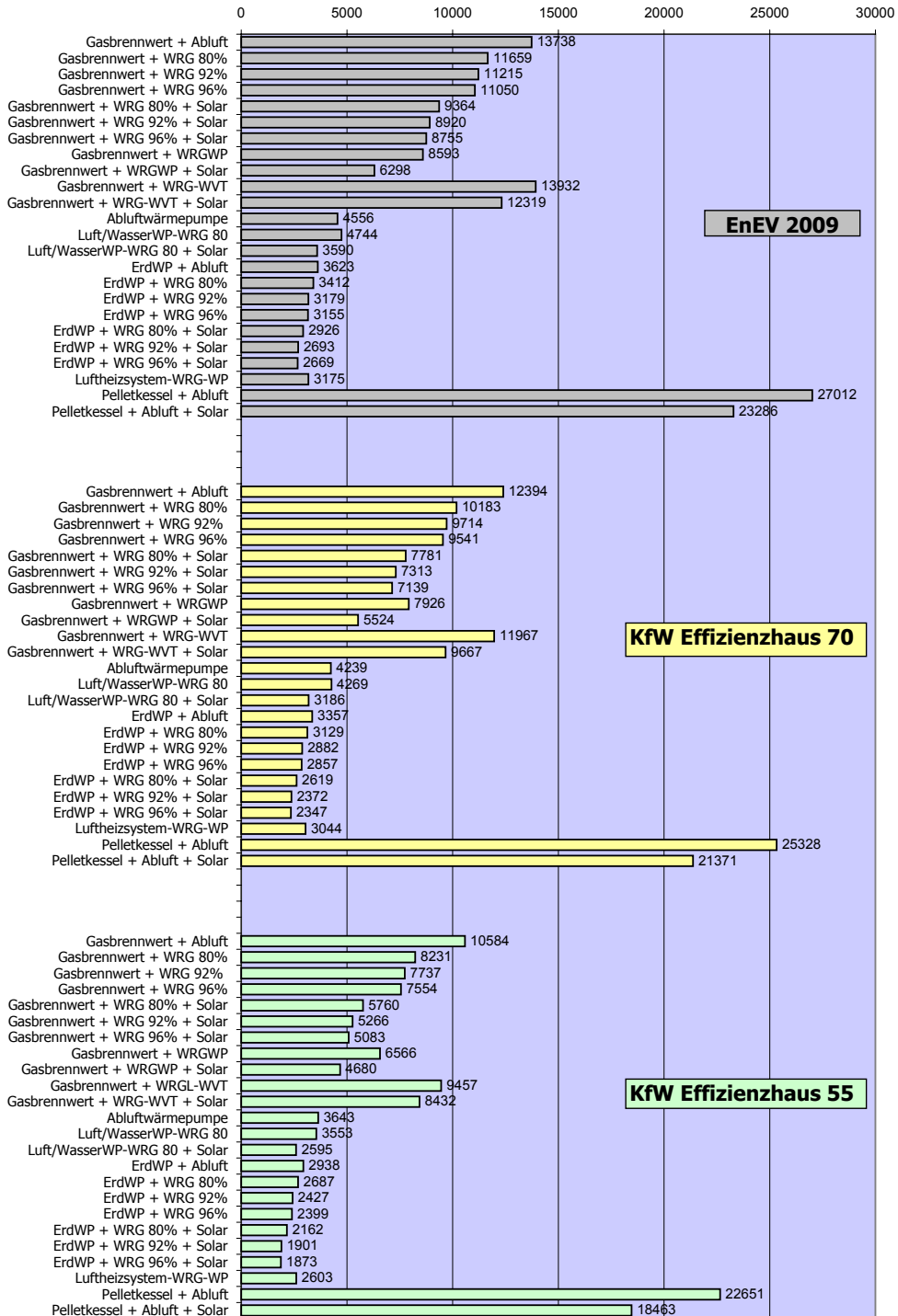


Bild 9 Endenergie in kWh/anno

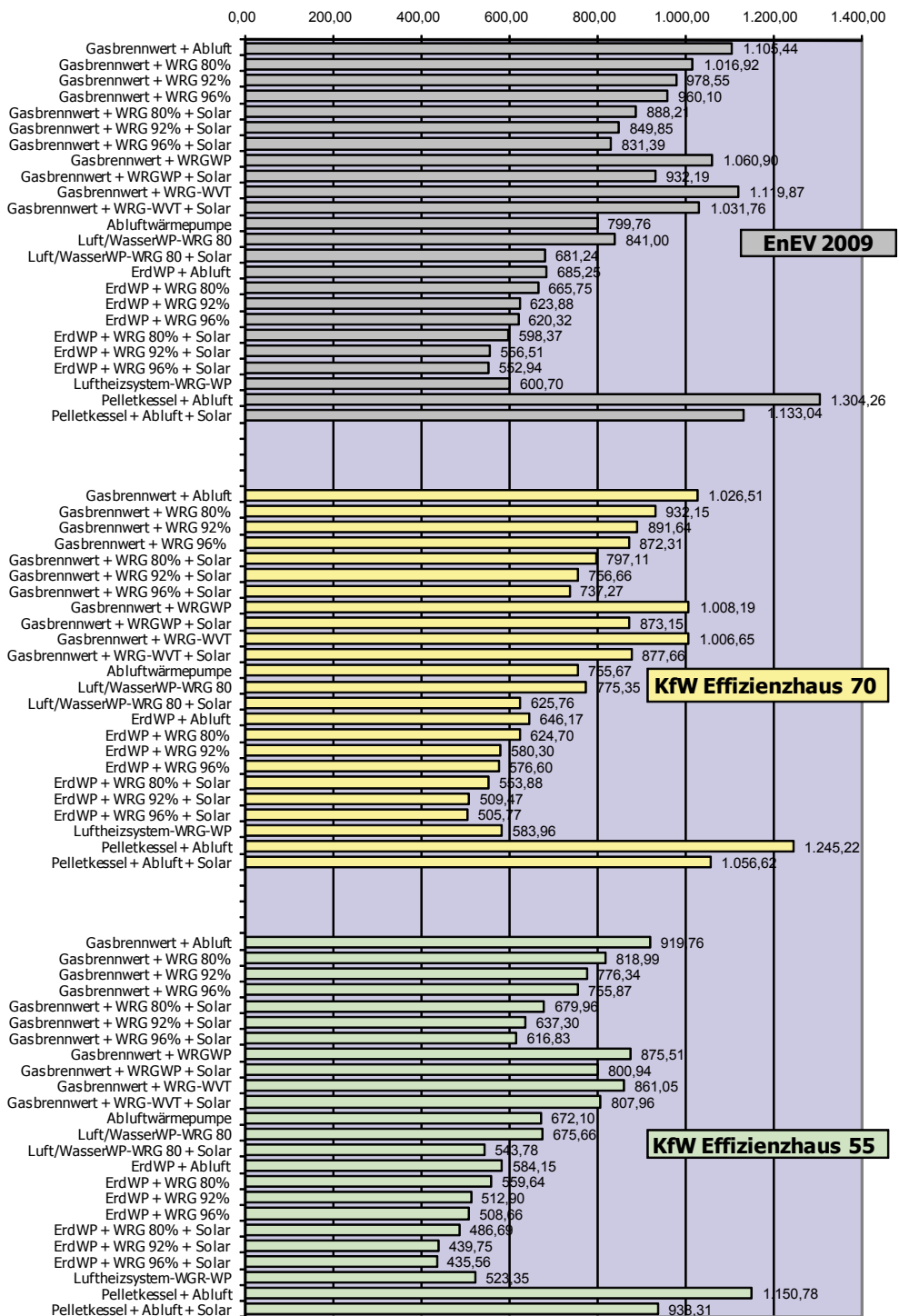


Bild 10 Verbrauchskosten in Euro/anno

1.2.3 Investitionskosten für Haustechnik und Gebäude

Die Investitionskosten der Haustechnik- und Gebäudevarianten wurden mit den aktualisierten Kalkulationswerten des gebauten Referenzhauses auf der Grundlage unserer Kalkulationsprogramme ermittelt.

Die Baukosten (inkl. MwSt. 19 %) des Referenzhauses, z. B. mit Gasbrennwerttechnik und bei schlüsselfertiger Erstellung betragen beispielsweise in den Standards nach

- EnEV 2009 Euro 188.229,00
- KfW-EFH-70 Euro 202.761,00
- KfW-EFH-55 Euro 220.098,00.

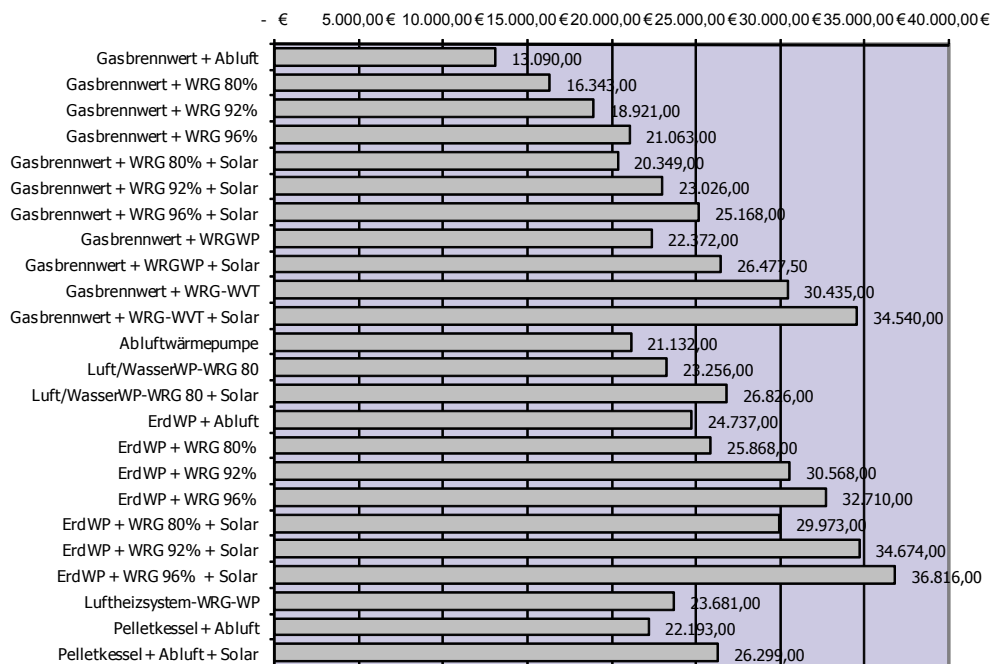


Bild 11 Investitionskosten der Haustechnikkombinationen

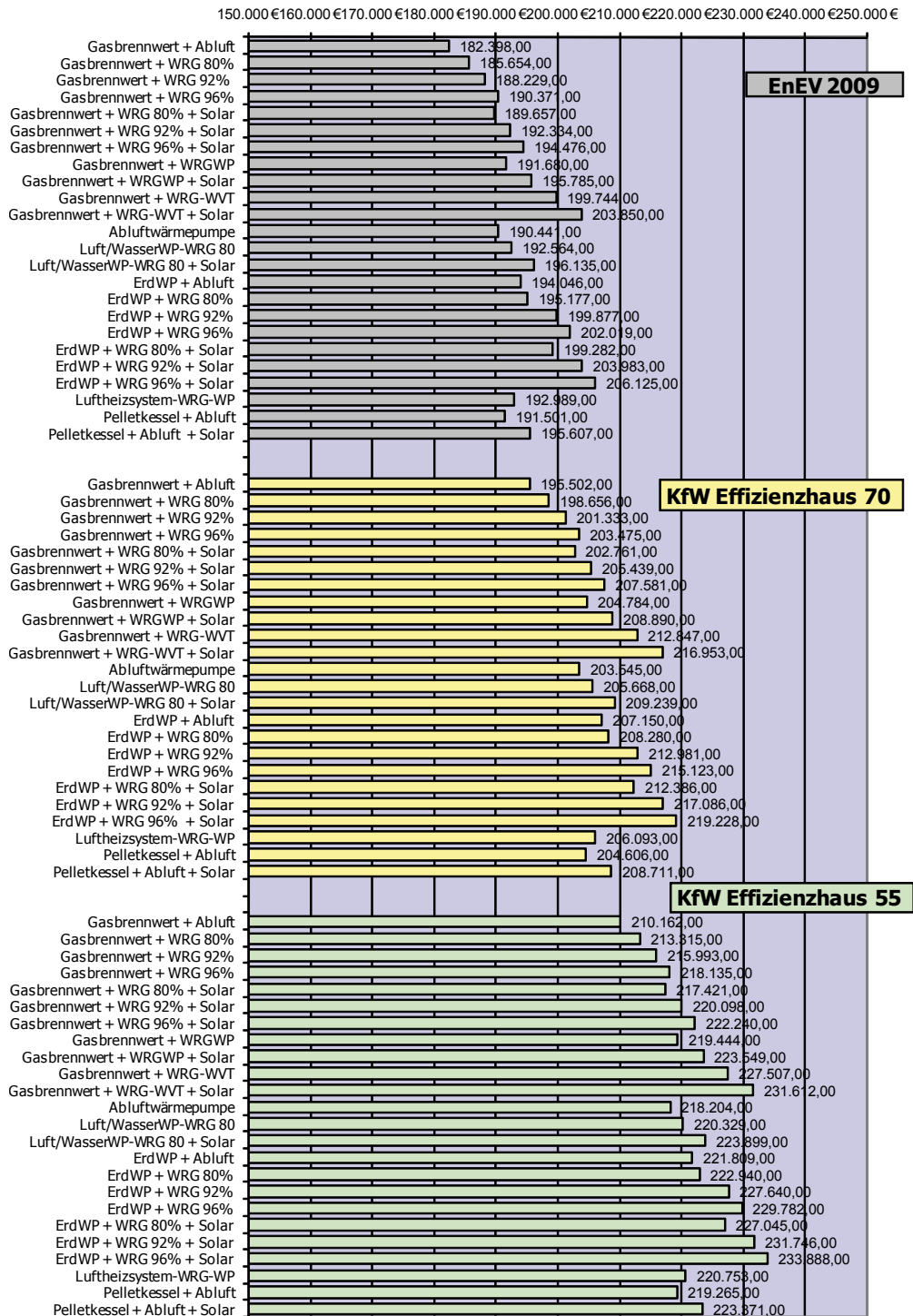


Bild 12 Gesamtinvestitionen Referenzhaus

Daraus ergibt sich in unserem Fall für das freistehende nicht unterkellerte Einfamilienhaus bezogen auf den Standard nach EnEV 2009 eine Erhöhung der Baukosten (inkl. MwSt. 19%) von

ca. 8% beim Standard KfW-EFH-70

ca. 20% beim Standard KfW-EFH-55

Die Investitionskosten inkl. MwSt. 19% der einzelnen Haustechnikkombinationen untereinander bewegen sich

von Euro 13.090,00 bis Euro 34.540,00 bei den Gasbrennwertsystemen

von Euro 21.132,00 bis Euro 36.816,00 bei den Wärmepumpensystemen

von Euro 22.193,00 bis Euro 26.299,00 bei den Pelletsystemen.

2 Heizsysteme im Altbau – Energetische Sanierung im Bestand

Die wirklich interessanten Energieeinsparpotentiale für die CO₂-Reduzierung liegen in der energetischen Sanierung von Altbauten auf Neubauniveau. Bei den Wohngebäuden der 60er und 70er Jahre besteht der größte Sanierungsbedarf und die Möglichkeit einer deutlichen Verringerung der Verbrauchskosten.

Auch für die energetische Sanierung von Häusern im Bestand gibt es auf der Grundlage der EnEV 2009 bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau spezielle Förderungen, die neben günstigen Zinskonditionen auch die Möglichkeit konkreter Tilgungszuschüsse in interessanten Größenordnungen bieten.

