

Energieeffizienz im Vorwärtsgang – Vom KfW-Standard zum Plusenergiehaus

Christoph Sprengard – FIW München





FIW München

100 Jahre Wärmeschutz und Energieeinsparung



- Organisiert in vier Abteilungen
 - Dämmstoffe im Bauwesen
 - Technische Dämmung
 - Bauphysik und Bauteile
 - Zertifizierung
- Forschung zum Wärme- und Feuchteschutz an Materialien, Bauteilen und Gebäuden
- Prüfung, Überwachung, Messung und Berechnung von wärme- und feuchtetechnischen Eigenschaften
- Begleitung der Entwicklung und des Markteintritts für neue Produkte
- Zertifizierung, Beratung, Begutachtung, Informierung und Schulung

120 Mitgliedsfirmen



www.fiw-muenchen.de

- Hersteller von Wärmedämmstoffen
- Hersteller von Mauerwerksprodukten
- Hersteller von Bau- und Fertigteilen
- Verbände
- Forschungs- und Prüfinstitute
- Bausachverständige

Einleitung und Überblick



- Energieverbrauch in Deutschland
- Energieverbrauch im Gebäudebestand
- Energiepolitische Ziele
- Entwicklung des energieeffizienten Bauens
- EnEV 2014/2016 – die wichtigsten Punkte
- Wärmebrücken
 - Wirkungsweise und Größenordnung
 - Prinzipien zur Reduzierung der Wärmebrückenwirkung
- Wo geht die Reise hin?
 - Plusenergie-Konzepte u. Beispiele
 - Materialien



<http://www.publik-forum.de/>

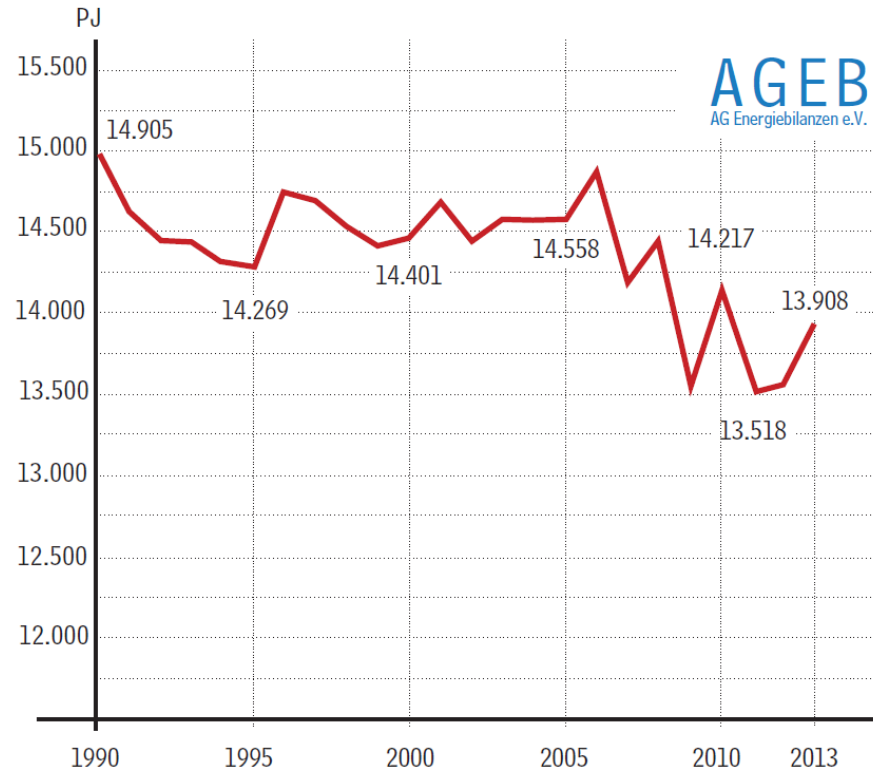
Energieverbrauch in Deutschland



Eckdaten

- Primärenergieverbrauch seit ca. 1990 relativ stabil
- nicht mehr direkt mit dem wirtschaftlichen Wachstum verknüpft (Rückgang energieintensiver Industrien, z. B. Montanindustrie)
- Aktuell ca. 3900 TWh (leicht fallende Tendenz)
- Konjunkturelle und witterungsbedingte Einflüsse dominieren

Energieverbrauch in Deutschland



Stand: März 2014

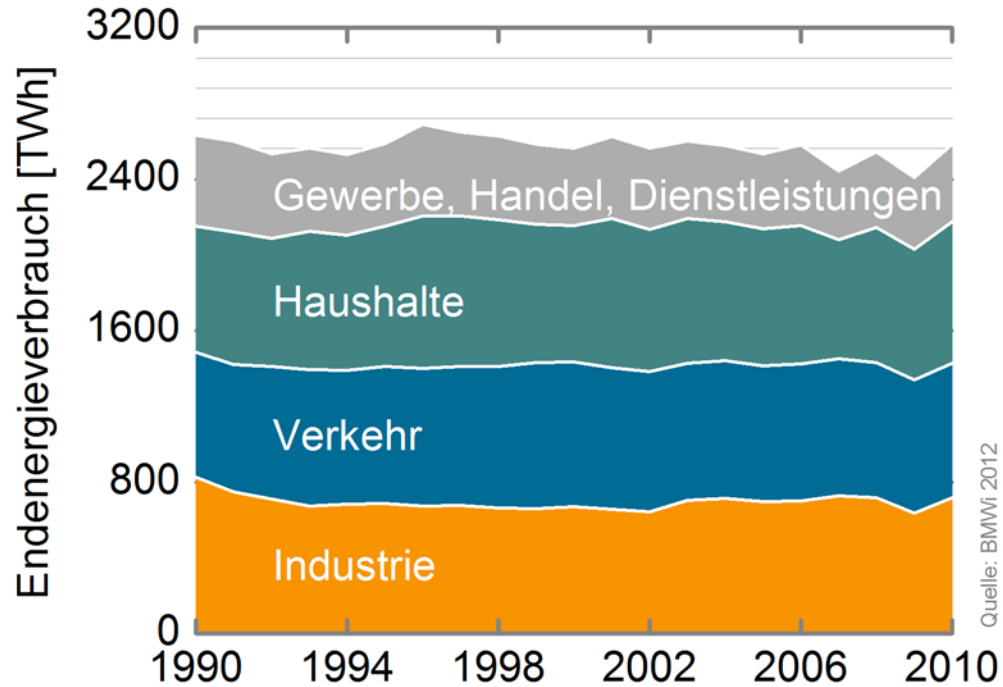
Energieverbrauch in Deutschland



Primärenergieverbrauch nach Energieträgern (gerundet)

- Stein-/Braunkohle, Erdöl, Naturgase ca. 80 %
- Kernenergie ca. 8 %
- Erneuerbare Energieträger ca. 12 %

