

# MINERGIE und Passivhaus: Zwei Gebäudestandards im Vergleich

Anhang

Ausgearbeitet durch

**Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen**

.....

Im Auftrag des

**Bundesamtes für Energie**

März 2002

**Auftraggeber:**

Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden  
Bundesamtes für Energie

**Auftragnehmer:**

Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen (ZEN)

- Fachhochschule beider Basel, Institut für Energie, Muttenz
- Zürcher Hochschule Winterthur, Zentrum für nachhaltiges Bauen, Winterthur
- EMPA, Abt. Energiesysteme/Haustechnik und Abt. Holz, Dübendorf

**Autoren:**

A. Binz (Projektleitung), A. Moosmann, FHBB, Muttenz  
K. Viridén, J. Wydler, ZHW, Winterthur,  
A. Haas, H.J. Althaus, EMPA, Dübendorf

**Begleitgruppe:**

H. P. Bürgi, Minergie Agentur Bau  
R. Kriesi, Verein Minergie  
R. Meier, Verein Minergie  
M. Stettler, Bereichsleiter Gebäude BFE  
M. Zimmermann, Programmleiter  
G. Zweifel, HTA Luzern

2002

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogrammes „Rationelle Energienutzung in Gebäuden“ des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt sind alleine die Studiennehmer verantwortlich.

**Bundesamt für Energie BFE**

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern  
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • [office@bfe.admin.ch](mailto:office@bfe.admin.ch) • [www.admin.ch/bfe](http://www.admin.ch/bfe)

Vertrieb: EMPA ZEN, 8600 Dübendorf ([zen@empa.ch](mailto:zen@empa.ch) • [www.empa.ch/ren](http://www.empa.ch/ren), Gebäudekonzepte)  
ENET, 9320 Arbon ([enet@temas.ch](mailto:enet@temas.ch) • [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch))

# Anhang

## **MINERGIE und Passivhaus: Zwei Gebäudestandards im Vergleich**

<b>Anhang A: Vergleich der Standards</b>	K. Viridén, J. Wydler	<b>53</b>
<b>Anhang B: Referenzgebäudetypen</b>	K. Viridén, J. Wydler	<b>57</b>
Typ I		<b>57</b>
Typ II		<b>60</b>
Typ III		<b>66</b>
Vergleich der Gebäudetypen		<b>72</b>
Konstruktionen		<b>73</b>
<b>Anhang C: Endenergie- und Primärenergiebedarf</b>		
K. Viridén, J. Wydler		<b>77</b>
<b>Anhang D: Energie-, Wärme- und Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden nach PHPP'99, SIA 380/1:1988 und SIA 380/1:2001</b>	Dr. A. Haas	<b>78</b>
<b>Anhang E: Zulässiger Heizwärmebedarf für MINERGIE-Neubauten</b>	A. Binz	<b>109</b>
<b>Anhang F: Die rechnerische Abschätzung des spez. Heizleistungsbedarfs</b>	A. Binz	<b>113</b>
<b>Anhang G: Energiekennzahlen</b>	A. Binz	<b>116</b>
<b>Anhang H: Luftdichtigkeit</b>	K. Viridén, J. Wydler	<b>117</b>
<b>Anhang I: Graue Energie</b>	K. Viridén, J. Wydler	<b>118</b>



# Anhang A: Vergleich der Standards

K. Viridén, J. Wydler

	Passivhaus Standard			MINERGIE-Standard alte SIA 380/1			MINERGIE-Standard neue SIA 380/1		
		Werte in MJ/m <sup>2</sup> a	§, Erl.		Werte in MJ/m <sup>2</sup> a	§, Erl.		Werte in MJ/m <sup>2</sup> a	§, Erl.
<b>BEZUGSGRÖSSEN</b>									
Bezugsfläche	Nettowohnfläche NF			<b>EBF höhenkorrigiert</b> (Brutto, Aussenmasse)		M	<b>EBF höhenkorrigiert</b> (Brutto, Aussenmasse)		S
	Wenn gesamtes Untergeschoss gedämmt, dann kann 60 % der Nettofläche eingerechnet werden								
Gebäudevolumen	mit Aussenmassen			EBF <sub>0</sub> x Geschosshöhe x 0.8		M	EBF <sub>0</sub> x mittlere Geschosshöhe x 0.8		
Hüllfläche	mit Aussenmassen			mit Aussenmassen		S	mit Aussenmassen		S
Aussenhülle A/EBF	-			-					
Fensterflächen Fenster Rahmenanteil	Rohbaumasse						lichte Masse		S
<b>ENERGIEKENNZAHLEN</b>									
<b>Energiekennwert Heizung (Q<sub>h</sub>) (Nutzenergie)</b>	≤ 15 kWh/m <sup>2</sup> a NF	≤ 54	P	-			≤ 60% Hg		
<b>Energiekennzahl Wärmegewichtet (E<sub>w</sub>) (Endenergie)</b>				Neubau:			Neubau:		
EFH	-			≤ 45 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	≤ 160	M	≤ 42 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	≤ 150	M
MFH	-			≤ 45 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	≤ 160	M	≤ 38 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	≤ 137	M
Dienstleistungsbauten	-			≤ 40 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	≤ 145	M	≤ 40 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	≤ 145	M
Brauchwarmwasser				Standardnutzung: aus WW/P und EBF/P			Standardnutzung, pro m <sup>2</sup> EBF <sub>0</sub>		
EFH				17 kWh/m <sup>2</sup> a EBF <sub>0</sub>	60	M	14 kWh/m <sup>2</sup> a EBF <sub>0</sub>	50	M
MFH				28 kWh/m <sup>2</sup> a EBF <sub>0</sub>	100	M	21 kWh/m <sup>2</sup> a EBF <sub>0</sub>	75	M
Dienstleistungsbauten				7 kWh/m <sup>2</sup> a EBF <sub>0</sub>	25	M	7 kWh/m <sup>2</sup> a EBF <sub>0</sub>	25	M
Personen	effektive Personenbelegung			Standardnutzung			Standardnutzung		
EFH				50 m <sup>2</sup> EBF <sub>0</sub> / Person		S	60 m <sup>2</sup> EBF <sub>0</sub> / Person		S
MFH				30 m <sup>2</sup> EBF <sub>0</sub> / Person		S	40 m <sup>2</sup> EBF <sub>0</sub> / Person		S
Dienstleistung				20 m <sup>2</sup> EBF <sub>0</sub> / Person		S	20 m <sup>2</sup> EBF <sub>0</sub> / Person		S
<b>Energiekennzahl Elektr. (E<sub>el</sub>)</b>									
Wohnbauten	18 kWh/m <sup>2</sup> a	64.8		17 kWh/m <sup>2</sup> a es gilt SIA 380/4	60	M	17 kWh/m <sup>2</sup> a es ist der Elektrizitäts- verbrauch (Standard- nutzungswert) ge- mäss SIA 380/1 ein- zusetzen	60	M
Dienstleistungsbauten						M			M
<b>Energieträger</b>	nicht vorgegeben			Wertigkeit nach Energieträger (Gewichtung)		M	Wertigkeit nach Energieträger (Gewichtung)		M

	Passivhaus Standard		MINERGIE-Standard alte SIA 380/1		MINERGIE-Standard neue SIA 380/1	
	Werte in MJ/m <sup>2</sup> a	s. Erl.	Werte in MJ/m <sup>2</sup> a	s. Erl.	Werte in MJ/m <sup>2</sup> a	s. Erl.
<b>Primärenergie-Kennwert</b>	≤ 120 kWh/m <sup>2</sup> a		P			
Wertigkeit	Primärenergie			Endenergie		Endenergie (Voraussichtliche Werte)
Elektrizität	2.97		P 2		M 2	
Öl	1.09		P 1		M 1	
Gas	1.07		P 1		M 1	
Holz	1.01		P 0.6		M 0.6	
				ökol. Korrekturfaktor		ökol. Korrekturfaktor
<b>HAUSTECHNIK</b>						
<b>Warmwasser</b>	25l/Person, 60°C Niedrige Wärmeverluste bei Aufbereitung und Verteilung		P P	Standardrechenwerte Wärmebedarf/a EBF <sub>0</sub>	S	Standardrechenwerte Wärmebedarf/a EBF <sub>0</sub>
<b>Elektrizität</b>	Hocheffiziente Nutzung von el. Haushaltsstrom		P			
<b>Lüftung</b>	kontrollierte Lüftung mit WRG		P	Abluft mit kontrollierter Zuluft	M	Abluft mit kontrollierter Zuluft
Wärmerückgewinnung	> 75% (Gegenstrom-Wärmetauscher)		P			
Luftwechsel	Aussenluftwechsel gerechneter Wert oder 0.1 h <sup>-1</sup>			Aussenluftwechsel		Aussenluft-Volumenstrom
EFH				0.4 h <sup>-1</sup>	S	0.7 V/ EBF <sub>0</sub> m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup>
MFH				0.6 h <sup>-1</sup>	S	0.7 V/ EBF <sub>0</sub> m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup>
Lufttemperatur	max. Einblastemperatur 52° C			max. Einblastemperatur nicht definiert		max. Einblastemperatur nicht definiert
Heizgradtage	Mittlerer Wert für ganz D, spez. Daten dürfen verwendet werden		P	Klimaregionen und Stationen gemäss SIA 380/1	S	Monatswerte Klimaregionen und Stationen gemäss SIA 380/1
Heizgradstunden	(84 kWh/a)		P			
Innentemperatur	20° C		P	20° C	S	20° C
Heizgrenze	12° C		P	12° C	S	12° C
<b>Interner Gewinn</b>	Rechenwert 2.1 W/m <sup>2</sup>		P	gemäss Standardnutzung SIA 380/1	S	
<b>Solar</b>	Solare Beiträge zum WW werden auf Ebene Endenergie bei Berechnung PE-Kennwert berücksichtigt			Solare Beiträge zu Heizung und/oder WW werden bei Berechnung der Kennzahl nicht berücksichtigt		
<b>GEBÄUDEHÜLLE</b>						
<b>U-Wert opake Hülle</b>	≤ 0.15 W/m <sup>2</sup> K		P	auf Einzelbauteile ≤ 0.2 W/m <sup>2</sup> K	M	≤ 0.2 W/m <sup>2</sup> K inkl. Wärmebrücken
Fenster	≤ 0.8 W/m <sup>2</sup> K (nach EN 10077) Energiedurchlassgrad ≥ 50%		P	Keine Angaben		
alphas	gemäss DIN 4108 Teil 4		P			

	Passivhaus Standard		MINERGIE-Standard alte SIA 380/1		MINERGIE-Standard neue SIA 380/1		
	Werte in MJ/m <sup>2</sup> a	s. Erl.	Werte in MJ/m <sup>2</sup> a	s. Erl.	Werte in MJ/m <sup>2</sup> a	s. Erl.	
alpha Innen	8 W/m <sup>2</sup> K		8 W/m <sup>2</sup> K gem. SIA 180		S	8 W/m <sup>2</sup> K gem. SIA 180	S
alpha aussen	25 W/m <sup>2</sup> K		20 W/m <sup>2</sup> K gem. SIA 180		S	25 W/m <sup>2</sup> K gem. SIA 180	S
alpha Hinterlüftung aussen	1/alpha 0.08 m K/W		1/alpha 0.08 m K/W			1/alpha 0.08 m K/W	
alpha Wand gegen unbeheizt	8 W/m <sup>2</sup> K						
alpha gegen Erdreich	0 W/m <sup>2</sup> K		0 W/m <sup>2</sup> K gem. SIA 180		S	0 W/m <sup>2</sup> K gem. SIA 180	S
alpha gegen Keller	6 W/m <sup>2</sup> K						
<b>Luftdichtigkeit nL<sub>50</sub></b>	nL <sub>50</sub> ≤ 0.6 h <sup>-1</sup> Luftdichtigkeitsmessung erforderlich		P Empfehlung für möglichst luftdichte Gebäudehülle		M	Empfehlung für möglichst luftdichte Gebäudehülle	
<b>Wärmebrücken</b>	wärmebrückenfreie Ausführung		P Berücksichtigung in Berechnung gem. SIA 180			Berücksichtigung in Berechnung gem. SIA 180	
Wärmebrückenverlustkoeffizient (Ψ <sub>a</sub> )	wenn Ψ <sub>a</sub> ≤ 0.01 W/mK, dann kein Nachweis		P			Wärmebrücken müssen berücksichtigt werden	
<b>Reduktionsfaktor Wärmeverlust</b>						b-Faktoren gemäss SIA 380/1 0.8-0.9	
gegen unbeheizte Kellerräume	ft= 0.5		P 0.5 gem. SIA 180				
gegen Erdreich	ft= 0.5		P 0.5 gem. SIA 180			sehr differenziert Estrich: 0.7 - 0.9	
gegen sonstige unbeheizte Räume	ft= 1.0		P 0.5 gem. SIA 180			Nebenraum: 0.9 Glasvorbau: 0.9	
<b>BAULICHES</b>							
Lage Treppenhaus	aussenliegend, oder luftdichter Abschluss nach aussen und zum Keller		P -			-	
Mehrkosten Planung/Erstellung	Bau- und Betriebskosten über 30 Jahre sollten nicht höher sein als bei einem herkömmlichen Neubau				M	Max. 10% Mehrkosten im Vergleich zu herkömmlichen Bauten	
<b>KONTROLLEN</b>							
Projektierungskontrolle			Rechnerische Projektprüfung				
Ausführungskontrolle	Luftdichtigkeitsmessung Qualitätskontrolle über die gesamte Haustechnik Kontrolle Wärmebrückenvermeidung Kontrolle Dämmung (Lufträume vermeiden)		Stichprobenprüfung				
Betriebs-/ Erfolgskontrolle							
Diverses	Label nicht geschützt		Label geschützt			Label geschützt	

### Erläuterung

Abkürzungen für:

P: Bestandteil PH-Standard oder PHPP99

S: SIA-Norm

M: MINERGIE-Standard

### Kennzahlen (gleichbedeutend: Kennwert) versus Werte für Standardnutzung

Kennzahlen beschreiben die Qualität eines Systems oder einer Komponente; es gehen zumindest zum Teil Objektkennwerte ein; Standardnutzungen sind vorgegebene Werte (Randbedingungen), die nicht aus Charakteristiken des realen Objekts hergeleitet werden. Grenz- oder Zielwerte (d.h. Anforderungen) können daher nur für Kennzahlen angegeben werden.

### Verständigung

#### SIA 380/1 (1988)

Energiebilanz

Heizenergiebedarf

Gewinnfaktor freie Wärme

-

Energiebedarf für Warmwasser

-

Energiekennzahl Wärme

Nutzungsgrad

Energiekennzahl Licht, Kraft, Prozesse

#### SIA 380/1 (2001)

Energiebilanz

Heizwärmebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne

Heizenergiebedarf

Wärmebedarf für Warmwasser

Energiebedarf für Warmwasser

Energiebedarf für Heizung und

Warmwasser

Nutzungsgrad

-

# Anhang B: Referenzgebäudetypen

K. Viridén, J. Wydler

## Typ I

a <b>Nettowohnfläche</b> (exkl. Innenwände)	<b>800.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
b Nettowohnfläche (wenn UG im Dämmperimeter)	920.00	m <sup>2</sup>	
<b>Anzahl Geschosse</b>	<b>4</b>		
<b>Fensteranteil</b>			<b>20.0%</b>
Nord	16.00	m <sup>2</sup>	zu Nettowohnfläche
Ost	32.00	m <sup>2</sup>	
Süd	80.00	m <sup>2</sup>	
West	32.00	m <sup>2</sup>	
<b>Flächenanteil Innenwände</b>	<b>40.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 5.0%</b> zu Nettowohnfläche

Grundriss

Querschnitt

West-/ Ostfassade	Südfassade	Nordfassade	
<b>Typ I A: Massivbau (U-Wert 0.15 W/m<sup>2</sup> K)</b>			
Konstruktionsdicke Aussenwand	0.44		m
Konstruktionsdicke Dach	0.50		m
Konstruktionsdicke Boden EG	0.50		m
<b>Gebäudelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>16.88</b>		<b>m</b>
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>14.01</b>		<b>m</b>
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>11.50</b>		<b>m</b>
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	178.12		m <sup>2</sup>
Ost	129.12		m <sup>2</sup>
Süd	114.12		m <sup>2</sup>
West	129.12		m <sup>2</sup>
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>945.96</b>		<b>m<sup>2</sup></b>
		<b>= 118.2 %</b>	<b>zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhüllfläche A</b>	<b>1183.45</b>		<b>m<sup>2</sup></b>
<b>A/EBF</b>	<b>1.25</b>		

a NWF/EBF (ohne UG)	0.85		
b NWF/EBF (inkl. UG)	0.97		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>2719.62</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 70.6 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.15	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>	<b>6.9</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	

### Typ I B: Leichtbau (U-Wert 0.15 W/m<sup>2</sup> K)

Konstruktionsdicke Aussenwand	0.34	m	
Konstruktionsdicke Dach	0.42	m	
Konstruktionsdicke Boden EG	0.40	m	
<b>Gebäuelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>16.68</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>13.81</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>11.32</b>	<b>m</b>	
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	172.82	m <sup>2</sup>	
Ost	124.33	m <sup>2</sup>	
Süd	108.82	m <sup>2</sup>	
West	124.33	m <sup>2</sup>	
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>921.40</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 115.2 % zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhüllfläche A</b>	<b>1151.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
A/EBF	1.25		
a NWF/EBF (ohne UG)	0.87		
b NWF/EBF (inkl. UG)	1.00		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>2607.57</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 73.6 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.15	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>	<b>6.9</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	

### Typ II

a <b>Nettowohnfläche</b> (exkl. Innenwände)	<b>800.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
b Nettowohnfläche (wenn UG im Dämmperimeter)	1040.00	m <sup>2</sup>
<b>Anzahl Geschosse</b>	<b>2</b>	

<b>Fensteranteil</b>			<b>20.0%</b>
Nord	40.00	m <sup>2</sup>	zu Nettowohnfläche
Ost	12.00	m <sup>2</sup>	
Süd	96.00	m <sup>2</sup>	
West	12.00	m <sup>2</sup>	
<b>Flächenanteil Innenwände</b>	<b>40.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 5.0%</b> zu Nettowohnfläche

Grundriss

Querschnitt

Südfassade

West-/ Ostfassade

Nordfassade

### Typ II A: Massivbau (U-Wert 0.15 W/m<sup>2</sup> K)

Konstruktionsdicke Aussenwand	0.44	m	
Konstruktionsdicke Dach	0.50	m	
Konstruktionsdicke Boden EG	0.50	m	
<b>Gebäuelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>53.38</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>8.88</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>6.10</b>	<b>m</b>	
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	285.62	m <sup>2</sup>	
Ost	42.17	m <sup>2</sup>	
Süd	229.62	m <sup>2</sup>	
West	42.17	m <sup>2</sup>	
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>948.03</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 118.5 % zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhüllfläche A</b>	<b>1707.60</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
A/EBF	1.80		
a NWF/EBF (ohne UG)	0.84		
b NWF/EBF (inkl. UG)	1.10		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>2891.49</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 66.4 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.15	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>			<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>

### Typ II B: Leichtbau (U-Wert 0.15 W/m<sup>2</sup> K)

Konstruktionsdicke Aussenwand	0.34	m	
Konstruktionsdicke Dach	0.42	m	
Konstruktionsdicke Boden EG	0.40	m	
<b>Gebäuelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>53.18</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>8.68</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>5.92</b>	<b>m</b>	
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	274.83	m <sup>2</sup>	
Ost	39.39	m <sup>2</sup>	
Süd	218.83	m <sup>2</sup>	
West	39.39	m <sup>2</sup>	
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>923.20</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 115.4 % zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhülle A</b>	<b>1655.63</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
A/EBF	1.79		
a NWF/EBF (ohne UG)	0.87		
b NWF/EBF (inkl. UG)	1.13		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>2732.69</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 70.3 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.15	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>			<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>

### Typ II C: Massivbau (U-Wert 0.12 W/m<sup>2</sup> K)

Konstruktionsdicke Aussenwand	0.50	m	
Konstruktionsdicke Dach	0.55	m	
Konstruktionsdicke Boden EG	0.50	m	
<b>Gebäudelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>53.50</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>9.00</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>6.15</b>	<b>m</b>	
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	289.03	m <sup>2</sup>	
Ost	43.35	m <sup>2</sup>	
Süd	233.03	m <sup>2</sup>	
West	43.35	m <sup>2</sup>	
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>963.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 120.4 % zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhüllfläche A</b>	<b>1731.75</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
A/EBF	1.80		
a NWF/EBF (ohne UG)	0.83		
b NWF/EBF (inkl. UG)	1.08		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>2961.23</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 64.8 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.12	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>	<b>8.1</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	

