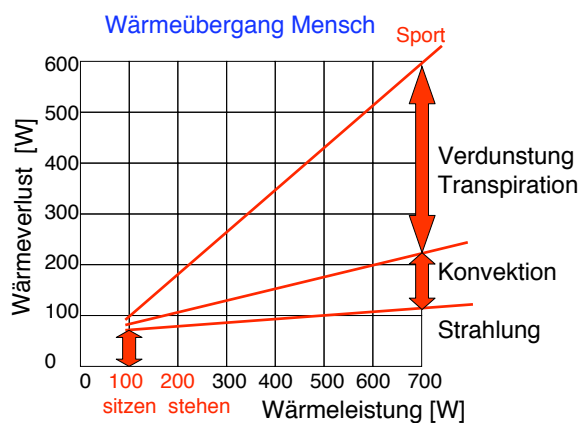




Energie im Gebäude

- Klima
- Geometrie (Wärmeübertragungsfläche / Volumen)
- Wärmedämmung
- Fenster (Glass und Rahmen)
- Wärmebrücken
- Heiztechnik und Managment
- Luftdurchlässigkeit (Bau und Fenster)
- Kontrollierte Lüftung und WRG



Raumklima

Komfort-Bedingungen (P.O. Fanger 1982)

- 1 Luft-Temperatur
- 2 Temperatur der Umgebungsflächen (T_{str})
- 3 Luft-Geschwindigkeit
- 4 Turbulenz (Geschw.-Fluktuationen)
- 5 Relative Luft-Feuchtigkeit

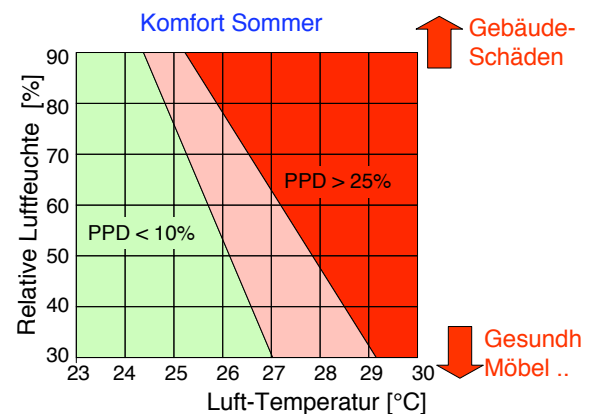
	Winter	Sommer
Luft-Geschw.	< 0.15 m/s	< 0.25 m/s
ΔT Strahlung	< 10 K	< 23 K

Komfort-Bedingungen (P.O. Fanger 1982)

Statistische Bewertung:

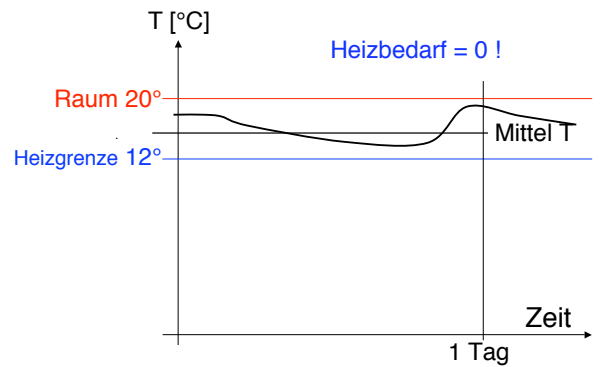
PMV = Predicted Mean Vote
„kalt“ ... „warm“ -3 ... 0 .. +3

PPD = Predicted Percentage of Dissatisfied [%]

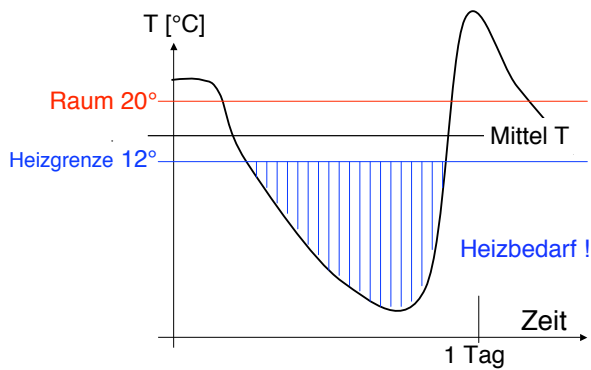


Aussenklima

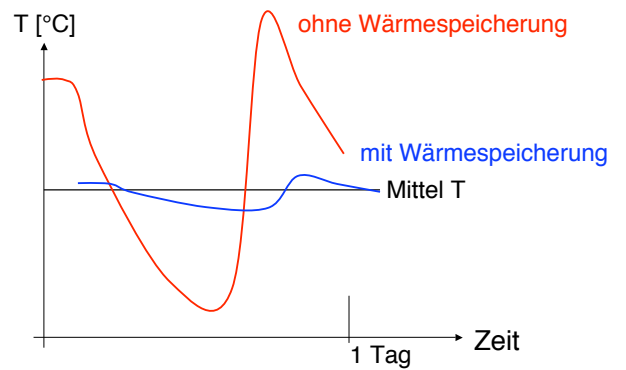
Einfluss der Temperatur auf Heizbedarf



Einfluss der Temperatur auf Heizbedarf



Einfluss der Wärmekapazität auf Temperatur



Klima-Einfluss auf Heizwärmebedarf

Heiz-Grad-Tage (HGT)

