

Energiesparende Konzepte

Energiesparende Konzepte

Dipl.-Ing. Architekt Stefan Horschler
E-Mail: horschler@bfb-horschler.de
Fon 0511 69600-45
Fax 0511 69600-46

1

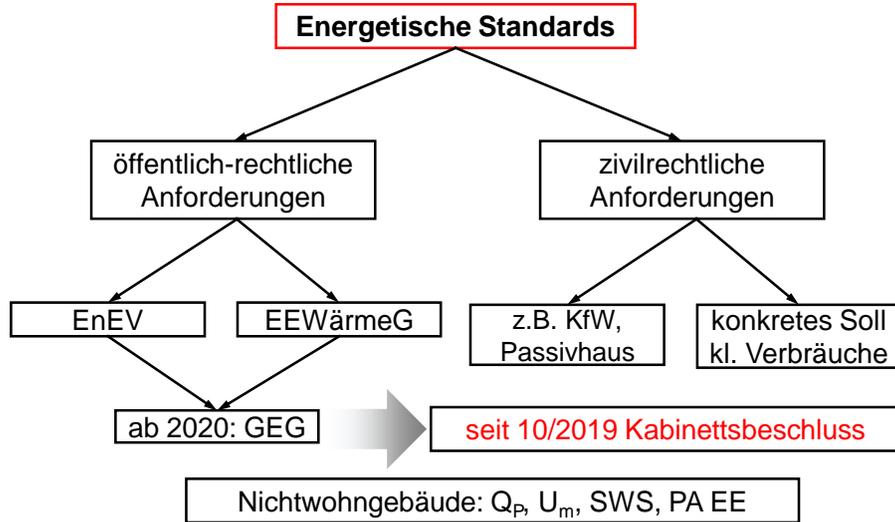
Büro für Bauphysik – Horschler

Tätigkeitsbereiche

- Planungsleistungen und Qualitätssicherung (Wärme- und Feuchteschutz) für Wohn- und Nichtwohnungsbau
- Simulationsberechnungen (Wärme- / Feuchte) und Messungen
- Bauschadensgutachten (national und international) zu o.a. Inhalten
- anwendungsbezogene Forschungstätigkeit für die Industrie
- Normenausschussarbeit
(DIN 4108-2, DIN 4108-3, DIN V 4108-6, DIN 4108-7, DIN SPEC 4108-8, DIN 4108 Bbl 2, DIN V 18599, DIN EN ISO 6946, 10077, 10211 usw.)
- Beratungstätigkeit für Verbände (u.a. Bundesarchitektenkammer)
- bundesweite Fortbildungsveranstaltungen für Ingenieur- / Architekten-, und Handwerkskammern, sowie für die Industrie, Softwareschulungen
- in Vergangenheit: Lehraufträge für Hafencity Universität Hamburg, FH-Magdeburg-Stendal, Hochschule Ostfalia