### Typ II D: Leichtbau (U-Wert 0.12 W/m<sup>2</sup> K)

Konstruktionsdicke Aussenwand	0.42	m	
Konstruktionsdicke Dach	0.49	m	
Konstruktionsdicke Boden EG	0.40	m	
<b>Gebäudelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>53.34</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>8.84</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>5.99</b>	<b>m</b>	
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	279.51	m <sup>2</sup>	
Ost	40.95	m <sup>2</sup>	
Süd	223.51	m <sup>2</sup>	
West	40.95	m <sup>2</sup>	
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>943.05</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 117.9 % zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhüllfläche A</b>	<b>1687.97</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
A/EBF	1.79		
a NWF/EBF (ohne UG)	0.85		
b NWF/EBF (inkl. UG)	1.10		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>2824.44</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 68.0 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.12	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>	<b>8.2</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	

### Typ II E: Massivbau (U-Wert 0.09 W/m<sup>2</sup> K)

Konstruktionsdicke Aussenwand	0.59	m	
Konstruktionsdicke Dach	0.65	m	
Konstruktionsdicke Boden EG	0.50	m	
<b>Gebäuelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>53.68</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>9.18</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>6.19</b>	<b>m</b>	
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	295.50	m <sup>2</sup>	
Ost	45.38	m <sup>2</sup>	
Süd	239.50	m <sup>2</sup>	
West	45.38	m <sup>2</sup>	
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>985.56</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 123.2 % zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhüllfläche A</b>	<b>1771.31</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
A/EBF	1.80		
a NWF/EBF (ohne UG)	0.81		
b NWF/EBF (inkl. UG)	1.06		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>3079.89</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 62.3 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.09	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>			<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>

### Typ II F: Leichtbau (U-Wert 0.09 W/m<sup>2</sup> K)

Konstruktionsdicke Aussenwand	0.57	m	
Konstruktionsdicke Dach	0.63	m	
Konstruktionsdicke Boden EG	0.40	m	
<b>Gebäuelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>53.64</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>9.14</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>6.13</b>	<b>m</b>	
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	288.81	m <sup>2</sup>	
Ost	44.03	m <sup>2</sup>	
Süd	232.81	m <sup>2</sup>	
West	44.03	m <sup>2</sup>	
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>980.54</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 122.6% zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhüllfläche A</b>	<b>1750.22</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
A/EBF	1.78		
a NWF/EBF (ohne UG)	0.82		
b NWF/EBF (inkl. UG)	1.06		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>3005.35</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 63.9 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.09	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>			<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>

## Typ III

a	<b>Nettowoohnfläche</b> (exkl. Innenwände)	<b>800.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
b	Nettowoohnfläche (wenn UG im Dämmperimeter)	1040.00	m <sup>2</sup>	
	<b>Anzahl Häuser</b>	<b>4</b>		
	<b>Anzahl Geschosse</b>	<b>2</b>		
	<b>Fensteranteil</b>			<b>20.0%</b>
	Nord	4.00	m <sup>2</sup>	zu Nettowoohnfläche
	Ost	8.00	m <sup>2</sup>	
	Süd	20.00	m <sup>2</sup>	
	West	4.00	m <sup>2</sup>	
	<b>Flächenanteil Innenwände</b>	<b>40.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 5.0%</b> zu Nettowoohnfläche



Grundriss

Querschnitt

Südfassade

Nordfassade

West-/ Ostfassade

### Typ III A: Massivbau (U-Wert 0.15 W/m<sup>2</sup> K)

Konstruktionsdicke Aussenwand	0.44	m	
Konstruktionsdicke Dach	0.50	m	
Konstruktionsdicke Boden EG	0.50	m	
<b>Gebäuelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>10.88</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>11.38</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>6.10</b>	<b>m</b>	
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	249.47	m <sup>2</sup>	
Ost	245.67	m <sup>2</sup>	
Süd	185.47	m <sup>2</sup>	
West	245.67	m <sup>2</sup>	
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>990.52</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 123.8 % zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhüllfläche A</b>	<b>2074.80</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
A/EBF	2.10		
a NWF/EBF (ohne UG)	0.81		
b NWF/EBF (inkl. UG)	1.05		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>3021.07</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 63.6 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.15	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>			<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>

### Typ III B: Leichtbau (U-Wert 0.15 W/m<sup>2</sup> K)

Konstruktionsdicke Aussenwand	0.34	m	
Konstruktionsdicke Dach	0.42	m	
Konstruktionsdicke Boden EG	0.40	m	
<b>Gebäuelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>10.68</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>11.18</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>5.92</b>	<b>m</b>	
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	236.90	m <sup>2</sup>	
Ost	232.74	m <sup>2</sup>	
Süd	171.90	m <sup>2</sup>	
West	232.74	m <sup>2</sup>	
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>955.22</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 119.4 % zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhüllfläche A</b>	<b>1990.51</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
A/EBF	2.08		
a NWF/EBF (ohne UG)	0.84		
b NWF/EBF (inkl. UG)	1.09		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>2807.45</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 67.9 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.15	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>			<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>

### Typ III C: Massivbau (U-Wert 0.09 W/m<sup>2</sup> K)

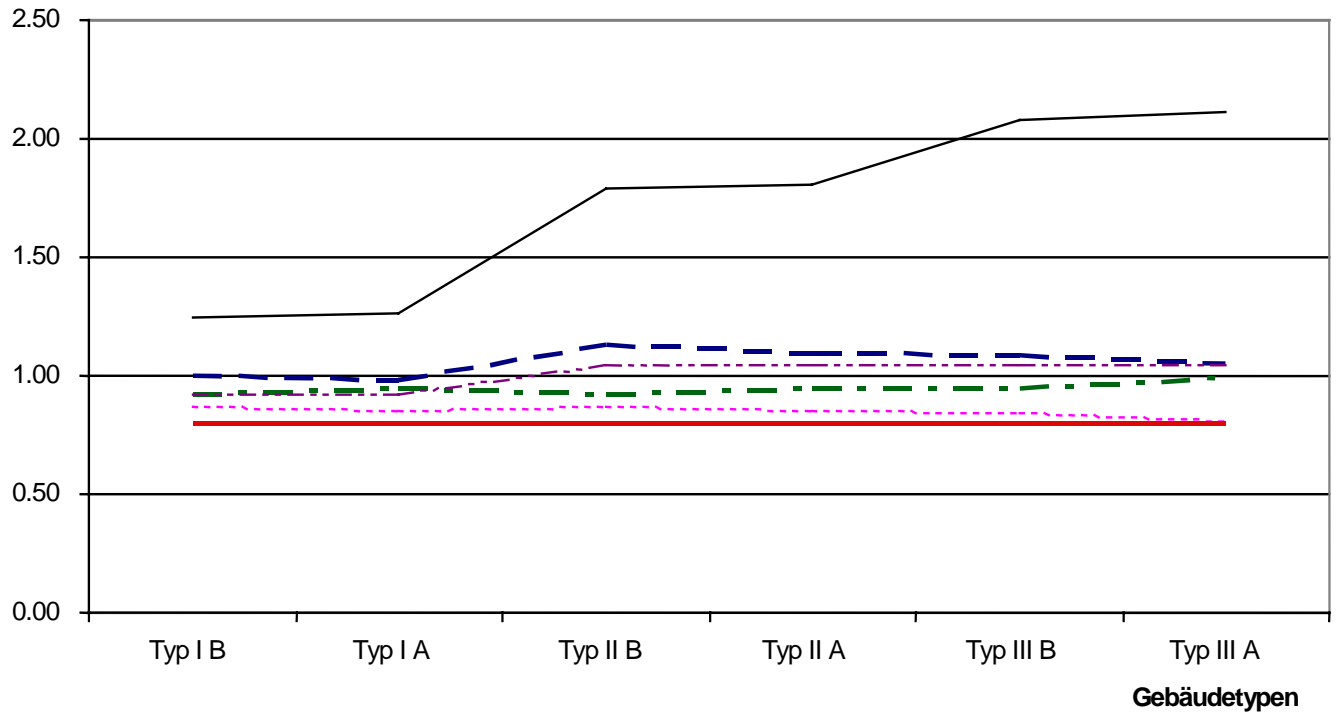
Konstruktionsdicke Aussenwand	0.59	m	
Konstruktionsdicke Dach	0.65	m	
Konstruktionsdicke Boden EG	0.50	m	
<b>Gebäudelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>11.18</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>11.68</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>6.25</b>	<b>m</b>	
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	263.50	m <sup>2</sup>	
Ost	260.00	m <sup>2</sup>	
Süd	199.50	m <sup>2</sup>	
West	260.00	m <sup>2</sup>	
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>1044.66</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 130.6 % zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhüllfläche A</b>	<b>2187.66</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
A/EBF	2.09		
a NWF/EBF (ohne UG)	0.77		
b NWF/EBF (inkl. UG)	1.00		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>3264.56</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 58.8 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.09	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>	<b>8.2</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	

### Typ III D: Leichtbau (U-Wert 0.09 W/m<sup>2</sup> K)

Konstruktionsdicke Aussenwand	0.57	m	
Konstruktionsdicke Dach	0.63	m	
Konstruktionsdicke Boden EG	0.40	m	
<b>Gebäudelänge (inkl. Aussenwand)</b>	<b>11.14</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)</b>	<b>11.64</b>	<b>m</b>	
<b>Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)</b>	<b>6.13</b>	<b>m</b>	
<b>Fassadenfläche ohne Fenster</b>			
Nord	257.15	m <sup>2</sup>	
Ost	253.41	m <sup>2</sup>	
Süd	193.15	m <sup>2</sup>	
West	253.41	m <sup>2</sup>	
<b>Energiebezugsfläche EBF</b>	<b>1037.36</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>= 129.7% zu Nettowohnfläche</b>
<b>Aussenhüllfläche A</b>	<b>2154.49</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
A/EBF	2.08		
a NWF/EBF (ohne UG)	0.77		
b NWF/EBF (inkl. UG)	1.00		
<b>Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)</b>	<b>3179.50</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)</b>	<b>1920.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>= 60.4 % zu Gebäudevolumen brutto</b>
<b>U-Werte Konstruktion</b>			
Mauerwerk	0.09	W/m <sup>2</sup> K	
Fenster	0.80	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Q<sub>h</sub> SIA 380/1 2001</b>	<b>8.2</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	

## Vergleich der Gebäudetypen

### Absolute Werte



- NWF/EBF (60 % UG)
- NWF/EBF
- A/EBF
- - Energiebezugsfläche in 1000 m<sup>2</sup>
- · - · Nettowohnfläche (60 % UG) in 1000 m<sup>2</sup>
- Nettowohnfläche in 1000 m<sup>2</sup>

## Konstruktionen

### Wand Massivbau A (U-Wert 0.15 W/m<sup>2</sup> K)

---

Fassadenverkleidung		
Hinterlüftung		
Dämmung horiz.	$\lambda = 0.035$	10 cm
Dämmung vert.	$\lambda = 0.035$	12 cm
Backstein	$\lambda = 0.440$	15 cm
Innenputz	$\lambda = 0.700$	1.5 cm
<b>Total Wanddicke</b>		<b>44 cm</b>

### Wand Massivbau D (U-Wert 0.12 W/m<sup>2</sup> K)

---

Fassadenverkleidung		
Hinterlüftung		
Dämmung horiz.	$\lambda = 0.035$	12 cm
Dämmung vert.	$\lambda = 0.035$	16 cm
Backstein	$\lambda = 0.440$	15 cm
Innenputz	$\lambda = 0.700$	1.5 cm
<b>Total Wanddicke</b>		<b>50 cm</b>

### Wand Massivbau F (U-Wert 0.09 W/m<sup>2</sup> K)

---

Fassadenverkleidung		
Hinterlüftung		
Dämmung horiz.	$\lambda = 0.035$	15 cm
Dämmung vert.	$\lambda = 0.035$	22 cm
Backstein	$\lambda = 0.440$	15 cm
Innenputz	$\lambda = 0.700$	1.5 cm
<b>Total Wanddicke</b>		<b>59 cm</b>

### Wand Leichtbau B (U-Wert 0.15 W/m<sup>2</sup> K)

---

Fassadenverkleidung		
Hinterlüftung		
Bitumierte Weichfaserplatte	$\lambda = 0.150$	2.2 cm
Dämmung horiz.	$\lambda = 0.035$	10 cm
Dämmung vert.	$\lambda = 0.035$	16 cm
Gipsfaserplatte	$\lambda = 0.240$	1.2 cm
<b>Total Wanddicke</b>		<b>34 cm</b>

### Wand Leichtbau D (U-Wert 0.12 W/m<sup>2</sup> K)

---

Fassadenverkleidung		
Hinterlüftung		
Bitumierte Weichfaserplatte	$\lambda = 0.150$	2.2 cm
Dämmung horiz.	$\lambda = 0.035$	16 cm
Dämmung vert.	$\lambda = 0.035$	18 cm
Gipsfaserplatte	$\lambda = 0.240$	1.2 cm
<b>Total Wanddicke</b>		<b>42 cm</b>

### Wand Leichtbau F (U-Wert 0.09 W/m<sup>2</sup> K)

---

Fassadenverkleidung		
Hinterlüftung		
Bitumierte Weichfaserplatte	$\lambda = 0.150$	2.2 cm
Dämmung horiz.	$\lambda = 0.035$	24 cm
Dämmung vert.	$\lambda = 0.035$	25 cm
Gipsfaserplatte	$\lambda = 0.240$	1.2 cm
<b>Total Wanddicke</b>		<b>57 cm</b>

**Dach Massivbau A (U-Wert 0.15 W/m<sup>2</sup> K)**

---

Kies	$\lambda = 2.000$	5 cm
Wassersperre		
Dämmung	$\lambda = 0.035$	23 cm
Beton	$\lambda = 1.800$	22 cm

**Total Dachdicke** **50 cm**

**Dach Massivbau C (U-Wert 0.12 W/m<sup>2</sup> K)**

---

Kies	$\lambda = 2.000$	5 cm
Wassersperre		
Dämmung	$\lambda = 0.035$	28 cm
Beton	$\lambda = 1.800$	22 cm

**Total Dachdicke** **55 cm**

**Dach Massivbau E (U-Wert 0.09 W/m<sup>2</sup> K)**

---

Kies	$\lambda = 2.000$	5 cm
Wassersperre		
Dämmung	$\lambda = 0.035$	38 cm
Beton	$\lambda = 1.800$	22 cm

**Total Dachdicke** **65 cm**

### Dach Leichtbau B (U-Wert 0.15 W/m<sup>2</sup> K)

---

Abdeckung		
Hinterlüftung		
Unterdach/ Weichfaserplatte	$\lambda = 0.090$	2.4 cm
Dämmung	$\lambda = 0.035$	20 cm
Dämmung	$\lambda = 0.035$	7 cm
Gipsfaserplatte	$\lambda = 0.240$	2.4 cm
<b>Total Dachdicke</b>		<b>42 cm</b>

### Dach Leichtbau D (U-Wert 0.12 W/m<sup>2</sup> K)

---

Abdeckung		
Hinterlüftung		
Unterdach/ Weichfaserplatte	$\lambda = 0.090$	2.4 cm
Dämmung	$\lambda = 0.035$	20 cm
Dämmung	$\lambda = 0.035$	14 cm
Gipsfaserplatte	$\lambda = 0.240$	2.4 cm
<b>Total Dachdicke</b>		<b>49 cm</b>

### Dach Leichtbau F (U-Wert 0.09 W/m<sup>2</sup> K)

---

Abdeckung		
Hinterlüftung		
Unterdach/ Weichfaserplatte	$\lambda = 0.090$	2.4 cm
Dämmung	$\lambda = 0.035$	22 cm
Dämmung	$\lambda = 0.035$	26 cm
Gipsfaserplatte	$\lambda = 0.240$	2.4 cm
<b>Total Dachdicke</b>		<b>63 cm</b>

# Anhang C: Endenergie- und Primärenergiebedarf

K. Viridén, J. Wydler

Für verschiedene Wärmeerzeugungssysteme für Heizung und Warmwasser werden anhand des Referenzgebäudes vom Typ I Massivbau die gewichteten Energiekennzahlen Wärme gemäss MINERGIE berechnet. Sie liegen alle unter 30 kWh/(m<sup>2</sup>a), dem MINERGIE-P-Grenzwert. Weiter wird aufgezeigt, welche Primärenergiekennwerte nach PHPP99 sich für diese Fälle ergeben. Diese liegen alle weit unter dem Passivhaus-Primärenergie-Grenzwert von 120 kWh/(m<sup>2</sup>a).

## Typ I Massivbau

Nettofläche	800
Energiebezugsfläche	943.5

## Energiekennzahl und Primärenergie

Mögliche Haustechniksysteme und Komfortlüftung mit WRG		E-Kennzahl	Primärenergie			Heizung und Warmwasser (Umrechnungsfaktor für PEI)					Haushalt
		kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	2.97	1.09	1.07	1.01	-2.97	2.97	
Heizung	Warmwasser	EBF	EBF	<b>Nettofläche</b>	El.	Oel	Gas	Holz	PV	El.	
Grenzwert für Energiekennzahl		<b>30</b>	94.1	<b>110.9</b>	15	0	0	0	0	<b>16.67</b>	
Elektrisch 80% / Solar 20%	Elektrisch 29% / Solar 71%	29.8	93.8	<b>110.6</b>	14.9	0	0	0	0	16.67	
Elektrisch 100%	Elektrisch 51% / Solar 49% / PV 7 Wp	29.5	93.5	<b>110.2</b>	22.2	0	0	0	7.4	16.67	
WP Luft/ Wasser (3.0)	WP Luft/ Wasser (3.0)	25.2	86.9	<b>102.5</b>	12.6	0	0	0	0	16.67	
WP Erdsonde (4.5)	WP Erdsonde (3.5)	21.0	80.7	<b>95.2</b>	10.5	0	0	0	0	16.67	
Holz	Holz	29.9	80.6	<b>95.1</b>	1	0	0	27.9	0	16.67	
Holz	Holz 51% / Solar 49%	29.9	80.6	<b>95.1</b>	1	0	0	27.9	0	16.67	
Oel	Oel 51% / Solar 49%	26.9	79.6	<b>93.9</b>	1	24.9	0	0	0	16.67	
KVA	KVA mit 50% Bonus im Sommer	22.8	73.6	<b>86.8</b>	1	0	0	20.9	0	16.67	

# Anhang D: Energie-, Wärme- und Wärme- leistungsbedarf von Gebäuden nach PHPP'99, SIA 380/1:1988 und SIA 380/1:2001

Dr. A. Haas

Basis des Vergleichs sind Systemanforderungen (nicht Einzelanforderungen).

Standardnutzung: soweit möglich werden Standardwerte verwendet.

Nachweis: Es geht beim Vergleich um den Einsatz der Rechenverfahren als Nachweisinstrument; die Verwendung als Instrument der Analyse wird hier nicht betrachtet.

Systemgrenze: Der Vergleich betrifft die Ebene Nutzenergie.

Kennzahlen (gleichbedeutend: Kennwert) versus Werte für Standardnutzung:

Kennzahlen beschreiben die Qualität eines Systems oder einer Komponente; es gehen zumindest zum Teil Objektkennwerte ein;

Standardnutzungen sind vorgegebene Werte (Randbedingungen), die nicht aus Charakteristiken des realen Objekts hergeleitet werden.

Grenz- oder Zielwerte (d.h. Anforderungen) können daher nur für Kennzahlen angegeben werden.

SIA 380/1:1988	SIA 380/1:2001	
Energiebilanz	Energiebilanz	
Heizenergiebedarf	Heizwärmebedarf	Nutzenergie
Gewinnfaktor freie Wärme	Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	
-	Heizenergiebedarf	Endenergie
Energiebedarf für Warmwasser	Wärmebedarf für Warmwasser	Nutzenergie
-	Energiebedarf für Warmwasser	Endenergie
Energiekennzahl Wärme	Energiebedarf für Heizung und Warmwasser	Endenergie
Nutzungsgrad	Nutzungsgrad	
Energiekennzahl Licht, Kraft, Prozesse	-	

Tabelle 1 "Verständigung"

## Referenzgebäude

Anhand der Referenzgebäude soll untersucht werden, wie sich die Unterschiede in den Berechnungsverfahren PHPP'99 und SIA 380/1 (alte und neue Version) auswirken.

Die Unterschiede der Verfahren betreffen zum einen die Fläche, auf die die Werte bezogen werden (Bruttogeschossfläche versus Netto-Wohnfläche), aber auch die Randbedingungen wie z.B. die Grösse der internen Wärmegewinne, das Klima, die Abschattungsverluste und die Ausnutzbarkeit der gesamten Wärmegewinne.

Die Referenzgebäude werden so definiert, dass sie die Bedingung für Passivhäuser,  $Q_h \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , gerade erfüllen. Damit wird am einfachsten sichtbar, welche Werte nach Schweizer Norm diesem Grenzwert entsprechen.