- Raumtemperatur: 20°
- Heizgrenze: 12°

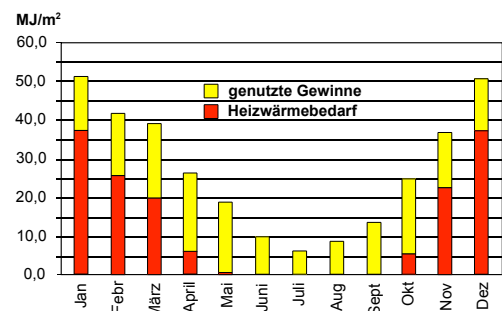
Tag 1: Mittel T = 5°C:
Heizbedarf da < 12°C
 $HGT_1 = 20^\circ - 5^\circ = 15^\circ$

Tag 2: Mittel T = 14°C:
kein Heizbedarf > 12°C
 $HGT_2 = 0$

$$HGT_{\text{Januar}} = HGT_{1.1} + HGT_{2.1} + \dots + HGT_{30.1}$$

$$HGT_{\text{Jahr}} = HGT_{\text{Jan}} + \dots + HGT_{\text{Dez}}$$

Monatliche Energiebilanz eines Fallbeispiels



[A. Binz 2002 nach Norm SIA 380/1 Ausgabe 2001]

Heizgradtage

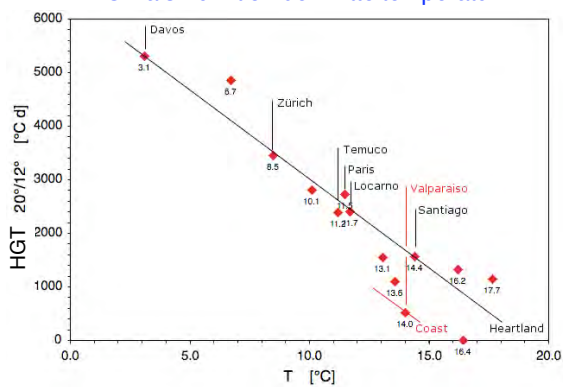
Die Heizgradtage gestalten Rückschlüsse auf den klimabedingten Heizenergieverbrauch und dienen der Kontrolle der Heizanlage. Dazu wird an jedem Heiztag - einem Tag mit einer Tagesmitteltemperatur von weniger als 12 Grad Celsius - erhoben, um wie viel die gemessene Aussenlufttemperatur von der angestrebten Innentemperatur von 20 Grad Celsius abweicht. Die monatlichen Heiztage sind die Summe der Differenzen zwischen Aussentemperatur und angestrebter Innentemperatur für alle Heiztage des Monats.

Monat	Basel	Bern	Lucern	St. Gallen	Zürich
Januar	555	606	588	618	598
Februar	437	523	510	541	517
März	362	436	426	483	430
April	250	315	282	363	302
Mai	74	99	78	175	107
Juni	16	39	26	82	47
Juli	2	6	5	28	11
August	4	7	4	19	19
September	50	81	55	137	80
Oktober	231	297	264	333	291
November	432	478	460	497	472
Dezember	527	579	558	593	575
Jahreswert	3000	3468	3254	3868	3435
Winterhalbjahr	2604	2921	2804	3365	2878
Sommerhalbjahr	396	547	450	504	557
Frühling	706	890	784	1021	839
Sommer	22	32	35	129	68
Herbst	713	856	779	967	843
Winter	1559	1710	1656	1752	1685

Quelle: MeteoSchweiz

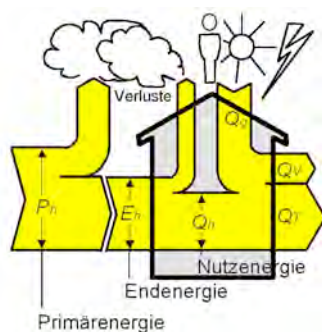


HGT als Funktion der Mitteltemperatur



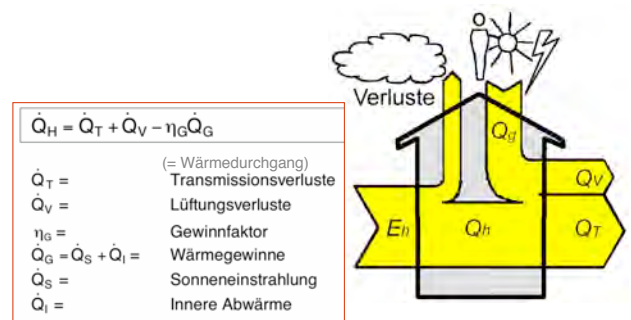
Energiebilanz

Umwandlungsstufen der Energie



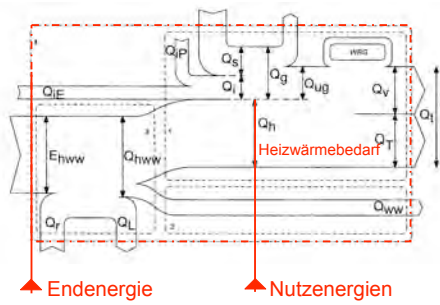
[A. Binz 2002 nach Norm SIA 380/1 Ausgabe 2001]

Energiebilanz Heizen



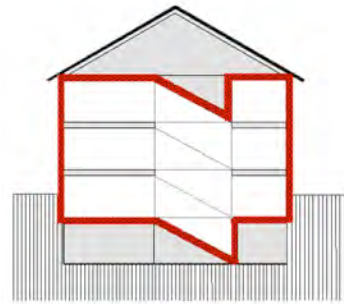
[SIA Norm 380/1 Ausgabe 2001]

