

# 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**

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

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>5</b>
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
<b>2</b>	<b>Einleitung</b>	<b>11</b>
2.1	Umfeld	11
2.2	Auftrag	12
2.3	Rahmenbedingungen	12
<b>3</b>	<b>MINERGIE und Passivhaus – zwei Standards im Vergleich</b>	<b>14</b>
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
<b>4</b>	<b>Der Passivhausstandard in schweizerischer Berechnungsweise</b>	<b>27</b>
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
<b>5</b>	<b>Bewertung der Energieträger und Wärmeerzeugungssysteme</b>	<b>38</b>
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
<b>5.3</b>	<b>MINERGIE Standard</b>	<b>45</b>
<b>5.4</b>	<b>Passivhausstandard</b>	<b>46</b>
<b>5.5</b>	<b>Vergleich von MINERGIE- und Passivhausstandard</b>	<b>47</b>
5.5.1	Diskussion des Vergleichs	47
5.5.2	Erweiterung des MINERGIE- zum Passivhausstandard	48
<b>5.6</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>Literatur, Quellen</b>	<b>50</b>
<b>ANHANG</b>		<b>51</b>
<b>Anhang A: Vergleich der Standards</b>		
K. Viridén, J. Wydler		<b>53</b>
<b>Anhang B: Referenzgebäudetypen</b>		
K. Viridén, J. Wydler		<b>57</b>
Typ I		57
Typ II		59
Typ III		63
Vergleich der Gebäudetypen		66
Konstruktionen		67
<b>Anhang C: Endenergie- und Primärenergiebedarf</b>		
K. Viridén, J. Wydler		<b>71</b>
<b>Anhang D: Energie-, Wärme- und Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden nach PHPP'99, SIA 380/1:1988 und SIA 380/1:2001</b>	Dr. A. Haas	<b>72</b>
<b>Anhang E: Zulässiger Heizwärmebedarf für MINERGIE-Neubauten</b>	A. Binz	<b>103</b>
<b>Anhang F: Die rechnerische Abschätzung des spez. Heizleistungsbedarfs</b>	A. Binz	<b>107</b>
<b>Anhang G: Energiekennzahlen</b>	A. Binz	<b>110</b>
<b>Anhang H: Luftdichtigkeit</b>	K. Viridén, J. Wydler	<b>111</b>
<b>Anhang I: Graue Energie</b>	K. Viridén, J. Wydler	<b>112</b>

# 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 erschwerten Umstände, die eine Sanierung mit sich bringt, führt folgerichtig zu einem milderem 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 Marktwertterhöhung 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.

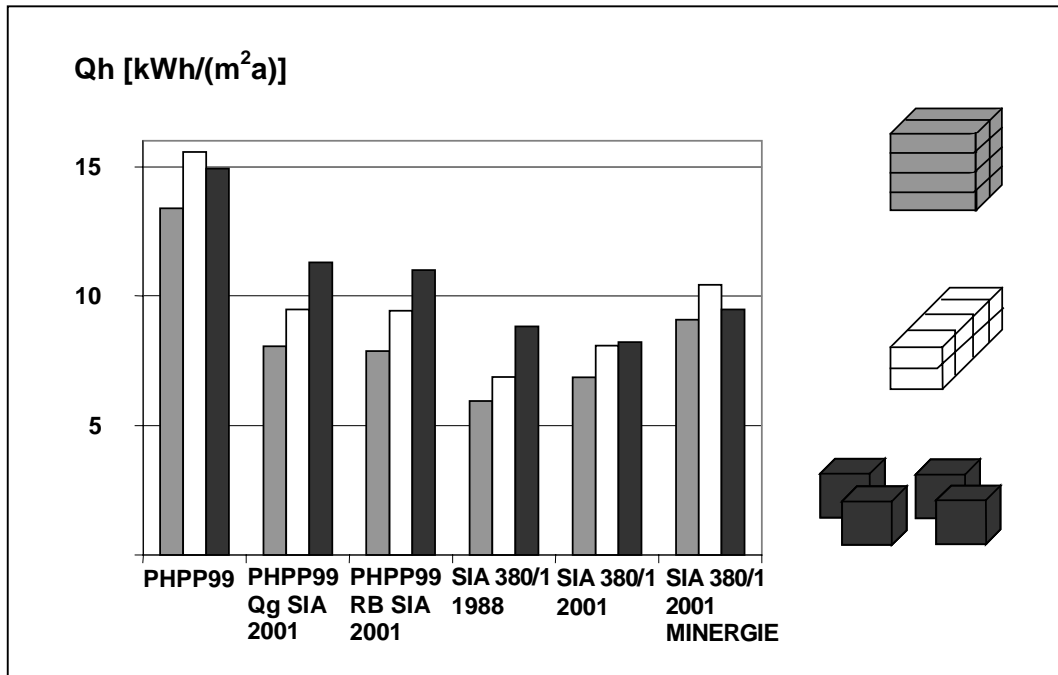


Abbildung 1: Heizwärmebedarf (in kWh/(m²a)) für verschiedene Gebäudetypen. SIA 380/1 alt und neu stellen die Werte mit Lüftungsanlage und WRG dar. Die Unterschiede resultieren aus den unterschiedlichen Bezugsflächen und den unterschiedlichen Randbedingungen.

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 Heizwärmebedarfsberechnung 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 Bruttogeschossfläche in der Schweiz und Nettowohnfläche in Deutschland) zurückzuführen ist. Der Rest stammt aus den unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Berechnungsansätzen.