Energieverbrauch in Deutschland

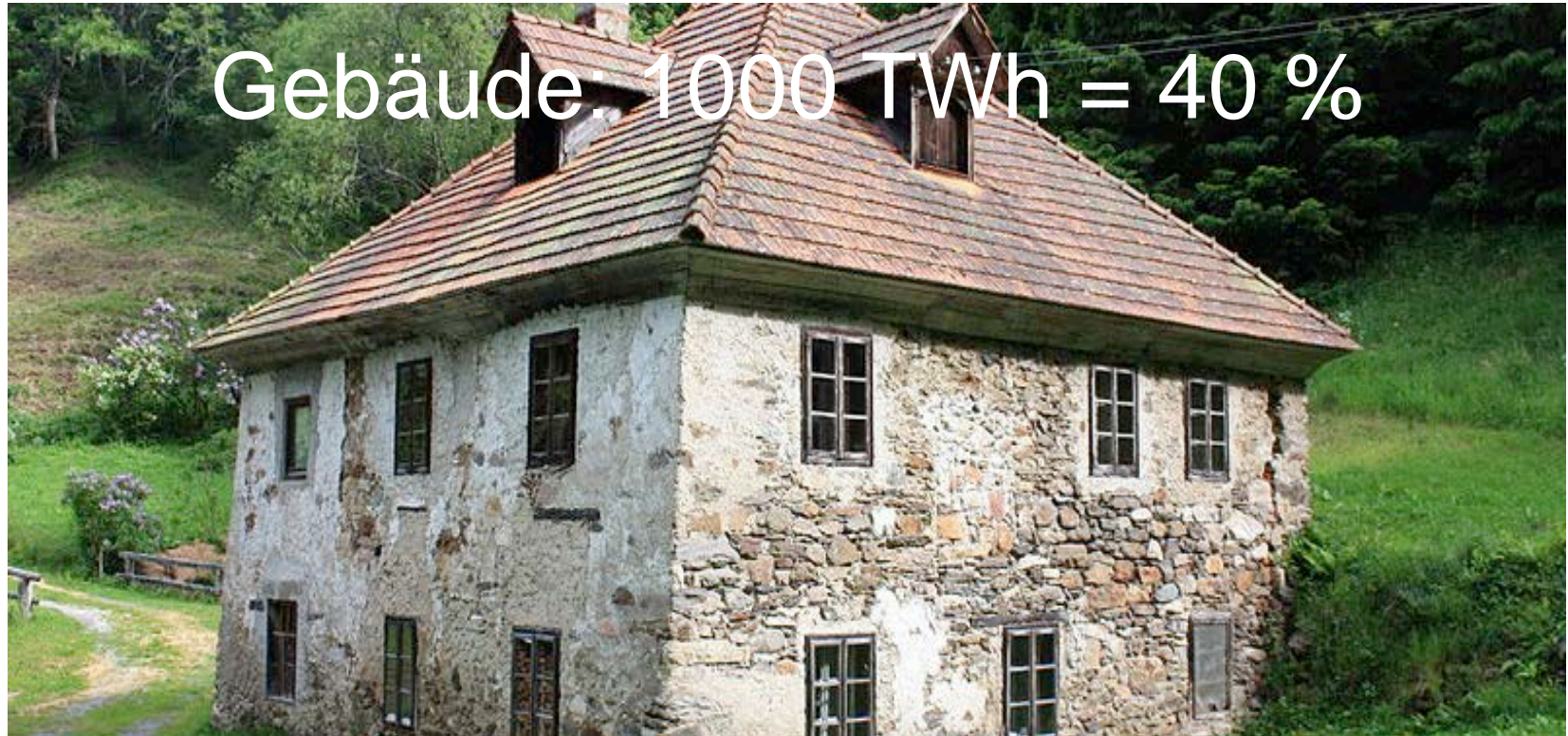


Gebäude: „no-tech“



Source: commons.wikimedia.org

Gebäude: „no-tech“



Source: commons.wikimedia.org

1000 TWh nur für Luft – Wasser – Licht...



<http://media05.myheimat.de>



www.hansjoergwalter.com



<http://holynetwork.de>

...und Verlust an die Umgebung

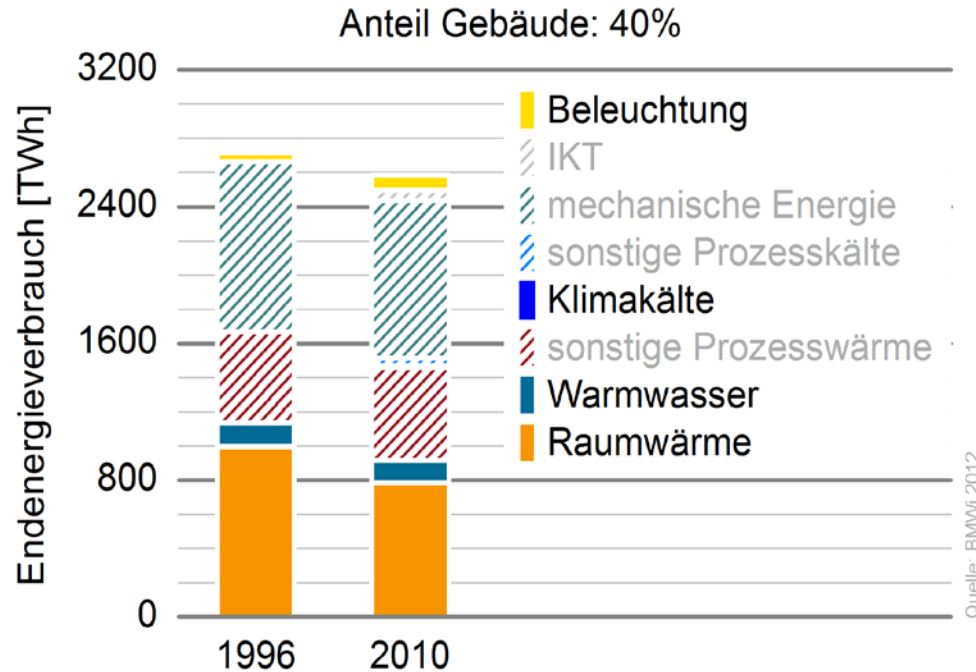


www.ibholm.de

Abschätzung aus dem Verbrauch

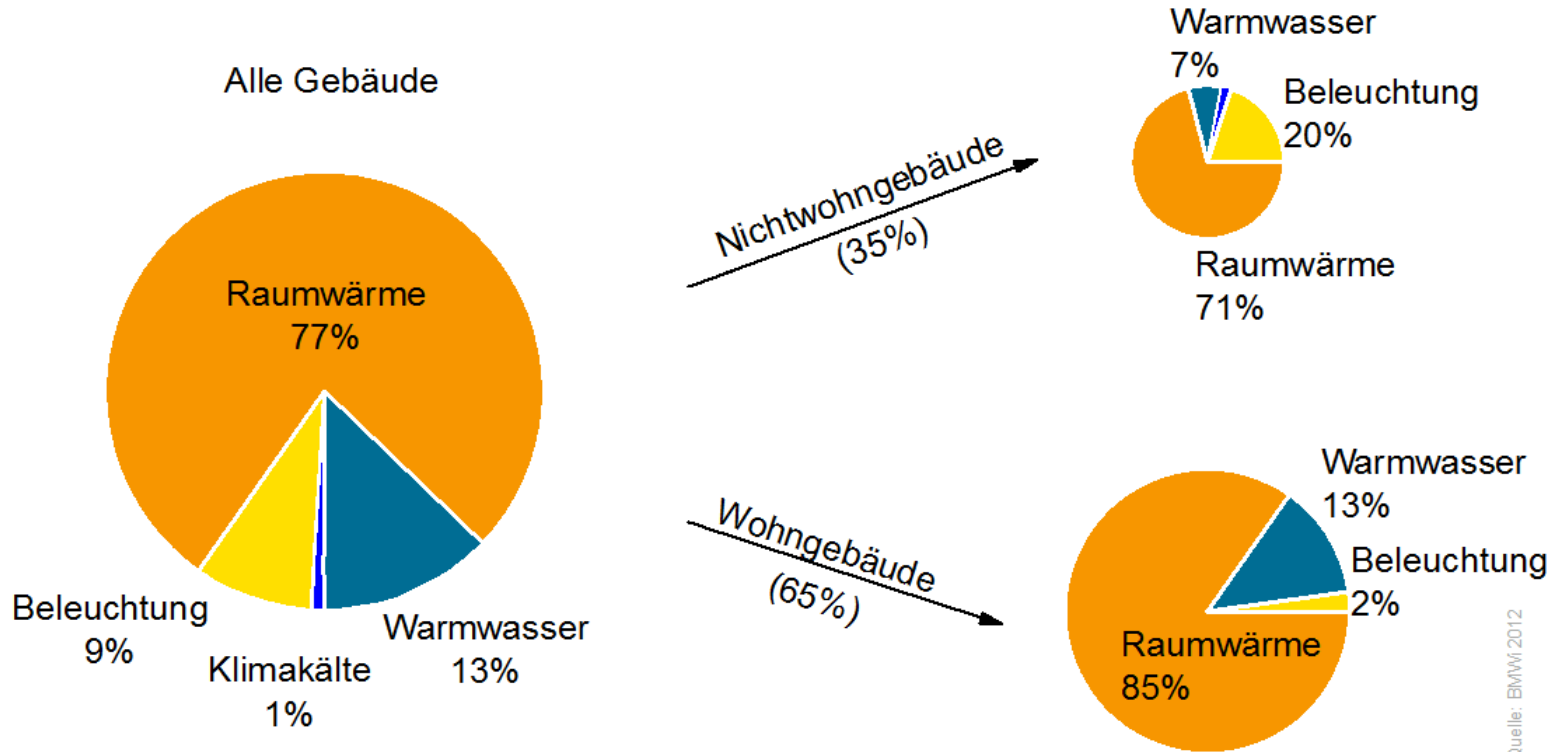
- Endenergieverbrauch in Deutschland: 2500 TWh/a (dena 2011)
- Davon 40 % entfallen auf den Gebäudebestand = 1000 TWh/a
- Davon 60 - 65 % in Wohngebäuden = 600 TWh/a
- Davon 83 % auf Raumwärme = 500 TWh/a
- Davon 85 % Wirkungsgrad der Anlage = 420 TWh/a
 - Minus Lüftungswärmeverluste (ca. 60 TWh/a)
 - Minus Anteil der Fenster (ca. 100 TWh/a)
- Entspricht einem Anteil von 260 - 270 TWh/a für die opaken Bauteile (Basis für den Einsatz von Dämmstoffen)

Energieverbrauch in Deutschland



Energieverbrauch in Deutschland

Endenergieverbrauch nach Anwendung in Deutschland 2010



Gebäudebestand in Deutschland

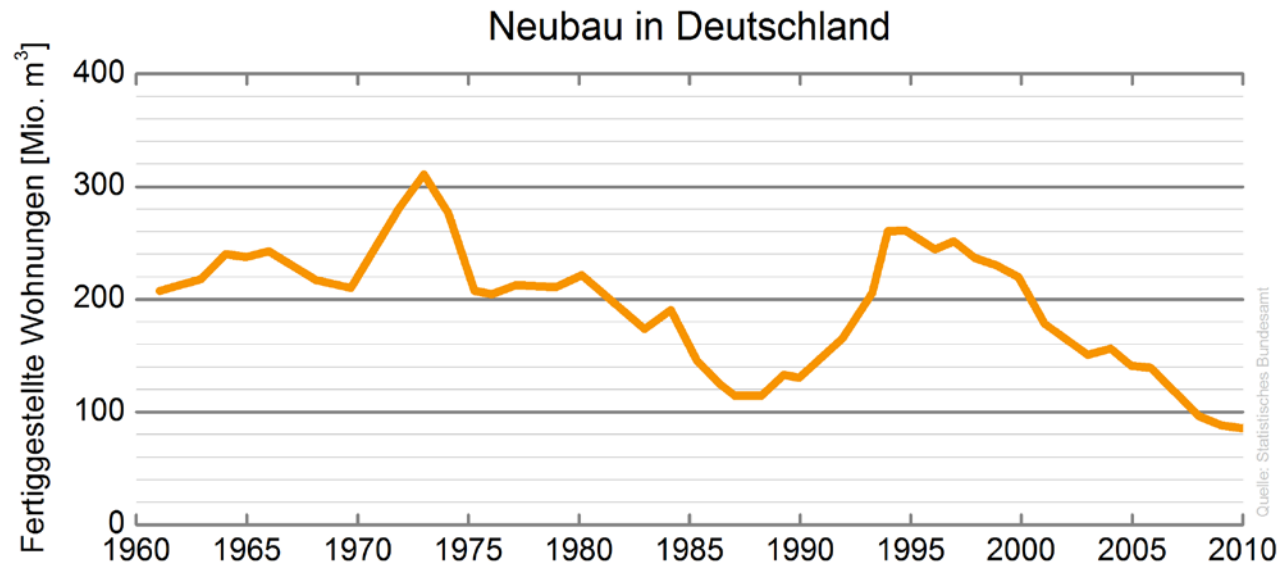


Eckdaten

- Ca. 18,2 Mio. Wohngebäude
- 39,7 Mio. Wohneinheiten in Wohngebäuden
- 0,8 Mio. Wohneinheiten in Nichtwohngebäuden
- Insgesamt ca. 3,45 Mrd. m² Wohnfläche (ca. 43 m² pro Person)

Neubautätigkeit

- Neubautätigkeit sinkt



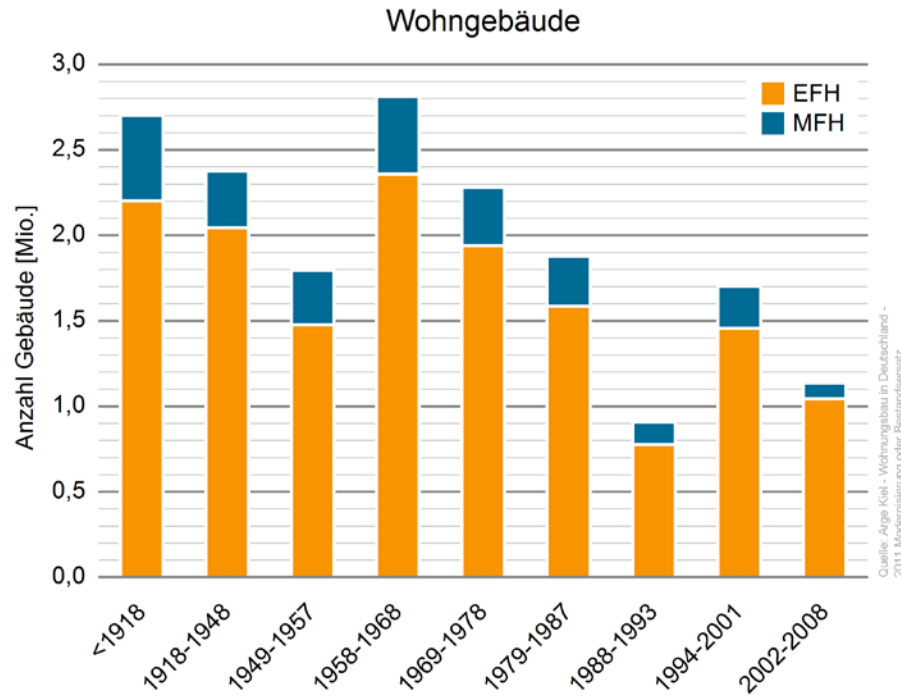
Neubautätigkeit

- Neubautätigkeit sinkt
- 2011 ca. 125.022 Gebäude (WG und NWG)
- Ca. 77 % WG
- Ca. 18,6 Mio. m² Wohnfläche
- Entspricht ca. 0,5 % des Gebäudebestands