Wärmedurchgangskoeffizient U



[A. Binz 2002 nach Norm SIA 380/1 Ausgabe 2001]

Gebäude-Dämmperimeter



[A. Binz 2002 nach Norm SIA 380/1 Ausgabe 2001]

Verlust 1: Wärmedurchgang

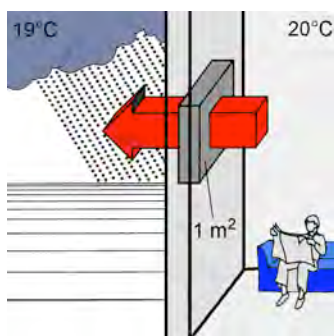
Wärmebild eines Wohnhauses



[H. Fuchs: Körperwärme heizt das Wohnzimmer, Umwelt 1 2004, 10]

Wärmedurchgangskoeffizient U in $[W / m^2 K]$

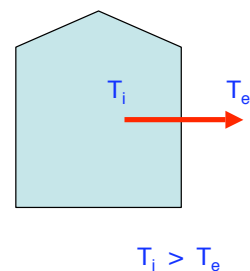
Wärmeverlust 1:
Wärmedurchgang



[A. Binz 2002 nach Norm SIA 380/1 Ausgabe 2001]

Wärmeverlust 1: Wärmedurchgang =

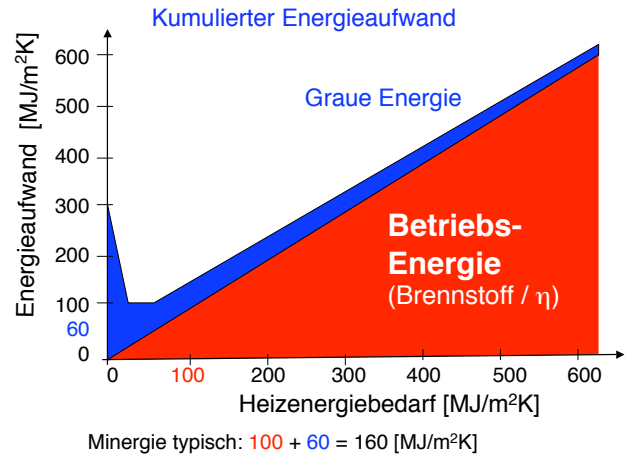
$$= A \cdot U \cdot (T_i - T_e) = (T_i - T_e) (A_W U_W + A_D U_D + A_B U_B + A_F U_F)$$



Energie-Rückzahldauer

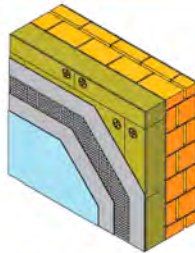
Basis: Konventionelles Gebäude mit 500 MJ / m² a

	a	Einfluss
Wärmedämmung (25/5)	0.5 – 3	Material
WRG Luft	0.3 – 1	
WRG Wasser	1.5 – 3	
Solarwärme	2 – 3	
Solarstrom	2 – 10	Zelltyp
Saisonspeicher („konv.“ Nullenergiehaus)	5 – 50	Material



Verputzte Aussenwärmedämmung, Sanierung

Backsteinwand
Klebmörtel
Flumroc-Dämmplatte COMPACT
Aussenputz



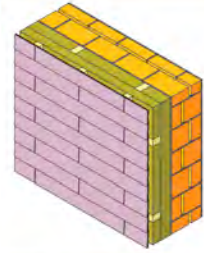
	Einheit	Dämmstärke in mm		
		100	180	120 + 100
Wärmedurchgangskoeffizient U	W/(m ² K)	0.27	0.17	0.14
theoretisch, ohne Wärmebrücken	W/(m ² K)	0.28	0.18	0.15
Durchschnittswert gemäss SIA Norm 180		Grenzwert	Minergie	< Minergie

[Nachhaltig sanieren und umbauen, Flumroc AG, Flums 2004, www.flumroc.ch]

Wärmedämmung 1

Bekleidung hinterlüftet, Dämmung zwischen Lattung, zweilagig

Backsteinwand
Flumroc-Dämmplatte 3/2DUO
Hinterlüftungsraum
Bekleidung



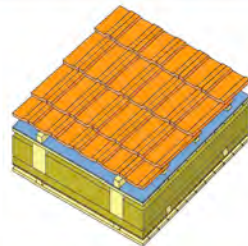
	Einheit	Dämmstärke in mm		
		50 + 50	100 + 80	120 + 120
Wärmedurchgangskoeffizient U	W/(m ² K)	0.26	0.16	0.14
theoretisch, ohne Wärmebrücken	W/(m ² K)	0.29	0.19	0.15
Durchschnittswert gemäss SIA Norm 180		Grenzwert	Minergie	< Minergie

[Nachhaltig sanieren und umbauen, Flumroc AG, Flums 2004, www.flumroc.ch]

Wärmedämmung 2

Dämmung zwischen und unter den Sparren

Deckung
Kontrelattung
Unterdach
Durchlüftung
Flumroc-Dämmplatte SLO/2RIA
Flumroc-Dämmplatte 3
Dampfbremse und Luftdichtung
Installationszone
Täfel



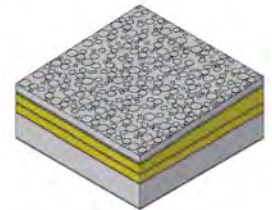
	Einheit	Dämmstärke in mm		
		100 + 40	140 + 80	180 + 100
Wärmedurchgangskoeffizient U	W/(m ² K)	0.22	0.15	0.13
theoretisch, ohne Wärmebrücken	W/(m ² K)	0.28	0.19	0.16
Durchschnittswert gemäss SIA Norm 180		Grenzwert	Minergie	< Minergie