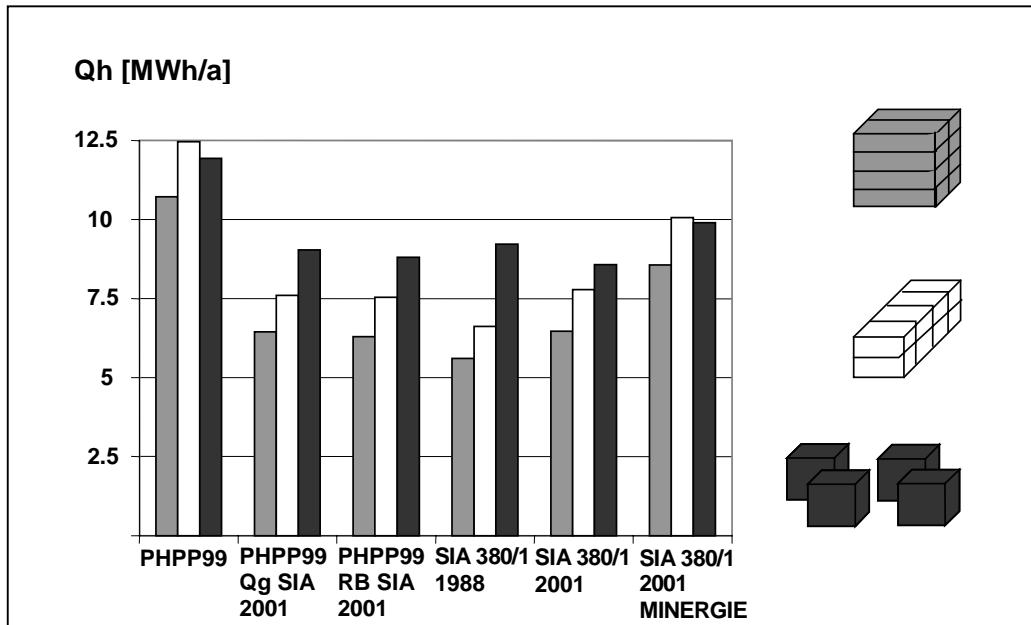


Abbildung 2: Absolutwerte des Heizwärmebedarfs für Varianten wie oben (in MWh/a). Die Unterschiede resultieren allein aus den unterschiedlichen Randbedingungen.  
 Erläuterungen:  
 PHPP99 = Passivhausprojektierungspaket 99,  
 Qg SIA 2001 = mit internen Gewinnen nach SIA gerechnet.  
 RB = Randbedingungen, 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 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 m<sup>2</sup> 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  $H_g$

( $Q_h$  berechnet mit Standardwerten, jedoch mit einem auf  $60 \text{ MJ/m}^2\text{a}$  reduzierten Elektrizitätsverbrauch  $Q_E$ , der wirksamen Speicherfähigkeit  $C = 0,1 \text{ MJ/(m}^2\text{K)}$ , entsprechend sehr leichter Bauweise, und der Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung über die Komfortlüftung. Dies entspricht etwa 45 % von  $H_g$ , berechnet nach SIA 380/1, also mit Standardwerten für Elektrizitätsverbrauch und Luftwechsel).

##### **Spezifischer Heizleistungsbedarf:**

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

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 $\text{kWh/(m}^2\text{a)}$ :**

Für Ein- und Mehrfamilienhäuser,  $E_{gew} \leq 30 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

##### **Luftdichtigkeit der Gebäudehülle:**

$n_{L50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

##### **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 Kühlgeräten 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 grösseren 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  $30 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$  vorgeschlagen werden.

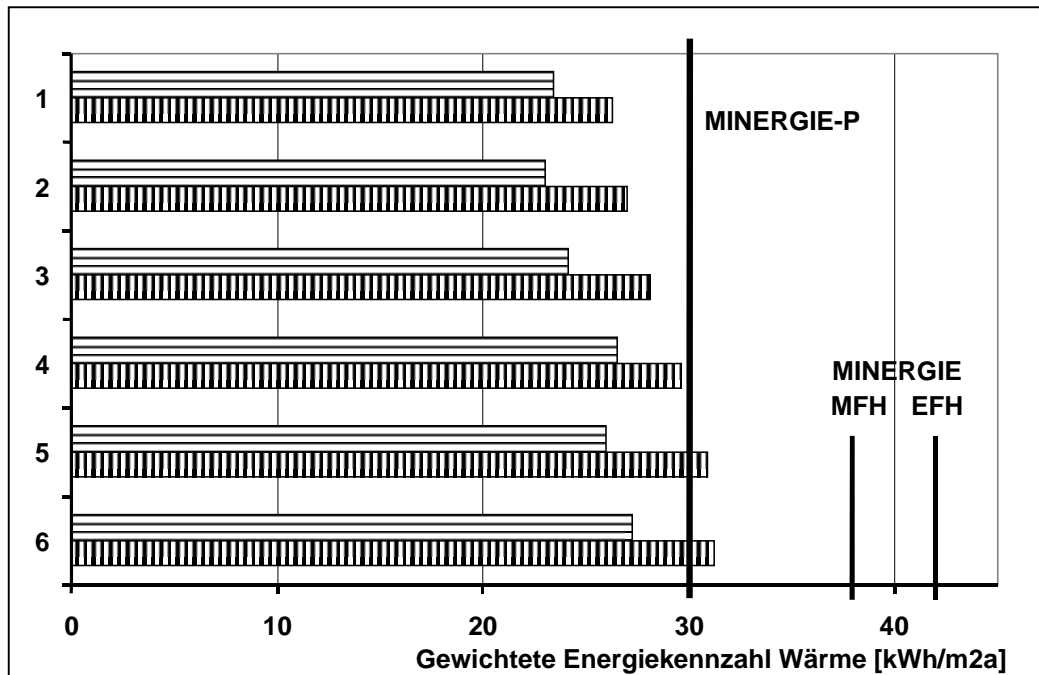


Abbildung 3 Gewichtete Energiekennzahlen Wärme von MINERGIE-P-Bauten mit verschiedenen technischen Systemen. Einfamilienhäuser (Obere Balken) und Mehrfamilienhäuser (untere Balken).

- 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 Heizleistungsbedarfes vorzuschlagen. Ausgangspunkt für die Berechnung des Heizleistungsbedarfes ist der **spezifische Wärmeverlust H in W/K pro m² EBF**. 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