Der Beschrieb der Gebäudetypen sowie die Definition der Gebäudehülle (Abmessungen und Qualität) ist im Anhang B Referenzgebäudetypen zu finden.

## Annahmen zur Vervollständigung des Datensatzes

Die Definition der Gebäudehülle wird ergänzt durch folgende Annahmen, die notwendig sind, um die Berechnung des Heizwärmebedarfs durchführen zu können:

	Annahmen für Referenzgebäude	Umsetzung		
		PHPP'99	SIA 380/1:1988	SIA 380/1:2001
Wohneinheiten				
Typ I	8 WE à 100 m <sup>2</sup>	1 WE à 800 m <sup>2</sup>	1 WE à 800 m <sup>2</sup>	4 WE à 200 m <sup>2</sup>
Typ II	8 WE à 100 m <sup>2</sup>	1 WE à 800 m <sup>2</sup>	1 WE à 800 m <sup>2</sup>	4 WE à 200 m <sup>2</sup>
Typ III	4 WE à 200 m <sup>2</sup>	4*1 WE à 200 m <sup>2</sup>	4*1 WE à 200 m <sup>2</sup>	4*1 WE à 200 m <sup>2</sup>
Belegung				
Typ I	Standard	24	31	24
Typ II	Standard	24	31	24
Typ III	Standard	6*4	4*4	4*4
U-Wert Wand [W/m <sup>2</sup> /K]				
Typ I	0.15	0.15	0.15	0.15
Typ II	0.12	0.12	0.12	0.12
Typ III	0.09	0.09	0.09	0.09
g-Wert Fenster				
alle Typen	0.5	0.5	0.5	0.5
Reduktionsfaktoren Fenster				
alle Typen	wenig verschattet	0.45	0.476	0.567
Klimastation				
alle Typen	Mittelland	D pauschal	CH Zürich SMA (400m)	CH Zürich SMA (500m)
nat. Infiltration <sup>(a)</sup>				
	[1/h]	[1/h]	[1/h]	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h]
Typ I	0.042	0.042	0.05 <sup>(a)</sup>	0.09 <sup>(a)</sup>
Typ II	0.042	0.042	0.05 <sup>(a)</sup>	0.08 <sup>(a)</sup>
Typ III	0.042	0.042	0.05 <sup>(a)</sup>	0.08 <sup>(a)</sup>
eta WRG <sup>(a)</sup>				
alle Typen	0.75	0.75	0.75 <sup>(a)</sup>	0.75 <sup>(a)</sup>

	Annahmen für Referenzgebäude	Umsetzung		
		PHPP'99	SIA 380/1:1988	SIA 380/1:2001
<b>Lüftung [m3/h]</b>				
Typ I	700	700	700	700
Typ II	700	700	700	700
Typ III	158	158	158	158
<b>energ. wirks. LW</b>				
		[1/h]	[1/h]	[m3/m2/h]
Typ I	-	0.133	0.14	0.28
Typ II	-	0.133	0.13	0.26
Typ III	-	0.124	0.12	0.23
<b>für Nachweis: nat. Luftwechsel</b>				
			[1/h]	[m3/m2/h]
Typ I	-	-	0.4	0.7
Typ II	-	-	0.4	0.7
Typ III	-	-	0.4	0.7
<b>Wärmespeicherfähigkeit</b>				
				[MJ/m2/K]
Typ I	<sup>(b)</sup>	Fixwert (a=5),	-	0.1
Typ II	<sup>(b)</sup>	entspricht (sehr)	-	0.1
Typ III	<sup>(b)</sup>	leichter Bauweise	-	0.1
<b>Nutzung</b>				
alle Typen	-	Vorgabe	Vorgabe	Vorgabe

**Tabelle 2** Annahmen zur Vervollständigung des Datensatzes für die Basisvarianten: Abweichungen sind gegebenenfalls bei den Zusatzvarianten vermerkt.

<sup>(a)</sup> Werte gelten für Rechengang mit Lüftungsanlage (bei SIA 380/1:2001 ist dies nicht nachweisfähig)

<sup>(b)</sup> bezüglich Speicherfähigkeit wurde keine Unterscheidung zwischen Massivbau und Leichtbau getroffen, siehe Ergebnisse bezüglich Wärmespeicherkapazität

## Varianten

Variante	Berechnung
<b>Basisvarianten</b>	
PH	gemäss PHPP'99, mit den Werten für PHPP'99 aus dem vorhergehenden Abschnitt
SIA 380/1 alt	gemäss SIA 380/1:1988, mit den Werten für SIA 380/1:1988 aus dem vorhergehenden Abschnitt, ohne Lüftungsanlage (Nachweis)
SIA 380/1 neu	gemäss SIA 380/1:2001, mit den Werten für SIA 380/1:2001 aus dem vorhergehenden Abschnitt, ohne Lüftungsanlage (Nachweis)
SIA 380/1 alt (grau hinterlegt)	gemäss SIA 380/1:1988, mit den Werten für SIA 380/1:1988 aus dem vorhergehenden Abschnitt, mit Lüftungsanlage (kein Nachweis)
SIA 380/1 neu (grau hinterlegt)	gemäss SIA 380/1:2001, mit den Werten für SIA 380/1:2001 aus dem vorhergehenden Abschnitt, mit Lüftungsanlage (kein Nachweis)
<b>SIA 380/1 Min</b>	<b>gemäss SIA380/1:2001, mit den Werten für SIA 380/1:2001 aus dem vorhergehenden Abschnitt, aber mit Elektrizitätsverbrauch gemäss MINERGIE, <math>Q_E = 60 \text{ MJ/m}^2</math>, mit Lüftungsanlage (kein Nachweis)</b>
<b>Zusatzvarianten</b>	
PH, Last SIA neu	gemäss PHPP'99, mit den Werten für PHPP'99 aus dem vorhergehenden Abschnitt, aber die interne Last gemäss SIA 380/1:2001, umgerechnet auf Leistung / Wohnfläche
PH, RB SIA neu	wie vor, zusätzlich die Klimadaten gemäss SIA 380/1:2001, Standort Zürich (ohne Temperaturkorrektur)
PH, Davos	gemäss PHPP'99, mit den Werten für PHPP'99 aus dem vorhergehenden Abschnitt, aber Klimadaten für den Standort Davos
PH, RB SIA Davos	wie PH, RB SIA neu, aber Klimadaten gemäss SIA 380/1:2001, Standort Davos (ohne Temperaturkorrektur)
SIA 380/1 neu Davos	wie SIA 380/1 neu, aber mit Klimadaten für den Standort Davos

Tabelle 3 Abkürzungen für die Varianten

## Ergebnisse

		Heizwärmebedarf und Heizleistungsbedarf					
		Typ I		Typ II		Typ III	
		Massiv- bau	Leicht- bau	Massiv- bau	Leicht- bau	Massiv- bau	Leicht- bau
U-Wert opake Hülle	[W/(m <sup>2</sup> K)]	0.15	0.15	0.12	0.12	0.09	0.09
Qh_abs	PH	10'715.	10'341.	12'460.	11'952.	11'939.	11'408.
[kWh/a]	PH, Last SIA neu	6'444.		7'594.		9'044.	
	PH, RB SIA neu	6'292.		7'542.		8'804.	
	PH, Davos			15'210.			
	PH, RB SIA Davos			11'506.			
	SIA 380/1 neu Davos			10'267.			
	SIA 380/1 alt	16'694.	16'000.	18'389.	17'500.	24'000.	22'889.
(3)	SIA 380/1 alt	5'611.		6'611.		9'222.	
(1)	SIA 380/1 neu	14'764.	14'300.	16'903.	16'261.	19'578.	18'733.
(2)	SIA 380/1 neu	6'472.	6'350.	7'775.	7'606.	8'578.	8'256.
(4)	<b>SIA 380/1 Min</b>	<b>8'567.</b>	<b>8'375.</b>	<b>10'058.</b>	<b>9'792.</b>	<b>9'900.</b>	<b>9'644.</b>
Qh	(0) PH	13.4	12.9	15.6	14.9	14.9	14.3
[kWh/m <sup>2</sup> a]	PH, Last SIA neu	8.1		9.5		11.3	
	PH, RB SIA neu	7.9		9.4		11.	
	PH, Davos			19.			
	PH, RB SIA Davos			14.4			
	SIA 380/1 neu Davos			10.7			
	SIA 380/1 alt	17.7	17.4	19.1	18.8	23.	22.9
(3)	SIA 380/1 alt	5.9		6.9		8.8	
(1)	SIA 380/1 neu	15.6	15.6	17.6	17.5	18.7	18.7
(2)	SIA 380/1 neu	6.9	6.9	8.1	8.2	8.2	8.2
(4)	<b>SIA 380/1 Min</b>	<b>9.1</b>	<b>9.1</b>	<b>10.4</b>	<b>10.5</b>	<b>9.5</b>	<b>9.6</b>
Ph	PH	8'506.	8'363.	8'986.	8'802.	8'925.	8'731.
Pzu,max	PH						
[W]							
Ph	(0) PH	10.6	10.5	11.2	11.	11.2	10.9
Pzu,max	PH	11.3	11.3	11.3	11.3	10.2	10.2
[W/m <sup>2</sup> ]							
PE (Hzg+WW)	PH	47.1	46.6	59.	58.4	50.9	50.2
[kWh/m <sup>2</sup> a]	(0)						

Tabelle 4 Heizwärmebedarf Qh, Heizleistungsbedarf Ph und Primärenergiekennwert PE (jedoch ohne Haushaltselektrizität)  
 Qh\_abs absoluter Wert, Qh Wert bezogen auf die je nach Standard massgebliche Fläche  
 Erläuterungen zu den Varianten (Abkürzungen in der 2. Spalte) siehe vorhergehenden Abschnitt

		Verhältnisse zwischen den Methoden					
		Typ I		Typ II		Typ III	
		Massiv- bau	Leicht- bau	Massiv- bau	Leicht- bau	Massiv- bau	Leicht- bau
U-Wert opake Hülle	[W/(m <sup>2</sup> K)]						
Qh_abs	PH	1.	1.	1.	1.	1.	1.
[kWh/a]	PH, Last SIA neu	0.6		0.61		0.76	
	PH, RB SIA neu	0.59		0.61		0.74	
	PH, Davos			1.22			
	PH, RB SIA Davos			0.92			
	SIA 380/1 neu Davos			0.82			
	SIA 380/1 alt	1.56	1.55	1.48	1.46	2.01	2.01
(3)	SIA 380/1 alt	0.52		0.53		0.77	
(1)	SIA 380/1 neu	1.38	1.38	1.36	1.36	1.64	1.64
(2)	SIA 380/1 neu	0.6	0.61	0.62	0.64	0.72	0.72
(4)	SIA 380/1 Min	0.8	0.81	0.81	0.82	0.83	0.85
Qh	PH	1.	1.	1.	1.	1.	1.
[kWh/m <sup>2</sup> a]	PH, Last SIA neu	0.6		0.61		0.76	
	PH, RB SIA neu	0.59		0.61		0.74	
	PH, Davos			1.22			
	PH, RB SIA Davos			0.92			
	SIA 380/1 neu Davos			0.68			
	SIA 380/1 alt	1.32	1.35	1.23	1.26	1.54	1.6
(3)	SIA 380/1 alt	0.44		0.44		0.59	
(1)	SIA 380/1 neu	1.17	1.2	1.13	1.17	1.26	1.31
(2)	SIA 380/1 neu	0.51	0.53	0.52	0.55	0.55	0.58
(4)	SIA 380/1 Min	0.68	0.71	0.67	0.7	0.64	0.68
Ph	PH	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Pzu,max	PH						
[W]							
Ph	PH	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Pzu,max	PH						
[W/m <sup>2</sup> ]							

Tabelle 5 Werte aus der vorherigen Tabelle, bezogen auf den Wert nach PHPP'99

		Verhältnisse zwischen den Typen					
		Typ I		Typ II		Typ III	
		Massiv- bau	Leicht- bau	Massiv- bau	Leicht- bau	Massiv- bau	Leicht- bau
U-Wert opake Hülle	[W/(m <sup>2</sup> K)]						
Qh_abs	PH	1.	1.	1.16	1.16	1.11	1.1
[kWh/a]	PH, Last SIA neu	1.		1.18		1.4	
	PH, RB SIA neu	1.		1.2		1.4	
	PH, Davos						
	PH, RB SIA Davos						
	SIA 380/1 neu Davos						
	SIA 380/1 alt	1.	1.	1.1	1.09	1.44	1.43
(3)	SIA 380/1 alt	1.		1.18		1.64	
(1)	SIA 380/1 neu	1.	1.	1.14	1.14	1.33	1.31
(2)	SIA 380/1 neu	1.	1.	1.2	1.2	1.33	1.3
(4)	SIA 380/1 Min	1.	1.	1.17	1.17	1.16	1.15
Qh	PH	1.	1.	1.16	1.16	1.11	1.1
[kWh/m <sup>2</sup> a]	PH, Last SIA neu	1.		1.18		1.4	
	PH, RB SIA neu	1.		1.2		1.4	
	PH, Davos						
	PH, RB SIA Davos						
	SIA 380/1 neu Davos						
	SIA 380/1 alt	1.	1.	1.08	1.08	1.3	1.31
(3)	SIA 380/1 alt	1.		1.15		1.48	
(1)	SIA 380/1 neu	1.	1.	1.12	1.12	1.2	1.2
(2)	SIA 380/1 neu	1.	1.	1.18	1.18	1.2	1.19
(4)	SIA 380/1 Min	1.	1.	1.15	1.15	1.04	1.06
Ph	PH	1.	1.	1.06	1.05	1.05	1.04
Pzu,max	PH						
[W]							
Ph	PH	1.	1.	1.06	1.05	1.05	1.04
Pzu,max	PH	1.	1.	1.	1.	0.9	0.9
[W/m <sup>2</sup> ]							

Tabelle 6 Werte aus der ersten Tabelle, bezogen auf den Wert für Typ I

Energiebezugsfläche PH	800	800	800	800	800	800
[m <sup>2</sup> ]	943	919	963	931	1'045	1'001
Flächenverhältnisse SIA / PH	1.18	1.15	1.20	1.16	1.31	1.25

Tabelle 7 Netto-Wohnfläche (EBF des Passivhaus Projektierungs-Pakets) und Bruttogeschossfläche (EBF der SIA 380/1) der drei Typen von Referenzgebäuden in Massiv- und in Leichtbauweise

Anmerkungen zu den Tabellen 4 – 7

- (0) **! Achtung !** Die Werte sind mit der jeweils gültigen Energiebezugsfläche gerechnet und daher nicht direkt vergleichbar ! (Netto-Wohnfläche bzw. beheizte Bruttogeschossfläche)  
Für methodische Unterschiede, die aus anderen Randbedingungen als der Flächendefinition resultieren, vergleiche Werte von Q<sub>h\_abs</sub>
- (1) ohne mech. Lüftung (Nachweis)
- (2) mit mech. Lüftung (nicht nachweisfähig)
- (3) mit mech. Lüftung (eta<sub>WRG</sub> = 0.75, nach alter SIA nicht vorgesehen)
- (4) nach MINERGIE, d.h. mit Q<sub>E</sub> = 60 MJ/m<sup>2</sup>/a und mit mech. Lüftung (eta<sub>WRG</sub> = 0.75)

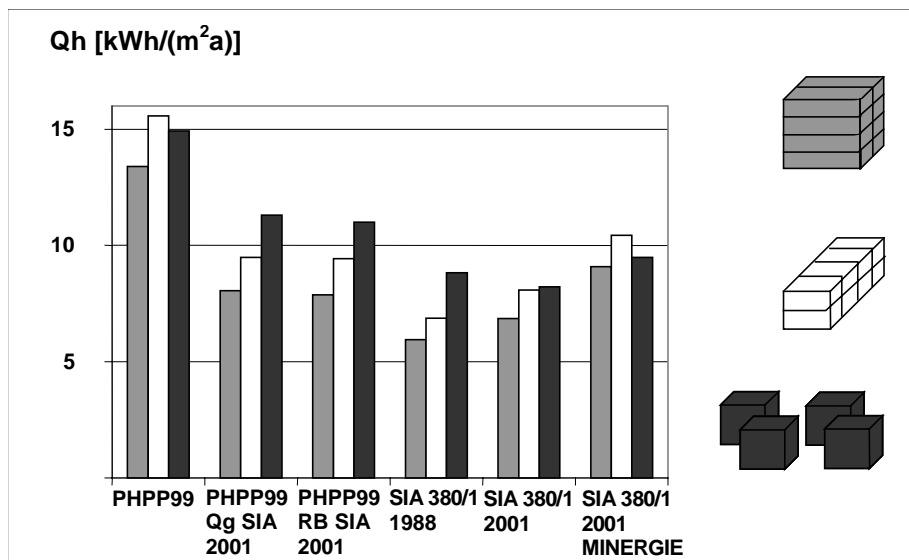


Abbildung 1 Heizwärmebedarf (in kWh/(m<sup>2</sup>a)) für die Varianten gemäss Abschnitt "Varianten". SIA 380/1:1988 und :2001 stellen die Werte mit Lüftungsanlage und WRG dar. Die Unterschiede resultieren aus den unterschiedlichen Bezugsflächen und den unterschiedlichen Randbedingungen.

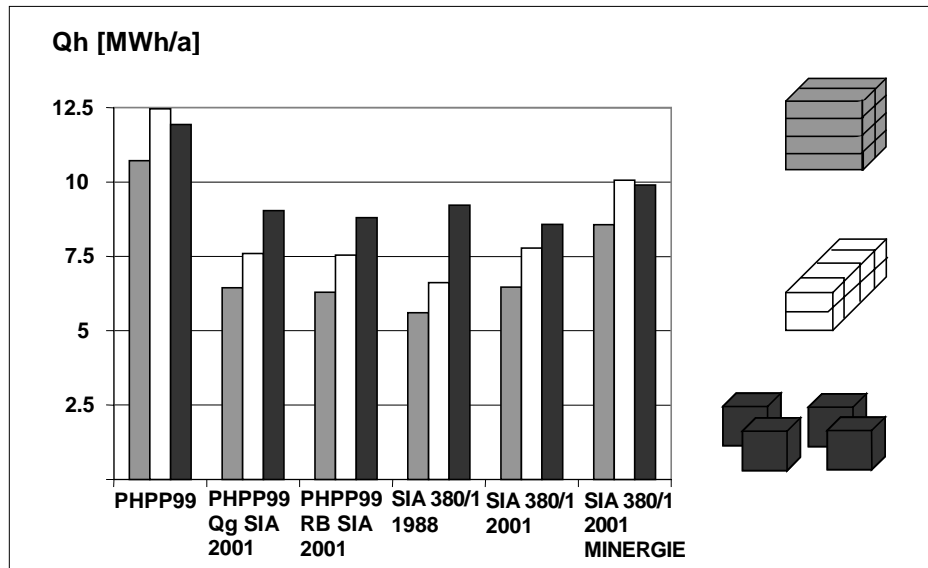


Abbildung 2 Absolutwerte des Heizwärmebedarfs für Varianten wie oben (in MWh/a). Die Unterschiede resultieren allein aus den unterschiedlichen Randbedingungen.

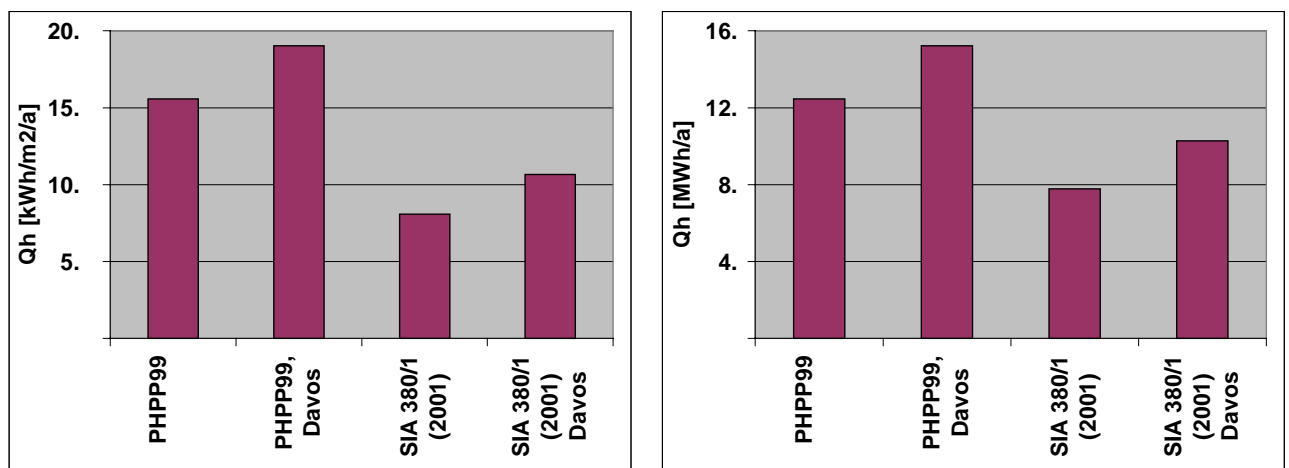


Abbildung 3 Heizwärmebedarf für Typ II (Reihenhaustyp), spezifische und absolute Werte für "Mittellandstandort" (Klima Zürich) und "Gebirgsstandort" (Klima Davos).