[Nachhaltig sanieren und umbauen, Flumroc AG, Flums 2004, www.flumroc.ch]

Wärmedämmung Dach

Dämmung und Abdichtung mit oder ohne Schutzschicht

Schutzschicht, z. B. Rundkies
Abdichtung
Flumroc-Dämmplatte PRIMA mit Gefälle
Dampfbremse
Beton

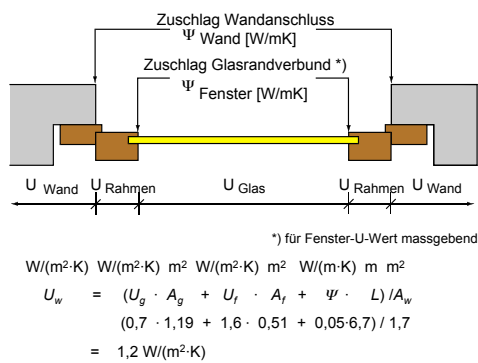


	Einheit	Dämmstärke in mm		
		120	180	100 + 140
Wärmedurchgangskoeffizient U	W/(m ² K)	0.29	0.20	0.15
		Grenzwert	Minergie	< Minergie

[Nachhaltig sanieren und umbauen, Flumroc AG, Flums 2004, www.flumroc.ch]

Wärmedämmung Flachdach

U-Wert Fenster: Glas und Rahmen



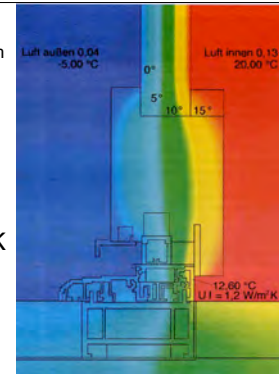
Türkonstruktion

Thermische Trennung zwischen innen und aussen im Schwellenbereich verhindert Wärmebrücken und Feuchteschäden.

Bodenschwelle wird in das System „Haustüre“ eingebunden

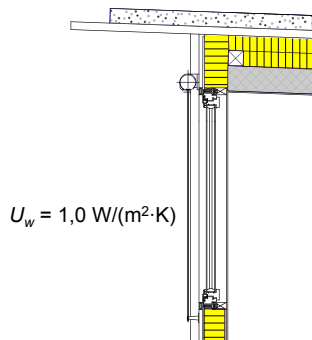
$$U_{\text{Türblatt}} = 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Quelle: Moralt (D), 2004



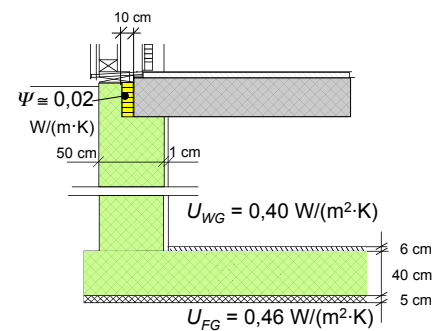
[Nachhaltig sanieren und umbauen, Flumroc AG, Flums 2004, www.flumroc.ch]

Vertikalschnitt Dach/Fenster



[A. Binz 2002 nach Norm SIA 380/1 Ausgabe 2001]

Vertikalschnitt Keller



[A. Binz 2002 nach Norm SIA 380/1 Ausgabe 2001]

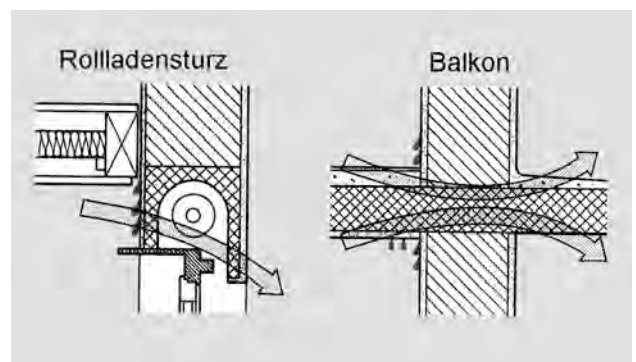
Wärmebedarf Gebäude

Verlust 1: Wärmedurchgang

Einfluss:

1. Oberfläche (A x U)
2. **Wärmebrücken !**

Typische Wärmebrücken



[Binz 2004]

Verlust 2: Lüftung

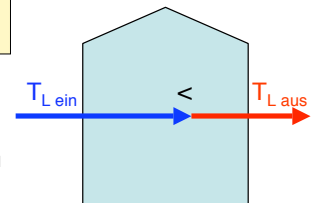
Wärmeverlust 2: Lüftungsverluste =

$$= m^*_L (T_{L\text{ ein}} - T_{L\text{ aus}}) c_{pL}$$

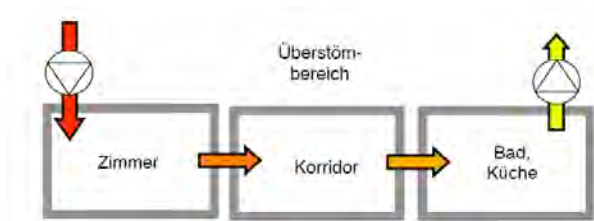
$$m^*_L = V^*_L \rho$$

$$f = V^*_L / V_{\text{Gebäude}}$$

Ziel Wohnen: $f = 0.3 \text{ h}^{-1}$
 alte Häuser: $f = 2 \dots 3 \text{ h}^{-1}$