Wie beim Neubau sind auch hier im KfW Förderprogramm »Energieeffizient Sanieren« einzuhaltende Werte für den Primärenergiebedarf und für die auf die Gebäudehülle bezogene Wärmeverluste vorgegeben.

Weitere aktuelle Einzelheiten unter www.kfw.de.

2.1 Referenzhaus

Das bereits beim Neubau verwendete Referenzhaus (nicht zu verwechseln mit dem Referenzgebäude nach EnEV 2009, siehe Kapitel 5.1), bildet auch hier, zum besseren Vergleich und der Einfachheit halber künstlich gealtert in die 60er, 70er und 80er Jahre zurückversetzt, die Grundlage für die energetische Berechnungen.

2.1.1 Baukonstruktion

Die Baukonstruktionen der Gebäudehüllen aus den genannten Jahren wurden unter Beibehaltung der seinerzeit üblichen Konstruktionen auf das heute aktuelle Niveau der EnEV 2009 verbessert.

Bei den Berechnungsvorgaben der 60er und 70er Jahren ist – gängiger Praxis entsprechend – eine in der Zwischenzeit erfolgte Fenstererneuerung mit besseren U-Werten berücksichtigt.

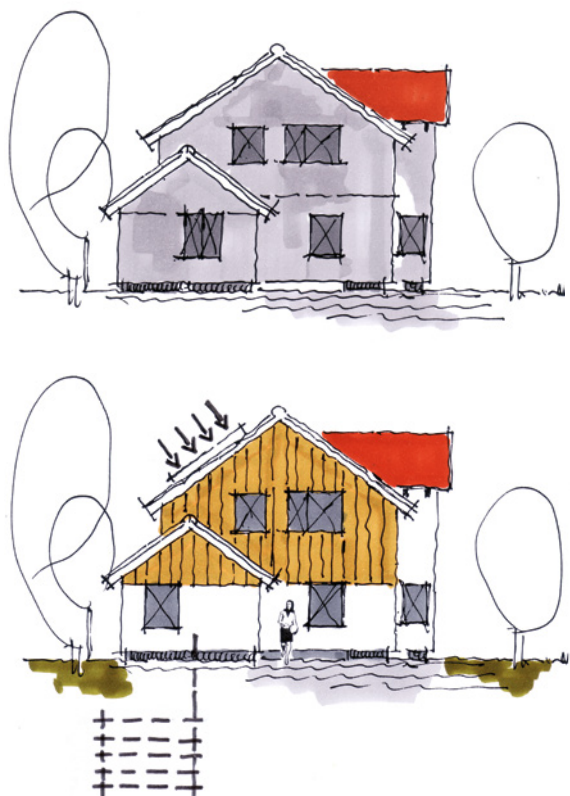


Bild 13
Referenzhaus Vorher – Nachher

Bauteil	Außenwand	Dach	Decke	Bodenplatte	Fenster
60er					
U-Wert	1,4 W / m²K	1,4 W / m²K	0,8 W / m²K	0,8 W / m²K	2,7 W / m²K
g-Wert					0,75
70er					
U-Wert	0,6 W / m²K	0,8 W / m²K	0,6 W / m²K	0,6 W / m²K	2,7 W / m²K
g-Wert					0,75
80er					
U-Wert	0,4 W / m²K	0,4 W / m²K	0,3 W / m²K	0,4 W / m²K	2,7 W / m²K
g-Wert					0,75
saniert nach EnEV 2009					
U-Wert	0,22 W / m²K	0,24 W / m²K	0,24 W / m²K	0,40 W / m²K	1,4 W / m²K
g-Wert					0,65

Bild 14 U-Werte der Gebäudehüllen – Altbau (siehe Kapitel 5.3.2 Systemdetails – Altbau)]

2.1.2 Haustechniksysteme

Den Vergleichsberechnungen liegt die gleiche Auswahl aktuell verfügbarer Systemkombinationen mit Gasbrennwert-, Wärmepumpen- und Pellettechnik wie bei den Neubauberechnungen zugrunde.

Ebenfalls gängiger Praxis folgend ist eine zwischenzeitliche Erneuerung der Heiztechnik mit einem Gas-Niedertemperaturkessel und Heizkörpern mit Thermostatventilen in den Berechnungen berücksichtigt (Bild 5 Berechnete Haustechnikkombinationen).

2.1.3 Berechnungsgrundlagen

Die gewählten Haustechniksysteme wurden mit der auf Neubau-Niveau nach EnEV 2009 sanierten Gebäudehülle ebenfalls vom Energieberatungszentrum Süd, Ingenieurgesellschaft in Viernheim berechnet.

Auch hier wurden gesetzlich festgelegte Annahmen, wie zum Beispiel ein deutschlandweites Referenzklima, ein normiertes Nutzerverhalten, eine Raumtemperatur von 19 °C und ein 0,6-facher Luftwechsel pro Stunde zugrunde gelegt.

Die bauphysikalischen Werte der Gebäudehüllen aus den 60/70/80ern entsprechen den Regeln für Datenaufnahme im Wohngebäudebestand nach dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung. Den Berechnungen liegen die gleichen Energiepreise für die Berechnungen der Verbrauchskosten, wie beim Neubau, zugrunde.

2.2 Berechnungsergebnisse und vergleichende Darstellungen

Die Anhebung der energetischen Qualität bei Gebäuden im Bestand auf EnEV-Niveau macht die erheblichen Einsparpotenziale beim Jahresheizwärme, beim Primär- und Endenergiebedarf und bei den jährlichen Verbrauchskosten deutlich.

2.2.1 Energetische Sanierung auf Neubau-Niveau nach EnEV 2009

Bezogen auf die größte Gruppe der zu sanierenden Einfamilienhäuser aus den 60er Jahren reduziert sich

- der Jahres-Heizwärmebedarf allein durch die bessere Dämmqualität der Gebäudehülle um fast 70 Prozent (Haustechnik hat keinen Einfluss).

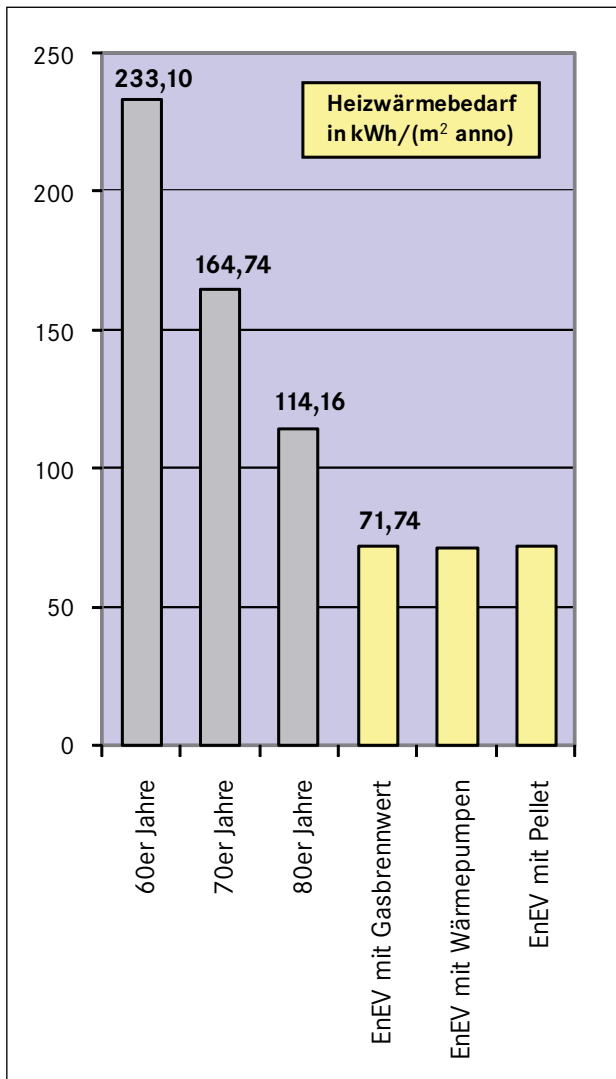


Bild 15

Jahres-Heizwärmebedarf,
Altbau nach EnEV 2009

- der Jahres-Primärenergiebedarf beim Einbau einer
 - Gasbrennwertheizung um 75 Prozent
 - Wärmepumpenheizung um 83 Prozent
 - Pelletheizung um 86 Prozent

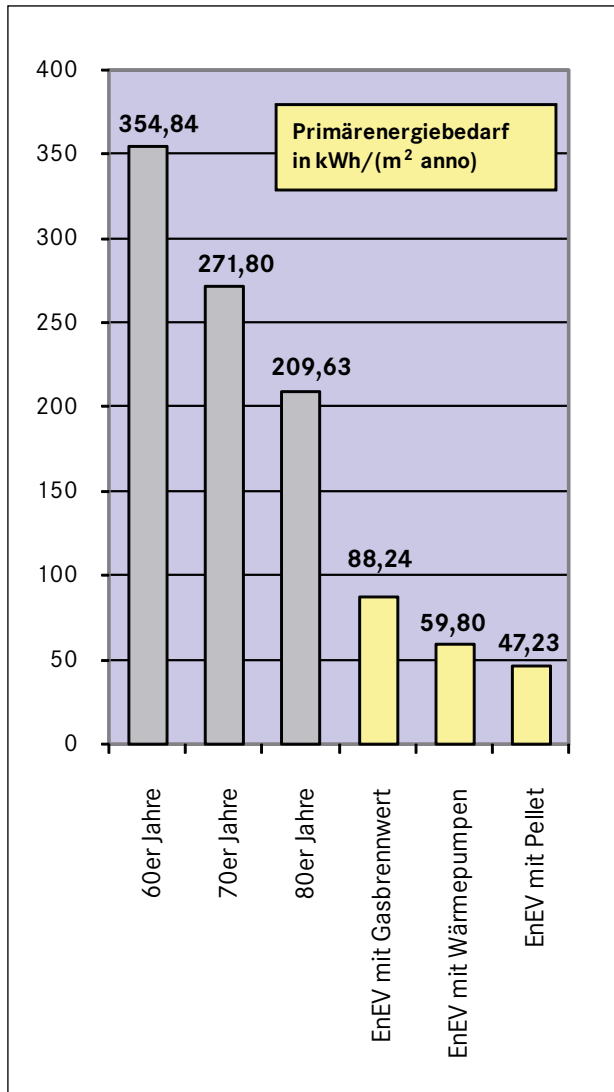
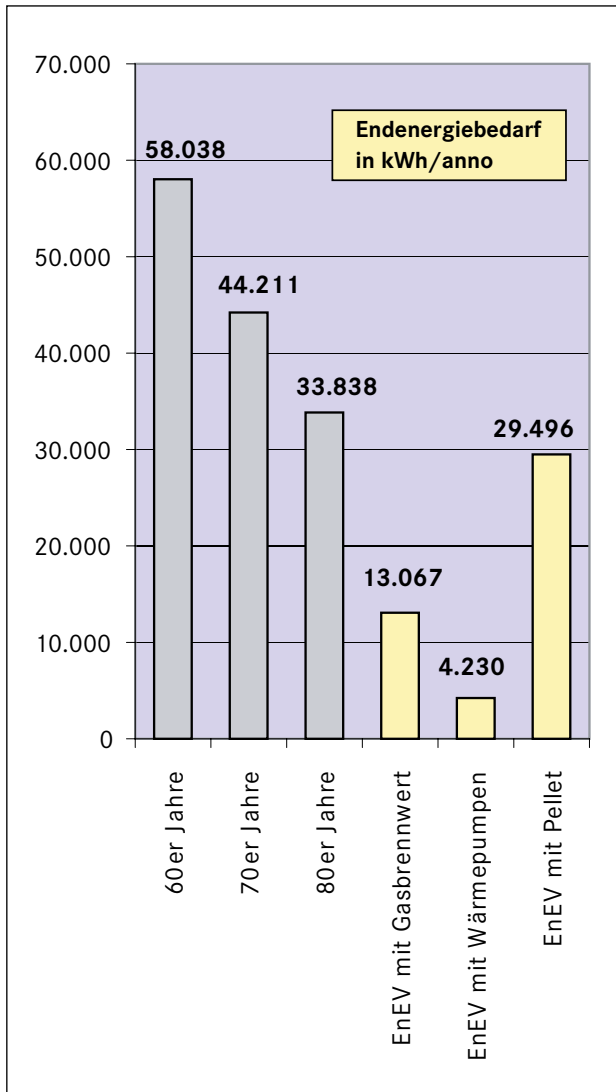


Bild 16
Jahres-Primärenergiebedarf,
Altbau nach EnEV 2009

- der Jahres-Endenergiebedarf beim Einbau einer
 - Gasbrennwertheizung um 77 Prozent
 - Wärmepumpenheizung um 93 Prozent
 - Pelletheizung um 49 Prozent

**Bild 17**

Jahres-Endenergiebedarf,
Altbau nach EnEV 2009

■ die Verbrauchskosten beim Einbau einer

Gasbrennwertheizung	um 69 Prozent	(2.489 Euro/anno)
Wärmepumpenheizung	um 79 Prozent	(2.848 Euro/anno)
Pellettheizung	um 62 Prozent	(2.244 Euro/anno)

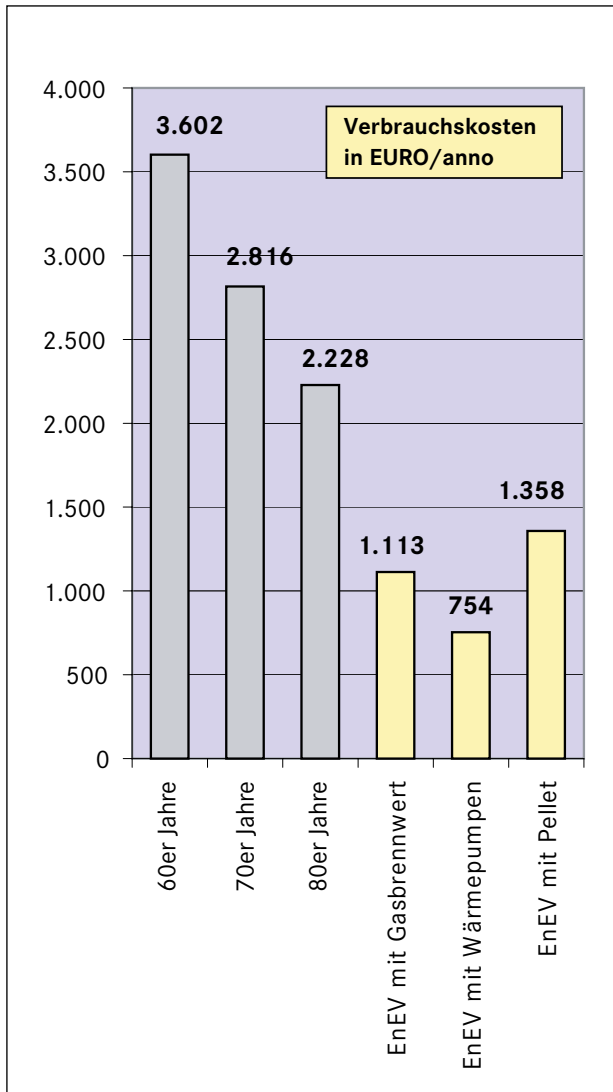


Bild 18
Verbrauchskosten,
Altbau nach EnEV 2009

Den Vergleichen liegen Durchschnittswerte der jeweils berechneten Kombinationen zugrunde.

Differenzierte Einzelwerte gemäß Bild 19.