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

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 Heizleistungsbedarfes 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 konkurrenzieren, 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-Standard 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 milderem 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 dieselben Anforderungen für Neu- und Altbau.
- MINERGIE setzt auf Marktwertterhöhung 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
<b>BEZUGSGRÖSSEN</b>				
Bezugsfläche	Nettowohnfläche NF	<b>EBF höhenkorrigiert</b> (Brutto, Aussenmasse)	<b>EBF höhenkorrigiert</b> (Brutto, Aussenmasse)	<b>EBF höhenkorrigiert</b> (Brutto, Aussenmasse)
Gebäudevolumen	mit Aussenmassen	EBF <sub>o</sub> x Geschosshöhe x 0.8 mit Aussenmassen	EBF <sub>o</sub> x mittlere Geschosshöhe x 0.8 mit Aussenmassen	
Hüllfläche Aussenhülle A/EBF Fensterflächen	mit Aussenmassen - Rohbaumasse	-	lichte Masse	mit Aussenmassen  lichte Masse
<b>ENERGIEKENNZAHLEN</b>				
<b>Heizwärmebedarf (Qh) (Nutzenergie)</b>	≤ 15 kWh/m <sup>2</sup> a NF	-	≤ 60% Hg	≤ 20% Hg
<b>Heizwärmeleistung</b>	≤ 10 W/m <sup>2</sup> NF	Keine Vorgaben	Keine Vorgaben	≤ 10 W/m <sup>2</sup> EBF
<b>Energiekennzahl Wärme gewichtet (Ew) (Endenergie)</b>		Neubau: ≤ 45 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	Neubau: ≤ 42 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	Neubau und Umbau: ≤ 30 kWh/m <sup>2</sup> a EBF
EFH	-	≤ 45 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	≤ 38 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	≤ 30 kWh/m <sup>2</sup> a EBF
MFH	-	≤ 40 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	≤ 40 kWh/m <sup>2</sup> a EBF	≤ 25 kWh/m <sup>2</sup> a EBF
Dienstleistungsbauten	-			
<b>Energieträger</b>	nicht vorgegeben	Wertigkeit nach Energieträger (Gewichtung)	Wertigkeit nach Energieträger (Gewichtung)	Wertigkeit nach Energieträger (Gewichtung)
Wertigkeit	Primärenergie ≤ 120 kWh/m <sup>2</sup> a NF	Endenergie	Endenergie (Voraussichtliche Werte)	Endenergie (Voraussichtliche Werte)
Elektrizität	2.97 / 2.72 <sup>1</sup>	2	2	2
Oel	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
<b>HAUSTECHNIK</b>				
<b>Lüftung</b>	kontrollierte Lüftung mit WRG	Abluft mit kontrollierter Zuluft	Abluft mit kontrollierter Zuluft	kontrollierte Lüftung mit WRG
Wärmerückgewinnung	> 75% (Gegenstrom-Wärmetauscher)			

<sup>1</sup> Strom-Mix / Heizstrom

	Passivhaus Standard	MINERGIE Standard alte SIA 380/1	MINERGIE Standard neue SIA 380/1	MINERGIE P
<b>GEBÄUDEHÜLLE</b>				
<b>U-Wert</b> 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 $\geq 50\%$			
<b>Luftdichtigkeit</b>	$nL_{50} \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$ Luftdichtigkeits- messung erforderlich	Empfehlung für möglichst luftdichte Gebäudehülle	Empfehlung für möglichst luftdichte Gebäudehülle	$nL_{50} \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$ Luftdichtigkeits- messung erforderlich
<b>Wärmebrücken</b>	wärmebrückenfreie Ausführung	Berücksichtigung in Berechnung gem. SIA 180	Berücksichtigung in Berechnung gem. SIA 180 Wärmebrücken müssen berück- sichtigt werden	Wärmebrücken müssen berück- sichtigt werden
Wärmebrückenverlust- koeffizient ( $\Psi_a$ )	Wenn $\Psi_a \leq 0.01 \text{ W/(m K)}$ , dann kein Nachweis			
<b>KONTROLLEN</b>				
Projektierungskontrolle		Rechnerische Projektprüfung Stichprobenprüfung	Rechnerische Projektprüfung Stichprobenprüfung	
Ausführungskontrolle	Luftdichtigkeits- messung. Qualitätskontrolle über die gesamte Haustechnik. Kontrolle Wärme- brückenvermeidung. Kontrolle Dämmung (Lufträume vermei- den).			Luftdichtigkeits- messung
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
<b>Heizwärmebedarf</b>	$Q_h \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ Berechnung nach PHPP	$Q_h \leq 10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ Berechnung nach SIA 380/1 mit MINERGIE-Rahmenbed.
<b>Gewichtete Energiekennzahl Wärme</b>		$E_w \leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ bei Wohnbauten (25 bei DL-Bauten)
<b>Primärenergiekennzahl</b>	$PE \leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , berechnet nach PHPP	
<b>Heizleistungsbedarf</b>		$q_h \leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$ berechnet aus H (SIA 380/1)
<b>Luftwechsel</b>	$n_{L50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$	$n_{L50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
<b>Geräte</b>		EU-Label A, Kühlgeräte A+
<b>Empfehlungen, Planungshinweise und Nachweis-Vorgaben (keine Zertifikats-Bedingungen):</b>		
<b>Heizleistungsbedarf</b>	$q_h \leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$ berechnet nach PHPP	
<b>Wärmeschutz</b>	Nötige U-Werte (Wand, Fenster, Rahmen etc.)	
<b>Wärmerückgewinnung Lüftungsanlage</b>	Rückgewinnung $\eta \geq 0,75$	
<b>Wärmebrücken, Durchlassgrad Verglasung etc.</b>	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  $10 \text{ W/m}^2$  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 Wärmegevinne, das Klima, die Schattungsverluste und die Ausnutzbarkeit der gesamten Wärmegevinne.

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:

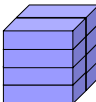

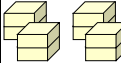
		Typ I	Typ II	Typ III
				
		MFH	MFH	4 EFH
Energiebezugs-fläche (EBF)	$[\text{m}^2]$	943	963	1045
Gebäudehüllzahl	$[-]$	1.21	1.70	1.98
Nettowohnfläche (NWF)	$[\text{m}^2]$	800	800	800
Fensterfläche/NWF	$[-]$	20%	20%	20%
U-Wert Wand	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	0.15	0.12	0.09
U-Wert Fenster	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	0.8	0.8	0.8
g-Wert Fenster	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	0.5	0.5	0.5
Lüftung	$[\text{m}^3/\text{h}]$	700	700	630
Infiltration	$[\text{m}^3/\text{h}]$	81	81	81
eta WRG	$[-]$	0.75	0.75	0.75
Heizwärmebedarf nach PHPP'99	$[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$ (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 Ablufträume 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 <sup>2</sup> NWF]	[W/m <sup>2</sup> EBF]
Typ I	Standard	2.1	3.1
Typ II	Standard	2.1	3.1
Typ III	Standard	2.1	2.4
Wärmespeicherfähigkeit [MJ/m <sup>2</sup> /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.