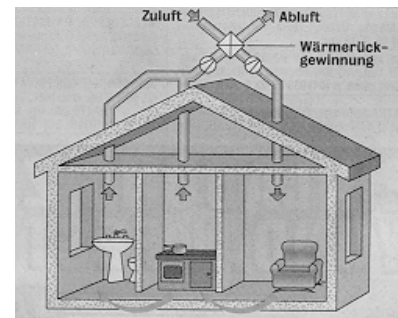


Prinzip der Kaskadenlüftung



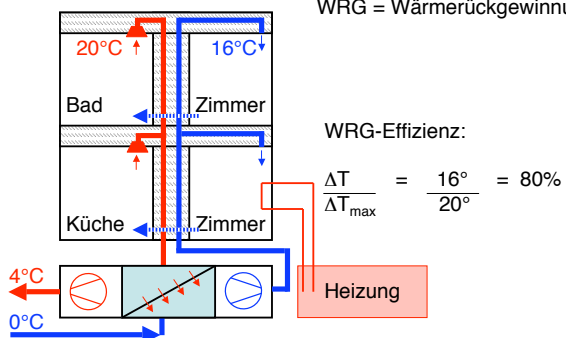
[H. Huber: In T. Nussbaumer (Hrsg.), 6. Holz-En.Symp., Zürich 2000]

Kontrollierte Lüftung und Wärmerückgewinnung (WRG)

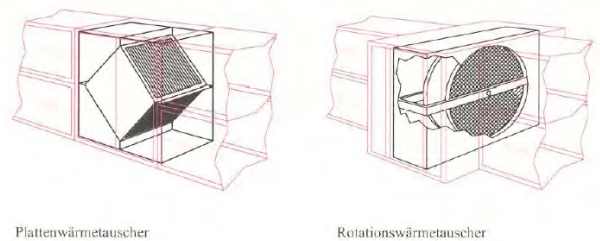


Kontrollierte Lüftung mit WRG an Zuluft

WRG = Wärmerückgewinnung

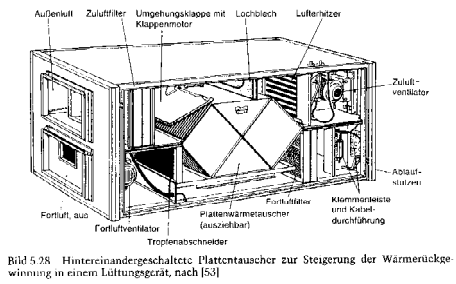


WRG: Abluft-Wärmerückgewinnung



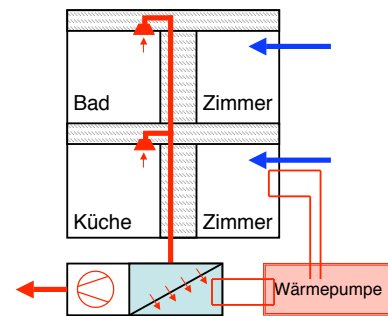
[H. Huber, HTA Horw 2004]

Wärmerückgewinnung in Lüftung

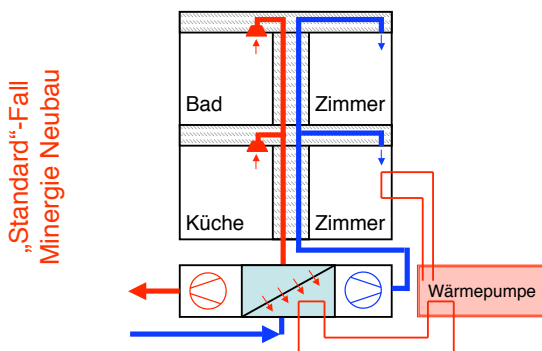


[F. Reinmuth: Energieeinsparung in der Gebäudetechnik, Vogel 1994]

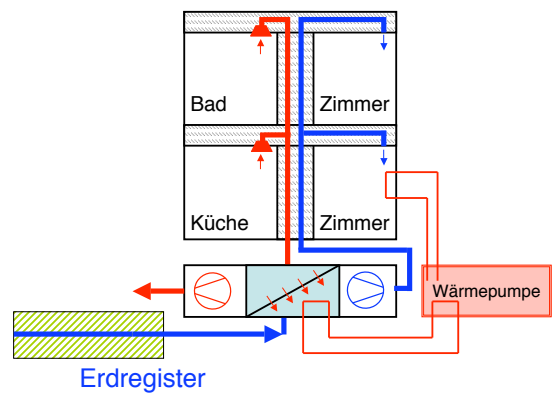
Kontrollierte Lüftung mit WRG an Wärmepumpe



Kontrollierte Lüftung mit WRG an Zuluft + WP



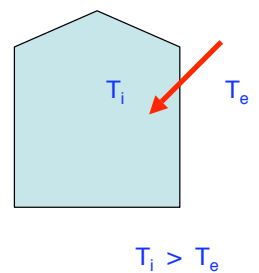
Option: Lüftung mit Luftvorwärmung / -kühlung