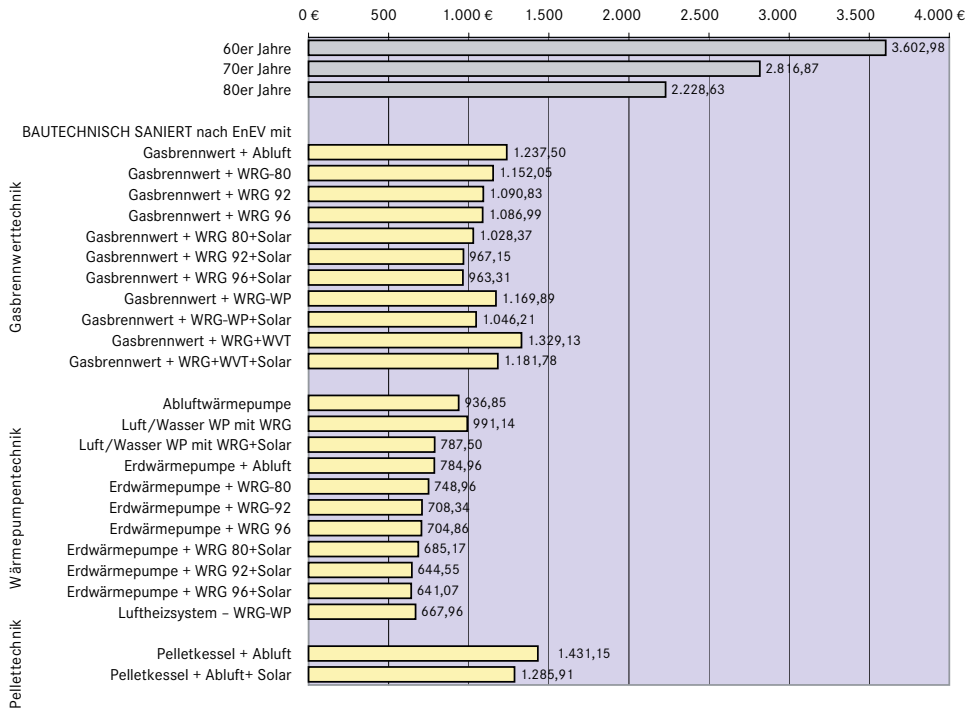


Bild 19 Detaillierte Verbrauchskosten in Euro / anno – Altbau nach EnEV

2.2.2 KfW Förderprogramm »Energieeffizient Sanieren«

Mit dem Programm »Energieeffizient Sanieren« werden Altbausanierungen von der Kreditanstalt für Wiederaufbau in folgenden Stufen gefördert:

Förderstufe KfW-Effizienzhaus 100

Die nach EnEV 2009 berechneten Referenzgebäudewerte dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf Q_p von 100 % und den Transmissionswärmeverlust H_T von 115 % nicht überschreiten.

Förderstufe KfW-Effizienzhaus 85

Die nach EnEV 2009 berechneten Referenzgebäudewerte dürfen den Primärenergiebedarf Q_p von 85 % und den Transmissionswärmeverlust H_T von 100 % nicht überschreiten. Weitere Einzelheiten und aktuelle Informationen unter www.kfw.de.

3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen – Welche Heizung braucht das Haus?

Die für Baugenehmigung und Fördermittel einzuhaltenden Primärenergiewerte sind eine Sache, die Höhe der aktuell und vor allem in Zukunft zu erwartenden jährlichen Verbrauchskosten vor dem Hintergrund ständig steigenden Energiepreisen eine andere.

Mit welcher Heizung habe ich die günstigsten Energiekosten pro Jahr?

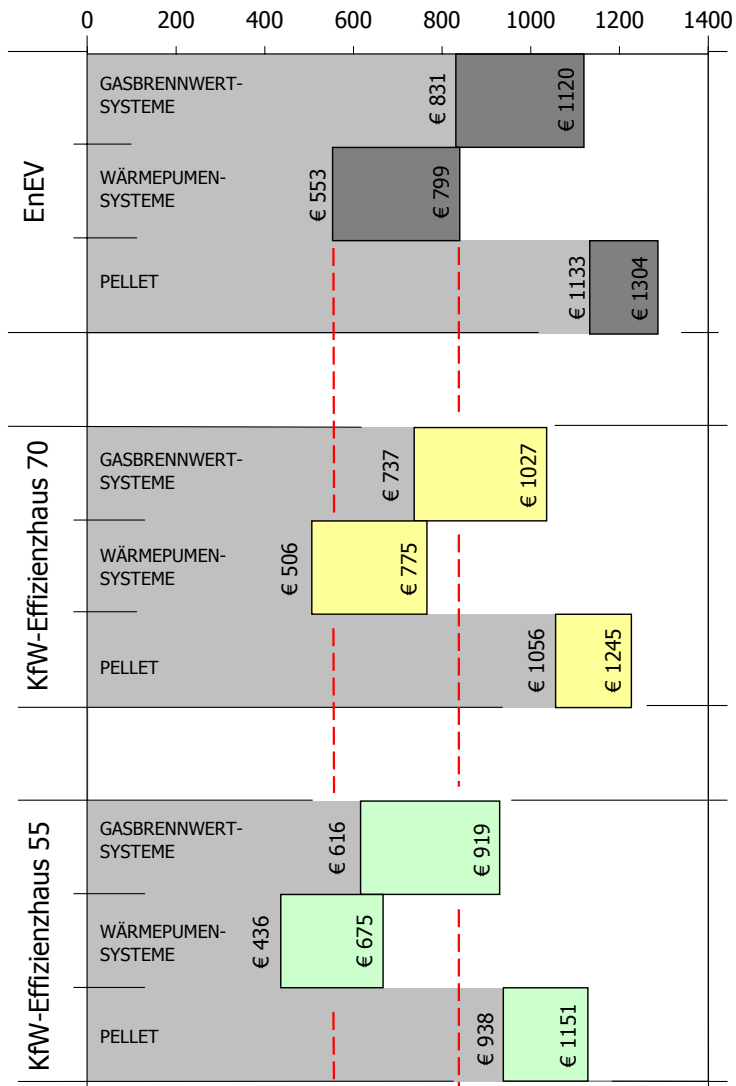


Bild 20 Verbrauchskosten – Neubau in Euro/anno im Überblick

Wann aber lohnen sich Investitionen in einen guten Dämmstandard nach KfW-EFH-70 und KfW-EFH-55 und welches Haustechniksystem ist wirtschaftlich?

Die Antwort auf die allseits beliebte Frage: »In wie vielen Jahren haben sich die Mehrkosten amortisiert?« lautet, redlich beantwortet: »Je nach Technik und gewählttem Gebäudestandard bei heutigen Voraussetzungen in rund 20 bis 80 Jahren und mehr.«

Ein einfacher Vergleichsmaßstab ist die jährliche Verzinsung der Mehrkosten aus Dämmung und Haustechnik durch die erzielte Energieeinsparung. Mit dem Referenzhaus nach EnEV 2009 mit Gasbrennwertkessel, einfachem Abluftsystem und einer Wärmeverteilung über Heizkörper als Bezugsgröße zeigen sich zusammengefasst folgende Ergebnisse:

- Die Verzinsungen der Mehrkosten liegen beim Standard nach
EnEV 2009 von 0,34 % bis max. 4,77 %
KfW-EFH-70 von 0,19 % bis max. 2,20 %
KfW-EFH-55 von 0,41 % bis max. 1,52 %.
- Die besten Verzinsungen erreichen kombinierte Komplettsysteme mit Rückgewinn-techniken und Wärmepumpen.
- Die generell günstigen Verbrauchswerte der Wärmepumpen relativieren sich durch hohe Investitionen.
- Die beste Verzinsung wird im EnEV-Standard erreicht.

Was ist warum zu empfehlen?

■ Baukonstruktion

Eine gut gedämmte Gebäudehülle, mindestens 15 % besser als nach EnEV 2009 gefordert, wie beim Referenzhaus gewählt.

Die bessere Dämmqualität erhöht neben der eigenen Wirksamkeit auch den Anteil interner und solarer Gewinne durch Bewohner und Sonneneinstrahlung.

■ darauf aufbauend

Energieeffiziente Haustechnik kombiniert mit Wohnungslüftung und Wärmerückgewinnung zur Sicherstellung der Raumhygiene und zur Mehrfachnutzung bezahlter Heizenergie.

■ kombinierte Komplettsysteme

Abluftwärmepumpen und Luftheizsysteme erreichen das beste Verhältnis von Investition und Verbrauch, da sie unter anderem ohne Gasanschluss oder teure Erdwärmeerschließungen auskommen.

■ Erdwärmepumpen

mit Wärmerückgewinnung und Solar, bei der Verzinsung der anfallenden Mehrkosten annähernd gleich mit entsprechenden Gasbrennwertkombinationen, bieten mit Abstand die geringsten Verbrauchskosten.

■ Standard nach KfW-EFH-70 und besser

Bei komfortabler Finanzierungsmöglichkeit des Bauherren empfiehlt sich ein Gebäudestandard nach KfW-EFH-70 und besser mit entsprechender Haustechnik. Für die heutige und die kommende Bauherrengeneration ist und wird das Einfamilienhaus zunehmend zum Wirtschaftsgut oder Anlagenobjekt. Es steht bei einem Verkauf in 10 bis 15 Jahren mit den dann am Markt angebotenen Gebäudestandards und Weiterentwicklungen in Bau- und Haustechnik in Konkurrenz.

Die Empfehlungen beziehen sich im Wesentlichen auf energetische Gesichtspunkte. Selbstverständlich gibt es auch gute Gründe für andere Entscheidungen, denn Investitionskosten stehen häufig für den Bauherren zwingend im Vordergrund.

Anlagen beispielsweise mit Kühlfunktionen, Wärmeverteilung über Bodenkanälen bei großen Fensterflächen und Holzheizsysteme als Kaminöfen mit sichtbarem Feuer erfüllen spezielle über das Energieeinsparen hinausgehende Wünsche und Vorstellungen der Bauherren.

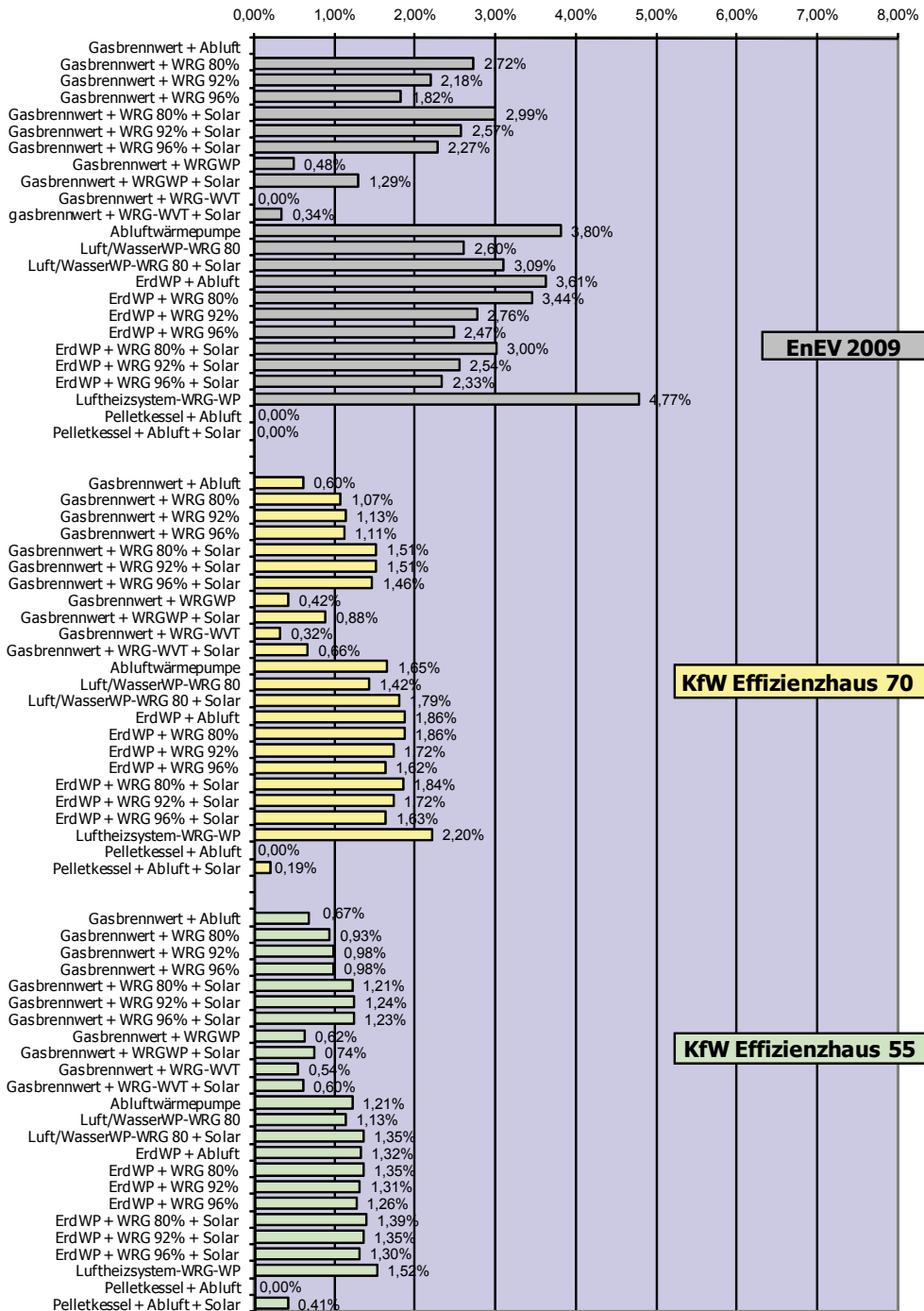


Bild 21 Verzinsung der Mehrkosten – Neubau

4 Praxisbeispiele gebauter Häuser

Die nachfolgende Gegenüberstellung der unterschiedlichen Haustechniksysteme zeigt tatsächliche Investitionskosten mit den angefallenen Verbrauchskosten bei gebauten und bewohnten Häusern.

Da noch keine Häuser nach der seit Oktober 2009 gültigen Energieeinsparverordnung mit den entsprechenden KfW-Förderstandards zur Verfügung stehen können, haben wir die bisherige Auflistung mit weiteren Hausbeispielen aus den Jahren 2006 bis 2009 ergänzt.

4.1 Gebaute Häuser im Standard nach EnEV 2004 – 2007

- Haus Wienhausen
- Haus Kirchlengern
- Haus Spanische Furt
- Haus Dortmund
- Haus Bünde
- Haus Magdeburg

4.2 Gebaute Häuser im Standard nach KfW 60*

- Haus Holzkirchen
- Haus Westerheim
- Haus Ravensburg
- Haus Rheinhausen
- Haus Seershausen
- Haus Neubrunn
- Haus Assamstadt
- Haus Usingen

* Bisheriger Förderstandard nach EnEV 2004 bis 2007 mit den Kriterien: Der Primärenergiebedarf darf den Wert von 60 kWh nicht überschreiten und der auf die Gebäudehülle bezogene Wärmeverlust muss den zulässigen Höchstwert nach EnEV um mindestens 30 % (bezogen auf Neubauniveau) unterschreiten.

4.3 Gebaute Häuser im Standard nach KfW 40** bzw. Passivhaus

- Haus Viernheim
- Haus Helmstedt
- Haus Halfing
- Haus Crimmitschau
- Haus Darmstadt
- Haus Limburg
- Haus Maisenbühl
- Haus Messmer
- Haus Frankfurt, Altbausanierung

** Bisheriger Förderstandard nach EnEV 2004 bis 2007 mit den Kriterien: Der Primärenergiebedarf darf den Wert von 40 kWh nicht überschreiten und der auf die Gebäudehülle bezogene Wärmeverlust muss den zulässigen Höchstwert nach EnEV um mindestens 45 % (bezogen auf Neubau-Niveau) unterschreiten.

EnEV – Haus Wienhausen

156 m² Wohnfläche, nicht unterkellertes Einfamilienhaus, gebaut 2001



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,20
Dach	0,22
Decke	0,21
Bodenplatte	0,32
Fenster	1,40 (g-Wert 0,65)

Haustechnikkombination

Wohnungslüftungssystem mit Wärmerückgewinnung über Abluftwärmepumpe mit dezentraler Frischluftzuführung für Heizung und Warmwasser mit Solareinbindung. Wärmeverteilung durch Fußbodenheizung.