Quelle: Destatis 2012

Gebäudebestand in Deutschland

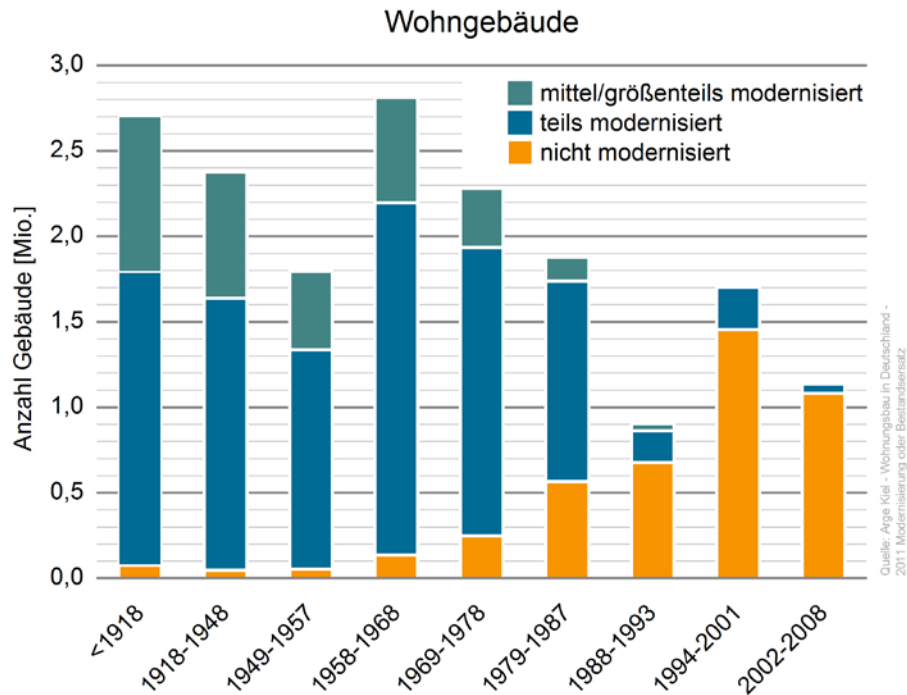
■ Baualtersklassen Ein- und Mehrfamilien Wohngebäude



- Kategorisierung nach dem energetischen Zustand (Walberg et al. 2011)
 - „Nicht modernisiert: Seit der Erbauung gab es keine wesentlichen Modernisierungen, [..].“
 - „(Teils) modernisiert: An wesentlichen Bauteilen oder Komponenten wurden teilweise Modernisierungen durchgeführt, [..].“
 - „Mittel/größtenteils modernisiert: An wesentlichen Bauteilen oder Komponenten wurden größtenteils Modernisierungen durchgeführt, [..].“

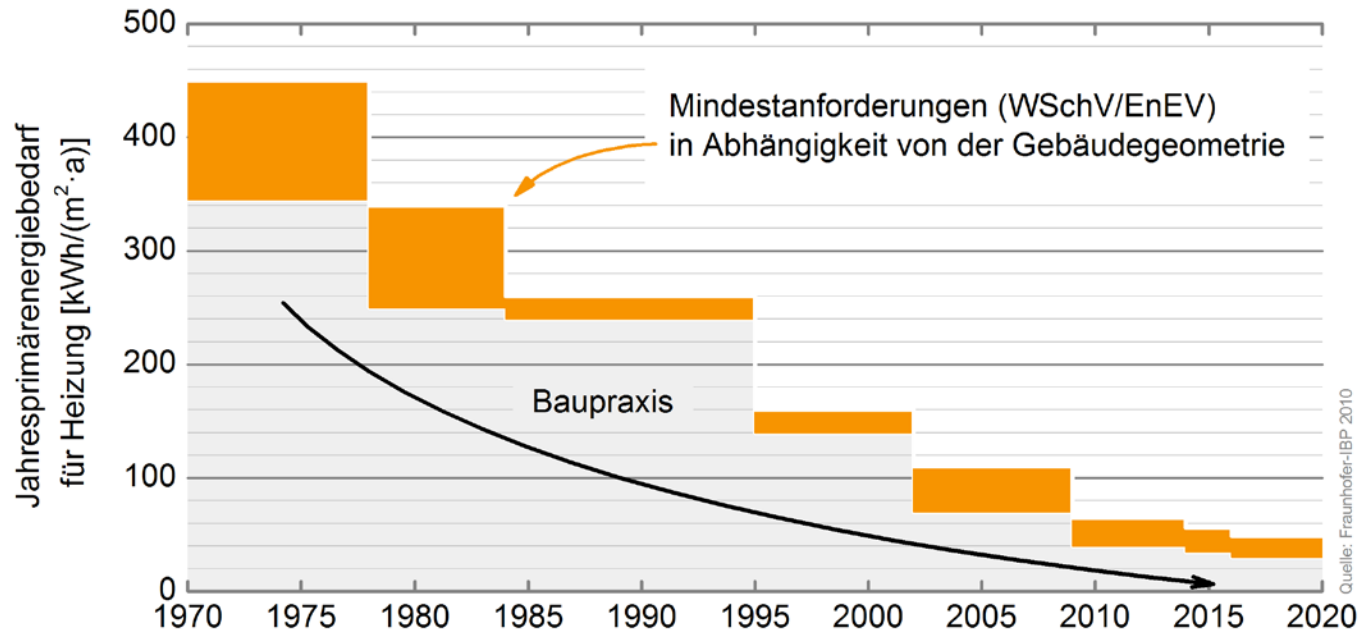
Energieverbrauch im Gebäudebestand

- Kategorisierung nach dem energetischen Zustand (Walberg et al. 2011)



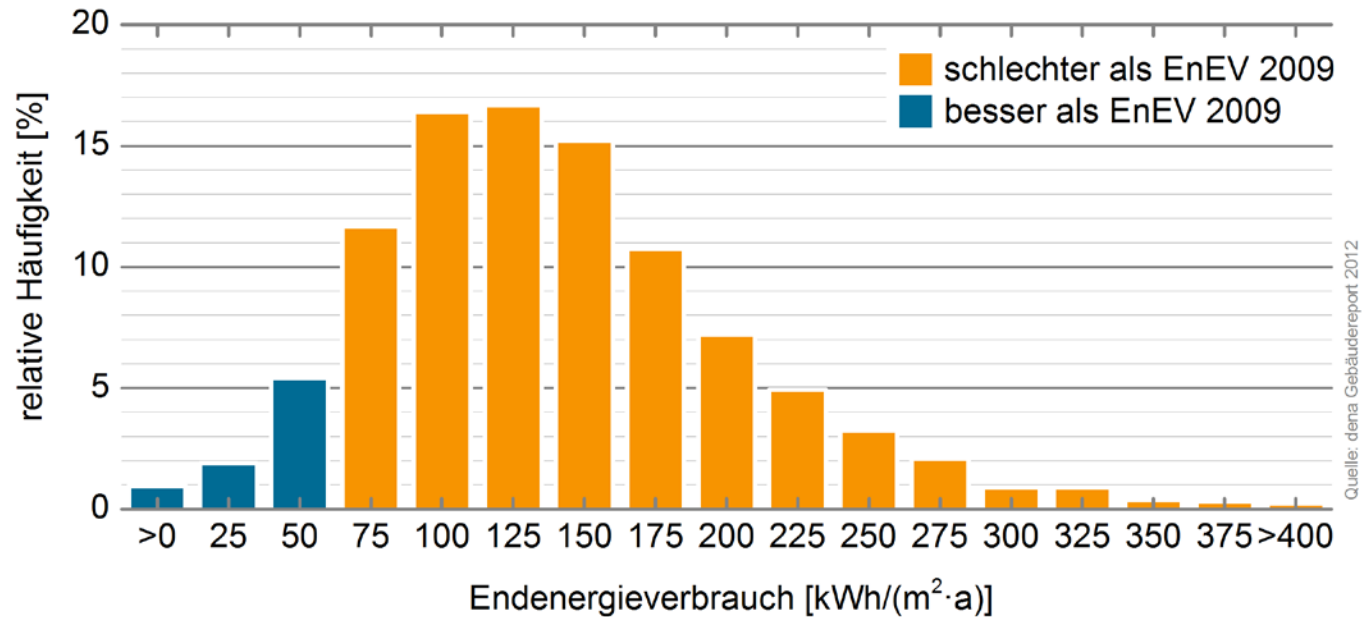
Energieverbrauch im Gebäudebestand

■ Mindestanforderungen und Baupraxis



Energieverbrauch im Gebäudebestand

■ Endenergieverbrauch des Gebäudebestands





Energiepolitische Ziele

Energiepolitische Ziele



- Energiekonzept der Bundesregierung definiert 9 Handlungsfelder:
 - Erneuerbare Energien als eine tragende Säule zukünftiger Energieversorgung
 - Schlüsselfrage Energieeffizienz
 - Kernenergie und fossile Kraftwerke
 - Leistungsfähige Netzinfrastruktur für Strom und Integration erneuerbarer Energien
 - Energetische Gebäudesanierung und energieeffizientes Bauen
 - Herausforderung Mobilität
 - Energieforschung für Innovationen und neue Technologien
 - Energieversorgung im europäischen und internationalen Kontext
 - Akzeptanz und Transparenz

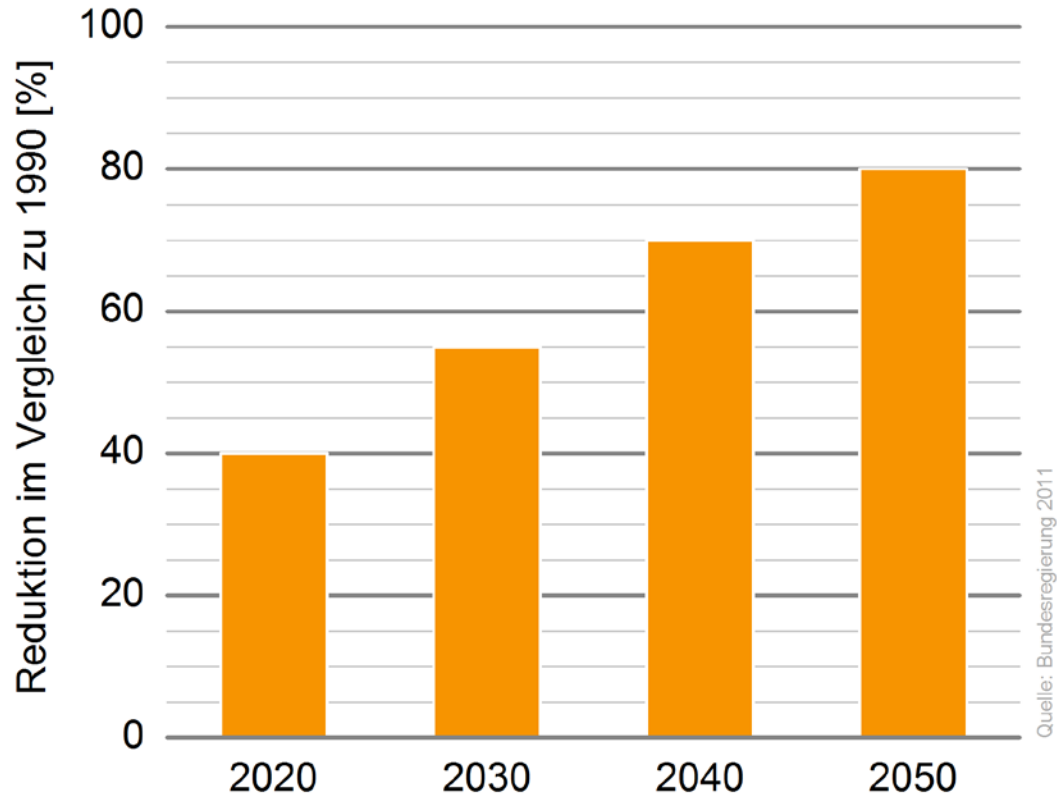
Energiepolitische Ziele



- Einsparziele (quantitativ)
 - Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 % bis 95 % gegenüber 1990 (2020: 40 %)
 - Verminderung des Primärenergieverbrauchs um 50 % gegenüber 2008
 - Absenkung des Stromverbrauchs um ca. 25 % gegenüber 2008
 - Ausbau der erneuerbaren Energien auf einen Anteil von 60 % am Bruttoendenergieverbrauch (2020: 18%) bzw. 80 % am Bruttostromverbrauch (2020: mindestens 35%)

- Primärenergiebedarf der Bestandsgebäude muss bis 2050 um 80 % reduziert werden

Energiepolitische Ziele



Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



Ein gutes Stück Arbeit.

