

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

Zusammenfassung

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

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

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

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes des Bundesamtes für Energie hat eine Gruppe des Zentrums für Energie und Nachhaltigkeit am Bau (ZEN) einen systematischen Vergleich des Passivhaus- und des MINERGIE-Standards erarbeitet. Auf dieser Basis wurde eine Definition des Passivhauses geschaffen, welche auf die schweizerischen Gegebenheiten abstützt, insbesondere auf die Berechnung nach der Norm SIA 380/1. In Zukunft wird es möglich sein, Passivhäuser mit den schweizerischen Rechenhilfsmitteln zu berechnen.

Ausserdem wurde untersucht, wie der Passivhausstandard als Zusatzdefinition von MINERGIE erfasst werden könnte. In den nächsten Monaten soll im Rahmen einer Pilotphase unter dem Namen MINERGIE-P ausgelotet werden, ob der hier gemachte Vorschlag für eine Passivhausdefinition nach schweizerischer Berechnungsweise geeignet wäre, um in den Rahmen von MINERGIE eingebettet zu werden. Der MINERGIE-Verein wird Ende Mai darüber beraten.

Passivhaus und MINERGIE im Vergleich

MINERGIE- und Passivhausstandard unterscheiden sich in sehr grundlegender Weise:

- MINERGIE orientiert sich an der Machbarkeit und an der wirtschaftlichen Verhältnismässigkeit. Die erschweren Umstände, die eine Sanierung mit sich bringt, führt folgerichtig zu einem milderen Grenzwert, als bei Neubauten. Der Passivhausstandard leitet seine Grenzwerte von der Zielsetzung ab, auf ein konventionelles Heizsystem verzichten zu können (mit Hinweis auf die wirtschaftlich positive Auswirkungen). Folgerichtig ergeben sich daraus dieselbe Anforderungen für Neu- und Altbau.
- MINERGIE setzt auf Marktwertsteigerung durch Verleihung eines gut geschützten Labels. Das Passivhaus setzt eher auf die Qualitätssicherung des Planungs- und Ausführungs-Prozesses, mit Detailvorgaben, Planungshilfsmitteln und Zertifizierung.
- MINERGIE versucht, so weit wie möglich den Grundsatz umzusetzen, nur die Ziele vorzugeben, dem Planer den Weg dazu aber offen zu lassen. Das Passivhaus kann nur erreicht werden, wenn einige sehr konkrete Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz gestellt werden.

Die Unterschiede in Berechnungsweise, Bezugsgrössen und Vorgaben führen zu stark abweichenden Resultaten, wenn ein gleiches Objekt nach beiden Methoden berechnet wird, wie dies die beiden folgenden Abbildungen zeigen.

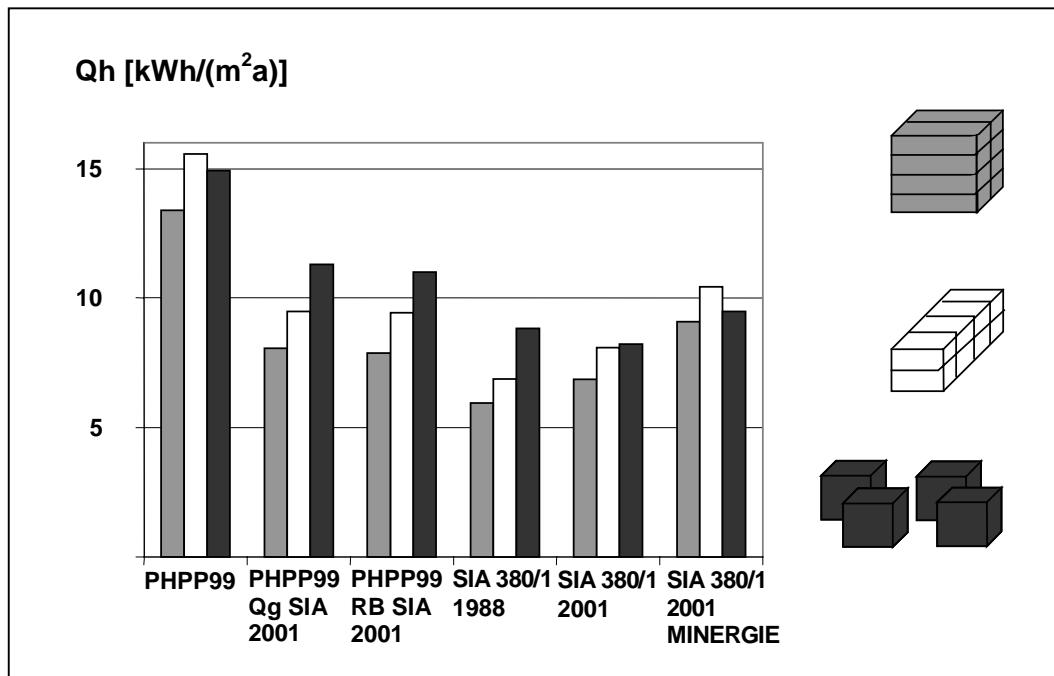


Abbildung 1: Heizwärmeverbrauch (in kWh/(m²a)) für verschiedene Gebäudetypen. SIA 380/1 alt und neu stellen die Werte mit Lüftungsanlage und WRG dar. Die Unterschiede resultieren aus den unterschiedlichen Bezugsflächen und den unterschiedlichen Randbedingungen.

Erläuterungen:

PHPP99 = Passivhausprojektierungspaket 99,

Qg SIA 2001 = mit internen Gewinnen nach SIA gerechnet.

RB = Randbedingungen, d.h. gleiche interne Gewinne, gleiche Klimadaten

Abbildung 1 zeigt im wesentlichen, dass ein Passivhaus, das nach deutschem Verfahren berechnet die erforderlichen 15 kWh/(m²a) erreicht, nach anderen Rechenverfahren deutlich tiefere Resultate liefert. Eine Heizwärmeverbrauchsberechnung nach den Vorgaben von MINERGIE liefert z.B. Resultate im Bereich von 10 kWh/(m²a). Die drei Gebäudetypen verhalten sich ähnlich.

Abbildung 2 zeigt, dass nur etwa die Hälfte des Unterschiedes zwischen deutscher und schweizerischer Berechnungsweise auf die Unterschiede in der Definition der Bezugsflächen (beheizte Bruttogeschosshöhe in der Schweiz und Nettowohnfläche in Deutschland) zurückzuführen ist. Der Rest stammt aus den unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Berechnungsansätzen.

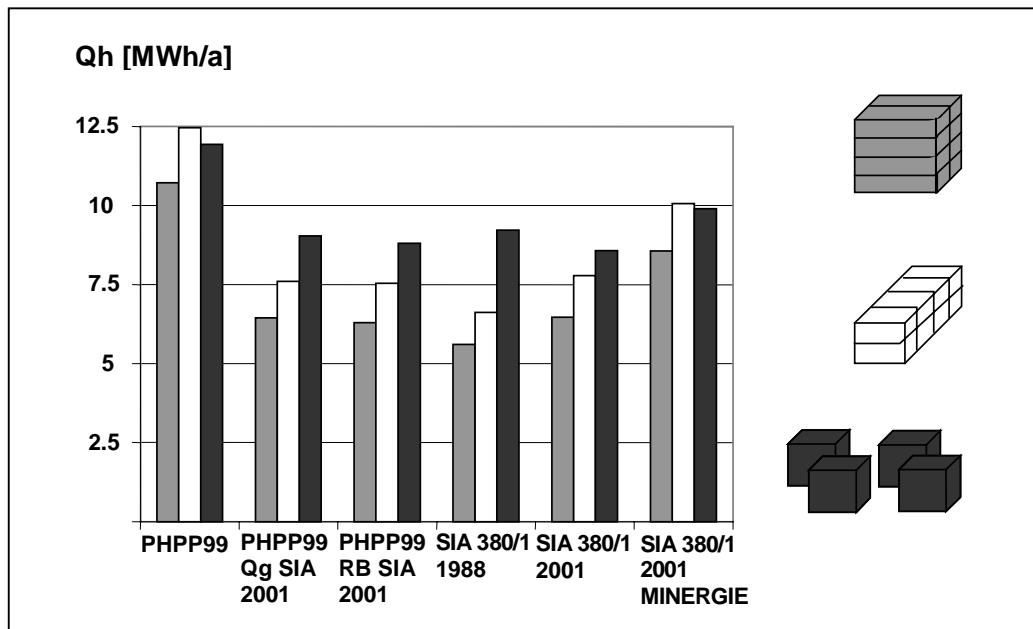


Abbildung 2: Absolutwerte des Heizwärmebedarfs für Varianten wie oben (in MWh/a). Die Unterschiede resultieren allein aus den unterschiedlichen Randbedingungen.

Erläuterungen:

PHPP99 = Passivhausprojektierungspaket 99,

Qg SIA 2001 = mit internen Gewinnen nach SIA gerechnet.

RB = Randbedingungen, d.h. gleiche interne Gewinne, gleiche Klimadaten

Ein Definitionsvorschlag für MINERGIE-P

Einerseits umfasst der hier vorgelegte Vorschlag für MINERGIE-P einige neue Elemente (auf der Ebene Berechnung und Nachweis) und andererseits ist auch im Umfeld einiges im Fluss (Normierung Wärmeleistungsbedarf, Abklärungen zu Anpassungen von MINERGIE). Vor diesem Hintergrund soll MINERGIE-P vorderhand auf Wohnbauten und Verwaltungsbauten beschränkt bleiben.

Der Grundsatz, dass der Rest-Wärmebedarf eines Passivhauses für die Heizung durch Zulufterwärmung allein oder durch eine andere effiziente und einfache Technologie abgedeckt werden soll, verlangt unabdingbar nach einer rigorosen Minimierung der Heizwärmeverluste. Als Richtgröße für den Wohnungsbau kann davon ausgegangen werden, dass bei gutem Komfort und mit hoher Energieeffizienz nicht mehr als 10 Watt Wärmeleistung pro m² Wohnfläche eingebracht werden können. Die für MINERGIE festgelegten Grenzwerte auf Stufe Endenergie für Heizung und Warmwasser gemeinsam lassen je nach Wirkungsgrad der eingesetzten Wärmeerzeugung Bauweisen mit sehr unterschiedlichem Dämmstandard zu. Es ist deshalb unumgänglich, dass für MINERGIE-P strenge Anforderungen auf Stufe Nutzenergie formuliert werden.

Neben den generellen Anforderungen, wie sie MINERGIE auch kennt, bilden vor allem die Grenzwerte den zentralen Teil der Definition. Für MINERGIE-P sind die nachfolgenden fünf Anforderungen einzuhalten. Weil es beim Passivhaus darum geht, die energetische Optimierung so weit zu treiben, dass die Deckung des verbleibenden Heizwärmebedarfes über eine Komfortluftheizung erfolgen könnte,

gelten **dieselben Anforderungen für Neubauten wie für bestehende Bauten, d.h. Sanierungen**. Eine Luftheizung ist für MINERGIE-P-Bauten eine interessante Option, aber nicht Vorschrift.

Grenzwerte für MINERGIE-P:

Heizwärmebedarf nach Norm SIA 380/1 (2001):

$Q_h \leq 20\%$ des Grenzwertes Hg

(Q_h berechnet mit Standardwerten, jedoch mit einem auf 60 MJ/m²a reduzierten Elektrizitätsverbrauch Q_E , der wirksamen Speicherfähigkeit $C = 0,1$ MJ/(m²K), entsprechend sehr leichter Bauweise, und der Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung über die Komfortlüftung. Dies entspricht etwa 45 % von Hg, berechnet nach SIA 380/1, also mit Standardwerten für Elektrizitätsverbrauch und Luftwechsel).

Spezifischer Heizleistungsbedarf:

$q_{h,max} \leq 10$ W/m²EBF

Dieser Grenzwert gilt als Mittelwert über das gesamte Gebäude. Der spezifische Heizleistungsbedarf darf in exponierten Räumen höher liegen. Massnahmen zur Gewährleistung des Komforts in solchen Räumen sind qualitativ zu beschreiben.

Gewichtete Energiekennzahl Wärme in kWh/(m²a):

Für Ein- und Mehrfamilienhäuser, $E_{gew} \leq 30$ kWh/(m²a)

Luftdichtigkeit der Gebäudehülle:

$n_{L50} \leq 0,6$ h⁻¹

Strombedarf von Haushaltgeräten:

In MINERGIE-P-Bauten sind beste Voraussetzungen für einen tiefen Haushaltstromverbrauch zu schaffen. Dies bedingt einerseits optimale festinstallierte Leuchten und Lampen und andererseits den ausschliesslichen Einsatz von Haushaltgeräten der Effizienzklasse A gemäss E-Deklaration der EU (wo dieses Label vorliegt). Bei Kühleräten ist der Einsatz von Geräten der Effizienzklasse A+ vorgeschrieben.

Der Anteil der Heizung an der gewichteten Energiekennzahl Wärme wird bei MINERGIE-P relativ klein. Das führt dazu, dass das Verhältnis von Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern sich gegenüber MINERGIE umkehrt. Bei MINERGIE ist für Einfamilienhäuser ein höherer Grenzwert festgelegt, weil der Heizwärmebedarf wegen der gösseren Gebäudehüllziffer auch höher ist, als bei Mehrfamilienhäusern, was auch durch die höheren Warmwasserverbrauchswerte bei letzteren nicht kompensiert wird. Bei MINERGIE-P dominieren die Warmwasserverbrauchswerte. Wie Abbildung 3 zeigt, kann deshalb für Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser derselbe Grenzwert von 30 kWh/(m²a) vorgeschlagen werden.

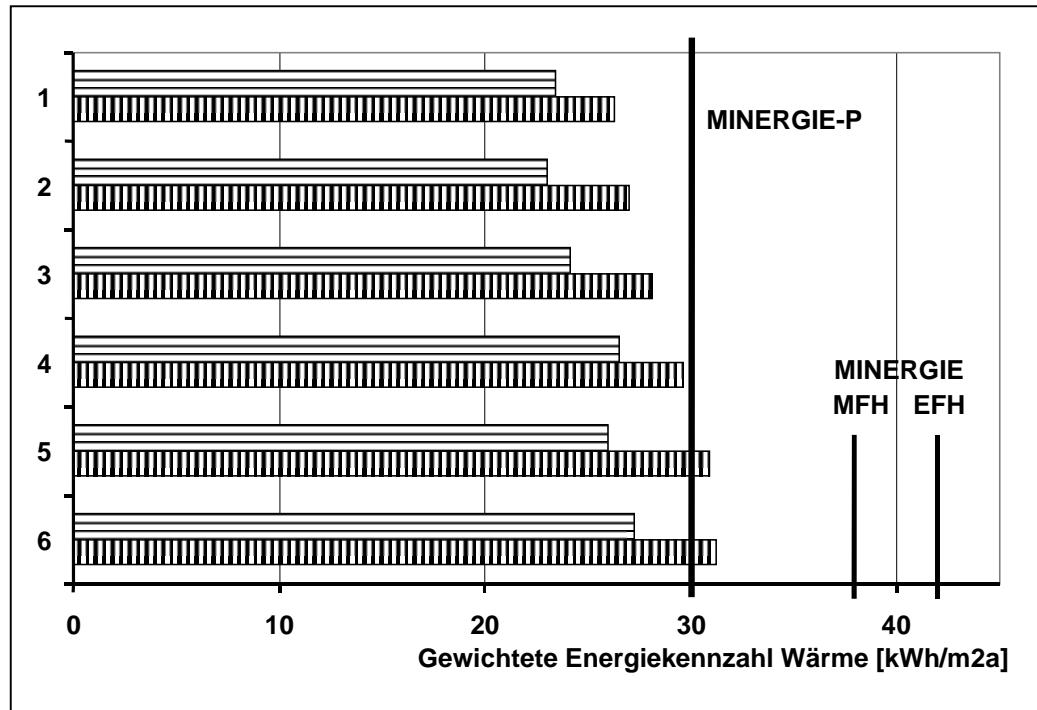


Abbildung 3 Gewichtete Energiekennzahlen Wärme von MINERGIE-P-Bauten mit verschiedenen technischen Systemen. Einfamilienhäuser (Obere Balken) und Mehrfamilienhäuser (untere Balken).

- 1 Heizung und Warmwasser mit KVA-Abwärme
- 2 Heizung und Warmwasser mit Wärmepumpe (JAZ=3)
- 3 Holzheizung und Warmwasser-WP (JAZ=3)
- 4 Oelheizung und Warmwasser zu 50% solar
- 5 Heizung und Warmwasser mit Holz
- 6 Oelheizung und Warmwasser-WP (JAZ=3)

Ein gänzlich neues Element besteht in der Anforderung an den Heizleistungsbedarf und in dessen Berechnungsverfahren. Die gültige Norm zur fachgerechten Berechnung des Heizleistungsbedarfes, die Norm SIA 384/2, stammt aus dem Jahr 1982, ist für die Zwecke von MINERGIE- und MINERGIE-P-Bauten nicht geeignet und wird in Kürze ersetzt werden. Die entsprechende CEN-Norm ist in der Schlussvernehmlassung und soll im Anschluss daran zur Basis einer neuen SIA-Norm gemacht werden.

Es machte deshalb wenig Sinn, für MINERGIE-P ein sehr ausgeklügeltes Verfahren auszudenken, das ohnehin längerfristig ersetzt werden wird. Zumindest mit der Beschränkung von MINERGIE-P auf Wohnbauten im Mittellandklima ist es legitim einen sehr einfachen Rechenmodus für den Nachweis des Heizleistungsbedarf vorzuschlagen. Ausgangspunkt für die Berechnung des Heizleistungsbedarfs ist der **spezifische Wärmeverlust H in W/K pro m²EBF**. Er liegt bei einem Passivhaus typischerweise bei etwa 0,4 W/(K m²EBF). Durch Multiplikation mit der Auslegungstemperatur ergibt sich ein spezifischer Heizleistungsbedarf, der noch durch anrechenbare Wärmegewinne vermindert werden kann. Im Sinne eines provisorischen Verfahrens für eine begrenzte Einführungsfrist ist dieser sehr einfache Ansatz für Wohnbauten in Mittellandklimabedingungen brauchbar. Für

Bauten an anderen Standorten müssen fallbezogen Korrekturen vorgenommen werden.

Umfangreiche Untersuchungen haben ergeben, dass in ausreichender Weise sichergestellt ist, dass die Bauten, welche den hier vorgeschlagenen Grenzwert des Heizleistungsbedarfes mit obigem Rechenverfahren erreichen, die energetische Qualität aufweisen, die der MINERGIE-P-Definition zugrundegelegt wurde. Es muss aber klargestellt werden, dass dies für die Erteilung des MINERGIE-P-Labels genügt, nicht aber für die Dimensionierung einer allfälligen Luftheizung. Oder anders formuliert: **Wer ein MINERGIE-P-Gebäude ausschliesslich über eine Luftheizung beheizen will, muss in Ergänzung zum MINERGIE-P-Heizleistungsnachweis eine differenzierte, fachgerechte Heizleistungsberechnung durchführen.**

MINERGIE-P für Dienstleistungsbauten ohne Klimatisierung

Für Dienstleistungsbauten ohne Klimatisierung soll das MINERGIE-P-Label ebenfalls erlangt werden können. Die Anforderungen sind gleich wie bei den Wohnbauten. Eine Ausnahme bildet der Grenzwert für die gewichtete Energiekennzahl Wärme. Wegen des sehr viel tiefer als bei Wohnbauten angesetzten Energiebedarfs für Warmwasser wird dieser Wert festgelegt bei

$$E_{gew} \leq 25 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$$

Nachweisverfahren

Für die Erteilung des MINERGIE-P-Labels werden einerseits die gleichen Nachweise und Dokumente zu erbringen sein, wie für MINERGIE:

- Dokumentierung des Projektes mit Plänen und Angaben zur Haustechnik.
- Berechnung des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1, bzw. Nachweis durch Ausdruck eines vom BFE zertifizierten SIA 380/1-Programmes.
- Nachweis der gewichteten Energiekennzahl Wärme mit einem zu MINERGIE geringfügig angepassten Excel-Rechenblatt.

Andererseits werden zusätzlich die folgenden Unterlagen verlangt werden:

- Nachweis des Heizleistungsbedarfs auf einem zusätzlichen Rechenblatt. Das Rechenverfahren wurde für Bauten unter 800 m.ü.M. überprüft. Bei Gebäuden an höherliegenden Standorten kann beantragt werden, die Berechnung besonderen Umständen anzupassen.
- Eine Liste der eingesetzten, festinstallierten Haushaltgeräte mit dem Nachweis, dass sie den verlangten Effizienzklassen entsprechen.
- Protokoll einer fachgerechten n_{L50} -Messung.

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

Schlussbericht

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

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

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

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
1.1	Passivhaus und MINERGIE im Vergleich	5
1.2	Ein Definitionsvorschlag für MINERGIE-P	7
1.3	MINERGIE-P für Dienstleistungsbauten ohne Klimatisierung	10
1.4	Nachweisverfahren	10
2	Einleitung	11
2.1	Umfeld	11
2.2	Auftrag	12
2.3	Rahmenbedingungen	12
3	MINERGIE und Passivhaus – zwei Standards im Vergleich	14
3.1	MINERGIE im Umbruch	14
3.2	Gegenüberstellung der beiden Standards	14
3.3	Berechnungsweise und Unterschiede in den Resultaten	18
3.3.1	Referenzgebäude	18
3.3.2	Heizwärmebedarf – Vergleich	19
3.3.3	Heizwärmebedarf – Anforderungen	22
3.3.4	Heizleistungsbedarf	23
4	Der Passivhausstandard in schweizerischer Berechnungsweise	27
4.1	Grundlagen für eine MINERGIE-P-Definition	27
4.1.1	Grundsätze	27
4.1.2	Verschärfung der MINERGIE-Grenzwerte	27
4.1.3	Anforderungen auf Stufe Nutzenergie	28
4.1.4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Festlegung von Nutzenergie-Grenzwerten für MINERGIE-P	29
4.2	Vorschlag für die MINERGIE-P Definition für Wohnbauten	29
4.2.1	MINERGIE-P-Grundsätze	29
4.2.2	MINERGIE-P-Grenzwerte	30
4.2.3	Das Nachweis-Verfahren für MINERGIE-P	30
4.3	Erläuterungen und Begründungen	31
4.3.1	Zu den Rahmenbedingungen	31
4.3.2	Zu den Grundsätzen	31
4.3.3	Zu den Grenzwerten	32
4.3.4	Zur Berechnungsweise des Heizleistungsbedarfs	35
4.3.5	Zum Nachweisverfahren	36
4.4	MINERGIE-P für Dienstleistungsbauten	37
5	Bewertung der Energieträger und Wärmeerzeugungssysteme	38
5.1	Einleitung	38
5.2	Ökologische Beurteilung der Wärmeerzeugung aus verschiedenen Energieträgern und Wärmeerzeugungssystemen	38

5.2.1	Methodik	38
5.2.2	Systeme zur Wärmeproduktion	39
5.2.3	Ergebnisse	41
5.2.4	Interpretation der Ergebnisse	44
5.3	MINERGIE Standard	45
5.4	Passivhausstandard	46
5.5	Vergleich von MINERGIE- und Passivhausstandard	47
5.5.1	Diskussion des Vergleichs	47
5.5.2	Erweiterung des MINERGIE- zum Passivhausstandard	48
5.6	Schlussfolgerung	48
6	Literatur, Quellen	50
ANHANG		51
Anhang A: Vergleich der Standards		
K. Viridén, J. Wydler		53
Anhang B: Referenzgebäudetypen		
K. Viridén, J. Wydler		57
Typ I		57
Typ II		59
Typ III		63
Vergleich der Gebäudetypen		66
Konstruktionen		67
Anhang C: Endenergie- und Primärenergiebedarf		
K. Viridén, J. Wydler		71
Anhang D: Energie-, Wärme- und Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden nach PHPP'99, SIA 380/1:1988 und SIA 380/1:2001 Dr. A. Haas		
		72
Anhang E: Zulässiger Heizwärmebedarf für MINERGIE-Neubauten A. Binz		
		103
Anhang F: Die rechnerische Abschätzung des spez. Heizleistungsbedarfs A. Binz		
		107
Anhang G: Energiekennzahlen A. Binz		
Anhang H: Luftdichtigkeit K. Viridén, J. Wydler		
Anhang I: Graue Energie K. Viridén, J. Wydler		
		112

1 Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes des Bundesamtes für Energie hat eine Gruppe des Zentrums für Energie und Nachhaltigkeit am Bau (ZEN) einen systematischen Vergleich des Passivhaus- und des MINERGIE-Standards erarbeitet. Auf dieser Basis wurde eine Definition des Passivhauses geschaffen, welche auf die schweizerischen Gegebenheiten abstützt, insbesondere auf die Berechnung nach der Norm SIA 380/1. In Zukunft wird es möglich sein, Passivhäuser mit den schweizerischen Rechenhilfsmitteln zu berechnen.

Ausserdem wurde untersucht, wie der Passivhausstandard als Zusatzdefinition von MINERGIE erfasst werden könnte. In den nächsten Monaten soll im Rahmen einer Pilotphase unter dem Namen MINERGIE-P ausgelotet werden, ob der hier gemachte Vorschlag für eine Passivhausdefinition nach schweizerischer Berechnungsweise geeignet wäre, um in den Rahmen von MINERGIE eingebettet zu werden. Der MINERGIE-Verein wird Ende Mai darüber beraten.

1.1 Passivhaus und MINERGIE im Vergleich

MINERGIE- und Passivhausstandard unterscheiden sich in sehr grundlegender Weise:

- MINERGIE orientiert sich an der Machbarkeit und an der wirtschaftlichen Verhältnismässigkeit. Die erschweren Umstände, die eine Sanierung mit sich bringt, führt folgerichtig zu einem milderen Grenzwert, als bei Neubauten. Der Passivhausstandard leitet seine Grenzwerte von der Zielsetzung ab, auf ein konventionelles Heizsystem verzichten zu können (mit Hinweis auf die wirtschaftlich positive Auswirkungen). Folgerichtig ergeben sich daraus dieselbe Anforderungen für Neu- und Altbau.
- MINERGIE setzt auf Marktwertsteigerung durch Verleihung eines gut geschützten Labels. Das Passivhaus setzt eher auf die Qualitätssicherung des Planungs- und Ausführungs-Prozesses, mit Detailvorgaben, Planungshilfsmitteln und Zertifizierung.
- MINERGIE versucht, so weit wie möglich den Grundsatz umzusetzen, nur die Ziele vorzugeben, dem Planer den Weg dazu aber offen zu lassen. Das Passivhaus kann nur erreicht werden, wenn einige sehr konkrete Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz gestellt werden.

Die Unterschiede in Berechnungsweise, Bezugsgrössen und Vorgaben führen zu stark abweichenden Resultaten, wenn ein gleiches Objekt nach beiden Methoden berechnet wird, wie dies die beiden folgenden Abbildungen zeigen.

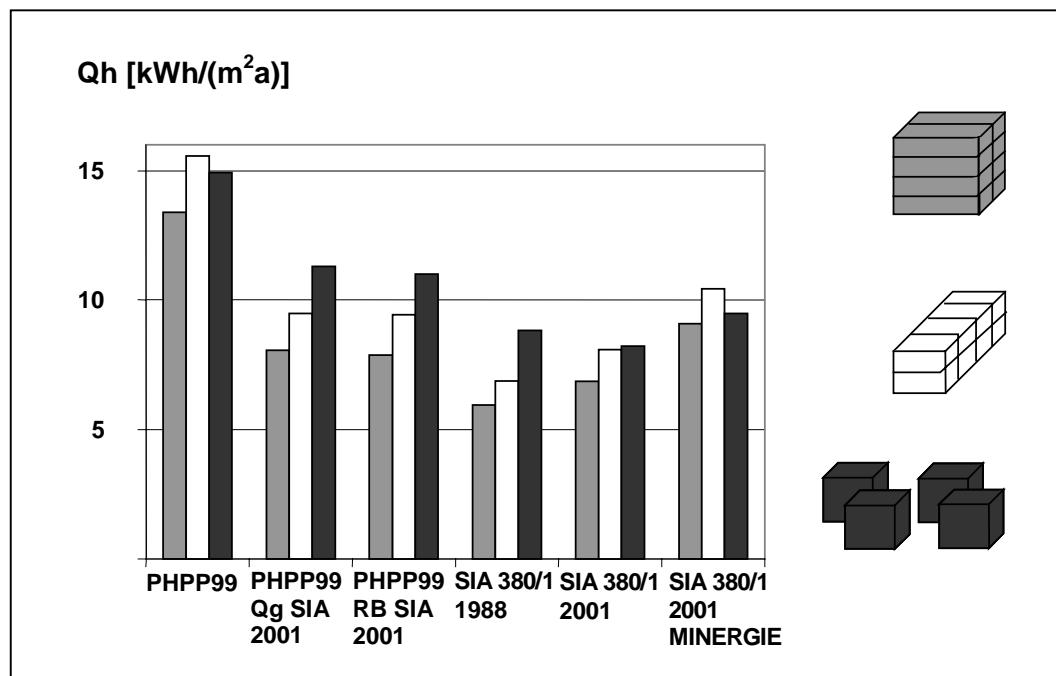


Abbildung 1: Heizwärmebedarf (in $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) für verschiedene Gebäudetypen. SIA 380/1 alt und neu stellen die Werte mit Lüftungsanlage und WRG dar. Die Unterschiede resultieren aus den unterschiedlichen Bezugsflächen und den unterschiedlichen Randbedingungen.

Erläuterungen:

PHPP99 = Passivhausprojektierungspaket 99,

Qg SIA 2001 = mit internen Gewinnen nach SIA gerechnet.

RB = Randbedingungen, d.h. gleiche interne Gewinne, gleiche Klimadaten

Abbildung 1 zeigt im wesentlichen, dass ein Passivhaus, das nach deutschem Verfahren berechnet die erforderlichen $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ erreicht, nach anderen Rechenverfahren deutlich tiefere Resultate liefert. Eine Heizwärmebedarfsberechnung nach den Vorgaben von MINERGIE liefert z.B. Resultate im Bereich von $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Die drei Gebäudetypen verhalten sich ähnlich.

Abbildung 2 zeigt, dass nur etwa die Hälfte des Unterschiedes zwischen deutscher und schweizerischer Berechnungsweise auf die Unterschiede in der Definition der Bezugsflächen (beheizte Bruttogeschoßfläche in der Schweiz und Nettowohnfläche in Deutschland) zurückzuführen ist. Der Rest stammt aus den unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Berechnungsansätzen.

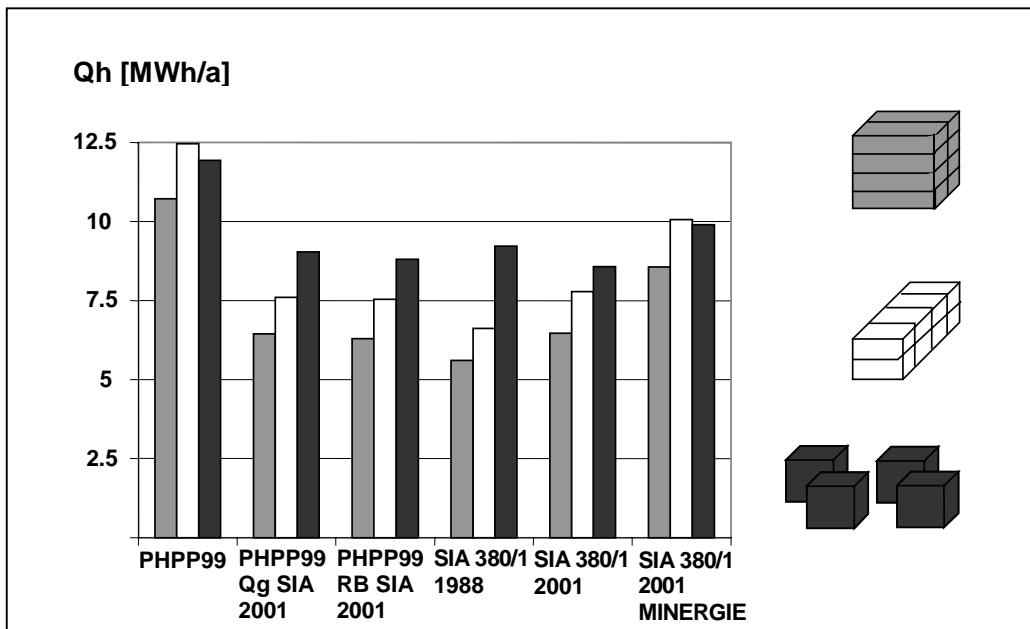


Abbildung 2: Absolutwerte des Heizwärmebedarfs für Varianten wie oben (in MWh/a). Die Unterschiede resultieren allein aus den unterschiedlichen Randbedingungen.

Erläuterungen:

PHPP99 = Passivhausprojektierungspaket 99,

Qg SIA 2001 = mit internen Gewinnen nach SIA gerechnet.

RB = Randbedingungen, d.h. gleiche interne Gewinne, gleiche Klimadaten

1.2

Ein Definitionsvorschlag für MINERGIE-P

Einerseits umfasst der hier vorgelegte Vorschlag für MINERGIE-P einige neue Elemente (auf der Ebene Berechnung und Nachweis) und andererseits ist auch im Umfeld einiges im Fluss (Normierung Wärmeleistungsbedarf, Abklärungen zu Anpassungen von MINERGIE). Vor diesem Hintergrund soll MINERGIE-P vorderhand auf Wohnbauten und Verwaltungsbauten beschränkt bleiben.