System

Abluftwärmepumpe: Stiebel Eltron CWA 303 SOL

Investition Haustechnik inkl. Montage

23.950 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

745 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

571 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Dipl.-Ing. Rolf Schmidt – Architekt]

EnEV – Haus Kirchlegern

132 m² Wohnfläche, nicht unterkellertes Einfamilienhaus, gebaut 2001



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,18
Dach	0,22
Decke	0,21
Bodenplatte	0,32
Fenster	1,40 (g-Wert 0,65)

Haustechnikkombination

Wohnungslüftungssystem mit Wärmerückgewinnung über Abluftwärmepumpe mit dezentraler Frischluftzufuhr für Heizung und Warmwasser mit zusätzlicher Außenluftnutzung. Wärmeverteilung im Erdgeschoss durch Fußbodenheizung, im Obergeschoss durch Niedertemperaturheizkörper.

System

Abluftwärmepumpe: Nibe Fighter 600P

Investition Haustechnik inkl. Montage

18.792 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

707 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

612 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Dipl.-Ing. Rolf Schmidt – Architekt]

EnEV – Haus Spanische Furt

108 m² Wohnfläche, unterkellerte Reihenhäuser, gebaut 2004



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,203
Dach	0,149
Kellerdecke	0,299
Fenster	1,3 (g-Wert 0,65)

Haustechnikkombination

Wohnungs Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung über Abluftwärmepumpe mit dezentraler Frischluftzuführung für Heizung und Warmwasser mit Solareinbindung. Wärmeverteilung durch Fußbodenheizung.

System

Abluftwärmepumpe: tecalor THD 200 SOL

Investition Haustechnik inkl. Montage

ca. 20.880 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

800 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

600 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. tecalor GmbH]

EnEV – Haus Dortmund

152 m² Wohnfläche, nicht unterkellertes Einfamilienhaus, gebaut 2004



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,20
Dach	0,18
Decke	0,21
Bodenplatte	0,32
Fenster	1,40 (g-Wert 0,65)

Haustechnikkombination

Wohnungslüftungssystem mit Wärmerückgewinnung und nachgeschalteter Luft-Luft-Wärmepumpe. Die Wärmeverteilung erfolgt über die Zuluftkanäle der Lüftungsanlage. Warmwasser liefert eine in das Lüftungssystem integrierte Trinkwasserwärmepumpe.

System

Gesamtanlage: Proxon-Lüftungsheizung

Investition Haustechnik inkl. Montage

26.448 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

871 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

607 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. Zimmermann Lüftungs- und Wärmesysteme GmbH]

EnEV – Haus Bünde

183 m² Wohnfläche, teilunterkellertes Einfamilienhaus, gebaut 2005



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,18
Dach	0,22
Decke	0,21
Bodenplatte	0,32
Fenster	1,40 (g-Wert 0,65)

Haustechnikkombination

Erdwärmepumpe mit Wärmerückgewinnung aus der Abluft in den Solekreislauf.
Wärmeverteilung über Fußbodenheizung.

System

Erdwärmepumpe: Nibe Fighter 1210-7 mit integriertem Warmwasserspeicher

Investition Haustechnik inkl. Montage

25.216 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

780 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

680 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Dipl.-Ing. Rolf Schmidt – Architekt]

EnEV – Haus Magdeburg

135 m² Wohnfläche, unterkellertes Einfamilienhaus, gebaut 2005



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,22
Dach	0,22
Decke	0,21
Bodenplatte	0,32
Fenster	1,40 (g-Wert 0,65)

Haustechnikkombination

Zentrale Wohnungslüftung mit aktiver Wärmerückgewinnung durch Luft-Luft-Wärmepumpe mit zentraler Zu- und Abluftverteilung.

Zentrale Brauchwasserbereitung über Luft-Wasser-Wärmepumpe.

Zusatzheizung: Elektrische Fußbodenstrahlungsheizung mit Teilspeicherfunktion.

System

Luft-Luft-Wärmepumpe: ALDES Temperation H Luft-Wasser-Wärmepumpe

TEMPRIES Aqua Zusatzheizung: TEMPRIES Floor.

Investition Haustechnik inkl. Montage

21.266 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

744 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

601 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. ALDES]

KfW 60 – Haus Holzkirchen

EFH 163 m² Wohnfläche, Keller innerhalb der thermischen Gebäudehülle, gebaut 2002



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,22
Dach	0,15
Decke	0,21
Bodenplatte	0,18
Fenster	1,40 (g-Wert 0,65)

Haustechnikkombination

Sole-Wärmepumpe mit Flachkollektor und Wandheizung zum Heizen und Warmwasserbereiten. Bedarfsabhängige Wohnungslüftung mit Rotationswärmeaustauscher mit Regelung der Raumluftfeuchte.

System

Sole-Wärmepumpe: Hoval Thermalia 10P mit 280 m² Erdkollektorfläche und Warmwasserboiler 400 Liter

Lüftung: Hoval HomeVent RS-250

Investition Haustechnik inkl. Montage

27.126 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

674 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

483 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. Hoval (Deutschland) GmbH]

KfW 60 – Haus Westerheim

246 m² Wohnfläche, nicht unterkellertes Einfamilienhaus, gebaut 2004



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,21
Dach	0,15
Decke	0,18
Bodenplatte	0,23
Fenster	1,10 (g-Wert 0,60)

Haustechnikkombination

Gasbrennwertkessel mit Warmwasserbereitung und Solareinbindung. Wohnungslüftung dezentral mit Wärmerückgewinnung, Fußbodenheizung im Erdgeschoss, Heizkörper im Obergeschoss.

System

Gasbrennwertkessel: Paradigma Modula II, Leistung 4,6 – 21,4 kW

Lüftung: LTM Thermo-Lüfter

Solar: Paradigma Star Azzuro Vakuumröhren

Investition Haustechnik inkl. Montage

26.796 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

920 Euro pro Jahr inkl. MwSt. (Preisbasis Jahr 2005)

tatsächliche Verbrauchskosten (2005)

1.140 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. LTM GmbH]

KfW 60 – Haus Ravensburg

145 m² Wohnfläche, nicht unterkellertes Einfamilienhaus, gebaut 2005



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,12
Dach	0,11
Bodenplatte	0,14
Fenster	1,30 (g-Wert 0,63)

Haustechnikkombination

Wohnungslüftungssystem mit Wärmerückgewinnung über Kreuz-Gegenstrom-Wärmeaustauscher und Luft-Wasser-Wärmepumpe mit zentraler Zuluftzuführung für Heizung und Warmwasser. Wärmeverteilung durch Fußbodenheizung.

System

Lüftungskompaktgerät: tecalor THZ 303 SOL

Investition Haustechnik inkl. Montage

25.520 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

420 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

390 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. tecalor]

KfW 60 – Haus Rheinhausen

164 m² Wohnfläche, nicht unterkellertes Einfamilienhaus, gebaut 2005



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,17
Dach	0,16
Decke	0,15
Bodenplatte	0,35
Fenster	1,10 (g-Wert 0,55)

Haustechnikkombination

Wohnungs Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung und nachgeschalteter Luft-Luft-Wärmepumpe. Die Wärmeverteilung erfolgt über die Zuluftkanäle der Lüftungsanlage. Warmwasser liefert eine in das Lüftungssystem integrierte Trinkwasserwärmepumpe.

System

Gesamtanlage: Proxon-Lüftungsheizung

Investition Haustechnik inkl. Montage

26.448 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

761 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

572 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. Zimmermann Lüftungs-und Wärmesysteme GmbH]

KfW 60 – Haus Seershausen

145 m² Wohnfläche, nicht unterkellertes Einfamilienhaus, gebaut 2005/2006



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,14
Dach	0,15
Decke	0,15
Bodenplatte	0,18
Fenster	1,10 (g-Wert 0,60)

Haustechnikkombination

Gasbrennwertkessel mit Warmwasserbereitung und Solareinbindung, Wohnungslüftung mit Kreuzgegenstromwärmeaustauscher. Fußbodenheizung im Erdgeschoss, Heizkörper im Obergeschoss.

System

Gasbrennwertkessel: Buderus GB 142-15 KW

Lüftung: Zehnder Comfoair G90-300B

Solar: Schüco Premium Schücosol

Investition Haustechnik inkl. Montage

21.948 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

654 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

582 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Dipl.-Ing. Rolf Schmidt – Architekt]

KfW 60 – Haus Neubrunn

190 m² Wohnfläche, freistehendes Einfamilienhaus unterkellert, gebaut 2006/07



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,21
Dach	0,2
Bodenplatte	0,27
Fenster	1,0 (g-Wert 0,65)

Haustechnikkombination

Luft-Wasser-Wärmepumpe zum Heizen in Verbindung mit Fußbodenheizung und zur Warmwasserbereitung. Zentrales Wohnraumlüftungsgerät mit Rotationswärmeübertrager und vorgeschaltetem Heiz-/Kühlregister gespeist von Sole-Erdwärmeübertrager mit Pumpengruppe.

System

Luft-Wasser-Wärmepumpe: Alpha Innotec WZL 80 mit 290 Liter Warmwasserspeicher.

Wohnraumlüftungsgerät inkl. Erdwärmeübertrager:

Systemair GmbH VR 400 EV/EC

Investition Haustechnik inkl. Montage

26.580 Euro inkl. MwSt. 19 %

berechnete Verbrauchskosten

1.185 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

916 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. Systemair GmbH]

KfW 60 – Haus Assamstadt

220 m² Wohnfläche zzgl. 45 m² unbeheizter Keller, freistehendes Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung, gebaut 2008



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,26
Dach	0,167
Bodenplatte	0,17/0,22
Fenster	1,3 (g-Wert 0,60)

Haustechnikkombination

Sole Wärmepumpe mit Flächenkollektor und FBH zum Heizen und Warmwasserbereitung. Bedarfsabhängige Wohnungslüftung mit Rotationswärmeübertrager und Sole-Erdwärmeübertrager.

Systeme

Sole Wärmepumpe:

Dimplex Si11TE mit 400m² Erdkollektorfläche und 400 Liter Warmwasserspeicher

Lüftung: Systemair VR-700 E/EC mit Sole-Erdwärmeübertrager

Investition Haustechnik inkl. Montage

26.350 Euro inkl. MwSt. 19 %

berechnete Verbrauchskosten

1.041 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

924 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. Systemair GmbH]

KfW 60 – Haus Usingen

Bezugsfläche 520 m² inkl. Keller, gebaut 2009



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,26
Dach	0,19
Decke	0,11
Bodenplatte	0,3
Fenster	1,1 (g-Wert 0,65)

Haustechnikkombination

Kombinierte Sole-Wasser Wärmepumpe mit Lüftung zum Heizen, Kühlen, Warmwasserversorgung, Fußbodenheizung.

Lüftung mit integriertem Solewärmetauscher und Feuchterückgewinnung gegen zu trockene Luft im Winter.

System

Zehnder Energiezentrale ComfoBox 5 – 13 KW

Lüftungsanlage Zehnder ComfoAir 550

Investition Haustechnik inkl. Montage

39.000 Euro inkl. MwSt. 19 %

berechnete Verbrauchskosten

1.500 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. Zehnder GmbH]

Passiv – Haus Viernheim

sanierte denkmalgeschützte Scheune, 220 m² Wohnfläche, teilunterkellert
außerhalb der thermischen Gebäudehülle, gebaut 1997–2000



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,12–0,15
Dach	0,09
Bodenplatte	0,14
Fenster	0,80 (g-Wert 0,45)

Haustechnikkombination

Gasbrennwerttherme mit Warmwasserbereitung mit Solareinbindung und Wärmeverteilung über Heizkörper. Wohnungslüftungssystem mit Wärmerückgewinnung. Erdwärmeaustauscher 25 m.

System

Gasbrennwertgerät: Buderus GB 112

Solar: Buderus Logasol Topas

Lüftung: Temovex Jovex 450-220 DC

Investition Haustechnik inkl. Montage

33.640 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

370 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

350 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: ebz Energieberatungszentrum Süd]

KfW 40 – Haus Helmstedt

136 m² Wohnfläche, nicht unterkellertes Einfamilienhaus, gebaut 2003



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,14
Dach	0,15
Decke	0,15
Bodenplatte	0,18
Fenster	1,10 (g-Wert 0,60)

Haustechnikkombination

Pelletkesselanlage mit Solareinbindung für Heizung und Warmwasser. Wohnungslüftung – Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung. Wärmeverteilung mit Heizkörper im Erd- und Obergeschoss.

System

Pelletkessel: Herz, Pelletstar, Speicher: Pro Solar, Duo 750

Solar: Pro Solar Eco-Plus, Lüftung: Fresh

Investition Haustechnik inkl. Montage

24.244 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

910 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

670 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Dipl.-Ing. Rolf Schmidt – Architekt]

KfW 40 – Passivhaus Halfing

121 m² Wohnfläche, freistehendes Einfamilienhaus, gebaut 2004



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,11
Dach	0,11
Bodenplatte	0,11
Fenster	0,8 (g-Wert 0,60)

Haustechnikkombination

Heizung-Warmwasser-Lüftung. Wohnungslüftungssystem mit Wärmerückgewinnung über Kreuz-Gegenstrom-Wärmeaustauscher und Luft-Wasser-Wärmepumpe mit zentraler Zuluftzuführung für Heizung und Warmwasser. Wärmeverteilung durch Fußbodenheizung.

System

Lüftungskompaktgerät: tecalor THZ 303 SOL

Investition Haustechnik inkl. Montage

25.520 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

12 × 35 = 420 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

390 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. tecalor]

Passiv – Haus Crimmitschau

240 m² Wohnfläche, Keller innerhalb der thermischen Gebäudehülle
gebaut 2004/2005



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,11
Dach	0,12
Decke	0,13
Bodenplatte	0,13
Fenster	0,75 (g-Wert 0,52)

Haustechnikkombination

Wohnungslüftungssystem mit Wärmerückgewinnung. Erdwärmeaustauscher 30 m. Sole-Wasser-Wärmepumpe. 1 Erdsonde 80 m tief. 5 m² Flachkollektor für Warmwasser. Zuluftbeheizung und partiell Fußbodentemperierung. Fotovoltaik 16 m².

System

Lüftung: Aerex RecoBoxx Comfort

Heizung/Warmwasser: Viessmann Vitocal 343

Investition Haustechnik inkl. Montage (ohne Fotovoltaik)

34.220 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

290 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

280 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. Aerex HaustechnikSysteme GmbH]

Passivhäuser Darmstadt

110–165 m² Wohnfläche, nicht unterkellerte Reihenhäuser, gebaut in Abschnitten von 2004–2006



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,114–0,086
Dach	0,134
Bodenplatte	0,11
Fenster	0,80 (g-Wert 0,50)

Haustechnikkombination

Wohnungslüftungs- und Wärmerückgewinnungssystem mit zentraler Frischluftzufuhr pro Haus. Nacherwärmung der Luft über Fernwärme (Anschlusszwang), Erwärmung Warmwasser über Solarkollektoren und 300 Liter-Speicher, Nacherwärmung mit Fernwärme.

System

Lüftung: Vallox KWL 90 SE, Heinemann GmbH

Solar und Speicher: Sonnenkraft

Investition Haustechnik inkl. Montage

ca. 23.200 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

zw. 350 und 520 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

zw. 160 und 360 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. Heinemann GmbH, Dießen; Bauherr: ABG FRANKFURT HOLDING GmbH, Frankfurt; Konzeption, Planung & Ausführung: faktor 10 GmbH, Darmstadt]

KfW 40 – Haus Limburg

165 m² Wohnfläche, nicht unterkellertes Einfamilienhaus, gebaut 2008



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,17
Dach	0,20
Bodenplatte	0,32
Fenster	1,40 (g-Wert 0,65)

Haustechnikkombination

Wohnungslüftungssystem mit Wärmerückgewinnung und nachgeschalteter Luft-Luft-Wärmepumpe. Die Wärmeverteilung erfolgt über die Zuluftkanäle der Lüftungsanlage. Warmwasser liefert eine in das Lüftungssystem integrierte Trinkwasserwärmepumpe.