Mehr aus Energie machen

Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz

www.bmwi.de

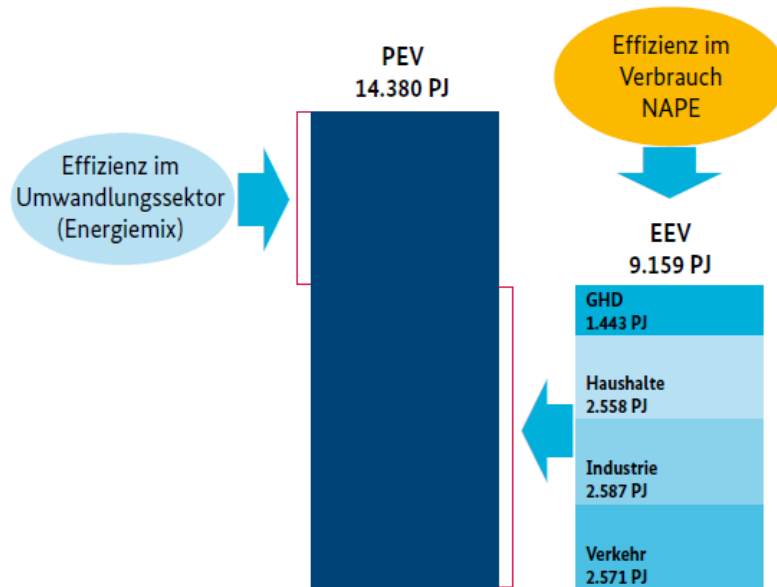
Gründe für Energieeffizienz



- Steigende Energiepreise
- Hohe Rentabilität von Effizienzinvestitionen
- „Zweite Säule“ für Energiewende
- Wesentlicher Beitrag zur Energiesicherheit
- Steigerung der Unabhängigkeit durch weniger Energieimport

Ansatzpunkte des NAPE

Abbildung 5: Darstellung von Primär- und Endenergie in Deutschland (Zahlen des Basisjahrs 2008) und Ansatzpunkt des NAPE



Quellen: BMWi, AG Energiebilanzen.

- Information und Beratung
- Anreiz durch Förderprogramme
- Ordnungsrecht
- Preisimpulse und Anreizmechanismen
- Forschung für die Energiewende
- Maßnahmen der Länder und Kommunen und private Initiativen

Sofortmaßnahmen



- Qualitätssicherung und Optimierung/ Weiterentwicklung der bestehenden Energieberatung
- Steuerliche Förderung von energetischen Sanierungen
- Weiterentwicklung, Verstetigung und Aufstockung der CO₂-Gebäudesanierungsprogramm bis 2018
- Heizungscheck
- Eckpunkte der Energieeffizienzstrategie Gebäude (ESG)

Qualitätssicherung und Optimierung/Weiterentwicklung bestehender Energieberatung



- Ziel- und bedürfnisorientierte Weiterentwicklung bestehender Energieberatungsprogramme
 - Verbraucherzentralen
 - Vor-Ort-Beratung beim BAFA
 - Baubegleitung bei der KfW

- durch
 - Verknüpfung und Erhöhung der Durchgängigkeit und Transparenz
 - Verringerung der Konkurrenz von Energieberatungsprogrammen

Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zum Einsatz erneuerbarer Wärme in Wohngebäuden

- Fördervolumen von 1 Mrd Euro pro Jahr
- Steuerliche Förderung über 10 Jahre
- Förderung von selbstgenutztem Wohneigentum
- Prüfauftrag für die Förderung von vermietetem Wohneigentum, unter der Maßgabe, dass die steuerliche Förderung der Mietern zugutekommt
- Förderung progressionsunabhängig durch Abzug von der Steuerschuld
- Förderung von Einzelmaßnahmen und Gesamtmaßnahmen

Weiterentwicklung, Verstetigung und Aufstockung des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms bis 2018



Förderung durch zinsvergünstigte Darlehen z.T. mit Tilgungszuschüssen

- Aufstockung der Mittel auf 2 Mrd Euro
- Verwendung von 300 Mio Euro für die Zuschussförderung

Weiterentwicklung, Verstetigung und Aufstockung des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms bis 2018



- Weiterentwicklung in den Bereichen der Wohngebäude
 - Einführung des Förderstandards Effizienzhaus Plus, inkl. Beratung
 - Stärkere Aktivierung von Wohnungseigentümergemeinschaften (WEG)
 - Zuschussförderung
- Förderung der Energieeffizienz bei Nichtwohngebäuden, wie
 - Gewerbegebäude (einschließlich Gebäude der Weiterverarbeitung landwirtschaftlicher Erzeugnisse)
 - Gebäude kommunaler und sozialer Einrichtungen
 - Einführung des Förderstandards Effizienzhaus Plus, inkl. Beratung

Heizungscheck



- Förderung von niedriginvestiven Maßnahmen zur Heizungsoptimierung
- Individuelle Heizungschecks

ESG (Energieeffizienzstrategie Gebäude)



Ziel:

PEV durch Energieeinsparung und Einsatz erneuerbarer Energien bis 2050 in der Größenordnung von 80% gegenüber 2008 zu senken

ESG Eckpunkte



- Energieberatung für Kommunen
- Energieeinsparrecht
- Mietrecht
- Gebäudeindividuelle Sanierungsfahrpläne für Wohngebäude und Nichtwohngebäude
- Fortentwicklung des Marktanzreizprogramms für erneuerbare Energien (MAP)
- Schnellere Etablierung neuer technischer Standards, inkl. Entwicklung von Systemkomponenten für Bau- und Anlagentechnik
- Energieforschung: Forschungsnetzwerk „Energie in Gebäude und Quartieren“

- Unterstützung durch Beratung für
 - Umfassende Sanierungsfahrpläne sowie Einzelmaßnahmen
 - Umsetzung des Niedrigstenergiegebäudestandard gemäß EU-Gebäuderichtlinie
 - Zielerreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes 2050 im kommunalen Gebäudebereich

- Anhebung der energetischen Anforderungen
- Niedrigstenergiegebäudestandard für Neubauten ab 2019 für öffentliche und ab 2021 für private Gebäude
- Anpassung von bestehenden Gebäuden an Anforderungen mit Gewährleistung der Wirtschaftlichkeit

- Mögliche Mieterhöhung als Anreiz zur Modernisierung für den Vermieter
- Gewährleistung der Bezahlbarkeit des Wohnraums

Gebäudeindividuelle Sanierungsfahrpläne für Wohngebäude und Nichtwohngebäude



- Entwicklung eines standardisierten Verfahrens
- Prüfung des Verfahrens im Praxistest durch Energieberater
- Breitenförderung der gebäudeindividuellen Sanierungsfahrpläne (ggf. zukünftig im Zusammenhang mit der Vor-Ort-Beratung)

Fortentwicklung des Marktanreizprogramms für erneuerbare Energien (MAP)



- Anteil erneuerbarer Energie am Wärme- und Kälteverbrauch auf 14 % bis 2020

Schnellere Etablierung neuer technischer Standards („Standardsetzung“), inkl. Entwicklung von Systemkomponenten für Bau- und Anlagentechnik



- Entwicklung von „Baukastensystemen“

Energieforschung: Forschungsnetzwerk „Energie in Gebäude und Quartiere“



- Strategische Vernetzung der Akteure
- Austausch an den Schnittstellen Forschung, Praxis, Wirtschaft und Politik



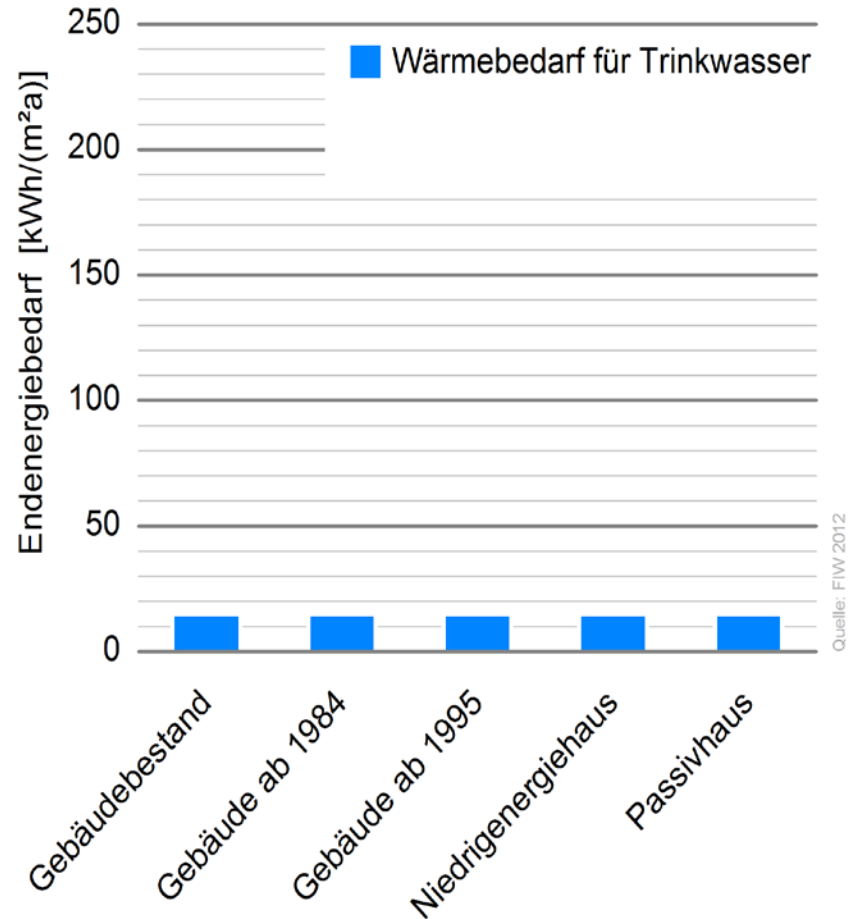
Entwicklung des energieeffizienten Bauens