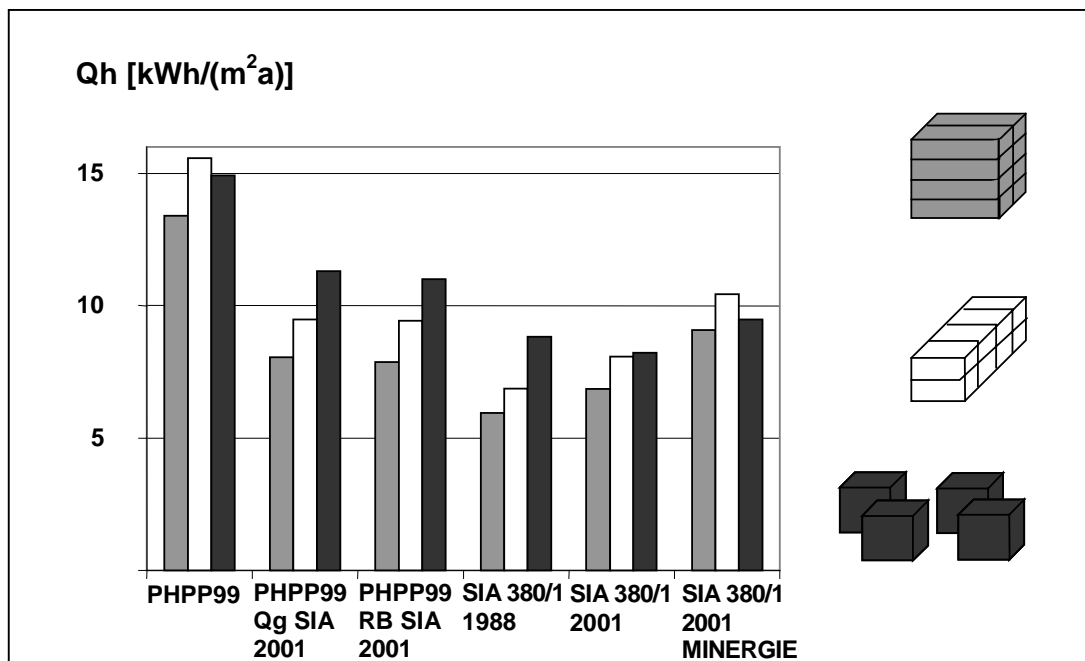


Abbildung 4: Heizwärmebedarf (in kWh/(m²a)) für verschiedene Gebäudetypen. SIA 380/1 alt und neu stellen die Werte mit Lüftungsanlage und WRG dar. Die Unterschiede resultieren aus den unterschiedlichen Bezugsflächen und den unterschiedlichen Randbedingungen.

Erläuterungen:

PHPP99 = Passivhausprojektierungspaket 99,

Qg SIA 2001 = mit internen Gewinnen nach SIA gerechnet.

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

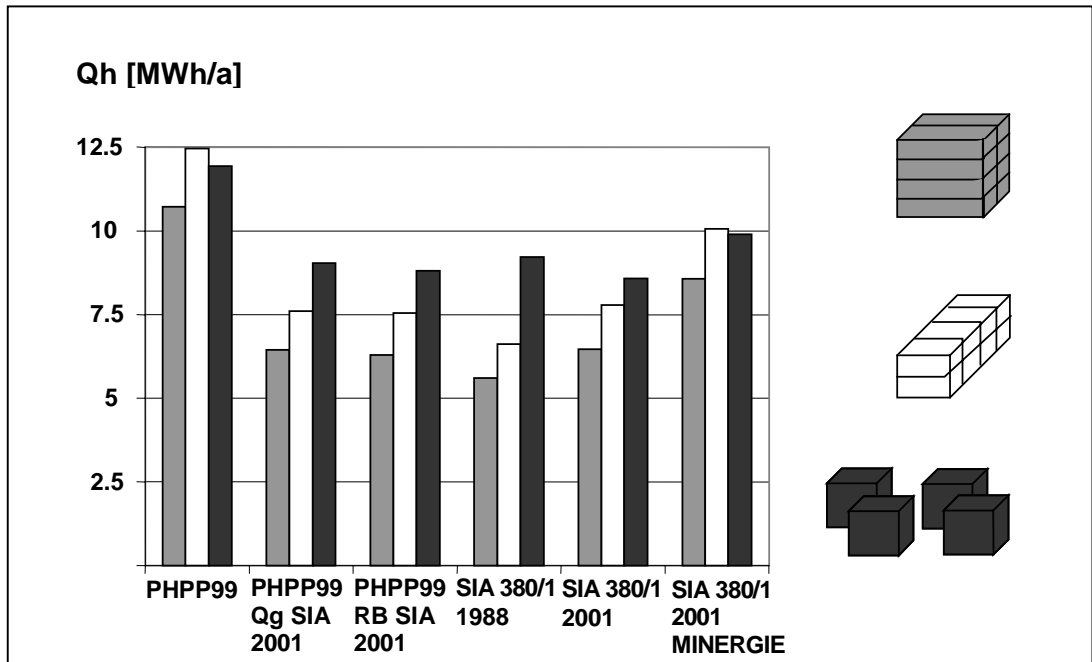


Abbildung 5: Absolutwerte des Heizwärmebedarfs für Varianten wie oben (in MWh/a). Die Unterschiede resultieren allein aus den unterschiedlichen Randbedingungen.  
 Erläuterungen:  
 PHPP99 = Passivhausprojektierungspaket 99,  
 Qg SIA 2001 = mit internen Gewinnen nach SIA gerechnet.  
 RB = Randbedingungen, d.h. gleiche interne Gewinne, gleiche Klimadaten

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 Heizwärmebedarfs 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 Heizwärmebedarf 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.