**Einfluss der gewählten Wärmespeicherfähigkeit**

	Heizwärmebedarf und Heizleistungsbedarf					
	Typ I Massivbau Leichtbau		Typ II Massivbau Leichtbau		Typ III Massivbau Leichtbau	
U-Wert opake Hülle	0.15	0.15	0.12	0.12	0.09	0.09
C=0.1	[MJ/m <sup>2</sup> /K]					
Qh [MJ/m <sup>2</sup> a]	56.3	56.	63.2	62.9	67.5	67.4
(1)	24.7	24.9	29.1	29.4	29.6	29.7
Tau [h]	54.		52.		55.	
(1)	73.		73.		77.	
f_g [-]	0.57		0.60	0.60	0.61	
(1)	0.50		0.53	0.52	0.53	
C=0.3	[MJ/m <sup>2</sup> /K]					
Qh [MJ/m <sup>2</sup> a]	49.6		55.8		61.8	
(1)	19.7		23.6		25.9	
Tau [h]	162.		155.		164.	
(1)	220.		208.		231.	
f_g [-]	0.60		0.64		0.64	
(1)	0.52		0.55		0.55	
C=0.5	[MJ/m <sup>2</sup> /K]					
Qh [MJ/m <sup>2</sup> a]	48.8		55.		61.1	
(1)	18.9		22.8		25.4	
Tau [h]	271.		258.		273.	
(1)	367.		347.		385.	
f_g [-]	0.61		0.64		0.65	
(1)	0.52		0.56		0.55	
C=1	[MJ/m <sup>2</sup> /K]					
Qh [MJ/m <sup>2</sup> a]	48.6		54.8		60.8	
(1)	18.6		22.5		25.2	
Tau [h]	541.		515.		545.	
(1)	734.		695.		771.	
f_g [-]	0.61		0.64		0.65	
(1)	0.52		0.56		0.55	

Tabelle 8 Heizwärmebedarf Qh, sowie Zeitkonstante tau und Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne f\_g nach SIA 380/1:2001 für die 4 möglichen Werte der Wärmespeicherfähigkeit. Weiss hinterlegt: mit natürlicher Lüftung. Grau hinterlegt: mit Lüftung und WRG.

Der in den vorherigen Varianten verwendete Wert  $C=0.1 \text{ MJ/m}^2/\text{K}$  liefert Werte für den Heizwärmebedarf, die etwa 20% höher liegen als für die anderen Werte von  $C$  (diese ergeben nur noch geringfügig unterschiedliche Werte).

Für die extrem geringen Verluste im Passivhaus ergeben sich allerdings für die höheren Werte von  $C$  sehr hohe Zeitkonstanten (im Extremfall bis über einen Monat!).

Es stellt sich die Frage, inwieweit das Modell für den Ausnutzungsgrad nach SIA 380/1:2001 für den Fall eines Passivhauses noch anwendbar ist.

Auch Gebäude mit guter Speicherfähigkeit wärmen sich aufgrund der geringen Verluste sehr schnell mit solaren Gewinnen auf. Es wäre zu überprüfen, ob Kriterien z.B. für Ablüftung bzw. Abschattung, die dem Ausnutzungsgrad zugrunde liegen, noch gültig sind. (Parameter für die empirische Formel wurden aus Fits der Ergebnisse von Simulationsrechnungen gewonnen, Auskunft von Claude-Alain Roulet, EPFL, und Thomas Frank, EMPA).

Das PHI trägt dem Rechnung, indem der Ausnutzungsgrad unabhängig von der Speicherfähigkeit bzw. der Zeitkonstante ist.

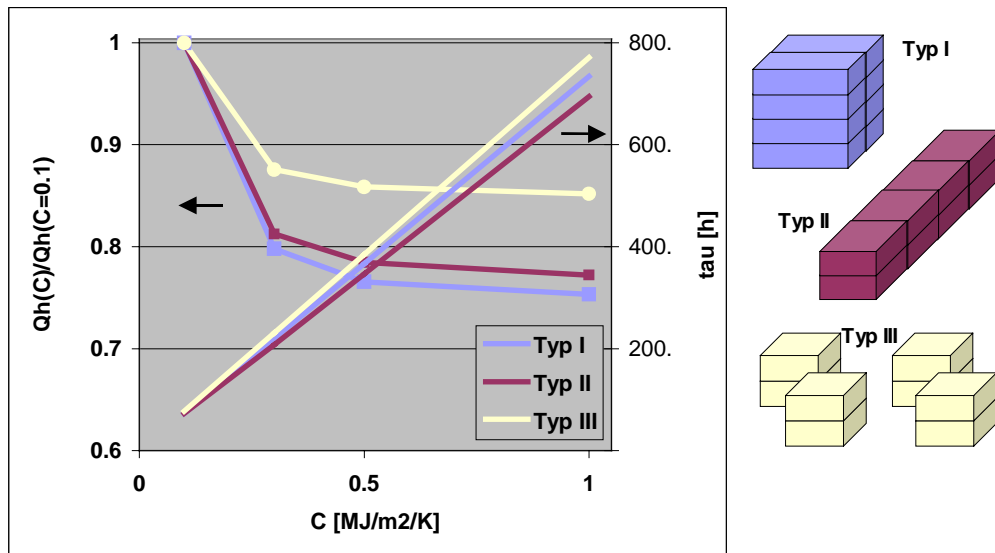


Abbildung 4 Heizwärmebedarf  $Q_h$ , bezogen auf den Heizwärmebedarf der leichtesten Konstruktion ( $C = 0.1 \text{ MJ/m}^2/\text{K}$ ) für die 4 möglichen Werte der Wärmespeicherfähigkeit nach SIA 380/1:2001. Rechte Achse: zugehörige Zeitkonstante. Variante Referenzgebäude mit Lüftung und WRG.

## Heizwärmebedarf

### Anforderungen SIA 380/1:2001

Der Grenzwert für den Heizwärmebedarf besteht aus einem konstanten Anteil plus einem Anteil, der mit der Gebäudehüllzahl  $A/EBF$  wächst

$$H_g = H_{g0} + \Delta H_g \cdot (A/EBF)$$

Gebäudekategorie		Grenzwerte	
		$H_{g0}$	$\Delta H_g$
		MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
I	Wohnen MFH	80	90
II	Wohnen EFH	90	90
III	Verwaltung	75	90
IV	Schulen	90	90
V	Verkauf	60	90
VI	Restaurants	95	90
VII	Versammlungslokale	105	90
VIII	Spitäler	100	100
IX	Industrie	75	80
X	Lager	80	80
XI	Sportbauten	95	80
XII	Hallenbäder	70	130

Tabelle 9 Grenzwerte nach Gebäudekategorie, gültig für Standorte mit einer Jahresmitteltemperatur  $\theta_{ea} = 8.5^\circ\text{C}$

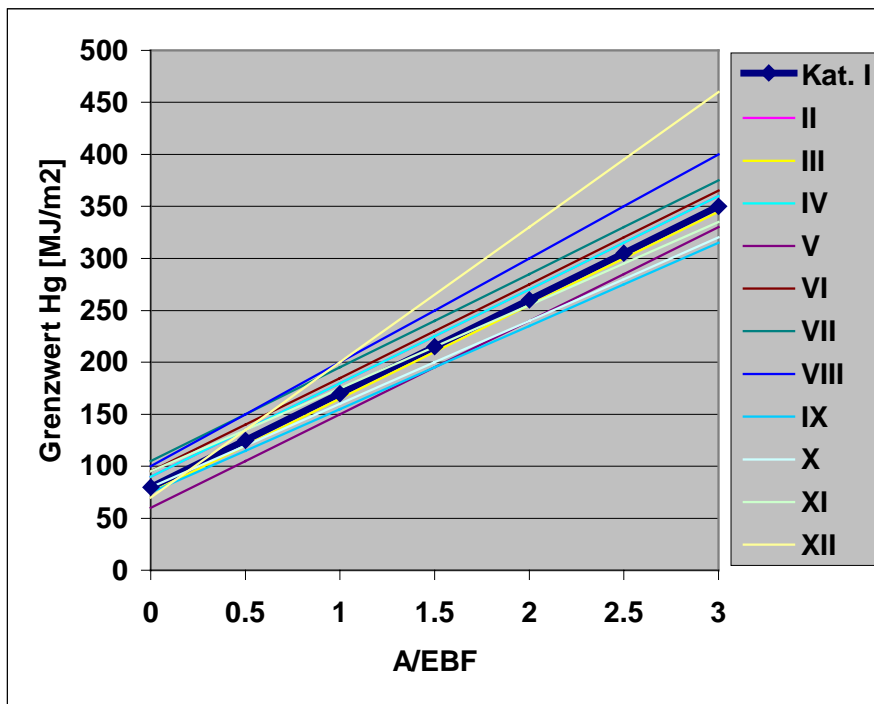


Abbildung 5 Grenzwert  $H_g$  in Abhängigkeit von der Gebäudehüllzahl A/EBF (Standort mit einer Jahresmitteltemperatur =  $8.5^\circ\text{C}$ ) für die in SIA 380/1:2001 definierten Gebäudekategorien I – XII.

Für Standorte mit abweichenden Jahresmitteltemperaturen gilt

$$H_g = H_g(8.5^\circ\text{C}) \cdot (1 + 0.04 \cdot (8.5 - \theta_{ea}))$$

Der Wert von  $8.5^\circ\text{C}$  entspricht der Jahresmitteltemperatur der Station Zürich-SMA nach SIA 380/1.

Die Zielwerte  $H_z$  für Neubauten betragen 60% der Grenzwerte für Neubauten.

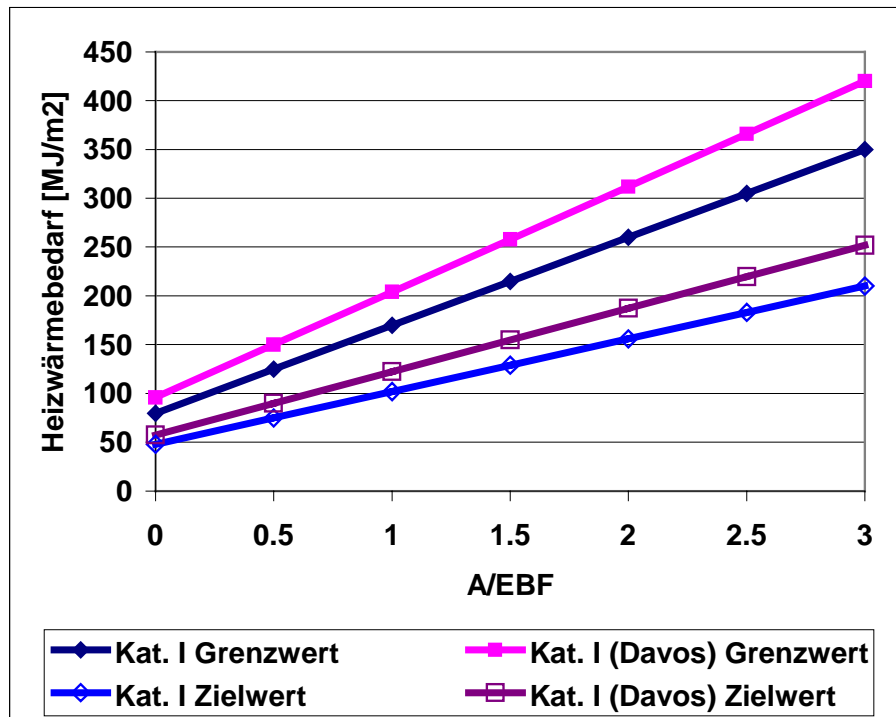


Abbildung 6 Grenzwert  $H_g$  und Zielwert  $H_z$  in Abhängigkeit von der Gebäudehüllzahl A/EBF für SIA-Gebäudekategorie I, für einen Standort mit einer Jahresmitteltemperatur = 8.5°C und korrigiert für einen Standort mit einer Jahresmitteltemperatur = 3.5°C (dies entspricht dem Standort Davos).

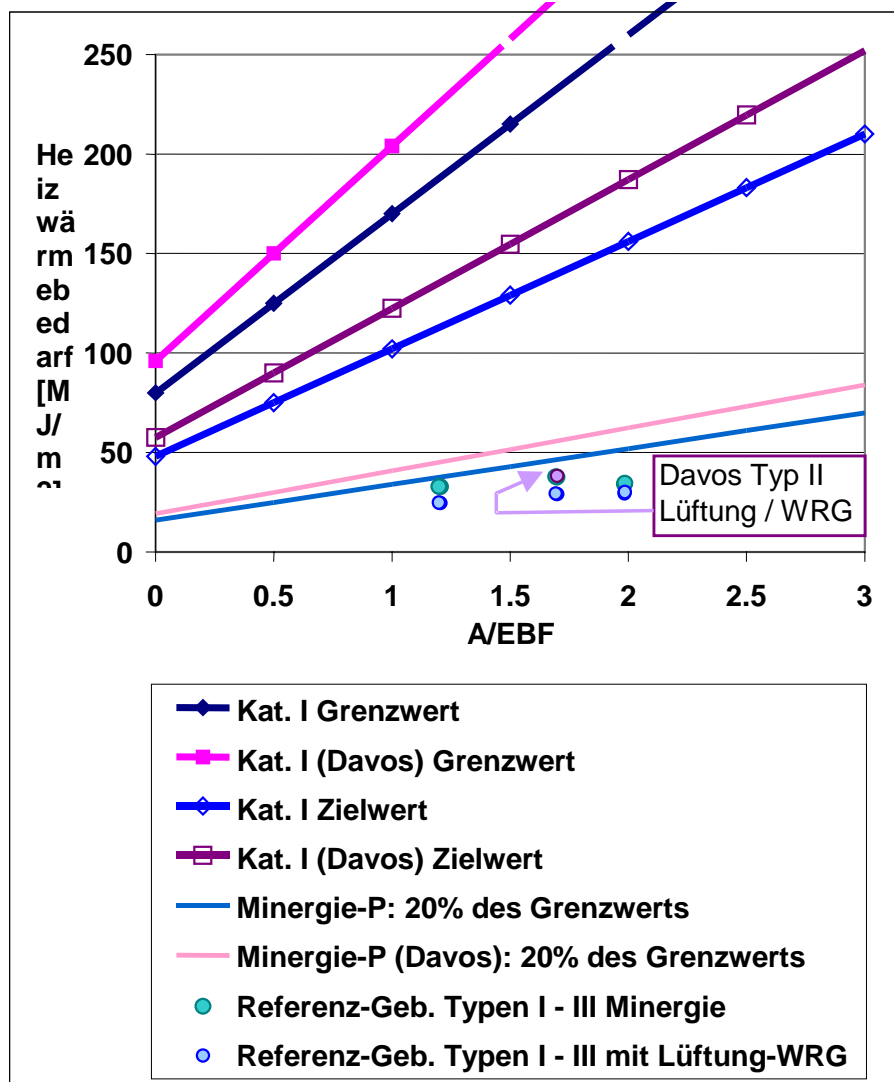


Abbildung 7 Grenzwert  $H_g$  und Zielwert  $H_z$  in Abhängigkeit von der Gebäudehüllzahl A/EBF für SIA-Gebäudekategorie I, sowie die vorgeschlagenen Maximalwerte des Heizwärmebedarfs für das MINERGIE-P Label (Linien). Zusätzlich ist der Heizwärmebedarf nach SIA 380/1:2001-MINERGIE (grüne Punkte) und nach SIA 380/1:2001 (blaue Punkte) für die Referenzgebäude Typ I – Typ III, gerechnet mit Lüftungsanlage und WRG, dargestellt. Diese Gebäude weisen, gerechnet nach Passivhaus Projektierungs-Paket, gerade einen Heizwärmebedarf von ca. 15 kWh/m<sup>2</sup> Nettowohnfläche auf. Typ I weist mit 10% darunter die grösste Abweichung auf.

## **Zum Vorschlag Anforderungen MINERGIE-P**

(Vorschlag von der Begleitgruppe, Sitzung am 19.10.2001, 20% des Grenzwerts, entsprechend 1/3 des Zielwerts)

### **Heizleistungsbedarf**

#### **Begrifflichkeiten**

Passivhaus Projektierungs-Paket '99 [PHPP'99]: Heizlast und Heizwärmelast (in W bzw  $W/m^2$ )

SIA Empfehlung "Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden" [SIA 384/2]:  
Wärmeleistung, Wärmeleistungsbedarf (in W), spezifischer Wärmeleistungsbedarf (in  $W/m^3/K$  bezogen auf Bruttovolumen)

SN "Thermische Energie im Hochbau" [SIA 380/1:01]: Spezifischer Wärmeverlust (in  $W/K$ ).

Wir schlagen vor, "Heizleistungsbedarf" für die Leistung zu verwenden, die für den Erhalt des Labels MINERGIE-P nachgewiesen werden muss.

### **Passivhaus-Projektierungs-Paket '99**

Im Passivhaus-Projektierungs-Paket '99 [PHPP99] wird ein Blatt "Heizlast" zur Abschätzung der Heizwärmelast zur Verfügung gestellt.

Die Gebäudedaten zur Berechnung der Heizwärmelast sind dieselben, die zur Berechnung des Heizwärmebedarfs verwendet werden, mit Ausnahme von

- alle Reduktionsfaktoren (gegen Aussenluft oder unbeheizte Nebenräume) sind gleich 1
- statt Reduktionsfaktor 0.5 fixe Temperaturdifferenz zu unbeheizt:  $10^{\circ}C$ .
- der Infiltrationsluftwechsel wird um den Faktor 2.5 erhöht (ohne genauen Nachweis) oder nach DIN EN 832 berechnet
- die internen Gewinne werden reduziert ( $1.6 W/m^2$  statt  $2.1 W/m^2$  im Wohnungsbau)
- der Ausnutzungsfaktor für die freie Wärme ist gleich 1

Zur Berechnung des Heizwärmebedarfs werden für ganz Deutschland einheitliche meteorologische Daten verwendet. Zur Berechnung der Heizlast werden Daten der entsprechenden deutschen Klimaregionen (siehe Tabelle im Abschnitt Klimadaten) verwendet. Die Klimadaten werden im nächsten Abschnitt diskutiert. Angegeben werden Auslegungstemperatur und Einstrahlung für die Haupthimmelsrichtungen für einen klaren kalten Tag (Typ I) und für einen trüben moderaten Tag (Typ II).

Die Heizlast wird für beide Typen berechnet. Der grössere der beiden Werte ist die massgebende Heizlast. Parallel wird aus der minimalen Zulufttemperatur ohne Nachwärmung und der maximal zulässigen Zulufttemperatur die Leistung bestimmt, die über die Zuluft zugeführt werden kann. Wenn eine Luftheizung

eingesetzt werden soll, muss die Heizlast kleiner sein als die über die Zuluft transportierbare Leistung.

Je nach Region und Gebäudetyp (Kompaktheit der Hülle, passive Solarnutzung) kann die maximale Heizlast an Tagen von Typ I oder Typ II auftreten.

### Klimadaten Passivhaus Projektierungs-Paket '99

Zur Berechnung der Heizlast werden Daten der entsprechenden deutschen Klimaregionen gemäss nachfolgender Tabellen verwendet.

TRY	Klimaregion
1	Nord- und Ostseeküste, nördliches Schleswig-Holstein, z.B. Bremerhaven, Hamburg
2	Nord- und westdeutsches Tiefland, z.B. Hannover
3	Ruhrgebiet und weitere Ballungsgebiete des Flachlandes, z.B. Essen
4	Nördliche und westliche Mittelgebirge ohne Hochlagen, z.B. Trier
5	Franken und nördliches Baden-Württemberg, z.B. Würzburg
6	Nördlicher Oberrheingraben, z.B. Frankfurt am Main
7	Südlicher Oberrheingraben, z.B. Freiburg
8	Donaubecken und Alpenvorland bis ca. 600 m Höhe, z.B. Augsburg
9	Alpenvorland von ca. 600-1000 m Höhe, nordwestlicher Schwarzwald, z.B. München
10	Schwarzwald, Schwäbische und Fränkische Alb
11	Hochlagen der nördlichen und westlichen Mittelgebirge, z.B. Hof
12	Bodensee mit Umgebung, z.B. Friedrichshafen

Tabelle 10 Beschreibung der 12 Klimaregionen Deutschlands (TRY Typical Reference Year) nach [PHPP99]

TRY	Auslegungs- temperatur		Strahlung									
			W/m <sup>2</sup>									
	°C		Ost		Süd		West		Nord		Horizontal	
Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	
1	-5.0	-2.0	15	5	70	5	15	5	5	5	5	5
2	-5.0	-1.0	10	5	50	5	10	5	5	5	5	5
3	-4.0	-2.0	15	5	60	15	15	5	5	5	5	5
4	-4.0	-1.0	15	5	60	5	15	5	5	5	5	5
5	-8.0	0.0	15	5	60	5	15	5	5	5	5	5
6	-6.0	-1.0	15	5	50	5	15	5	5	5	5	5
7	-5.0	-1.0	15	5	70	5	15	5	5	5	5	5
8	-9.0	-3.0	15	5	60	5	15	5	5	5	5	5
9	-8.0	-4.0	15	5	60	5	15	5	5	5	5	5
10	-7.0	-4.0	15	5	60	5	15	5	5	5	5	5
11	-9.0	-4.0	10	5	40	5	10	5	5	5	5	5
12	-6.0	-5.0	5	5	25	5	5	5	5	5	5	5

Tabelle 11 Temperaturen und Einstrahlung in den Hauptrichtungen für einen klaren kalten Tag (Typ I) und für einen trüben moderaten Tag (Typ II) nach [PHPP99]. TRY siehe Tabelle oben.