Entwicklung des energieeffizienten Bauens



www.paultaylorplumbingservices.co.uk/

Entwicklung des energieeffizienten Bauens



Entwicklung des energieeffizienten Bauens

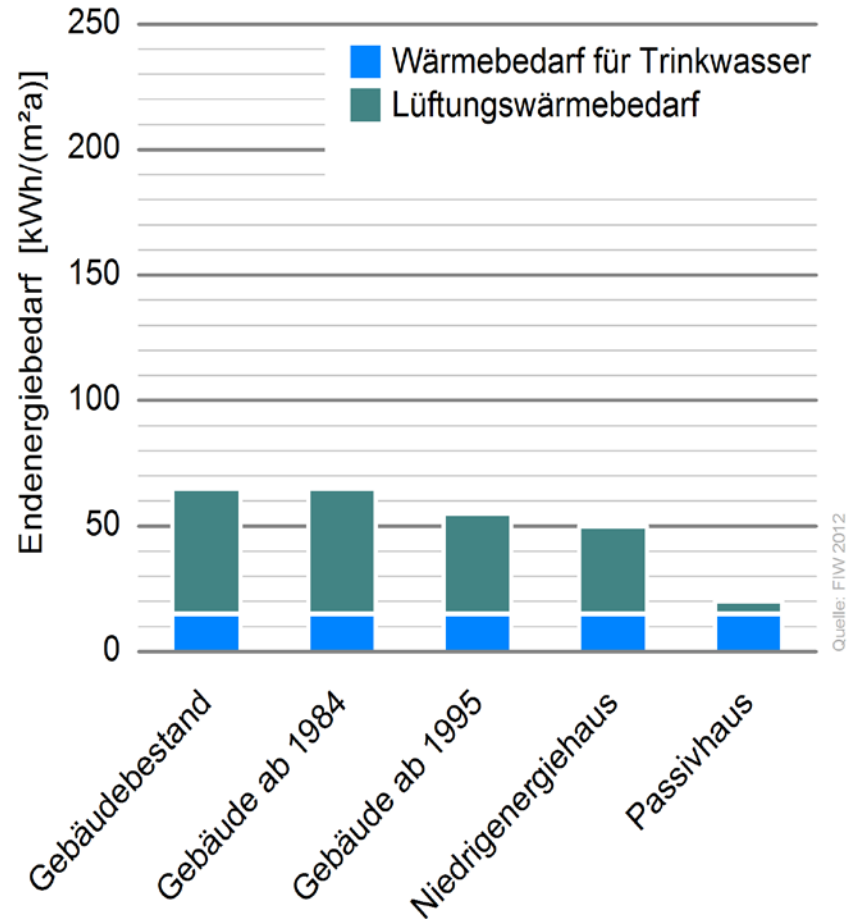


www.paultaylorplumbingservices.co.uk/



<http://robertsonwindowwashing.com/>

Entwicklung des energieeffizienten Bauens



Entwicklung des energieeffizienten Bauens



www.paultaylorplumbingservices.co.uk/

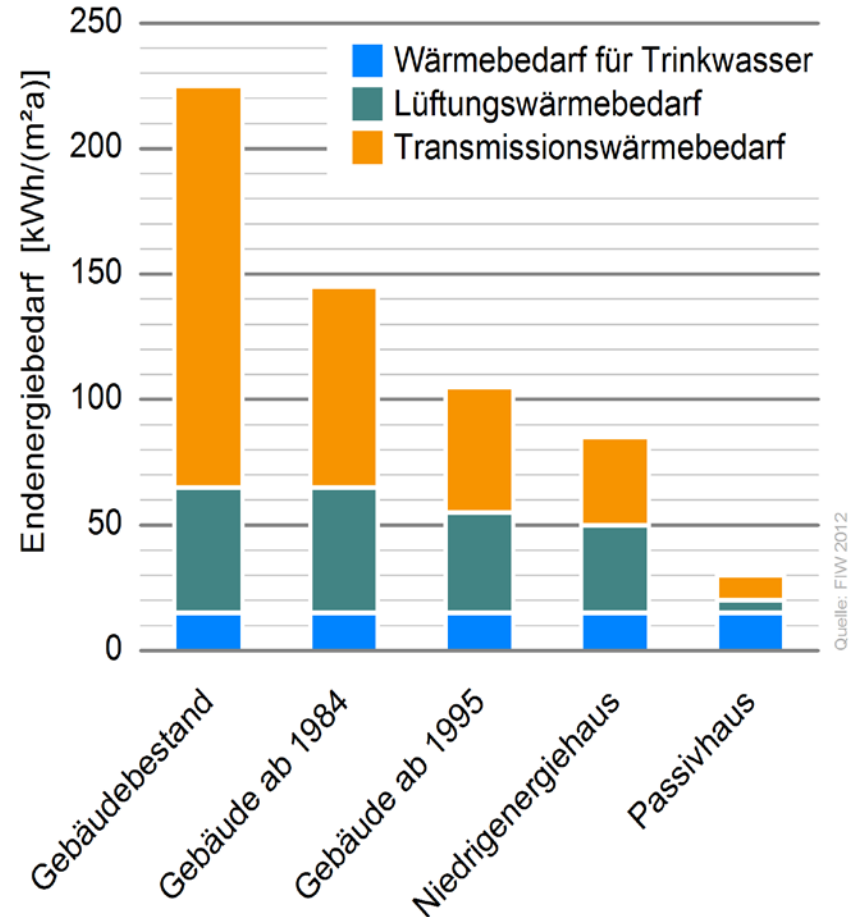


<http://robertsonwindowwashing.com/>

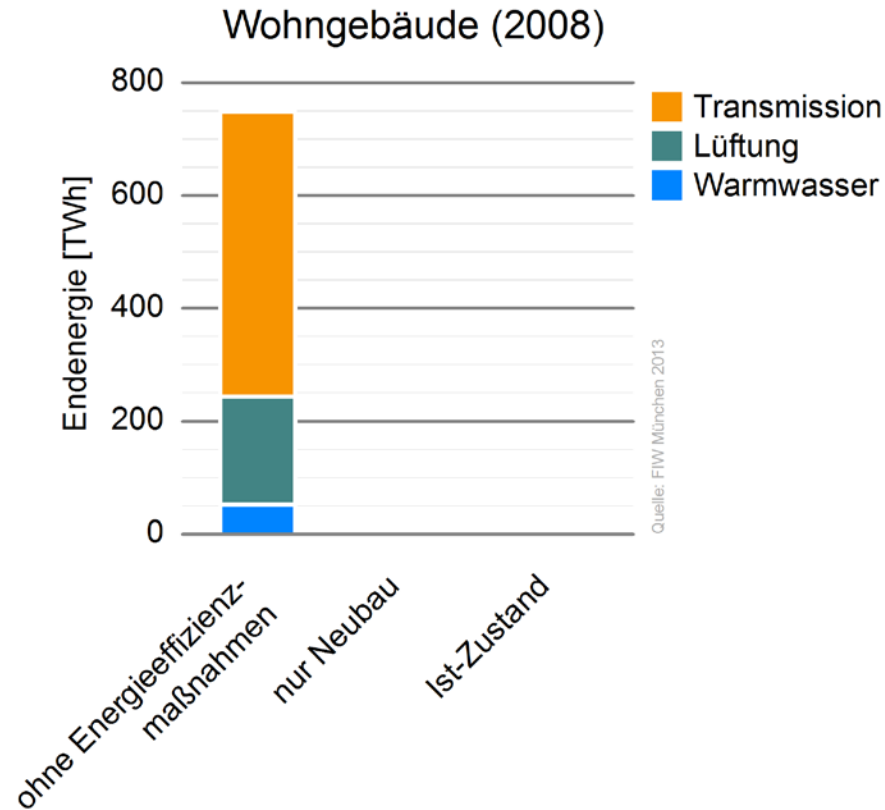


FIW München

Entwicklung des energieeffizienten Bauens

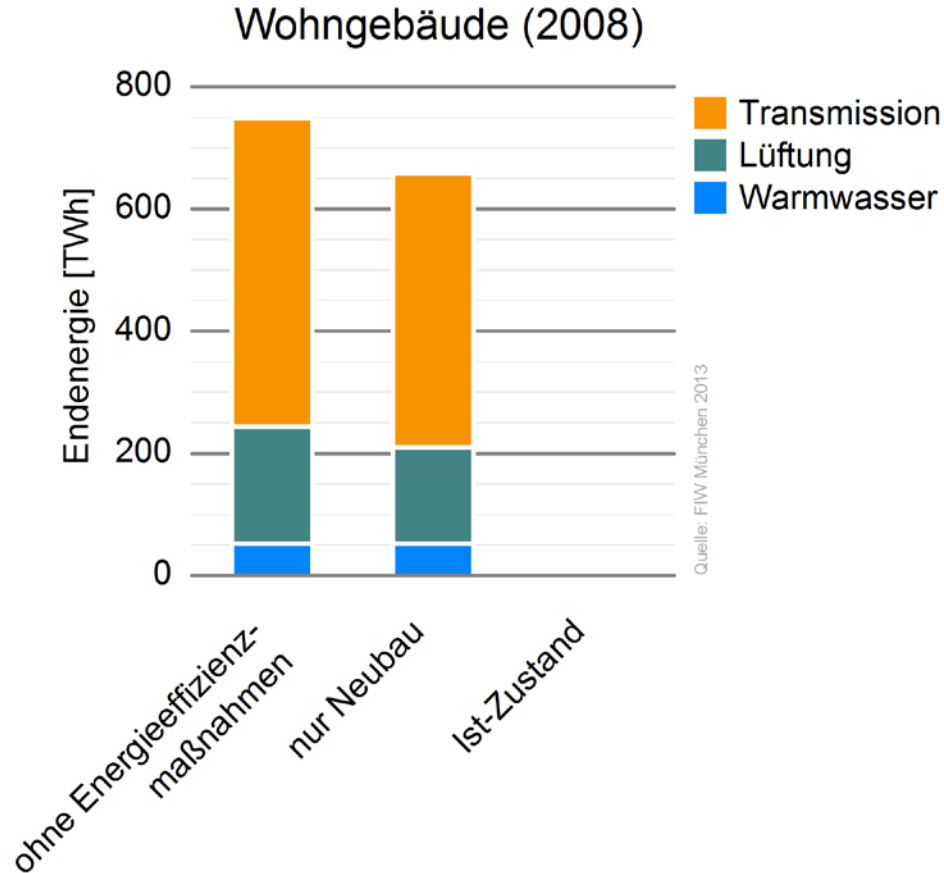


Bedeutung des energieeffizienten Bauens

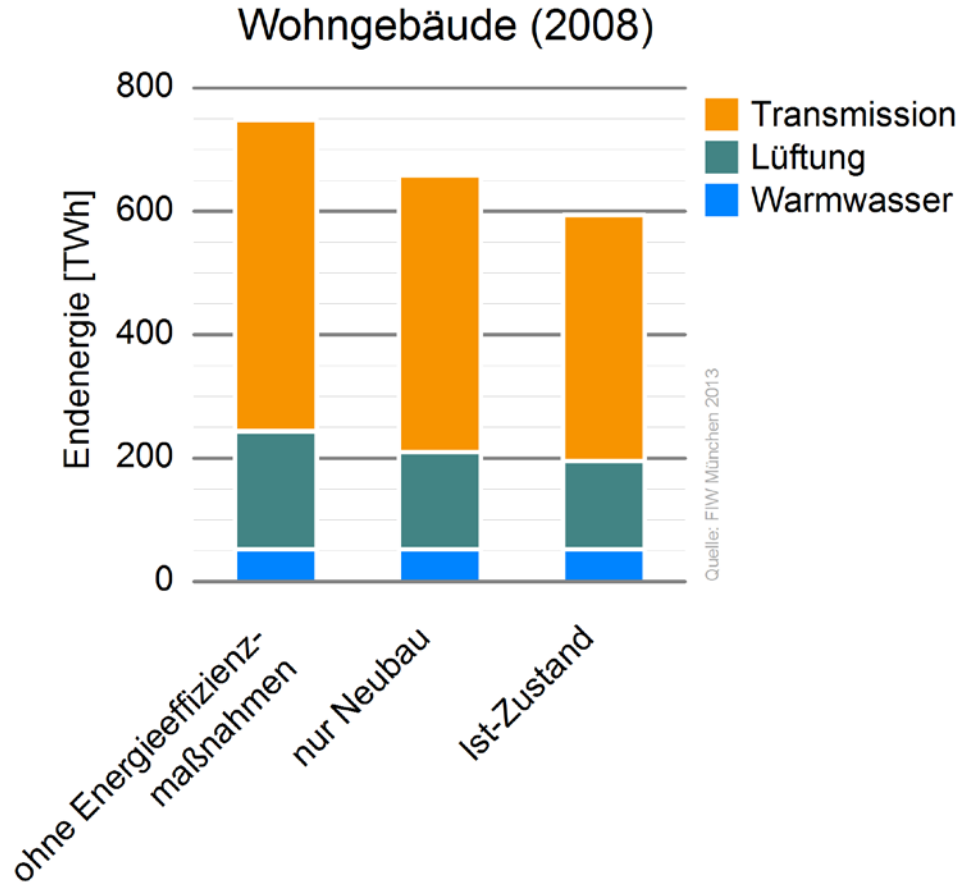


FIW München 2013

Bedeutung des energieeffizienten Bauens



Bedeutung des energieeffizienten Bauens





JANUARY							FEBRUARY							MARCH							APRIL							
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
30	31	1	2	3	4	5	27	28	29	30	31	1	2	23	24	25	26	27	28	1	2	30	1	2	3	4	5	6
6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	
13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	
20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23	17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27	
27	28	29	30	31	1	2	24	25	26	27	28	1	2	24	25	26	27	28	29	30	28	29	30	1	2	3	4	
3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9	31	1	2	3	4	5	6	5	6	7	8	9	10	11	

