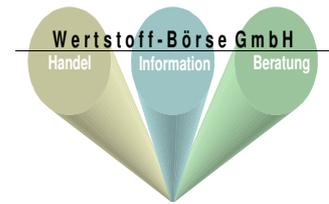


Wertstoff-Börse GmbH  
Alter Zürichweg 21  
CH-8952 Schlieren  
Tel 044 371 40 90  
Fax 044 371 40 04  
Natel 079 541 38 89  
info@wertstoff-boerse.ch  
www.wertstoff-boerse.ch



# **Graue Energie im Gebäudebestand der Schweiz**

**Im Auftrag des SIA Effizienzpfades**

**Kontaktperson: M. Lenzlinger**

Erstellt durch  
Wertstoff-Börse GmbH  
Martin Schneider

Schlieren, Oktober 2009

## 1 AUSGANGSLAGE GEMÄSS ANFRAGE VON HERRN LENZLINGER

Im Rahmen der Entwicklung des SIA-Effizienzpfades werden auch die Graue Energie und die Treibhausgasemissionen eines Gebäudes bewertet. Für die Berechnung der Grauen Energie gibt es neuerdings das Merkblatt SIA 2032. Im Merkblatt SIA 2032 sind wichtige Grundlagen zur Berechnung der Graue Energie und der Grauen Treibhausgasemissionen pro Jahr enthalten. Zur Umrechnung von der Grauen Energie für die Erstellung und die Entsorgung auf die Jahreswerte dienen Amortisationszeiten (Anhang C), die für die Tragstruktur bewusst tief angesetzt sind.

Für den Effizienzpfad müssen im Hinblick auf die 2000-Watt-Gesellschaft Ziel- und Richtwerte für die Graue Energie und die Grauen Treibhausgasemissionen festgesetzt werden. Der Zielwert gilt für die Summe der Bereiche «Betriebsenergie», der «Grauen Energie» und der «Mobilität». Die Richtwerte gelten jeweils für die drei Bereiche. Die Ziel- und Richtwerte sollen Top-Down, d.h. abgeleitet vom heutigen Anteil am Energieverbrauch und Bottom-Up aufgrund der Machbarkeit festgelegt werden.

### Ziel dieser Studie

Für den Bereich Graue Energie fehlen dem SIA für den Top-Down-Approach noch statistische Unterlagen. Insbesondere möchte der SIA folgende approximative Angaben:

- Graue Energie «Ist-Zustand» des Gebäudebestandes der Schweiz (berechnet gemäss Merkblatt 2032 bzw. KBOB-Ökobilanzdaten [KBOB])
- Wenn möglich Aufteilung nach Gebäudekategorien (Wohngebäude, Bürogebäude, Schulen oder einfach Wohngebäude und Dienstleistungsgebäude).
- Umrechnung dieser Werte auf «Werte pro Jahr» aufgrund der Amortisationszeiten gemäss SIA 2032 [SIA 2032]

## 2 METHODEN

Für das Update der BAFU-Studie «Bauabfälle der Schweiz» für das Jahr 2008 haben Wüest & Partner AG im Auftrag des BAFU den Gebäudebestand (Gebäudevolumen) der gesamten Schweiz nach **Baujahr** (vor 1900, 1900–1945, 1946–1960, 1961–1975, 1976–2000, ab 2000), nach **Nutzung** (Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Dienstleistungsgebäude, Produktionsgebäude, Landwirtschaftsgebäude, Übrige) und nach **Materialien** (Volumina von Beton, Mauerwerk, Brennbar, Holz, Metalle, mineralische Fraktion) dargestellt [BAFU, 2008]. Diese Resultate können hier verwendet werden (s. Tabelle 1). Sie werden für diese Studie auf die drei Nutzungskategorien «Wohnen», «Dienstleistungsgebäude» (DLG), «Übrige» aggregiert. Die Büro- und Schulgebäude sind in den DLG enthalten. Die Umrechnung des Materialvolumens auf Massen erfolgt über die entsprechenden Dichten (s. Tabelle 7).