## Klimadaten Auslegungstemperatur CH

SIA Empfehlung "Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden" [SIA 384/2] listet für viele Orte in der Schweiz eine massgebende Aussenlufttemperatur auf (Tabelle 1 S. 16ff). Diese wird auch in der Ausgabe 1988 der Empfehlung SIA 380/1 [SIA 380/1:88] bei den dort aufgelisteten Stationen aufgeführt. Die Daten wurden auch separat in der SIA 381/2 [SIA 381/2:88] veröffentlicht.

Nach [SIA 384/2] wurde für einen Zeitraum von 70 Jahren (1901 – 1970) eine Auswertung der Häufigkeit (Fälle pro Jahr), mit der Kälteperioden einer bestimmten Länge und einer bestimmten mittleren Temperatur auftreten, vorgenommen.

Unter Berücksichtigung der Wärmespeicherfähigkeit eines Gebäudes und einer gewissen Toleranz gegenüber der Unterschreitung des Sollwerts der Raumlufttemperatur wurde festgelegt:

die massgebende Aussenlufttemperatur ist diejenige Temperatur, für die gilt:

- (Massivbau)  $t_a$  kommt im Mittel einmal pro Jahr als 4-Tages-Periode vor
- (Leichtbau)  $t_a$  kommt im Mittel einmal pro Jahr als 1-Tages-Periode vor

Eine Vereinfachung wurde getroffen, indem nur die Werte für den Massivbau tabelliert wurden, und für Leichtbauten Temperaturkorrekturen angegeben werden. Als Massivbau gelten Gebäude mit einer spezifischen Masse  $\bar{M} > 700 \text{ kg/m}^2$  (wärmeaktive Masse bezogen auf Aussenfläche).

Für Davos ist für Massivbauten  $t_a = -14^\circ\text{C}$ , für Zürich (Stadt) ist  $t_a = -7^\circ\text{C}$ , für Zürich (SMA) ist  $t_a = -8^\circ\text{C}$ .

## Beispiele CH mit Meteonorm

Für die Schweiz wurden beispielhaft die Standorte Davos und Zürich-Kloten ausgewertet. Mit Meteonorm [MN97] wurden Stundenzeitreihen der Aussenlufttemperatur und der Einstrahlung auf die Horizontale sowie auf Ost-, Süd-, West- und Nord-orientierte Flächen erzeugt. Die Stundenwerte wurden anschliessend zu Mittelwerten über 4 Tage (96 h) zusammengefasst.

Der Mittelungszeitraum von 4 Tagen trägt der ausgleichenden Wirkung der Wärmespeicherfähigkeit der Gebäude Rechnung.

TRY	Auslegungstemperatur <sup>(1)</sup>		Strahlung <sup>(1)</sup>									
	°C		W/m <sup>2</sup>									
			Ost		Süd		West		Nord		Horizontal	
	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II
Davos	-10.0	-6.6	95.6	23.7	238.5	54.5	92.7	27.8	38.9	16.7	96.2	33.6
Zürich	-4.9	-2.1	12.4	4.9	18.1	4.3	12.2	4.8	11.4	5.1	20.6	8.9

Tabelle 12 Temperaturen und Einstrahlung in den Hauptrichtungen für die Periode mit dem niedrigsten Temperaturmittel (Typ I) und für die Periode mit der niedrigsten Mittel der Einstrahlung (Typ II) für 2 Schweizer Standorte, Davos und Zürich-Kloten.

<sup>(1)</sup> 4-Tages-Mittel der Meteo-Daten

Typ I: niedrigstes Temperaturmittel (Davos: 25. – 28. Jan.; Zürich-Kloten: 17. – 20. Jan.)

Typ II: niedrigste mittlere Einstrahlung (Davos: 25. – 28. Nov.; Zürich-Kloten: 19. – 22. Dez.)

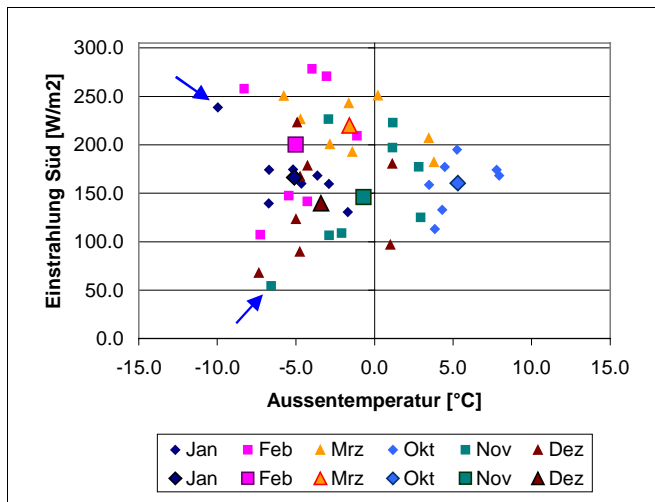


Abbildung 8 Davos  
4-Tages-Mittel (kleine Punkte) und Monatsmittel (grosse Punkte)

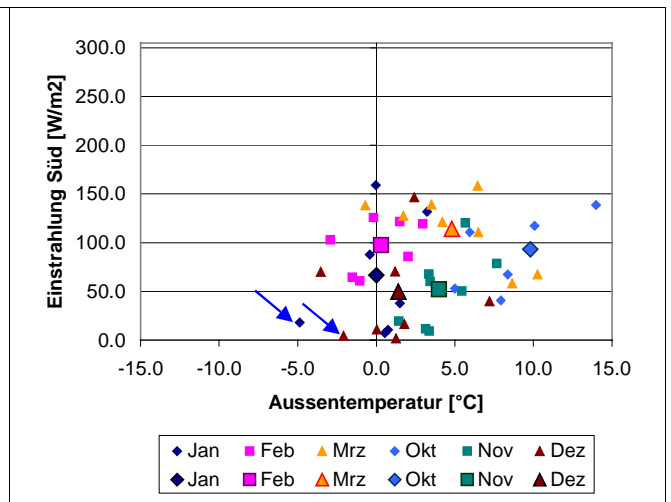


Abbildung 9 Zürich  
4-Tages-Mittel (kleine Punkte) und Monatsmittel (grosse Punkte)

Die hier ermittelten Temperaturen liegen um 3 ... 4°C höher als die oben erwähnten massgebenden Aussenlufttemperaturen.

Bei dem Vergleich ist aber zu beachten, dass

- sich diese Auswertung nur auf ein Jahr bezieht, und dieses aus einer anderen Messperiode stammt (1983 – 1993)
- Extremwerte von Meteonorm evtl. nicht verlässlich reproduziert werden
- die Mittelung beginnend von der ersten Stunde des ersten Januar fortlaufend für jeweils 96 h erfolgte, und nicht das 96 h – Zeitfenster gesucht wurde, für das sich der minimalste Wert ergibt.

## Anforderungen Verfahren MINERGIE-P

Ausgangspunkt: Eingangsdaten und Zwischenergebnisse nach dem Verfahren SIA 380/1:2001, insbesondere spezifischer Wärmeverlust

Die Randbedingungen und Eingangsdaten zur Berechnung des Heizleistungsbedarfs sind teilweise dieselben, die zur Berechnung des Heizwärmebedarfs verwendet werden, eine Aufstellung findet sich in der nachstehenden Tabelle. Insbesondere werden die gleichen Abmessungen der Bauteile (Aussenmasse) verwendet. Die Randbedingungen zur Berechnung des Heizleistungsbedarfs nach MINERGIE-P werden im Vergleich zum Passivhaus Projektierungs Paket, Blatt Heizlast, dargestellt.

	Besonderheiten der Berechnung der Heizleistung gegenüber der Berechnung des Heizwärmebedarfs		Kommentar
	PHPP'99	MINERGIE-P (Vorschlag)	
Abmessungen der Bauteile	wie für Heizwärmebedarf (Aussenmasse)	aus Daten für SIA 380/1, wie für Heizwärmebedarf	SIA 380/1 Software kann entsprechend erweitert werden
Reduktionsfaktoren (gegen Aussenluft oder unbeheizte Nebenräume)	alle gleich 1, aber : siehe Temperaturdifferenzen	unverändert	Reduktionsfaktoren nach SIA 380/1:2001 sind näher bei 1 als diejenigen im PHPP'99
Temperaturdifferenzen	10°C zu unbeheizt (statt Faktor 0.5)	keine	SIA kennt keine festen Temperaturdifferenzen
Temperaturzuschläge	nicht vorhanden	unverändert	spielen im PH geringe Rolle
beheizte Nebenräume	Differenz 3°C	unverändert	
Infiltrationsluftwechsel	um den Faktor 2.5 erhöht (o. genauen Nachweis) oder nach DIN EN 832 berechnet	unverändert	kein Sicherheitszuschlag;
interne Gewinne	reduziert (1.6 W/m <sup>2</sup> statt 2.1 W/m <sup>2</sup> im Wohnungsbau)	reduziert (50% der Wärmegewinne Elektrizität) (1)	Personen abwesend, reduzierter Betrieb
Klima	standortspezifisch	Auslegungstemperaturen nach [SIA 381/2]	keine "besseren" Daten vorhanden
Ausnutzungsfaktor für die freie Wärme	gleich 1	gleich 1	relativ geringe Gewinne gleichzeitig mit hohem Bedarf

Tabelle 13 Ableitung der Randbedingungen für die Berechnung des Heizleistungsbedarfs nach MINERGIE-P

(1) dies entspricht bei 100 MJ/m<sup>2</sup>/a (SIA-Ansatz für MFH) ca 1.1 W/m<sup>2</sup> EBF, bei 60 MJ/m<sup>2</sup>/a (MINERGIE-Ansatz) ca 0.7 W/m<sup>2</sup> EBF.

Auswirkungen von Variationen beim Typ I Massivbau (MFH), und beim Typ III Massivbau (EFH), Betrachtung jeweils für das Gesamtgebäude (nicht für exponierte Räume):

a) Heizleistungsbedarf

Auswirkung der Randbedingungen:

- klar/trüb im Fall von "Zürich/Meteonorm" (aus vorhergehendem Abschnitt, siehe auch Tabelle unten) ca. 0.5 ... 1 W/m<sup>2</sup> EBF
  - Differenz "Zürich/Meteonorm" zu "SIA" (ohne Einstrahlung, Auslegungstemperatur nach SIA, siehe auch Tabelle unten) ca. 2 ... 3 W/m<sup>2</sup> EBF
  - Änderung Infiltrationsluftwechsel um Faktor 2.5 ca. 1 W/m<sup>2</sup> EBF
- (für die ersten beiden Punkte siehe auch Abbildungen weiter unten)

Für den Heizleistungsbedarf wurde die Basisvariante aus den Heizwärmebetrachtungen noch mit anderen Fenstereigenschaften gerechnet:

- insgesamt grösserer Fensteranteil (240 m<sup>2</sup> statt 160 m<sup>2</sup>) durch Verdopplung der Südfensterfläche
- gleicher Fensteranteil, aber Fensterflächen in W-, S- und E-Orientierung gleich gross (jeweils ca 50 m<sup>2</sup>)
- die jeweilige Geometrie noch mit besseren Fenster-U-Werten (0.6 statt 0.8 W/m<sup>2</sup>/K).

Auswirkung der Fenstereigenschaften:

- grössere Fensterflächen bewirken (auch bei besserem U-Wert) höheren Heizleistungsbedarf (zumindest, solange keine sehr sonnigen Standorte betrachtet werden)
- die Verteilung auf die West-, Süd- und Ostfassade beeinflusst den Heizleistungsbedarf kaum (wiederum solange keine sehr sonnigen Standorte betrachtet werden)

(siehe auch Abbildung weiter unten)

b) mögliche Leistung über Zuluft

- mögliche Leistung über Zuluft ist (allerdings nicht sehr stark) von der angenommenen Aussentemperatur abhängig (dämpfende Wirkung des Wärmetauschers), ca. 9 W/m<sup>2</sup> EBF für MFH, etwas weniger als 8 W/m<sup>2</sup> EBF für EFH (weniger Personen und damit geringerer notwendiger Luftvolumenstrom)

(siehe auch Abbildung)

- (minimale) Zulufttemperatur ohne Nachheizung ist unabhängig vom Gebäudetyp (hängt nur von  $\eta_{WRG}$ , Aussen- und Innentemperatur ab)
- maximale Zulufttemperatur ist (in erster Näherung) ebenfalls unabhängig vom Gebäudetyp (evtl könnte Wärmeabgabe im Kanalsystem, Hypokaustenwirkung eine Rolle spielen)

- 2°C weniger in der maximalen Temperatur ergibt ca. 0.5 W/m<sup>2</sup> EBF weniger Leistung, die über die Luft eingebracht werden kann
- Verbesserung WRG von 75% auf 85% vermindert Bedarf und mögliche Leistung um ca. 0.5 W/m<sup>2</sup> EBF

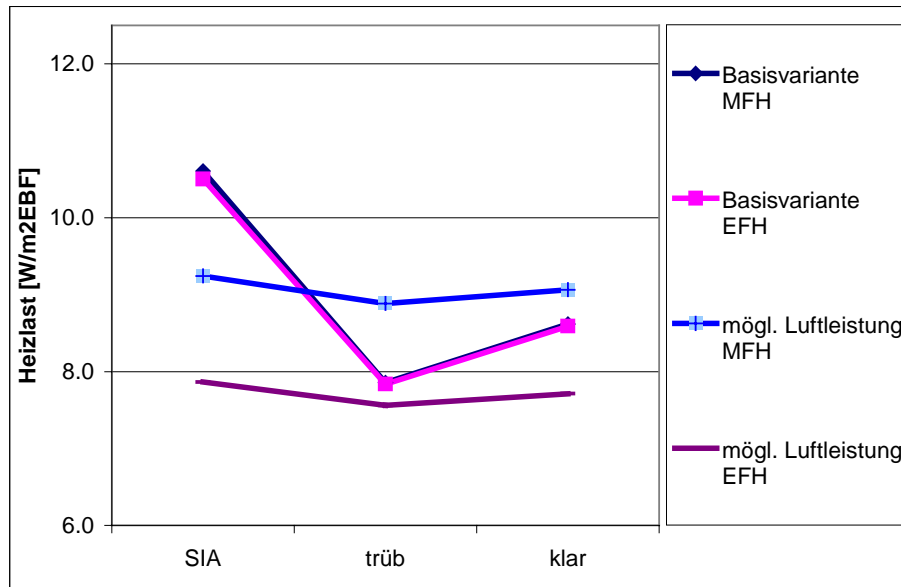


Abbildung 10 Heizleistungsbedarf, berechnet nach Vorschlag für MINERGIE-P, und mögliche Leistung, die über die Luft zugeführt werden kann, für die drei diskutierten Klimadatenätze

Die mögliche Leistung über die Zuluft ist sehr einfach zu berechnen, anschaulich und liegt in der Grössenordnung 8 ... 9 W/m<sup>2</sup> EBF.

Bei dem vorgeschlagenen Verfahren zur Berechnung des Heizleistungsbedarfs ergeben sich aber für EFH prinzipiell zu hohe Werte. Die Forderung "Heizleistungsbedarf kleiner als mögliche Leistung über die Zuluft" kann nicht erfüllt werden, auch wenn die entsprechende Forderung nach PHPP'99 knapp erfüllt wäre.

Für MFH ist die Situation weniger kritisch. Aber mit dem Klimadatenatz "SIA" ("einfachster" Klimadatenatz) lässt sich auch für MFH die Bedingung nach MINERGIE-P nicht erfüllen, auch wenn die entsprechende Forderung nach PHPP'99 knapp erfüllt wäre.

Es muss also entweder das Verfahren MINERGIE-P noch entsprechend angepasst werden (andere Klimadatenätze, Berücksichtigung höherer interner Gewinne, jeweilige Begründung?),

oder der Vergleichswert muss angehoben werden.

Oder ist es anders herum: das EFH als Passivhaus funktioniert nur, wenn die NutzerInnen nicht gerade in der kältesten Zeit verreisen?

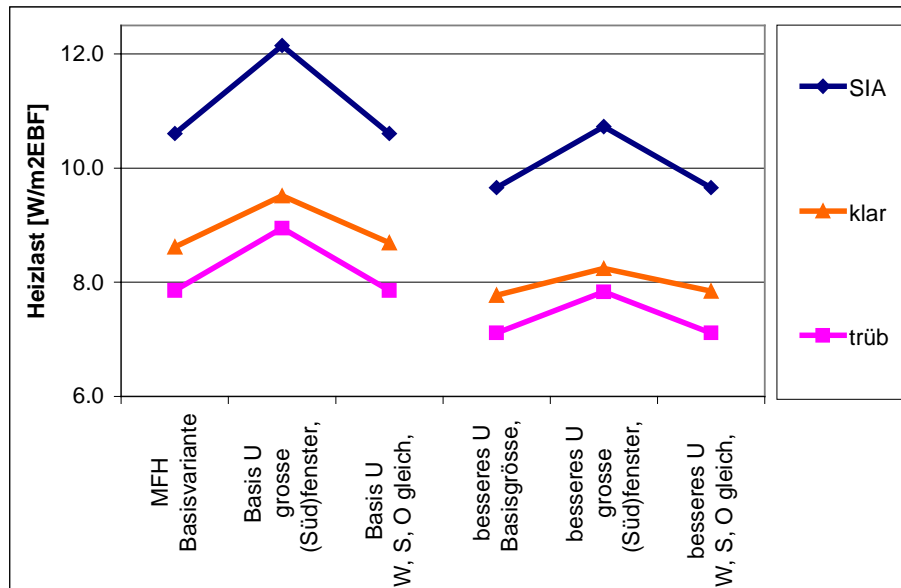


Abbildung 11 Heizleistungsbedarf, berechnet nach Vorschlag für MINERGIE-P, für Varianten der Fenstergrösse, -anordnung und -qualität (siehe Text).

TRY	Auslegungstemperatur <sup>(1)</sup>		Strahlung									
			W/m²									
	°C		Ost		Süd		West		Nord		Horizontal	
"SIA"	-8		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II	Typ I	Typ II
Zürich	-5	-2	12	5	20	5	12	5	5	5	5	5

Tabelle 14 Klimadatenätze für die Berechnung des Heizleistungsbedarfs, Standort "Mittelland".

"SIA": massgebende Aussenlufttemperaturen für Zürich gemäss SIA 380/1:1988, keine Einstrahlung  
 Zürich: Typ I: "klar", Typ II "trüb", vereinfacht nach der Auswertung im Abschnitt Klimadaten

### Excel-Kalkulationsblatt

Da die benötigten Daten nicht ohne weiteres aus der verwendeten Software zur Berechnung nach SIA 380/1:2001 (Thermo 2001) übernommen werden konnten, wurde die Berechnung gemäss den Tabellen auf S. 46ff in [SIA 380/1:01] aufgebaut, und anschliessend auf Leistungsberechnung umgestellt und erweitert.

Sofern die Verlustterme Temperaturzuschläge und/oder von der Aussentemperatur abweichende Temperaturen enthalten (benachbarte beheizte

Räume, Temperaturzuschlag für Bauteilheizung), muss noch entschieden werden, wie diese für den Heizleistungsbedarf berücksichtigt werden sollen.

Anstatt jeden einzelnen Verlust oder Gewinn in Energien anzugeben und dann zu addieren, müssen für eine flexible Erweiterung auf eine Berechnung des Heizleistungsbedarfs die spezifischen Wärmeverluste und –gewinne berechnet werden, und erst in einem zweiten Schritt mit den Klimadaten (und gegebenenfalls der Periode) verrechnet werden. Dann lassen sich Temperaturzuschläge u.ä. für den Heizwärmebedarf und den Heizleistungsbedarf separat und gegebenenfalls unterschiedlich berücksichtigen.