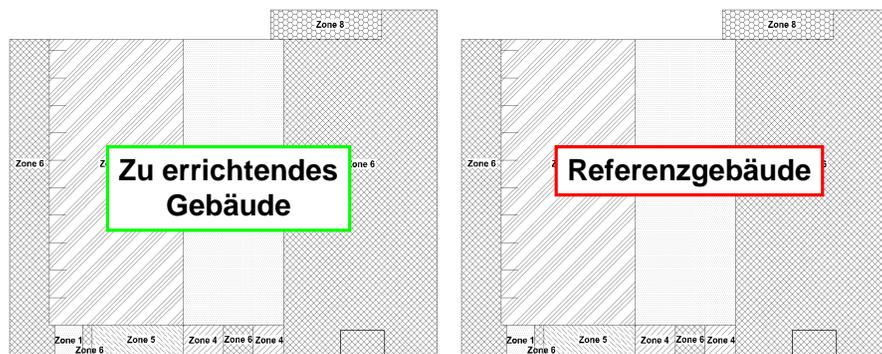
2

Energiesparende Konzepte



3

Höchstwert des Jahres-Primärenergiebedarfs



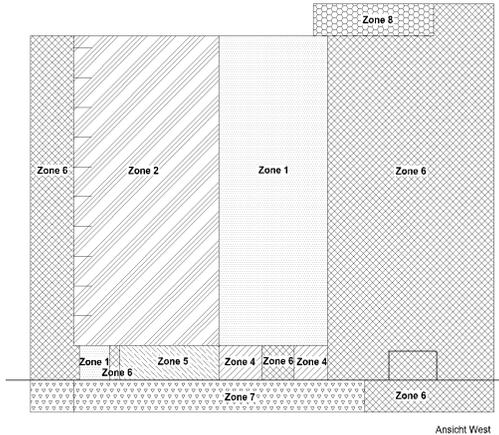
Referenzgebäude gleicher **Geometrie, Ausrichtung und Nutzung** wie das zu errichtende Gebäude

$$Q_p' = (Q_{p,h} + Q_{p,c} + Q_{p,m} + Q_{p,w} + Q_{p,l} + W_p) / A_{NGF,kond.} \quad \text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

4

Energiesparende Konzepte

Referenztechnik nach EnEV



Bautechnik:
U-Werte, Wärmebrücken, Gebäude-dichtheit, Verschattungstechnik

Beleuchtungstechnik:
Beleuchtungsart, Regelung

Heizungstechnik:
Öl-Brennwertkessel, Verteilung, Über-gabe, Pumpen, hydraulischer Abgleich

Warmwasser:
Erzeugung ergänzt um Solarthermie, Verteilung, Speicherung

Raumluftechnik (ggf. Abluftanlage, Abluft- und Zuluftanlage, Teil- und Vollklimaanlage) und **Raumkühlung**

Referenztechnik - EnEV vom 1.5.2014 U-Werte zur Ermittlung des zulässigen Jahres-Primärenergiebedarf		
Bauteil	Zonen mit Raumsolltempe- raturen im Heizfall ≥ 19 °C	Dämmschichtdicke in m mit $\lambda_B = 0,035$ W/(mK)
Außenwand, Geschossdecke gegen Außenluft	$U = 0,28$ W/(m ² K)	0,12
Wand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unb. Räumen	$U = 0,35$ W/(m ² K)	0,10
Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten	$U = 0,20$ W/(m ² K)	0,18
Fenster, Fenstertüren	$U = 1,3$ W/(m ² K); $g = 0,60$; $\tau_{DES} = 0,78$	2 Scheiben
Vorhangfassade	$U = 1,4$ W/(m ² K); $g = 0,48$; $\tau_{DES} = 0,72$	2 Scheiben
Glasdächer	$U = 2,7$ W/(m ² K); $g = 0,63$; $\tau_{DES} = 0,76$	
Lichtbänder	$U = 2,4$ W/(m ² K); $g = 0,55$; $\tau_{DES} = 0,48$	
Lichtkuppeln	$U = 2,7$ W/(m ² K); $g = 0,64$; $\tau_{DES} = 0,59$	[*] $\lambda_{BW} = 0,035$ W/(mK)

Energiesparende Konzepte

2. Anforderungsgröße Nichtwohnungsbau U_m

Wärmeschutzanforderungen der EnEV seit 1.1.2016 und vsl. GEG		
Bauteil	Höchstwerte der U-Werte, bezogen auf den Mittelwert der jeweiligen Bauteile	
	Zonen mit Raumsolltemperaturen im Heizfall $\geq 19\text{ °C}$	Zonen mit Raumsolltemperaturen im Heizfall von ≥ 12 bis 19 °C
Opake Außenbauteile (z.B. Dach, Außenwand, Kellerdecke)	0,28 W/(m ² K)	0,50 W/(m ² K)
Transparente Außenbauteile (z.B. Fenster, Pfosten-Riegelkonstruktionen)	1,5 W/(m ² K)	2,8 W/(m ² K)