MAY							JUNE							JULY							AUGUST						
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S
28	29	30	1	2	3	4	16	17	18	19	20	1	1	2	3	4	5	5	26	27	28	29	30	1	2	3	
5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10
12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17
19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22	21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24
26	27	28	29	30	31	1	23	24	25	26	27	28	29	28	29	30	31	1	2	3	25	26	27	28	29	30	31
2	3	4	5	6	7	8	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7			

SEPTEMBER							OCTOBER							NOVEMBER							DECEMBER						
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S
25	26	27	28	29	30	31	29	30	1	2	3	4	5	27	28	29	30	31	1	2	24	25	26	27	28	29	30
1	2	3	4	5	6	7	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	27	28	29	30	31	1	2	24	25	26	27	28	29	30	22	23	24	25	26	27	28
29	30	1	2	3	4	5	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	29	30	31	1	2	3	4



EnEV 2014/2016

Kurze Erinnerung...

Neubauten

- Verschärfung der Anforderungen an Q_p
 - 2014: 0 %
 - 2016: 25 %
- Verschärfung der Anforderungen an H'_T
 - 2014: 0 %
 - 2016: ca. 10 bis 25 %

Bestandsgebäude

- Keine Verschärfung der Anforderungen bei der Modernisierung der Außenbauteile
- Keine Nachrüstverpflichtungen, außer
 - Außentüren
 - Schaufenster

- Einführung der Pflicht zur Angabe energetischer Kennwerte in Immobilienanzeigen bei Verkauf und Vermietung
 - Bezug der Kennwerte auf die Wohnfläche des Gebäudes
 - Vorlage des Energieausweises bei der Besichtigung
 - Übergabe an Mieter oder neuen Eigentümer verpflichtend!

- Pflicht zum Aushang von Energieausweisen in öffentlich genutzten Gebäuden
 - Jetzt auf kleinere Gebäude erweitert
 - Und auf Gebäude mit starkem Publikumsverkehr - auch private

- Primärenergiefaktor für Strom wird von 2,6 auf 1,8 (2016) gesenkt



EnEV 2014/2016

Wohngebäude

Tabelle 1

Ausführung des Referenzgebäudes

Zeile	Bauteile/Systeme	Referenzausführung/Wert (Maßeinheit)	
		Eigenschaft (zu Zeilen 1.1 bis 3)	
1.0	Der nach einem der in Nummer 2.1 angegebenen Verfahren berechnete Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes nach den Zeilen 1.1 bis 8 ist für Neubauvorhaben ab dem 1. Januar 2016 mit dem Faktor 0,75 zu multiplizieren. § 28 bleibt unberührt.		

EnEV: nichtamtliche Lesefassung www.enev-online.de

Zeile	Gebäudetyp		Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts
1	Freistehendes Wohngebäude	mit $A_N \leq 350\text{m}^2$	$H'_T = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		mit $A_N > 350\text{m}^2$	$H'_T = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
2	Einseitig angebautes Wohngebäude *		$H'_T = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
3	Alle anderen Wohngebäude		$H'_T = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
4	Erweiterungen und Ausbauten von Wohngebäuden gemäß § 9 Absatz 5		$H'_T = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

* Einseitig angebaut ist ein Wohngebäude, wenn von den vertikalen Flächen dieses Gebäudes, die nach einer Himmelsrichtung weisen, ein Anteil von 80 Prozent oder mehr an ein anderes Wohngebäude oder an ein Nichtwohngebäude mit einer Raum-Solltemperatur von mindestens 19 Grad Celsius angrenzt.

EnEV: nichtamtliche Lesefassung www.enev-online.de

Referenzgebäude

- Geplante Geometrie
- Referenz-Bauteile

Geplantes Gebäude

- Geplante Geometrie
- Geplante Bauteile

NEU:

- Referenzwert für H'_T "REF"
- Nur zusätzlich: Tabellenwerte
- vorhandener Wert für H'_T "VORH"

$$Q_{p,vorh} \leq Q_{p,Ref} \text{ UND } H'_{T,vorh} \leq H'_{T,Ref}$$

→ bestanden

EnEV 2014/2016 - Wohngebäude



EnEV 2009

- Außenwand: $U \leq 0,28$
- AW Erdreich: $U \leq 0,35$
- Dach + Decke: $U \leq 0,20$
- Fenster + Türen: $U \leq 1,3$
- Dachfenster: $U \leq 1,4$
- Außentüren: $U \leq 1,8$

EnEV 2014 / 2016

- Außenwand: $U \leq 0,28$
- AW Erdreich: $U \leq 0,35$
- Dach + Decke: $U \leq 0,20$
- Fenster + Türen: $U \leq 1,3$
- Dachfenster: $U \leq 1,4$
- Außentüren: $U \leq 1,8$

- Speziell für Wohngebäude ohne Kühlung (Abschnitt 2 § 3)
 - Beschreibung von Ausstattungsvarianten
 - Definition von Anwendungsvoraussetzungen
 - Größe
 - Form und Ausrichtung
 - Dichtheit
 - Vermeidung von Wärmebrücken
 - Modellrechnungen durchführen
 - Gebäude erfüllen die Anforderungen ohne dass Primärenergiebedarf berechnet werden muss!

- Für Gruppen von Wohngebäuden im Bundesanzeiger veröffentlicht

EnEV 2014/2016 - Weitere Änderungen



- Sommerhausregelung
 - EnEV gilt nicht wenn weniger als 25% des zu erwartenden jährlichen Energiebedarfs während der zeitlich begrenzten Nutzung anfällt
- Strom aus erneuerbaren Energien
 - Vom Energiebedarf abziehen wenn
 - In unmittelbarer Nähe erzeugt
 - Vorrangig im Gebäude selbst genutzt
 - Nur soviel anrechenbar wie dem berechneten Bedarf der Nutzung entspricht



EnEV 2014/2016

Nichtwohngebäude

EnEV 2014/2016 - Nichtwohngebäude



- Primärenergiebedarf: Referenzgebäudeverfahren
- Systemgrenze nach DIN V 18599
- Bauteile Referenzgebäude nicht geändert
- Reduzierung um 25 % zum 1. Januar 2016 gelöst über Faktor – wie bei den Wohngebäuden
- Mittlere U-Werte: Tabellenverfahren für einzelne Bauteile bleibt – aber Werte verschärft – ca. minus 20 % in 2016

$$Q_{p,vorh} \leq Q_{p,Ref} \text{ UND } U_{vorh} \leq U_{zul}$$

→ bestanden

Tabelle 1

Ausführung des Referenzgebäudes

Zeile	Bauteile/Systeme	Eigenschaft (zu Zeilen 1.1 bis 1.13)	Referenzausführung/Wert (Maßeinheit)	
			Raum-Solltempe- raturen im Heizfall $\geq 19\text{ °C}$	Raum-Solltempe- raturen im Heizfall von 12 bis $< 19\text{ °C}$
1.0	Der nach einem der in Nummer 2 oder in Nummer 3 angegebenen Verfahren berechnete Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes nach den Zeilen 1.1 bis 8 ist für Neubauvorhaben ab dem 1. Januar 2016 mit dem Faktor 0,75 zu multiplizieren. § 28 bleibt unberührt.			

EnEV: nichtamtliche Lesefassung www.enev-online.de

Opake Außenbauteile

Zeile	Bauteile	Anforderungsniveau	Höchstwerte der nach Nummer 2.3 bestimmten Mittelwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten	
			Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19\text{ °C}$	Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall von 12 bis $< 19\text{ °C}$
1a	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	nach EnEV 2009 *	$\bar{U} = 0,35\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$\bar{U} = 0,50\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
1b		für Neubauvorhaben bis zum 31. Dezember 2015 **	$\bar{U} = 0,35\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	
1c		für Neubauvorhaben ab dem 1. Januar 2016 **	$\bar{U} = 0,28\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	

Fenster

Zeile	Bauteile	Anforderungsniveau	Höchstwerte der nach Nummer 2.3 bestimmten Mittelwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten	
			Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19\text{ °C}$	Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall von $12\text{ bis } < 19\text{ °C}$
2a	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	nach EnEV 2009 *	$\bar{U} = 1,9\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$\bar{U} = 2,8\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
2b		für Neubauvorhaben bis zum 31. Dezember 2015 **	$\bar{U} = 1,9\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	
2c		für Neubauvorhaben ab dem 1. Januar 2016 **	$\bar{U} = 1,5\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	

Vorhangfassaden

Zeile	Bauteile	Anforderungsniveau	Höchstwerte der nach Nummer 2.3 bestimmten Mittelwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten	
			Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19\text{ °C}$	Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall von $12\text{ bis } < 19\text{ °C}$
3a	Vorhangfassade	nach EnEV 2009 *	$\bar{U} = 1,9\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$\bar{U} = 3,0\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
3b		für Neubauvorhaben bis zum 31. Dezember 2015 **	$\bar{U} = 1,9\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	
3c		für Neubauvorhaben ab dem 1. Januar 2016 **	$\bar{U} = 1,5\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	

Vereinfachtes Berechnungsverfahren

- Ermittlung anhand nur einer Zone möglich
 - Bürogebäude, ggf. mit Verkaufseinrichtungen
 - Groß- und Einzelhandel (max. 1000 m²)
 - Gewerbebetriebe (max. 1000 m²)
 - Schulen, Turnhallen etc.
 - Beherbergungsstätten (ohne Wellness und Schwimmbad)
 - Bibliotheken

- Ohne Kühlung; überall gleiche Heizanlage; etc.

- Grenzwert ist Referenzgebäude minus 10 %!

Abschätzung in der Planung

- EnEV fordert Bilanzierung
 - Bauteile
 - Anlage
 - Energieträger
 - Licht / Kühlung etc.
- Komplexes System
- Kostenplanung schwierig
- Alternativen aufwändig!