System

Gesamt-Anlage: Proxon-Lüftungsheizung

Investition Haustechnik inkl. Montage

28.700 Euro inkl. MwSt. 19 %

berechnete Verbrauchskosten

914 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

754 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. Zimmermann Lüftungs- und Wärmesysteme GmbH]

Passivhaus – DH Maisenbühl

135 m² Wohnfläche, Angaben Doppelhaushälfte, gebaut 2008
 Bauort: Am Maisenbühl 14, Stockach



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,14
Dach	0,108
Bodenplatte	0,11
Fenster	0,80 (g-Wert 0,61)

Haustechnikkombination

Wohnungslüftungssystem mit Wärmerückgewinnung 85 %. Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Solekörbe 9 Stück.

System

Lüftung: Aerex Reco Boxx Comfort, Heizung/Warmwasser: Thermia Diplomat 4

Investition Haustechnik inkl. Montage

26.000 Euro inkl. MwSt. 19 %

berechnete Verbrauchskosten

105 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

95 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. Aerex HaustechnikSysteme GmbH, PassivBau GmbH – Stockach]

Passivhaus – Messmer

139 m² Wohnfläche, freistehendes Einfamilienhaus, gebaut 2008
 Bauort: Buchenweg 6, Trossingen



Gebäudehülle

	U-Werte (W/m ² K)
Außenwand	0,10
Dach	0,108
Bodenplatte	0,11
Fenster	0,80 (g-Wert 0,61)

Haustechnikkombination

Wohnungslüftungssystem mit Wärmerückgewinnung 85 %. Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Solekörbe 9 Stück.

System

Lüftung: Aerex Reco Boxx Comfort

Heizung/Warmwasser: Thermia Diplomat 4H mit Kühlung

Investition Haustechnik inkl. Montage

26.000 Euro inkl. MwSt. 19 %

berechnete Verbrauchskosten

135 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

120 Euro pro Jahr inkl. MwSt.

[Quelle: Fa. Aerex HaustechnikSysteme GmbH, PassivBau GmbH – Stockach]

Altbausanierung mit Passivhauskomponenten Frankfurt am Main – Tevesstraße

50–100 m² Wohnfläche, Altbauten aus den 50er Jahren, Sanierung von 2005–2006



Gebäudehülle

	U-Werte (W / m ² K)
Außenwand	0,122 (Bestand) und 0,093 (Dachgeschoss)
Dach	0,106
Kellerdecke	0,174
Fenster	0,84

Haustechnikkombination

Wohnungslüftungs- und Wärmerückgewinnungssystem mit zentraler Frischluftzufuhr pro Wohnung, Gas-Brennwerttechnik für Heizung und Warmwasser, Solarthermische Kollektoren, Dreischiebenfenster mit wärmegeprägten Rahmen, 26–35 cm Außendämmung und Kellerdeckendämmung, selbstverriegelnde, wärmegeprägten Haustüren runden das energetische Sanierungskonzept mit passivhaustauglichen Komponenten ab.

System

Lüftung: Vallox KWL 90 SE, Heinemann GmbH

Heizung: Nachheizregister hinter der Lüftungsanlage, Heizkörper im Bad

Investition Haustechnik inkl. Montage

628.000 Euro inkl. MwSt. 16 %

berechnete Verbrauchskosten

1,19 Euro/m² pro Wohnfläche pro Jahr inkl. MwSt.

tatsächliche Verbrauchskosten

1,09 Euro/m² pro Wohnfläche pro Jahr inkl. MwSt.
bei 21,8° Raumtemperatur

[Quelle: Fa. Heinemann GmbH, Dießen; Bauherr: ABG FRANKFURT HOLDING GmbH, Frankfurt; Konzeption, Planung & Ausführung: faktor10 GmbH, Darmstadt]

5 Grundlagen und Erläuterungen

5.1 Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)

Die erste Energieeinsparverordnung von 2002 stellt die energetische Bewertung auf der Grundlage des Energieeinspargesetzes aus dem Jahr 1977 von Neubauten und Bauen im Bestand in den Mittelpunkt der Betrachtung und fasst die früher gültige Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnung in einem integralen Gesamtsystem zusammen. Sie wurde inzwischen mehrfach überarbeitet und seit dem 1. Oktober 2009 ist die aktuelle Ausgabe EnEV 2009 in Kraft.

Im Sinne einer ganzheitlichen Planung von Baukonstruktion und Haustechnik sind Gebäudeentwurf und -gestaltung, Baukonstruktion und Statik, Brand- und Wärmeschutz und die Gebäudedichtheit auf der einen, sowie die Haustechniksysteme mit Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Solar auf der anderen Seite im Zusammenhang zu betrachten. Eine energieeffiziente Heizung mit Wärmerückgewinntechnik und /oder Solar kann beispielsweise einen geringeren Dämmstandard in Dach und Wand – bei Einhaltung festgelegter Mindestanforderungen – ausgleichen und umgekehrt.

Wie tickt die EnEV 2009 bei der Haustechnik?

Der nachzuweisende Jahres-Primärenergiebedarf des geplanten und zu bauenden Hauses darf den Höchstwert eines entsprechenden Referenzgebäudes nach der aktuellen EnEV 2009 nicht überschreiten.

Er errechnet sich aus:

$$(Q_{th} \text{ in kWh}/(\text{m}^2\text{a}) + Q_{tw} \text{ in kWh}/(\text{m}^2\text{a})) \times \text{Aufwandzahl } e_p \text{ als Faktor}$$

Danach ergibt sich beispielsweise ein Primärenergiebedarf beim gewählten Referenzhaus bei einer Haustechnik mit:

- Gasbrennwert, mit Wohnungslüftung und Wärmerückgewinnung

$$\text{von } (56,86 + 12,50) \times 1,05 = 73,08 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

- Erdwärmepumpe, Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung und Solar

$$\text{von } (55,87 + 12,50) \times 0,56 = 38,28 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

Über den Faktor Aufwandzahl wird die energetische Qualität der Haustechnik abgebildet. Je kleiner der Faktor, je effizienter arbeitet das System.

Das heißt, allein durch eine intelligente Auswahl bei der Haustechnik lässt sich der Primärenergiebedarf, wie in diesem konkreten Fall, um 47 % reduzieren.

Die wichtigsten Begriffe der EnEV 2009 und deren Bedeutung auf einen Blick:

- Die Gebäudenutzfläche A_n in m^2 ist nicht die Wohnfläche des Gebäudes, sondern das beheizte Gebäudevolumen multipliziert mit dem Faktor 0,32 bildet die Bezugsfläche für den Jahresheizwärme-, Warmwasser-, Primär- und Endenergiebedarf.
- Der Transmissionswärmeverlust H_t in $W/(m^2a)$ ist der auf die Gebäudehülle bezogene Wärmeverlust durch Außenwände, Dachflächen, Fenstern etc. und darf den zulässigen Höchstwert nach EnEV 2009, gem. § 3 und Anlage 1, Tabelle 2 – beim Referenzhaus beispielsweise $0,40 W/(m^2a)$ – nicht überschreiten.
- Der Jahresheizwärmebedarf Q_h in $kWh/(m^2a)$ entspricht als jährlicher Bedarf an Nutzwärme der Wärmeabgabe der Heizkörper oder Fußbodenheizung. Er setzt sich aus den Wärmeverlusten über die Gebäudehülle und aus der Belüftung des Gebäudes zusammen. Solare Gewinne aus der Erwärmung über die Fensterflächen und internen Gewinne durch die Wärmeabgabe der Bewohner werden entsprechend berücksichtigt und gegen gerechnet.
- Der für Trinkwasserwärmebedarf Q_w ist gemäß DIN 4701-10 mit pauschal $12,5 kWh/(m^2a)$ festgelegt.
- Die Aufwandzahl e_p beschreibt als Faktor die energetische Qualität des gesamten Haustechniksystems mit Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung, Wärmeverteilung etc. einschließlich der Vorkette zur Gewinnung und Bereitstellung des jeweiligen Energieträgers. Multipliziert mit der Summe aus Jahresheizwärme und Trinkwarmwasserbedarf ergibt sich der Jahresprimärenergiebedarf des Gebäudes.
- Der zu berechnende Jahresprimärenergiebedarf Q_p in kWh/m^2a für die Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und eventuelle Kühlung darf den Primärenergiewert eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung gem. § 3 der EnEV 2009 mit den in Anlage 1, Tabelle 1 im Detail vorgegebenen technischen Einzelwerten für die Konstruktion der Gebäudehülle sowie die ebenfalls vorgegebenen haustechnischen Systeme wie Heizung, Warmwasserbereitung, Solareinbindung und Wohnungslüftung nicht überschreiten.
- Beim Einsatz von Kühlung z. B. mit Raumklimageräten oder Wohnungslüftungsanlagen ist der berechnete Jahresprimärenergiebedarf um $15,6 kWh/(m^2a)$ zu erhöhen.
- Ergänzender Hinweis:

Für die EnEV 2009 kann auch das alternative Berechnungsverfahren nach DIN V 18599 verwendet werden. Die Ergebnisse der Berechnungen nach DIN 4108/DIN V 4701-10 (Berechnungsgrundlage dieses Buches) und die der Alternative nach DIN V 18599 unterscheiden sich. Daher sind sowohl die nach Referenzgebäude zu ermittelnden Anforderungen als auch die erforderlichen Nachweise des geplanten Gebäudes stets mit dem gleichen Berechnungsverfahren zu ermitteln.

5.2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Das Bundesgesetz ist seit dem 1. Januar 2009 in Kraft und gilt ausschließlich für den Neubaubereich. Der Bund hat den einzelnen Bundesländern zugestanden, bis dato nur in Baden-Württemberg umgesetzt, eigene Wärmegesetze für Bestandsbauten (Altbau) zu erlassen.

Zweck der Gesetze ist es, das Klima zu schützen, fossile Ressourcen zu schonen, die Abhängigkeiten von Energieimporten zu mindern und eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen sowie die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien zu fördern.

Erneuerbare Energien im Sinne der Gesetze sind neben anderen Solarthermie (z. B. Sonnenkollektoren), Geothermie (z. B. Wärmepumpen), Umweltwärme und Biomasse und die Bauherren sind zur anteiligen Nutzung bezogen auf den Wärmeenergiebedarf nach Maßgabe des jeweils anzuwendenden Wärmegesetzes gemäß § 5 verpflichtet.

Die Nutzungspflicht gilt ebenfalls als erfüllt, wenn durch sogenannte Ersatzmaßnahmen der Höchstwert des Jahresprimärenergiebedarfs und der Dämmqualität der Gebäudehülle nach der aktuellen Energieeinsparverordnung um mindestens 15 Prozent unterschritten werden.

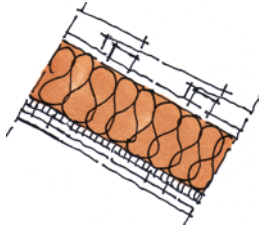
Weitere Informationen unter: www.dena.de

5.3 Baukonstruktion der Gebäudehülle

Die nachfolgend skizzierten Konstruktionsaufbauten der Gebäudehüllenbauteile Dachkonstruktion, Kehlbalken, Außenwand und Bodenplatte bilden die Grundlagen für die energetischen Berechnungen des Referenzhauses als Neubau und als einen auf EnEV 2009 sanierter Altbau.

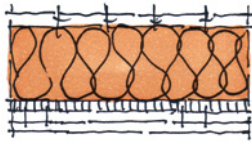
5.3.1 Systemdetails – Neubau

Die Dämmwerte der skizzierten Gebäudehüllen liegen, bezogen auf das Referenzhaus, 15 % unter den geforderten Höchstwerten nach EnEV 2009. Dadurch sind die Vorteile aus internen und solaren Gewinnen und die Wirksamkeit von Wärmerückgewinnen aus der Abluft erhöht nutzbar und die Anforderungen aus dem EEWärmeG sind über die Ersatzmaßnahme abgedeckt.



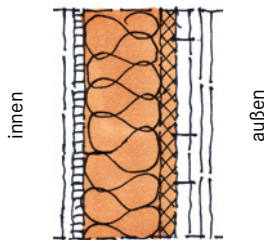
Dachschräge
von innen nach außen:

Gipskarton 12,5 mm
OSB-Platte 15 mm
Sparren KVH 60/200 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 200 mm
Unterspannbahn $s_g < 0,02$ m
Konterlattung
Dachlattung 30/50 mm



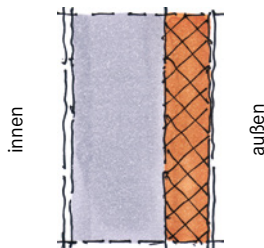
Oberste Geschoßdecke/Kehlbalken
von unten nach oben:

Gipskarton 12,5 mm
Lattung 60/40 mm
OSB-Platte 15 mm
Kehlbalken KVH 60/200 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 200 mm
Rauhsputz 24 mm



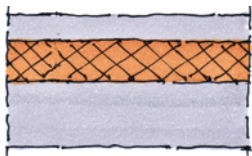
Außenwand Holzbau
von innen nach außen:

Gipskartonplatte 12,5 mm
OSB-Platte 15 mm
Holzständerwerk KVH 60/200 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 200 mm
Holzfaserplatte 40 mm
Lattung 24/48 mm
Boden-/Deckelschalung



Außenwand Massivbau
von innen nach außen:

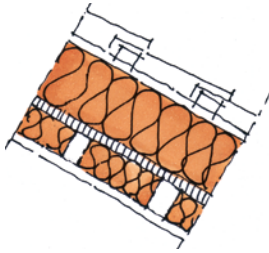
Innenputz
Ziegelmauerwerk 0,12 d = 240 mm
Wärmedämmverbundsystem
035 d = 120 mm



Bodenplatte
von oben nach unten:

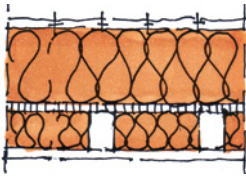
Bodenbelag
Estrich 70 mm
Polystyrolhartschaum 035 d = 100 mm
Bodenplatte 180 mm

Bild 22 Systemdetails Neubau – EnEV 2009



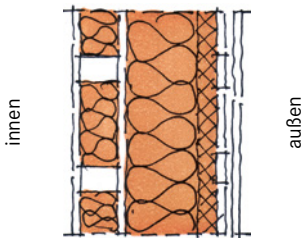
Dachschräge
von innen nach außen:

Gipskarton 12,5 mm
Lattung KVH 60/100 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 100 mm
OSB-Platte 15 mm
Sparren KVH 60/200 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 200 mm
Unterspannbahn $s_d < 0,02$ m
Konterlattung
Dachlattung 30/50 mm
Dacheindeckung



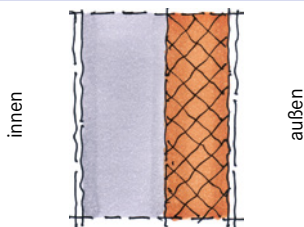
Oberste Geschossdecke/Kehlbalken
von unten nach oben:

Gipskarton 12,5 mm
Lattung KVH 60/100 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 100 mm
OSB-Platte 15 mm
Kehlbalken KVH 60/200 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 200 mm
Rauspund 24 mm



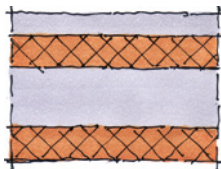
Außenwand Holzbau
von innen nach außen:

Gipskartonplatte 12,5 mm
Lattung KVH 60/100 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 100 mm
OSB-Platte 15 mm
Holzständerwerk KVH 60/200 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 200 mm
Holzfaserplatte 40 mm
Lattung 24/48 mm
Boden-/Deckelschalung



Außenwand Massivbau
von innen nach außen:

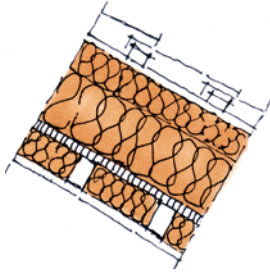
Innenputz
Ziegelmauerwerk
0,12 d = 240 mm
Wärmedämmverbundsystem
035 d = 180 mm



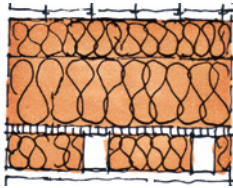
Bodenplatte
von oben nach unten:

Bodenbelag
Estrich 70 mm
Polystyrolhartschaum
035 d = 100 mm
Abdichtung nach DIN 18195
Bodenplatte 180 mm
Perimeterdämmung d = 100 mm

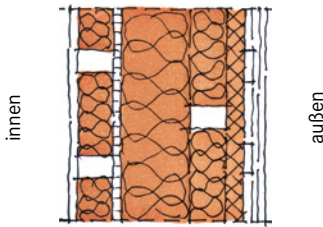
Bild 23 Systemdetails Neubau – KfW Effizienzhaus 70



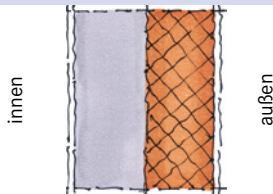
Dachschräge
von innen nach außen:
Gipskarton 12,5 mm
Lattung KVH 60/100 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 100 mm
OSB-Platte 15 mm
Sparren KVH 60/200 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 200 mm
Lattung KVH 60/100 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 200 mm
Unterspannbahn $s_g < 0,02$ m
Konterlattung, Dachlattung 30/50 mm
Dacheindeckung



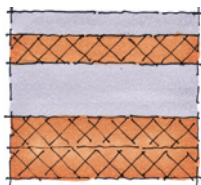
Oberste Geschossdecke/Kehlbalken
von unten nach oben:
Gipskarton 12,5 mm
Lattung KVH 60/100 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 100 mm
OSB-Platte 15 mm
Kehlbalken KVH 60/200 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 200 mm
Lattung KVH 60/100 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 100 mm
Rauhspund 24,5 mm



Außenwand Holzbau
von innen nach außen:
Gipskarton 12,5 mm
Lattung KVH 60/100 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 100 mm
OSB-Platte 15 mm
Holzständerwerk KVH 60/200 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 200 mm
Lattung KVH 60/100 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 100 mm
Holzfaserplatte 40 mm, Lattung 24/48 mm
Boden-/Deckelschalung

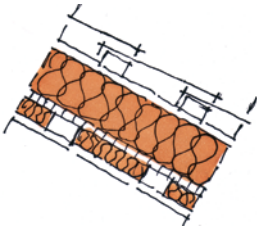


Außenwand Massivbau
von innen nach außen:
Innenputz
Ziegelmauerwerk
0,12 d = 240 mm
Wärmedämmverbundsystem
035 d = 240 mm



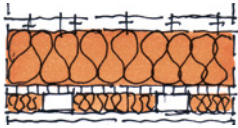
Bodenplatte
von oben nach unten:
Bodenbelag
Estrich 70 mm
Polystyrolhartschaum
035 d = 100 mm
Abdichtung nach DIN 18195
Bodenplatte 180 mm
Perimeterdämmung $2 \times d = 100$ mm

Bild 24 Systemdetails Neubau – KfW Effizienzhaus 55



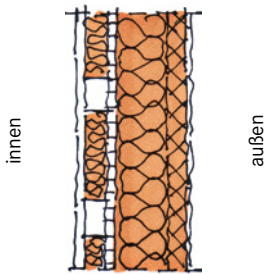
Dachschräge
von innen nach außen:

Gipskarton 12,5 mm
Lattung 40/60
bzw. Mineralwolle 035 d = 40 mm
OSB-Platte 15 mm
vorhandene Dachsparren 140 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 140 mm
Unterspannbahn $s_d < 0,02$ m
Konterlattung
Dachlattung 30/50 mm
Dacheindeckung



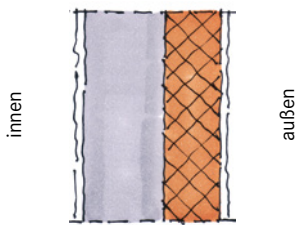
Oberste Geschossdecke/Kehlbalken
von unten nach oben:

Gipskarton 12,5 mm
Lattung 40/60 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 40 mm
OSB-Platte 15 mm
vorhandene Kehlbalken 140 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 140 mm
Raupspund 24 mm



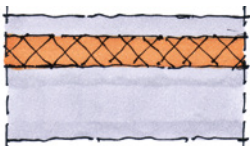
Außenwand Holzbau
von innen nach außen:

Gipskartonplatte 12,5 mm
Lattung 40/60 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 40 mm
OSB-Platte 15 mm
vorhandenes Holzständerwerk 120 mm
bzw. Mineralwolle 035 d = 120 mm
Holzfaserplatte 40 mm
Lattung und Bodendeckelschalung
oder Putz



Außenwand Massivbau
von innen nach außen:

Innenputz
vorhandenes Kalksandsteinmauerwerk
240 mm
Wärmedämmverbundsystem
035 d = 160 mm



Bodenplatte
von oben nach unten:

Bodenbelag
Estrich 50 mm auf Wärmedämmung
035 d = 100 mm
Bodenplatte 180 mm

Bild 25 Systemdetails Altbau – EnEV 2009

5.3.2 Systemdetails – Altbau

Grundlage bilden die vor 30 bis 40 Jahren üblichen Baukonstruktionen, wie beispielsweise Außenwände in einschaligem beidseitig verputztem Mauerwerk in 240 mm Kalksandstein oder wie im Fertighausbau mit 120 mm dicken, beidseitig beplankten Holzrahmenkonstruktionen.

Darauf aufbauend und durch die skizzierten Verbesserungen – Wärmeverbundsysteme und zusätzliche Installationsebenen – werden die Gebäudehüllen auf EnEV-Niveau angehoben.

5.4 Stellenwert und Systeme der Wohnungslüftung

Die Energieeinsparverordnung schreibt im § 6 verbindlich vor, das zu errichtende Gebäude so auszuführen, dass die wärmeübertragenden Umfassungsflächen einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend dem Stand der Technik abdichten sind. Gleichzeitig ist der zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sicherzustellen.

Um den geforderten Mindestluftwechsel allein über die Fensterlüftung wie bisher zu erreichen, müsste die Wohneinheit im Durchschnitt alle 2 Stunden, auch nachts, ca. 5 bis 10 Minuten mit Durchzug gelüftet werden. Dies ist dem Bewohner in der Regel weder möglich noch zuzumuten.

In der überarbeiteten Lüftungsnorm DIN 1946-6, Lüftung von Wohnungen ist seit Mai 2009 verbindlich die Sicherstellung einer ausreichender Be- und Entlüftung von Wohnungen geregelt und es werden Grenzwerte und Berechnungsmethoden zum notwendigen Luftaustausch vorgegeben.

5.4.1 Lüftungsstufen und Lüftungskonzept

Herzstück der Lüftungsnorm ist die Festlegung von vier Lüftungsstufen mit unterschiedlicher Lüftungsintensität (Lüftungsstufen nach DIN 1946-6).

- **Feuchteschutzlüftung**

bei längerer Abwesenheit des Nutzers (nutzerunabhängig)

- **Reduzierte Lüftung**

bei zeitweiser Anwesenheit des Nutzers (weitgehend nutzerunabhängig)

- **Nennlüftung**

bei Anwesenheit des Nutzers

- **Intensivlüftung**

bei Anwesenheit des Nutzers

Darauf aufbauend wird ein Lüftungskonzept für alle Neubauten und Renovierungen verlangt. Bei Renovierungen gilt dies, wenn im Ein- und Mehrfamilienhaus mehr als 1/3 der vorhandenen Fenster ausgetauscht bzw. im EFH mehr als 1/3 der Dachfläche abgedichtet werden.

Der Planer oder Verarbeiter ist verpflichtet zu untersuchen, ob die Undichtigkeiten der Gebäudehülle eine ausreichende Lüftung zum Feuchteschutz bei Abwesenheit des Nutzers sicherstellen. Reichen die Gebäudeundichtigkeiten für den Feuchteschutz nicht aus, sind lüftungstechnische Maßnahmen vorzusehen und nachzuweisen. In die Berechnungen fließen beispielsweise der Dämmstandard und die geographische Lage (windstark oder windschwach) des Gebäudes mit ein.

Das Lüftungskonzept kann von jedem Fachmann erstellt werden, der in Planung, Ausführung oder Instandhaltung von lüftungstechnischen Maßnahmen bzw. in der Planung und Modernisierung von Gebäuden tätig ist.

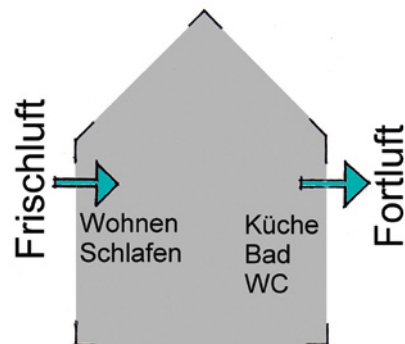
Hinweis: Eine sichere, schnelle Klärung, ob lüftungstechnischen Maßnahmen für ein Bauvorhaben erforderlich sind, ermöglicht das Planungstool Lüftungskonzept des Bundesverbandes für Wohnungslüftung e.V. zum kostenfreien Download unter: www.wohnungslueftung-ev.de

5.4.2 Lüftungstechnische Maßnahmen

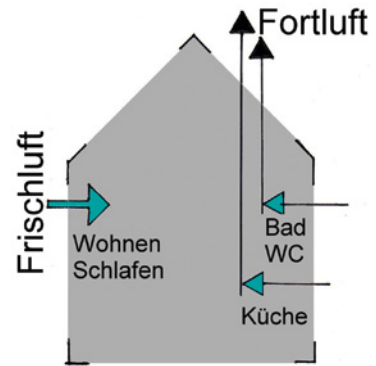
Wenn die Berechnungen des Lüftungskonzeptes ergeben, dass die Infiltration über die Gebäudehülle zum Feuchteschutz bei Abwesenheit des Bewohners nicht ausreicht, wird eine lüftungstechnische Maßnahme als freie oder als ventilatorgestützte Lüftung erforderlich.

Freie Lüftung /Querlüftung

Frischlufte und Fortluft erfolgt über definierte Außenluftdurchlässe. Der Luftwechsel ist abhängig von Winddruck und Windsog. Nenn- und Intensivlüftung über aktive Fensterlüftung durch den Nutzer ist erforderlich.



Frischlufte erfolgt über definierte Außenluftdurchlässe mit Fortluftschächten über Dach. Der Luftwechsel ist abhängig vom thermischen Auftrieb. Nenn- und Intensivlüftung über aktive Fensterlüftung durch den Nutzer ist erforderlich.

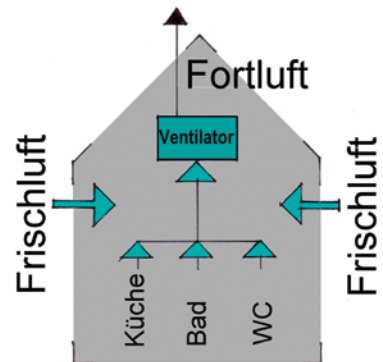


Hinweis: Zur Vermeidung von Haftungsrisiken für den Planer und Verarbeiter empfehlen sich beim Einbau freier Lüftungssystemen eindeutige Hinweise auf die nach wie vor notwendige aktive Fensterlüftung durch den Nutzer (siehe Rechtsgutachten »Haftungsrisiken bei Wohnungen ohne Lüftungsanlagen«, Rechtsanwälte Heiermann Franke Knipp, Dezember 2006).

Ventilatorgestützte Lüftung / Abluftsystem ohne Wärmerückgewinnung

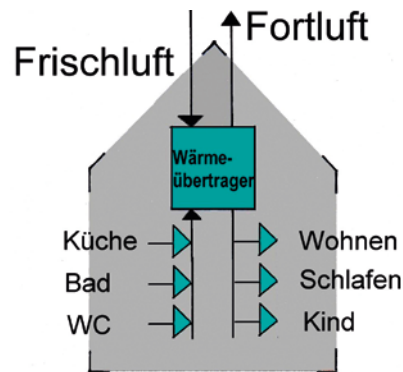
Lüftungswärmeverluste werden durch kontrollierte Regelbarkeit reduziert. Verbesserungen durch projektbezogene Maßnahmen bei der Luftqualität und beim Schallschutz sind möglich.

Permanente Lüftungspräsenz für alle Lüftungsstufen ohne aktive Fensterlüftung durch den Nutzer ist gegeben.



Ventilatorgestützte Lüftung / Zu- und Abluftsysteme mit Wärmerückgewinnung

Deutliche Reduzierung der Primär- und Endenergiewerte durch geringe Lüftungswärmeverluste wird erreicht. Verbesserungen durch projektbezogene Maßnahmen bei der Luftqualität und beim Schallschutz sind möglich. Permanente Lüftungspräsenz für alle Lüftungsstufen ohne aktive Fensterlüftung durch den Nutzer ist gegeben.



5.4.3 Schlussfolgerungen, Kosten und Empfehlungen

Das althergebrachte Lüften über die Fenster wie bisher hat im Prinzip ausgedient. Die Berechnungen der Lüftungskonzepte zeigen, dass bei freistehenden Einfamilienhäusern mit einem n_{50} -Wert von $\leq 1,1$ bereits lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich sind. Diese Dichtheitswerte der Gebäudehülle und kleiner sind beim aktuellen Bauen und Renovieren mittlerweile Standard.

Bei Wohnungen in Mehrfamilienhäuser ist es allein aufgrund der geringeren Gebäudehüllflächenanteile in Bezug zur Wohnfläche immer notwendig lüftungstechnische Maßnahmen vorzusehen.

Die lüftungstechnischen Maßnahmen nach DIN 1946-6 reichen von den einfachen freien Systemen bis hin zu ventilatorgestützten Lüftungsanlagen mit hochwertigen Wärmerückgewinnstechniken und bieten je nach gewünschten Anforderungen und Geldbeutel entsprechende Lösungen.

Kosten lüftungstechnischer Maßnahmen

■ Freie Lüftung:

Querlüftung	1.850 Euro
Schachtlüftung	1.900 Euro

■ Ventilatorgestützte Lüftung:

Abluftanlage	2.700 Euro
Zu- und Abluftanlage mit WRG (Wärmerückgewinnung)	5.800 Euro

Die Kosten basieren auf Grundlage des gewählten Referenzhauses mit 156 m² Wohnfläche und beinhalten Lieferung und Montage der Lüftungsanlagen einschließlich der aktuellen MwSt. von 19%. Die genannten Werte können regional und herstellerbedingt abweichen.

Warum ist welche Lüftung zu empfehlen?

■ Freie Lüftungssysteme

Quer- und Schachtlüftung sichern, ausreichende Windverhältnissen und Thermik vorausgesetzt, mit einfacher Technik die Lüftungsstufen Feuchteschutz und reduzierte Lüftung. Die Stufen mit Nenn- und Intensivlüftung sind nach wie vor durch aktives Fensterlüften durch den Bewohner zu gewährleisten.

■ Ventilatorgestützte Lüftungssysteme

Ventilatorgestützte Lüftungssysteme stellen, im Gegensatz zu den freien Systemen, als Abluftanlagen eine permanente vom Nutzer unabhängige Be- und Entlüftung der Wohneinheit sicher. Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung bieten darüber hinaus zusätzlich Reduzierungen beim Primär- und Endenergiebedarf.

■ Wenn schon, dann richtig

Die hygienisch notwendigen Mindestluftwechselraten sind bei den aktuellen Bau-standards ohne Einschränkungen nur durch den Einbau nutzerunabhängiger ventilatorgestützte Lüftungssysteme als Abluft- oder als Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung ausreichend zu gewährleisten.