7

Jahres-Primärenergiebedarf: $Q_P = \Sigma(Q_{f,j} \cdot f_{p,j})$

$Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf für Heizung

$Q_{h,f} = Q_{h,b} + Q_{h,g} + Q_{h,s} + Q_{h,d} + Q_{h,ce}$ in kWh/a

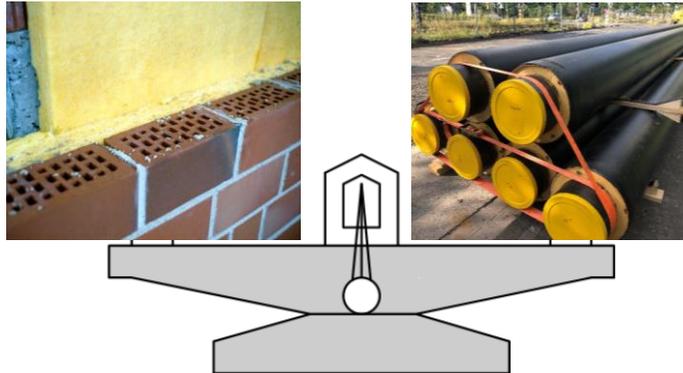
Energieträger		f_n
Brennstoffe	Heizöl	1,1
	Erdgas	1,1
	Flüssiggas	1,1
	Steinkohle	1,1
	Braunkohle	1,2
	Holz	0,2
Nah-/Fernwärme aus KWK	fossiler Brennstoff	0,7
	erneuerbarer Brennst.	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3
	erneuerbarer Brennst.	0,1
	Bioöl, -gas	0,5
	Strom	Strom-Mix 1,8
	Umweltenergie	Solarenergie 0,0 Erd- / Umgebungswärme 0,0

$Q_{h,b}$: Heizwärmebedarf; Verluste für $Q_{h,g}$: Erzeuger; $Q_{h,s}$: Speicher; $Q_{h,d}$: Verteilung; $Q_{h,ce}$: Übergabe

8

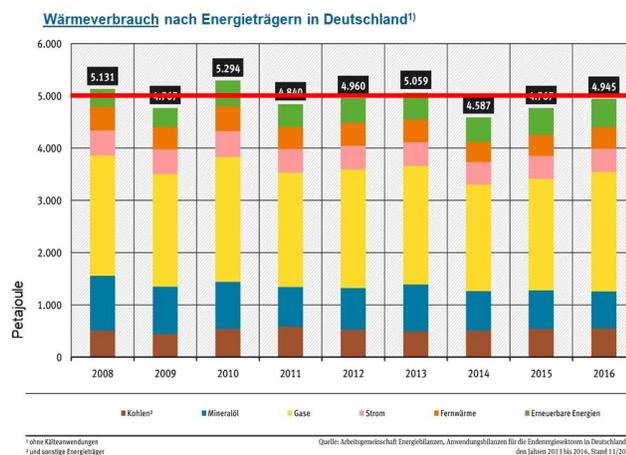
Energiesparende Konzepte

$$\text{Jahres-Primärenergiebedarf: } Q_P = \sum(Q_{f,j} \cdot f_{p,j})$$



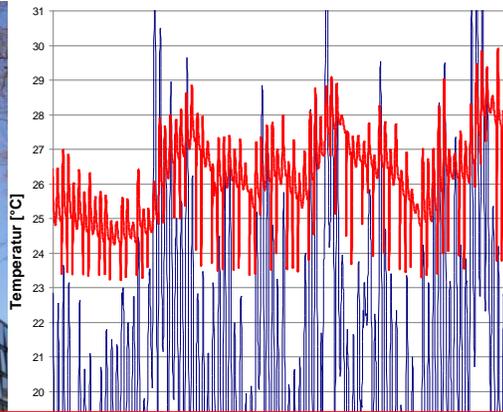
9

...und führen wir eine Energiewende real durch? ...