Nach Erstellen der Excel-Arbeitsmappe "SIA380\_1\_2001\_Form\_2.xls" wurde zunächst die Plausibilität der Rechnung durch Vergleich mit der Berechnung im PHPP'99 geprüft:

		PHPP'99	SIA 380/1:2001 - Erweiterung
		Original PHPP'99 Excel-Sheet	Parameter wie PHPP'99, SIA380_1_2001_Form_2.xls
Leistung über Zuluft	[W/m2]	10.2	10.3
Transmissionsverluste	[W]	2021	2047
Lüftungsverluste	[W]	859	863
Interne Gewinne	[W]	320	320
Solare Gewinne	[W]	329	329
Heizleistungsbedarf	[W]	2880	2910
	[W/m2]	11.2	11.3

*Tabelle 15 Vergleich der Berechnung des Heizleistungsbedarfs am Beispiel Typ III Massiv, EFH (spezifische Werte bezogen auf **Nettowohnfläche**)*

Auf den nachfolgenden Seiten finden sich die Tabellenblätter im Überblick.

(Die neuste Version SIA380\_1\_2001\_Form\_3(2).xls wurde hier nicht mehr berücksichtigt).

## Eingabedaten

(Nummerierung gemäss SIA 380/1:2001, S. 46ff)

### Nutzung

(1)	Innentemperatur	theta_i	20 [ °C ]
(2)	Personenfläche	A_P	60 [ m2/P ]
(3)	Wärmeabgabe pro Person	Q_P	70 [ W/P ]
(4)	Präsenzzeit pro Tag	t_P	12 [ h/d ]
(5)	Elektrizitätsverbrauch pro Jahr	Q_E	80 [ MJ/m2 ]
(6)	Reduktionsfaktor Elektrizität	f_E	0.7 [ - ]
(7)	Aussenluft-Volumenst flächenbezogener ~	dV/dt/EBFo	0.700 [ m3/(m2.h) ]

### Klimadaten

		Jan	Jan	Feb
(9)	Höhenlage über Meer	h	500 [ m ]	
(8)	Berechnungsperiode Länge der ~	t_c	31 [ d ]	31 28
(10)	Aussentemperatur	theta_e	-1.1 [ °C ]	-1.1
(11)	Globale Sonnenstrahl horizontal	G_sH	106 [ MJ/m2 ]	106
(12)	Globale Sonnenstrahl Süd	G_sS	169 [ MJ/m2 ]	169
(13)	Globale Sonnenstrahl Ost	G_sE	65 [ MJ/m2 ]	65
(14)	Globale Sonnenstrahl West	G_sW	75 [ MJ/m2 ]	75
(15)	Globale Sonnenstrahl Nord	G_sN	37 [ MJ/m2 ]	37

### Flächen, Längen und Anzahl

(16)	Energiebezugsfläche	EBF	1001.24 [ m2 ]	Höhe	3 [ m ]
(17)	Energiebezugsfläche ohne Raumhöhenkorrektur	EBFo	1001.24 [ m2 ]	Vgl-Höhe	3 [ m ]
(18)	Dach gegen Aussenluft	A_Re	500.60 [ m2 ]		
(19)	Dach gegen unbeheizte Räume	A_Ru	[ m2 ]		
(20)	Wand gegen Aussenluft	A_We	926.80 [ m2 ]		
(21)	Wand gegen unbeheizte Räume	A_Wu	[ m2 ]		
(22)	Wand gegen Erdreich	A_WG	[ m2 ]		
(23)	Wand gegen benachbarten beheizten Raum	A_Wn	[ m2 ]		
(24)	Boden gegen Aussenluft	A_Fe	[ m2 ]		
(25)	Boden gegen unbeheizte Räume	A_Fu	500.60 [ m2 ]		
(26)	Boden gegen Erdreich mit Bauteilheizung	A_FG	[ m2 ]		
(27)	Fenster horizontal	A_wH	[ m2 ]		
(28)	Fenster Süd	A_wS	80.00 [ m2 ]		
(29)	Fenster Ost	A_wE	32.00 [ m2 ]		
(30)	Fenster West	A_wW	32.00 [ m2 ]		
(31)	Fenster Nord	A_wN	16.00 [ m2 ]		
(32)	Wärmebrücke Dach/Wand	I_RW	[ m ]		
(33)	Wärmebrücke Gebäudesockel	I_WF	[ m ]		
(34)	Wärmebrücke Balkon	I_B	[ m ]		
(35)	Wärmebrücke Fensteranschlag	I_w	[ m ]		
(36)	Wärmebrücke Boden/Keller-Innenwand	I_F	[ m ]		
(37)	Wärmebrücke Stützen, Träger, Konsolen	z	[ - ]		

### Wärmedurchgangskoeffizienten ...

(38)	Dach gegen Aussenluft	U_	0.09 [ W/(m2.K) ]
(39)	Dach gegen unbeheizte Räume	U_	[ W/(m2.K) ]
(40)	Reduktionsfaktor D gegen unbeheizte Räume	b_	[ - ]
(41)	Wand gegen Aussenluft	U_	0.09 [ W/(m2.K) ]
(42)	Wand gegen unbeheizte Räume	U_	[ W/(m2.K) ]
(43)	Reduktionsfaktor W gegen unbeheizte Räume	b_	[ - ]
(44)	Wand gegen Erdreich	U_	[ W/(m2.K) ]
(45)	Reduktionsfaktor W gegen Erdreich	b_	[ - ]
(46)	Wand gegen benachbarten beheizten Raum	U_	[ W/(m2.K) ]
(47)	Innentemperatur des benachbarten beheizten Raums	theta_in	[ °C ]
(48)	Boden gegen Aussenluft	U_	[ W/(m2.K) ]
(49)	Boden gegen unbeheizte Räume	U_	0.09 [ W/(m2.K) ]
(50)	Reduktionsfaktor B gegen unbeheizte Räume	b_	0.8 [ - ]
(51)	Boden gegen Erdreich mit Bauteilheizung	U_	[ W/(m2.K) ]
(52)	Reduktionsfaktor B gegen Erdreich	b_	[ - ]
(53)	Temperaturzuschlag für Bauteilheizung	d_theta	[ K ]
(54)	Fenster horizontal	U_	[ W/(m2.K) ]
(55)	Fenster Süd	U_	0.8 [ W/(m2.K) ]
(56)	Fenster Ost	U_	0.8 [ W/(m2.K) ]
(57)	Fenster West	U_	0.8 [ W/(m2.K) ]
(58)	Fenster Nord	U_	0.8 [ W/(m2.K) ]
(59)	Wärmebrücke Dach/Wand	Psi_	[ W/(m.K) ]

Abbildung 12 Blatt "E" (Eingabedaten zur Berechnung des Heizwärmebedarfs gemäss Liste SIA 380/1:2001, S. 46ff)

Resultate			Energie	
Transmissionswärmeverlust				
(76)	Dach	gegen Aussenluft	Q_Re	2.54 [ MJ/m2 ]
(77)	Dach	gegen unbeheizte Räume	Q_Ru	0 [ MJ/m2 ]
(78)	Wand	gegen Aussenluft	Q_We	4.71 [ MJ/m2 ]
(79)	Wand	gegen unbeheizte Räume	Q_Wu	0 [ MJ/m2 ]
(80)	Wand	gegen Erdreich	Q_WG	0 [ MJ/m2 ]
(81)	Wand	gegen benachbarten beheizten Raum	Q_Wn	0 [ MJ/m2 ]
(82)	Boden	gegen Aussenluft	Q_Fe	0 [ MJ/m2 ]
(83)	Boden	gegen unbeheizte Räume	Q_Fu	2.03 [ MJ/m2 ]
(84)	Boden	gegen Erdreich mit Bauteilheizung	Q_FG	0 [ MJ/m2 ]
(85)	Fenster	horizontal	Q_wH	0 [ MJ/m2 ]
(86)	Fenster	Süd	Q_wS	3.61 [ MJ/m2 ]
(87)	Fenster	Ost	Q_wE	1.44 [ MJ/m2 ]
(88)	Fenster	West	Q_wW	1.44 [ MJ/m2 ]
(89)	Fenster	Nord	Q_wN	0.72 [ MJ/m2 ]
(90)	Wärmebrücke	Dach/Wand	Q_RW	0 [ MJ/m2 ]
(91)	Wärmebrücke	Gebäudesockel	Q_WF	0 [ MJ/m2 ]
(92)	Wärmebrücke	Balkon	Q_B	0 [ MJ/m2 ]
(93)	Wärmebrücke	Fensteranschlag	Q_w	0 [ MJ/m2 ]
(94)	Wärmebrücke	Boden/Keller-Innenwand	Q_F	0 [ MJ/m2 ]
(95)	Wärmebrücke	Stützen, Träger, Konsolen	Q_p	0 [ MJ/m2 ]
(96)	Transmissionswärmeverlust		Q_T	16.51 [ MJ/m2 ]
Lüftungswärmeverlust				
(97)	spez. Wärmespeicherfähigkeit Luft		rho_a.c_a	1150. [ J/(m3.K) ]
(98)	Lüftungswärmeverlust ohne mechanische Lüftung		Q_V	12.64 [ MJ/m2 ]
Gesamtwärmeverlust				
(99)	Gesamtwärmeverlust		Q_t	29.15 [ MJ/m2 ]
				8.1 [ kWh/m2 ]
Wärmegegewinn				
(100)	Wärmegegewinn	Elektrizität	Q_iE	4.76 [ MJ/m2 ]
(101)	Wärmegegewinn	Personen	Q_iP	1.56 [ MJ/m2 ]
(102)	Interne Wärmegegewinne		Q_i	6.32 [ MJ/m2 ]
(103)	Solarer Wärmegegewinn horizontal		Q_sH	0 [ MJ/m2 ]
(104)	Solarer Wärmegegewinn Süd		Q_sS	3.83 [ MJ/m2 ]
(105)	Solarer Wärmegegewinn Ost		Q_sE	0.59 [ MJ/m2 ]
(106)	Solarer Wärmegegewinn West		Q_sW	0.68 [ MJ/m2 ]
(107)	Solarer Wärmegegewinn Nord		Q_sN	0.17 [ MJ/m2 ]
(108)	Solarer Wärmegegewinn total		Q_s	5.26 [ MJ/m2 ]
(109)	Wärmegegewinn total		Q_g	11.58 [ MJ/m2 ]
(110)	Wärmegegewinn/-verlust-Verhältnis		gamma	0.4 [ - ]
(111)	Zeitkonstante		tau	[ h ]
(112)	Parameter für Ausnutzungsgrad		a	[ - ]
(113)	Ausnutzungsgrad für Wärmegegewinne		eta_g	[ - ]
(114)	Genutzte Wärmegegewinne		Q_ug	[ MJ/m2 ]
Heizwärmebedarf				
(115)	Heizwärmebedarf		Q_h	[ MJ/m2 ]

Abbildung 13 Blatt "R" (Berechnung des Heizwärmebedarfs gemäss Liste SIA 380/1:2001, S. 46ff)

## Eingabedaten

(Zusätzlich für Heizlast)

Nutzung

Aussenluft-Volumenst flächenbezogener ~	dV/dt/EBFo	0.359 [ m3/(m2.h) ]			
Klimadaten	SIA		SIA	trüb	klar
Aussentemperatur Heizlastfall		-8 [ °C ]	-8	-2	-5 [ °C ]
Globale Sonnenstrahlh horizontal	g_sH	0 [ W/m2 ]	0	5	5 [ W/m2 ]
Globale Sonnenstrahlh Süd	g_sS	0 [ W/m2 ]	0	5	20 [ W/m2 ]
Globale Sonnenstrahlh Ost	g_sE	0 [ W/m2 ]	0	5	12 [ W/m2 ]
Globale Sonnenstrahlh West	g_sW	0 [ W/m2 ]	0	5	12 [ W/m2 ]
Globale Sonnenstrahlh Nord	g_sN	0 [ W/m2 ]	0	5	5 [ W/m2 ]
Lüftungsanlage					
Temperatur-Rückgewinnungsgrad	eta_V	0.75 [ - ]			
Aussenluft-Volumenst Lüftungsanlage	dV_sup/dt	632.00 [ m3/h ]			
Aussenluft-Volumenst Infiltration	dV_x/dt	201.60 [ m3/h ]			
Aussenluft-Volumenst stillstehende Lüftungsanlage	dV_0/dt	201.60 [ m3/h ]			
Fortluft-Volumenstrom Lüftungsanlage	dV_ex/dt	632.00 [ m3/h ]			
Anteil Betriebszeit an der Berechnungsperiode	beta	1.00 [ - ]			
Zulufttemperatur maximal	theta_max	52.00 [ °C ]			
Zulufttemperatur minimal	theta_min	13.00 [ °C ]	13.00	14.50	13.75 [ °C ]

Abbildung 14 Blatt "E (2)" (Eingabedaten zur Berechnung des Heizleistungsbedarfs in Erweiterung der Liste SIA 380/1:2001, S. 46ff)

Resultate

Leistung

Transmissionswärmeverlust

(76)	Dach	gegen Aussenluft	Q_Re	0.04	[ W/(K.m2EBF) ]
(77)	Dach	gegen unbeheizte Räume	Q_Ru	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(78)	Wand	gegen Aussenluft	Q_We	0.08	[ W/(K.m2EBF) ]
(79)	Wand	gegen unbeheizte Räume	Q_Wu	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(80)	Wand	gegen Erdreich	Q_WG	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(81)	Wand	gegen benachbarten beheizten Raum	Q_Wn	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(82)	Boden	gegen Aussenluft	Q_Fe	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(83)	Boden	gegen unbeheizte Räume	Q_Fu	0.04	[ W/(K.m2EBF) ]
(84)	Boden	gegen Erdreich mit Bauteilheizung	Q_FG	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(85)	Fenster	horizontal	Q_wH	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(86)	Fenster	Süd	Q_wS	0.06	[ W/(K.m2EBF) ]
(87)	Fenster	Ost	Q_wE	0.03	[ W/(K.m2EBF) ]
(88)	Fenster	West	Q_wW	0.03	[ W/(K.m2EBF) ]
(89)	Fenster	Nord	Q_wN	0.01	[ W/(K.m2EBF) ]
(90)	Wärmebrücke	Dach/Wand	Q_WW	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(91)	Wärmebrücke	Gebäudesockel	Q_WF	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(92)	Wärmebrücke	Balkon	Q_B	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(93)	Wärmebrücke	Fensteranschlagn	Q_w	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(94)	Wärmebrücke	Boden/Keller-Innenwand	Q_F	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(95)	Wärmebrücke	Stützen, Träger, Konsolen	Q_p	0	[ W/(K.m2EBF) ]
(96)	Transmissionswärmeverlust		Q_T	0.29	[ W/(K.m2EBF) ]

Lüftungswärmeverlust

(97)	spez. Wärmespeicherfähigkeit Luft	rho_a_c_a	1150.	[ J/(m3.K) ]	0.319 [ Wh/(m3.K) ]
	Lüftungswärmeverlust	Q_V	0.11	[ W/(K.m2EBF) ]	

Gesamtwärmeverlust

(99)	Gesamtwärmeverlust	Q_t	0.41	[ W/(K.m2EBF) ]	
------	--------------------	-----	------	-----------------	--

Wärmegewinn

(100)	Wärmegewinn	Elektrizität	Q_iE	1.78	[ W/(m2EBF) ]		
(101)	Wärmegewinn	Personen	Q_iP	0.58	[ W/(m2EBF) ]		
(102)	Interne Wärmegewinne		Q_i	2.36	[ W/(m2EBF) ]		
(103)	Solarer Wärmegewinn	horizontal	Q_sH	0		0	0 [ W/(m2EBF) ]
(104)	Solarer Wärmegewinn	Süd	Q_sS	0		0.11	0.45 [ W/(m2EBF) ]
(105)	Solarer Wärmegewinn	Ost	Q_sE	0		0.05	0.11 [ W/(m2EBF) ]
(106)	Solarer Wärmegewinn	West	Q_sW	0		0.05	0.11 [ W/(m2EBF) ]
(107)	Solarer Wärmegewinn	Nord	Q_sN	0		0.02	0.02 [ W/(m2EBF) ]
(108)	Solarer Wärmegewinn	total	Q_s	0		0.23	0.69 [ W/(m2EBF) ]
(109)	Wärmegewinn	total	Q_g	0.0		226.8	694.0 [ W ]
(110)	Wärmegewinn/-verlust-Verhältnis		gamma		SIA	trüb	klar
(111)	Zeitkonstante		tau				
(112)	Parameter	für Ausnutzungsgrad	a				
(113)	Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne		eta_g				
(114)	Genutzte Wärmegewinne		Q_ug				

Heizwärmebedarf

(115)	Heizwärmebedarf	Q_h					
-------	-----------------	-----	--	--	--	--	--

Abbildung 15 Blatt "R (2)" (Berechnung des Heizleistungsbedarfs in Erweiterung der Liste SIA 380/1:2001, S. 46ff) Teil1: analog "R"  
Der Gesamtwärmeverlust Q\_t entspricht dem spezifischen Wärmeverlust H.

	SIA	trüb	klar
Transmissionswärmeverlust	8.2 8190.3	6.4 6435.2	7.3 [ W/(m2EBF) ] 7312.7 [ W ]
Lüftungswärmeverlust	3.2 3216.4	2.5 2527.2	2.9 [ W/(m2EBF) ] 2871.8 [ W ]
Gesamtwärmeverlust	Leistungsbedarf 11.4 11406.7	9.0 8962.4	10.2 [ W/(m2EBF) ] 10184.5 [ W ]
Wärmegewinn	Elektrizität 10.5	8.1	9.3 [ W/(m2EBF) ]
Solarer Wärmegewinn total	10.5 13.1	7.8 9.8	8.6 [ W/(m2EBF) ] 10.8 [ W/(m2NWF) ]
Mögliche Leistung über Zuluft	SIA mögliche Luftleistung 7.86 9.8	trüb 7.56 9.5	klar 7.71 [ W/(m2EBF) ] 9.7 [ W/(m2NWF) ]

Abbildung 16 Blatt "R (2)" (Berechnung des Heizleistungsbedarfs in Erweiterung der Liste SIA 380/1:2001, S. 46ff) Teil2: Rechnung mit Werten von Blatt "E (2)"

### Zum Excel-Berechnungsblatt

Voraussetzungen für eine "einfache" Berechnung des Heizleistungsbedarfs im Anschluss an SIA 380/1 sind

entweder

- es werden alle Korrekturfaktoren, Zuschläge etc pauschal übernommen, dann kann der spezifische Wärmeverlust, wie er in der Zeitkonstante verwendet wird, herangezogen werden,

oder

- die Verlustterme mit Temperaturzuschlägen oder gegenüber beheizten Nebenräumen werden für den Heizleistungsbedarf separat berechnet,

dann

- müssen alle Transmissions- und Lüftungsverluste zunächst als spezifischer Wärmeverlust ausgewiesen werden
- müssen alle internen Gewinne separat als Leistung ausgewiesen werden
- ggf. wären für die solaren Gewinne die "Gewinnfaktoren" (Produkt aus g-Wert, Reduktionsfaktoren und Fläche je Orientierung) auszuweisen, die dann noch mit der Einstrahlung multipliziert werden muss, wie die spezifischen Verluste mit der Temperaturdifferenz.

### Eine Idee für die Abschätzung der möglichen solaren Gewinne

Sozusagen eine plausible Begründung für einen "Solarbonus", der aber nicht pauschal, sondern abhängig von der Südfensterfläche angerechnet wird:

mit

- g-Wert=0.5,
- Reduktionsfaktor=0.5 (Rahmen + Verschattung),
- $g_{sued}=20W/m^2$  (aus der Meteonorm-Untersuchung in Abschnitt 4.3, Beispiel Zürich-Kloten, Typ klarer Tag, der hatte den höheren Heizleistungsbedarf)

ergibt sich:

Gewinn von  $g \cdot f \cdot g_{sued} = 5W/m^2$  Südfensterfläche

Wenn Südfensterfläche  $af_{sued}$  als Bruchteil von EBF angegeben wird, ergibt sich:

Anteil $af_{sued}/ebf$	5%	10%	15%	20%	25%
Solarer Gewinn ( $W/m^2$ EBF)	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25

Nebenbedingung:  $af_{sued}/a_{sued} < 1$ , d.h. Fensteranteil an der Südfassade darf höchstens 100% betragen (z.B. wäre  $af_{sued}/ebf = 0.25$  für unser Referenzgebäude Typ I nicht möglich).

Damit könnte relativ einfach der solare Gewinn als (teilweise) Kompensation der Transmissionsverluste durch die Fenster in die Rechnung einbezogen werden (vorab fürs Mittelland).

Zusätzliche Eingabe für die Heizleistung (bzw. einfach aus den Eingaben SIA 380/1:2001 zu ermitteln) wäre  $af_{sued}/ebf$  und  $af_{sued}/a_{sued}$ .