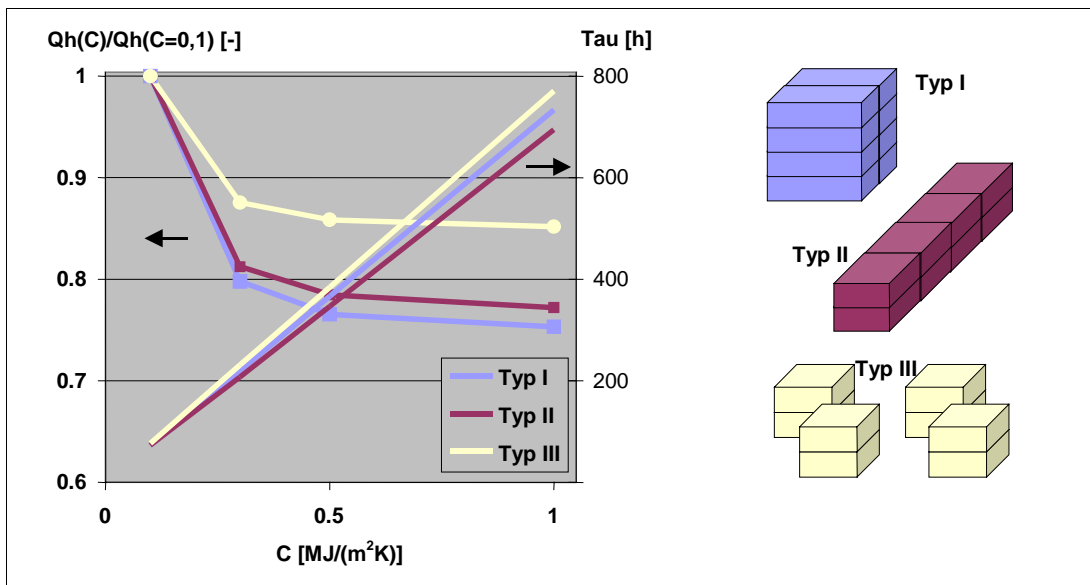


Abbildung 6: Heizwärmebedarf  $Q_h$ , bezogen auf den Heizwärmebedarf der sehr leichten Bauweise ( $C = 0.1 \text{ MJ}/\text{m}^2/\text{K}$ ) für die 4 möglichen Werte der Wärmespeicherfähigkeit nach SIA 380/1:2001. Rechte Achse: zugehörige Zeitkonstante.

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.

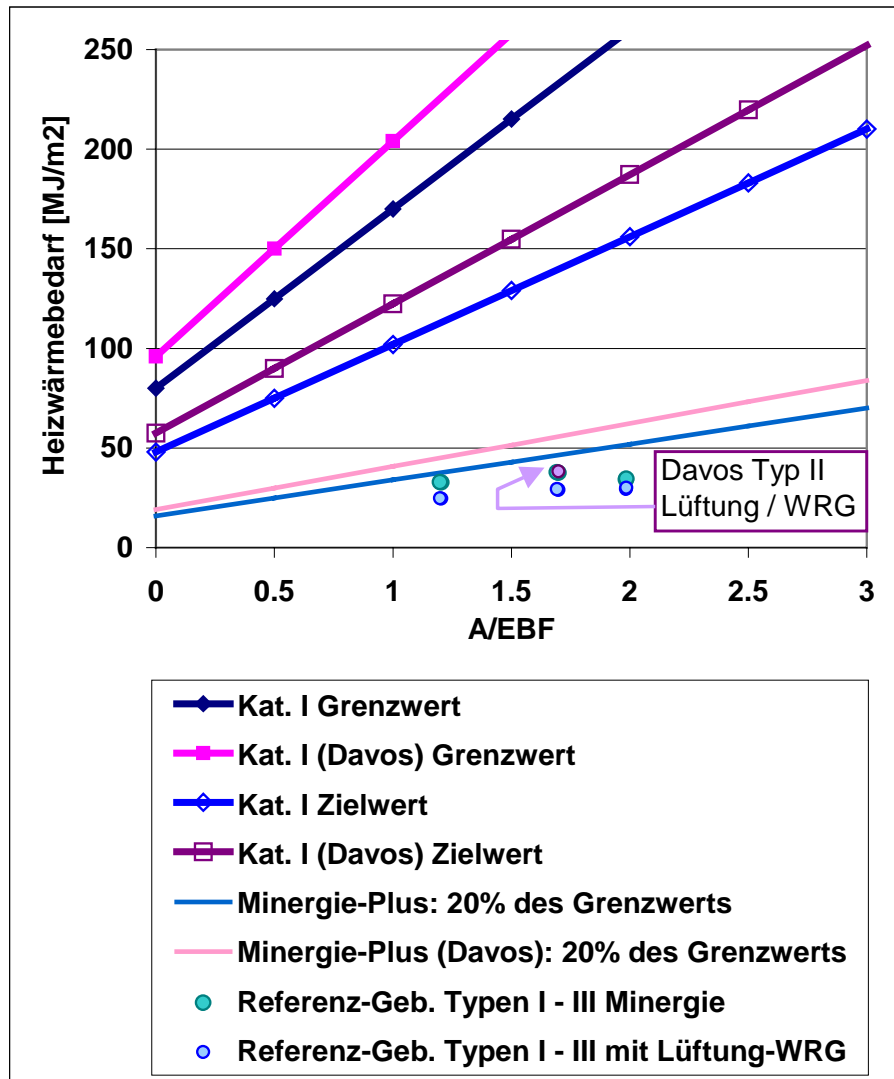


Abbildung 7: Grenzwert  $H_g$  und Zielwert  $H_z$  in Abhängigkeit von der Gebäudehüllzahl  $A/EBF$  für SIA-Gebäudekategorie I (Wohnen), sowie die vorgeschlagenen Maximalwerte des Heizwärmebedarfs für das MINERGIE-P Label (Linien). Zusätzlich ist der Heizwärmebedarf nach SIA 380/1:2001-MINERGIE (obere 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 Heizwärmebedarf von ca. 15 kWh/m<sup>2</sup> 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/(m<sup>2</sup>EBF K)] nach SIA 380/1:2001. Dieser berechnet sich aus dem Gesamtwärmeverlust  $Q_i$  [MJ/m<sup>2</sup>EBF] pro Berechnungszeitschritt  $t_c$  [Anzahl Tage] und der Temperaturdifferenz (Monatsmittel) innen – aussen

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

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/(m<sup>2</sup>a)).

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/m<sup>2</sup> 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/m2 EBF)	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25

Nebenbedingung ist:  $af\_sued/a\_sued < 1$ , d.h. der Fensteranteil an der Südfassade 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/m<sup>2</sup>). 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 Heizwärmebedarfs		Kommentar zu MINERGIE-P
	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
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 <sup>2</sup> statt 2.1 W/m <sup>2</sup> im Wohnungsbau)	reduziert (50% der Wärmegewinne Elektrizität) (1)	Personen abwesend, reduzierter Betrieb
Klima	standortspezifisch, 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 Heizwärmebedarfs. (1) dies entspricht bei 100 MJ/(m<sup>2</sup>a) (SIA-Ansatz für MFH) ca 1.1 W/m<sup>2</sup> EBF, bei 60 MJ/(m<sup>2</sup>a) (MINERGIE-Ansatz) ca 0.7 W/m<sup>2</sup> EBF.*

Nach diesem Verfahren berechnet, sollte der Heizleistungsbedarf mit MINERGIE-Ansatz unter 10 W/m<sup>2</sup>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-Luftheizung<sup>2</sup> 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 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 W Wärmeleistung pro m<sup>2</sup> 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

---

<sup>2</sup> 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 Heizwärmebedarf 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 Heizwärmebedarf 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.