Der Grundsatz, dass der Rest-Wärmebedarf eines Passivhauses für die Heizung durch Zuluftwärmlistung allein oder durch eine andere effiziente und einfache Technologie abgedeckt werden soll, verlangt unabdingbar nach einer rigorosen Minimierung der Heizwärmeverluste. Als Richtgröße für den Wohnungsbau kann davon ausgegangen werden, dass bei gutem Komfort und mit hoher Energieeffizienz nicht mehr als 10 Watt Wärmeleistung pro m² Wohnfläche eingebracht werden können. Die für MINERGIE festgelegten Grenzwerte auf Stufe Endenergie für Heizung und Warmwasser gemeinsam lassen je nach Wirkungsgrad der eingesetzten Wärmeerzeugung Bauweisen mit sehr unterschiedlichem Dämmstandard zu. Es ist deshalb unumgänglich, dass für MINERGIE-P strenge Anforderungen auf Stufe Nutzenergie formuliert werden.

Neben den generellen Anforderungen, wie sie MINERGIE auch kennt, bilden vor allem die Grenzwerte den zentralen Teil der Definition. Für MINERGIE-P sind die nachfolgenden fünf Anforderungen einzuhalten. Weil es beim Passivhaus darum geht, die energetische Optimierung so weit zu treiben, dass die Deckung des verbleibenden Heizwärmebedarfes über eine Komfortluftheizung erfolgen könnte,

gelten **dieselben Anforderungen für Neubauten wie für bestehende Bauten, d.h. Sanierungen**. Eine Luftheizung ist für MINERGIE-P-Bauten eine interessante Option, aber nicht Vorschrift.

Grenzwerte für MINERGIE-P:

Heizwärmeverbrauch nach Norm SIA 380/1 (2001):

$Q_h \leq 20\%$ des Grenzwertes Hg

(Q_h berechnet mit Standardwerten, jedoch mit einem auf 60 MJ/m²a reduzierten Elektrizitätsverbrauch Q_E , der wirksamen Speicherfähigkeit $C = 0,1$ MJ/(m²K), entsprechend sehr leichter Bauweise, und der Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung über die Komfortlüftung. Dies entspricht etwa 45 % von Hg, berechnet nach SIA 380/1, also mit Standardwerten für Elektrizitätsverbrauch und Luftwechsel).

Spezifischer Heizleistungsbedarf:

$q_{h,max} \leq 10$ W/m²EBF

Dieser Grenzwert gilt als Mittelwert über das gesamte Gebäude. Der spezifische Heizleistungsbedarf darf in exponierten Räumen höher liegen. Massnahmen zur Gewährleistung des Komforts in solchen Räumen sind qualitativ zu beschreiben.

Gewichtete Energiekennzahl Wärme in kWh/(m²a):

Für Ein- und Mehrfamilienhäuser, $E_{gew} \leq 30$ kWh/(m²a)

Luftdichtigkeit der Gebäudehülle:

$n_{L50} \leq 0,6$ h⁻¹

Strombedarf von Haushaltgeräten:

In MINERGIE-P-Bauten sind beste Voraussetzungen für einen tiefen Haushaltstromverbrauch zu schaffen. Dies bedingt einerseits optimale festinstallierte Leuchten und Lampen und andererseits den ausschliesslichen Einsatz von Haushaltgeräten der Effizienzklasse A gemäss E-Deklaration der EU (wo dieses Label vorliegt). Bei Kühleräten ist der Einsatz von Geräten der Effizienzklasse A+ vorgeschrieben.

Der Anteil der Heizung an der gewichteten Energiekennzahl Wärme wird bei MINERGIE-P relativ klein. Das führt dazu, dass das Verhältnis von Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern sich gegenüber MINERGIE umkehrt. Bei MINERGIE ist für Einfamilienhäuser ein höherer Grenzwert festgelegt, weil der Heizwärmeverbrauch wegen der gösseren Gebäudehüllziffer auch höher ist, als bei Mehrfamilienhäusern, was auch durch die höheren Warmwasserverbrauchswerte bei letzteren nicht kompensiert wird. Bei MINERGIE-P dominieren die Warmwasserverbrauchswerte. Wie Abbildung 3 zeigt, kann deshalb für Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser derselbe Grenzwert von 30 kWh/(m²a) vorgeschlagen werden.

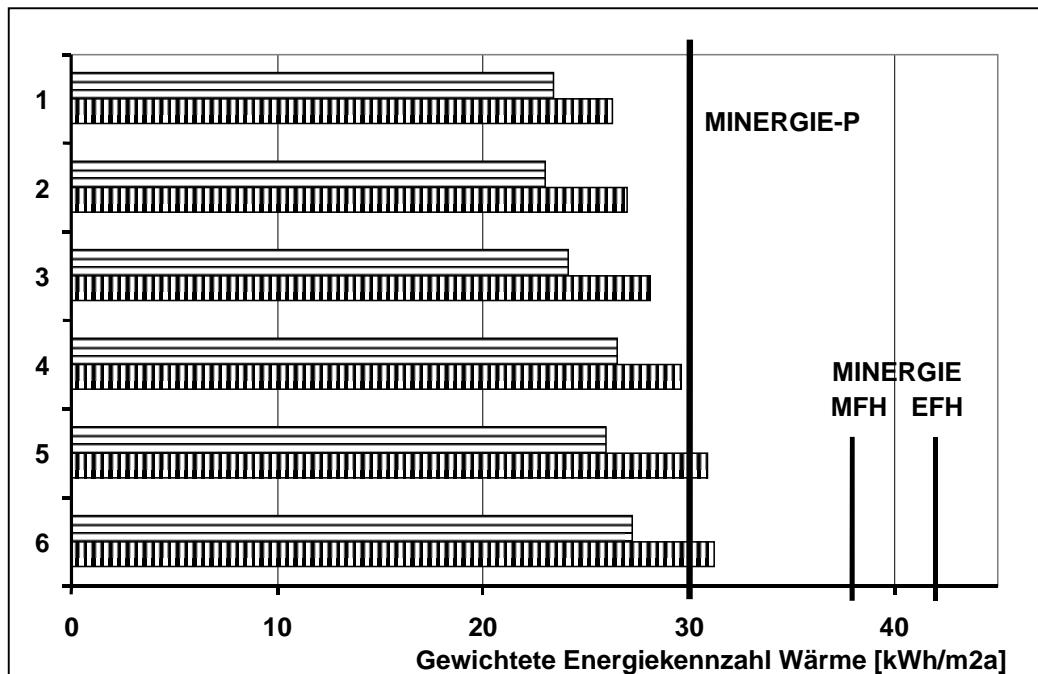


Abbildung 3 Gewichtete Energiekennzahlen Wärme von MINERGIE-P-Bauten mit verschiedenen technischen Systemen. Einfamilienhäuser (Obere Balken) und Mehrfamilienhäuser (untere Balken).

- 1 Heizung und Warmwasser mit KVA-Abwärme
- 2 Heizung und Warmwasser mit Wärmepumpe (JAZ=3)
- 3 Holzheizung und Warmwasser-WP (JAZ=3)
- 4 Ölheizung und Warmwasser zu 50% solar
- 5 Heizung und Warmwasser mit Holz
- 6 Ölheizung und Warmwasser-WP (JAZ=3)

Ein gänzlich neues Element besteht in der Anforderung an den Heizleistungsbedarf und in dessen Berechnungsverfahren. Die gültige Norm zur fachgerechten Berechnung des Heizleistungsbedarfes, die Norm SIA 384/2, stammt aus dem Jahr 1982, ist für die Zwecke von MINERGIE- und MINERGIE-P-Bauten nicht geeignet und wird in Kürze ersetzt werden. Die entsprechende CEN-Norm ist in der Schlussvernehmlassung und soll im Anschluss daran zur Basis einer neuen SIA-Norm gemacht werden.

Es machte deshalb wenig Sinn, für MINERGIE-P ein sehr ausgeklügeltes Verfahren auszudenken, das ohnehin längerfristig ersetzt werden wird. Zumindest mit der Beschränkung von MINERGIE-P auf Wohnbauten im Mittellandklima ist es legitim einen sehr einfachen Rechenmodus für den Nachweis des Heizleistungsbedarf vorzuschlagen. Ausgangspunkt für die Berechnung des Heizleistungsbedarfs ist der **spezifische Wärmeverlust H in W/K pro m²EBF**. Er liegt bei einem Passivhaus typischerweise bei etwa 0,4 W/(K m²EBF). Durch Multiplikation mit der Auslegungstemperatur ergibt sich ein spezifischer Heizleistungsbedarf, der noch durch anrechenbare Wärmegewinne vermindert werden kann. Im Sinne eines provisorischen Verfahrens für eine begrenzte Einführungsfrist ist dieser sehr einfache Ansatz für Wohnbauten in Mittellandklimabedingungen brauchbar. Für Bauten an anderen Standorten müssen fallbezogen Korrekturen vorgenommen werden.

Umfangreiche Untersuchungen haben ergeben, dass in ausreichender Weise sichergestellt ist, dass die Bauten, welche den hier vorgeschlagenen Grenzwert des Heizleistungsbedarfes mit obigem Rechenverfahren erreichen, die energetische Qualität aufweisen, die der MINERGIE-P-Definition zugrundegelegt wurde. Es muss aber klargestellt werden, dass dies für die Erteilung des MINERGIE-P-Labels genügt, nicht aber für die Dimensionierung einer allfälligen Luftheizung. Oder anders formuliert: **Wer ein MINERGIE-P-Gebäude ausschliesslich über eine Luftheizung beheizen will, muss in Ergänzung zum MINERGIE-P-Heizleistungsnachweis eine differenzierte, fachgerechte Heizleistungsberechnung durchführen.**

1.3 MINERGIE-P für Dienstleistungsbauten ohne Klimatisierung

Für Dienstleistungsbauten ohne Klimatisierung soll das MINERGIE-P-Label ebenfalls erlangt werden können. Die Anforderungen sind gleich wie bei den Wohnbauten. Eine Ausnahme bildet der Grenzwert für die gewichtete Energiekennzahl Wärme. Wegen des sehr viel tiefer als bei Wohnbauten angesetzten Energiebedarfs für Warmwasser wird dieser Wert bei

$$E_{\text{gew}} \leq 25 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$$

festgelegt.

1.4 Nachweisverfahren

Für die Erteilung des MINERGIE-P-Labels werden einerseits die gleichen Nachweise und Dokumente zu erbringen sein, wie für MINERGIE:

- Dokumentierung des Projektes mit Plänen und Angaben zur Haustechnik.
- Berechnung des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1, bzw. Nachweis durch Ausdruck eines vom BFE zertifizierten SIA 380/1-Programmes.
- Nachweis der gewichteten Energiekennzahl Wärme mit einem zu MINERGIE geringfügig angepassten Excel-Rechenblatt.

Andererseits werden zusätzlich die folgenden Unterlagen verlangt werden:

- Nachweis des Heizleistungsbedarfs auf einem zusätzlichen Rechenblatt. Das Rechenverfahren wurde für Bauten unter 800 m.ü.M. überprüft. Bei Gebäuden an höherliegenden Standorten kann beantragt werden, die Berechnung besonderen Umständen anzupassen.
- Eine Liste der eingesetzten, festinstallierten Haushaltgeräte mit dem Nachweis, dass sie den verlangten Effizienzklassen entsprechen.
- Protokoll einer fachgerechten n_{L50} -Messung.

2 Einleitung

2.1 Umfeld

Zwei wesentliche Tatbestände prägen die derzeitige Situation des energieeffizienten Bauens:

- Der energiepolitische Akzent im Gebäudebereich lag in der Schweiz in den letzten fünf Jahren eher im Bereich der Umsetzung. Motto war: Das Know-how energieeffizienten Bauens ist in den grossen Zügen bekannt und muss nun vor allem umgesetzt und in die Breite getragen werden. Beispiel für diese Strategie ist die breite Übernahme und Förderung des MINERGIE-Labels durch die meisten Kantone. Der Erfolg dieser Strategie äussert sich im rasanten Anwachsen der Zahl von MINERGIE-Bauten.
- Unter dem Namen Passivhaus erlangte vor allem in Deutschland ein Gebäudekonzept grosse Bekanntheit und breite Anerkennung, das mittels sehr weit getriebenem Wärmeschutz und hocheffizienter Komfortlüftung die Voraussetzung schafft, auf ein konventionelles Heizsystem zu verzichten. Mit heute über tausend Bauten konnte der Beweis erbracht werden, dass Passivhäuser machbar sind und dass der Grundgedanke, mit dem Verzicht auf ein konventionelles Heizsystem die bessere Energieeffizienz weitgehend zu finanzieren, realistisch ist.

Währenddem der MINERGIE-Standard seit längerem in der Schweiz eingeführt ist, fasst der Passivhausstandard von Deutschland kommend erst jetzt richtig Fuss. MINERGIE- und Passivhausstandard unterscheiden sich in ihrem Anforderungsniveau, in der Nachweis- und Berechnungsweise, in ihren Anwendungsbereichen und in ihrer praktischen Umsetzung. Beide Standards haben im Grunde dasselbe übergeordnete Ziel: komfortable und wirtschaftlich vertretbare Bauten mit sehr niedrigem Energieverbrauch zu fördern und deren Qualität sichern zu helfen. Zur Zeit besteht die Gefahr, dass sich die beiden Standards gegenseitig konkurrieren, Planer und Bauherren verunsichert werden und das gemeinsame Anliegen einen Rückschlag erleidet.

Dazu einige Thesen und Überlegungen:

- MINERGIE hat heute als umsetzungsorientiertes Label seine Bewährungsprobe bestanden. Vor allem auch seine breite Abstützung bei Bund und Kantonen machen es zu einem wichtigen Instrument der gebäudeorientierten Energiepolitik.
- Gerade der (relative) Breitenerfolg von MINERGIE ist aber der Wegbereiter für den Vormarsch des Passivhauskonzeptes in der Schweiz. Die MINERGIE-Pioniere der ersten Stunde wollen (und sollen) weiterhin Elite sein und geben sich nicht mehr mit MINERGIE zufrieden. Sie greifen die Passivhaus-Idee auf.
- Wir werden in den nächsten Monaten erleben, wie der Begriff des Passivhauses sich in der Schweiz rasch verbreiten wird, weil bereits viele Passivhäuser im Bau und weitere in Planung sind und die Berichterstattung darüber für die Medien neuer und interessanter ist, als diejenige über MINERGIE, das eben bereits sehr gut eingeführt ist (und auch etwas weniger weit geht - zumindest bezüglich Heizung). Das Passivhauskonzept ist in den letzten Jahren Gegenstand internationaler Forschungsbemühungen gewesen und

die Schweiz hat dazu ihren Beitrag, finanziert durch das BFE, ebenfalls geleistet (CEPHEUS 2001). Es ist unbestritten, dass Forschung im Elfenbeinturm in diesem Bereich unerwünscht ist. So beginnen Forschungs- und Pilotprojekte in diesem Bereich, schwergewichtig in Deutschland, auch in der Schweiz nachhaltig und intensiv Interesse zu wecken.

- Angesichts dieser Eigendynamik muss ein Weg gefunden werden, der von der realen Existenz beider Standards ausgeht und der Synergien sucht und fördert.

2.2 Auftrag

Das Ziel des Projekts ist,

- die Unterschiede der beiden Standards möglichst klar und quantitativ herauszuarbeiten,
- Möglichkeiten und Grenzen der Umrechnung von einem Standard in den Anderen auszuloten,
- eine schweizerische Berechnungs- und Nachweismethode zu entwickeln, die den deutschen Passivhausstandard möglichst genau wiedergibt. Die Berechnungsweise muss vor allem auf die Norm SIA 380/1 ausgerichtet sein, wie sie im Nachweisverfahren für den Wärmeschutz eingeführt ist,
- aufzuzeigen, wie eine Passivhaus-Definition aussehen könnte, die vom MINERGIE-Verein als zweites Produkt neben dem normalen MINERGIE-Label eingeführt werden könnte. Damit sollen die Grundlagen geschaffen werden, dass die MINERGIE-Verantwortlichen eine Zusatzdefinition – ein MINERGIE-P - schaffen könnten, welche dem Passivhausstandard entspricht.
- zu untersuchen, wie die Passivhausstandard-Definition differenziert werden könnte, um den Aspekten des Primärenergieverbrauchs und der Ökologie besser gerecht zu werden.

2.3 Rahmenbedingungen

Gespräche mit verschiedenen Akteuren, die mit MINERGIE und Passivhäusern zu tun haben, zeigten, dass die folgenden Rahmenbedingungen bei der Definierung einer schweizerischen Berechnungsweise für Passivhäuser beachtet werden sollten:

- Für die Berechnung der Energiebilanz muss auf die Norm SIA 380/1 abgestellt werden. Sie ist die in der Schweiz rechtsverbindliche Berechnungsweise, die in der Fachwelt gut bekannt ist und angewendet wird.
- Der Einfachheit und Nachvollziehbarkeit der Definition ist grosses Gewicht beizumessen.
- Das Passivhaus ist nicht einfach „ein wenig strenger als MINERGIE“. Die beiden Standards unterscheiden sich in Philosophie und Anforderungsniveau deutlich. Die schweizerische Definition des Passivhauses soll dem deutschen Standard weitestgehend entsprechen, insbesondere also in keiner Weise verwässert sein.
- Die Entwicklung eines Vorschlages für ein eventuelles MINERGIE-P-Label bietet die Möglichkeit, über die derzeitige Definition des Passivhausstandards hinauszugehen. Die Anforderungen an den Heizwärmebedarf bilden den Eckpfeiler des Passivhausstandards. Empfehlungen und Anforderungen an die anderen Energieverbrauchskomponenten sind in den letzten Jahren

nach und nach hinzugekommen, bilden aber immer noch die weicheren, für die Zertifizierung nicht obligatorischen Anforderungen. MINERGIE-P soll sich nicht auf die Heizenergie beschränken. MINERGIE hat von Anfang an mit Anforderungen an den Endenergiebedarf für Wärme, d.h. Heizung und Warmwasser, einen anderen Akzent gesetzt. MINERGIE-P soll dieser bewussten Akzentsetzung von MINERGIE Rechnung tragen und Warmwasser sowie Strombedarf für Haushalt bzw. Arbeitsplätze in klarer Form einbeziehen.

3 MINERGIE und Passivhaus – zwei Standards im Vergleich

3.1 MINERGIE im Umbruch

MINERGIE hat sich in den letzten Jahren sehr erfolgreich verbreitet. Zur Zeit wird in den Kantonen die neue SIA 380/1, d.h. die Ausgabe 2001, nach und nach eingeführt. Diese Berechnungsweise bildet auch die Basis für den MINERGIE-Nachweis. Es besteht zudem die Absicht, auch einen MINERGIE-Grenzwert für den Heizwärmebedarf einzuführen.

Da Berechnungsweise und Resultate der neuen SIA 380/1 in nicht vernachlässigbarer Weise von der alten Berechnungsmethode abweichen, wurden entsprechende Anpassungen an der MINERGIE-Definition unumgänglich. Außerdem ist es seit den Anfängen von MINERGIE nötig geworden, die ursprünglich wenigen und sehr einfachen Anforderungen und Nachweisbestimmungen mehr und mehr zu differenzieren. Zusammen mit dem verbreiteten Wunsch, den MINERGIE-Standart auch für andere Nutzungen als nur Wohnen und Dienstleistungen zu definieren, überprüft der MINERGIE-Verein, wie die entsprechenden Anpassungen vorgenommen werden könnten.

Die Frage der Schaffung einer Zusatzdefinition MINERGIE-P passt zeitlich gut in diese allgemeine „Revisionsarbeit“. Mit dem hier vorgelegten Vorschlag für eine mögliche Zusatzdefinition von MINERGIE-P sollen im Rahmen einer Pilotphase bis ins Frühjahr 2002 Erfahrungen gesammelt werden. Ende Mai soll der MINERGIE-Verein an seiner Jahresversammlung den Entscheid fällen, ob eine solche Zusatzdefinition von MINERGIE-P geschaffen werden soll – und wenn ja, unter welchem Namen.

3.2 Gegenüberstellung der beiden Standards

MINERGIE- und Passivhausstandard unterscheiden sich in sehr grundlegender Weise. Die Unterschiede in Berechnungsweise, Bezugsgrößen und Vorgaben macht es zwar schwierig, die beiden Standards ineinander umzurechnen. Da dies aber auch keine Notwendigkeit ist, spielen die konzeptionellen Unterschiede eigentlich eine wichtigere Rolle:

- MINERGIE orientiert sich an der Machbarkeit und an der wirtschaftlichen Verhältnismässigkeit. Die erschwerten Umstände, die eine Sanierung mit sich bringt, führt folgerichtig zu einem milderen Grenzwert, als bei Neubauten. Der Passivhausstandard leitet seine Grenzwerte von der Zielsetzung ab, auf ein konventionelles Heizsystem verzichten zu können (mit Hinweis auf die wirtschaftlich positiven Auswirkungen). Folgerichtig ergeben sich daraus dieselbe Anforderungen für Neu- und Altbau.
- MINERGIE setzt auf Marktwerterhöhung durch Verleihung eines gut geschützten Labels. Das Passivhaus setzt eher auf die Qualitätssicherung des Planungs- und Ausführungs-Prozesses, mit Detailvorgaben, Planungshilfsmitteln und Zertifizierung.
- MINERGIE versucht so weit wie möglich den Grundsatz umzusetzen, nur die Ziele vorzugeben, dem Planer den Weg dazu aber offen zu lassen. Das Passivhaus kann nur erreicht werden, wenn einige sehr konkrete bauliche

Bedingungen vorgeschrieben und eingehalten werden.

Im einzelnen sind die Unterschiede zwischen den beiden Standards in der nachstehenden Tabelle aufgelistet. Die Tabelle umfasst sowohl verbindliche Anforderungen und Grenzwerte, wie auch Bezugsgrößen und Empfehlungen. Da den meisten Fachleuten immer noch die Berechnungsweise nach alter Norm SIA 380/1 wesentlich vertrauter ist, als die nach der Version 2001, sind auch diese Unterschiede in die Tabelle einbezogen. Und schliesslich ist hier vorab der weiter hinten im Detail dargestellte Vorschlag für MINERGIE-P integriert.

	Passivhaus Standard	MINERGIE Standard alte SIA 380/1	MINERGIE Standard neue SIA 380/1	MINERGIE P
BEZUGSGRÖSSEN				
Bezugsfläche	Nettowohnfläche NF	EBF höhenkorrigiert (Brutto, Aussenmasse)	EBF höhenkorrigiert (Brutto, Aussenmasse)	EBF höhenkorrigiert (Brutto, Aussenmasse)
Gebäudevolumen	mit Aussenmassen	$EBF_o \times$ Geschoss Höhe x 0.8	$EBF_o \times$ mittlere Geschoss Höhe x 0.8	
Hüllfläche Aussenhülle A/EBF Fensterflächen	mit Aussenmassen - Rohbaumasse	mit Aussenmassen - lichte Masse	mit Aussenmassen - lichte Masse	
ENERGIEKENNZAHLEN				
Heizwärmebedarf (Qh) (Nutzenergie)	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2 \text{ a NF}$	-	$\leq 60\% \text{ Hg}$	$\leq 20\% \text{ Hg}$
Heizwärmeleistung	$\leq 10 \text{ W/m}^2 \text{ NF}$	Keine Vorgaben	Keine Vorgaben	$\leq 10 \text{ W/m}^2 \text{ EBF}$
Energiekennzahl Wärme gewichtet (Ew) (Endenergie)		Neubau: $\leq 45 \text{ kWh/m}^2 \text{ a EBF}$ $\leq 45 \text{ kWh/m}^2 \text{ a EBF}$ $\leq 40 \text{ kWh/m}^2 \text{ a EBF}$	Neubau: $\leq 42 \text{ kWh/m}^2 \text{ a EBF}$ $\leq 38 \text{ kWh/m}^2 \text{ a EBF}$ $\leq 40 \text{ kWh/m}^2 \text{ a EBF}$	Neubau und Umbau: $\leq 30 \text{ kWh/m}^2 \text{ a EBF}$ $\leq 30 \text{ kWh/m}^2 \text{ a EBF}$ $\leq 25 \text{ kWh/m}^2 \text{ a EBF}$
Energieträger	nicht vorgegeben	Wertigkeit nach Energieträger (Gewichtung)	Wertigkeit nach Energieträger (Gewichtung)	Wertigkeit nach Energieträger (Gewichtung)
Wertigkeit	Primärenergie $\leq 120 \text{ kWh/m}^2 \text{ a NF}$	Endenergie	Endenergie (Voraussichtliche Werte)	Endenergie (Voraussichtliche Werte)
Elektrizität	2.97 / 2.72 ¹	2	2	2
Öel	1.09	1	1	1
Gas	1.07	1	1	1
Holz	1.01	0.6 ökol. Korrekturfaktor	0.6 ökol. Korrekturfaktor	0.6 ökol. Korrekturfaktor
HAUSTECHNIK				
Lüftung	kontrollierte Lüftung mit WRG $> 75\% \text{ (Gegenstrom-}$ Wärmetauscher)	Abluft mit kontrollierter Zuluft	Abluft mit kontrollierter Zuluft	kontrollierte Lüftung mit WRG
Wärmerückgewinnung				

¹ Strom-Mix / Heizstrom

	Passivhaus Standard	MINERGIE Standard alte SIA 380/1	MINERGIE Standard neue SIA 380/1	MINERGIE P
GEBÄUDEHÜLLE				
U-Wert opake Hülle	$\leq 0.15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	Einzelbauteile $\leq 0.2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	Einzelbauteile $\leq 0.2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ inkl. Wärmebrücken	
Fenster	$\leq 0.8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (nach EN 10077) Energiedurchlassgrad $\geq 50\%$			
Luftdichtigkeit	$nL_{50} \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$ Luftdichtigkeitsmessung erforderlich	Empfehlung für möglichst luftdichte Gebäudehülle	Empfehlung für möglichst luftdichte Gebäudehülle	$nL_{50} \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$ Luftdichtigkeitsmessung erforderlich
Wärmebrücken	wärmebrückenfreie Ausführung	Berücksichtigung in Berechnung gem. SIA 180	Berücksichtigung in Berechnung gem. SIA 180	
Wärmebrückenverlustkoeffizient (Ψ_a)	Wenn $\Psi_a \leq 0.01 \text{ W/(m K)}$, dann kein Nachweis		Wärmebrücken müssen berücksichtigt werden	Wärmebrücken müssen berücksichtigt werden
KONTROLLEN				
Projektierungskontrolle		Rechnerische Projektprüfung Stichprobenprüfung	Rechnerische Projektprüfung Stichprobenprüfung	
Ausführungskontrolle	Luftdichtigkeitsmessung. Qualitätskontrolle über die gesamte Haustechnik. Kontrolle Wärmebrückenvermeidung. Kontrolle Dämmung (Lufträume vermeiden).			Luftdichtigkeitsmessung
Diverses	Zertifikat; Name nicht geschützt	Bezeichnung unter Namensschutz: Label	Bezeichnung unter Namensschutz: Label	Bezeichnung unter Namensschutz: Label

Tabelle 1: Zusammenfassender Vergleich der verschiedenen Standards.

Sowohl der Passivhaus- wie auch der MINERGIE-Standard sind detailliert beschrieben und klar definiert. Der Begriff des Passivhauses ist allerdings rechtlich nicht geschützt. Passivhäuser können durch das Passivhaus-Institut in Darmstadt, dem Schöpfer des Standards, zertifiziert werden. In der Schweiz führt das Zentrum für Interdisziplinäre Gebäudetechnik (ZIG) der Hochschule für Technik und Architektur (HTA) Luzern in Horw Zertifizierungen nach deutschem Muster durch. Das Zertifikat dieser Stellen ist geschützt und garantiert die Qualität bzw. die Standard-Erfüllung des betreffenden Passivhauses. Bei Passivhäusern, die als solche bezeichnet werden, jedoch nicht zertifiziert sind, ist Vorsicht angebracht. MINERGIE ist eine gesetzlich geschützte Marke, die den beiden Kantonen Zürich und Bern gehört. Die Nutzung der Marke ist dem MINERGIE-Verein übertragen, der nach einem detailliert festgelegten Verfahren Label vergibt. Der Name MINERGIE (und auch MINERGIE-P) darf nur verwendet werden, wenn das entsprechende Label erworben wurde. Die nachstehende Tabelle 2 stellt als Auszug aus Tabelle 1 die

für Zertifizierung (Passivhaus) und Label-Erteilung (MINERGIE) verbindlichen Anforderungen gegenüber.

	Passivhaus-Institut	Berechnungsweise Schweiz
Heizwärmebedarf	$Q_h \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ Berechnung nach PHPP	$Q_h \leq 10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ Berechnung nach SIA 380/1 mit MINERGIE-Rahmenbed.
Gewichtete Energiekennzahl Wärme		$Ew \leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ bei Wohnbauten (25 bei DL-Bauten)
Primärenergiekennzahl	$PE \leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, berechnet nach PHPP	
Heizleistungsbedarf		$q_h \leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$ berechnet aus H (SIA 380/1)
Luftwechsel	$n_{L50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$	$n_{L50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
Geräte		EU-Label A, Kühlgeräte A+
Empfehlungen, Planungshinweise und Nachweis-Vorgaben (keine Zertifikats-Bedingungen):		
Heizleistungsbedarf	$q_h \leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$ berechnet nach PHPP	
Wärmeschutz	Nötige U-Werte (Wand, Fenster, Rahmen etc.)	
Wärmerückgewinnung Lüftungsanlage	Rückgewinnung $\eta \geq 0,75$	
Wärmebrücken, Durchlassgrad Verglasung etc.	Div. Hinweise zur nötigen Qualität.	

Tabelle 2: Gegenüberstellung der für die Zertifizierung (Passivhaus) bzw. die Label-Erteilung (MINERGIE-P) notwendigen Voraussetzungen.

Aus der Gegenüberstellung von Tabelle 2 wird auch deutlich, dass der Akzent der Passivhauszertifizierung sehr stark auf der Qualitätssicherung durch Planungsempfehlungen und die Einhaltung von lediglich drei Werten beruht, während bei MINERGIE-P weitere Vorgaben für die Label-Erteilung vorgeschrieben sind,

jedoch im Bereich Planungsempfehlungen ein geringerer Detaillierungsgrad vorliegt. Ein sehr wesentlicher Unterschied besteht darin, dass die 10 W/m² Heizleistungsbedarf für die Passivhauszertifizierung (noch) nicht verbindlich sind.

3.3 Berechnungsweise und Unterschiede in den Resultaten

3.3.1 Referenzgebäude

Anhand der Referenzgebäude soll untersucht werden, wie sich die Unterschiede in den Berechnungsverfahren des Passivhaus Projektierungspaketes (im folgenden PHPP'99) und der SIA 380/1 (alte Version, bezeichnet mit :1988, und neue Version, :2001) auswirken.

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

Die Referenzgebäude werden so definiert, dass sie die Bedingung für Passivhäuser, $Q_h \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{a})$, bezogen auf die Netto-Wohnfläche, gerade erfüllen. Damit wird zugleich sichtbar, welche Werte nach Schweizer Norm diesem Grenzwert entsprechen. Die detaillierte Beschreibung der Referenzgebäude ist im Anhang B zu finden. Kurz zusammengefasst weisen die Referenzgebäude folgende Eigenschaften auf:

		Typ I	Typ II	Typ III
Energiebezugs-fläche (EBF)	[m ²]	MFH	MFH	4 EFH
Gebäudehüllzahl	[-]	943	963	1045
Nettowohnfläche (NWF)	[m ²]	1.21	1.70	1.98
Fensterfläche/NWF	[-]	800	800	800
Fensterfläche/NWF	[-]	20%	20%	20%
U-Wert Wand	[W/(m ² K)]	0.15	0.12	0.09
U-Wert Fenster	[W/(m ² K)]	0.8	0.8	0.8
g-Wert Fenster	[W/(m ² K)]	0.5	0.5	0.5
Lüftung	[m ³ /h]	700	700	630
Infiltration	[m ³ /h]	81	81	81
eta WRG	[-]	0.75	0.75	0.75
Heizwärmebedarf nach PHPP'99	[kWh/(m ² a)] (NWF)	13.4	15.6	14.9

Tabelle 3: *Definition der Referenzgebäude*

Für alle weiteren Gebäudedaten und Randbedingungen wurden in beiden Rechenverfahren Werte benutzt, die ohne genauen Nachweis eingesetzt werden können,

bzw. vorgegebene Standardwerte. Damit wird der Unterschied möglichst wenig von speziellen Annahmen beeinflusst.

Um die Vielfalt der Unterschiede zu begrenzen, wurden allerdings der Luftwechsel (Daten für Infiltration, Lüftungsanlage und WRG) und die effektive Wärmespeicherfähigkeit (für Ausnutzungsgrad) in allen Rechenverfahren gleich eingesetzt.

Der Luftstrom der Lüftungsanlage wurde mit PHPP'99 als Maximum von Frischluft- und Abluftbedarf bestimmt (abhängig von Belegung und Anzahl Ablufräume pro Wohnung). Der Gesamtluftwechsel liegt damit für alle Gebäude über dem nach SIA 380/1:2001 vorgegebenen Standardwert von $0.7 \text{ m}^3/(\text{h m}^2 \text{EBF})$, er liegt allerdings tiefer als nach SIA 380/1:1988 erforderlich.

Die folgende Tabelle dokumentiert die benutzten Werte für PHPP'99 und SIA 380/1:2001:

	Annahmen für Referenzgebäude	Umsetzung	
		PHPP'99	SIA 380/1:2001
Belegung (gerundet)			
Typ I + II	Standard	24	24
Typ III	Standard	24	16
Nutzung			
alle Typen	Standard	Vorgabe	Vorgabe
resultierende interne Gewinne		[W/m ² NWF]	[W/m ² EBF]
Typ I	Standard	2.1	3.1
Typ II	Standard	2.1	3.1
Typ III	Standard	2.1	2.4
Wärmespeicherfähigkeit [MJ/m²/K]			
alle Typen	wie PHPP'99	Fixwert (a=5), entspricht (sehr) leichter Bauweise	0.1
Reduktionsfaktoren Fenster			
alle Typen	Standard	0.45	0.567
Klimastation			
alle Typen	Mittelland	D pauschal	CH Zürich SMA
Luftwechsel			
alle Typen	wie PHPP'99	PHPP'99	analog PHPP'99

Tabelle 4: Weitere Annahmen für die Berechnung der Referenzgebäude

3.3.2 Heizwärmebedarf – Vergleich

Für die drei Gebäudetypen wurde der Heizwärmebedarf mit den drei Verfahren untersucht. Neben den oben dokumentierten Basisvarianten wurden noch weitere Varianten gerechnet. Zum einen wurde in der Berechnung nach SIA 380/1:2001 der nach MINERGIE vorgegebene reduzierte elektrische Verbrauch eingesetzt. Zum anderen wurden im PHPP'99 in einem ersten Schritt die internen Gewinne nach der neuen SIA 380/1 eingesetzt. In einem zweiten Schritt wurden dann auch noch die in der Rechnung nach SIA verwendeten Klimadaten eingesetzt. Die SIA-

Verfahren wurden auch mit natürlicher Lüftung gerechnet, wie dies für den Nachweis nach SIA erforderlich ist.