Die anderen Orientierungen sollten nicht berücksichtigt werden (Gewinn=0).

### **Grenzwert Heizleistungsbedarf**

Da für die Heizlast im PHPP'99 standortspezifische Klimadaten verwendet werden, habe ich 2 verschiedene Standorte gecheckt, nämlich

- Donaubecken und Alpenvorland bis 600m Höhe ("Donau", dies liegt den bisherigen Vergleichsrechnungen zugrunde)
- Bodensee mit Umgebung ("Bodensee")

Zur Festlegung des Grenzwerts für den Heizleistungsbedarf:

Wie die folgende Abbildung zeigt, kann mit den Basis U-Werten und grösserer (Süd-)Fensterfläche zwar der Heizwärmebedarf nach PHPP'99 um einiges reduziert werden. Der Heizleistungsbedarf steigt aber für das Klima "Bodensee" (Hochnebel) auch nach PHPP'99 über den Grenzwert, bzw. erreicht ihn für das Klima "Donaubecken". Damit gibt das für MINERGIE-P vorgeschlagene Verfahren die Tendenzen des PHPP'99 richtig wieder (übernächste Abbildung).

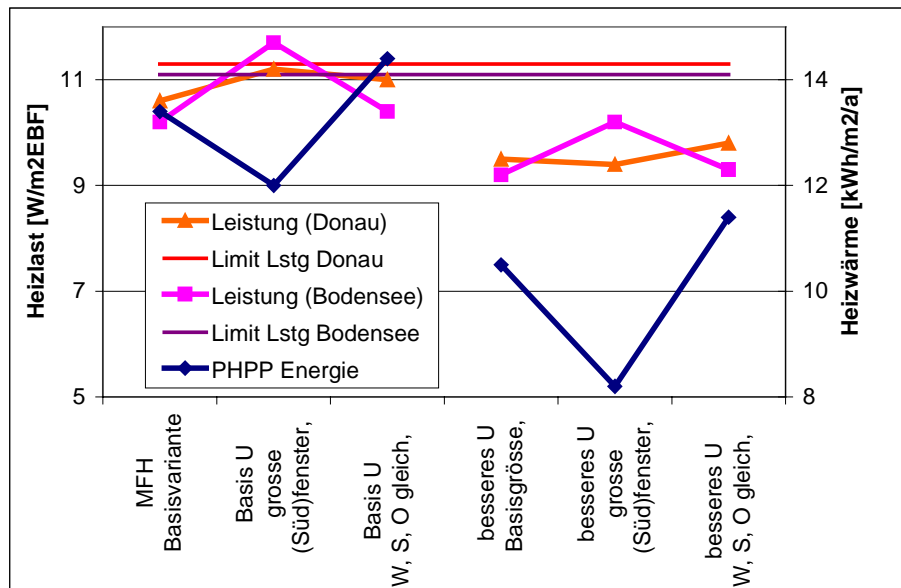


Abbildung 17 Heizwärme und Heizleistungsbedarf für Typ I MFH, berechnet nach PHPP'99, für Varianten der Fenstergrösse, -anordnung und -qualität (siehe Text).

Für Berechnung mit MINERGIE-Ansatz sollte der Grenzwert für den Heizleistungsbedarf bei 10 W/m²EBF liegen.

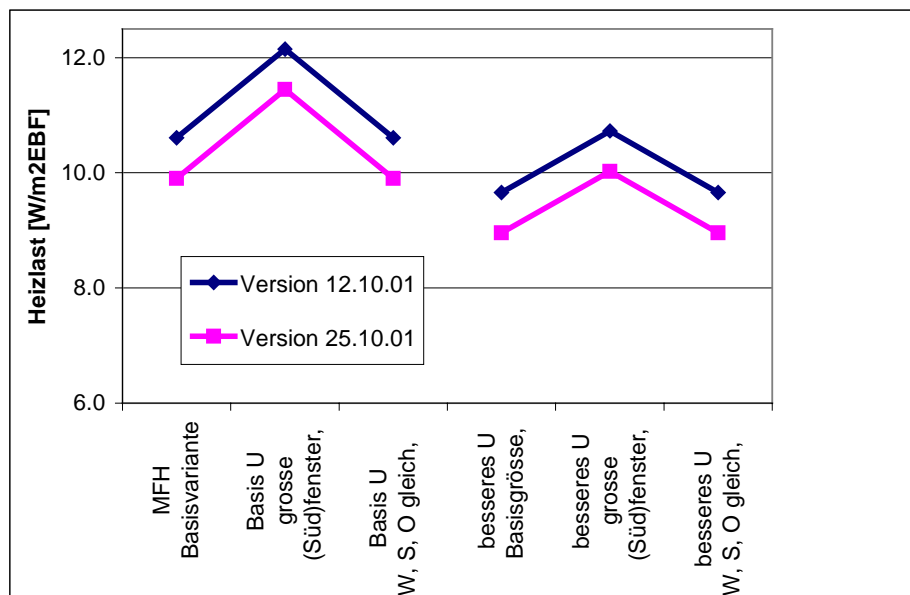


Abbildung 18 Heizleistungsbedarf, berechnet nach Vorschlag für MINERGIE-P, für Varianten der Fenstergrösse, -anordnung und -qualität.

Version 12.10.01: 2.5fache Infiltration, Elektr. Verbrauch gemäss SIA (80 MJ/m2/a für EFH, 100 MJ/m2/a für MFH Typ I)  
 Version 25.10.01: 1fache Infiltration, Elektrischer Verbrauch gemäss MINERGIE (60 MJ/m2/a für EFH und MFH Typ I)  
 Der Wert für EFH Typ III liegt sogar etwas tiefer: 9.4 W/m2EBF für die Basisvariante  
 Nebenbemerkung: die Varianten "besseres U" liegen auch nach PHPP'99 beim Heizwärmebedarf deutlich unter dem Grenzwert von 15 kWh/m2/a.

Referenzen siehe Bericht, Kapitel 6

# Anhang E: Zulässiger Heizwärmebedarf für MINERGIE-Neubauten

A. Binz

Je nach Wirkungsgrad der Heizwärme- und Warmwassererzeugung, kann MINERGIE mit einem höheren oder tieferen Heizwärmebedarf  $Q_h$  erreicht werden. Die folgenden Grafiken zeigen für verschiedene Annahmen von Wirkungsgraden die zulässigen  $Q_h$ , um den MINERGIE-Standard gerade noch zu erreichen.

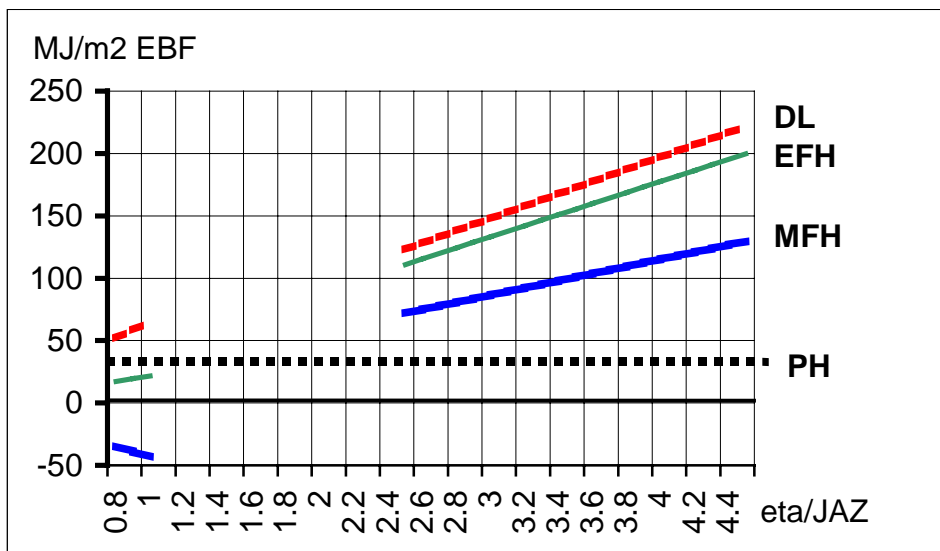
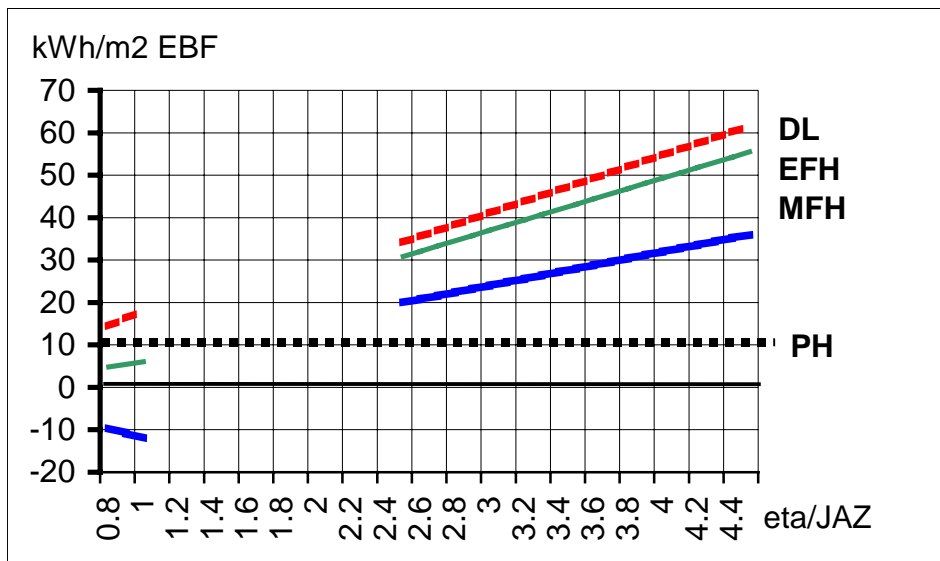


Abbildung 19 Zulässiger Heizwärmebedarf (oben in kWh, unten in MJ) in Abhängigkeit des Heizwärme-Erzeugungswirkungsgrades, um MINERGIE zu erreichen. Die Warmwassererzeugung erfolgt ganzjährig elektrisch direkt. Primärenergiefaktor elektrisch = 2.

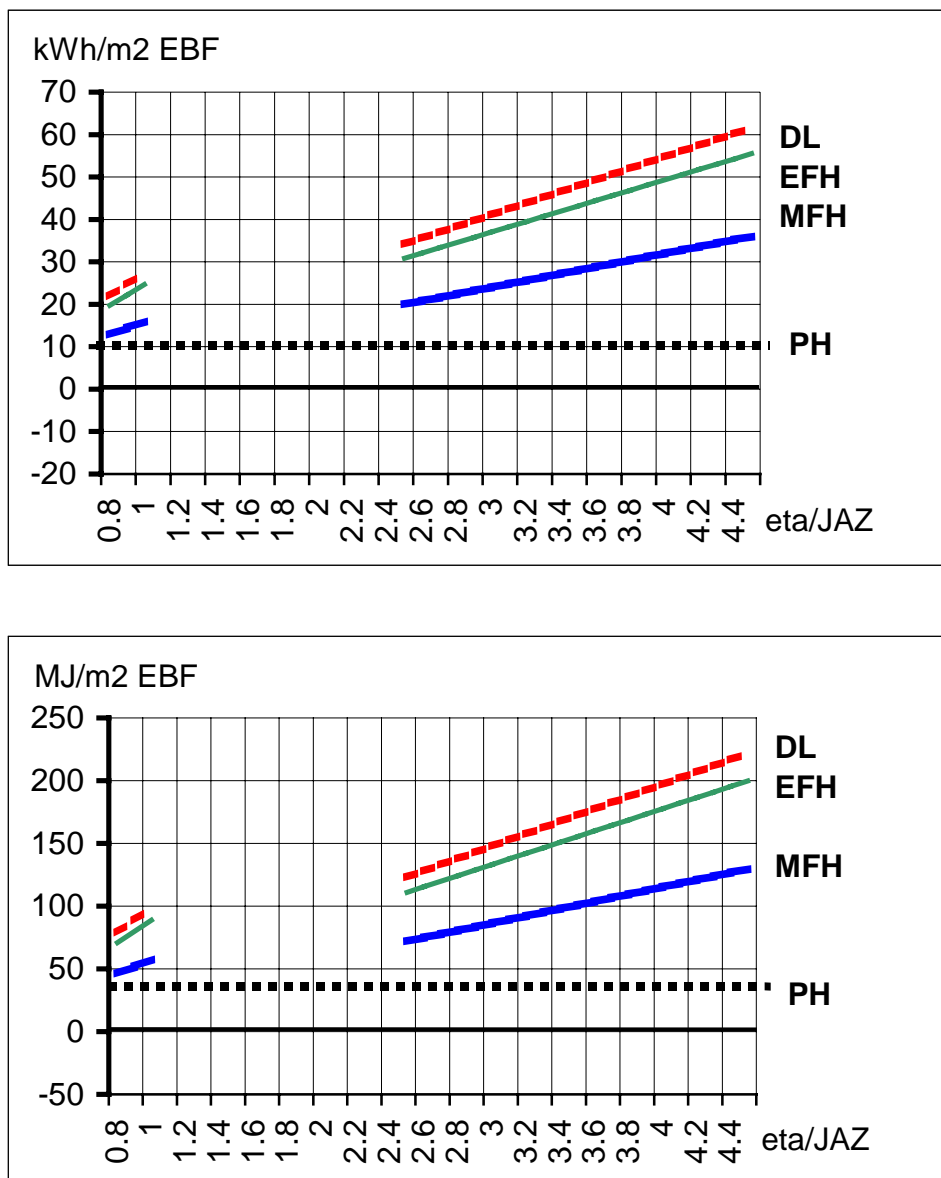


Abbildung 20 Zulässiger Heizwärmebedarf (oben in kWh, unten in MJ) in Abhängigkeit des Heizwärme-Erzeugungswirkungsgrades, um MINERGIE zu erreichen. Die Warmwassererzeugung erfolgt ganzjährig mit einer Wärmepumpe (JAZ 3). Primärenergiefaktor elektrisch = 2.

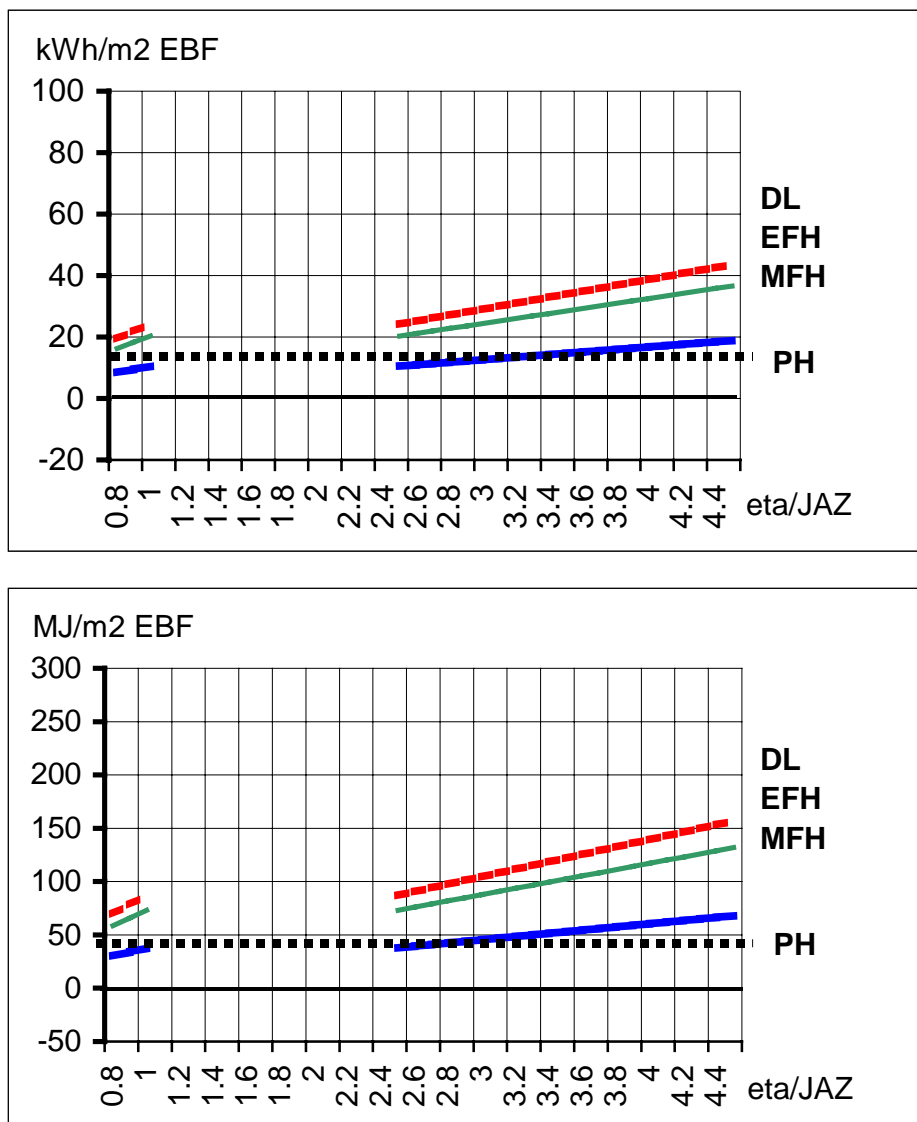


Abbildung 21 Zulässiger Heizwärmebedarf (oben in kWh, unten in MJ) in Abhängigkeit des Heizwärme-Erzeugungswirkungsgrades, um MINERGIE zu erreichen. Die Warmwassererzeugung erfolgt ganzjährig mit Wärmepumpe (JAZ 3). **Primärenergiefaktor elektrisch = 2,5.**

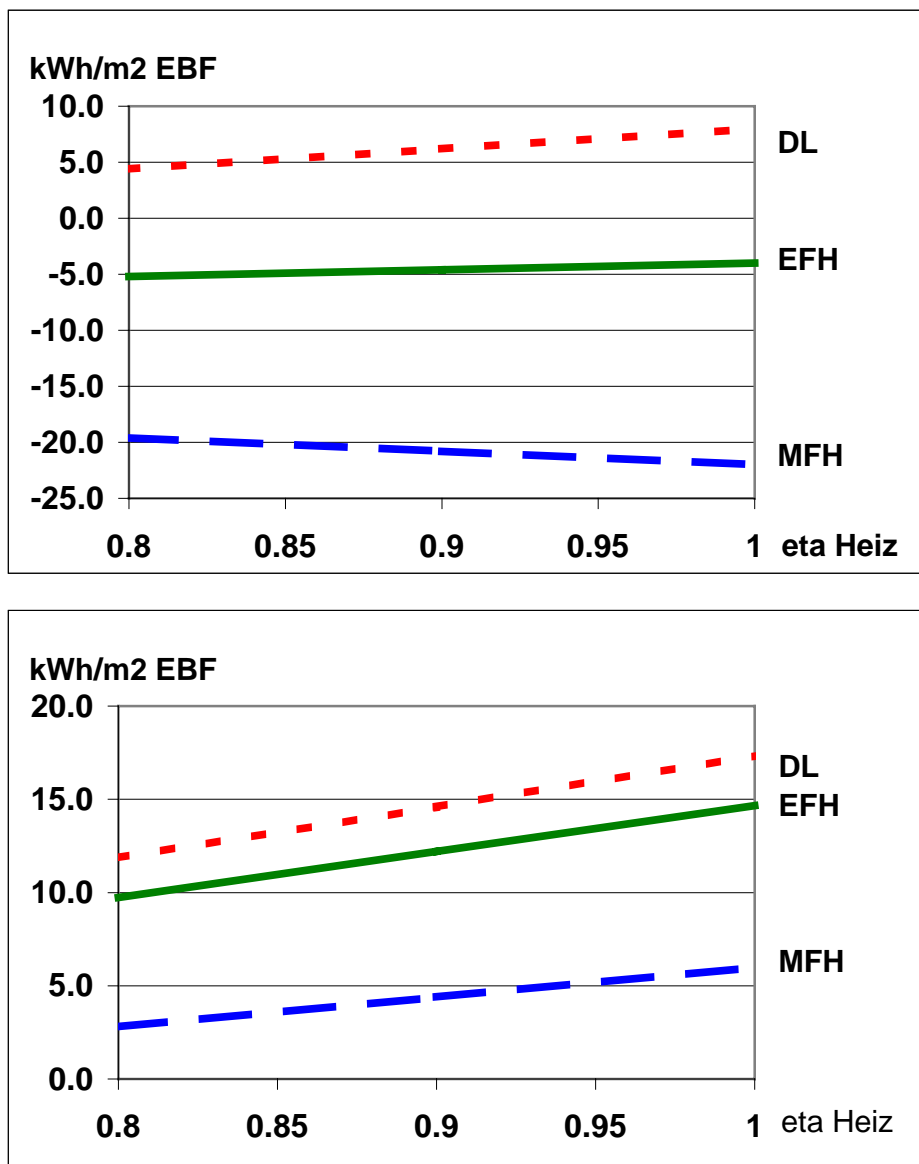


Abbildung 22 Differenz zwischen zulässigem Heizwärmebedarf für den MINERGIE-Nachweis und dem Heizwärmebedarf des Passivhausstandard (13 kWh/m<sup>2</sup> EBF), oben bei Warmwassererzeugung elektrisch direkt, unten bei Warmwassererzeugung mit Wärmepumpe (JAZ 3). Wenn die Differenz Null beträgt, muss für die Erbringung des MINERGIE-Nachweises der Passivhausstandard eingehalten werden (z.B. EFH im oberen Diagramm).