Wärmegewinne

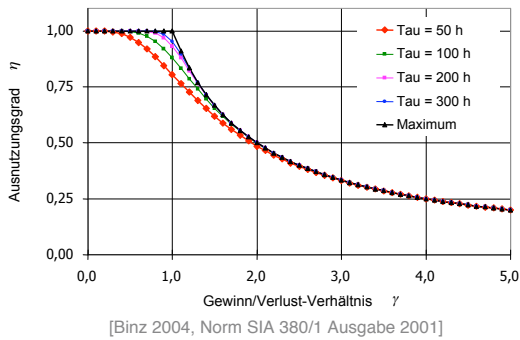
Wärmegewinne

$$= \eta_u (Q_{\text{solar}}^* + Q_{\text{Per}}^* + Q_{\text{el}}^*)$$



Wärmegewinne

$$\eta_U = f(\text{Gebäudeträgheit})$$



Fenster

- Wärmedurchgangsverluste
- Strahlungsgewinn

Äquivalenter U-Wert von Fenstern

Neue Gebäude Schweiz: < 1.2 W/m²K

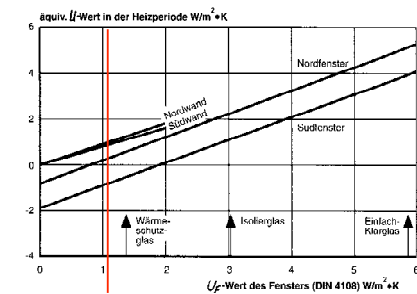


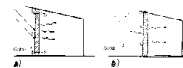
Bild 4.23 Äquivalente Wärmedurchgangszahl von Fenstern nach WSWO [21] und Außenwänden nach [20] bei Berücksichtigung des Sonnenstrahlungsgewinns

[F. Reinmuth: Energieeinsparung in der Gebäudetechnik, Vogel 1994]

Passive Sonnenergienutzung

Früher: Bauliche Konzepte

Heute: Fenster plus Gebäude-Massnahmen:



- Beschattung für Sommer
- Masse für Wärmespeicherung

→ Beispiele: Minergie- und Passivhäuser in Holzbauweise mit Geschossdecken in Beton

Alternativen:

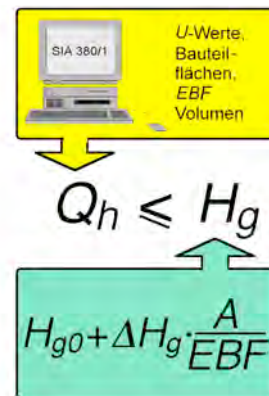
- Solarwabe
- Transparente Wärmedämmung

[P. Suter, A. Vogel: Energieversorgung]

Grenzwerte und Zielwerte für den Heizwärmebedarf Neubauten SIA 380/1 2001
bei $T = 8.5^\circ\text{C}$ Jahresmitteltemperatur (Zürich SMA) für eine Gebäudehüllzahl A/EBF

$$H_g = H_{g0} + A/EBF \cdot DH_g$$

Gebäudekategorie	Grenzwerte Heizen		Grenzwert Beispiel		Zielwerte	
	H_{g0} $\text{MJ m}^{-2} \text{a}^{-1}$	DH_g $\text{MJ m}^{-2} \text{a}^{-1}$	A/EBF m^2/m^2	H_g $\text{MJ m}^{-2} \text{a}^{-1}$	Neubau 60%	Sanierung 140%
1 Wohnen MFH	80	90	1.5	215	129	301
2 Wohnen EFH	90	90	1.5	225	135	315
3 Verwaltung	75	90	1.5	210	126	294
4 Schulen	90	90	1.5	225	135	315
5 Verkauf	60	90	1.5	195	117	273
6 Restaurants	95	90	1.5	230	138	322
7 Versammlung	105	90	1.5	240	144	336
8 Spitäler	100	100	1.5	250	150	350
9 Industrie	75	80	1.5	195	117	273
10 Lager	80	80	1.5	200	120	280
11 Sportbauten	95	80	1.5	215	129	301
12 Hallenbäder	70	130	1.5	265	159	371



Prinzip:

Zielwert für U

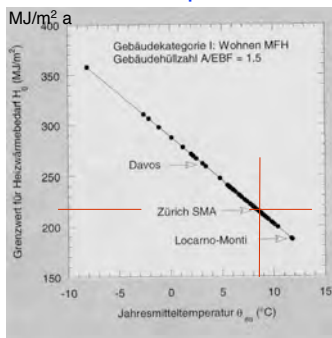
nicht z.B.
„10 cm Dämmung“

somit Weg offen !

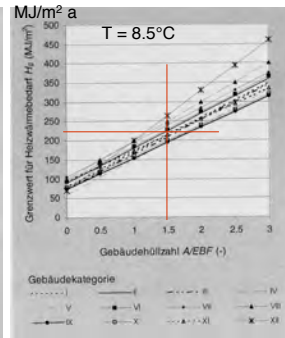
[Norm SIA 380/1 Ausgabe 2001]

Grenzwert Heizwärmebedarf nach SIA 380/1

Einfluss Temperatur



Geometrie A/EBF



[Norm SIA 380/1 Ausgabe 2001]

Einfluss der Gebäudegeometrie (A/V)

a) Form

b) Absolutes Volumen

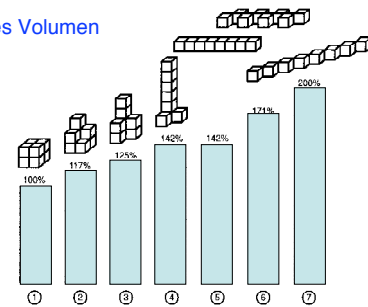
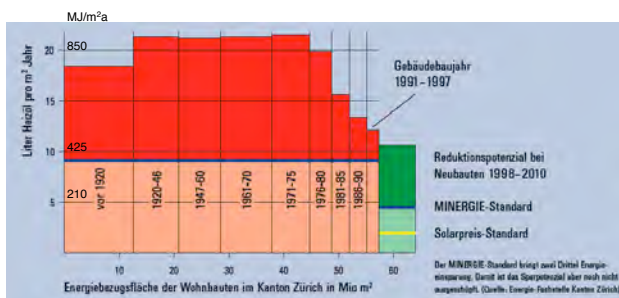