5.5 Ventilatorgestützte Wohnungslüftungssysteme

Nachfolgend sind die in den berechneten Heizungsanlagenkombinationen eingesetzten ventilatorgestützten Lüftungssysteme in den wesentlichen Funktionen und Wirkungsweisen beschrieben und dargestellt.

5.5.1 Abluftsysteme ohne Wärmerückgewinnung

Abluftsysteme sind eine einfache, zuverlässige und kostengünstige Lösung und stellen nutzerunabhängig den erforderlichen Raumluf austausch sicher.

Die verbrauchte, feuchte und belastete Luft wird aus den Ablufträumen und WC über ein Rohrsystem abgesaugt und über das Dach nach draußen abgeleitet. Frischluft strömt über Außenluftdurchlässe (Ventile mit Filtern in den Außenwänden) in die Wohn-, Kinder- und Schlafzimmer und stellt eine kontinuierliche Durchlüftung der gesamten Wohnung sicher.

Allein durch die kontrollierte Regelbarkeit ergibt sich eine zusätzliche und anrechenbare Reduzierung der Lüftungswärmeverluste gegenüber einer herkömmlichen Lüftung über die Fenster.

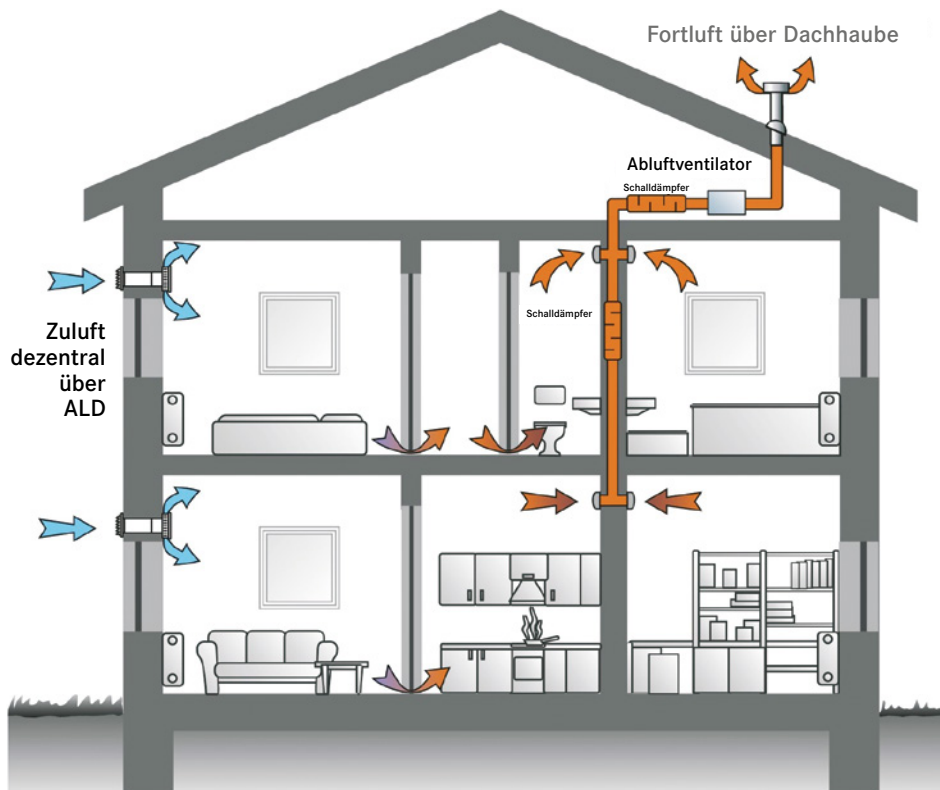


Bild 26 Abluftsystem ohne Wärmerückgewinnung [Quelle: Fa. Aerex HaustechnikSysteme GmbH]

5.5.2 Zu- und Abluftsysteme mit Plattenwärmeaustauscher

Die abgesaugte warme Abluft aus Küche und Bädern erwärmt berührungsfrei über einen Plattenwärmeaustauscher die, im Gegensatz zum Abluftsystem, zentral angesaugte Außenluft. Durch ein zweites Rohrsystem werden die Wärmegewinne den Wohn- und Schlaf-räumen zugeführt.

Plattenwärmeaustauscher gibt es in unterschiedlichen Konstruktionen und Wärm-rückgewinnungsgraden. Die klassischen Kreuzstromwärmeaustauscher erreichen, bezogen auf den Lüftungswärmebedarf, Wärmerückgewinne von 60 bis 80 % und mit Hochleistungsgeräten im Gegenstrom- oder Kreuzgegenstromprinzip werden bis zu 92 % erreicht.

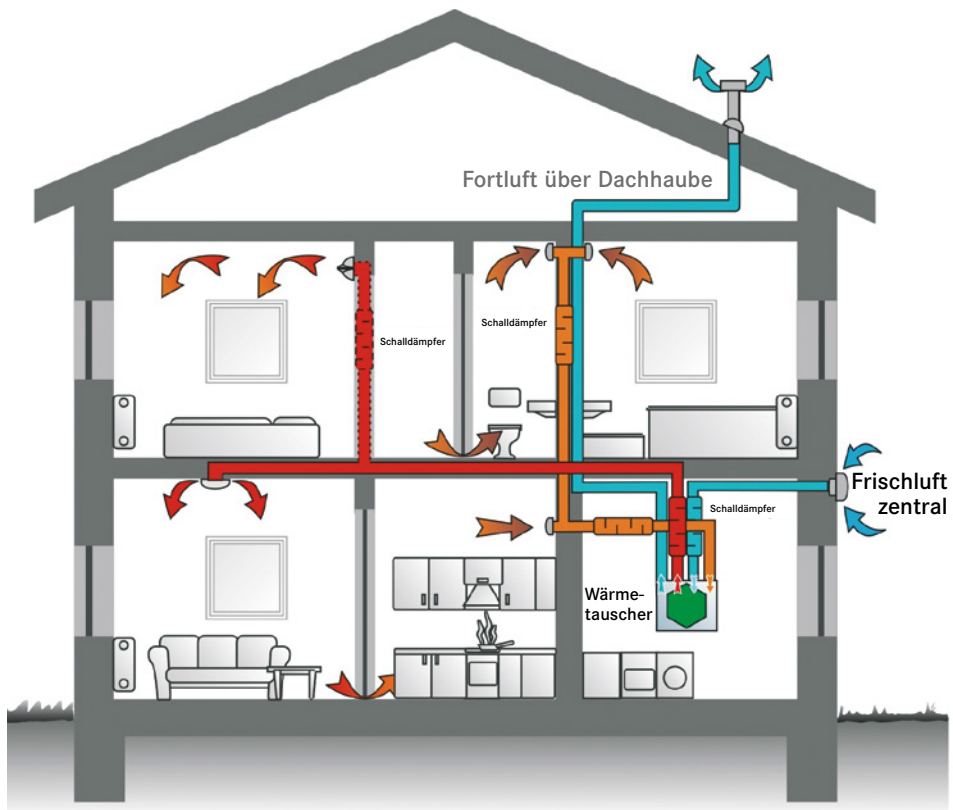


Bild 27 Zu- und Abluftsystem mit Plattenwärmeaustauscher [Quelle: Fa. Aerex HaustechnikSysteme GmbH]

5.5.3 Zu- und Abluftsysteme mit Rotationswärmeübertrager

Diese Systeme übertragen die Wärme der ausströmenden Abluft über einen sich drehenden Wärmeübertrager auf die einströmende kalte Außenluft. Der Wärme abgebende und Wärme aufnehmende Luftstrom erwärmt bzw. kühlt dabei die rotierende luftdurchlässige Speicherscheibe aus Aluminium.

Die über die Oberfläche des Rotors erfolgende Feuchteübertragung von der Abluft in die Zuluft sorgt für eine angemessene Luftfeuchtigkeit auch bei kalter, trockener Außenluft im Winter.

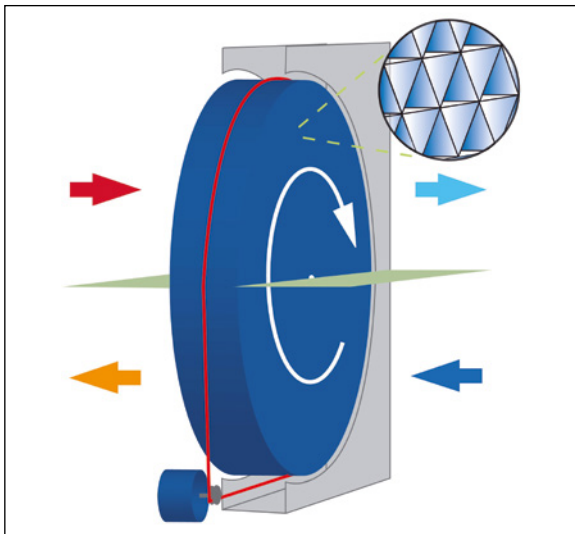


Bild 28
Rotationswärmeübertrager
[Quelle: Fa. Systemair GmbH]

5.5.4 Zu- und Abluftsystem mit Luft-Luft-Wärmepumpe

Zentrales Zu- und Abluftsystem, wie vor, jedoch die Wärmerückgewinnung erfolgt durch eine Luft-Luft-Wärmepumpe.

5.5.5 Zu- und Abluftsysteme mit Plattenwärmeaustauscher und Wärmeverteilung

Die Wärmeverteilung zur Beheizung des Hauses wird ausschließlich über die Zuluftkanäle des Lüftungssystems vorgenommen. Die Grundversorgung erfolgt vorrangig über die Rückgewinne des Plattenwärmeaustauschers und bei weiterem Wärmebedarf wird über ein Wasserheizregister, gespeist von einem Gasbrennwertkessel oder einer Erdwärmepumpe, gezielt nachgeheizt.

5.6 Systembeschreibungen der berechneten Haustechnikkombinationen

Die beim Referenzhaus in unterschiedlichen Kombinationen mit Wohnungslüftung und Solar berechneten Gasbrennwert-, Wärmepumpen- und Pellettechniken ergeben die heute aktuellen Systemtechniken.

Gasbrennwertkessel mit einer Wärmeverteilung über Heizkörper, mit unschlagbar günstigen Investitionskosten, sind die bisher am weitesten verbreiteten Standardkombinationen. Sie sind heute aufgrund der heutigen energetischen Anforderungen in der Regel nur noch mit Wohnungslüftung und Wärmerückgewinnung oder mit Solareinbindung einsetzbar.

Wärmepumpen haben in den letzten Jahren aufgrund günstiger Verbrauchswerte als Erdwärmepumpe und als Komplettsysteme mit Wärmerückgewinnstechniken und Solareinbindung immer mehr an Bedeutung gewonnen.

Pelletheizungen sind, durch den nachwachsenden Rohstoff Holz, ohne zusätzliche Rückgewinnungs- oder Solarsysteme ohne Probleme in allen berechneten energetischen Standards einsetzbar.

5.6.1 Gasbrennwerttechnik

Standardsystem mit Wärmeerzeuger als gasbefeuertem raumluftunabhängiger Brennkessel und Warmwasserbereitung über indirekt beheizten Speicher und einer Wärmeverteilung durch Radiatoren oder mit Fußbodenheizung innerhalb der thermischen Gebäudehülle, kombiniert mit Wohnungslüftung und Solar.

Wohnungslüftung

Standardsystem	Abluftsystem ohne Wärmerückgewinnung (durch EEWärmeG überholt)
Alternative 1	Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung durch Plattenwärmeaustauscher
Alternative 2	Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung durch Rotationswärmeübertrager
Alternative 3	Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung durch Luft-Luft-Wärmepumpe
Alternative 4	Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung durch Plattenwärmeaustauscher mit einer Wärmeverteilung über die Zuluftkanäle

Solarthermie

Solareinbindung für Trinkwarmwasser mit 7,20 m² thermischen Flachkollektoren und 300 Liter bivalentem Warmwasserspeicher.

5.6.2 Wärmepumpentechnik

Wärmepumpen nutzen in unterschiedlichen Systemen und Kombinationen als Energiequellen die Wärme aus der Abluft der Innenräume, aus der Außenluft oder dem Erdreich und dem Grundwasser. Die jeweiligen Wärmequellen werden durch die Hilfsenergie Strom mit einer durchschnittlichen Arbeitszahl von 4 erschlossen, das bedeutet, mit einem Aufwand von 25 Prozent wird ein Nutzen von 100 Prozent erreicht.

Wärmepumpen arbeiten am effektivsten im Niedertemperaturbereich bei einer Vorlauftemperatur von 35 °C und mit Niedertemperaturheizkörpern oder besser noch mit einer Fußbodenheizung.

Komplettsysteme mit Abluftwärmepumpen, mit Luft-Wasser-Wärmepumpen und Luft-Heizsysteme mit Luft-Luft-Wärmepumpen, nutzen die Außenluft und die beheizte Abluft der Innenräume in Verbindung mit Wärmerückgewinnsystemen der Wohnungslüftung und kommen ohne aufwendige Erdwärmequellenerschließung aus.

Erdwärmepumpen

Wärmeerzeuger mit einer Wärmenutzung aus dem Erdreich über Erdspeiß oder Erdkollektoren und einer Warmwasserbereitung über einen indirekt beheizten Speicher, kombiniert mit Wohnungslüftung und Solar.

Wohnungslüftung

Standardsystem	Abluftsystem ohne Wärmerückgewinnung
Alternative 1	Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung durch Plattenwärmeaustauscher
Alternative 2	Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung durch Rotationswärmeübertrager
Alternative 3	Abluftsystem mit dezentraler Frischluftzuführung und Wärmerückgewinnung aus der Abluft. Die zurück gewonnene Wärme wird dem Solekreislauf wieder zugeführt.
Alternative 4	Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung durch Plattenwärmeaustauscher mit Wärmeverteilung über die Zuluftkanäle.

Solarthermie

Solareinbindung für Trinkwarmwasser mit 7,20 m² thermischen Flachkollektoren und 300 Liter bivalentem Warmwasserspeicher.

Abluftwärmepumpen

sind Komplettgeräte mit dezentraler Außenluftzuführung und zentraler Abluft in Kombination mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe zur Nutzung der Abluftwärme der Innenräume zur Erwärmung des Heiz- und Brauchwassers. Einzelne Fabrikate bieten eine zusätzliche Nutzung der Außenluftenergie bis zu -5 °C Außentemperatur oder zusätzlich integrierte Solareinbindung für die Warmwasserbereitung an.

Die Versorgung des Hauses mit Wärme und Warmwasser erfolgt bei richtiger Auslegung der Anlage bis zu einer Außentemperatur von ca. -3 °C bei einem baulichen Wärmeschutz im EnEV-Standard über die Wärmerückgewinnung. Darüber hinaus gehender weiterer Bedarf wird durch eine integrierte elektrische Nacherhitzung (Heizstab) abgedeckt.