Beim Vergleich der beiden nachstehenden Abbildungen zeigt sich, dass in den Resultaten erhebliche Differenzen auftreten. Abbildung 4 zeigt den Heizwärmebedarf pro Energiebezugsfläche, Abbildung 5 die Absolutwerte des Heizwärmebedarfs, also die Werte aus Abbildung 4 multipliziert mit der jeweiligen Energiebezugsfläche.

Eine Ursache ist die unterschiedliche Definition der Energiebezugsfläche. Beim Passivhausstandard werden alle Angaben auf die (Netto-) Wohnfläche bezogen, während in der SIA 380/1 die (Brutto-) Geschoßfläche als Bezugsgröße dient. Die Differenz der beiden Flächen ist in einfachen Fällen die Konstruktionsfläche. Das Verhältnis zwischen Wohnfläche und Geschoßfläche ist damit wesentlich bestimmt durch die Wandstärken und die Form des betrachteten Gebäudes. Zunehmende Wandstärke und geringere Kompaktheit vergrößern die Differenz. Damit ist die Umrechnung flächenbezogener Größen immer gebäudespezifisch.

Bei Gebäuden mit Passivhausdämmstandard beträgt der Unterschied 15% und mehr.

Sonderfälle beider Flächendefinitionen (z.B. teilweise Anrechnung der Kellerfläche innerhalb der thermische Hülle auf die Wohnfläche) werden hier nicht weiter betrachtet.

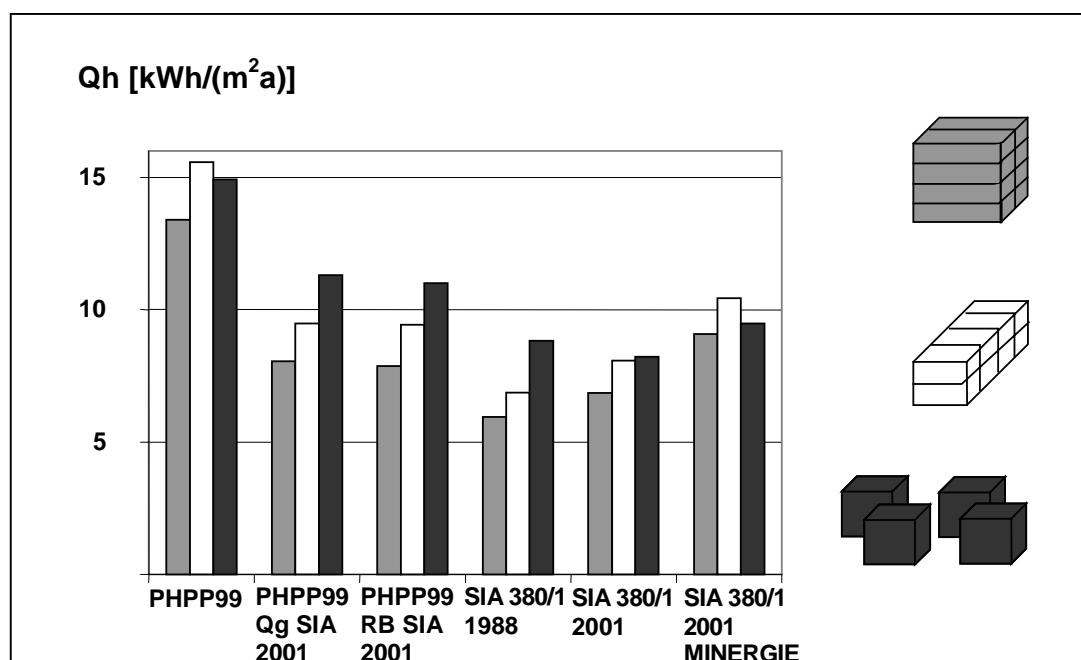


Abbildung 4: Heizwärmebedarf (in $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) für verschiedene Gebäudearten. SIA 380/1 alt und neu stellen die Werte mit Lüftungsanlage und WRG dar. Die Unterschiede resultieren aus den unterschiedlichen Bezugsflächen und den unterschiedlichen Randbedingungen.
 Erläuterungen:
 PHPP99 = Passivhausprojektierungspaket 99,
 Qg SIA 2001 = mit internen Gewinnen nach SIA gerechnet.
 RB = Randbedingungen, d.h. gleiche interne Gewinne, gleiche Klimadaten

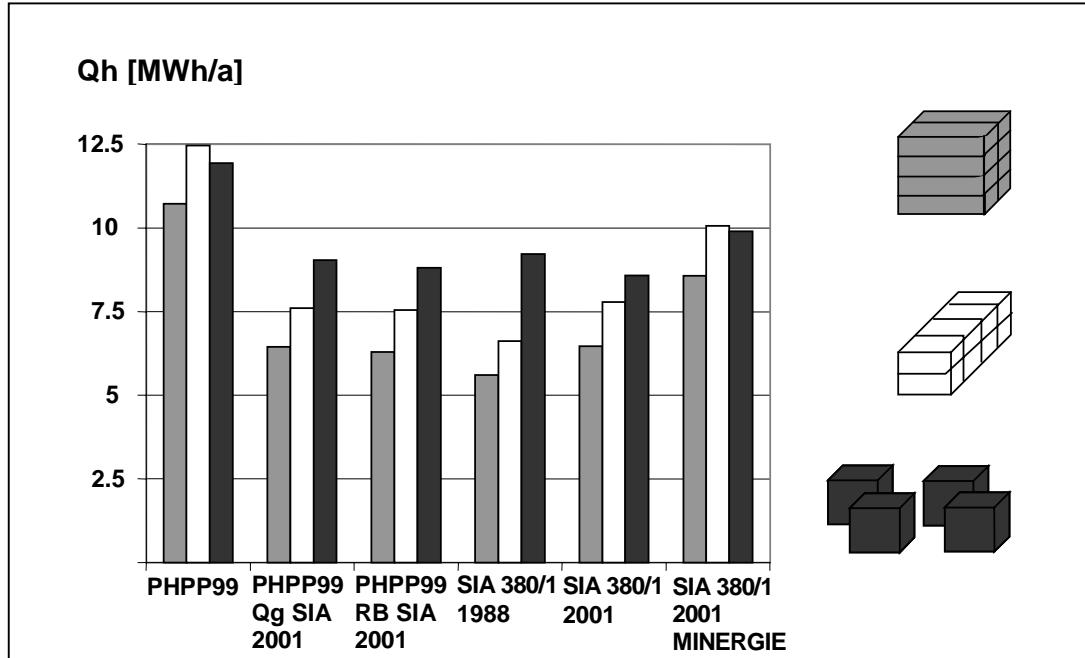


Abbildung 5: Absolutwerte des Heizwärmeverbrauchs für Varianten wie oben (in MWh/a). Die Unterschiede resultieren allein aus den unterschiedlichen Randbedingungen.

Erläuterungen:

PHPP99 = Passivhausprojektierungspaket 99,

Qg SIA 2001 = mit internen Gewinnen nach SIA gerechnet.

RB = Randbedingungen, d.h. gleiche interne Gewinne, gleiche Klimadaten

Wäre die Definition der Energiebezugsfläche der einzige Unterschied zwischen den Verfahren, müssten die Absolutwerte übereinstimmen. Da aber auch die Absolutwerte, sowie die Werte nach den verschiedenen SIA-Varianten untereinander, differieren, sind diese Unterschiede auf die unterschiedlichen Randbedingungen und Standardwerte für die Energiebilanz zurückzuführen.

Wird der interne Gewinn nach SIA in der Rechnung nach PHPP'99 verwendet (2. von links), liegen die absoluten Werte des Heizwärmeverbrauchs nach PHPP'99 und nach SIA 380/1:2001 recht nahe beisammen. Da MINERGIE einen geringeren Elektrizitätsverbrauch ansetzt als der Standardvorgabe der SIA 380/1 (auch neu) entspricht, kommen die Werte nach MINERGIE (ganz rechts) den Werten nach PHPP'99 am nächsten. Da MINERGIE dabei auch nicht zwischen EFH und MFH differenziert, ähnelt auch die Relation zwischen den Typen denen des PHPP'99.

Wie der Übergang von der 2. zur 3. Balkengruppe von links zeigt, fallen die Unterschiede im Klima – Zürich-SMA gegenüber mittlerem deutschen Klima – für die Referenzgebäude nicht ins Gewicht. Für Zürich-Kloten ergäben sich hier schon feststellbare Abweichungen. Wird in beiden Rechenverfahren das Klima von Davos eingesetzt, erhöht sich der Heizwärmeverbrauch nach PHPP'99 um gut 20%, derjenige nach SIA um gut 30%.

Die weiteren vorhandenen Unterschiede in den Randbedingungen sind kleiner als die Differenzen der internen Gewinne und kompensieren sich zum Teil gegenseitig.

Bei der Rechnung nach SIA 380/1:2001 wird der Ausnutzungsgrad für die internen und solaren Gewinne berechnet. Dafür wird u.a. die Wärmespeicherfähigkeit des

Gebäudes benötigt. Die SIA unterscheidet vier Typen von Gebäuden, von sehr leicht ($C=0.1\text{MJ}/(\text{m}^2\text{K})$) bis sehr schwer ($C=1.0\text{MJ}/(\text{m}^2\text{K})$). Nach PHPP'99 wird ein fixer Wert verwendet, der in etwa der SIA-Kategorie "sehr leichte Bauweise", d.h. Holzbau, Ständerbauweise entspricht.

Nach Auskunft vom Passivhaus-Institut hat sich gezeigt, dass bei Passivhäusern der Ausnutzungsgrad praktisch nicht mehr von der Bauweise abhängt.

Die Abbildung 6 zeigt, dass dies bei der Formel für den Ausnutzungsgrad nach SIA nicht für sehr leichte Bauweisen gilt. Die oben stehenden Werte des Heizwärmebedarfs nach SIA wurden mit der Wärmespeicherfähigkeit für sehr leichte Bauweise ermittelt. Wird eine schwerere Bauweise eingesetzt, reduzieren sich die Werte nochmals um bis zu 25%, die Differenz PHPP'99 – SIA wird grösser.

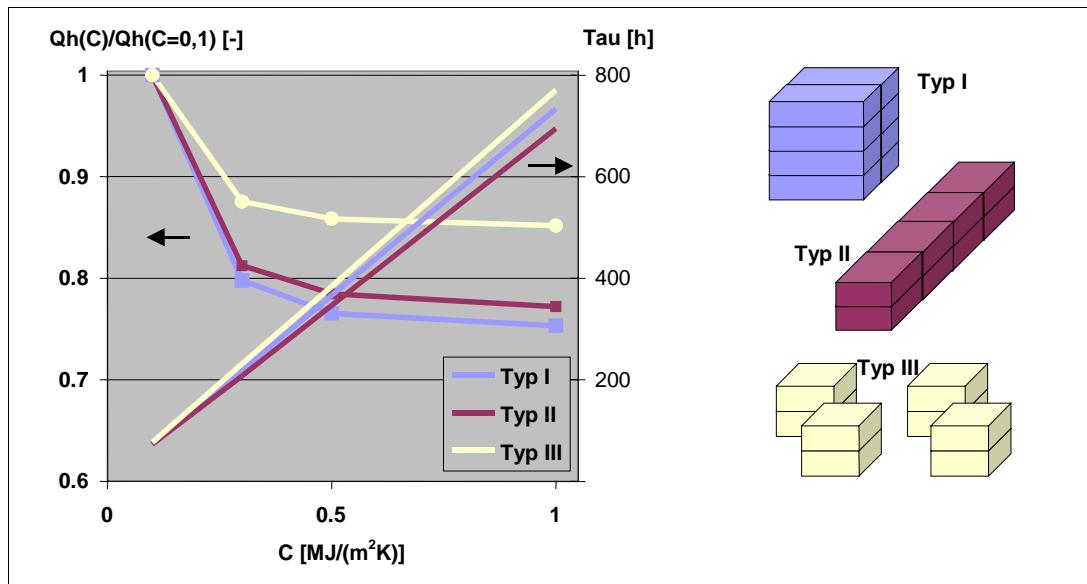


Abbildung 6: Heizwärmebedarf Qh , bezogen auf den Heizwärmebedarf der sehr leichten Bauweise ($C = 0.1 \text{ MJ/m}^2\text{K}$) für die 4 möglichen Werte der Wärmespeicherfähigkeit nach SIA 380/1:2001. Rechte Achse: zugehörige Zeitkonstante.

Variante Referenzgebäude mit Lüftung und WRG.

3.3.3 Heizwärmebedarf – Anforderungen

Die folgende Abbildung 7 zeigt, dass die Referenzgebäude, die nach Passivhausstandard einen Heizwärmebedarf von etwa $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ aufweisen, nach MINERGIE (SIA 380/1:2001 mit Lüftung-WRG und reduziertem Elektrizitätsverbrauch) einen Heizwärmebedarf von etwa $36 \text{ MJ}/(\text{m}^2\text{a})$, d.h. $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ aufweisen. Auch eine Festlegung analog SIA erscheint (unter Berücksichtigung der zusätzlichen Anforderung an den Heizleistungsbedarf) möglich: alle Referenzgebäude liegen unterhalb der Kurve, die 20% des Grenzwerts nach SIA entspricht.

Dieser Wert erscheint extrem tief, es ist aber zu bedenken, dass nach SIA bei den Anforderungen eine Lüftungsanlage mit WRG nicht berücksichtigt wird.

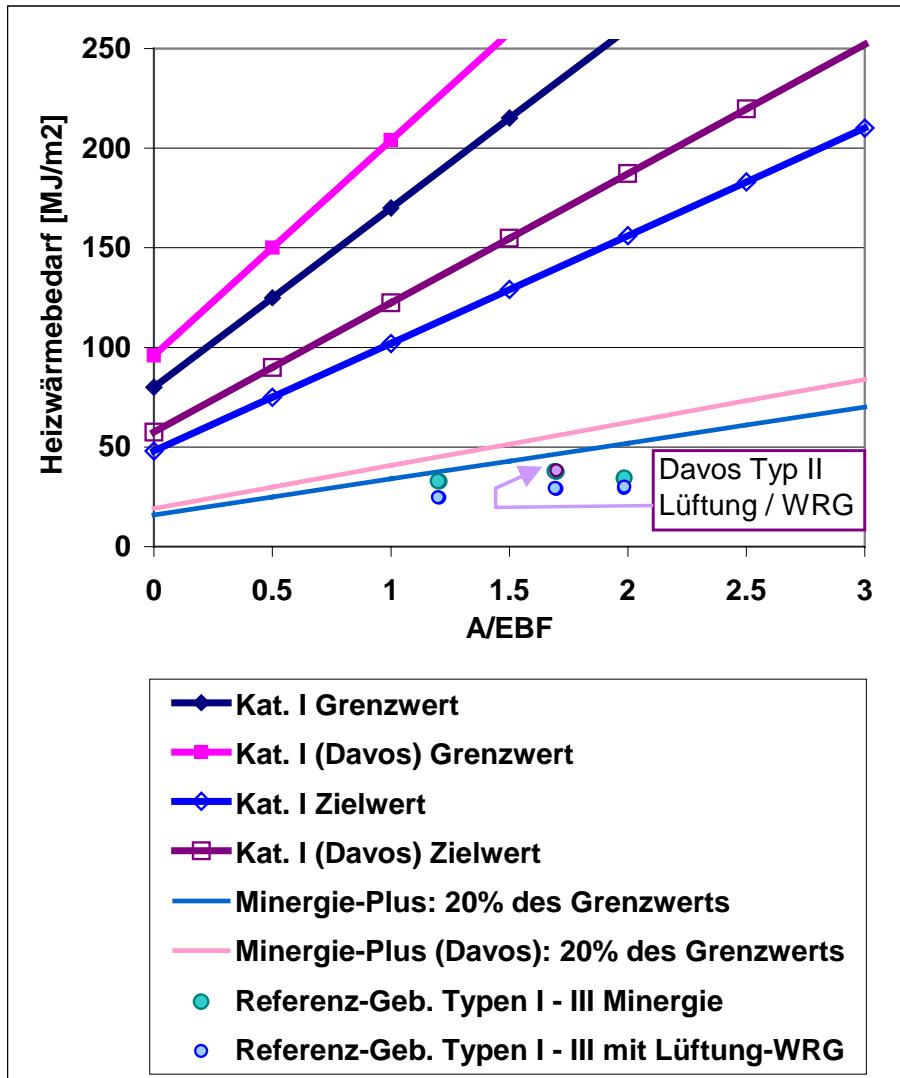


Abbildung 7: Grenzwert H_g und Zielwert H_z in Abhängigkeit von der Gebäudehüllzahl A/EBF für SIA-Gebäudekategorie I (Wohnen), sowie die vorgeschlagenen Maximalwerte des Heizwärmeverbrauchs für das MINERGIE-P Label (Linien). Zusätzlich ist der Heizwärmeverbrauch nach SIA 380/1:2001-MINERGIE (obere Punkte) und nach SIA 380/1:2001 (untere Punkte) für die Referenzgebäude Typ I – Typ III, gerechnet mit Lüftungsanlage und WRG, dargestellt. Diese Gebäude weisen, gerechnet nach Passivhaus Projektierungs-Paket, gerade einen Heizwärmeverbrauch von ca. 15 kWh/m² Nettowohnfläche auf. Typ I weist mit 10% darunter die grösste Abweichung auf. Zusätzlich eingetragen ist ein Punkt (lila) für Gebäude Typ II mit Standort Davos. Dieser würde die Anforderungen nach PHPP'99 gerechnet nicht erfüllen.

3.3.4 Heizleistungsbedarf

Der Heizleistungsbedarf soll mit möglichst wenig zusätzlichem Aufwand ermittelt werden können. Analog dem Vorgehen beim PHPP'99 wird mit den Daten, die schon für die SIA 380/1:2001 erfasst werden, und möglichst wenigen Zusatzangaben, ein Heizleistungsbedarf abgeschätzt. Voraussetzungen für eine "einfache" Berechnung des Heizleistungsbedarfs im Anschluss an SIA 380/1 sind

entweder

- es werden alle 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.

Werden alle Zuschläge pauschal übernommen, dann gilt:

der spezifische Wärmeverlust für die Berechnung des Heizleistungsbedarfs ist gleich dem (maximalen) spezifischen Wärmeverlust H [W/(m²EBF K)] nach SIA 380/1:2001. Dieser berechnet sich aus dem Gesamtwärmeverlust Q_t [MJ/m²EBF] pro Berechnungszeitschritt t_c [Anzahl Tage] und der Temperaturdifferenz (Monatsmittel) innen – aussen

$$H = \frac{Q_t}{t_c \cdot 86400 \text{ s} \cdot (\theta_i - \theta_a)}$$

Da dieser Wert über Temperaturzuschläge eventuell (leicht) zeitabhängig wird, sollte der grösste Wert aus allen Zeitschritten für die Berechnung des Heizleistungsbedarfs gewählt werden.

Solare Gewinne und die internen Gewinne von Personen werden nicht berücksichtigt. Die internen Gewinne aus dem Elektrizitätsverbrauch betragen für die Berechnung des Heizleistungsbedarfs 50% des Werts, der für die Berechnung des Heizwärmebedarfs angesetzt wird (d.h. nach MINERGIE-Annahmen 50% von 60 MJ/(m²a)).

Zusätzlich ist die Auslegungstemperatur nach SIA 381/2:1988 erforderlich. Diese wird auch in der SIA 384/2 verwendet.

Die Einführung eines "Bonus" (sozusagen für die Berücksichtigung der Personenabwärme und/oder die solare Einstrahlung) in der Gleichung für den Heizleistungsbedarf wird noch diskutiert.

Für die Berücksichtigung der Sonneneinstrahlung bei der Berechnung des Heizleistungsbedarfs fehlen vor allem (wie auch für die Aktualisierung der Auslegungstemperaturen) Auswertungen entsprechender mehrjähriger Klimadaten. Eine Abschätzung aus Meteonorm-Daten für Zürich-Kloten hat ergeben, dass auch unter ungünstigen meteorologischen Bedingungen über mehrere Tage mit einer mittleren Einstrahlung von 20 W/m² auf Südfassaden gerechnet werden kann.

Damit könnte ein solarer Gewinn gemäss folgender Tabelle (Südfensterfläche af_sued als Bruchteil von EBF), angerechnet werden:

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 ist: af_sued/a_sued < 1, d.h. der Fensteranteil an der Süd-fassade darf höchstens 100% betragen (z.B. wäre af_sued/ebf = 0.25 für Referenzgebäude Typ I nicht möglich; aktuelle Werte zum Vergleich: Typ I 0.085, Typ II 0.100, Typ III 0.077, „Solarboni“ wären 0.4 ... 0.5 W/m²). 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 den Heizleistungsbedarf (bzw. einfach aus den Eingaben SIA 380/1:2001 zu ermitteln) wäre af_sued/ebf und af_sued/a_sued.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über das Verfahren nach PHPP'99 und das vorgeschlagene (vorläufige) Verfahren für MINERGIE-P, noch ohne Solarbonus (mit SIA 380/1 ist immer die Fassung aus 2001 gemeint).

	Besonderheiten der Berechnung der Heizleistung gegenüber der Berechnung des Heizwärmeverlusts		Kommentar zu MINERGIE-P
	PHPP'99	MINERGIE-P (Vorschlag)	
Abmessungen der Bauteile	wie für Heizwärmeverlust (Aussenmasse)	aus Daten für SIA 380/1, wie für Heizwärmeverlust	SIA 380/1 Software kann entsprechend erweitert werden
Berechnung des spezifischen Wärmeverlustes	mit speziellen Reduktionsfaktoren, siehe unten	aus dem pauschalen Wert	siehe unten
Reduktionsfaktoren (gegen Aussenluft oder unbeheizte Nebenräume)	alle gleich 1, aber : siehe Temperaturdifferenzen	unverändert, siehe oben	Reduktionsfaktoren nach SIA 380/1:2001 sind nahe bei 1
Temperaturdifferenzen	10°C zu unbeheizt (statt Faktor 0.5)	keine	SIA kennt keine festen Temperaturdifferenzen
Temperaturzuschläge	nicht vorhanden	unverändert, siehe oben	spielen im PH geringe Rolle
Beheizte Nebenräume	Differenz 3°C	unverändert, siehe oben	
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 ² statt 2.1 W/m ² im Wohnungsbau)	reduziert (50% der Wärmegewinne Elektrizität) (1)	Personen abwesend, reduzierter Betrieb
Klima	standortspezifisch, inkl. Einstrahlung	Auslegungstemperaturen nach [SIA 384/2]	keine "besseren" Daten vorhanden
Ausnutzungsfaktor für die freie Wärme	gleich 1	gleich 1	relativ geringe Gewinne gleichzeitig mit hohem Bedarf

Tabelle 5: Ableitung der Randbedingungen für die Berechnung des Heizleistungsbedarfs nach MINERGIE-P. Auflistung der abweichenden Annahmen für die Berechnung des Heizleistungsbedarfs gegenüber des Heizwärmeverlusts.
 (1) dies entspricht bei 100 MJ/(m²a) (SIA-Ansatz für MFH) ca 1.1 W/m² EBF, bei 60 MJ/(m²a) (MINERGIE-Ansatz) ca 0.7 W/m² EBF.

Nach diesem Verfahren berechnet, sollte der Heizleistungsbedarf mit MINERGIE-Ansatz unter 10 W/m² EBF liegen.

4 Der Passivhausstandard in schweizerischer Berechnungsweise

Unter den gegebenen Umständen wird im folgenden die schweizerische Berechnungsweise des Passivhausstandards in Form des Vorschlages für eine mögliche Zusatzdefinition zu MINERGIE, vorläufig MINERGIE-P genannt, dargelegt. Sollte der MINERGIE-Verein entscheiden, auf die Einführung von MINERGIE-P zu verzichten, könnte auf die MINERGIE-spezifischen Teile der nachstehenden Definition, insbesondere auf die Grenzwerte der gewichteten Energiekennzahl Wärme verzichtet werden. An deren Stelle könnte der Grenzwert für den Primärenergiebedarf nach deutscher Berechnungsweise mit geringfügigen Anpassungen übernommen werden.

4.1 Grundlagen für eine MINERGIE-P-Definition

4.1.1 Grundsätze

Vorabklärungen mit Exponenten der MINERGIE-Bewegung (v.a. im Rahmen der Begleitgruppe dieses Projektes) haben gezeigt, dass eine allfällige MINERGIE-P-Definition die folgenden drei Grundsätze erfüllen muss, um sich als Ergänzung zu MINERGIE positionieren zu können und den Rahmenbedingungen zu entsprechen:

- MINERGIE-P geht als Energiestandard für Bauten deutlich über MINERGIE hinaus.
- Die Anforderungen ergeben sich aus der grundlegenden Zielsetzung, mit MINERGIE-P sicherzustellen, dass der Heizwärmebedarf bei sehr gutem Komfort und überdurchschnittlicher Energieeffizienz durch eine sehr einfache und kostengünstige heiztechnische Einrichtung abgedeckt werden kann. Das bedeutet beispielsweise, dass in einem MINERGIE-P Gebäude der Rest-Heizwärmebedarf auch im Hochwinter mit einer Komfort-Luftheizung² eingebracht werden kann (aber nicht muss). MINERGIE-P unterscheidet deshalb nicht zwischen Neubauten und Altbauten.
- Die verschärften Anforderungen basieren so weit als möglich auf MINERGIE, was Zielsetzungen, Definition, Berechnungsweisen und Anwendung betrifft.

4.1.2 Verschärfung der MINERGIE-Grenzwerte

Der Grundsatz, dass der Rest-Wärmebedarf für die Heizung durch Zuluftwärzung allein oder durch eine andere effiziente und einfache Technologie abgedeckt werden soll, verlangt unabdingbar nach einer rigorosen Minimierung der Heizwärmeverluste. Als Richtgröße für den Wohnungsbau kann davon ausgegangen werden, dass bei gutem Komfort und mit hoher Energieeffizienz nicht mehr als 10 W Wärmeleistung pro m² Wohnfläche eingebracht werden können. Die für MINERGIE festgelegten Grenzwerte auf Stufe Endenergie für Heizung und Warmwasser gemeinsam lassen je nach Wirkungsgrad der eingesetzten Wärmeerzeugung Bauweisen mit sehr unterschiedlichem Dämmstandard zu. Abbildung 8

² Zulufttemperaturen nicht über 50 °C und Luftmenge entsprechend dem Frischluftbedarf.

illustriert dies für eine typische Konstellation (Im Anhang E sind weitere Konstellationen dargestellt). Während für die Erreichung des MINERGIE-Standards mit einer fossilen Beheizung ($\eta = 0,85$) bei einem Mehrfamilienhaus schon fast Passivhaus-Qualität (horizontale Gerade „PH“) nötig ist, reicht bei einem Einfamilienhaus mit Erdsonden-Wärmepumpe ein Heizwärmeverbrauch von $200 \text{ MJ/m}^2\text{a}$. Eine generelle Verschärfung der Endenergie-Grenzwerte führt aber rasch dazu, dass alle Heizsysteme außer Wärmepumpen ausgeschlossen werden. Daraus ergibt sich sehr eindeutig, dass die Grundsätze von MINERGIE-P niemals nur mit einer Verschärfung der MINERGIE-Grenzwerte auf Stufe Endenergie erreicht werden können. Es braucht unabdingbar strenge Anforderungen auf Stufe Nutzenergie. Die Absicht, Grenzwerte für den Heizwärmeverbrauch für MINERGIE ($Q_h \leq 0,8 \text{ Hg}$) einzuführen, lösen diese Problem nicht, weil sie lediglich sicherstellen, dass nicht allzu schlechte Gebäudehüllen erstellt werden.

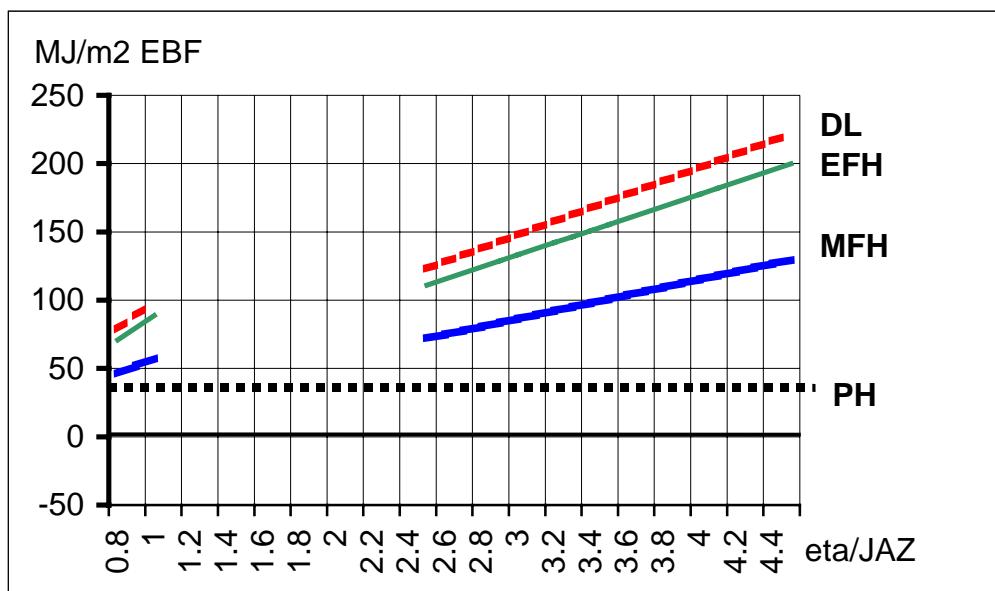


Abbildung 8: Zulässiger Heizwärmeverbrauch in Abhängigkeit des Heizwärme-Erzeugungswirkungsgrades, um MINERGIE zu erreichen. Die Warmwassererzeugung erfolgt ganzjährig mit einer Wärmepumpe (JAZ 3). Primärenergiefaktor elektrisch = 2.

4.1.3 Anforderungen auf Stufe Nutzenergie

Die klassische Anforderung auf Stufe Nutzenergie, wie sie auch der Definition des Passivhausstandards in erster Linie zugrunde liegt, ist die Festlegung des Heizwärmeverbrauches. Der Heizwärmeverbrauch muss auch für den MINERGIE-Nachweis berechnet werden (nach SIA 380/1). Grundsätzlich wäre es also möglich, eine der Passivhausdefinition entsprechende Limite des Heizwärmeverbrauches festzulegen (z.B. $45 \text{ MJ/m}^2\text{a}$). Weil darin aber die Sonnenenergiegewinne über das ganze Jahr enthalten sind, stellt eine derartige Anforderung nie sicher, dass auch in (z.B. sonnenlosen) Kälteperioden der Heizleistungsbedarf so gering bleibt, dass er beispielsweise von einer Komfortluftheizung erbracht werden könnte. Weil MINERGIE-P auf MINERGIE aufbauen wird, also sicher ebenfalls die entsprechenden Anforderungen an die Energiekennzahl Wärme (Heizung und Warmwasser auf Stufe Endenergie) enthalten wird, macht es Sinn, auf Stufe Nutzenergie die Anforderung an den Heizleistungsbedarf zu formulieren:

$$q_{h,\max} \leq 10 \text{ W/m}^2 \text{EBF}$$

Diesem Grenzwert muss ein in geeigneter Weise errechneter spezifischer Heizleistungsbedarf gegenübergestellt werden. Ein Grenzwert für den Heizwärmebedarf Q_h würde sich an und für sich erübrigen. Er ist aber zumindest in einer Einführungszeit sicher sinnvoll, weil er eine gewisse Absicherung darstellt, bis sich die Abschätzung des Heizleistungsbedarfs als praxistauglich erwiesen hat bzw. überhaupt in einer definitiven Form vorliegt. Ausserdem ist er, im Gegensatz zum Heizleistungsbedarf, den Architekten vertraut.

4.1.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Festlegung von Nutzenergie-Grenzwerten für MINERGIE-P

Obenstehende Ausführungen haben aufgezeigt

- dass für MINERGIE-P strenge Anforderungen auf Stufe Nutzenergie bezüglich Heizwärmebedarf nötig sind,
- dass Grenzwerte für den Heizwärmebedarf Q_h nach SIA 380/1 (in MJ/m²a) den Vorteil haben, dass keine Zusatzrechnungen für den Nachweis ange stellt werden müssen und somit der Nachweis „MINERGIE-gerecht“ in einer frühen Planungsphase durch den Architekten (dem SIA 380/1 einigermassen vertraut ist) erbracht werden kann,
- dass Anforderungen an Q_h aber wegen der darin enthaltenen Sonnenenergiegewinne nicht zuverlässig sicherstellen, dass eine einfache Technologie, insbesondere eine Komfort-Luftheizung, möglich ist,
- dass diese zentrale MINERGIE-P-Charakteristik nur mit Anforderungen an den Heizleistungsbedarf (in W/m²) garantiert werden kann.

Zusammenfassend kann also gesagt werden:

Die Berechnung des Passivhausstandards mit schweizerischen Rechengrundlagen, die sich im Wesentlichen auf die Resultate der SIA 380/1-Berechnung abstützen und nur wenige Zusatzdaten und eine simple Weiterverrechnung erforderlich machen, kann definiert werden.