Bild 4.2. Transmissionswärmeverlust von Gebäuden gleichen Volumens in Abhängigkeit von der Gebäudeform, wenn über jede Teilfläche die gleiche Wärmemenge abfließt, nach [22]

[Reinmuth]

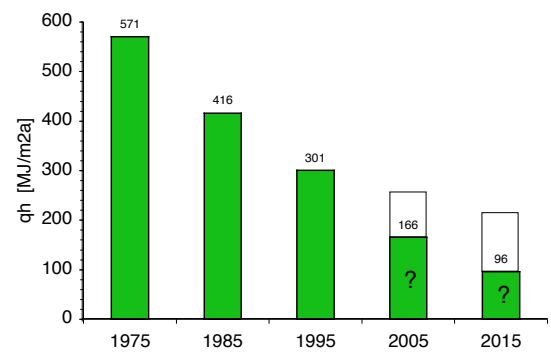
Energiekennzahl H+WW Kanton Zürich



1 l Heizöl = 42.5 MJ

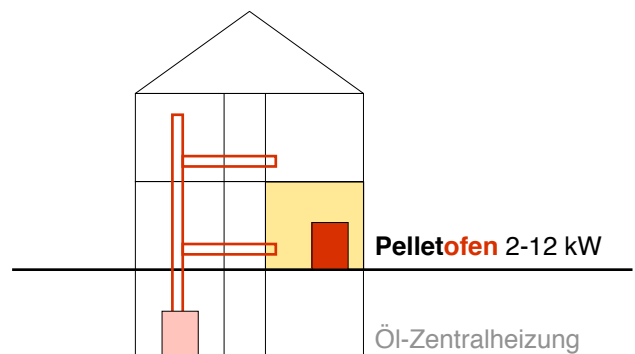
[Energie-Fachstelle Kanton Zürich, 2004, AWEL]

Spezifischer Heizenergiebedarf (H) in der Schweiz

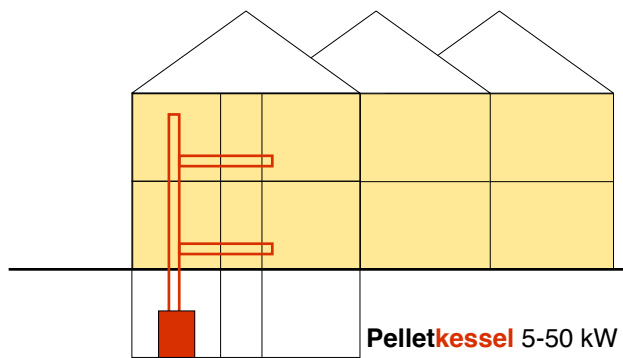


Wärmeverteilung

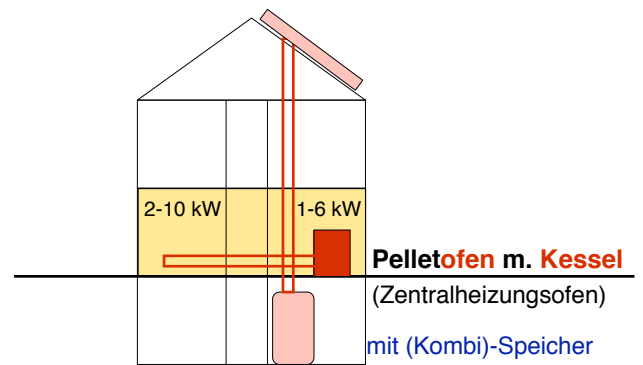
Anwendung 1: Pelletofen als Einzelraumheizung



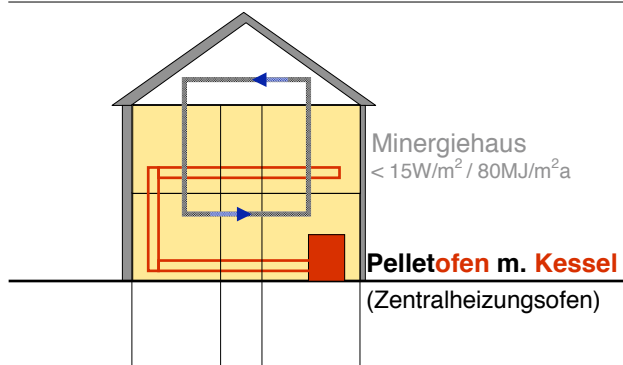
Anwendung 2: Pelletkessel als Zentralheizung