10

Energiesparende Konzepte

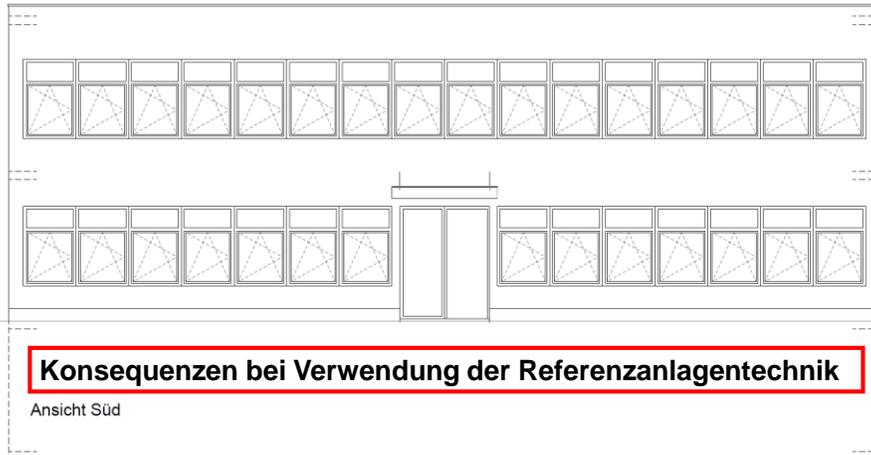


EnEV: § 1 Zweck und Anwendungsbereich

(1) Zweck dieser Verordnung ist die Einsparung von Energie in Gebäuden. ...



Energiesparende Konzepte



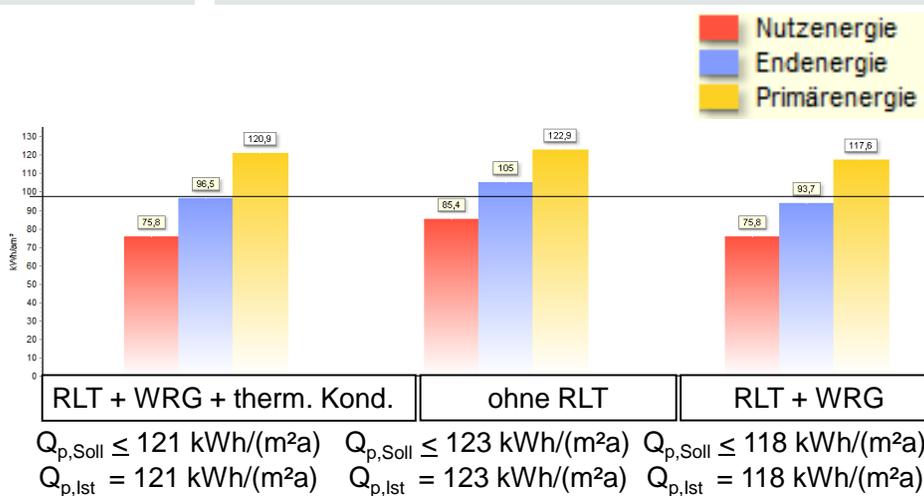
EnEV seit 1.1.2016 ($Q_{P,Ref.} * 0,75$)		
Anlagentechnik:		Gas-Brennwert + Kompressionskältemaschine
Fenster	0,80	Dreischeibenverglasung
	W/(m²K)	d / λ _B
Außenwand	0,10	0,30/0,032
Dach	0,08	0,40/0,032
Kellerdecke	0,11	0,30/0,035
Kelleraußenwand TRH	0,20	0,16/0,035
Kellerinnenwand TRH	0,26	0,12/0,035
Sohlplatte TRH	0,32	0,10/0,035

Energiesparende Konzepte

Anforderung seit 2016: $178 \cdot 0,75 = 133$; $\Delta Q_p = 45 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Energetische Optimierungen	Primärenergiebedarf Q_p	Endenergiebedarf Q_f	ΔQ_f
	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)
1 Ausgangsbasis	178	134	-
2 bauliche Maßnahmen	123	81	$\Delta Q_{1;2} = 53$
3 WRG und Gebäudedichtheit	113	72	$\Delta Q_{2;3} = 9$
4 Beleuchtung	94	67	$\Delta Q_{3;4} = 5$
5 50 m ² Photovoltaik-Anlage	71	58	$\Delta Q_{4;5} = 9$
6 KWK reg. Energieträger, $f_p = 0$	17	56	$\Delta Q_{5;6} = 2$

Die Varianten bauen jeweils aufeinander auf.