Foto: KLB

Energetische Abschätzung in der Planung

Bauteil	EnEV 2009/2014	Effizienzhaus 70	Effizienzhaus 55	Effizienzhaus 40 / Passivhaus
U-Wert Dach in $W/(m^2 \cdot K)$	$\leq 0,20$	$\leq 0,18$	$\leq 0,15$	$\leq 0,12$
U-Wert Fenster in $W/(m^2 \cdot K)$	$\leq 1,1$	$\leq 0,90$	$\leq 0,90$	$\leq 0,80$
U-Wert Außenwand in $W/(m^2 \cdot K)$	$\leq 0,28$	$\leq 0,24$ (0,25)	$\leq 0,21$ (0,22)	$\leq 0,15$ (0,18)
Anlagen (nur Beispiele !)	Brennwert + solare BW-Erw.	Wärmepumpe + solare BW-Erw.	Wärmepumpe, Pellets, solare BW-Erw.	Pellets, Solare BW-Erw. und Heiz.unterst.
Lüftung	Gepr. Luftdichtheit und Fensterlüft.	Gepr. Luftdichtheit und mechanische Lüftungsanlage	Gepr. Luftdichtheit und mech. Lüft.anl.mit WRG	Gepr. Luftdichtheit und mech. Lüft.anl.mit WRG

Energetische Abschätzung - Außenwand

Steinbreite	Erforderliche Wärmeleitfähigkeit der Wand in W/(m·K)			
	EnEV 2009/2014	Effizienzhaus 70	Effizienzhaus 55	Effizienzhaus 40 / Passivhaus
	ca. Anforderung $U \leq 0,28$	ca. Anforderung $U \leq 0,24$	ca. Anforderung $U \leq 0,21$	ca. Anforderung $U \leq 0,15$
30er	0,09	0,075	0,070	---
36,5er	0,10	0,09	0,08	---
42,5er	0,12	0,10	0,09	0,070 + Dämmp.
49er	0,14	0,12	0,10	0,08 + Dämmp.

Standard: Energieeinsparverordnung 2009
U-Wert $\leq 0,28$ W/m²K



Standard: KfW-Energieeffizienzhaus 70
U-Wert $\leq 0,25$ W/m²K



Energetische Abschätzung in der Planung

Bauteil	EnEV 2009/2014	Effizienzhaus 70	Effizienzhaus 55	Effizienzhaus 40 / Passivhaus
U-Wert Dach in $W/(m^2 \cdot K)$	$\leq 0,20$	$\leq 0,18$	$\leq 0,15$	$\leq 0,12$
U-Wert Fenster in $W/(m^2 \cdot K)$	$\leq 1,1$	$\leq 0,90$	$\leq 0,90$	$\leq 0,80$
U-Wert Außenwand in $W/(m^2 \cdot K)$	$\leq 0,28$	$\leq 0,24$	$\leq 0,21$	$\leq 0,15$
Anlagen (nur Beispiele !)	Brennwert + solare BW-Erw.	Wärmepumpe + solare BW-Erw.	Wärmepumpe, Pellets, solare BW-Erw.	Pellets, Solare BW-Erw. und Heiz.unterst.
Lüftung	Gepr. Luftdichtheit und Fensterlüft.	Gepr. Luftdichtheit und mechanische Lüftungsanlage	Gepr. Luftdichtheit und mech. Lüft.anl.mit WRG	Gepr. Luftdichtheit und mech. Lüft.anl.mit WRG

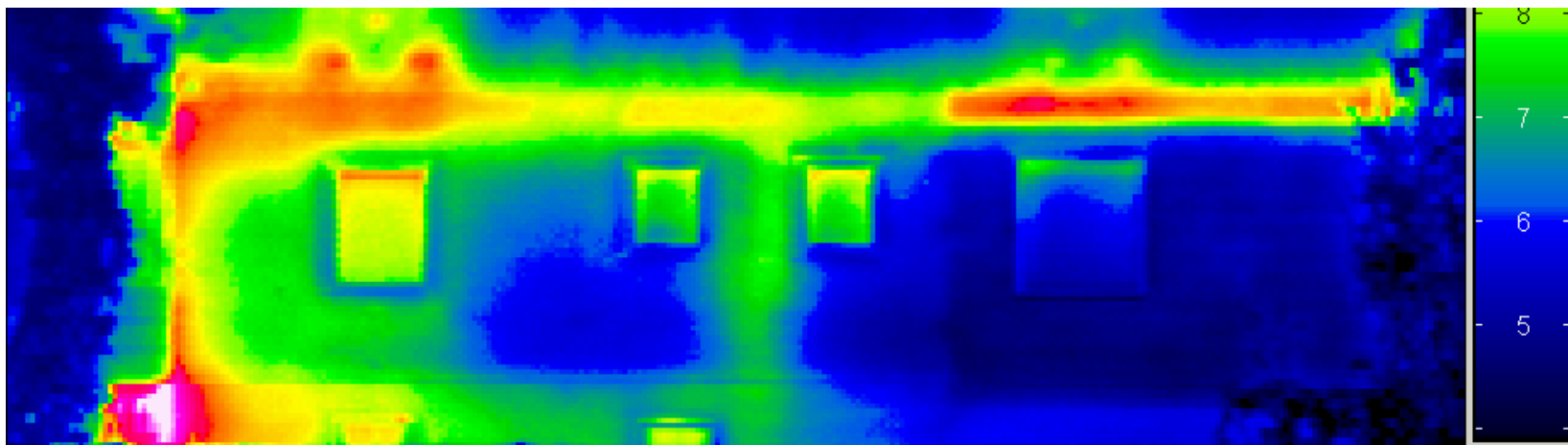
Energetische Abschätzung - Dach

WLF des Dämmstoffs	Erforderliche Dämmdicke in cm			
	EnEV 2009	Effizienzhaus 70	Effizienzhaus 55	Eff'haus 40 (Passivhaus)
in $W/(m \cdot K)$	ca. Anforder. $U \leq 0,20$	ca. Anforder. $U \leq 0,18$	ca. Anforder. $U \leq 0,15$	ca. Anforder. $U \leq 0,12$
VIP 0,007*	3,2	3,6	4,3	5,4
PUR 0,024	11	13	15	19
Neopor/MiWo 0,032	15	17	20	25
EPS/MiWo 0,040	18	21	25	31

Vom KfW-Haus zum Plusenergiehaus



- Eine gute thermische Hülle und eine gute Anlagentechnik reichen um die KfW-Kriterien zu erfüllen, aber sie reichen nicht, um ein Plus-Energiehaus zu bauen!
- Plusenergiestandard in der EU ab 2019 für öffentliche Bauten und ab 2021 für alle Neubauten Pflicht!
- Was braucht man hierfür noch? Was muss man noch beachten?
 - Wärmebrücken stark reduzieren
 - Lüftungswärmeverluste weitestgehend verringern
 - Energieerzeugung ausbauen – v.a. Photovoltaik



EnEV 2014/2016

Einfluss der Wärmebrücken

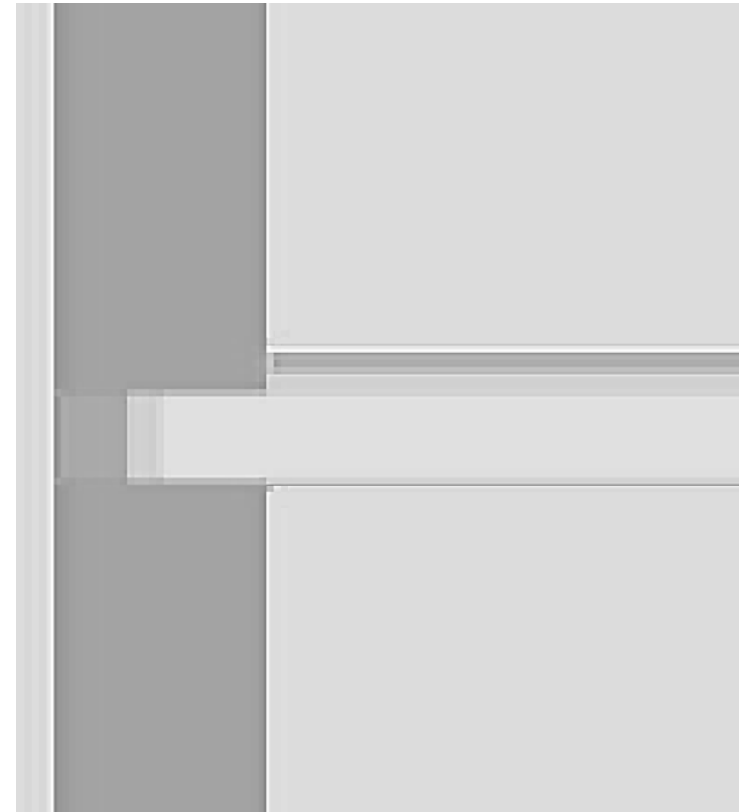
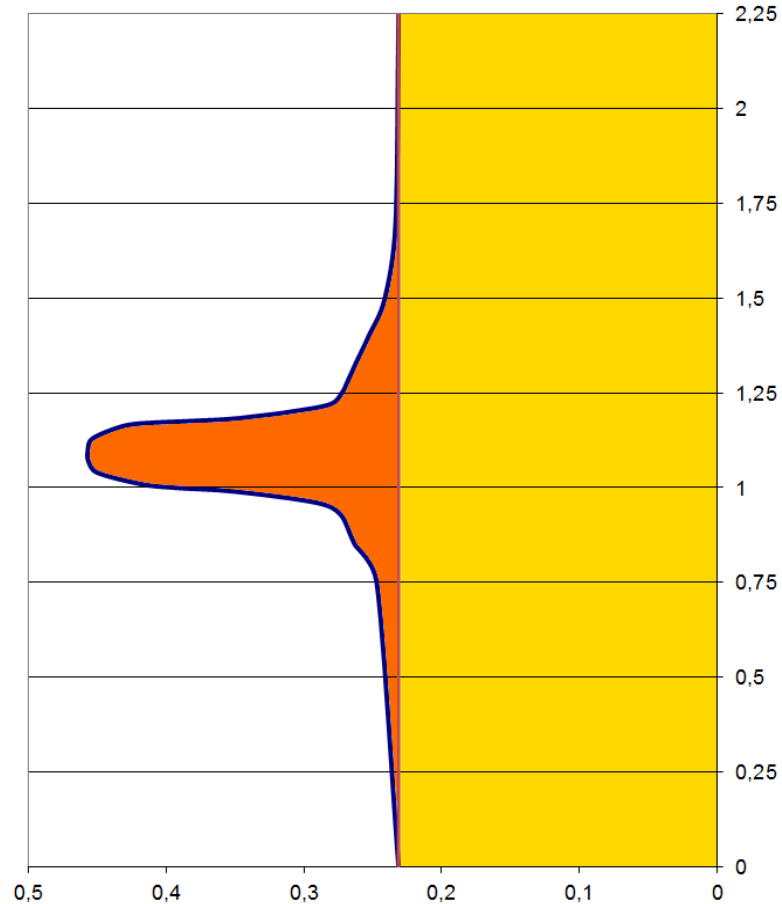
- Wärmebrücken (Abschnitt 2 § 7)
 - Keine Änderungen in Text und Anforderung
 - Weiterhin $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ im Referenzgebäude

- 3 Arten der möglichen Berücksichtigung
 - Pauschal mit $\Delta U_{\text{WB}} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 - Pauschal b. Anw. v. DIN 4108 Beiblatt 2: $\Delta U_{\text{WB}} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 - Explizite Berücksichtigung mit ψ -Wert und Länge

- Anwendung Bbl. 2 ist der Regelfall!