4.2 Vorschlag für die MINERGIE-P Definition für Wohnbauten

4.2.1 MINERGIE-P-Grundsätze

Es werden hohe Anforderungen gestellt an das Komfortangebot, sowie an Wirtschaftlichkeit und Ästhetik.

Die hohe Dichtigkeit der Bauten setzt für den Wohnbereich eine kontrollierbare, für den Komfort notwendige Frischluftzufuhr voraus. Blosse Fensterlüftung ist ungenügend.

Die Massnahmen zur Erreichung des MINERGIE-P-Standards dürfen nicht zu einer Verschlechterung des Gebäudes bezüglich folgender Punkte führen:

- Gute und einfache Bedienbarkeit des Gebäudes bzw. der technischen Einrichtungen.
- Umweltbelastung von Materialien und Komponenten des Gebäudes im Lebenszyklus.

- Dauerhaftigkeit der eingesetzten Bau- und Technik-Komponenten und zu erwartender Unterhaltsaufwand.
- Entsorgbarkeit der eingesetzten Materialien und Komponenten.

In MINERGIE-P-Bauten sind beste Voraussetzungen für einen tiefen Haushaltstromverbrauch zu schaffen. Dies bedingt einerseits optimale festinstallierte Leuchten und Lampen und andererseits den ausschliesslichen Einsatz von Haushaltgeräten der Effizienzklasse A gemäss E-Deklaration der EU (wo dieses Label vorliegt). Bei Kühlgeräten ist der Einsatz von Geräten der Effizienzklasse A+ vorgeschrieben.

4.2.2 MINERGIE-P-Grenzwerte

Es sind die nachfolgenden vier Anforderungen einzuhalten. Es gelten dieselben Anforderungen für Neubauten wie für bestehende Bauten.

Heizwärmeverbrauch nach Norm SIA 380/1 (2001):

$Q_h \leq 20\%$ des Grenzwertes Hg

(Q_h berechnet mit Standardwerten, jedoch mit einem auf 60 MJ/m²a reduzierten Elektrizitätsverbrauch Q_E , der wirksamen Speicherfähigkeit $C = 0,1$ MJ/(m²K), entsprechend sehr leichter Bauweise, und der Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung über die Komfortlüftung. Dies entspricht etwa 45 % von Hg, berechnet nach SIA 380/1, also mit Standardwerten für Elektrizitätsverbrauch und Luftwechsel).

Spezifischer Heizleistungsbedarf:

$q_{h,max} \leq 10$ W/m²EBF

Dieser Grenzwert gilt als Mittelwert über das gesamte Gebäude. Der spezifische Heizleistungsbedarf darf in exponierten Räumen höher liegen. Massnahmen zur Gewährleistung des Komforts in solchen Räumen sind qualitativ zu beschreiben.

Gewichtete Energiekennzahl Wärme in kWh/(m²a):

Für Ein- und Mehrfamilienhäuser, $E_{gew} \leq 30$ kWh/(m²a)

Luftdichtigkeit der Gebäudehülle:

$n_{L50} \leq 0,6$ h⁻¹

4.2.3 Das Nachweis-Verfahren für MINERGIE-P

Für die Erteilung des MINERGIE-P-Labels sind die einerseits die gleichen Nachweise und Dokumente zu erbringen, wie für MINERGIE:

- Dokumentierung des Projektes mit Plänen und Angaben zur Haustechnik.
- Berechnung des Heizwärmeverbrauchs nach SIA 380/1, bzw. Nachweis durch Ausdruck eines vom BFE zertifizierten SIA 380/1-Programmes.
- Nachweis der gewichteten Energiekennzahl Wärme mit einem zu MINERGIE

geringfügig angepassten Excel-Rechenblatt.

Andererseits müssen zusätzlich die folgenden Unterlagen eingereicht werden:

- Nachweis des Heizleistungsbedarfs auf einem zusätzlichen Rechenblatt. Das Rechenverfahren wurde für Bauten unter 800 m.ü.M. überprüft. Bei Gebäuden an höherliegenden Standorten kann beantragt werden, die Berechnung besonderen Umständen anzupassen.
- Eine Liste der eingesetzten, festinstallierten Haushaltgeräte mit dem Nachweis, dass sie den verlangten Effizienzklassen entsprechen.
- Protokoll einer fachgerechten n_{L50} -Messung.

Diese Dokumente werden in jedem Fall von der zuständigen Stelle im Rahmen einer **Projektkontrolle** geprüft.

Stichprobenweise werden **Ausführungskontrollen** einzelner Massnahmen vorgenommen. In der Erprobungsphase werden bei der Mehrzahl der Objekte jeweils einzelne Massnahmen am Bau überprüft (Augenschein).

Vor allem wegen der verlangten Luftwechselmessung kann das MINERGIE-P-Label erst nach Fertigstellung der Bauten erteilt werden.

4.3 Erläuterungen und Begründungen

4.3.1 Zu den Rahmenbedingungen

MINERGIE-P entspricht anforderungsmässig dem Passivhausstandard des Passivhaus-Instituts in Darmstadt. Es handelt sich somit um sehr weitgehende Anforderungen, vor allem an den Wärmeschutz und die Energieeffizienz der Lüftungsanlagen, die sicherstellen sollen, dass bei gutem Komfort auf eine klassische Heizungsinstallation, z.B. eine Zentralheizung, verzichtet werden kann. Für den hier vorgelegten Vorschlag wurden Definitionen, Berechnungsmodelle und Nachweisverfahren entwickelt, die dem schweizerischen Kontext entsprechen. Es wird vorgeschlagen, MINERGIE-P in einer ersten Phase schwerpunktmaessig auf Wohnbauten auszurichten. Dienstleistungsbauten sollen zwar nicht ausgeschlossen werden. Anforderungen und Nachweis müssen aber im Einzelfall geprüft und allenfalls in zweckmässiger Weise angepasst werden. Es ist zu erwarten, dass im Verlauf von ein bis zwei Jahren Erfahrungen gesammelt werden können, die zu gewissen Anpassungen führen und eine sachlich richtige Erweiterung auf andere Nutzungen ermöglichen.

MINERGIE-P wird als Standard definiert und kann durch ein entsprechendes Nachweisverfahren als Label erworben werden. Die für den MINERGIE-Standard existierende „Konformität“ besteht für MINERGIE-P nicht. Die Anforderungen an Planungs- und Ausführungsqualität sind bei MINERGIE-P so hoch, dass nur ein detaillierter Nachweis und eine genaue Nachweisprüfung, wie sie für die Label-Erteilung vorgenommen wird, sicherstellen kann, dass MINERGIE-P nicht im Zusammenhang mit ungenügenden Bauten verwendet wird. Ebenso gibt es keine MINERGIE-P-Module (Einzel-Bauteile und -Elemente).

4.3.2 Zu den Grundsätzen

Es wird von den gleichen Grundsätzen wie bei MINERGIE ausgegangen, mit folgenden Änderungen und Ergänzungen:

- Die Hervorhebung der Bedienerfreundlichkeit (bei MINERGIE subsummiert als ein Element des Komfortangebotes) soll mithelfen, komplizierte und

betreuungsaufwändige technische Systeme zu vermeiden. Einfachheit und Bedienerfreundlichkeit gehören zur Philosophie des Passivhauses und sollen auch das Wesen von MINERGIE-P prägen. Die Gefahr ist aber vorhanden, dass zur Erreichung der hoch gesteckten Ziele technische Hilfsmittel eingesetzt werden, die hohe Sachkenntnis der Benutzer oder intensive Bedienung und Betreuung nötig machen.

- Die Verankerung bauökologischer Grundsätze erfolgt hier pragmatisch. Aus einer Liste von Dutzenden von möglichen bauökologischen Kriterien werden bewusst nur jene herausgegriffen, bei denen gewisse Gefahren drohen bzw. deren Missachtung dem Begriff MINERGIE-P Schaden zufügen würden. So besteht durchaus das Risiko, dass MINERGIE-P im Einzelfall mit Massnahmen erreicht wird, deren Grauenergieaufwand grösser ist, als die realisierbaren Betriebsenergieeinsparungen. Der Hinweis auf die Dauerhaftigkeit zielt in dieselbe Richtung. Bei MINERGIE-P werden auch Neuentwicklungen und Prototypen eingesetzt werden. Es ist ein bekanntes Problem von Pionerbauten, dass das Risiko besteht, dass technische Erstanwendungen nach kurzer Zeit ausfallen können und schliesslich ein unbefriedigendes Gebäude weiterexistiert. In diesem Fall sollte es mindestens nicht den Begriff MINERGIE-P diskreditieren. Schliesslich werden gelegentlich gehörte Bedenken wegen der einfachen Entsorgbarkeit antizipiert. Mit der gewählten Formulierung soll die MINERGIE-P-Nachweiskontrolle insbesondere legitimiert werden, Aspekte der Entsorgung (wie etwa Verbundmaterialien) anzusprechen.

4.3.3 Zu den Grenzwerten

Heizwärmebedarf und Heizleistungsbedarf

Die Vergleichsberechnungen zwischen PHPP99 und SIA 380/1 (siehe 3.3.2) haben ergeben, dass den nach PHPP99 errechneten 15 kWh/(m²a) Heizwärmebedarf nach SIA 380/1 berechnet ungefähr 8 bzw. 10 kWh/(m²a) (letztere mit MINERGIE-Vorgaben) gegenüberstehen. Es hat sich gezeigt, dass dieser Wert sehr empfindlich auf Annahmen reagiert, welche die Sonnenenergiegewinne beeinflussen (Beschattung, Rahmenanteil, Speicherfähigkeit etc.). Es ist deshalb unumgänglich, erstens der Anforderung an den Heizwärmebedarf noch die zusätzliche Anforderung an den Heizleistungsbedarf zur Seite zu stellen und zweitens für die Berechnung des Heizwärmebedarfs spezielle Vorgaben für die Berechnung zu machen, nämlich eine reduzierte innere Abwärme, wie sie auch für den MINERGIE-Nachweis verlangt wird und die kleinstmögliche Wärmespeicherfähigkeit (C=0,1 MJ/(m²K)) einzusetzen, unabhängig von der Bauweise.

Die Anforderungen auf Nutzenergiestufe (Heizwärmebedarf und Heizleistungsbedarf) ergeben sich aus der grundlegenden Zielsetzung, mit MINERGIE-P sicherzustellen, dass der Heizwärmebedarf bei sehr hohem Komfort und überdurchschnittlicher Energieeffizienz durch einfachste Heizeinrichtungen, beispielsweise eine Zuluftwärzung, abgedeckt werden kann. Dieses Ziel wird am direktesten sichergestellt durch die Anforderung bezüglich Heizleistungsbedarf. Eine Heizleistung von maximal ca. 10 W/m² EBF lässt sich über eine Komfortluftheizung ohne unnötig erhöhten Luftwechsel oder -Temperatur erreichen. Grundsätzlich würde die Anforderung an den Heizleistungsbedarf genügen. Längerfristig soll deshalb auch auf zusätzliche Anforderungen an den Heizwärmebedarf verzichtet werden. In der Einführungsphase von MINERGIE-P gelten aber aus drei Gründen noch Anforderungen an den Heizenergiebedarf:

1. Die Berechnungs- und Nachweismethode des Heizleistungsbedarfs ist noch

- unerprobt und mit Ungewissheiten belastet. Die Anforderungen an den Heizwärmebedarf bilden eine doppelte Sicherheit zur Sicherstellung eines ausreichenden Wärmeschutzes.
2. Für die Erprobungsphase von MINERGIE-P wird ein sehr simples Abschätzverfahren für den Heizleistungsbedarf vorgeschlagen, das die passivsolare Optimierung ignoriert bzw. sogar benachteiligt. Im Heizwärmebedarf ist dies nicht der Fall. Er hilft mit, das Missverständnis zu verhindern, dass passivsolare Optimierung unnötig oder unergiebig sei, weil sie für den Heizleistungsbedarf eine untergeordnete Rolle spielt.
 3. Nach über 20 Jahren SIA 380/1 ist den (energiebewussten) ArchitektInnen die Berechnung des Heizwärmebedarfes einsichtig und verständlich geworden. Werte für den Heizwärmebedarf haben eine gewisse Aussagekraft für die Planer. Es sollte mit der Einführung von MINERGIE-P nicht der Eindruck erweckt werden, dass nun alles anders, der Heizwärmebedarf unwichtig geworden sei und nur noch der Heizleistungsbedarf zähle. Es wird Jahre dauern (und man sollte diese Zeit geben) bis der Heizleistungsbedarf nicht mehr nur als Spezialbegriff der Heizungsfachleute bekannt sein wird.
 4. Der Grenzwert von 15 kWh/(m²a) für das Passivhaus in Deutschland wurde bereits relativ unbedacht auf schweizerische Verhältnisse übertragen. Eine korrekte Umrechnung auf den Algorithmus der SIA 380/1 ergibt aber einen Grenzwert für den Heizenergiebedarf nach SIA 380/1 von ca. 8 bis 10 kWh/(m²a). Wenn dies im Rahmen von MINERGIE-P nicht klar kommuniziert wird, werden die 15 kWh/(m²a) nicht mehr auszurotten sein.

Das (physikalisch korrekte) Pendant zur Anforderung an den Heizleistungsbedarf wäre ein **fester** Grenzwert für den Heizwärmebedarf (z.B. 10 kWh/(m²a)). Es zeichnet sich aber ab, dass für MINERGIE in Zukunft Anforderungen an den Heizwärmebedarf, wahrscheinlich 80% des Grenzwertes nach SIA 380/1, erfüllt werden müssen. Sollte dies eingeführt werden, wäre es sinnvoll, die Anforderungen auch für MINERGIE-P als Prozentsatz des SIA 380/1-Grenzwertes festzusetzen, wie wir dies hier vorschlagen. Andernfalls könnte (müsste aber nicht) ein fester Wert vorgeschlagen werden (z.B. 10 kWh/(m²a)).

Neubauten und bestehende Bauten

Da MINERGIE-P die Voraussetzungen für beispielsweise eine Komfortluftheizung sowohl in Neubauten wie auch bei Sanierungen schaffen soll, sind auch die Anforderungen für Neubauten und Sanierungen dieselben.

Gewichtete Energiekennzahl Wärme

Der Anteil der Heizung an der gewichteten Energiekennzahl Wärme wird bei MINERGIE-P relativ klein. Das führt dazu, dass das Verhältnis von Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern sich gegenüber MINERGIE umkehrt. Bei MINERGIE ist für Einfamilienhäuser ein höherer Grenzwert festgelegt, weil der Heizwärmebedarf wegen der gösseren Gebäudehüllziffer auch höher ist, als bei Mehrfamilienhäusern, was auch durch die höheren Warmwasserverbrauchswerte bei letzteren nicht kompensiert wird. Bei MINERGIE-P dominieren die Warmwasserverbrauchswerte. Wie die nachstehende Abbildung zeigt, kann deshalb für Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser derselbe Grenzwert von 30 kWh/(m²a) vorgeschlagen werden.

Der hier vorgeschlagene Grenzwert für die Energiekennzahl Wärme von 30 kWh/(m²a) basiert auf einem Heizenergiebedarf nach SIA 380/1 von 35

MJ/(m²a) (9,7 kWh/(m²a)) und einer Gewichtung des Stroms mit dem Faktor 2. Änderungen dieser Grundlagen müssten auch in der Festlegung der Energiekennzahl-Grenzwerte berücksichtigt werden.

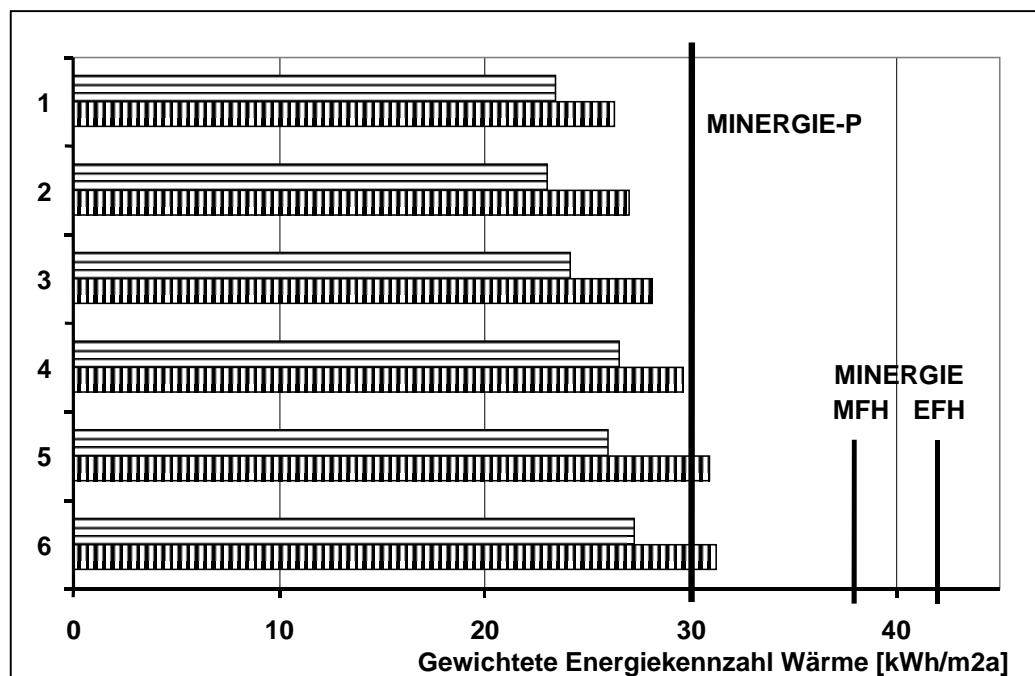


Abbildung 9: Gewichtete Energiekennzahlen Wärme von MINERGIE-P-Bauten mit verschiedenen technischen Systemen. Einfamilienhäuser (Obere Balken) und Mehrfamilienhäuser (untere Balken).

- 1 Heizung und Warmwasser mit KVA-Abwärme
 - 2 Heizung und Warmwasser mit Wärmepumpe (JAZ=3)
 - 3 Holzheizung und Warmwasser-WP (JAZ=3)
 - 4 Ölheizung und Warmwasser zu 50% solar
 - 5 Heizung und Warmwasser mit Holz
 - 6 Ölheizung und Warmwasser-WP (JAZ=3)
- (Mehr Beispiele im Anhang)

Die Anforderungen an die gewichtete Energiekennzahl stellen in praktisch allen realistischen Fällen sicher, dass bezüglich Primärenergieverbrauch keine schlechtere Situation entsteht, als dies nach deutscher Passivhausdefinition mit dem Grenzwert von 120 kWh/(m²a) für den Primärenergieverbrauch der Fall ist. Anhang C zeigt anhand mehrerer Beispiele, dass die Einhaltung des gewichteten Energiekennzahl-Grenzwertes immer zu (nach PHPP99 berechneten) Primärenergiewerten führt, die unter 120 kWh/(m²a) liegen.

Luftdichtigkeit der Gebäudehülle

Mit der Vorgabe des n_{L50} -Wertes ist ein messtechnisch und physikalisch problemloser Wert gefordert, als der in der Norm SIA 180 eingeführte $v_{a,4}$ -Wert. Außerdem ist der Grenzwert damit identisch mit der Anforderung des (deutschen) Passivhaus-Standards.

Für die Erlangung des MINERGIE-P-Labels muss eine überdurchschnittlich luftdichte Gebäudehülle nachgewiesen werden. Dahinter steht die Überzeugung, dass zu einem Gebäude mit MINERGIE-P-Qualitäten diese Luftdichtigkeit nicht nur geplant, sondern im Sinne einer Qualitätsgarantie auch messtechnisch überprüft

werden muss. Es wird vorgeschlagen, dass für MINERGIE-P die Dokumentierung dieser Messung verlangt wird. Die Messung selbst kann durch eine anerkannte, unabhängige private oder öffentliche Institution erfolgen. Die Kosten dieser Messung haben mit dem Label selbst nicht mehr zu tun als die Aufwendungen, die der Label-Bewerber für die übrigen Nachweise (Berechnungen) zu erbringen hat. Als Alternative wäre auch denkbar, eigene Messungen des Label-Bewerbers zuzulassen und stichprobenweise zu überprüfen. Dieses Stichprobensystem würde dann allerdings die Labelkosten direkt erhöhen.

4.3.4 Zur Berechnungsweise des Heizleistungsbedarfs

Ein gänzlich neues Element besteht in der Anforderung an den Heizleistungsbedarf und in dessen Berechnungsverfahren. Die gültige Norm zur fachgerechten Berechnung des Heizleistungsbedarfes, die Norm SIA 384/2, stammt aus dem Jahr 1982, ist für die Zwecke von MINERGIE- und MINERGIE-P-Bauten nicht geeignet und wird in Kürze ersetzt werden. Die entsprechende CEN-Norm ist in der Schlussvernehmlassung und soll im Anschluss daran zur Basis einer neuen SIA-Norm gemacht werden. Diese Arbeiten werden am Zentrum für interdisziplinäre Gebäudetechnik (ZIG) der HTA Luzern geleistet werden. Vorarbeiten dazu sind im Gang. Es besteht die Absicht, diese neue Norm so zu gestalten, dass auch MINERGIE- und MINERGIE-P-Bauten damit berechnet werden können.

Es macht deshalb wenig Sinn, für MINERGIE-P ein allzu ausgeklügeltes Verfahren auszudenken, das ohnehin längerfristig ersetzt werden wird. Zumindest mit der Beschränkung von MINERGIE-P auf Wohnbauten im Mittellandklima ist es legitim einen sehr einfachen Rechenmodus für den Nachweis des Heizleistungsbedarf vorzuschlagen. Ausgangspunkt für die Berechnung des Heizleistungsbedarfs ist der **spezifische Wärmeverlust H in W/K pro m²EBF**. Er liegt bei einem Passivhaus typischerweise bei etwa 0,4 W/(K m²EBF). Er ergibt sich aus den spezifischen Transmissionsverlusten und den spezifischen Lüftungswärmeverlusten (mit Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung), vereinfacht dargestellt:

$$H = \frac{\sum (b \cdot A \cdot U) + V_{th} \cdot \frac{c_a \cdot \rho_a}{3600}}{EBF} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$$

V_{th} = thermisch wirksamer Außenluftstrom in m³/h

$c_a \cdot \rho_a$ = spezifische Wärmespeicherfähigkeit der Luft in J/(m³K)

Dieser Wert wird vom SIA 380/1-Rechenprogramm zwingend ausgerechnet. Er muss also für MINERGIE-P nicht extra berechnet werden. Allerdings wird er leider nur in den wenigsten Programmen explizit als Zwischenresultat angezeigt. Da es sich um einen sehr aussagekräftigen Gebäudekennwert handelt, ist MINERGIE-P eine gute Gelegenheit, diesen Kennwert populär zu machen. Längerfristig sollte es kein Problem sein (z.B. über das Pflichtenheft für die SIA 380/1-Softwarehersteller) zu bewirken, dass jedes SIA-380/1-Rechenprogramm diesen Wert ausgibt. Für die Einführungsphase von MINERGIE-P wird man zweckmässigerweise einige Hinweise geben, wie man bei den verschiedenen Programmen mit wenigen Handrechenoperationen an diesen Wert herankommt. In erster Näherung ergibt sich daraus der Heizleistungsbedarf wie folgt:

$$q_h = H \cdot (\vartheta_i - \vartheta_h) - q_i$$

ϑ_i = Innentemperatur

ϑ_h = Aussentemperatur für die Heizleistungsbedarfsberechnung

q_i = Abwärmeleistung aus Elektrizität

Für die Aussentemperatur werden die Daten der heute gültigen Norm SIA 384/2 eingesetzt. Die internen Wärmelasten ergeben sich aus den Standardnutzungen von SIA 380/1 bzw. MINERGIE. Die Gewinne aus dem Elektrizitätsverbrauch werden mit 50% des Standardwerts angesetzt, die Gewinne von Personen werden nicht berücksichtigt.

Im Sinne eines provisorischen Verfahrens für eine begrenzte Einführungsfrist ist dieser sehr einfache Ansatz für alle Wohnbauten in Mittellandklimabedingungen brauchbar. Vorbehalte müssen lediglich bei Bauten angebracht werden, die über grössere, nicht sehr gut gedämmte Grenzbauteile zu anderen, tiefer beheizten Räumen aufweisen und Bauteile mit Bauteilheizungen oder Heizkörpern vor Fenstern (was bei Passivhäusern ohnehin nicht der Fall sein sollte).

Der für MINERGIE-P Grenzwert, dem der Heizleistungsbedarf nach dieser Berechnungsweise wird, beträgt 10 W/m^2 . Dieser Wert ist mehr oder weniger zufällig gleich gross wie der im Rahmen des Passivhaus-Projektierungspaketes vorgegebene Wert, weil sich die unterschiedlichen Elemente der Berechnungsweise schlussendlich wieder etwa aufheben (unterschiedliche Bezugsflächen, anderer Umgang mit Solargewinnen). Unsere Untersuchungen haben ergeben, dass in ausreichender Weise sichergestellt ist, dass Bauten, welche den MINERGIE-P-Grenzwert des Heizleistungsbedarfes mit obigem Rechenverfahren erfüllen, die energetische Qualität erreichen, die der MINERGIE-P-Definition zugrundegelegt wurde. Es muss aber klargestellt werden, dass dies für die Erteilung des MINERGIE-P-Labels genügt, nicht aber für die Dimensionierung einer allfälligen Luftheizung.

Oder anders formuliert: **Wer ein MINERGIE-P-Gebäude ausschliesslich über eine Luftheizung beheizen will, muss in Ergänzung zum MINERGIE-P-Heizleistungsnachweis eine differenzierte, fachgerechte Heizleistungs-berechnung durchführen.**

4.3.5 Zum Nachweisverfahren

Die Art des Nachweises bezüglich der Energiekennzahl Wärme unterscheidet sich nicht von MINERGIE. Die Berechnung des Heizwärmebedarfes ist auch bei MINERGIE erforderlich. Neu kommt hinzu, dass auch der Heizenergiebedarf einen Grenzwert erfüllen muss (was offenbar auch für MINERGIE zur Zeit diskutiert wird).

MINERGIE-P braucht zu den für das MINERGIE-Label erforderlichen Nachweis-Unterlagen noch zusätzliche Nachweise:

- Der rechnerische Nachweis, dass der Heizleistungsbedarf den Grenzwert nicht überschreitet. Dazu kann ein einfaches zusätzliches Tabellenkalkulations-Rechenblatt erstellt und den Interessenten zur Verfügung werden. Wenn die Datenlage genügend klar ist für die Berechnung des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1, stehen auch alle notwendigen Angaben zur Verfügung, um den Heizleistungsbedarf nach oben skizzierterem Verfahren rechne-

risch abzuschätzen. Der Nachweis kann also problemlos zusammen mit den anderen Unterlagen verlangt werden.

- Die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle kann erst nach Fertigstellung des Gebäudes nachgewiesen werden. Als Nachweis muss das Protokoll einer fachgerechten n_{L50} -Messung abgegeben werden.
- Die Liste der eingesetzten, festinstallierten Haushaltgeräte mit dem Nachweis, dass sie den verlangten Effizienzklassen entsprechen, könnte zusammen mit dem Protokoll der Luftwechselmessung verlangt werden.

Insbesondere mit dem Luftdichtigkeitsnachweis wird ein Schritt in Richtung vermehrter Qualitätssicherung am Bau gemacht. Es ist lohnend, grundsätzlich zu prüfen, ob mit einer Verstärkung dieses Ansatzes (vermehrte Qualitätssicherung) von MINERGIE und MINERGIE-P die Attraktivität der Label nicht generell erhöht werden könnte.

4.4 MINERGIE-P für Dienstleistungsbauten

Der vorgängig dargestellte Vorschlag für MINERGIE-P wurde für Wohnbauten entwickelt und anhand von Modell- und Beispielberechnungen überprüft. Für **Dienstleistungsbauten ohne Klimatisierung** kann das MINERGIE-P-Label aber ebenfalls erlangt werden. Die Anforderungen halten sich an das gleiche Modell:

- Für die Erlangung des MINERGIE-P-Labels sind alle entsprechenden Anforderungen für das MINERGIE-Label einzuhalten, mit Ausnahme der Vorgaben betr. Mehrkosten, die bei MINERGIE-P nicht als Prozentsatz festgelegt sind.
- Es sind dieselben Grenzwerte wie für Wohnbauten einzuhalten. Eine Ausnahme bildet der Grenzwert für die gewichtete Energiekennzahl Wärme. Wegen des sehr viel tiefer als bei Wohnbauten angesetzten Energiebedarfs für Warmwasser kann dieser Wert unseres Erachtens bei

$$E_{\text{gew}} \leq 25 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$$

festgelegt werden. Die Abbildung in Anhang G verdeutlicht diesen Zusammenhang.

- Die Nachweisverfahren sind ebenfalls dieselben, wobei natürlich bei der Heizwärmebedarfsberechnung von den Standardnutzungen für Dienstleistungsbauten ausgegangen werden muss. In diesem Fall gibt es keine Abweichungen vom Standard-Elektrizitätsverbrauch Q_E .
- Die Anforderungen an die eingesetzten Haushaltgeräte wird im Fall der Dienstleistungsbauten weitgehend irrelevant. Vorerst wird aber noch darauf verzichtet, den Bereich Strombedarf für MINERGIE-P-Dienstleistungsbauten zu regeln. Dieser Bereich soll zuerst bei MINERGIE-Bauten verbindlich definiert werden.

In der Einführungsphase kann nicht ausgeschlossen werden, dass insbesondere das Rechenverfahren für den Heizleistungsbedarf bezüglich Dienstleistungsbauten, v.a. bei untypischen Bauten, noch kleinere Unzulänglichkeiten aufweist. Es kann in solchen Fällen, immer aber bei Bauten über 800 m.ü.M., die zweckmässige Anpassung des Nachweisverfahrens beantragt werden. Es kann bei diesen Anpassungen jedoch nie um eine Abminderung der Anforderungen gehen.

5 Bewertung der Energieträger und Wärmeerzeugungssysteme

5.1 Einleitung

Sowohl der MINERGIE- wie auch der Passivhausstandard behandeln aus energetischen, ökologischen und / oder politischen Gründen die verschiedenen Energieträger, die zur Wärmebereitstellung genutzt werden, unterschiedlich. Dies stellt einen der markanten Unterschiede der beiden Standards dar und hat auch sehr handfeste Auswirkungen, etwa in der Bevorzugung oder Benachteiligung einzelner Energieträger oder von Energiebereitstellungstechnologien. So werden etwa Wärmepumpensysteme im MINERGIE-System deutlich günstiger behandelt, als im Passivhausstandard.

Der MINERGIE-Standard setzt als Grenzwert die „gewichtete Energiekennzahl Wärme“ fest, die der dem Grundstück zugeführten hochwertigen Energie entspricht. Ökologische Unterschiede zwischen verschiedenen Energieträgern werden berücksichtigt, indem der zur Wärmeerzeugung sowie für die Lüftungs- und Klimaanlage genutzte Strom doppelt gezählt wird. Auch werden im Nutzungsgrad von Holzfeuerungen ein ökologischer Bonus berücksichtigt, und die Fernwärme aus ARA, KVA oder Industrieabwärme wird für die Warmwasseraufbereitung im Sommerhalbjahr nicht einbezogen (Deckungsgrad = 50%).

Der Passivhausstandard schreibt neben dem maximalen Heizwärmebedarf auch einen maximalen Primärenergiebedarf sowie Primärenergiefaktoren für die verschiedenen Energieträger vor.

Im Folgenden werden die verschiedenen Bewertungsmethoden analysiert und untereinander sowie mit anderen ökologischen Bewertungen der Situation in Europa und der Schweiz diskutiert.

Ziel der Arbeit ist, Grundlagen zu liefern, auf deren Basis eine differenzierte Diskussion der Energieträgerbewertung zu führen und längerfristig Lösungen zu finden, welche die Kompatibilität der beiden Standards auch in dieser Frage verbessert und die ökologischen Unterschiede der Energiebereitstellungsmethoden vernünftig reflektiert.

5.2 Ökologische Beurteilung der Wärmeerzeugung aus verschiedenen Energieträgern und Wärmeerzeugungssystemen

5.2.1 Methodik

Zur Beurteilung von ökologischen Auswirkungen können verschiedene Indikatoren beigezogen werden. Ein weitgehend anerkanntes Set von Indikatoren sind die Wirkungsklassen nach CML (Heijungs 1992). Daneben gibt es auch vollaggregierende Methoden wie zum Beispiel die „Methode der ökologischen Knappheit“ (Brand 1998) (auch UBP-Methode genannt) oder die Ecoindicator 99 Methodik (Goedkoop 2000). Gelegentlich wird auch der Primärenergiebedarf als Indikator für ökologische Auswirkungen verwendet. Zwar besteht in vielen Fällen ein genereller Zusammenhang der Umweltbelastung mit dem Primärenergiebedarf. Der Primärenergiebedarf reflektiert bei verschiedenen Energieträgern und –umwand-

lungssystemen nur den energetischen Aufwand zur Brennstoffbereitstellung sowie den Wirkungsgrad der Energieumwandlung. So gibt es zum Beispiel keinen Zusammenhang zwischen Primärenergiebedarf und toxikologischen Effekten, die für eine ökologische Beurteilung von grosser Bedeutung sind³. Wenn schliesslich, wie beim Passivhausstandard, die erneuerbaren und die fossilen Energiequellen nicht konsequent unterschieden werden, verliert der Primärenergiebedarf nochmals deutlich an ökologischer Aussagekraft.

5.2.2 Systeme zur Wärmeproduktion

Im folgenden werden die Daten in Tabelle 6 aus den „Ökoinventaren für Energiesysteme 96“ (Frischknecht 1996) mit den wichtigsten CML Kategorien klassifiziert und mit den beiden erwähnten vollaggregierenden Bewertungsmethoden bewertet. Zum Vergleich wird auch der Primärenergiebedarf (regenerierbar (reg.) und nicht regenerierbar) ausgewiesen.