Energiesparende Konzepte

Der Jahres-Primärenergiebedarf (Q_P) eines KfW-Effizienzhauses darf im Verhältnis zum Primärenergiebedarf des entsprechenden Referenzgebäudes ($Q_{P,REF}$) den in untenstehender Tabelle angegebenen prozentualen Maximalwert des geförderten Effizienzhaus-Standards nicht überschreiten.

KfW-Effizienzhaus	EH 55	EH 70	EH 100	Denkmal
Q_P in % von $Q_{P,REF}$	55 %	70 %	100%	160 %

Q_p + Nebenanforderungen an mittlere U-Werte

Für Zonen, die mit einer **Raum-Solltemperatur $\geq 19^\circ$** beheizt werden, darf der über diese Zonen gemittelte Wärmedurchgangskoeffizient für die opaken Außenbauteile (\bar{U}_{opak}), die transparenten Außenbauteile und Vorhangfassaden ($\bar{U}_{transparent, Vorhang}$) sowie für Glasdächer/ Lichtbänder und Lichtkuppeln (\bar{U}_{Licht}) die im folgenden aufgeführten Werte nicht überschreiten:

KfW-Effizienzhaus ($T \geq 19^\circ\text{C}$)	EH 55	EH 70	EH 100	Denkmal
	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
\bar{U}_{opak}	0,22	0,26	0,34	0,60
$\bar{U}_{transparent, Vorhang}$	1,2	1,4	1,8	-
\bar{U}_{Licht}	2,0	2,4	3,0	-

Energiesparende Konzepte

Energetischer Standard für normal beheizte Zonen	KfW 55		
	Q _p mind. 45% besser als Referenzgebäude U _{m,op} ≤ 0,22 W/(m²K); U _{m,trans} ≤ 1,2 W/(m²K); U _{m,Lichtb.} ≤ 2,0 W/(m²K)		
U-Werte	erforderliche U-Werte		
Aussenwand (Holz / Stb.)	0,21 / 0,30	0,22	0,16
Wand gegen Erdreich, Sohlplatte	0,25	0,22	0,10
Flachdach	0,14	0,22	0,10
Fenster / Fensterband	1,0	1,2	0,7
Lichtkuppeln	2,0	2,0	2,0
Endenergiebedarf	Q _f = 122 kWh/(m²a)	Q _f = 115 kWh/(m²a)	Q _f = 94 kWh/(m²a)
Primärenergiebedarf	Q _p = 43 kWh/(m²a)	Q _p = 79 kWh/(m²a)	Q _p = 79 kWh/(m²a)
f _p -Wert	f _p = 0,2 (Holz)	f _{p,erf.} ≤ 0,55	f _p = 0,7 (BHKW+PV)

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude
gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 1.10.2013

Gültig bis: 06.06.2026 Registrierungsnummer: Nr. 2016-0093955 (oder: "Registrierungsnummer" vorangestellt am "...")

Gebäude		
Hauptnutzung / Gebäudekategorie	Gewerbe ohne Kühlung	
Adresse	Großes Nadelholz 1	
Gebäudeteil	Kindertagesstätte	
Baujahr Gebäude	2010	
Baujahr Wärmeerzeuger	2015	
Nettogrundfläche	900 m²	
Wesentliche Energieträger für Heizung und Warmwasser		Erdgas
Erneuerbare Energien		Art: <input type="text"/> Verwendung: <input type="text"/>

Primärenergiebedarf CO₂-Emissionen: 1 kg/(m²·a)

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes: 115 kWh/(m²·a)



EnEV-Anforderungswert Neubau (Vergleichswert) ↑ EnEV-Anforderungswert modernisierter Altbau (Vergleichswert)