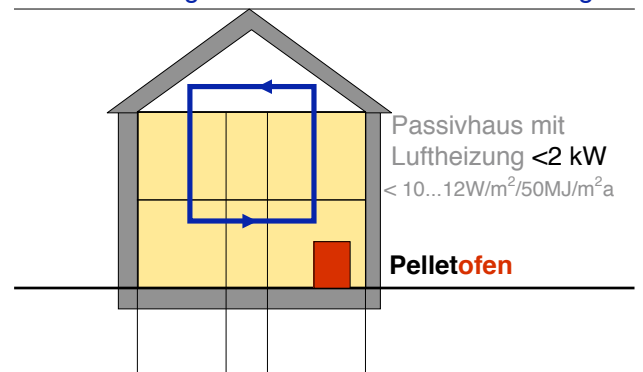
Anwendung 3: Pelletofen mit Kessel



Anwendung 3: Pelletofen mit Kessel

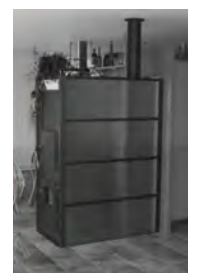


Anwendung 4: Pelletofen als Zentralheizung



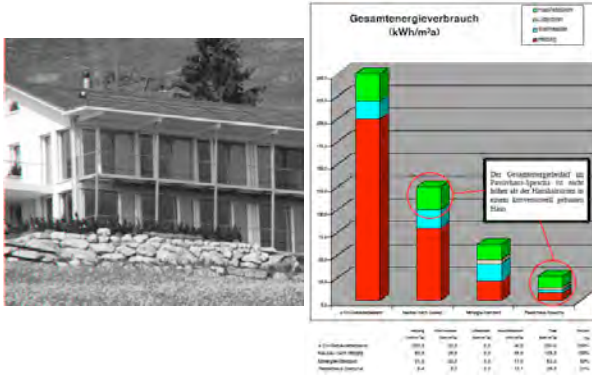
Beispiele von Minergie- und Passivhäusern

Minergie-Haus mit Sonne und Holz



[H. Huber: In T. Nussbaumer (Hrsg.), 6. Holz-En.Symp., Zürich 2000]

Minergie-Haus mit Sonne und Holz



[H. Huber: In T. Nussbaumer (Hrsg.), 6. Holz-En.Symp., Zürich 2000]

Minergie-EFH Kaisten: In 28 Tagen erbaut



[www.minergie.ch 2004]

Minergie-P-EFH Buttisholz (LU)



[www.minergie.ch 2004]

Minergie-MFH Fällanden



[www.minergie.ch 2004]

Minergie-MFH Gams mit Fotovoltaik



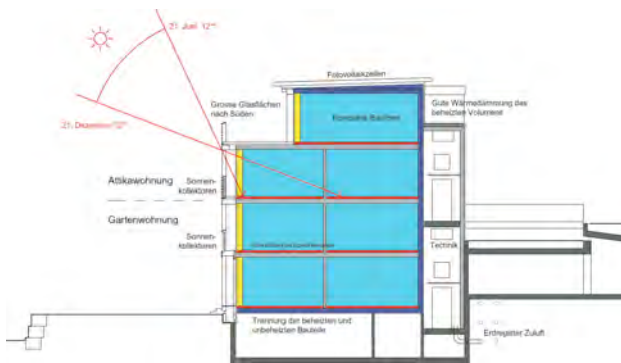
[www.minergie.ch 2004]

Minergie-MFH Zug



[www.minergie.ch 2004]

Passivhaus „Sunny Woods“ Zürich



[www.kaempfen.com 2004]

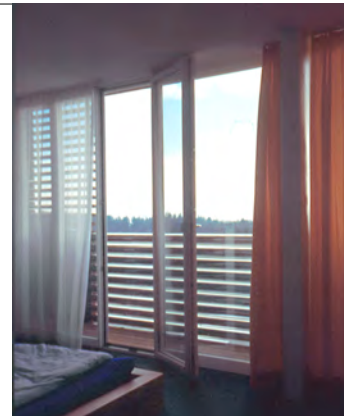
Passivhaus „Sunny Woods“ Zürich



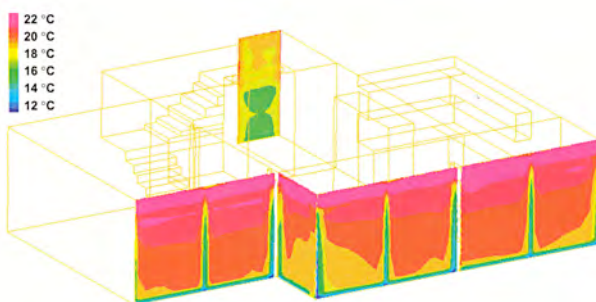
[www.kaempfen.com 2004]



Passivhaus „Sunny Woods“ Zürich

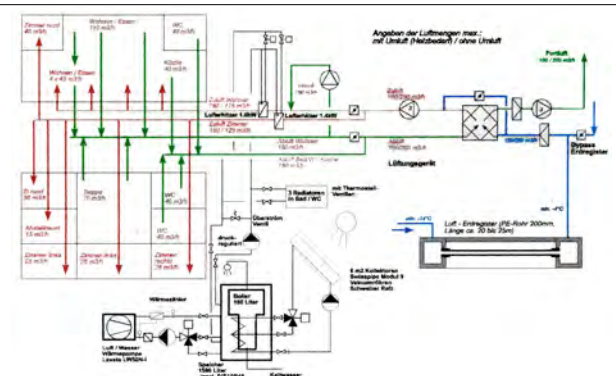


Passivhaus „Sunny Woods“ Zürich



[www.kaempfen.com 2004] [www.afc.ch 2004]

Passivhaus „Sunny Woods“ Zürich



[www.kaempfen.com 2004]

Passivhaus „Sunny Woods“ Zürich



[www.kaempfen.com 2004]

Passivhaus „Sunny Woods“ Zürich



[www.kaempfen.com 2004]

Passivhaus „Sunny Woods“ Zürich



Solarwand für Neubau und Sanierung



[Lixenfeld, Ch.: Solarwand fängt das Sonnenlicht ein
Handelsblatt 15.9.03 Nr. 177, 15]