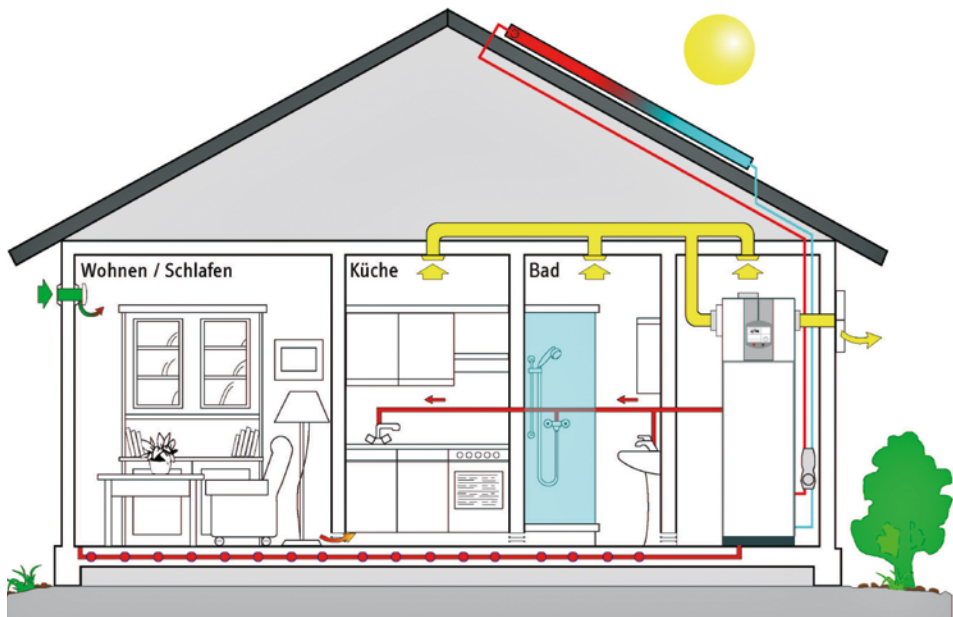


Bild 29 Abluftwärmepumpensystem [Quelle: Fa. tecalor GmbH]

Luft-Wasser-Wärmepumpensysteme

als Komplettgerät mit zentraler Zu- und Abluftanlage und Kreuz-Gegenstrom-Wärmeaustauscher decken in Verbindung mit zusätzlicher Außenluftnutzung die Versorgung des Hauses mit Wärme und Warmwasser. Darüber hinausgehender weiterer Bedarf wird auch bei diesem System durch eine integrierte elektrische Nacherhitzung abgedeckt. Sie kommt, wie die Abluftwärmepumpe, ohne Erdwärmeerschließung aus und eignet sich in Verbindung mit Solareinbindung für alle energetischen Standards.

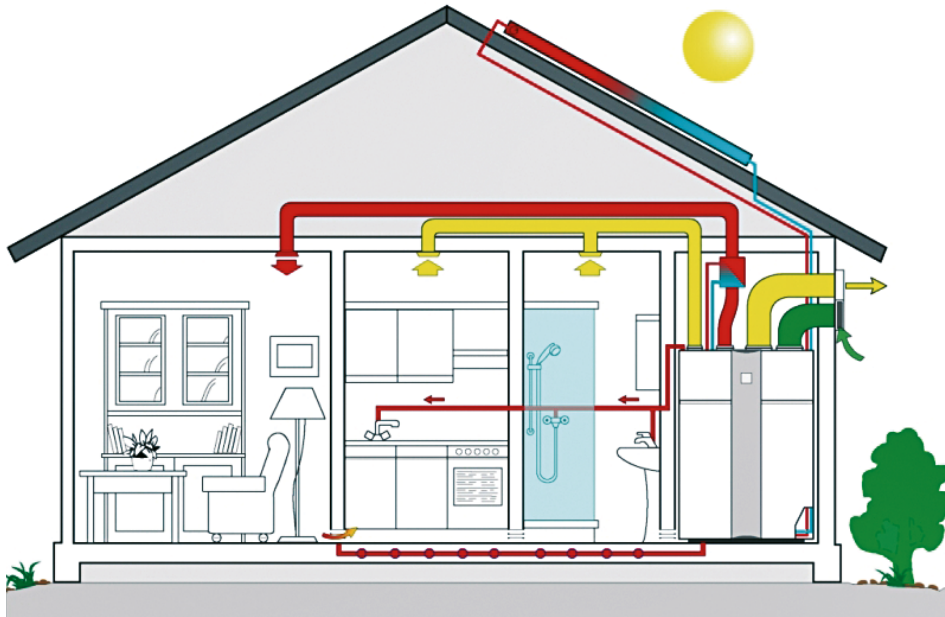


Bild 30 Luft-Wasser-Wärmepumpensystem [Quelle: Fa. tecalor GmbH]

Luftheizsysteme

verteilen die Wärme über die Zuluftkanäle des Lüftungssystems. Die Wärmeerzeugung erfolgt durch einen Plattenwärmeaustauscher mit nachgeschalteter Luft-Luft-Wärmepumpe. Darüber hinausgehender Bedarf wird durch elektrische Wärmeelemente in den Lüftungsleitungen abgedeckt. Warmwasser liefert eine integrierte Trinkwasser-Wärmepumpe mit Speicher. Luftheizsysteme eignen sich besonders für die KfW-Effizienzhaus 70 und KfW-Effizienzhaus 55 Standards und für Häuser nach EnEV 2009 mit gutem Dämmstandard.

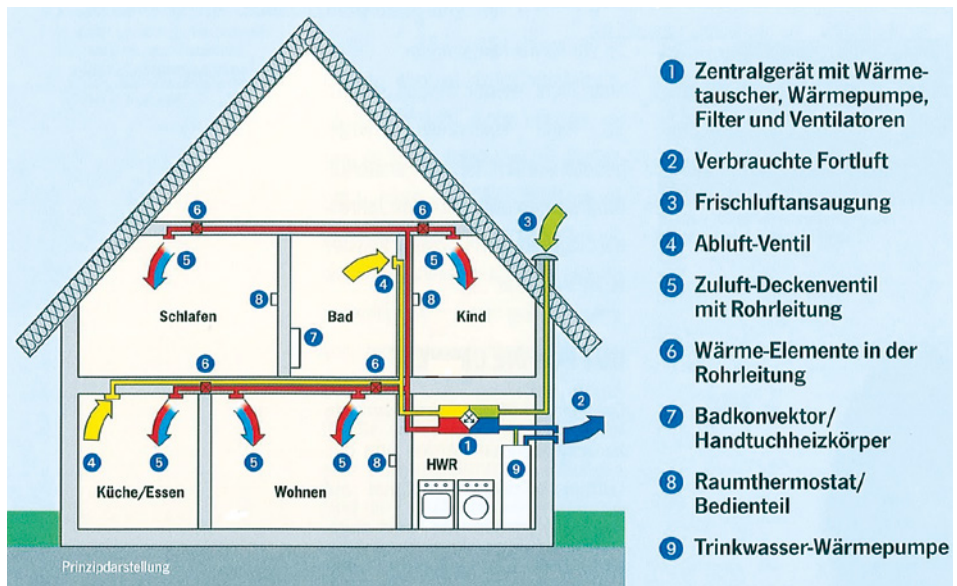


Bild 31 Luftheizsysteme [Quelle: Fa. Zimmermann Lüftungs- und Wärmesysteme GmbH]

5.6.3 Pellettechnik

Wärmeerzeuger als pelletbefeuert Kessel für feste Brennstoffe mit automatischer Beschickung mit Warmwasserbereitung über separaten Kombispeicher und einer Wärmeverteilung durch Radiatoren oder Fußbodenheizung innerhalb der thermischen Gebäudehülle kombiniert mit Wohnungslüftung und Solar.

Wohnungslüftung

Standardsystem	Abluftsystem ohne Wärmerückgewinnung
Alternative 1	Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung durch Plattenwärmeaustauscher
Alternative 2	Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung durch Rotationswärmeübertrager
Alternative 3	Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung durch Luft-Luft-Wärmepumpe
Alternative 4	Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung durch Plattenwärmeaustauscher mit Wärmeverteilung über die Zuluftkanäle

Solarthermie

Solareinbindung für Trinkwarmwasser mit 7,20 m² thermischen Flachkollektoren und 300 Liter bivalentem Warmwasserspeicher.

Sachregister

A

Abluftsysteme 73
 Abluftwärmepumpe 78
 Aufwandzahl 62

E

Endenergiebedarf 18
 Endenergiebedarf – Altbau 29

F

Freie Lüftung 69, 70

H

Haustechnikkombinationen
 (Heizung – Lüftung – Solar) 76
 Heizwärmebedarf – Altbau 27
 Heizwärmebedarf – Neubau 9, 62

K

KfW-Effizienzhaus 55 9
 KfW-Effizienzhaus 70 9
 Kosten lüftungstechnischer
 Maßnahmen 71

L

Luftheizsysteme 80
 Lüftungstechnische Maßnahmen 69
 Luft-Wasser-Wärmepumpe 79

P

Plattenwärmeaustauscher 74
 Primärenergiebedarf – Altbau 28, 62
 Primärenergiebedarf – Neubau 14, 62

R

Rotationswärmeübertrager 75

T

Trinkwasserwärmebedarf 62

U

U-Werte und Dämmdicken – Altbau 25
 U-Werte und Dämmdicken – Neubau 11

V

Ventilatorgestützte Lüftung 70, 71
 Verbrauchskosten – Altbau 30, 31
 Verbrauchskosten – Neubau 20, 32

W

Wärmerückgewinnung 76, 77

Z

Zu- und Abluftsysteme 76, 77

Welche Lüftung braucht das Haus?

Gebäudelüftungssysteme und -konzepte im Vergleich



Anton HöB

2013, ca. 194 Seiten, zahlr. farb. Abb., Kart.

ISBN 978-3-8167-8800-3

E-Book: ISBN 978-3-8167-8801-0

Auftretende Feuchtigkeitsschäden und Schimmelpilzbefall sind bei den heutigen, hoch wärmegeprägten Gebäuden beinahe schon vorprogrammiert. Manuelles Lüften reicht meist nicht mehr aus und neue Lüftungssysteme müssen mit herangezogen werden. Die wesentlichen Grundsätze der verschiedenen Systeme sowie ihre Vor- und Nachteile werden in diesem Buch umfassend erläutert. Ausführlich geht der Autor auch auf die zu erwartenden Kosten ein, wodurch Fehlinvestitionen vermieden werden können. Zahlreiche Praxisbeispiele veranschaulichen die Thematik und helfen

das richtige Lüftungssystem für Neubauten und Bestandsgebäude zu finden.

Ratgeber energiesparendes Bauen

Auf den Punkt gebracht – Neutrale Fachinformationen für mehr Energieeffizienz



Thomas Königstein

5., aktual. Aufl. 2011, 206 Seiten, zahlr. Abb., Tab., Kart.

ISBN 978-3-8167-8454-8

Beim Bauen – ob es sich nun um einen Neubau oder die Modernisierung eines Gebäudes handelt – sollten auf der einen Seite das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bewohner bzw. Nutzer und auf der anderen Seite die Energieeinsparung einen wichtigen Platz einnehmen. Das Buch zeigt alle Möglichkeiten der Energieeinsparung beim Bauen auf. Es stellt die wichtigsten modernen Bau- und Dämmstoffe vor und zeigt, was beim Ausbau von Fenstern über die Lüftung und Heizung bis zur Nutzung von Kollektoren und Stromspartechnik bedacht werden muss. Außerdem erläutert es detailliert die Umsetzung der aktu-

ellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) und des Passivhaus-Standards.

Fraunhofer IRB, Verlag

Der Fachverlag zum Planen und Bauen

Nobelstraße 12 · 70569 Stuttgart · Tel. 0711 9 70-25 00 · Fax -25 08 · irb@irb.fraunhofer.de · www.baufachinformation.de

Oberflächennahe Geothermie für Gebäude

Grundlagen und Anwendungen zukunftsfähiger Heizung und Kühlung



Roland Koenigsdorff

2011, 323 Seiten, 132 Abb., 40 Tab., Geb.

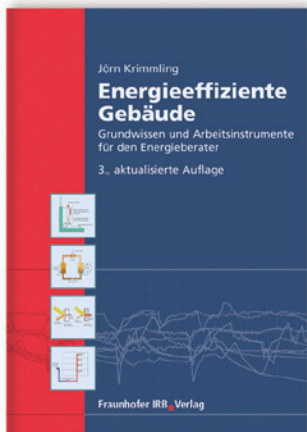
ISBN 978-3-8167-8271-1

Wie Erdwärme in Wohngebäuden, Nichtwohngebäuden und in der Industrie genutzt werden kann, beschreibt dieses Buch. Grundlegendes zur geothermischen Energienutzung, zu Wärme- und Kältemaschinen, Gebäude- und Systemtechnik sowie das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten, werden ausführlich behandelt und liefern fundierte Einblicke in die Systemzusammenhänge. Projektbeispiele und Betriebserfahrungen verdeutlichen das Erläuterte. Der Autor befasst sich mit Rechen-, Simulations- und Auslegungsverfahren, dem erforderlichen Schutz des Grundwassers und des Untergrundes und liefert wertvolle

Informationen zu Genehmigungen und zur praktischen Planung von Geothermieanlagen.

Energieeffiziente Gebäude

Grundwissen und Arbeitsinstrumente für den Energieberater



Jörn Krimmling

3., aktual. Aufl. 2010, 302 Seiten, zahlr. Grafiken,

180 Tab., Kart.

ISBN 978-3-8167-8150-9

Die aktuelle Gesetzgebung, aber auch ständig steigende Energiepreise zwingen die Gebäudebetreiber, sich über eine energetische Modernisierung Gedanken zu machen. Das Buch bietet alle wichtigen Informationen für die Praxis der Energieberatung, vom Inhalt der wichtigsten Normen und Richtlinien bis hin zur Kostenkalkulation und Struktur eines Beratungsberichts. Grundlagen der wirtschaftlichen Bewertung von Varianten und Sanierungsstrategien, ein aktueller Überblick über den Stand der Technik und die neu hinzugekommenen Gesetze, Verordnungen und Normen machen es zu einem Muss

für jeden, der sich mit Energieberatung, energetischer Sanierung und Planung beschäftigt.

Fraunhofer IRB Verlag

Der Fachverlag zum Planen und Bauen

Nobelstraße 12 · 70569 Stuttgart · Tel. 0711 9 70-25 00 · Fax -25 08 · irb@irb.fraunhofer.de · www.baufachinformation.de

Rolf Schmidt

Welche Heizung braucht das Haus?

Systeme der Heiz- und Lüftungstechnik im Vergleich

3., aktualisierte Auflage

Notwendige CO₂-Reduzierung und vor allem ständig steigende Energiepreise stellen diese Frage für den Bauherrn und Hauseigentümer ganz nach vorne. Am Beispiel eines gebauten Referenzhauses werden für Neubau und Altbau auf der Grundlage der Energieeinsparverordnung und nach den Förderkriterien der Kreditanstalt für Wiederaufbau praxisnah aktuelle Gas-, Wärmepumpen- und Holzheizungen kombiniert, berechnet und miteinander verglichen.

Die berechneten energetischen Werte, die Investitions- und Verbrauchskosten sind in vergleichenden Darstellungen anschaulich zusammengefasst. Mit dieser Planungshilfe sind neben Architekten und Planern auch interessierte Bauherren in der Lage, die dargestellten Anlagenkombinationen bei ihren eigenen Planungen energetisch und wirtschaftlich zu bewerten und die für ihr Haus optimale Haustechnik auszuwählen. Die berechneten Heiz- und Lüftungssysteme werden, verbunden mit handfesten Empfehlungen, verständlich beschrieben und an entsprechenden Praxisbeispielen gebauter Häuser dargestellt.

Nach der seit 2009 überarbeiteten DIN 1946-6 ist eine ausreichende Be- und Entlüftung der Wohnungen im Neu- und Altbau verbindlich nachzuweisen. Die Sicherung des hygienisch notwendigen Luftwechsels durch Lüftungstechnische Maßnahmen hat, nicht zuletzt auch aus Haftungsrisiken für Planer und Verarbeiter, beim heutigen energiesparenden Bauen deutlich an Bedeutung gewonnen.

Vor diesem Hintergrund werden in der 3. Auflage das Kapitel »Stellenwert und Systeme der Wohnungslüftung« um die Ausarbeitung von Lüftungskonzepten auf der Grundlage der DIN 1946-6 ergänzt und geeignete Lüftungstechnische Maßnahmen nach Funktion und Kosten bewertet und verglichen.

Der Autor:

Dipl.-Ing. Rolf Schmidt hat als Architekt bundesweit individuelle Holzhäuser in unterschiedlichen energetischen Standards geplant und gebaut und war bis 2013 Vorstandsmitglied im Bundesverband für Wohnungslüftung e.V.