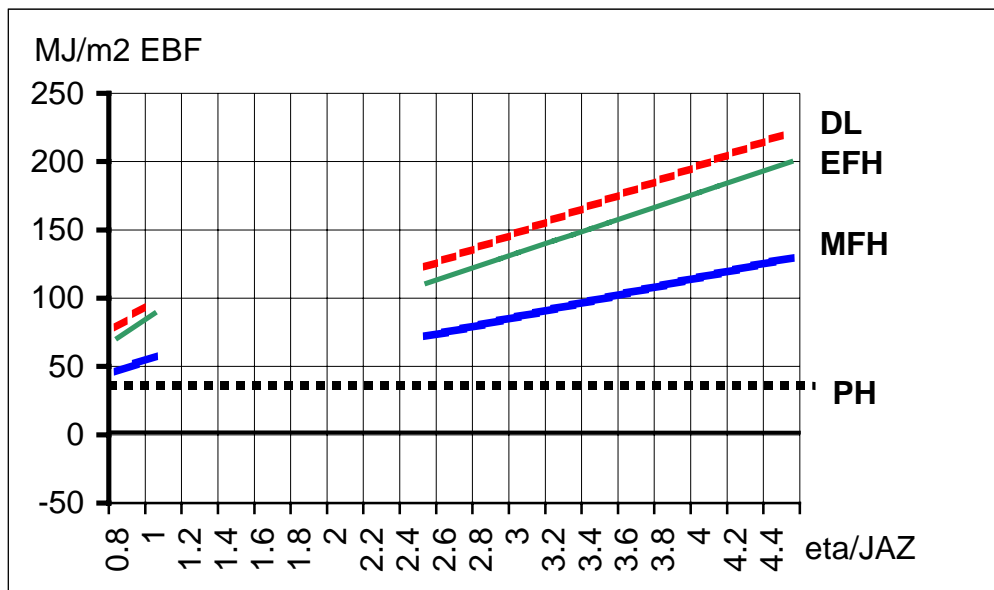


Abbildung 8: Zulässiger Heizwärmebedarf in Abhängigkeit des Heizwärme-Erzeugungswirkungsgrades, um MINERGIE zu erreichen. Die Warmwassererzeugung erfolgt ganzjährig mit einer Wärmepumpe (JAZ 3). Primärenergiefaktor elektrisch = 2.

#### 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 Heizwärmebedarfes. Der Heizwärmebedarf muss auch für den MINERGIE-Nachweis berechnet werden (nach SIA 380/1). Grundsätzlich wäre es also möglich, eine der Passivhausdefinition ansprechende Limite des Heizwärmebedarfes 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  $\text{MJ/m}^2\text{a}$ ) 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 einiger massen 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  $\text{W/m}^2$ ) 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. Blosser 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.

##### **Heizwärmebedarf nach Norm SIA 380/1 (2001):**

$Q_h \leq 20\%$  des Grenzwertes  $H_g$

( $Q_h$  berechnet mit Standardwerten, jedoch mit einem auf  $60 \text{ MJ/m}^2\text{a}$  reduzierten Elektrizitätsverbrauch  $Q_E$ , der wirksamen Speicherfähigkeit  $C = 0,1 \text{ MJ/(m}^2\text{K)}$ , entsprechend sehr leichter Bauweise, und der Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung über die Komfortlüftung. Dies entspricht etwa 45 % von  $H_g$ , berechnet nach SIA 380/1, also mit Standardwerten für Elektrizitätsverbrauch und Luftwechsel).

##### **Spezifischer Heizleistungsbedarf:**

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

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 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ :**

Für Ein- und Mehrfamilienhäuser,  $E_{gew} \leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

##### **Luftdichtigkeit der Gebäudehülle:**

$n_{L50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

#### 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 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 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 Luftwechsellmessung 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 schwerpunktmässig 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

betriebsaufwändige 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 Pionierbauten, 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/(m<sup>2</sup>a) Heizwärmebedarf nach SIA 380/1 berechnet ungefähr 8 bzw. 10 kWh/(m<sup>2</sup>a) (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 ( $C=0,1 \text{ MJ}/(\text{m}^2\text{K})$ ) 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 Zulufterwärmung, abgedeckt werden kann. Dieses Ziel wird am direktesten sichergestellt durch die Anforderung bezüglich Heizleistungsbedarf. Eine Heizleistung von maximal ca. 10 W/m<sup>2</sup> 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  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  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  $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Wenn dies im Rahmen von MINERGIE-P nicht klar kommuniziert wird, werden die  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  nicht mehr auszurotten sein.

Das (physikalisch korrekte) Pendant zur Anforderung an den Heizleistungsbedarf wäre ein **fester** Grenzwert für den Heizwärmebedarf (z.B.  $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ). 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.  $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ).

### **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 grösseren 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  $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  vorgeschlagen werden.

Der hier vorgeschlagene Grenzwert für die Energiekennzahl Wärme von  $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  basiert auf einem Heizenergiebedarf nach SIA 380/1 von 35