Blockheizkraftwerke (BHKW) produzieren neben der Nutzwärme auch Strom. Das heisst, dass die Umweltbelastung der Prozesse nach einem sinnvollen Schlüssel auf die beiden Produkte verteilt werden muss oder dass eine vernünftige Substitution für den im Prozess produzierte Strom gefunden werden muss. Was in den einzelnen Fällen ein „sinnvoller Schlüssel“ ist oder welchen Strom bzw. welche Wärme durch ein BHKW substituiert wird, kann nicht naturwissenschaftlich bestimmt werden. Dieser Teil der Bilanz hat also subjektiven Charakter.

Für BHKW ist die Substitution prinzipiell möglich und noch relativ einfach: von den Stoff- und Energieflüssen der totalen Energieumwandlung im BHKW werden die Stoff- und Energieflüsse der „normalen“ Produktion der generierten Strommenge subtrahiert. Unter „normaler“ Produktion wird hier der Strommix verstanden, der auch verwendet wird für die Bewertung von Heizsystemen, die Strom benötigen.

Aus (Frischknecht 1996) werden die unallozierten Flüsse für ein BHKW mit 160 kW elektrischer Leistung berechnet. Der dabei produzierte Strom substituiert dabei die sonst direkt verwendeten Strommixe.

³ Wird zum Beispiel eine Feuerungsanlage mit einer Rauchgaswäsche ausgerüstet, so wird dadurch der Primärenergieinhalt der Wärme, die von der Anlage generiert wird, wegen den Aufwendungen für den Bau und Betrieb der Rauchgaswäsche erhöht, die Emissionen aber werden gesenkt.

Modulname	Beschreibung
Strom Niederspannung - Bezug in UCPTE	1 MJ Strom beim Verbraucher. Produktionsmix (=Konsummix) des UCPTE Stromverbundes.
Strom Niederspannung - Bezug in W-D Import	1 MJ Strom beim Verbraucher. Konsummix von Westdeutschland.
Strom Niederspannung - Bezug in CH Import	1 MJ Strom beim Verbraucher. Konsummix der Schweiz.
Heizoel EL in Heizung 10 kW	Verbrennung von 1 MJ Heizöl EL in einem Low NOx Kessel. (→ je nach System ca. 0.85 MJ Nutzwärme)
Erdgas in Heizung atm. LowNOx <100 kW	Verbrennung von 1 MJ Erdgas ab Ortsnetz in einem Low NOx Kessel. (→ je nach System ca. 0.85 MJ Nutzwärme)
Holzschnitzel Buche in Feuerung 50kW	Verbrennung von 1 MJ Holz in einer Schnitzelfeuerung.
Stueckholz in Feuerung 30kW	Verbrennung von 1 MJ Holz in einer Stückholzfeuerung.
BHKW UCPTE subst.	1 MJ Wärme ab Blockheizkraftwerke erdgasbefeuert (el. Leistung 160 kWh). Der miterzeugte Strom substituiert den entsprechenden Strommix (cf. oben).
BHKW W-D subst.	Der miterzeugte Strom substituiert den entsprechenden Strommix (cf. oben).
BHKW CH subst.	
Abwärme aus KVA	Mit der Annahme des Brennwert von 10 MJ/kg Abfall und einer ökonomischen Allokation von Abfallverbrennung, Fernwärme- und Stromproduktion erzeugtes Modul für 1 MJ Fernwärme ab KVA.

Tabelle 6: Wärmeproduktion mit verschiedenen Energieträgern in unterschiedlichen Heizsystemen. Die Energiemenge bezeichnet den unteren Heizwert.

Da die Abwärme aus Industrie-, KVA und ARA eher ein Nebenprodukt der entsprechenden Prozesse ist, wird, wie schon beim BHKW, eine Substitution oder Allokation nötig.

Bei der Abwärmenutzung aus KVA und ARA ist eine Substitution der Hauptprodukte kaum sinnvoll möglich. In diesen Fällen muss mit Allokationen gerechnet werden. In der ISO 14'000 ff wird dafür vorgeschlagen, physikalische oder ökonomische Indikatoren zur Aufteilung der Flüsse beizuziehen. Bedingung ist natürlich, dass die Indikatoren für alle Produkte eines Prozesses eine ähnliche Bedeutung haben. Für die physikalischen Indikatoren Masse, Energie und Exergie gilt das in diesem Fall nicht. Eine ökonomische Allokation kann bei der KVA und ARA Sinn machen. Dabei wird die Optik des Werkes eingenommen, das sowohl die Abfallentsorgung als auch Strom und Wärme als Produkte anbietet.

Als Beispiel wird die gesamte Umweltbelastung einer KVA gemäss den Zahlen in Tabelle 7 den drei Funktionen zugewiesen.

Funktion	Ertrag	Anteil	Beschreibung
	Fr.	%	
Abfallentsorgung	103'544'500	79.78	Durchschnittswerte der Jahre 1999 / 2000 der KVA
Fernwärme ab KVA	24'146'000	18.60	Hagenholz, Zürich gemäss Geschäftsbericht 2000.
Strom ab KVA	2'103'500	1.62	

Tabelle 7: Allokationsfaktoren zur Kehrichtverbrennung mit Strom- und Wärmeproduktion

Eine andere Variante der Allokation wäre, dass nur die Aufwendungen bilanziert werden, die nötig sind, um die Abwärme des Verbrennungsprozesses als Fernwärme zu nutzen. Dieser Ansatz kann damit begründet werden, dass die Kehrichtverbrennung auf jeden Fall erfolgt, unabhängig davon ob die Wärme genutzt wird oder nicht.

Bei der Abwärmenutzung aus industriellen Prozessen ist theoretisch eine Substitution des Hauptproduktes möglich, wenn dieses auch so hergestellt werden kann, dass dabei keine nutzbare Abwärme erzeugt wird. Eine Allokation führt zum selben Ergebnis, weil dazu der ökonomische Wert des Abwärme generierenden Prozesses bestimmt werden müsste, was wiederum oft nur durch Substitutionsüberlegungen gemacht werden kann. Eine vernünftige ökologische Bewertung von Abwärme aus industriellen Prozessen kann also nicht generell gemacht werden, sondern kann nur erfolgen, wenn der entsprechende Prozess bekannt ist.

5.2.3 Ergebnisse

Die bewerteten Ergebnisse sind in Abbildung 10 und Abbildung 11 dargestellt und lassen sich wie folgt beschreiben:

Abgesehen von der Wärme ab Blockheizkraftwerken schneidet die Wärmeerzeugung mit Holz (Schnitzel oder Stückholz) in allen Bewertungen und bei den meisten Indikatoren mit am besten ab. Durch die relativ hohen Stickoxidemissionen dieser Heizungen tragen sie jedoch zur Überdüngung und theoretisch auch zur Ozonbildung und Humantoxizität in relevantem Mass bei. Da aber Ozonbildung und die damit einher gehenden humantoxischen Effekte vor allem bei hohen Temperaturen und hoher solarer Einstrahlung, also im Sommer vorkommen, die Heizungen aber im Winter in Betrieb sind, können diese Potentiale für unsere Betrachtung relativiert werden. Beim Primärenergieinhalt von Wärme ab einer Holzheizung handelt es sich zu ca. 95 % um Energie aus erneuerbaren Quellen. Die restlichen 5 % stammen aus den Prozessen und der Infrastruktur zur Gewinnung des Brennstoffes und aus der Infrastruktur zur Wärmeerzeugung.

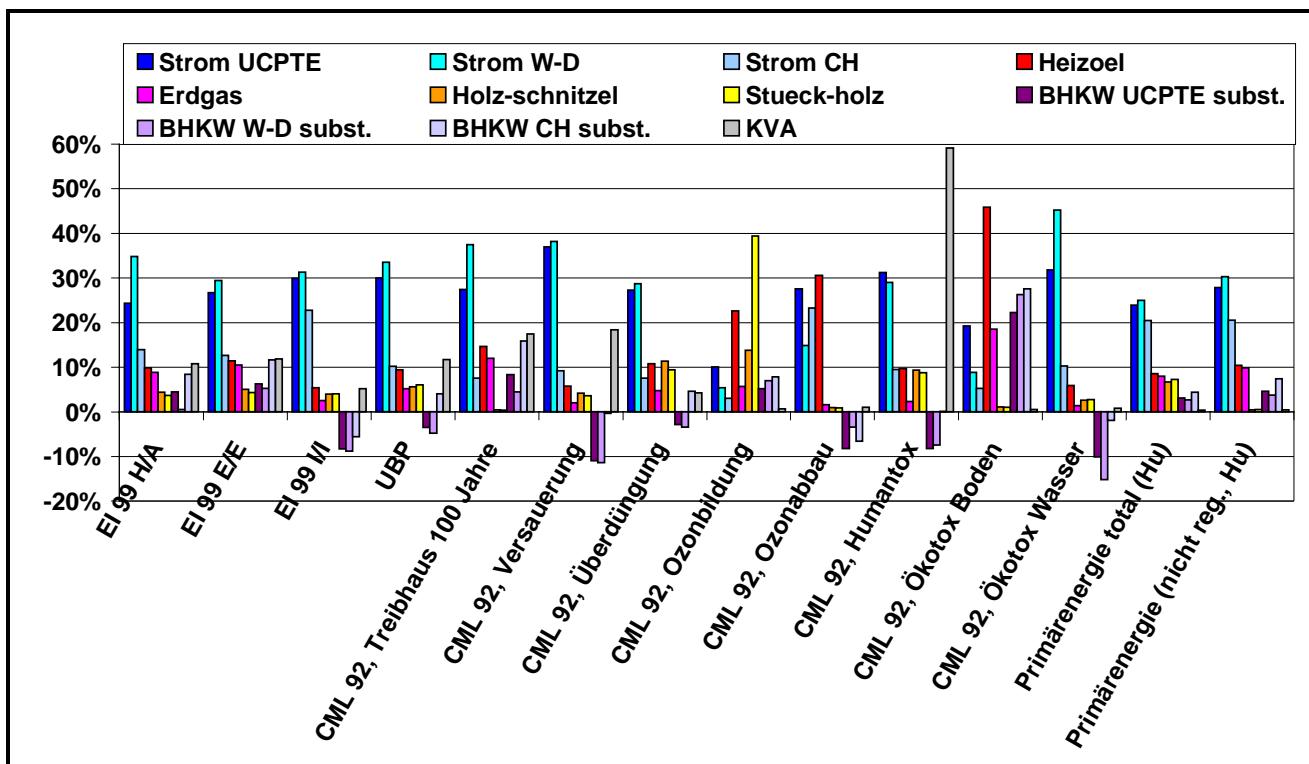


Abbildung 10: Ökologischer Vergleich der Wärmeerzeugung mit verschiedenen Energieträgern. Relative Anteile der Technologie innerhalb der Bewertungsmethodik.

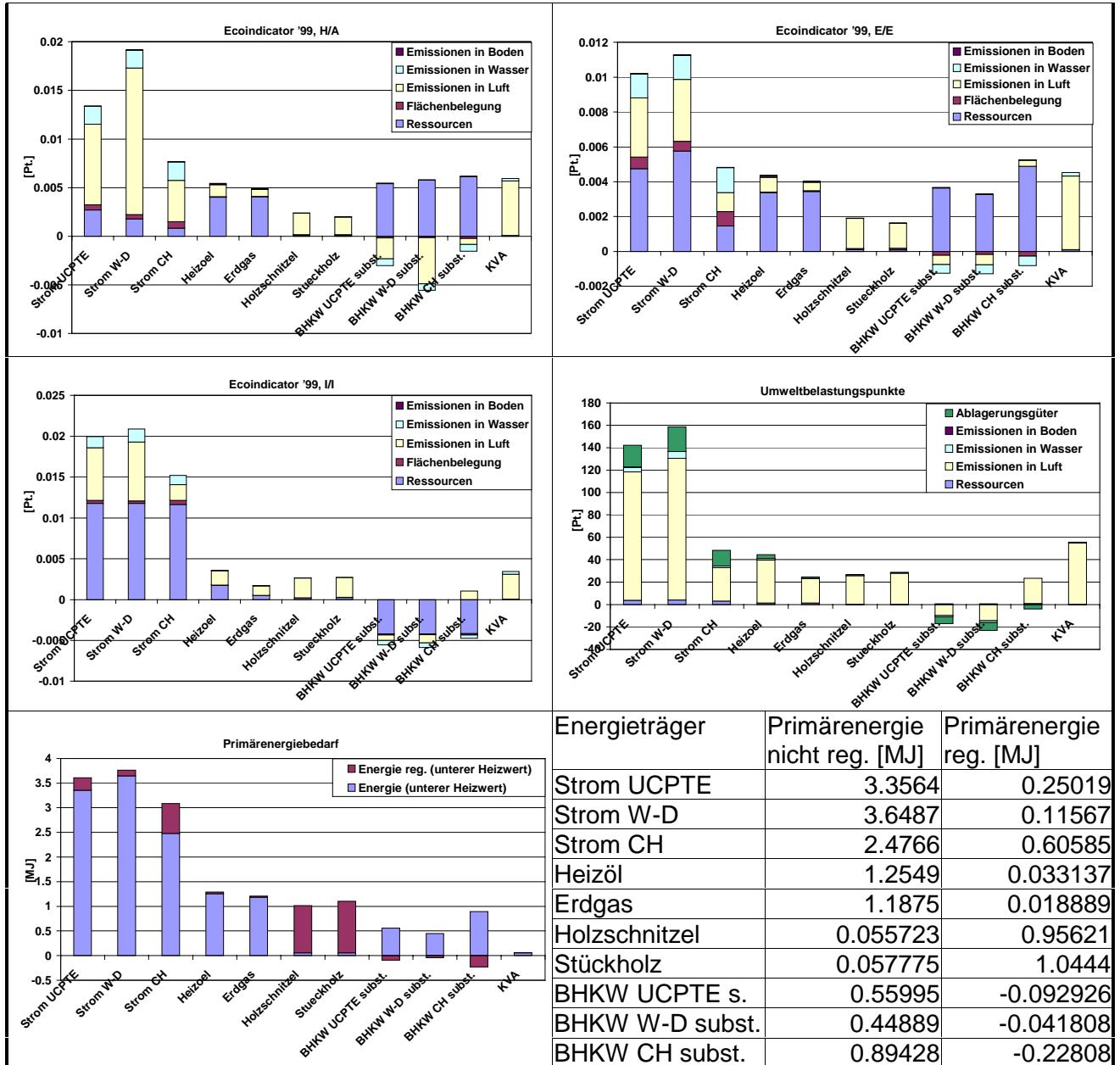


Abbildung 11: Vergleich der Wärmeerzeugung mit verschiedenen Energieträgern. Bewertung mit verschiedenen ökologischen Bewertungsmethoden und mit dem Primärenergieinhalt.

Die Wärmeerzeugung mit Erdgas schneidet in den Methoden EI 99 I/I (Individualist-Perspektive) und UBP sogar noch leicht besser ab als die Holzheizungen. Diese Methoden bewerten den Verbrauch von nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen gar nicht oder nur schwach. Die egalitäre und die hierarchistische Ecoindicator 99 Perspektiven (E/E und H/A), welche diese Ressourcen bewerten, stellen die Erdgasheizung dann auch eher auf eine Stufe mit der Ölheizung. Auch die CML Kategorien zeigen, dass die Erdgasheizung verhältnismässig tiefe Schadenspotentiale durch Schadstoffemissionen verursacht, während die CO₂-Emission und der Verbrauch an nicht erneuerbaren Energieträgern im Mittelfeld der Varianten liegen.

Die Ölheizung schneidet insgesamt einiges schlechter ab als die Gasheizung. Die CML Schadenspotentiale liegen alle relativ deutlich über denen der Gasheizung.

Bei der Strombereitstellung werden grosse nationale Unterschiede festgestellt. Während im UCPT-E-Verbund und in (West-)Deutschland ein grosser Teil des Stromes in thermischen fossilen Kraftwerken (UCPT-E-Mix: 28 % Kohle, 10 % Öl, 10 % Gas, 37 % Kernkraft und 15 % Wasserkraft) generiert werden, besteht der bilanzierte Schweizer Konsummix zu ca. 44 % aus Kernkraft, zu 40 % aus Wasserkraft und nur zu ca. 16 % aus anderen Quellen. Der UCPT-E- und der W-Deutsche Mix verursachen deutlich höhere Umweltbelastungen pro MJ als die Heizungen. Der Schweizer Mix wird zwar auch höher bewertet als die Ölheizung, setzt sich in der Gesamtbewertung aber nicht so deutlich von ihr ab.

Für die Wärme ab Blockheizkraftwerken sind einige der Ökoindikatoren negativ. Dies kommt daher, dass die Produktion von 0.38 MJ Strom und von 1 MJ Wärme im BHKW bezüglich dieser Indikatoren weniger belastend ist als die Produktion dieser Strommenge ohne die Wärme in den entsprechenden Konsummixen. Je grösser die Belastung durch einen Strommix ist, desto tiefer wird die Belastung der entsprechenden Wärme ab BHKW. Bei der Substitution des relativ CO2-armen Schweizer Konsummixes, der auch eher geringe Mengen an fossilen Energieträgern nachfragt, ergeben sich für das Treibhauspotential und für den EI 99 E/E für das BHKW grössere Werte als für die Ölheizung. In allen übrigen Fällen bzw. bei allen anderen Indikatoren schneidet das BHKW deutlich besser ab als die meisten anderen Systeme.

Die Fernwärme aus der KVA schneidet etwas schlechter ab als die Wärme ab der Ölheizung. Dies bedeutet, dass die Fernwärme ab KVA aus ökologischer Sicht zu teuer ist. Wäre sie nämlich günstiger, so würde ein kleinerer Teil der Umweltbelastung der Kehrichtverbrennung der Fernwärme zugerechnet. Damit würde diese ökologisch konkurrenzfähig zur Ölheizung. Würde statt der ökonomischen Allokation nur die für die Fernwärmennutzung benötigten Prozesse und Infrastrukturen bilanziert, so dürfte dies zur Aussage führen, dass die Fernwärme kaum Umweltbelastung verursacht. Hierzu liegen uns aber keine mit den übrigen vergleichbaren Inventardaten vor, so dass eine quantitative Aussage nicht möglich ist.

Tabelle 8 fasst die Resultate relativ zur Ölheizungswärme nochmals zusammen:

Indikator	Strom UCPTE	Strom W-D	Strom CH	Heizöl	Erd-gas	Holzschnitzel	Stück-holz	BHKW UCPTE subst.	BHKW W-D subst.	BHKW CH subst.	KVA
EI 99 H/A	2.47	3.53	1.41	1.00	0.90	0.44	0.37	0.45	0.05	0.85	1.10
EI 99 E/E	2.34	2.58	1.10	1.00	0.92	0.44	0.38	0.55	0.46	1.02	1.04
EI 99 I/I	5.57	5.82	4.24	1.00	0.47	0.74	0.76	-1.54	-1.64	-1.03	0.96
UBP	3.20	3.57	1.09	1.00	0.55	0.60	0.64	-0.37	-0.51	0.43	1.25
Treibhaus	1.87	2.56	0.51	1.00	0.82	0.03	0.03	0.57	0.31	1.08	1.19
Versauerung	6.41	6.62	1.59	1.00	0.36	0.72	0.63	-1.89	-1.96	-0.06	3.19
Überdüngung	2.52	2.66	0.70	1.00	0.44	1.05	0.87	-0.26	-0.31	0.43	0.40
Ozonbildung	0.45	0.24	0.13	1.00	0.25	0.61	1.74	0.23	0.31	0.35	0.03
Ozonabbau	0.90	0.49	0.76	1.00	0.05	0.03	0.03	-0.27	-0.11	-0.21	0.03
Humantox	3.22	2.99	0.98	1.00	0.24	0.96	0.91	-0.84	-0.76	0.01	6.09
Ökotox Boden	0.42	0.19	0.11	1.00	0.40	0.02	0.02	0.49	0.57	0.60	0.01
Ökotox Wasser	5.37	7.63	1.74	1.00	0.23	0.44	0.46	-1.71	-2.56	-0.33	0.14
Primärenergie total (Hu)	2.80	2.92	2.39	1.00	0.94	0.79	0.86	0.36	0.32	0.52	0.05
Primärenergie (nicht reg., Hu)	2.67	2.91	1.97	1.00	0.95	0.04	0.05	0.45	0.36	0.71	0.05

Tabelle 8: Relative Werte der Umweltindikatoren mit Basis Ölheizungswärme. (Hu = unterer Heizwert)

5.2.4 Interpretation der Ergebnisse

Beim Vergleich der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Heizsysteme sowohl die Brennstoffbereitstellung beim Konsumenten als auch dessen Verbrennung und die dazu nötige Infrastruktur bilanzieren. Die Strommixe hingegen bilden nur die Bereitstellung des Energieträgers beim Konsumenten ab. Die Umwandlung von Strom in Wärme erfolgt zwar emissionsfrei. Hingegen wird dazu Infrastruktur (Widerstandsheizung / Wärmepumpe) benötigt, die in den Modulen nicht enthalten sind.

Die drei gewählten Strommixe bilden ein jährliches Mittel der Konsumsituation in den entsprechenden Ländern bzw. in der Region des Netzverbundes (UCPTE) ab. In (Frischknecht 1996) wird gezeigt, dass der Schweizer Strommix im Winter einen geringeren Wasserkraftanteil enthält als im Sommer. Somit dürfte der im Winter nachgefragte Strom eine höhere Umweltbelastung verursachen als der im Sommer nachgefragte. Da die saisonalen Strommixe in (Frischknecht 1996) jedoch nur für die Schweiz ermittelt und nicht repräsentativ sind, fliessen sie in diesen Vergleich nicht ein.

Es ist generell umstritten, ob die Konsummixdaten für die Beurteilung von elektrischen Heizsystemen relevant sind. Prinzipiell gelten Konsummixe als geeignet um eine marginale Nachfrage an Strom abzubilden. Sobald aber die nachgefragte Strommenge gross genug ist, dass sie einen Ausbau der Produktion verlangt oder einen Abbau verhindert, sollte nicht mehr der Konsummix betrachtet werden. In solchen Fällen soll Strom aus der Technologie bilanziert werden, die beim Bau zukünftiger Kraftwerke eingesetzt werden würde oder die bei Überproduktion abgebaut werden würde.

Für die Beurteilung des Strombedarfs eines einzelnen Hauses mit Widerstands- oder Wärmepumpenheizung würde man wohl den Konsummix als geeignet betrachten. Werden aber aufgrund der Bewertung in Standards wie MINERGIE oder Passivhaus vermehrt Stromheizungen realisiert, so muss davon ausgegangen werden, dass die durch die Bewertung ausgelöste Stromnachfrage so gross wird, dass sie einen Ausbau der Produktion verlangt oder deren Abbau verhindert. Aufgrund der heutigen Situation muss davon ausgegangen werden, dass der Anteil der Wasserkraft in der Schweiz nicht wesentlich erhöht werden kann. Müsste aufgrund von zusätzlicher Nachfrage in der Schweiz die Stromproduktion erhöht werden, so würde dies wohl über Kohle- oder Kernkraftwerke in Europa geschehen.

Auch bei der Frage, welcher Konsummix für die Schweiz verwendet werden soll, sind verschiedene Argumentationen denkbar. Dabei gilt, vom Ziel einer ökologischen Beurteilung ausgehend, den geeignetsten Mix zu finden. Wenn wir als Ziel eines MINERGIE- oder Passivhausstandards die Förderung von ökologisch nachhaltigen Gebäuden verstehen, so müssen die Forderungen aus der Nachhaltigkeit bei der Wahl unseres Strommixes berücksichtigt werden. Eine der grundsätzlichen Forderungen ist die gerechte Verteilung der Ressourcen. Dies gilt auch für die Ressource Wasserkraft, die also nicht nur von SchweizerInnen beansprucht werden darf. Schliesslich soll eine ökologische Beurteilung auch im Hinblick auf die Bewertung von Handlungsalternativen hilfreich sein. Würden die länderspezifischen Strommixe für die Bilanzierung verwendet, so wäre ein Ergebnis der Ökobilanz, dass die Umweltbelastung eines Hauses gesenkt werden kann, indem man es statt in Deutschland in der Schweiz baut.

Diese Überlegungen führen zur Empfehlung, für den gesamten in Haushalten eingesetzten Strom den Mix des Europäischen Verbundes UCPTE zu verwenden. Dieser Mix kommt einerseits der Forderung nach gerechter Ressourcenverteilung besser nach als die länderspezifischen Mixe und andererseits entspricht die darin abgebildete Kraftwerkstechnologie eher der Technologie, die für zusätzliche Kraftwerke zum Einsatz kommen würde.

5.3

MINERGIE Standard

Der MINERGIE Standard setzt einen Grenzwert für die gewichtete Energiekennzahl Wärme. Durch die Gewichtung bewertet er die Nutzung von Energieträgern gemäss Tabelle 9. Diese Tabelle zeigt auch die dieser Bewertung zugrundeliegenden Annahmen bezüglich der ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Wärmebereitstellungsmethoden. In diesem Zusammenhang fehlt in der Tabelle der Hinweis, dass gemäss der Berechnungsvorgaben der MINERGIE Standard die thermische Energie aus der Öl- und der Gasverbrennung als ökologisch gleichwertig betrachtet.

Die Bewertung der Abwärme ist qualitativ anders einzustufen als die impliziten Bewertungsfaktoren für Energie aus Holz und Strom. Während bei Holz ausdrücklich von einem „ökologischen Korrekturfaktor“ die Rede ist und bei Strom entweder der höhere Primärenergieinhalt oder die höhere Exergie der Energieform berücksichtigt wird, kommt die Bewertung der Abwärme aus einer Allokation. Im Sommer, wenn kaum Fernwärme benötigt wird, wird 100 % der Umweltbelastung der Wärmeproduktion dem entsprechenden Prozess (Kehrichtverbrennung, Industrieprozess, etc) angerechnet. Die dann im MINERGIE-Gebäude genutzte Wärme trägt also keinen ökologischen Rucksack. Im Winter wird dem Prozess, bei dem die Fernwärme generiert wird, 15 % der Umweltbelastung angerechnet. 85 % der Belastung werden vom Nutzer der Fernwärme übernommen. Diese Aufteilung ist

normativ und kann nicht aufgrund von wissenschaftlichen Erkenntnissen hergeleitet werden.

Energieträger	Elektrizität	Holz	Abwärme
Gewichtung	Für Wärmeerzeugung, Lüftung und Klimatisierung genutzter Strom wird doppelt gezählt. (Strom für Haushaltgeräte etc. wird nicht berücksichtigt)	Der effektive Jahresnutzungsgrad von Holzheizsystemen (inkl. Holzbefeuerten Fernwärmeheizwerken) wird für die Berechnung mit 1.667 multipliziert. (125 % statt 75 %)	Der Jahresnutzungsgrad für Abwärme aus KVA, ARA und industriellen Prozessen wird für die Berechnung mit 100% angenommen. Der Wärmebedarf für Warmwasser wird im Sommer vernachlässigt (Warmwasserbedarf wird halbiert). Fernwärme aus ölbefeuerten Heizwerken wird mit 85 % Nutzungsgrad berücksichtigt.
Interpretation der Gewichtung (Annahme: Bewertung aufgrund von ökologischen Kriterien)	1 MJ Strom (beim Endnutzer) belastet die Umwelt so stark wie 2 MJ thermische Energie aus Öl oder Gas (letztere bei einem Jahreswirkungsgrad von 85% bezüglich des unteren Heizwertes)	1 MJ thermische Energie aus Holz belastet die Umwelt gleich stark wie 0.60 MJ thermische Energie aus Öl oder Gas (letztere bei einem Jahreswirkungsgrad von 85% bezüglich des unteren Heizwertes)	1 MJ Abwärme aus Industrie, ARA oder KVA belastet die Umwelt so stark, wie 0.85 MJ thermische Energie aus Öl oder Gas (letztere bei einem Jahreswirkungsgrad von 85% bezüglich des unteren Heizwertes)

Tabelle 9: Bewertung von verschiedenen Energieträgern zur Erzeugung thermischer Energie im MINERGIE-Standard und deren Interpretation bezüglich der zugrundeliegenden Annahmen zu den ökologischen Auswirkungen der jeweiligen Wärmebereitstellung.

5.4 Passivhausstandard

Der Passivhausstandard setzt einen Grenzwert für den „Energiekennwert Heizwärme“ und einen zusätzlichen Grenzwert für den Primärenergiebedarf sämtlicher Anwendungen fest. Zur Berechnung des Primärenergiebedarfs werden die Primärenergiefaktoren der verschiedenen Energieträger im Passivhaus-Projektierungspaket gemäss Tabelle 10 angegeben.

Energieträger		Primärenergiefaktor [kWh _{prim} /kWh _{End}]	CO ₂ -Äquivalent Emissionsfaktor [g/kWh _{End}]
Brennstoffe	Heizöl	1.08	293
	Erdgas	1.07	229
	Steinkohle	1.07	396
	Brennholz	1.01	55
Strom	Strom-Mix	2.97	689
	Heizstrom	2.72	1018
Fernwärme	Stk HKW 70% KWK	0.71	214
	Stk HKW 35% KWK	1.10	306
	Stk HW 0% KWK	1.49	398
Blockheizkraftwerk Gas	Gas-BHKW 70%KWK	0.62	-84
	Gas-BHKW 35%KWK	1.03	113
	Gas-BHW 0%KWK	1.43	311
Blockheizkraftwerk Heizöl	Öl-BHKW 70% KWK	0.65	75
	Öl-BHKW 35% KWK	1.06	238
	Öl-BHW 0% KWK	1.44	401

Tabelle 10: Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalent Emissionsfaktoren nach Passivhaus Projektierungspaket '99 (Stk HKW = Steinkohleheizkraftwerk, KWK = Kraft-Wärme-Kopplung)

Das Heizsystem hat also keinen Einfluss auf den Grenzwert für die „Energiekennzahl Heizwärme“, wohl aber auf den Primärenergiebedarf. Bei letzterem wird nicht unterschieden, ob die Wärme aus biogenen oder fossilen Energiequellen gewonnen wird. Auch wird auf eine ökologische Beurteilung der verschiedenen Wärmeerzeugungsmethoden verzichtet.

5.5 Vergleich von MINERGIE- und Passivhausstandard

An dieser Stelle sollen nicht die durch unterschiedliche Berechnungsalgorithmen, Bezugsflächen und Standardannahmen (zum Beispiel zu Haushaltstrombedarf, Warmwasserbedarf oder Personenbelegung) verursachten Unterschiede diskutiert werden. Auch geht es nicht um den prinzipiellen Unterschied bei der Grenzwertsetzung mit der vom Heizsystem unabhängigen Energiekennzahl und der Nebenbedingung des maximalen Primärenergiebedarfs beim Passivhausstandard und mit der „gewichteten Energiekennzahl“, die beim MINERGIE-Standard eine Verknüpfung von Wärmebedarf und Wärmebereitstellungssystem darstellt. Diese Aspekte werden in anderen Teilen des Berichtes diskutiert.

In diesem Kapitel geht es vielmehr darum, die unterschiedliche Beurteilung der ökologischen Relevanz verschiedener Heizsysteme zu diskutieren und mit den Ergebnissen aus Kap. 5.2 zu vergleichen (Tabelle 11). Um dies zu tun wählen wir ein Ölheizungssystem als Referenz. Der beim MINERGIE-Standard defaultmäßig verwendete Wirkungsgrad (η) der Systeme wird herausgerechnet, um die Zahl mit dem Passivhaus, das keine solche Standards kennt, vergleichbar zu machen.

Wärmeerzeugungssystem	Relative Bewertung in			Kommentar
	Passiv	MINERGIE	Kap. 5.2	
Ölkessel	1	1	1	Referenz; MINERGIE: $\eta = 0.85$
Gaskessel	0.99	1	0.8	MINERGIE: $\eta = 0.85$
Holzkessel	0.94	0.6	0.6	MINERGIE: $\eta = 0.7$
Strom (Heiz-)	2.52 ⁴	2	2.5	Abhängig von Wahl des Strommixes
Wärmepumpe JAZ 3	0.84	0.67	0.83	Abhängig von Wahl des Strommixes
BHKW, gasbefeuert	0.95	0.74 ⁵	0.5	Abhängig von Wahl des Strommixes; MINERGIE: $\eta_{th} = 0.55$, $\eta_{el} = 0.3$
KVA	1	0.85	?	

Tabelle 11: Ökologische Beurteilung der Heizwärmeerzeugung in den Standards und in dieser Studie.

5.5.1 Diskussion des Vergleichs

Die gleiche Beurteilung von Öl- und Gasheizung ist aus ökologischer Sicht fragwürdig. Während der Primärenergieinhalt von Wärme ab Gasheizung nach (Frischknecht 1996) bei 94 % der Wärme ab Ölheizung liegt, sind es bei den EI 99 Bewertungen nur noch 90 %, 92 % und 47 % (H/A, E/E und I/I Perspektive) und mit der UBP-Methodik ergibt sich eine Umweltbelastung von 57 % der Ölheizung. Die CML-Indikatoren der Gasheizungswärme liegen im Bereich von 5 % bis 82 %

⁴ Gerechnet mit dem Faktor für Heizstrom (2.72). Im Beispielblatt des Projektierungspaketes wird der Heizstrom mit Faktor 2.97 multipliziert.

⁵ Ausgehend von η_{th} und η_{el} , letzterer mit dem Faktor 2 für Strom multipliziert, ergibt sich ein gewichteter Wirkungsgrad von 115%. Um den Effekt des Systemwirkungsgrades herauszurechnen wird der gewichtete Wirkungsgrad des BHKW mit dem Wirkungsgrad der Ölheizung verglichen.

der Werte der Ölheizungswärme. Der tiefste Wert stammt vom Ozonabbau-potential, der höchste vom Treibhauspotential. Aus ökologischer Sicht dürfte die Gasheizungswärme einen Korrekturfaktor gegenüber der Ölheizungswärme von 0.8 erhalten.