Anforderungen gemäß EnEV für Energiebedarfsberechnungen vorerstendes Verfahren Verfahren nach Anlage 2 Nummer 2 EnEV Verfahren nach Anlage 2 Nummer 3 EnEV (Ein-Zonen-Klimat) Verfahren nach Anlage 2 Nummer 2.1 EnEV Verfahren nach Anlage 2 Nummer 2.1.4 EnEV

Energieträger	Abgelauncher Endenergiebedarf in kWh/(m²·a) für				
	Heizung	Warmwasser	Ergebnisbeheizungs	Lüftung	Kühlung erreicht
Erdgas	79,8	0,9	0,9	0,9	79,8
Biom	0,4	0,9	0,2	0,9	0,8

Sowohl der KfW-Nachweis als auch der EnEV und EEWärmeG-Nachweis erfolgen unter weitestgehend denselben rechnerischen Randbedingungen.

Beim Passivhausnachweis wird ein ingenieurmäßiges Nachweisverfahren verwendet, das nichts mit den öffentlich-rechtlichen Nachweisrandbedingungen zu tun hat.

Folge: vorbehaltlich der EnEV-Regelungen des § 24 Absatz 2 sind zwei Nachweise zu führen!

Energiesparende Konzepte



Energiestandard für normal beheizte Zonen	Passivhausstandard Q_p mind. 120 kWh/(m ² a) nach PHPP $Q_h \leq 15$ kWh/(m ² a); $n_{50} \leq 0,6$ h ⁻¹	
U-Werte	erforderliche U-Werte	Dämmschichtdicke in m
Aussenwand	0,13	0,25
Wand gegen Erdreich, Sohlplatte	0,13	0,25
Flachdach	0,09	0,40
Fenster / Fensterband	0,7	1,0
Endenergiebedarf	$Q_f = 63$ kWh/(m ² a)	Wärmebrücke: 0,007 W/(m ² K)
Primärenergiebedarf	$Q_p = 181$ kWh/(m ² a)	$n_{50} = 0,55$ h ⁻¹
fp-Wert	$f_p = 1,06$ Fernwärme	RLT mit WRG 84%

Energiesparende Konzepte



Materialgerechtigkeit und Energieeffizienz: wesentliche Entscheidungen werden im Wettbewerb entschieden

Materialgerechte Fassadenplanung



© Büro für Bauphysik 2020

23

23



Materialgerecht Entwerfen: zweischaliges Mauerwerk



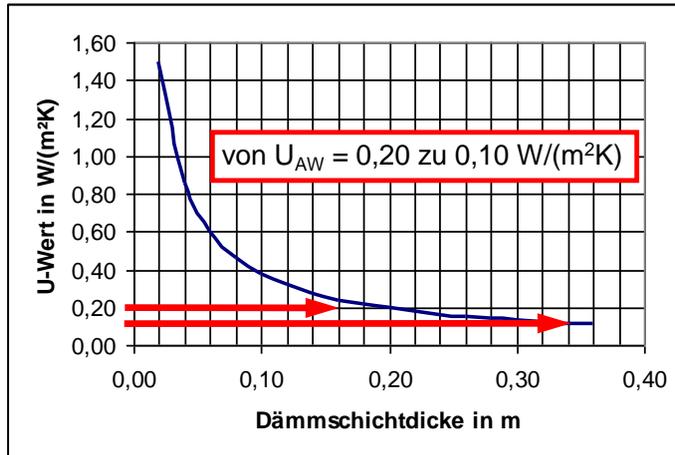
Position Nr.	χ pro Konsolanker in W/K	Anzahl n Konsolanker je Position	Anzahl der Position gem. Positionsplan	Anzahl der Geschosse	$\chi * n * \text{Anz. Position in W/K}$
P1	0,046	3	12	4	6,624
A_{AW} Netto	82	m^2	$\Delta U_{AW} = \sum \chi (6,624) / 82$		$\Delta U_{AW} = 0,081 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