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

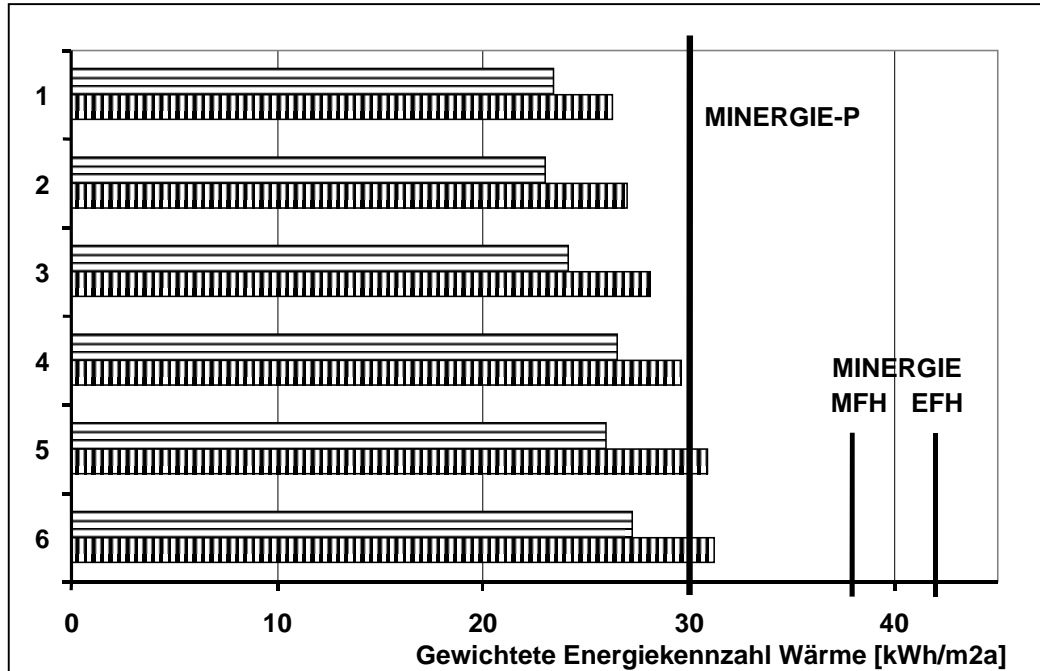


Abbildung 9: Gewichtete Energiekennzahlen Wärme von MINERGIE-P-Bauten mit verschiedenen technischen Systemen. Einfamilienhäuser (Obere Balken) und Mehrfamilienhäuser (untere Balken).

- 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/(m<sup>2</sup>a) 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/(m<sup>2</sup>a) 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 m<sup>2</sup> EBF**. Er liegt bei einem Passivhaus typischerweise bei etwa 0,4 W/(K m<sup>2</sup>EBF). 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 m<sup>3</sup>/h

$c_a \cdot \rho_a$  = spezifische Wärmespeicherefähigkeit der Luft in J/(m<sup>3</sup>K)

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:

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

$\vartheta_i$  = Innentemperatur

$\vartheta_h$  = 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  $10 \text{ W/m}^2$ . 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 Heizleistungsberechnung 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 Heizwärmebedarfes nach SIA 380/1, stehen auch alle notwendigen Angaben zur Verfügung, um den Heizleistungsbedarf nach oben skizzierten Verfahren rechnerisch zu überprüfen.

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 Luftwechsellmessung 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

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

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. Vorderhand 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 Wärmeeerzeugungssysteme

## 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 Wärmeeerzeugung 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 Wärmeeerzeugung aus verschiedenen Energieträgern und Wärmeeerzeugungssystemen

### 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 sind<sup>3</sup>. 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 Strommische.

---

<sup>3</sup> 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.
Heizöl 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)
Holzsplitzel Buche in Feuerung 50kW	Verbrennung von 1 MJ Holz in einer Splitzfeuerungsanlage.
Stueckholz in Feuerung 30kW	Verbrennung von 1 MJ Holz in einer Stückholzfeuerungsanlage.
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.	
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 Hagenholz, Zürich gemäss Geschäftsbericht 2000.
Fernwärme ab KVA	24'146'000	18.60	
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.

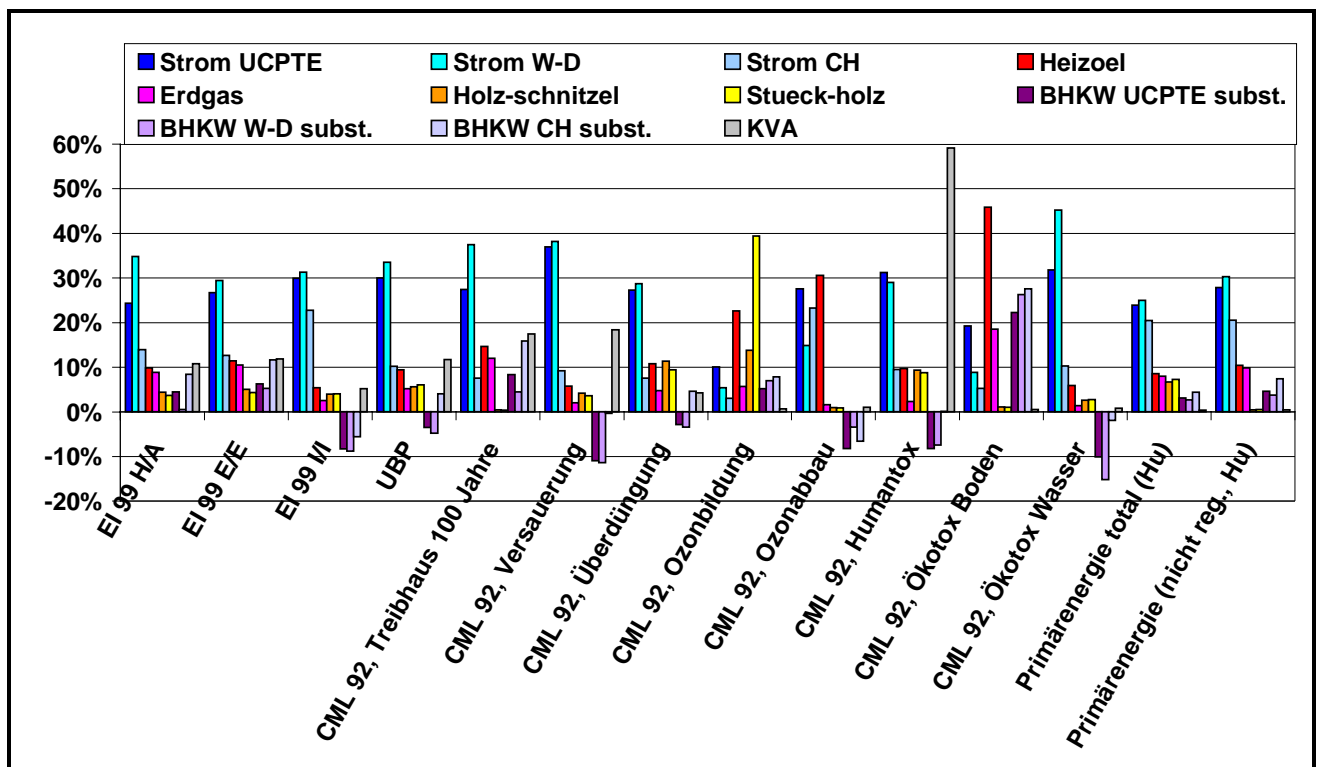


Abbildung 10: Ökologischer Vergleich der Wärmeerzeugung mit verschiedenen Energieträgern. Relative Anteile der Technologie innerhalb der Bewertungsmethodik.