# Anhang F:

## Die rechnerische Abschätzung des spez. Heizleistungsbedarfs

A. Binz

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Ansätze zur Berechnung oder Abschätzung des Heizleistungsbedarfs untersucht. Sie sind im folgenden zusammenfassend dargestellt und kurz kommentiert. Die Kommentare rufen in Erinnerung, dass es unseres Erachtens von ausserordentlicher Bedeutung ist, dass dieser Nachweis einfach bleibt und möglichst wenig Zusatzaufwand bedeutet, damit er im Zuständigkeitsbereich des Architekten bleiben kann. Die Schaffung eines endgültigen, einfachen Schätzverfahrens für den Heizleistungsbedarf von energetisch weitgehend optimierten Bauten wird in den nächsten Monaten weiter ein Thema bleiben in der Schweiz. Die nachstehende Übersicht über mögliche Ansätze soll eine Anregung für diesen Prozess bieten.

### **Berechnung nach SIA 384/2 „Wärmeleistungsbedarf“**

Die Berechnung des Heizleistungsbedarfes kann natürlich differenziert nach der Norm SIA 384/2 „Wärmeleistungsbedarf“ erfolgen. Als obligatorischer Nachweis für MINERGIE-P sollte dies aber nicht verlangt werden, weil dies eine doch recht aufwendige separate, neue Erfassung und Berechnung des Objektes verlangt, sicher nur von Haustechnikfachleuten und nicht von den Architekten durchgeführt würde und weil es etwas paradox wäre, wenn MINERGIE-P in erster Linie den Einsatz einfachster Technologie für die Beheizung ermöglichen soll und dazu eine klassische differenzierte Wärmebedarfsberechnung verlangt wird. Ausserdem ist noch zu prüfen, ob die Rechenweise nach SIA 384/2 für die Dimensionierung von so speziellen Bauten wie Passivhäusern überhaupt geeignet ist. Die Norm stammt immerhin aus dem Jahr 1975, Ausgabe 1982 und ist z.B. im Bereich der Wärmegewinne sehr unverbindlich.

### **Das Rechenmodell des Passivhaus-Projektierungspaketes**

Für den Nachweis des Passivhausstandard wird im Passivhaus-Projektierungspaket, der differenziertesten Darstellung des Passivhausstandards, ein einfaches, aber sehr zweckmässiges Berechnungsmodell vorgeschrieben. Der Heizleistungsbedarf wird einmal für einen sehr kalten, aber sonnigen Tag und einmal für einen trüben, aber nicht sehr kalten Wintertag gerechnet. Der grössere der beiden Werte ist massgeblich und muss unter  $10 \text{ W/m}^2$  Wohnfläche liegen.

Dieses Modell wäre für MINERGIE-P sicher auch konzipierbar. Der Nachteil davon ist, dass es doch eine Zusatzberechnung von erheblichem Umfang darstellt und zusätzlich zu den Angaben der SIA 380/1-Berechnung einige Daten erfordert (ortsabhängige Temperatur und Strahlungsdaten). Im Fall des Passivhausnachweises hat diese Berechnung ganz klar die Funktion, dass sie als Planer-Hilfsmittel die Dimensionierung abschliessend bewältigt. Bei MINERGIE-P müsste dies nicht unbedingt angestrebt werden.

## Die Abschätzung des Heizleistungsbedarfes aus dem Heizwärmebedarf

### Die Abschätzung des Heizleistungsbedarfes aus den Wärmeverlusten

Eine Abschätzung des Heizleistungsbedarfes über die Wärmeverluste entspricht dem klassischen Ansatz. Die Berechnung des Heizwärmebedarfes nach SIA 380/1 führt über den spezifischen Wärmeverlust  $H$  des Gebäudes (in  $W/K$ ). Dieser Wert wird anschliessend mit den Monatsmitteltemperaturen verrechnet und auf die EBF bezogen. Eine Abschätzung des Heizleistungsbedarfes wäre wie folgt möglich:

$$q_h = \frac{(Q_{T,Dez} + Q_{L,Dez}) \cdot 1000 \cdot (\theta_i - \theta_{e,Dez} + \theta_z)}{3,6 \cdot 31 \cdot 24 (\theta_i - \theta_{e,Dez})} - w = \left( \frac{H \cdot (\theta_i - \theta_{e,Dez} + \theta_z)}{EBF} \right) - w \quad [W/m^2 \text{ EBF}]$$

$w$  (z.B. = 3) entspricht einem konstanten und vom passivsolaren Optimierungsgrad unabhängigen Bonus für die Wärmegewinne. Dieser Ansatz weist zwei Nachteile auf: Er bietet keinen Anreiz mehr für die passivsolare Optimierung und es wird nötig, einen konstanten Temperaturzuschlag  $\theta_z$  (z.B. = 8) einzufügen, oder sogar die ortsabhängigen Bemessungstemperaturen (z.B. aus der SIA 180) vorzuschreiben.

### Einfache Algorithmen auf der Basis des Heizwärmebedarfes

Basierend auf dem Heizwärmebedarf des Monats Dezember könnte auf einfache Weise und ausschliesslich mit in der SIA 380/1-Berechnung vorhandenen Daten die durchschnittliche Wärmeleistung für den Monat Dezember ermittelt werden:

$$q_h = \frac{Q_{h,Dez} \cdot 1000}{3,6 \cdot 31 \cdot 24} = Q_{h,Dez} \cdot 0,373 \quad [W/m^2 \text{ EBF}]$$

Obwohl der Dezember ein sonnenarmer Monat ist, steckt in dieser durchschnittlichen Wärmeleistung noch zu viel Sonnenenergie. Ausserdem sind die Wärmegewinne von Personen und Stromverbrauch für den Heizleistungsbedarf auch etwas hoch. Also braucht es für die zweckmässige rechnerische Abschätzung des Heizleistungsbedarfes aus dem Heizenergiebedarf noch eine Korrektur. Dazu sind verschiedene Modelle möglich, die im folgenden aufgezählt sind und die mit den Auswirkungen unterschiedlicher Werte für die Korrekturfaktoren  $z$ ,  $v$  und  $u$  im Anhang 0 dargestellt sind:

$$q_h = u + Q_{h,Dez} \cdot 0,373 \quad [W/m^2 \text{ EBF}]$$

$u$  (z.B. = 3) stellt einen konstanten Abzug von  $q_h$  dar, als Kompensation für die zu hohen Wärmegewinne. An diesem Beispiel sei auch der Zusammenhang mit dem zulässigen Heizwärmebedarf illustriert:

Mit  $q_{h,max} \leq 10 \text{ W/m}^2 \text{ EBF}$  als maximal zulässigem Heizleistungsbedarf ergibt sich der maximal zulässige Heizwärmebedarf für den Monat Dezember als

$$Q_{h,Dez,zul} = \frac{q_h - u}{0,373} \quad [MJ/m^2]$$

Für z.B.  $u = 7$  ergibt sich:

$$Q_{h,Dez,zul} = \frac{q_h - u}{0,373} = \frac{10-7}{0,373} = 8 \text{ [MJ/m}^2\text{]}$$

Wenn der Heizwärmebedarf des Monats Dezember 17% des Ganzjahres-Heizwärmebedarfs ausmacht, liegt  $Q_h$  bei  $47 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ .

Weitere Korrekturvarianten sind denkbar:

$$q_h = (Q_{h,Dez} + z) \cdot 0,373 \text{ [W/m}^2\text{ EBF]}$$

Mit  $z$  (z.B. = 10) wird ein Standardbeitrag von  $Q_h$  abgezogen. Man kann dies als eine Verminderung des Wärmegewinns um einen konstanten Betrag verstehen, unabhängig vom Gebäude und dem Mass an passivsolarer Optimierung.

$$q_h = Q_{h,Dez} \cdot v \cdot 0,373 \text{ [W/m}^2\text{ EBF]}$$

$v$  (z.B. = 0,8) bedeutet eine generelle Verminderung von  $q_h$ .

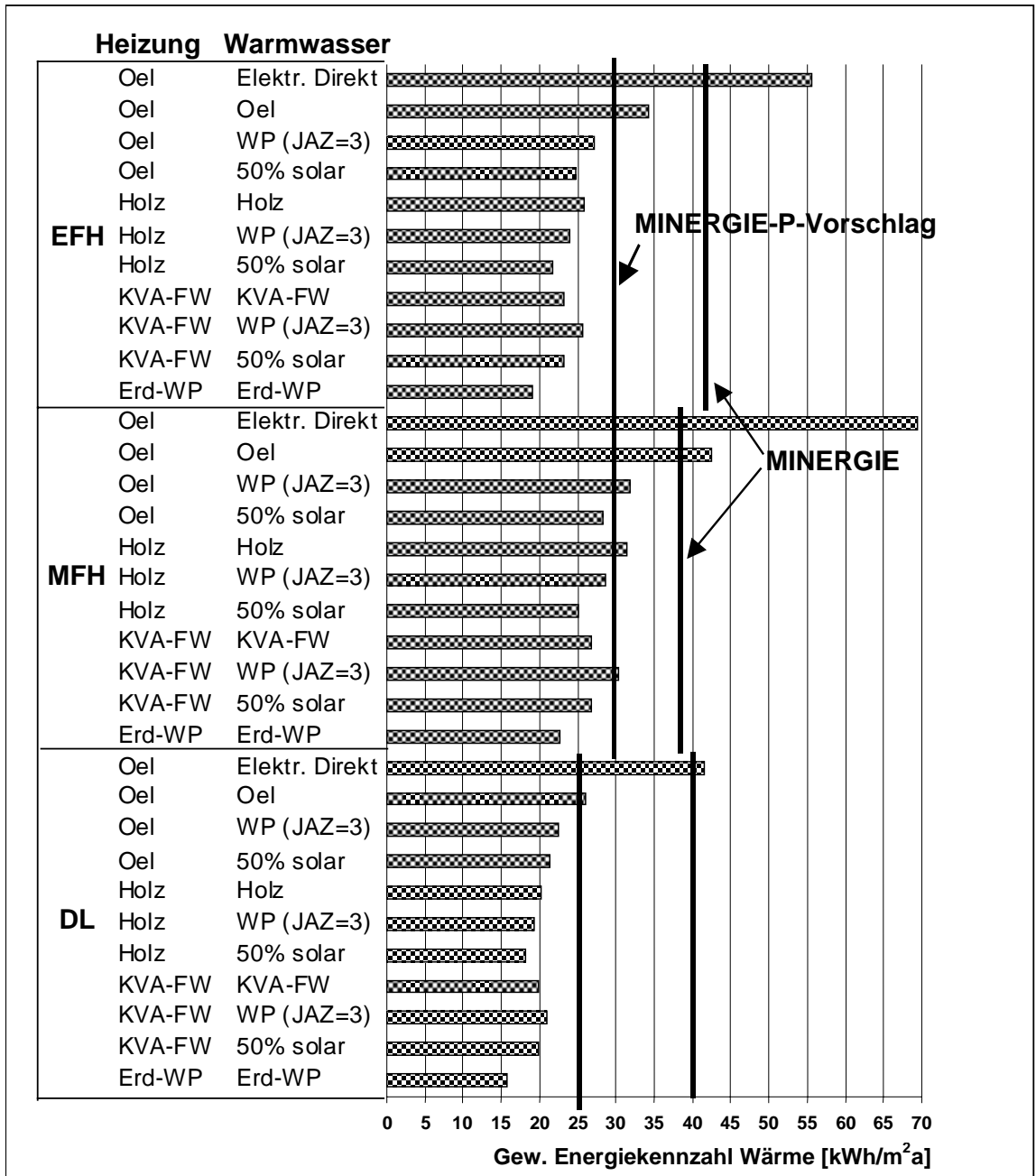
$$q_h = (Q_{h,Dez} - y \cdot Q_{s,Dez}) \cdot 0,373 \text{ [W/m}^2\text{ EBF]}$$

Mit beispielsweise  $y = 0,4$  würden nur noch 60% der solaren Wärmegewinne im Heizleistungsbedarf berücksichtigt. Es müsste aus der SIA 380/1-Berechnung nebst dem Heizwärmebedarf auch der Wert für den Wärmegewinn im Dezember abgegriffen werden.

Erste rechnerische Abschätzungen und Auslotungen obiger Schätzformeln waren allerdings eher entmutigend. Der Anteil der Sonnenenergiegewinne ist auch im Dezember so bedeutend und so stark schwankend, dass es schwierig erscheint, ihn mit blossen Faktoren angemessen zu berücksichtigen.

# Anhang G: Energiekennzahlen A. Binz

Gewichtete Energiekennzahlen Wärme für Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser und Dienstleistungsbauten, berechnet auf der Basis eines Heizwärmebedarfes (mit Wärmerückgewinnung) von 30 MJ/m<sup>2</sup>a (8,3 kWh/m<sup>2</sup>a) und einem Strombedarf für die Lüftungsanlage von 4 kWh/m<sup>2</sup>a.



## Anhang H: Luftdichtigkeit

K. Viridén, J. Wydler

Allgemeines	<p>Aufgrund eines Gesprächs mit Christoph Tanner von der EMPA sind die folgenden Stichworte aufgezeichnet worden: Die Luftdichtkeitsmessungen (nL50) weisen bei Passivhäuser einige Schwierigkeiten auf. Der nL50 Wert von 0.6 ist eine rechte Herausforderung. Wenn nun die Messung einen Wert von 0.7 bis 1.0 ergeben, wird dies unter Umständen zu einem Problem, weil das Label für das Passivhaus nicht vergeben werden kann. Dies ergibt eine etwas unangenehme Situation für die EMPA.</p>
VA4	<p>Die neue Anforderung der SIA 180 einen VA4 Wert zu messen, ist für C. Tanner weniger sinnvoll. Vergleiche fehlen zurzeit um eine genügende Aussage zu geben. Zum anderen ist dieser Wert nicht Europa- und somit mit den CEN Normen nicht kompatibel. Ein rein Schweizerischer Wert.</p>
Umrechnung	<p>Die Umrechnung ist nicht einfach zu machen. Die Umrechnung in der SIA 180 ist nur ein gemittelter Wert. Effektive Umrechnungen am konkreten Beispiel ergeben keinen korrelierenden Faktor. Der nL50 Wert berücksichtigt den Luftwechsel bezogen auf das Netto-Luftvolumen und der VA4 bezieht den Luftwechsel auf die Gebäudehülle. D.h. der nL50 Wert von 0.6 entspricht nicht einem festen VA4 Wert, sondern ist in einer Bandbreite angesiedelt.</p>
Fazit	<p>Nach Ansicht von Christoph Tanner sollte, zurzeit zumindest, noch der nL50 Wert von 0.6 übernommen werden, solange noch nicht genügende Erfahrung bei den VA4 Umrechnungen vorhanden sind. In diesem Sinn empfehlen wir die Anforderung an eine möglichst luftdichte Gebäudehülle durch eine nL50 Messung zu kontrollieren und den Wert von <math>0.6 \text{ h}^{-1}</math> zu unterschreiten.</p>

# Anhang I: Graue Energie

K. Viridén, J. Wydler

**Einleitung und Ziel** Gemäss Anregung der Begleitgruppe haben wir ein grobes Konzept für die Berechnung der Grauen Energie von MINERGIE-P Gebäuden aufgestellt. Dieses Grobkonzept ist noch nicht abschliessend bearbeitet und noch nicht in der Arbeitsgruppe diskutiert worden. Die Idee basiert teilweise auf Erfahrung in eigener Anwendung bei Vergleichen von Projekten und auf Gesprächen mit Fachleuten. Grundsätzlich liegt der Vergleich von der Betriebsenergie bei MINERGIE-P Bauten mit der Grauen Energie auf der Hand. Die Graue Energie umfasst nicht die ganze Umweltbelastung. Sie erleichtert jedoch mit einem geringen Aufwand einen Vergleich (bzw. eine Bilanzierung) mit welchem Aufwand an Grauer Energie die Einsparung an Betriebsenergie erzielt werden.

**Anwendung** Grundsätzlich sollten die Anwender, vornehmlich die Planer, mit einem möglichst geringen Aufwand eine möglichst genaue Aussagen treffen können. Für die MINERGIE-P Eingabe ist die Berechnung des Heizenergiebedarfs nach SIA 380/1 unerlässlich. Damit sind bereits die Konstruktionen und der Materialien der Gebäudehülle bzw. des Dämmperimeters vorhanden. Zusätzlich werden die Flächen und Materialien von den Bauteilen ausserhalb und innerhalb des Dämmperimeters ausgerechnet, d.h. unbeheiztes Untergeschoss, Innenwände, Zwischendecken und allenfalls weitere Konstruktionen mehr. Für Haustechnik (Elektro, Sanitär, Heizung, Lüftung etc.) und Innenausbau (Küchen, Schreinerarbeiten, Diverses) könnten allenfalls fixe Graue-Energie-Werte eingesetzt werden.

**Tool** In einem einfachen Excel-Sheet kann die Graue Energie errechnet werden. Die Berechnung erfolgt in jener Tabelle im Sinne von:

Bauteil/ Material	Fläche/ Dicke	Dichte	Graue Energie	Nutzungs- dauer	Resultat
z.B. Fassade:					
Steinwolle	100 m <sup>2</sup> / 0.20 m	80 kg / m <sup>3</sup>	xx MJ / kg	yy Jahre	zz MJ / a

Die Graue Energie von jeder Konstruktion wird zusammengezählt. Am Ende wird die Summe sämtlicher Materialien durch die Energiebezugsfläche geteilt und das Resultat ist als Messgrösse in MJ/m<sup>2</sup>a EBF mit dem Heizenergiebedarf bzw. der gewichteten Energiekennzahl vergleichbar.

	<p><sup>1)</sup> Graue Energie von Bauteilen zum Beispiel aus SIA D 0123 ‚Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten‘</p> <p><sup>2)</sup> Graue Energie von Baustoffen zum Beispiel aus ‚Graue Energie von Baustoffen‘</p> <p><sup>3)</sup> Nutzungsdauer zum Beispiel vom ehemaligen AFB (heute BBL)</p>
Weitere Abklärungen und Anforderungen	<p>Es müssen noch diverse Abklärungen bzw. Vorbereitungen getroffen werden, bevor die Anwendung der Berechnung erfolgen kann, z.B.:</p> <p>Es müssen Referenzobjekte (MINERGIE-P Bauten) gerechnet werden, um allfällige fixe Graue-Energie-Werte zu ermitteln. Z.B. fällt bei einem zweigeschossigen Bau ein zusätzliches Untergeschoss mehr ins Gewicht als bei einem viergeschossigen Gebäude.</p> <p>Die genaue Systemgrenze sollten diskutiert werden. Welche Bauteile müssen erfasst, welche können abgeschätzt, welche vernachlässigt werden, um eine erste gute Abschätzung zu bekommen.</p> <p>Es sollte ein Tool erarbeitet werden, das auch einfach anzuwenden ist (Stichwort: architekturentauglich). Auf die Praxistauglichkeit ist ein grosses Schwergewicht zu legen. In diesem Sinn ist die Erarbeitung weniger ein Forschungs- als ein Umsetzungs- und Anwendungsprojekt.</p>
Ausweitungsmöglichkeiten	<p>Grundsätzlich wäre es ohne weiteres denkbar, diesen Ansatz über die graue Energie hinaus auszudehnen. In die Tabelle könnten auch Indikatoren wie Umweltbelastungspunkte o.ä. integriert werden, die ergänzende Aussagen, insbesondere aus ökologischer Sicht ermöglichen.</p>
In Stichworten	<p>AnwenderInnen    Architekten und andere Planer, allenfalls Berater</p> <p>Phase                Vorprojekt oder Bauprojektphase (zeitgleich mit der MINERGIE-P Eingabe)</p> <p>Anwendung        Einfaches Tool, z.B. Excel-Sheet für PC oder MAC, ähnlich MINERGIE-P Eingabeformular Inkl. den notwendigen Daten</p> <p>Bezugsgrösse     MJ/m<sup>2</sup> a EBF</p> <p><b>Aufwand            4 bis 8 Stunden plus 380/1 Berechnung bei einfachen Gebäuden</b></p>