Im Vergleich zu einer Ölheizung bedeutete die direkte Heizung mit Strom eher eine 2.5 mal höhere Umweltbelastung. So wäre eine Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von 2.5 ökologisch einer Ölheizung gleichzustellen. Dies hängt aber stark davon ab, nach welchen Grundsätzen der Strommix gewählt wird.

Die aggregierten Indikatoren (UBP, Ecoindicator) der Holzheizungswärme liegen bei ca. 40 % bis 75 % der Werte von Ölheizungswärme. Bei den CML-Indikatoren schwanken die Werte in einem breiteren Band. Der MINERGIE Korrekturfaktor von 0.6 scheint insgesamt plausibel.

Die Fernwärme aus KVA kann mit Fug als „Abfallprodukt“ der Abfallverbrennung betrachtet werden. Dies auch auf Grund der „Technischen Abfallverordnung“, die vorschreibt, dass brennbare Abfälle in der KVA entsorgt werden müssen. Somit wäre gerechtfertigt für die Umweltbelastung der Fernwärme ab KVA nur die durch die Aufwendungen zur Nutzbarmachung der Energie verursachte Belastung zu bilanzieren. Für eine solche Beurteilung stehen zur Zeit aber keine Daten zur Verfügung.

5.5.2 Erweiterung des MINERGIE- zum Passivhausstandard

Während Öl- und Gasfeuerungen in beiden Standards praktisch gleich beurteilt werden, unterscheiden sich die Standards in der Beurteilung von Holz- und Stromheizsystemen sowie von Blockheizkraftwerken und Fernwärme aus Industrie und KVA. Das heisst, dass es nicht möglich ist den MINERGIE-Standard so zu ergänzen, dass einerseits die ökologischen Korrekturfaktoren von MINERGIE erhalten bleiben und andererseits die ökologische Präferenz des Passivhausstandards abgebildet wird.

Auf einer praktischeren Ebene interessiert aber nur, ob durch eine „Übersetzung“ der Passivhaus-Grenzwerte in die MINERGIE Logik Gebäude entstehen könnten, die zwar den erweiterten MINERGIE-Standard (MINERGIE-P), nicht aber den Passivhausstandard erfüllen würden. Der tief angesetzte Grenzwert für die gewichtete Energiekennzahl Wärme bei MINERGIE-P verhindert allerdings in allen realistischen Fällen, dass die Anforderungen auf Primärenergietufe gemäss Passivhaus-Definition verletzt werden. Umgekehrt ist mit der Einhaltung des Primärenergie-Grenzwertes von 120 kWh/(m²a) gemäss PHPP99 nicht sicher gestellt, dass die von MINERGIE-P erzwungene Qualität bezüglich Primärenergiebedarf ebenfalls erreicht wird. Der Primärenergie-Grenzwert des Passivhaus-standards ist ein relativ milder Wert, der eine Art Leitplankenfunktion erfüllt. Er soll sicherstellen, dass nicht mit der Warmwassererwärmung und dem Haushaltstrom ein unverhältnismässiger Energieverbrauch in einem bezüglich Heizenergie sehr weitgehend optimierten Gebäude geschaffen wird.

5.6 Schlussfolgerung

Wie in 5.2.3 gezeigt, bewerten die Standards die ökologischen Eigenschaften der verschiedenen Energieträger und ihre Umwandlungsprozesse unterschiedlich. Am markantesten sind die Unterschiede in der Bewertung der Elektrizität. Eine Angleichung der Anforderungen bzw. der Bewertung von elektrizitätsbetriebenen Energiesystemen für Heizung und Warmwasser ist nur zu erreichen, wenn eine Einigung auf die gleichen Systemgrenzen gefunden werden kann (z.B. UCPTE)

oder einfach ein gleicher Strombewertungsfaktor gewählt wird. Diese Bewertungen sind aber nicht naturwissenschaftlich herleitbar, sondern müssen auf Grund der Zieldefinition (was soll mit dem Standard erreicht werden?) und der Perspektive der Entscheidungsträger festgesetzt werden.

Die unterschiedliche Beurteilung der übrigen Energieträger dürfte zu keinen inkonsistenten Resultaten führen. In diesen Fällen ist eine Anpassung an den Passivhausstandard nicht nötig und aus ökologischer Sicht auch nicht sinnvoll, da hier die Bewertung im MINERGIE Standard der ökologischen Situation gerechter wird als die im Passivhausstandard.

6 Literatur, Quellen

(CEPHEUS 2001):

- (MN97) Meteonorm v4.0, 1997. Meteotest. Bern, 1997.
- (PHPP99) Passivhaus Projektierungspaket 1999. Passivhaus Institut Darmstadt
- (SIA 380/1:88) Energie im Hochbau. SIA Empfehlung 380/1 Ausgabe 1988. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich, 1988
- (SIA 380/1:01) Thermische Energie im Hochbau. SIA 380/1:2001 und Schweizer Norm SN 520 380/1. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich, 2001
- (SIA 381/2:88) Klimadaten zu Empfehlung 380/1 "Energie im Hochbau" Ausgabe 1988. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich, 1991
- (SIA 384/2) Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden. SIA Empfehlung 384/2 Ausgabe 1982. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich, 1982
- (Brand 1998): Brand, G., A. Scheidegger, O. Schwank und A. Braunschweig (1998): Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit, Ökofaktoren 1997. Schriftenreihe Umwelt SRU 297, Ökobilanzen, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- (Goedkoop 2000): Goedkoop, M. und R. Spriensma (2000): The Eco-indicator 99, A Damage Oriented Method for Life Cycle Impact Assessment, Methodology Report. 2nd ed., Pré Consultants B.V., Amersfoort.
- (Heijungs 1992): Heijungs, R., J.B. Guinée, G. Huppes, R.M. Lankreijer, H.A. Udo de Haes, A. Wegener Sleeswijk, A.M.M. Ansems, P.G. Eggels, R. van Duin und H.P. de Goede (1992): Environmental Life Cycle Assessment of Products, Guide and Background. Centre for Milieukunde (CML), Leiden.
- (Frischknecht 1996): Frischknecht, R., P. Suter, U. Bollens, S. Bosshart, M. Ciot, L. Ciseri, G. Doka, R. Hischier, A. Martin, R. Dones und U. Gantner (1996): Ökoinventare von Energiesystemen, Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz. 3. Aufl., Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW/PSEL), Bern.

Internet:

www.minergie.ch: Website des MINERGIE-Vereins. Unterlagen und Berechnungshilfsmittel für MINERGIE-Nachweis.

www.passiv.de: Website des Passivhaus-Instituts. Definitionen, Aktuelles, sowie Publikationen und Hilfsmittel zum online bestellen.

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

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

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

Anhang

MINERGIE und Passivhaus: Zwei Gebäudestandards im Vergleich

Anhang A: Vergleich der Standards	K. Viridén, J. Wydler	53
Anhang B: Referenzgebäudetypen	K. Viridén, J. Wydler	57
Typ I		57
Typ II		59
Typ III		63
Vergleich der Gebäudetypen		66
Konstruktionen		67
Anhang C: Endenergie- und Primärenergiebedarf		71
K. Viridén, J. Wydler		
Anhang D: Energie-, Wärme- und Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden nach PHPP'99, SIA 380/1:1988 und SIA 380/1:2001	Dr. A. Haas	72
Anhang E: Zulässiger Heizwärmeverbrauch für MINERGIE- Neubauten	A. Binz	103
Anhang F: Die rechnerische Abschätzung des spez. Heizleistungsbedarfs	A. Binz	107
Anhang G: Energiekennzahlen	A. Binz	110
Anhang H: Luftdichtigkeit	K. Viridén, J. Wydler	111
Anhang I: Graue Energie	K. Viridén, J. Wydler	112

Anhang A: Vergleich der Standards

K. Viridén, J. Wydler

	Passivhaus Standard	MINERGIE-Standard alte SIA 380/1		MINERGIE-Standard neue SIA 380/1			
BEZUGSGRÖSSEN		Werte in MJ/m ² a	EF _g	Werte in MJ/m ² a	EF _g	Werte in MJ/m ² a	EF _g
Bezugsfläche	Nettowohnfläche NF Wenn gesamtes Untergeschoß gedämmt, dann kann 60 % der Nettofläche eingerechnet werden			EBF höhenkorrigiert (Brutto, Aussenmasse)		M EBF höhenkorrigiert (Brutto, Aussenmasse)	S
Gebäudevolumen	mit Aussenmassen			EBF ₀ x Geschoßhöhe x 0.8		M EBF ₀ 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
ENERGIEKENNZAHLEN							
Energiekennwert Heizung (Qh) (Nutzenergie)	≤ 15 kWh/m ² a NF	≤ 54	P	-		≤ 60% Hg	
Energiekennzahl Wärme gewichtet (Ew) (Endenergie)				Neubau: ≤ 45 kWh/m ² a EBF ≤ 45 kWh/m ² a EBF ≤ 40 kWh/m ² a EBF	≤ 160 ≤ 160 ≤ 145	M Neubau: ≤ 42 kWh/m ² a EBF ≤ 38 kWh/m ² a EBF ≤ 40 kWh/m ² a EBF	M ≤ 150 ≤ 137 ≤ 145
EFH MFH Dienstleistungsbauten	-			Standardnutzung: aus WW/P und EBF/P		Standardnutzung, pro m ² EBF ₀	
Brauchwarmwasser				17 kWh/m ² a EBF ₀ 28 kWh/m ² a EBF ₀ 7 kWh/m ² a EBF ₀	60 100 25	M 14 kWh/m ² a EBF ₀ M 21 kWh/m ² a EBF ₀ M 7 kWh/m ² a EBF ₀	M 75 25
EFH MFH Dienstleistungsbauten	-			Standardnutzung			
Personen	effektive Personenbelegung			50 m ² EBF ₀ / Person 30 m ² EBF ₀ / Person 20 m ² EBF ₀ / Person	S S S	60 m ² EBF ₀ / Person 40 m ² EBF ₀ / Person 20 m ² EBF ₀ / Person	S S S
Energiekennzahl Elektr. (Eel)				Standardnutzung			
Wohnbauten Dienstleistungsbauten	18 kWh/m ² a	64.8		17 kWh/m ² a es gilt SIA 380/4	60	M 17 kWh/m ² a M es ist der Elektrizitätsverbrauch (Standardnutzungswert) gemäss SIA 380/1 einzusetzen	60 M
Energieträger	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 ² a s. Erl.		Werte in MJ/m ² a s. Erl.		Werte in MJ/m ² a s. Erl.
Primärenergie-Kennwert	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$					
Wertigkeit	Primärenergie		P	Endenergie		
Elektrizität	2.97		P	2	M	M
Oel	1.09		P	1	M	M
Gas	1.07		P	1	M	M
Holz	1.01		P	0.6 ökol. Korrekturfaktor	M	M
HAUSTECHNIK						
Warmwasser	25l/Person, 60°C Niedrige Wärmeverluste bei Aufbereitung und Verteilung		P P	Standardrechenwerte Wärmebedarf/a EBF_0	S	Standardrechenwerte Wärmebedarf/a EBF_0
Elektrizität	Hocheffiziente Nutzung von el. Haushaltsstrom		P			
Lüftung	kontrollierte Lüftung mit WRG $> 75\%$ (Gegenstrom-Wärmetauscher)		P	Abluft mit kontrollierter Zuluft	M	Abluft mit kontrollierter Zuluft
Wärmerückgewinnung	Aussenluftwechsel gerechneter Wert oder 0.1 h^{-1}		P P	Aussenluftwechsel		Aussenluft-Volumenstrom
Luftwechsel						
EFH MFH				0.4 h^{-1} 0.6 h^{-1}	S S	0.7 V/ $EBF_0 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ 0.7 V/ $EBF_0 \text{ m}^3/\text{h m}^2$
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 Heizgrenze	20°C 12°C		P P	20°C 12°C	S S	20°C 12°C
Interner Gewinn	Rechenwert 2.1 W/m ²		P	gemäss Standardnutzung SIA 380/1	S	
Solar	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		
GEBÄUDEHÜLLE						
U-Wert opake Hülle	$\leq 0.15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$		P	auf Einzelbauteile $\leq 0.2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	M	$\leq 0.2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ inkl. Wärmebrücken
Fenster	$\leq 0.8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (nach EN 10077)		P	Keine Angaben		
alphas	Energiedurchlassgrad $\geq 50\%$ gemäss DIN 4108 Teil 4		P			

	Passivhaus Standard	Werte in MJ/m ² a s. Erl.	MINERGIE-Standard alte SIA 380/1	Werte in MJ/m ² a s. Erl.	MINERGIE-Standard neue SIA 380/1	Werte in MJ/m ² a s. Erl.
alpha Innen	8 W/m ² K		8 W/m ² K gem. SIA 180		8 W/m ² K gem. SIA 180	
alpha aussen	25 W/m ² K		20 W/m ² K gem. SIA 180		25 W/m ² K gem. SIA 180	
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 ² K					
alpha gegen Erdreich	0 W/m ² K		0 W/m ² K gem. SIA 180		0 W/m ² K gem. SIA 180	
alpha gegen Keller	6 W/m ² K					
Luftdichtigkeit nL₅₀	nL ₅₀ ≤ 0.6 h ⁻¹ Luftdichtigkeitsmessung erforderlich	P	Empfehlung für möglichst luftdichte Gebäudehülle		M	Empfehlung für möglichst luftdichte Gebäudehülle
Wärmebrücken	wärmebrückenfreie Ausführung	P	Berücksichtigung in Berechnung gem. SIA 180			Berücksichtigung in Berechnung gem. SIA 180
Wärmebrückenverlustkoeffizient (Ψ_a)	wenn $\Psi_a \leq 0.01$ W/mK, dann kein Nachweis	P				Wärmebrücken müssen berücksichtigt werden
Reduktionsfaktor Wärmeverlust gegen unbeheizte Kellerraume	ft= 0.5	P	0.5 gem. SIA 180			b-Faktoren gemäss SIA 380/1 0.8-0.9
gegen Erdreich	ft= 0.5	P	0.5 gem. SIA 180			sehr differenziert Etrich: 0.7 - 0.9
gegen sonstige unbeheizte Räume	ft= 1.0	P	0.5 gem. SIA 180			Nebenraum: 0.9 Glasvorbau: 0.9
BAULICHES						
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		Max. 10% Mehrkosten im Vergleich zu herkömmlichen Bauten		M	
KONTROLLEN						
Projektierungskontrolle			Rechnerische Projektprüfung			
Ausführungskontrolle	Lufdichtigkeitsmessung 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

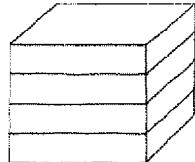
SIA 380/1 (2001)

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 **Nettowohnfläche** **800.00 m²**
(exkl. Innenwände)

b **Nettowohnfläche** **920.00 m²**
(wenn UG im Dämmperimeter)

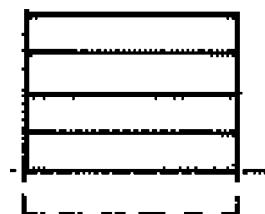
Anzahl Geschosse **4**

Fensteranteil **20.0%**
Nord 16.00 m² zu Nettowohnfläche
Ost 32.00 m²
Süd 80.00 m²
West 32.00 m²

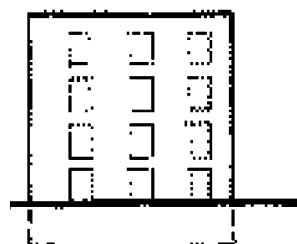
Flächenanteil Innenwände **40.00 m² = 5.0%**
zu Nettowohnfläche



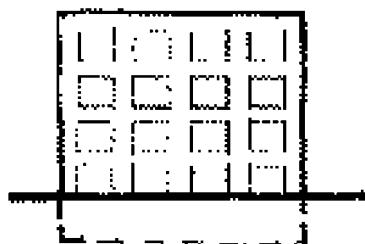
Grundriss



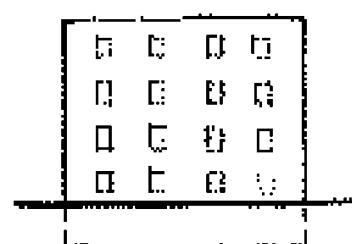
Querschnitt



West-/ Ostfassade



Südfassade



Nordfassade

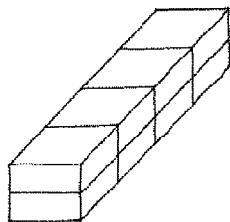
Typ I A: Massivbau (U-Wert 0.15 W/m² K)

Konstruktionsdicke Aussenwand	0.44	m
Konstruktionsdicke Dach	0.50	m
Konstruktionsdicke Boden EG	0.50	m
Gebäudelänge (inkl. Aussenwand)	16.88	m
Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)	14.01	m
Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)	11.50	m
Fassadenfläche ohne Fenster		
Nord	178.12	m ²
Ost	129.12	m ²
Süd	114.12	m ²
West	129.12	m ²
Energiebezugsfläche EBF	945.96	m ²
		= 118.2 % zu Nettowohnfläche
Aussenhüllfläche A	1183.45	m ²
A/EBF	1.25	
a NWF/EBF (ohne UG)	0.85	
b NWF/EBF (inkl. UG)	0.97	
Gebäudevolumen brutto (inkl. Aussenhülle)	2719.62	m ³
Gebäudevolumen netto (entsp. Luftraum)	1920.00	m ³
		= 70.6 % zu Gebäudevolumen brutto
U-Werte Konstruktion		
Mauerwerk	0.15	W/m ² K
Fenster	0.80	W/m ² K
Q_h SIA 380/1 2001	6.9	kWh/m ² a

Typ I B: Leichtbau (U-Wert 0.15 W/m² K)

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

Typ II



a **Nettowohnfläche** **800.00 m²**
(exkl. Innenwände)

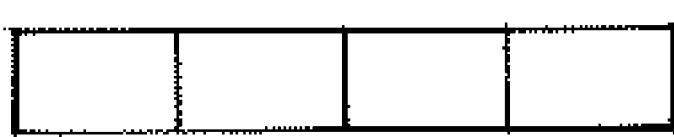
b Nettowohnfläche **1040.00 m²**
(wenn UG im Dämmperimeter)

Anzahl Geschosse **2**

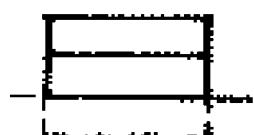
Fensteranteil **20.0%**

Nord	40.00 m ²	zu Nettowohnfläche
Ost	12.00 m ²	
Süd	96.00 m ²	
West	12.00 m ²	

Flächenanteil Innenwände **40.00 m² = 5.0%**
zu Nettowohnfläche



Grundriss



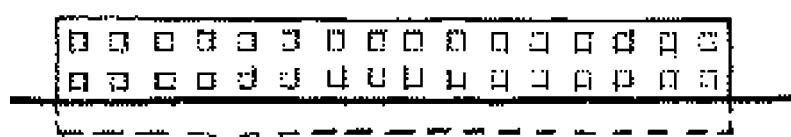
Querschnitt



Südfassade



West-/ Ostfassade



Nordfassade

Typ II A: Massivbau (U-Wert 0.15 W/m² K)

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

Typ II B: Leichtbau (U-Wert 0.15 W/m² K)

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

Typ II C: Massivbau (U-Wert 0.12 W/m² K)

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

Typ II D: Leichtbau (U-Wert 0.12 W/m² K)

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

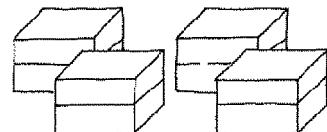
Typ II E: Massivbau (U-Wert 0.09 W/m² K)

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

Typ II F: Leichtbau (U-Wert 0.09 W/m² K)

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

Typ III



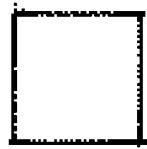
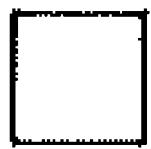
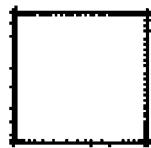
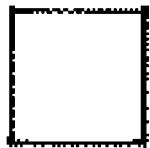
a **Nettowohnfläche** (exkl. Innenwände) **800.00 m²**

b **Nettowohnfläche** (wenn UG im Dämmperimeter) **1040.00 m²**

Anzahl Häuser **4**
Anzahl Geschosse **2**

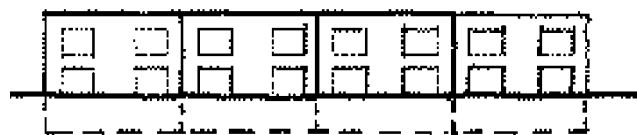
Fensteranteil
 Nord 4.00 m² **20.0%**
 Ost 8.00 m²
 Süd 20.00 m²
 West 4.00 m² zu Nettowohnfläche

Flächenanteil Innenwände **40.00 m²** = **5.0%**
 zu Nettowohnfläche



Grundriss

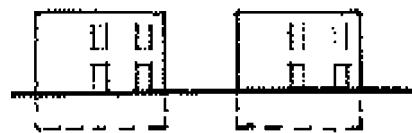
Querschnitt



Südfassade



Nordfassade



West-/ Ostfassade

Typ III A:Massivbau (U-Wert 0.15 W/m² K)

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

Typ III B: Leichtbau (U-Wert 0.15 W/m² K)

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

Typ III C: Massivbau (U-Wert 0.09 W/m² K)

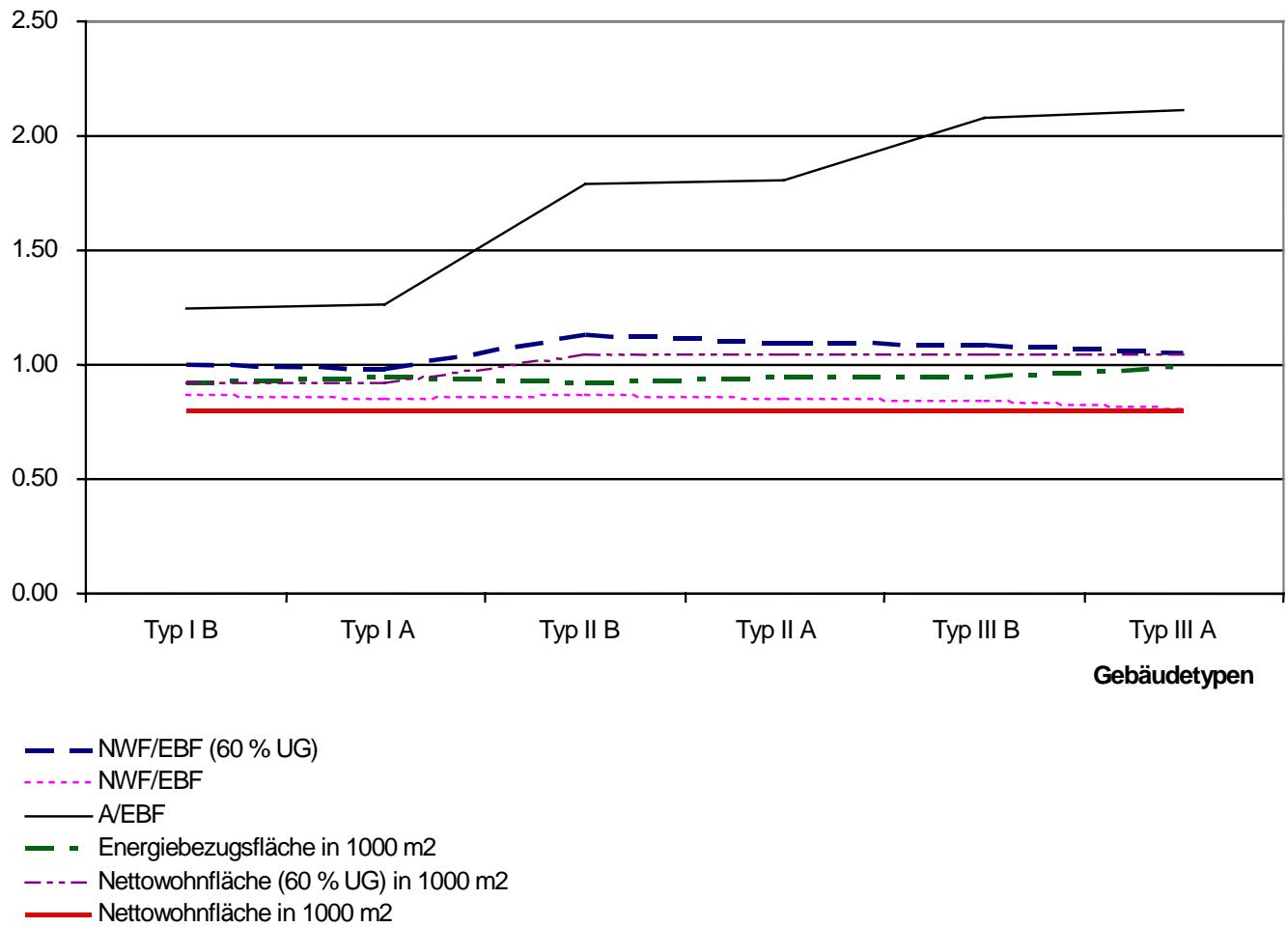
Konstruktionsdicke Aussenwand	0.59	m
Konstruktionsdicke Dach	0.65	m
Konstruktionsdicke Boden EG	0.50	m
Gebäudelänge (inkl. Aussenwand)	11.18	m
Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)	11.68	m
Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)	6.25	m
Fassadenfläche ohne Fenster		
Nord	263.50	m ²
Ost	260.00	m ²
Süd	199.50	m ²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

Typ III D: Leichtbau (U-Wert 0.09 W/m² K)

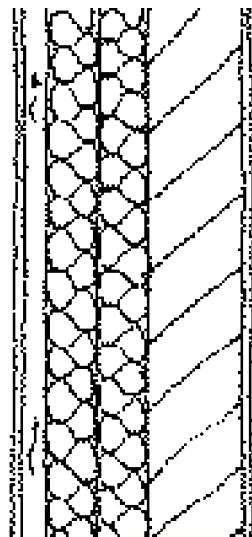
Konstruktionsdicke Aussenwand	0.57	m
Konstruktionsdicke Dach	0.63	m
Konstruktionsdicke Boden EG	0.40	m
Gebäudelänge (inkl. Aussenwand)	11.14	m
Gebäudebreite (inkl. Aussenwand)	11.64	m
Gebäudehöhe (inkl. Boden und Dach)	6.13	m
Fassadenfläche ohne Fenster		
Nord	257.15	m ²
Ost	253.41	m ²
Süd	193.15	m ²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

Vergleich der Gebäudetypen

Absolute Werte



Konstruktionen



Wand Massivbau A (U-Wert 0.15 W/m² K)

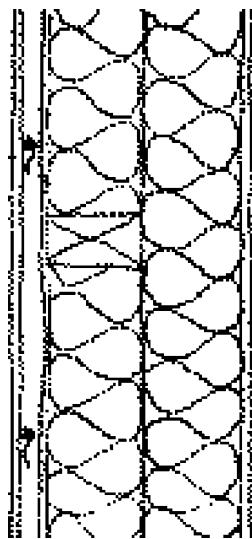
Fassadenverkleidung		
Hinterlüftung		
Dämmung horiz.	$\lambda = 0.035$	10 cm
Dämmung vert.	$\lambda = 0.035$	12 cm
Backstein	$\lambda = 0.440$	15 cm
Innenputz	$\lambda = 0.700$	1.5 cm
Total Wanddicke		44 cm

Wand Massivbau D (U-Wert 0.12 W/m² 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
Total Wanddicke		50 cm

Wand Massivbau F (U-Wert 0.09 W/m² 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
Total Wanddicke		59 cm



Wand Leichtbau B (U-Wert 0.15 W/m² 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

Total Wanddicke **34 cm**

Wand Leichtbau D (U-Wert 0.12 W/m² 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

Total Wanddicke **42 cm**

Wand Leichtbau F (U-Wert 0.09 W/m² 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

Total Wanddicke **57 cm**

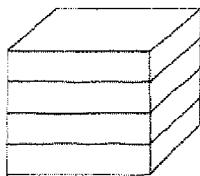
Dach Massivbau A (U-Wert 0.15 W/m² K)			
Kies	$\lambda = 2.000$	5 cm	
Wassersperre			
Dämmung	$\lambda = 0.035$	23 cm	
Beton	$\lambda = 1.800$	22 cm	
Total Dachdicke			50 cm
Dach Massivbau C (U-Wert 0.12 W/m² K)			
Kies	$\lambda = 2.000$	5 cm	
Wassersperre			
Dämmung	$\lambda = 0.035$	28 cm	
Beton	$\lambda = 1.800$	22 cm	
Total Dachdicke			55 cm
Dach Massivbau E (U-Wert 0.09 W/m² 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/m² 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	
Total Dachdicke		42 cm	
Dach Leichtbau D (U-Wert 0.12 W/m² 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	
Total Dachdicke		49 cm	
Dach Leichtbau F (U-Wert 0.09 W/m² 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	
Total Dachdicke		63 cm	

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/(m²a), 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/(m²a).



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 ²	kWh/m ²	kWh/m ²	2.97	1.09	1.07	1.01	-2.97	
Heizung	Warmwasser	EBF	EBF	Netto-fläche	El.	Oel	Gas	Holz	PV	El.	
		30	94.1	110.9	15	0	0	0	0	0	16.67

Elektrisch 80%/ Solar 20%	Elektrisch 29% / Solar 71%	29.8	93.8	110.6	14.9	0	0	0	0	0	16.67
Elektrisch 100%	Elektrisch 51%/Solar 49%/ PV 7 Wp	29.5	93.5	110.2	22.2	0	0	0	7.4	0	16.67
WP Luft/ Wasser (3.0)	WP Luft/ Wasser (3.0)	25.2	86.9	102.5	12.6	0	0	0	0	0	16.67
WP Erdsonde (4.5)	WP Erdsonde (3.5)	21.0	80.7	95.2	10.5	0	0	0	0	0	16.67
Holz	Holz	29.9	80.6	95.1	1	0	0	27.9	0	0	16.67
Holz	Holz 51% / Solar 49%	29.9	80.6	95.1	1	0	0	27.9	0	0	16.67
Oel	Oel 51% / Solar 49%	26.9	79.6	93.9	1	24.9	0	0	0	0	16.67
KVA	KVA mit 50% Bonus im Sommer	22.8	73.6	86.8	1	0	0	20.9	0	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	Heizwärmeverbrauch	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 Heizwärmeverbrauchs durchzuführen zu können:

	Annahmen für Referenzgebäude	Umsetzung		
		PHPP'99	SIA 380/1:1988	SIA 380/1:2001
Wohneinheiten				
Typ I	8 WE à 100 m ²	1 WE à 800 m ²	1 WE à 800 m ²	4 WE à 200 m ²
Typ II	8 WE à 100 m ²	1 WE à 800 m ²	1 WE à 800 m ²	4 WE à 200 m ²
Typ III	4 WE à 200 m ²	4*1 WE à 200 m ²	4*1 WE à 200 m ²	4*1 WE à 200 m ²
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 ² /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 ^(a)				
	[1/h]	[1/h]	[1/h]	[m ³ /m ² /h]
Typ I	0.042	0.042	0.05 ^(a)	0.09 ^(a)
Typ II	0.042	0.042	0.05 ^(a)	0.08 ^(a)
Typ III	0.042	0.042	0.05 ^(a)	0.08 ^(a)
eta WRG ^(a)				
alle Typen	0.75	0.75	0.75 ^(a)	0.75 ^(a)

	Annahmen für Referenzgebäude	Umsetzung		
		PHPP'99	SIA 380/1:1988	SIA 380/1:2001
Lüftung [m³/h]				
Typ I	700	700	700	700
Typ II	700	700	700	700
Typ III	158	158	158	158
energ. wirks. LW				
		[1/h]	[1/h]	[m ³ /m ² /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
für Nachweis: nat. Luftwechsel				
			[1/h]	[m ³ /m ² /h]
Typ I	-	-	0.4	0.7
Typ II	-	-	0.4	0.7
Typ III	-	-	0.4	0.7
Wärmespeicher- fähigkeit				
				[MJ/m ² /K]
Typ I	^(b)	Fixwert (a=5),	-	0.1
Typ II	^(b)	entspricht (sehr)	-	0.1
Typ III	^(b)	leichter Bauweise	-	0.1
Nutzung				
alle Typen	-	Vorgabe	Vorgabe	Vorgabe

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

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

^(b) bezüglich Speicherfähigkeit wurde keine Unterscheidung zwischen Massivbau und Leichtbau getroffen, siehe Ergebnisse bezüglich Wärmespeicherkapazität

Varianten

Variante	Berechnung
Basisvarianten	
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)
SIA 380/1 Min	gemäss SIA 380/1:2001, mit den Werten für SIA 380/1:2001 aus dem vorhergehenden Abschnitt, aber mit Elektrizitätsverbrauch gemäss MINERGIE, $Q_E = 60 \text{ MJ/m}^2$, mit Lüftungsanlage (kein Nachweis)
Zusatzvarianten	
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

Heizwärmeverbrauch und Heizleistungsbedarf						
		Typ I	Typ II	Typ III		
		Massiv-bau	Leicht-bau	Massiv-bau	Leicht-bau	Massiv-bau
U-Wert opake Hülle [W/(m ² K)]		0.15	0.15	0.12	0.12	0.09
Qh_abs [kWh/a]	PH	10'715.	10'341.	12'460.	11'952.	11'939.
	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.
(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.
(2)	SIA 380/1 neu	6'472.	6'350.	7'775.	7'606.	8'578.
(4)	SIA 380/1 Min	8'567.	8'375.	10'058.	9'792.	9'900.
Qh (0) [kWh/m ² a]	PH	13.4	12.9	15.6	14.9	14.9
	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.
(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
(2)	SIA 380/1 neu	6.9	6.9	8.1	8.2	8.2
(4)	SIA 380/1 Min	9.1	9.1	10.4	10.5	9.5
Ph Pzu,max [W]	PH	8'506.	8'363.	8'986.	8'802.	8'925.
	PH					8'731.
Ph (0) Pzu,max [W/m ²]	PH	10.6	10.5	11.2	11.	11.2
	PH	11.3	11.3	11.3	11.3	10.2
PE (Hzg+WW) [kWh/m ² a]	PH	47.1	46.6	59.	58.4	50.9
	(0)					50.2

Tabelle 4 Heizwärmeverbrauch 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
U-Wert opake Hülle [W/(m ² K)]						
Qh_abs [kWh/a]	PH	1.	1.	1.	1.	1.
	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
(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
(2)	SIA 380/1 neu	0.6	0.61	0.62	0.64	0.72
(4)	SIA 380/1 Min	0.8	0.81	0.81	0.82	0.83
Qh [kWh/m ² a]	PH	1.	1.	1.	1.	1.
	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
(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
(2)	SIA 380/1 neu	0.51	0.53	0.52	0.55	0.55
(4)	SIA 380/1 Min	0.68	0.71	0.67	0.7	0.64
Ph Pzu,max [W]	PH	1.	1.	1.	1.	1.
	PH					
Ph Pzu,max [W/m ²]	PH	1.	1.	1.	1.	1.
	PH					

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
U-Wert opake Hülle	[W/(m²K)]					
Qh_abs	PH	1.	1.	1.16	1.16	1.11
[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
(3)	SIA 380/1 alt	1.		1.18		1.64
(1)	SIA 380/1 neu	1.	1.	1.14	1.14	1.33
(2)	SIA 380/1 neu	1.	1.	1.2	1.2	1.33
(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
[kWh/m ² 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
(3)	SIA 380/1 alt	1.		1.15		1.48
(1)	SIA 380/1 neu	1.	1.	1.12	1.12	1.2
(2)	SIA 380/1 neu	1.	1.	1.18	1.18	1.2
(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
Pzu,max	PH					
[W]						
Ph	PH	1.	1.	1.06	1.05	1.05
Pzu,max	PH	1.	1.	1.	1.	0.9
[W/m ²]						0.9

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

Energiebezugsfläche [m ²]	PH SIA 380/1 alt/neu	800 943	800 919	800 963	800 931	800 1'045	800 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 Qh_abs
- (1) ohne mech. Lüftung (Nachweis)
 - (2) mit mech. Lüftung (nicht nachweisfähig)
 - (3) mit mech. Lüftung ($\eta_{WRG} = 0.75$, nach alter SIA nicht vorgesehen)
 - (4) nach MINERGIE, d.h. mit $Q_E = 60 \text{ MJ/m}^2/\text{a}$ und mit mech. Lüftung ($\eta_{WRG} = 0.75$)

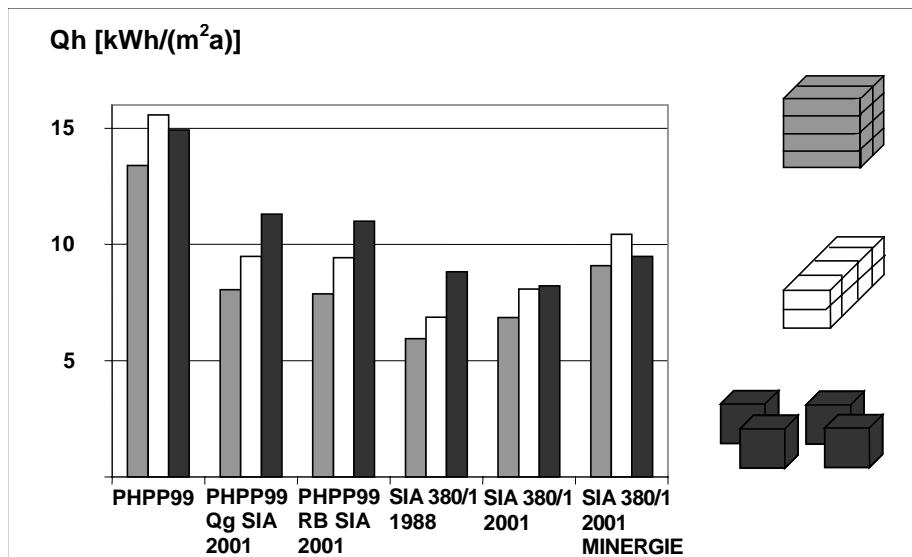


Abbildung 1 Heizwärmebedarf (in kWh/(m²a)) für die Varianten gemäss Abschnitt "Varianten". SIA 380/1:1988 und :2001 stellen die Werte mit Lüftungsanlage und WRG dar. Die Unterschiede resultieren aus den unterschiedlichen Bezugsflächen und den unterschiedlichen Randbedingungen.