- Berechnung / Anwendung Kataloge noch nicht Standard

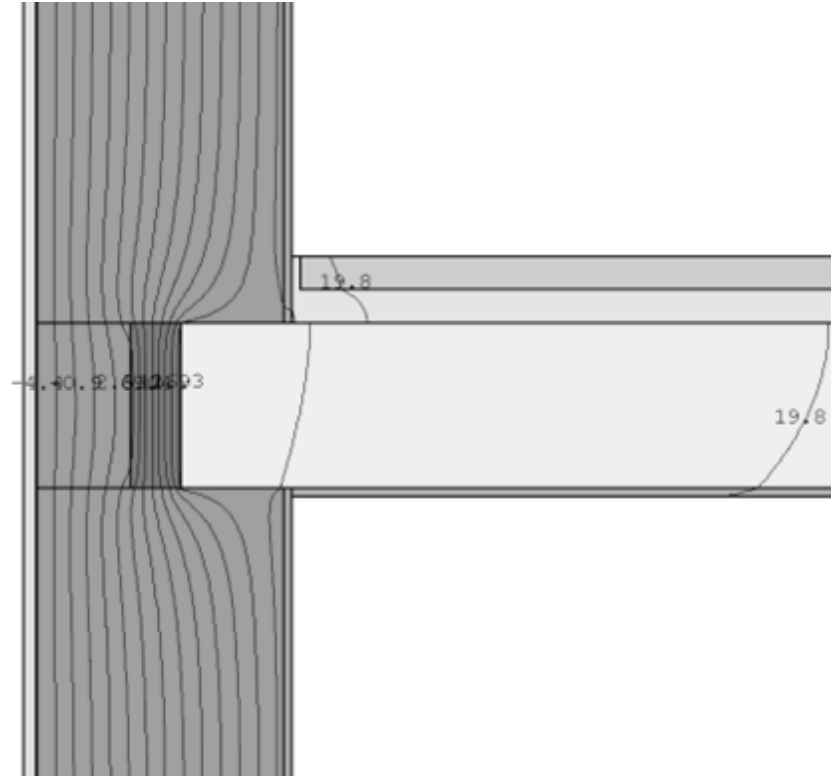
Vom thermischen Leitwert zum ψ -Wert



Grafiken: FIW München

Beispiel: Außenwand mit Betondecke

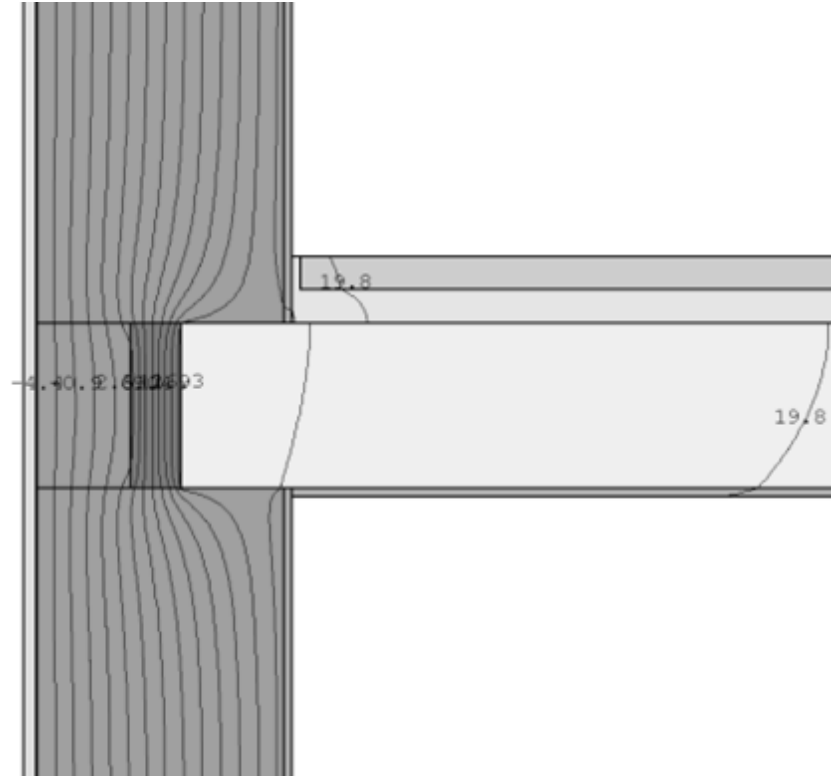
- Außenwand mit einem U-Wert von $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Abmessung $3,0 \times 1,0 \text{ m}$ mit $1,0 \text{ m}$ Wärmebrücke
- ψ -Wert $0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ für einbindende Decke (Wert als Beispiel – nicht der Psi-Wert dieses Details)
- $\Delta U_{\text{WB}} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ bzw. $\Delta U_{\text{WB}} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



Grafik: FIW München

Beispiel: Außenwand mit Betondecke

- Erhöhung des U-Werts um:
 - 8 % durch ψ
 - 20 % bei pauschal
 $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
(mit Anw. Bbl. 2 !)
 - 40 % bei pauschal
 $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
(ohne Anw. Bbl. 2 !!)



Grafik: FIW München



Plusenergiehaus massiv

Beispiel und ein sinnvolles Konzept

Plusenergiehäuser - Kriterien



- Plusenergiestandard in der EU ab 2019 für öffentliche Bauten und ab 2021 für alle Neubauten Pflicht!
- Förderrichtlinie des BMVBS (jetzt BMUB) für Effizienzhäuser-Plus
 - Negativer Jahres-Primärenergiebedarf
 - Negativer Jahres-Endenergiebedarf
 - Weitere Kriterien wie EnEV
- Bilanzierungsmethode (z.B. Jahresbilanz)
- Bilanzierungsgrenze (z.B. Grundstücksgrenze)
- Haushaltsstrom enthalten?
 - Nur im Zusammenhang mit der Beheizung und der Erzeugung von WW?
 - Der komplette Haushaltsstrom?
 - Pauschalwerte? (siehe Bilanzierungsmethode...)

BMVBS Effizienzhaus Plus – Bilanzierung



- Primärenergiefaktoren aus DIN V 18599:2011 verwendet
- Normierte End- und Primärenergiebedarfswerte berücksichtigt
 - Wohnungsbeleuchtung
 - Haushaltsgeräte
 - Haushaltsprozesse
- Auf dem Grundstück erzeugte Energie wird verrechnet wenn sie eingespeist wird
- Nachweisstandort ist mittleres deutsches Klima nach EnEV
- Positive Ergebnisse für die Jahresbilanz – nicht für Tages- oder Stundenbilanz

Energetische Abschätzung in der Planung

Bauteil	EnEV 2009/2014	Effizienzhaus 70	Effizienzhaus 55	Effizienzhaus 40 / Passivhaus
U-Wert Dach in $W/(m^2 \cdot K)$	$\leq 0,20$	$\leq 0,18$	$\leq 0,15$	$\leq 0,12$
U-Wert Fenster in $W/(m^2 \cdot K)$	$\leq 1,1$	$\leq 0,90$	$\leq 0,90$	$\leq 0,80$
U-Wert Außenwand in $W/(m^2 \cdot K)$	$\leq 0,28$	$\leq 0,24$	$\leq 0,21$	$\leq 0,15$
Anlagen (nur Beispiele !)	Brennwert + solare BW-Erw.	Wärmepumpe + solare BW-Erw.	Wärmepumpe, Pellets, solare BW-Erw.	Pellets, Solare BW-Erw. und Heiz.unterst.
Lüftung	Gepr. Luftdichtheit und Fensterlüft.	Gepr. Luftdichtheit und mechanische Lüftungsanlage	Gepr. Luftdichtheit und mech. Lüft.anl.mit WRG	Gepr. Luftdichtheit und mech. Lüft.anl.mit WRG

Bauteile und Komponenten für Plusenergie



Bauteil	U-Wert in W/(m ² *K)
Dach	0,10 – 0,16
Außenwände	0,12 – 0,18
Bodenplatte	0,15 – 0,20
Fenster	≤ 0,80 und g ≥ 0,50
Wärmebrückenoptimierung und genauer Nachweis	$\Delta U_{WB} < 0,02$ (besser näher an 0,01)
Solarthermie mit Speichertank und „viel“ Photovoltaik	
Sehr effiziente Hausgeräte und Beleuchtung	
Wärmepumpe und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	
Kompakte Geometrie und massive Bauteile zur Wärmespeicherung im Innern des Gebäudes	



Wo geht die Reise hin...?

Zusammenfassung und Ausblick

...Plusenergiehäuser ab 2019

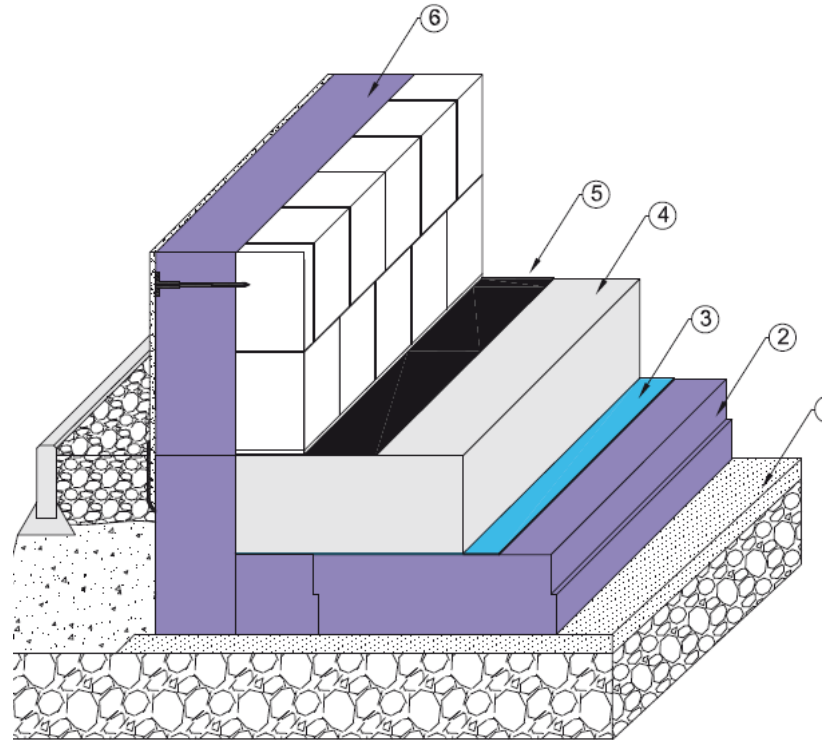


- Plusenergiestandard in der EU ab 2019 für öffentliche Bauten und ab 2021 für alle Neubauten Pflicht!
- Negativer Jahres-Primärenergiebedarf
- Negativer Jahres-Endenergiebedarf
- Weitere Kriterien wie EnEV
- Verbrauch des selbst erzeugten Stromes
- Realisierung über erprobte Komponenten
 - Wärmepumpen
 - Lüftung mit WRG
 - Photovoltaik und Batterien
 - Solarthermie und thermische Speicher

Außendämmung bei Bodenplatten im Neubau



Bild: Jackon Insulation



Zeichnung: Jackon Insulation

...explizite Berücksichtigung der WB

- Exakte Berücksichtigung der Wärmebrücken:
 - Berechnung der längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ für alle relevanten Gebäudeanschlüsse
 - Zusammenstellung der Längen der Anschlussbauteile aus der Planung
 - Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T (in W/K) nach folgender Formel:

$$H_T = \sum_i U_i \cdot A_i + \sum_j \Psi_j \cdot l_j + \left(\sum_i \chi_i \right)$$

...innovative Dämmstoffe

Aerogele



Bild: FIW München

...evakuierte Dämmungen: VIP

- Der Wärmetransport in porösen **evakuierten** Dämmungen – beschrieben durch die Summe der verschiedenen Beiträge:
 - Wärmetransport über das Festkörpergerippe λ_F ,
 - Infrarotstrahlungstransport λ_S ,
 - ~~■ Wärmeleitung des in den Poren enthaltenen, ruhenden Gases λ_G~~
 - Term λ_K enthält die Kopplungseffekte der verschiedenen Transportpfade.

$$\lambda = \cancel{\lambda_G} + \lambda_F + \lambda_S + \lambda_K$$



Bild: Porextherm

Danke!



Christoph Sprengard
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München
-FIW München –
Building Physics and Components
Lochhamer Schlag 4, D – 82166 Gräfelfing
Telefon +49 89 85800-0, Telefax -40
www.fiw-muenchen.de
sprengard@fiw-muenchen.de