© Büro für Bauphysik 2020

24

24

Energiesparende Konzepte



Veränderung des U_{AW} -Wertes von: 0,20 zu 0,10 W/(m²K)

Fall 1: $U_{AW} = 0,20$ W/(m²K) 17,5er Wand + 16 cm WD 035

Fall 2: $U_{AW} = 0,10$ W/(m²K) 17,5er Wand + 34 cm WD 035

Dicke der Außenwand

Fall 1: 38 cm

Fall 2: 56 cm

Differenz: 18 cm



Investitionsmehrkosten ~ 48 €/m²



weniger Nutzfläche (-0,18 m²/m)



55 Jahre Amortisation bei:

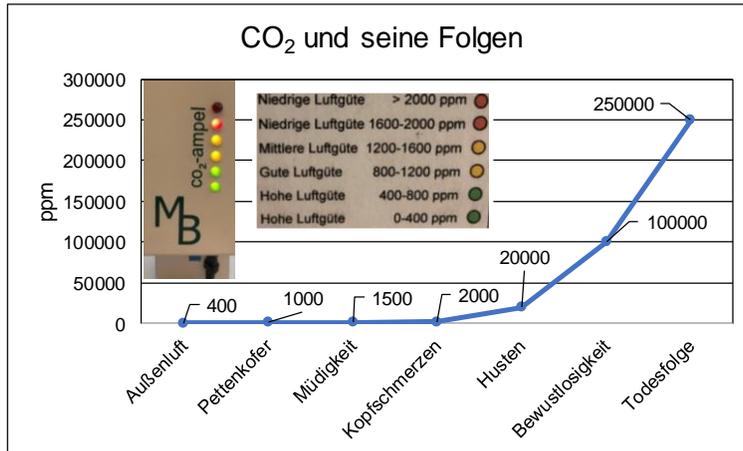
$i = 2,4$ % Energiepreissteigerung

$p = 1$ % Zinssatz

$EP = 0,08$ € Energiepreis

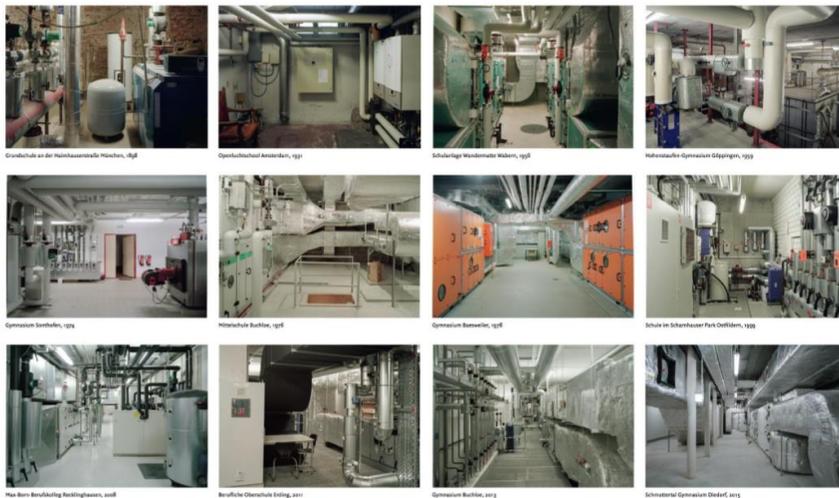
Energiesparende Konzepte

Hygienischer Mindestluftwechsel mit Abfuhr von CO₂:



27

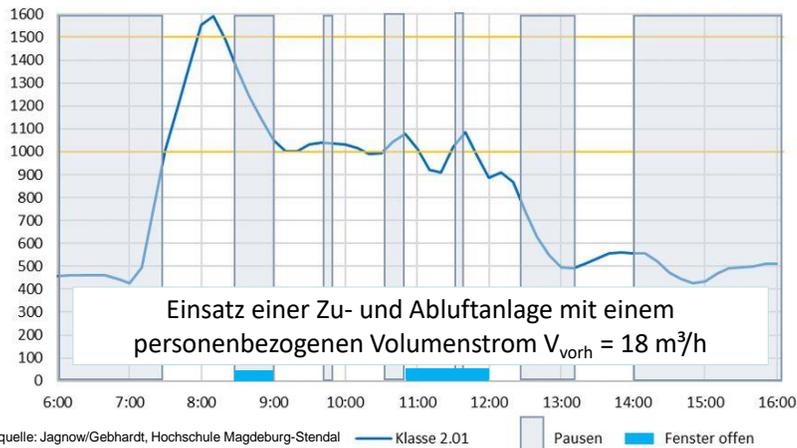
Technikzentren Fotografiert 2008



28

Energiesparende Konzepte

CO₂-Gehalt [ppm] in Klasse 2.01 am 17.08.2016



1. Einschaltung einer externen Qualitätssicherung zur Vertretung und Überwachung der Interessen des Auftraggebers (auch schon im Wettbewerb)
2. frühzeitiger sommerlicher Wärmeschutz Wechselwirkungen zu: thermischen, hygienischen und visuellem Komfort
3. Zielsetzung kleiner Endenergiebedarf
4. U-Werte nach dem Prinzip: was ist technisch möglich, aber baupraktisch sinnvoll (insbesondere wichtig bei der Außenwand):
 - Außenwand: $U_{\text{AW}} \sim 0,15 \text{ bis } 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 - Flachdach: $U_{\text{D}} \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 - unterer Gebäudeabschluss: $U_{\text{G}} \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 - transparente Bauteile: $U_{\text{w}} \sim 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
idealerweise kombiniert mit möglichst großem g-Wert,
sofern kein Widerspruch zu 1
5. Wärmebrücken- und Dichtheitskonzept

Energiesparende Konzepte

1. Einschaltung einer externen Qualitätssicherung zur Vertretung und Überwachung der Interessen des Auftraggebers (auch schon im Wettbewerb)
2. in Abhängigkeit vom Dämmstandard und überschlägige Heizlast, Ableitung möglicher Heizsysteme inklusive Verteilung und Übergabe. Das System soll einfach zu bedienen sein und einen geringen Wartungsaufwand nach sich ziehen. Denkbar wären z.B. Erdwärmepumpen (kleiner Endenergiebedarf für Erzeuger- und Verteilverluste und ggf. Speicherverluste)
3. Warmwasserversorgung: für lediglich Handwaschbecken dezentral ggf. eigener Wärmeereuger für Turnhalle
4. RLT als Grundlast für Mindestluftwechsel in den Klassenräumen kombiniert mit zusätzlichem Fensterluftwechsel für Intensivlüftung
5. Einsatz von Photovoltaik zur Unterstützung der diversen Stromanwendungen im Gebäude

Die vorliegenden Unterlagen wurden nach bestem Wissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Da Fehler jedoch nie auszuschließen sind, kann keine Gewähr für Vollständigkeit und Richtigkeit der Angaben übernommen werden. Insbesondere die Fortschreibung technischer Bestimmungen, Normen kann zu Unterschieden gegenüber den vorliegenden Unterlagen führen.

Grundlage für reale Projekte müssen ausschließlich eigene Planungen und Berechnungen gemäß den jeweils geltenden rechtlichen Bestimmungen (z.B. technische Normen, sonstige anzuwendende Regeln) sein. Eine Haftung des Verfassers dieser Unterlagen für unsachgemäße, unvollständige oder falsche Angaben und aller daraus entstehenden Schäden wird grundsätzlich ausgeschlossen.

Das Urheberrecht liegt ausschließlich beim Autoren. Eine Weiterverwendung der Unterlagen oder Teile der Unterlagen z.B. als Seminarunterlage oder Kopiervorlage für andere Fortbildungsveranstaltungen ist ebenso wie die Einspeicherung in elektronische Medien nicht gestattet!

Dipl.-Ing. Architekt Stefan Horschler
E-Mail: horschler@bfb-horschler.de
Fon 0511 69600-45
Fax 0511 69600-46