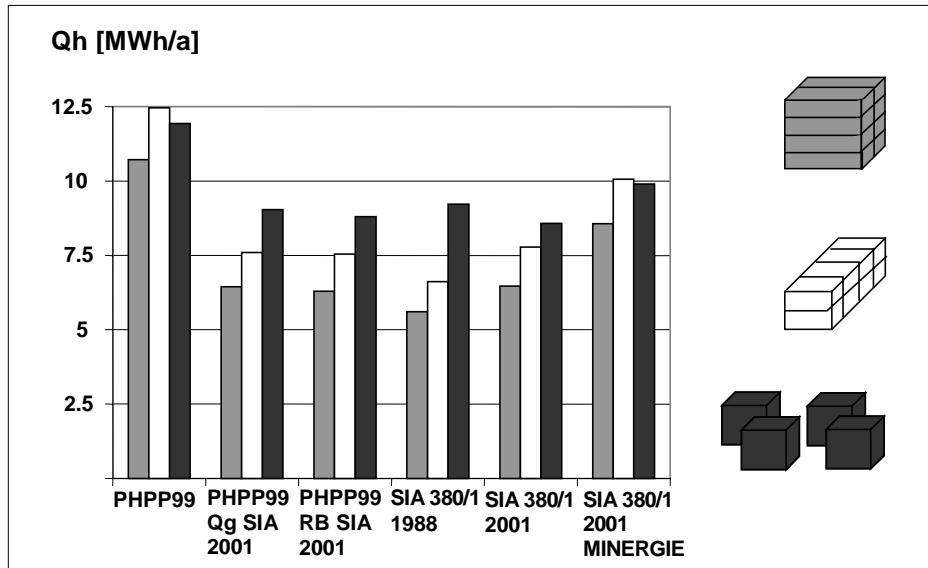


Abbildung 2 Absolutwerte des Heizwärmebedarfs für Varianten wie oben (in MWh/a). Die Unterschiede resultieren allein aus den unterschiedlichen Randbedingungen.

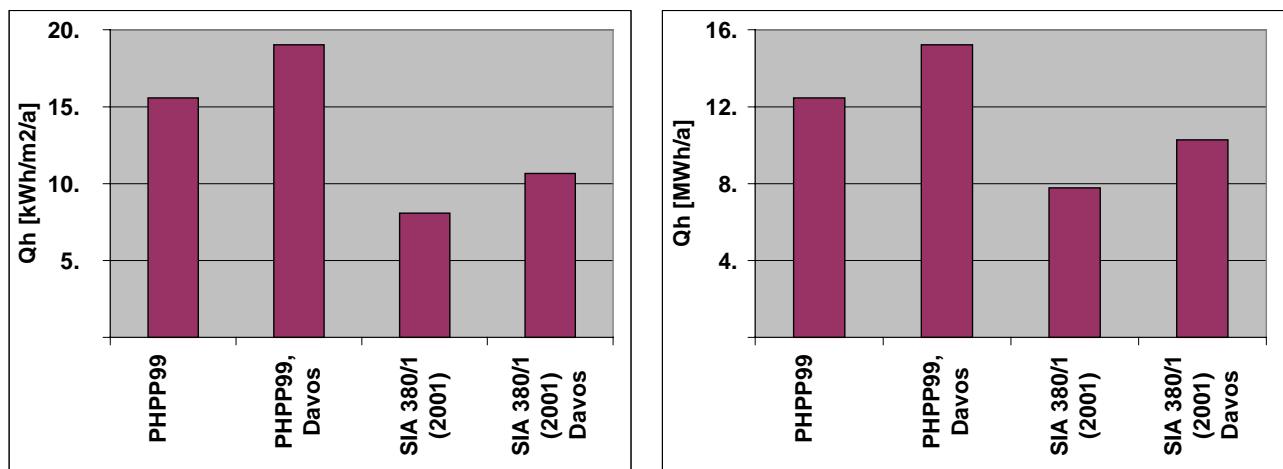


Abbildung 3 Heizwärmebedarf für Typ II (Reihenhaustyp), spezifische und absolute Werte für "Mittellandstandort" (Klima Zürich) und "Gebirgsstandort" (Klima Davos).

Einfluss der gewählten Wärmespeicherfähigkeit

		Heizwärmeverbrauch und Heizleistungsbedarf					
		Typ I Massivbau Leichtbau		Typ II Massivbau Leichtbau		Typ III Massivbau Leichtbau	
U-Wert opake Hülle	[W/m²K]	0.15	0.15	0.12	0.12	0.09	0.09
C=0.1	[MJ/m²/K]						
Qh [MJ/m²a] (1)	56.3 24.7	56. 24.9	63.2 29.1	62.9 29.4	67.5 29.6	67.4 29.7	
Tau [h] (1)	54. 73.		52. 73.		55. 77.		
f_g [-] (1)	0.57 0.50		0.60 0.53	0.60 0.52	0.61 0.53		
C=0.3	[MJ/m²/K]						
Qh [MJ/m²a] (1)	49.6 19.7		55.8 23.6		61.8 25.9		
Tau [h] (1)	162. 220.		155. 208.		164. 231.		
f_g [-] (1)	0.60 0.52		0.64 0.55		0.64 0.55		
C=0.5	[MJ/m²/K]						
Qh [MJ/m²a] (1)	48.8 18.9		55. 22.8		61.1 25.4		
Tau [h] (1)	271. 367.		258. 347.		273. 385.		
f_g [-] (1)	0.61 0.52		0.64 0.56		0.65 0.55		
C=1	[MJ/m²/K]						
Qh [MJ/m²a] (1)	48.6 18.6		54.8 22.5		60.8 25.2		
Tau [h] (1)	541. 734.		515. 695.		545. 771.		
f_g [-] (1)	0.61 0.52		0.64 0.56		0.65 0.55		

Tabelle 8 Heizwärmeverbrauch Q_h , sowie Zeitkonstante τ_{au} 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. Abschaltung, 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.

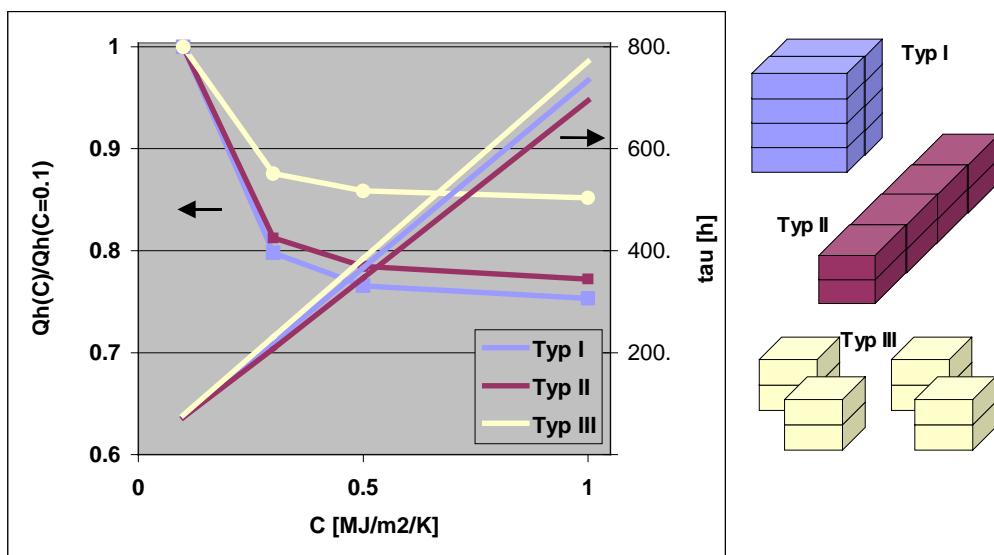


Abbildung 4 Heizwärmebedarf Q_h , bezogen auf den Heizwärmebedarf der leichtesten Konstruktion ($C = 0.1 \text{ MJ/m}^2/\text{K}$) für die 4 möglichen Werte der Wärmespeicherfähigkeit nach SIA 380/1:2001. Rechte Achse: zugehörige Zeitkonstante. Variante Referenzgebäude mit Lüftung und WRG.

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}	ΔH_g	MJ/m^2
	MJ/m^2	MJ/m^2	
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 $\theta_{ea} = 8.5^\circ\text{C}$

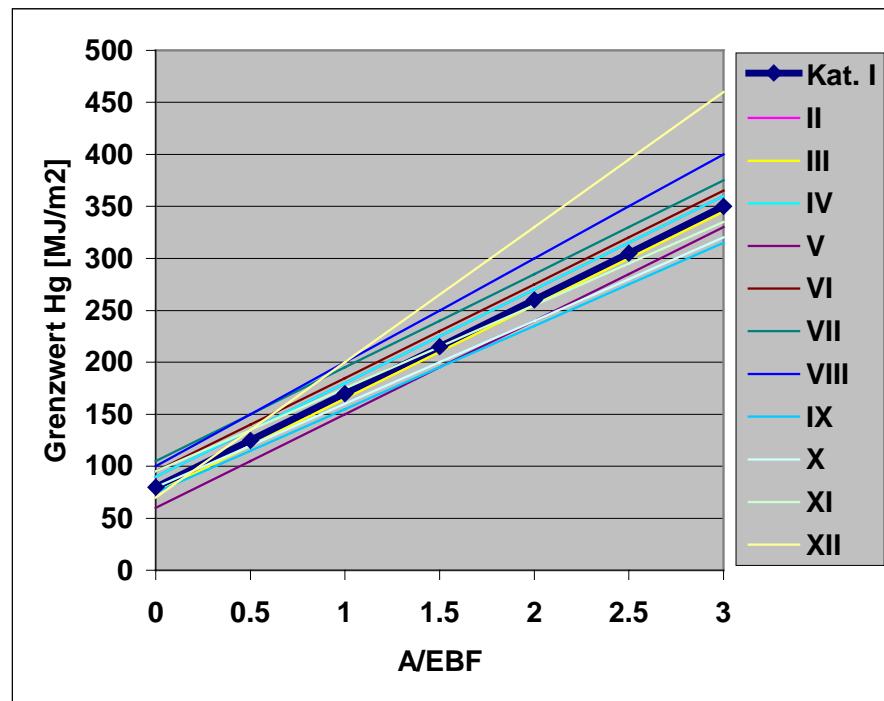


Abbildung 5 Grenzwert H_g in Abhängigkeit von der Gebäudehüllzahl A/EBF (Standort mit einer Jahresmitteltemperatur = 8.5°C) für die in SIA 380/1:2001 definierten Gebäudekategorien I – XII.

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°C entspricht der Jahresmitteltemperatur der Station Zürich-SMA nach SIA 380/1.

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

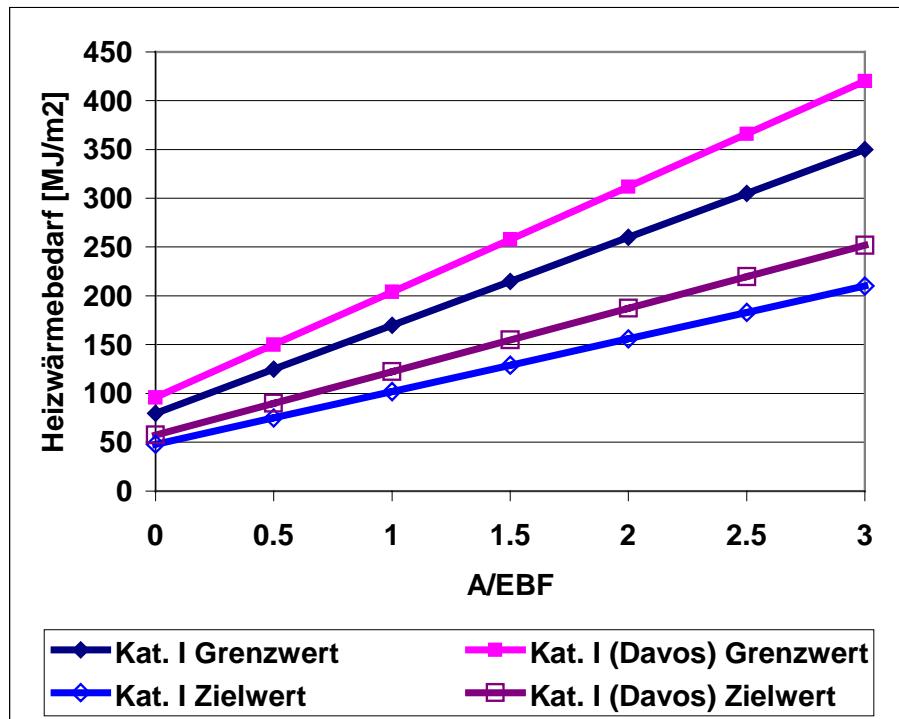


Abbildung 6 Grenzwert H_g und Zielwert H_z in Abhängigkeit von der Gebäudehüllzahl A/EBF für SIA-Gebäudekategorie I, für einen Standort mit einer Jahresmitteltemperatur = 8.5°C und korrigiert für einen Standort mit einer Jahresmitteltemperatur = 3.5°C (dies entspricht dem Standort Davos).

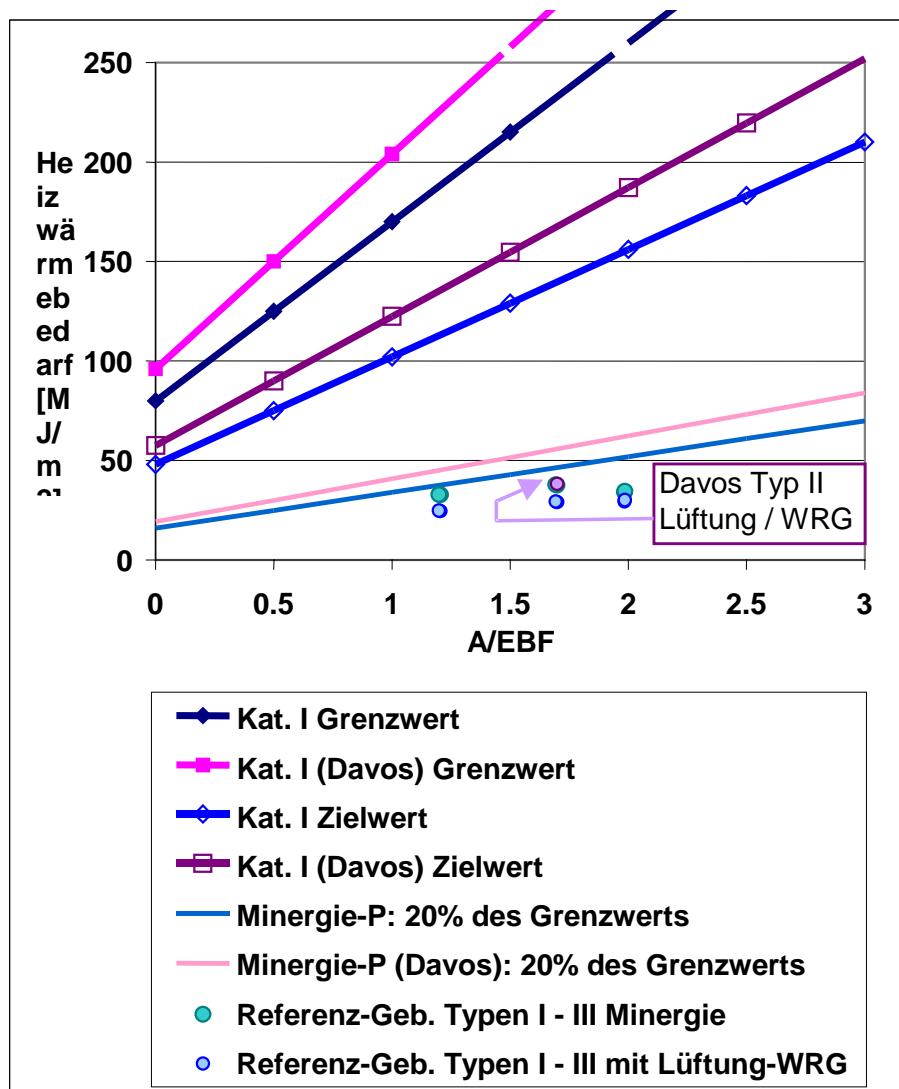


Abbildung 7 Grenzwert H_g und Zielwert H_z in Abhängigkeit von der Gebäudehüllzahl A/EBF für SIA-Gebäudekategorie I, sowie die vorgeschlagenen Maximalwerte des Heizwärmebedarfs für das MINERGIE-P Label (Linien). Zusätzlich ist der Heizwärmebedarf nach SIA 380/1:2001-MINERGIE (grüne Punkte) und nach SIA 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/m² 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/m²)

SIA Empfehlung "Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden" [SIA 384/2]: Wärmeleistung, Wärmeleistungsbedarf (in W), spezifischer Wärmeleistungsbedarf (in W/m³/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 Heizwärmeverbedarfs verwendet werden, mit Ausnahme von

- alle Reduktionsfaktoren (gegen Aussenluft oder unbeheizte Nebenräume) sind gleich 1
- statt Reduktionsfaktor 0.5 fixe Temperaturdifferenz zu unbeheizt: 10°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/m² statt 2.1 W/m² im Wohnungsbau)
- der Ausnutzungsfaktor für die freie Wärme ist gleich 1

Zur Berechnung des Heizwärmeverbedarfs 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 grösste 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	Donaubechen 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 ²									
	°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	Auslegungs-temperatur ⁽¹⁾	Strahlung ⁽¹⁾												
		°C		W/m ²										
		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.

⁽¹⁾ 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.)

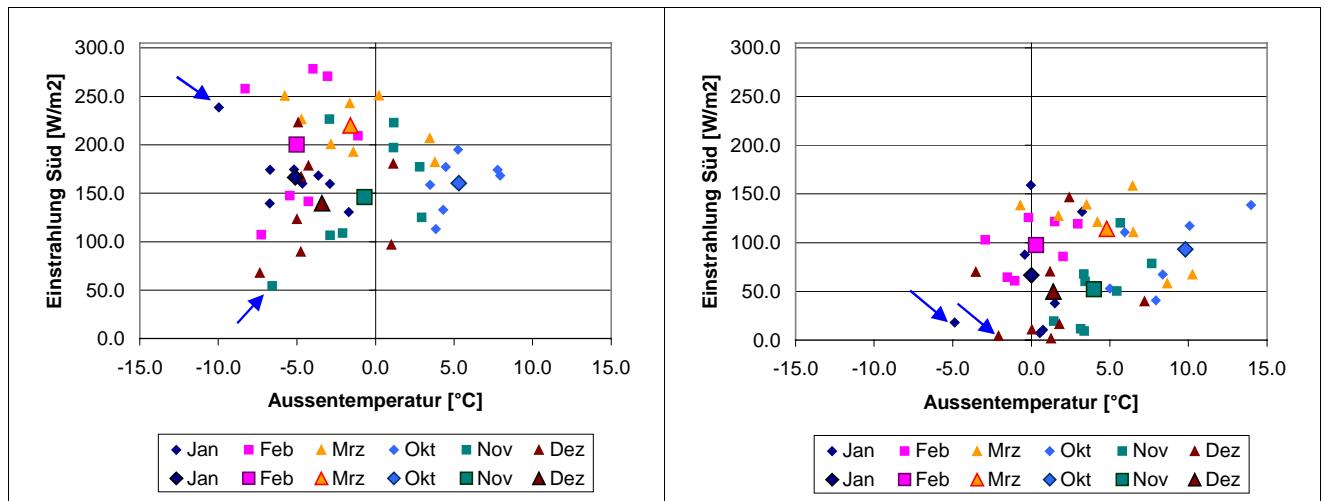


Abbildung 8 Davos
4-Tages-Mittel (kleine Punkte) und
Monatsmittel (große Punkte)

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 ² statt 2.1 W/m ² 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/m²/a (SIA-Ansatz für MFH) ca 1.1 W/m² EBF, bei 60 MJ/m²/a (MINERGIE-Ansatz) ca 0.7 W/m² 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/m² EBF
- Differenz "Zürich/Meteonorm" zu "SIA" (ohne Einstrahlung, Auslegungstemperatur nach SIA, siehe auch Tabelle unten) ca. 2 ... 3 W/m² EBF
- Änderung Infiltrationsluftwechsel um Faktor 2.5 ca. 1 W/m² 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 m² statt 160 m²) durch Verdopplung der Südfensterfläche
- gleicher Fensteranteil, aber Fensterflächen in W-, S- und E-Orientierung gleich gross (jeweils ca 50 m²)
- die jeweilige Geometrie noch mit besseren Fenster-U-Werten (0.6 statt 0.8 W/m²/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/m² EBF für MFH, etwas weniger als 8 W/m² 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/m² 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/m² EBF

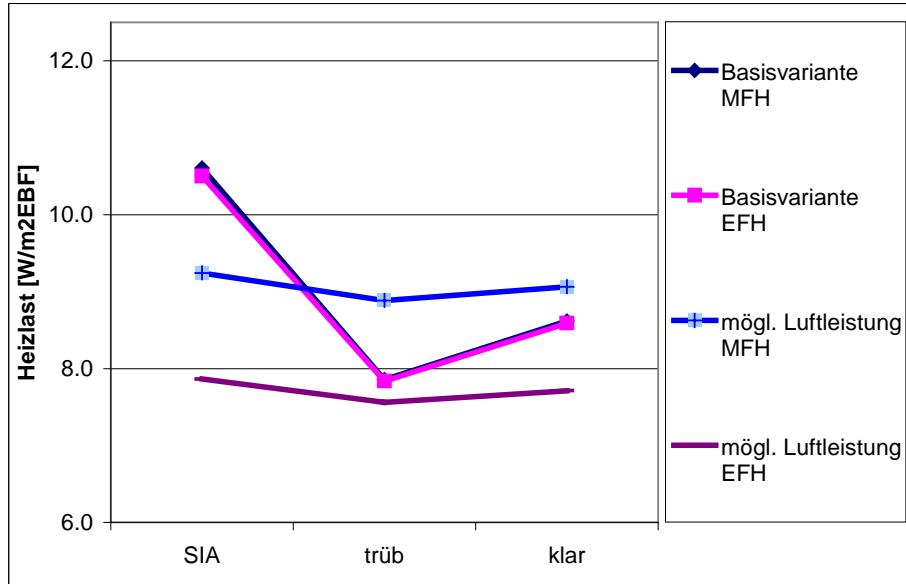


Abbildung 10 Heizleistungsbedarf, berechnet nach Vorschlag für MINERGIE-P, und mögliche Leistung, die über die Luft zugeführt werden kann, für die drei diskutierten Klimadatensätze

Die mögliche Leistung über die Zuluft ist sehr einfach zu berechnen, anschaulich und liegt in der Größenordnung 8 ... 9 W/m² 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 Klimadatensatz "SIA" ("einfachster" Klimadatensatz) 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 Klimadatensätze, 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?

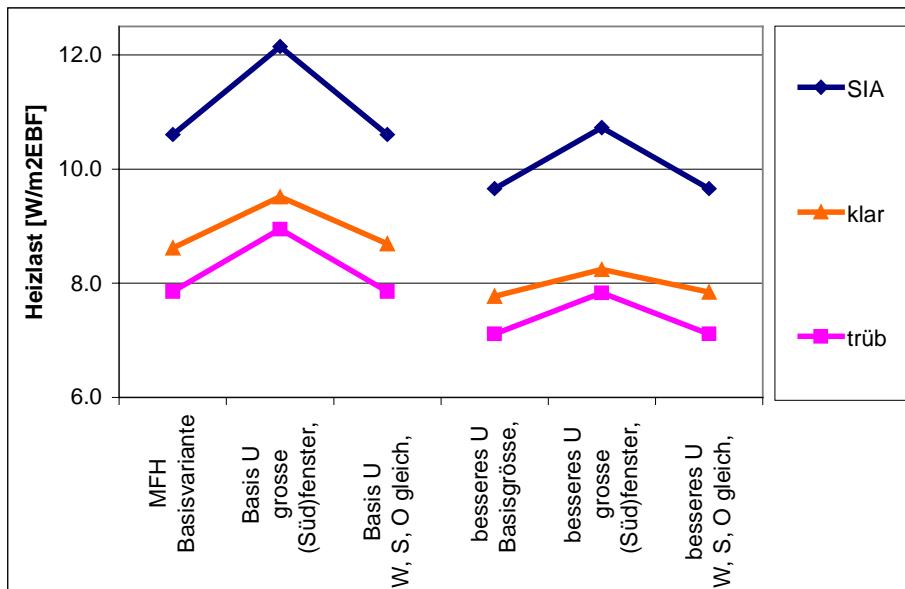


Abbildung 11 Heizleistungsbedarf, berechnet nach Vorschlag für MINERGIE-P, für Varianten der Fenstergrösse, -anordnung und -qualität (siehe Text).

TRY	Auslegungs-temperatur ⁽¹⁾ °C	Strahlung											
		W/m²											
		Ost		Süd		West		Nord		Horizontal			
"SIA"	-8	0	0	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	Typ I
Zürich	-5	-2	12	5	20	5	12	5	5	5	5	5	5

Tabelle 14 Klimadatensätze 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/m ²]	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/m ²]	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 [m ² /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/m ²]
(6) Reduktionsfaktor Elektrizität	f_E	0.7 [-]
(7) Aussenluft-Volumenström flächenbezogener ~	dV/dt/EBFo	0.700 [m ³ /(m ² .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/m ²]	106	
(12) Globale Sonnenstrahl Süd	G_sS	169 [MJ/m ²]	169	
(13) Globale Sonnenstrahl Ost	G_sE	65 [MJ/m ²]	65	
(14) Globale Sonnenstrahl West	G_sW	75 [MJ/m ²]	75	
(15) Globale Sonnenstrahl Nord	G_sN	37 [MJ/m ²]	37	

Flächen, Längen und Anzahl

(16) Energiebezugsfläche	EBF	1001.24 [m ²]	Höhe	3 [m]
(17) Energiebezugsfläche ohne Raumhöhenkorrektur	EBFo	1001.24 [m ²]	Vgl-Höhe	3 [m]
(18) Dach gegen Außenluft	A_Re	500.60 [m ²]		
(19) Dach gegen unbeheizte Räume	A_Ru		[m ²]	
(20) Wand gegen Außenluft	A_We	926.80 [m ²]		
(21) Wand gegen unbeheizte Räume	A_Wu		[m ²]	
(22) Wand gegen Erdreich	A_WG		[m ²]	
(23) Wand gegen benachbarten beheizten Raum	A_Wn		[m ²]	
(24) Boden gegen Außenluft	A_Fe		[m ²]	
(25) Boden gegen unbeheizte Räume	A_Fu	500.60 [m ²]		
(26) Boden gegen Erdreich mit Bauteilheizung	A_FG		[m ²]	
(27) Fenster horizontal	A_wH		[m ²]	
(28) Fenster Süd	A_wS	80.00 [m ²]		
(29) Fenster Ost	A_wE	32.00 [m ²]		
(30) Fenster West	A_wW	32.00 [m ²]		
(31) Fenster Nord	A_wN	16.00 [m ²]		
(32) Wärmebrücke Dach/Wand	L_RW		[m]	
(33) Wärmebrücke Gebäudesockel	L_WF		[m]	
(34) Wärmebrücke Balkon	L_B		[m]	
(35) Wärmebrücke Fensteranschlag	L_w		[m]	
(36) Wärmebrücke Boden/Keller-Innenwand	L_F		[m]	
(37) Wärmebrücke Stützen, Träger, Konsolen	z		[-]	

Wärmedurchgangskoeffizienten ...