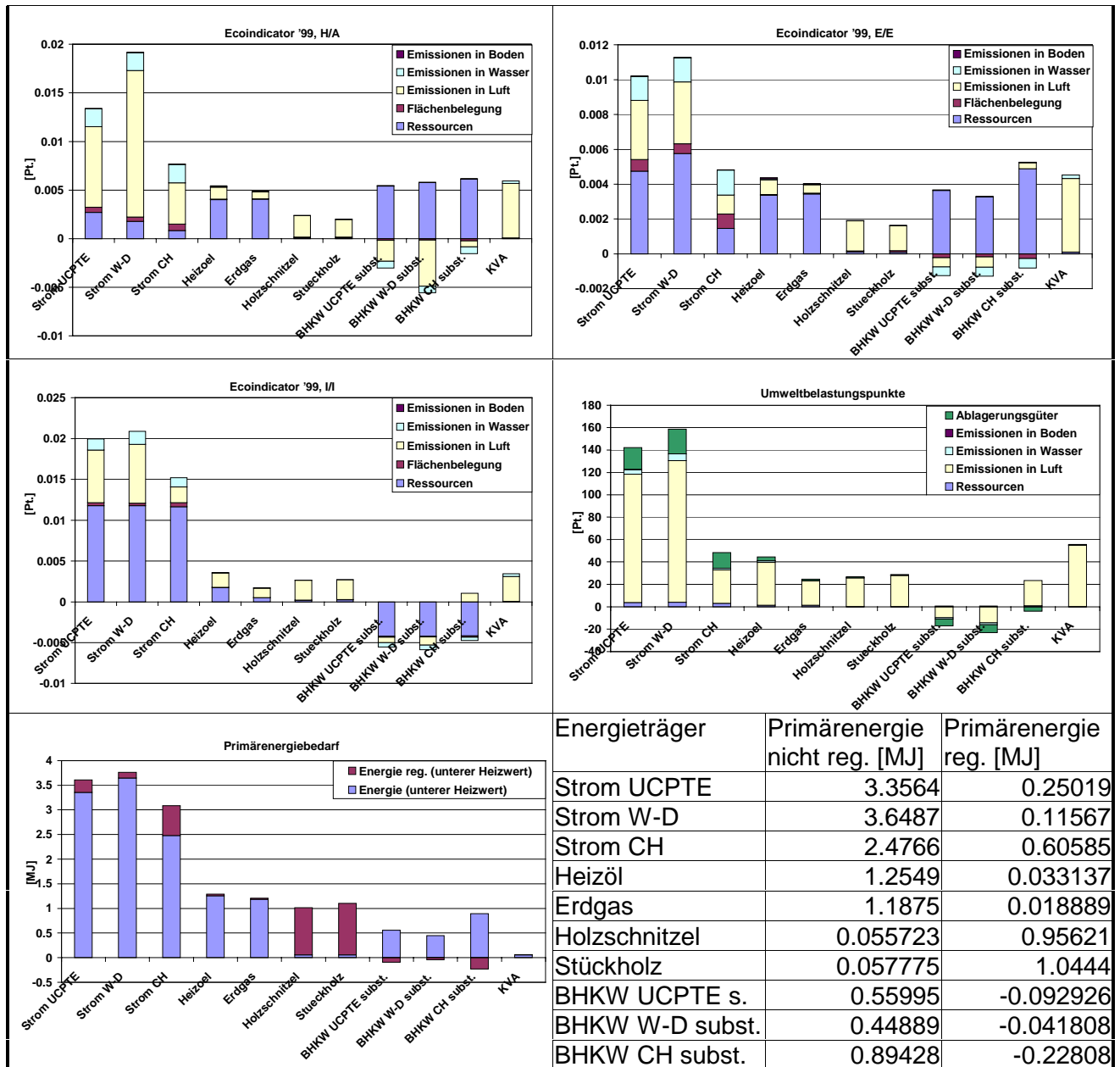


Abbildung 11: Vergleich der Wärmeerzeugung mit verschiedenen Energieträgern. Bewertung mit verschiedenen ökologischen Bewertungsmethoden und mit dem Primärenergieinhalt.

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 CO<sub>2</sub>-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-Verband und in (West-)Deutschland ein grosser Teil des Stromes in thermischen fossilen Kraftwerken (UCPT-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- 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 Konsummischen. Je grösser die Belastung durch einen Strommix ist, desto tiefer wird die Belastung der entsprechenden Wärme ab BHKW. Bei der Substitution des relativ CO<sub>2</sub>-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 Kehrlichtverbrennung der Fernwärme zugerechnet. Damit würde diese ökologisch konkurrenzfähig zur Ölheizung. Würde statt der ökonomischen Allokation nur die für die Fernwärmenutzung 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	Holz- schnittzel	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
<b>Gewichtung</b>	Für Wärmeerzeugung, Lüftung und Klimatisierung genutzter Strom wird doppelt gezählt. (Strom für Haushaltgeräte etc. wird nicht berücksichtigt)	Der effektive Jahresnutzungsgrad von Holzheizsystemen (inkl. Holzbeheizten 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.
<b>Interpretation der Gewichtung</b> (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 <sub>prim</sub> /kWh <sub>End</sub> ]	CO <sub>2</sub> -Äquivalent Emissionsfaktor [g/kWh <sub>End</sub> ]
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 CO<sub>2</sub>-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 ( $\eta$ ) 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 <sup>4</sup>	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 <sup>5</sup>	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 %

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

<sup>5</sup> Ausgehend von  $\eta_{th}$  und  $\eta_{el}$ , 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 Primärenergiestufe gemäss Passivhaus-Definition verletzt werden. Umgekehrt ist mit der Einhaltung des Primärenergie-Grenzwertes von 120 kWh/(m<sup>2</sup>a) gemäss PHPP99 nicht sicher-gestellt, dass die von MINERGIE-P erzwungene Qualität bezüglich Primärenergie-bedarf 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) Meteororm 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. Hischer, 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](http://www.minergie.ch): Website des MINERGIE-Vereins. Unterlagen und Berechnungshilfsmittel für MINERGIE-Nachweis.

[www.passiv.de](http://www.passiv.de): Website des Passivhaus-Instituts. Definitionen, Aktuelles, sowie Publikationen und Hilfsmittel zum online bestellen.