(38) Dach gegen Außenluft	U_	0.09 [W/(m ² .K)]
(39) Dach gegen unbeheizte Räume	U_	[W/(m ² .K)]
(40) Reduktionsfaktor D gegen unbeheizte Räume	b_	[-]
(41) Wand gegen Außenluft	U_	0.09 [W/(m ² .K)]
(42) Wand gegen unbeheizte Räume	U_	[W/(m ² .K)]
(43) Reduktionsfaktor W gegen unbeheizte Räume	b_	[-]
(44) Wand gegen Erdreich	U_	[W/(m ² .K)]
(45) Reduktionsfaktor W gegen Erdreich	b_	[-]
(46) Wand gegen benachbarten beheizten Raum	U_	[W/(m ² .K)]
(47) Innentemperatur des benachbarten beheizten Raums	theta_in	[°C]
(48) Boden gegen Außenluft	U_	[W/(m ² .K)]
(49) Boden gegen unbeheizte Räume	U_	0.09 [W/(m ² .K)]
(50) Reduktionsfaktor B gegen unbeheizte Räume	b_	0.8 [-]
(51) Boden gegen Erdreich mit Bauteilheizung	U_	[W/(m ² .K)]
(52) Reduktionsfaktor B gegen Erdreich	b_	[-]
(53) Temperaturzuschlag für Bauteilheizung	d_theta	[K]
(54) Fenster horizontal	U_	[W/(m ² .K)]
(55) Fenster Süd	U_	0.8 [W/(m ² .K)]
(56) Fenster Ost	U_	0.8 [W/(m ² .K)]
(57) Fenster West	U_	0.8 [W/(m ² .K)]
(58) Fenster Nord	U_	0.8 [W/(m ² .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/m ²]
(77)	Dach	gegen unbeheizte Räume	Q_Ru	0 [MJ/m ²]
(78)	Wand	gegen Aussenluft	Q_We	4.71 [MJ/m ²]
(79)	Wand	gegen unbeheizte Räume	Q_Wu	0 [MJ/m ²]
(80)	Wand	gegen Erdreich	Q_WG	0 [MJ/m ²]
(81)	Wand	gegen benachbarten beheizten Raum	Q_Wn	0 [MJ/m ²]
(82)	Boden	gegen Aussenluft	Q_Fe	0 [MJ/m ²]
(83)	Boden	gegen unbeheizte Räume	Q_Fu	2.03 [MJ/m ²]
(84)	Boden	gegen Erdreich mit Bauteilheizung	Q_FG	0 [MJ/m ²]
(85)	Fenster	horizontal	Q_wH	0 [MJ/m ²]
(86)	Fenster	Süd	Q_wS	3.61 [MJ/m ²]
(87)	Fenster	Ost	Q_wE	1.44 [MJ/m ²]
(88)	Fenster	West	Q_wW	1.44 [MJ/m ²]
(89)	Fenster	Nord	Q_wN	0.72 [MJ/m ²]
(90)	Wärmebrücke	Dach/Wand	Q_RW	0 [MJ/m ²]
(91)	Wärmebrücke	Gebäudesockel	Q_WF	0 [MJ/m ²]
(92)	Wärmebrücke	Balkon	Q_B	0 [MJ/m ²]
(93)	Wärmebrücke	Fensteranschlag	Q_w	0 [MJ/m ²]
(94)	Wärmebrücke	Boden/Keller-Innenwand	Q_F	0 [MJ/m ²]
(95)	Wärmebrücke	Stützen, Träger, Konsolen	Q_p	0 [MJ/m ²]
(96)	Transmissionswärmeverlust		Q_T	16.51 [MJ/m ²]

Lüftungswärmeverlust

(97)	spez. Wärmespeicherfähigkeit Luft	rho_a.c_a	1150. [J/(m ³ .K)]
(98)	Lüftungswärmeverlust ohne mechanische Lüftung	Q_V	12.64 [MJ/m ²]

Gesamtwärmeverlust

(99)	Gesamtwärmeverlust	Q_t	29.15 [MJ/m ²]
			8.1 [kWh/m ²]

Wärmegewinn

(100)	Wärmegewinn	Elektrizität	Q_iE	4.76 [MJ/m ²]
(101)	Wärmegewinn	Personen	Q_ip	1.56 [MJ/m ²]
(102)	Interne Wärmegewinne		Q_i	6.32 [MJ/m ²]
(103)	Solarer Wärmegewinn	horizontal	Q_sh	0 [MJ/m ²]
(104)	Solarer Wärmegewinn	Süd	Q_ss	3.83 [MJ/m ²]
(105)	Solarer Wärmegewinn	Ost	Q_se	0.59 [MJ/m ²]
(106)	Solarer Wärmegewinn	West	Q_sw	0.68 [MJ/m ²]
(107)	Solarer Wärmegewinn	Nord	Q_sn	0.17 [MJ/m ²]
(108)	Solarer Wärmegewinn	total	Q_s	5.26 [MJ/m ²]
(109)	Wärmegewinn	total	Q_g	11.58 [MJ/m ²]
(110)	Wärmegewinn/-verlust-Verhältnis		gamma	0.4 [-]
(111)	Zeitkonstante		tau	[h]
(112)	Parameter	für Ausnutzungsgrad	a	[-]
(113)	Ausnutzungsgrad	für Wärmegewinne	eta_g	[-]
(114)	Genutzte Wärmegewinne		Q_ug	[MJ/m ²]

Heizwärmeverbrauch

(115)	Heizwärmeverbrauch	Q_h	[MJ/m ²]
-------	--------------------	-----	-----------------------

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

Eingabedaten

(Zusätzlich für Heizlast)

Nutzung

Aussenluft-Volumenstr flächenbezogener ~	dV/dt/EBFo	0.359 [m ³ /(m ² .h)]			
Klimadaten	SIA		SIA	trüb	klar
Aussentemperatur Heizlastfall	g_sH	-8 [°C]	-8	-2	-5 [°C]
Globale Sonnenstrahl horizontal		0 [W/m ²]	0	5	5 [W/m ²]
Globale Sonnenstrahl Süd	g_sS	0 [W/m ²]	0	5	20 [W/m ²]
Globale Sonnenstrahl Ost	g_sE	0 [W/m ²]	0	5	12 [W/m ²]
Globale Sonnenstrahl West	g_sW	0 [W/m ²]	0	5	12 [W/m ²]
Globale Sonnenstrahl Nord	g_sN	0 [W/m ²]	0	5	5 [W/m ²]
Lüftungsanlage					
Temperatur-Rückgewinnungsgrad	eta_V	0.75 [-]			
Aussenluft-Volumenstr Lüftungsanlage	dV_sup/dt	632.00 [m ³ /h]			
Aussenluft-Volumenstr Infiltration	dV_x/dt	201.60 [m ³ /h]			
Aussenluft-Volumenstr stillstehende Lüftungsanlage	dV_0/dt	201.60 [m ³ /h]			
Fortluft-Volumenstrom Lüftungsanlage	dV_ex/dt	632.00 [m ³ /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_RW	0 [W/(K.m2EBF)]
(91) Wärmebrücke	Gebäudesockel	Q_WF	0 [W/(K.m2EBF)]
(92) Wärmebrücke	Balkon	Q_B	0 [W/(K.m2EBF)]
(93) Wärmebrücke	Fensteranschlag	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

		50% Wärmegewinn Elektrizit 889.0 [W]		
(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	Solargewinne		
(111)	Zeitkonstante	gamma		
(112)	Parameter für Ausnutzungsgrad	tau		
(113)	Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	a		
(114)	Genutzte Wärmegewinne	eta_g		
		eta_ug		
		Q_ug		
		SIA	trüb	klar

Heizwärmeverbrauch

(115) Heizwärmeverbrauch	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/(m ² EBF)] 7312.7 [W]
Lüftungwärmeverlust		3.2 3216.4	2.5 2527.2	2.9 [W/(m ² EBF)] 2871.8 [W]
Gesamtwärmeverlust		11.4 11406.7	9.0 8962.4	10.2 [W/(m ² EBF)] 10184.5 [W]
		~ abzgl. 50% Wärmegewinn Elektrizität		
Wärmegewinn	Elektrizität		10.5	8.1
		~ abzgl. 50% Wärmegewinn Elektrizität sowie Solargewinne (100% genutzt)		
Solarer Wärmegewinn total		10.5 13.1	7.8 9.8	8.6 [W/(m ² EBF)] 10.8 [W/(m ² NWF)]
		SIA	trüb	klar
Mögliche Leistung über Zuluft		7.86 9.8	7.56 9.5	7.71 [W/(m ² EBF)] 9.7 [W/(m ² NWF)]
		mögliche Luftleistung		

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),
- $gsued=20\text{W/m}^2$ (aus der Meteonorm-Untersuchung in Abschnitt 4.3, Beispiel Zürich-Kloten, Typ klarer Tag, der hatte den höheren Heizleistungsbedarf)

ergibt sich:

Gewinn von $g*f*gsued = 5\text{W/m}^2$ 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).

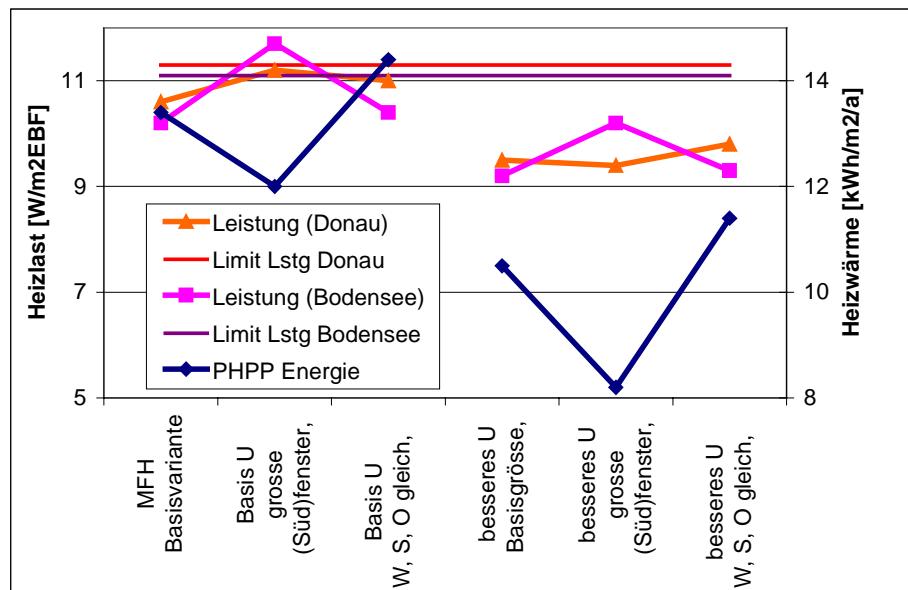


Abbildung 17 Heizwärme und Heizleistungsbedarf für Typ I MFH, berechnet nach PHPP'99, für Varianten der Fenstergröße, -anordnung und -qualität (siehe Text).

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

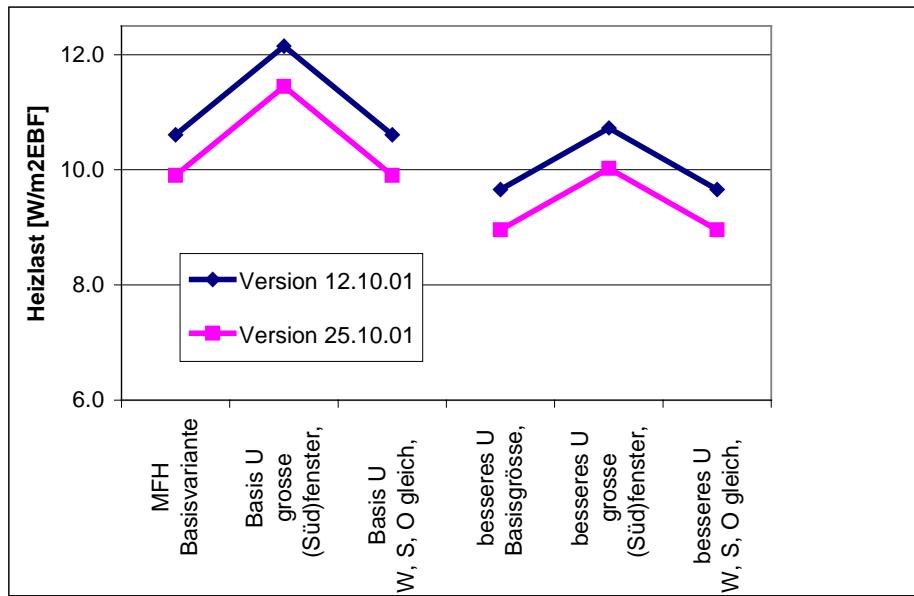


Abbildung 18 Heizleistungsbedarf, berechnet nach Vorschlag für MINERGIE-P, für Varianten der Fenstergrösse, -anordnung und -qualität.

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.

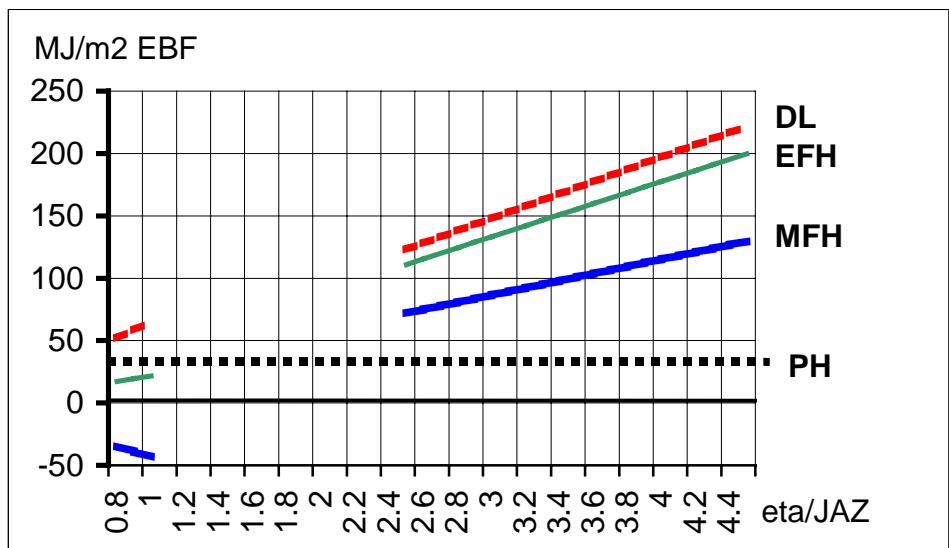
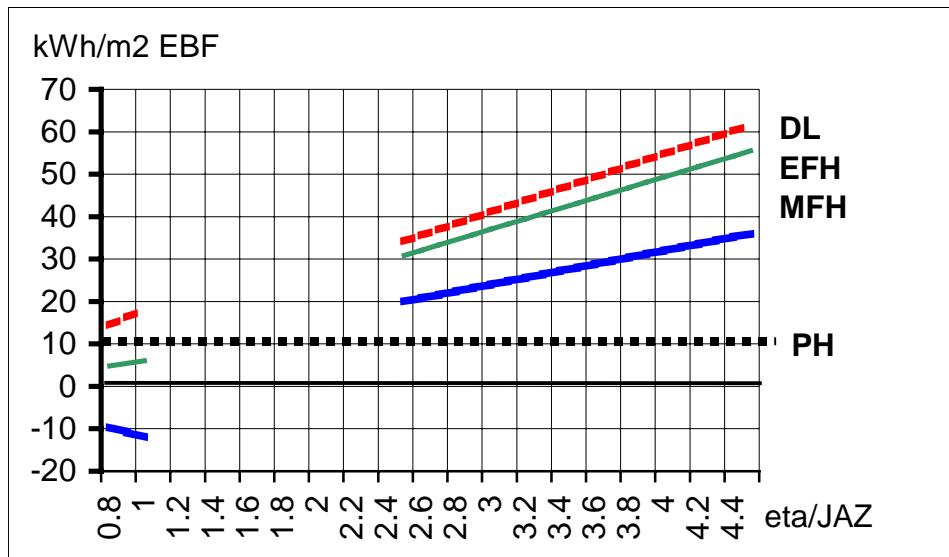


Abbildung 19 Zulässiger Heizwärmebedarf (oben in kWh, unten in MJ) in Abhängigkeit des Heizwärme-Erzeugungswirkungsgrades, um MINERGIE zu erreichen. Die Warmwassererzeugung erfolgt ganzjährig elektrisch direkt. Primärenergiefaktor elektrisch = 2.

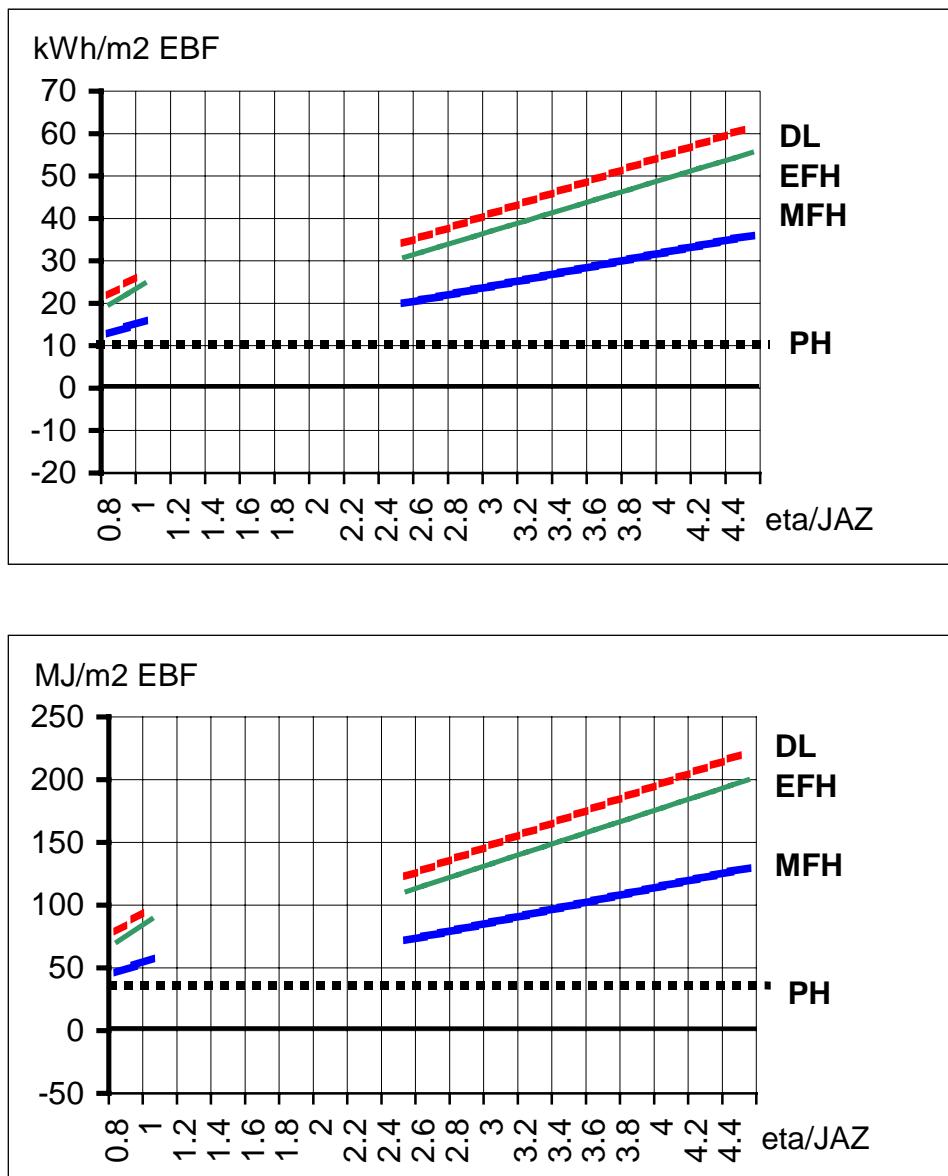


Abbildung 20 Zulässiger Heizwärmebedarf (oben in kWh, unten in MJ) in Abhängigkeit des Heizwärme-Erzeugungswirkungsgrades, um MINERGIE zu erreichen. Die Warmwassererzeugung erfolgt ganzjährig mit einer Wärmepumpe (JAZ 3). Primärenergiefaktor elektrisch = 2.

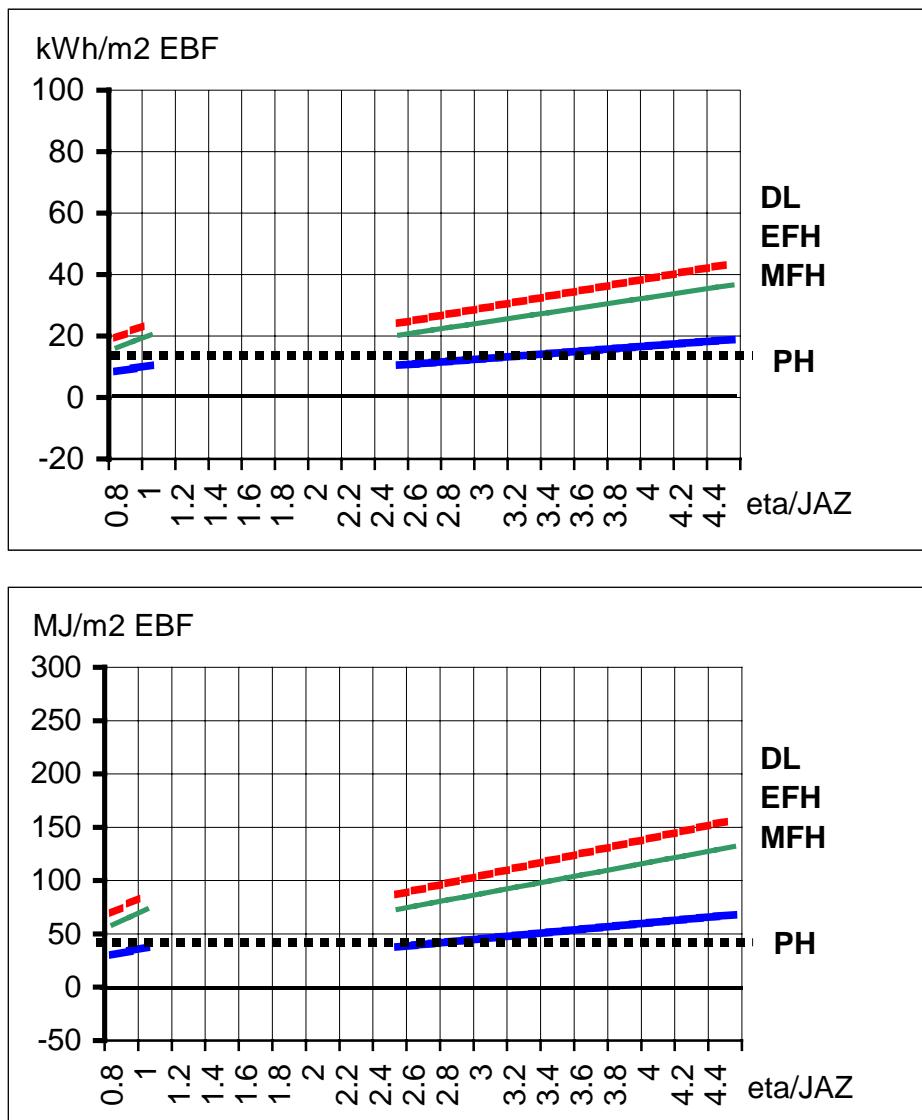


Abbildung 21 Zulässiger Heizwärmebedarf (oben in kWh, unten in MJ) in Abhängigkeit des Heizwärme-Erzeugungswirkungsgrades, um MINERGIE zu erreichen. Die Warmwassererzeugung erfolgt ganzjährig mit Wärmepumpe (JAZ 3). Primärenergiefaktor elektrisch = 2,5.

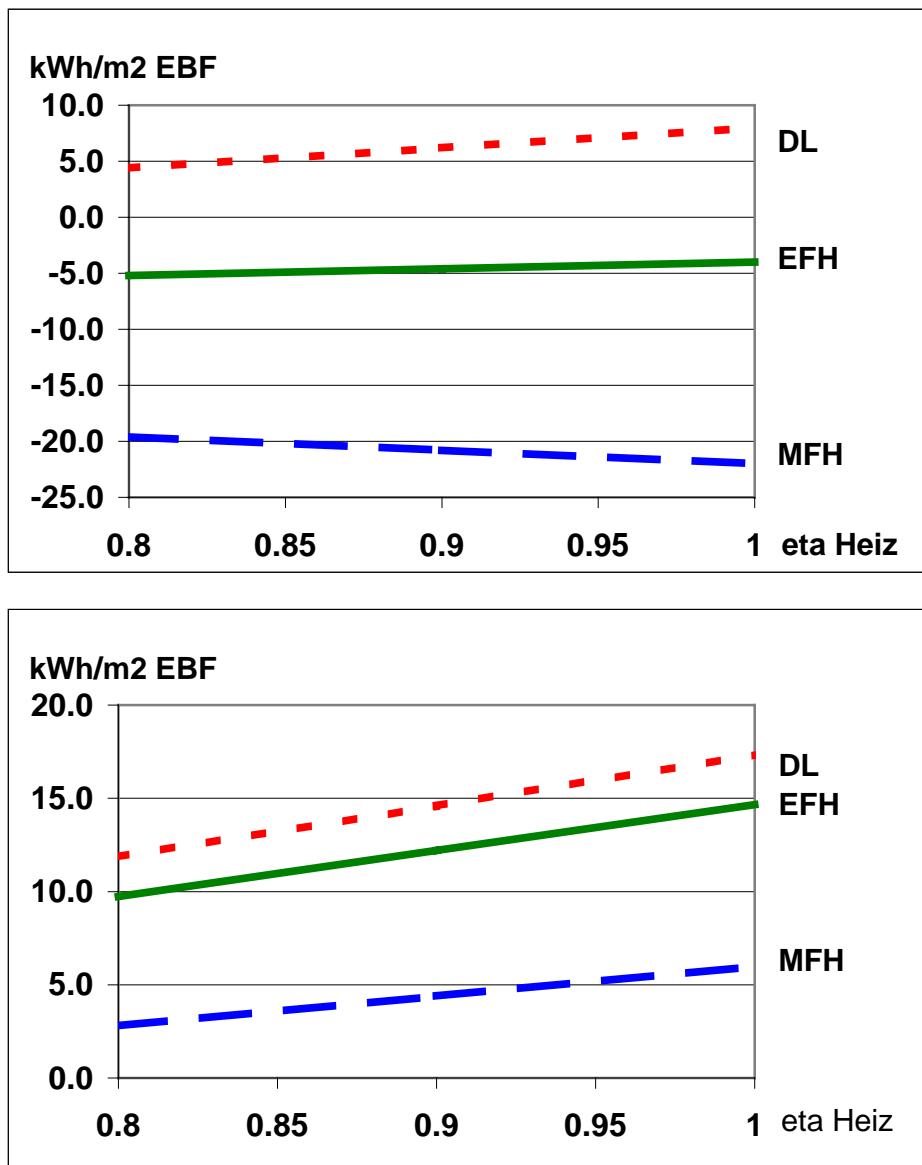


Abbildung 22 Differenz zwischen zulässigem Heizwärmebedarf für den MINERGIE-Nachweis und dem Heizwärmebedarf des Passivhausstandards (13 kWh/m² EBF), oben bei Warmwassererzeugung elektrisch direkt, unten bei Warmwassererzeugung mit Wärmepumpe (JAZ 3). Wenn die Differenz Null beträgt, muss für die Erbringung 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 Passivhausstandards 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 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:

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

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 θ_z (z.B. = 8) einzufügen, oder sogar die ortsabhängigen Bemessungstemperaturen (z.B. aus der SIA 180) vorzuschreiben.

Einfache Algorithmen auf der Basis des Heizwärmebedarfs

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:

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

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 Heizleistungsbedarfs 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:

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

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 .

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

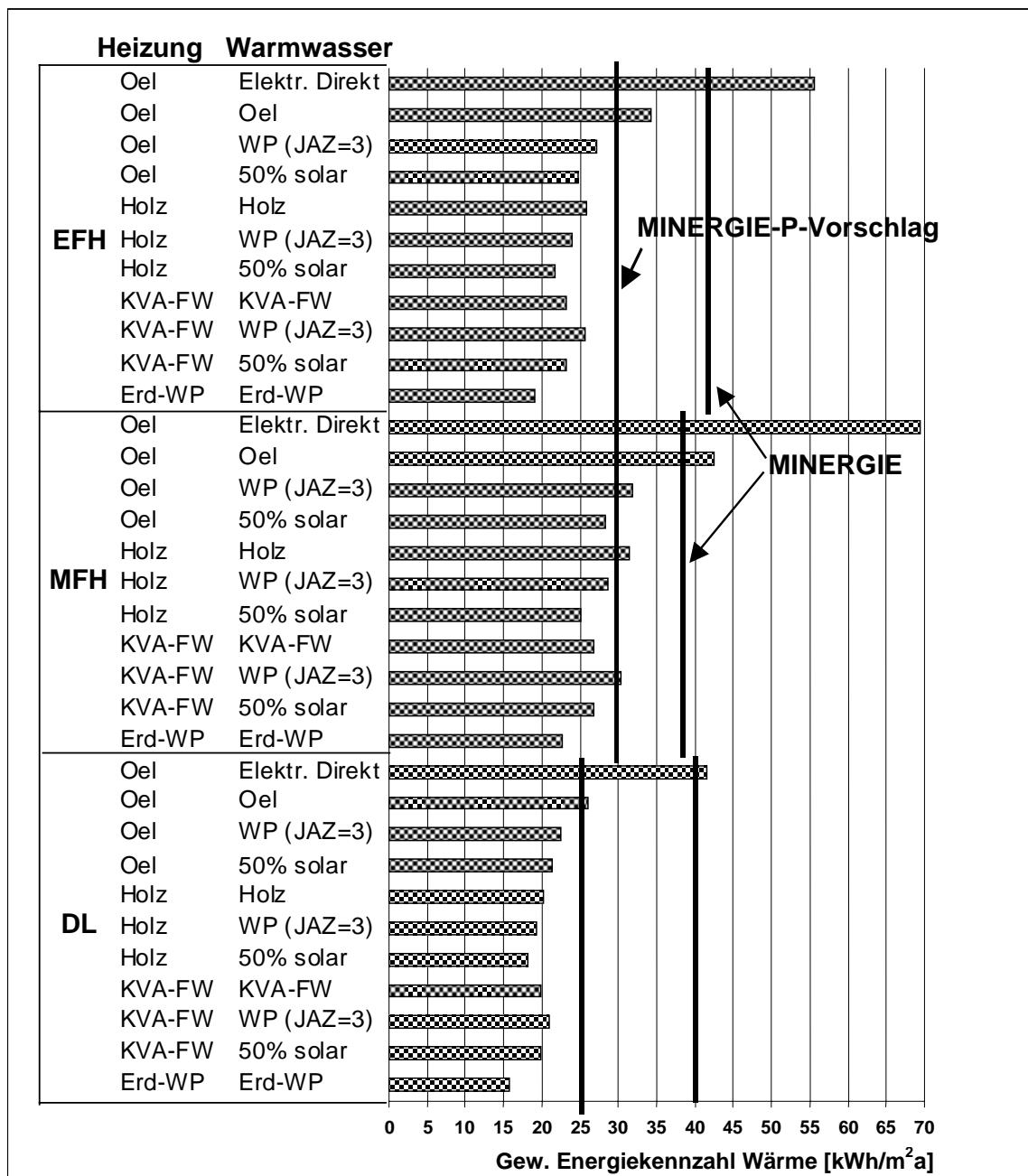
Mit beispielsweise $y = 0,4$ würden nur noch 60% der solaren Wärmegewinne im Heizleistungsbedarf berücksichtigt. Es müsste aus der SIA 380/1-Berechnung nebst dem Heizwärmebedarf auch der Wert für den Wärmegewinn im Dezember abgegriffen werden.

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 blosen 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/m²a (8,3 kWh/m²a) und einem Strombedarf für die Lüftungsanlage von 4 kWh/m²a.



Anhang H: Luftdichtigkeit

K. Viridén, J. Wydler

Allgemeines	<p>Aufgrund eines Gesprächs mit Christoph Tanner von der EMPA sind die folgenden Stichworte aufgezeichnet worden:</p> <p>Die Luftdichtigkeitsmessungen (nL50) weisen bei Passivhäusern 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.</p> <p>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.</p> <p>Vergleiche fehlen zurzeit um eine genügende Aussage zu geben. Zum anderen ist dieser Wert nicht Europa- und somit mit den CEN Normen nicht kompatibel.</p> <p>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.</p> <p>Effektive Umrechnungen am konkreten Beispiel ergeben keinen korrelierenden Faktor.</p> <p>Der nL50 Wert berücksichtigt den Luftwechsel bezogen auf das Netto-Luftvolumen und der VA4 bezieht den Luftwechsel auf die Gebäudehülle.</p> <p>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.</p> <p>In diesem Sinn empfehlen wir die Anforderung an eine möglichst luftdichte Gebäudehülle durch eine nL50 Messung zu kontrollieren und den Wert von 0.6 h^{-1} zu unterschreiten.</p>

Anhang I: Graue Energie

K. Viridén, J. Wydler

Einleitung und Ziel	<p>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.</p> <p>Die Idee basiert teilweise auf Erfahrung in eigener Anwendung bei Vergleichen von Projekten und auf Gesprächen mit Fachleuten.</p> <p>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.</p>												
Anwendung	<p>Grundsätzlich sollten die Anwender, vornehmlich die Planer, mit einem möglichst geringen Aufwand eine möglichst genaue Aussagen treffen können.</p> <p>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.</p> <p>Für Haustechnik (Elektro, Sanitär, Heizung, Lüftung etc.) und Innenausbau (Küchen, Schreinerarbeiten, Diverses) könnten allenfalls fixe Graue-Energie-Werte eingesetzt werden.</p>												
Tool	<p>In einem einfachen Excel-Sheet kann die Graue Energie errechnet werden. Die Berechnung erfolgt in jener Tabelle im Sinne von:</p> <table><thead><tr><th>Bauteil/ Material</th><th>Fläche/ Dicke</th><th>Dichte</th><th>Graue Energie</th><th>Nutzungs- dauer</th><th>Resultat</th></tr></thead><tbody><tr><td>z.B. Fassade: Steinwolle</td><td>100 m²/ 0.20 m</td><td>80 kg / m³</td><td>xx MJ / kg</td><td>yy Jahre</td><td>zz MJ / a</td></tr></tbody></table>	Bauteil/ Material	Fläche/ Dicke	Dichte	Graue Energie	Nutzungs- dauer	Resultat	z.B. Fassade: Steinwolle	100 m ² / 0.20 m	80 kg / m ³	xx MJ / kg	yy Jahre	zz MJ / a
Bauteil/ Material	Fläche/ Dicke	Dichte	Graue Energie	Nutzungs- dauer	Resultat								
z.B. Fassade: Steinwolle	100 m ² / 0.20 m	80 kg / m ³	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/m² a EBF mit dem Heizenergiebedarf bzw. der gewichteten Energiekennzahl vergleichbar.

¹⁾ Graue Energie von Bauteilen zum Beispiel aus SIA D 0123 „Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten“

²⁾ Graue Energie von Baustoffen zum Beispiel aus „Graue Energie von Baustoffen“

³⁾ Nutzungsdauer zum Beispiel vom ehemaligen AFB (heute BBL)

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: architektauglich). 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	AnwenderInnen	Architekten und andere Planer, allenfalls Berater	
	Phase	Vorprojekt oder Bauprojektphase (zeitgleich mit der MINERGIE-P Eingabe)	
	Anwendung	Einfaches Tool, z.B. Excel-Sheet für PC oder MAC, ähnlich MINERGIE-P Eingabeformular Inkl. den notwendigen Daten	
	Bezugsgrösse	MJ/m ² a EBF	
	Aufwand	4 bis 8 Stunden plus 380/1 Berechnung bei einfachen Gebäuden	