Tabelle 1 Das Gebäudevolumen für den Bestand der Schweiz im Jahr 2008. Quelle: Aggregiert nach [BAFU, 2008]

Gebäudevolumen	Wohnen	DLG	Übrige	Total	Anteil
	Mio. m <sup>3</sup>	Mio. m <sup>3</sup>	Mio. m <sup>3</sup>	Mio. m <sup>3</sup>	Prozent
< 1900	257	55	224	537	14%
1900 - 1946	282	55	266	603	16%
1947 - 1960	189	38	130	357	9%
1961 - 1975	421	126	329	877	23%
1976 - 2000	588	165	468	1'221	32%
> 2000	145	34	63	243	6%
<b>Total</b>	<b>1'883</b>	<b>474</b>	<b>1'480</b>	<b>3'838</b>	<b>100%</b>
	<i>Anteil</i>	49%	12%	39%	100%

Die Werte für die Grauen Energie (GE) und deren Treibhausgasemissionen (THG) nach KBOB ([KBOB], Stand Dezember 2008) müssen aggregiert werden, um für die oben aufgeführten Materialgruppen je einen spezifischen Wert zu erhalten. Diese Werte bleiben für die Untersuchung konstant, d.h. sie erfahren keine zeitliche Veränderung. Jede Materialgruppe erhält anschliessend nach SIA 2032 eine Amortisationszeit. Die entsprechenden Werte für die wurden in Zusammenarbeit mit Herrn Lenzlinger festgelegt.

Mit diesen Angaben kann über die Masse der Materialgruppe die Graue Energie und deren Treibhausgasemission nach den heutigen Werten bestimmt werden. Die Tabelle 2 zeigt dazu die entsprechenden Annahmen für die einzelnen Materialien. Die Aggregation der KBOB-Werte (GE und THG) ist im Anhang dargestellt. Für die Berechnung der GE und der THG wurden für den gesamten Gebäudebestand der Einfachheit halber die Werte von heute verwendet, obwohl diese streng genommen nicht direkt auf die Vergangenheit übertragbar sind. Die Werte nach KBOB geben nur den *nichterneuerbaren* Anteil der Grauen Energie an.

### Materialgruppen

Die folgende Liste beschreibt kurz, wie die verschiedenen Materialien für diese Studie gruppiert wurden. Diese Aggregation entspricht derjenigen im Bericht [BAFU, 2008]

**Beton:** Beton umfasst sowohl den Konstruktionsbeton (inkl. Armierung) wie auch den Magerbeton.

**Mauerwerk:** Backsteine, Kalksandsteine, Natursteine inkl. Mörtel, aber ohne Putz.

**Brennbar:** Wärmedämmungen, Papier, Textilien, Kunststoff

**Holz:** Konstruktionsholz, Innenausbau

**Metalle:** Stahl, Aluminium, Kupfer und Legierungen in Haustechnik, Ver- und Entsorgung

**Mineralische Fraktion:** Gips, Glas, Keramik, Kalk-, Zement- und Gipsputze

Der Aushub wird für die Berechnung der Grauen Energie und deren Treibhausgasemissionen vernachlässigt. Die entsprechenden Werte wurden erhoben, ihr Beitrag liegt aber bei weniger als 5 Promille. Der Aushub wird daher bei der Darstellung weggelassen.

Für die Bestimmung der spezifischen Werte bezüglich der Energiebezugsflächen (EBF) wurden die Angaben von M. Lenzlinger eingesetzt. Er benutzt für das Jahr 2005 für die Wohngebäude 444 Mio. m<sup>2</sup> und für die Dienstleistungsgebäude 147 Mio. m<sup>2</sup>. Die weitere Unterteilung der DLG in Büros, Schulen und andere Gebäude wäre mit beträchtlichem Aufwand verbunden.

Die erhaltenen Resultate werden anschliessend mit Werten aus anderen Untersuchungen verglichen, um die Plausibilität des Resultates zu prüfen.

Tabelle 2 Annahmen für die Werte der Materialien. Die Aggregation der Werte für die Graue Energie (GE) und deren Treibhausgasemissionen (THG) sind im Anhang aufgeführt. Quellen: [KBOB, eigene Abschätzungen]

	<b>GE</b>	<b>THG</b>	<b>Amortisationszeit</b>
	MJ/kg	kg/kg	Jahre
Beton	1.27	0.14	60
Mauerwerk	2.50	0.23	50
Brennbar (Dämmung, Papier, Textilien, Kunststoff)	65.09	5.06	35
Holz	8.53	0.47	45
Metalle	22.06	1.27	35
Mineral. Fraktion (Gips, Glas, Keramik, Putze)	5.69	0.37	35

### 3 RESULTATE

Mit den Angaben aus den verschiedenen Quellen wurden die entsprechenden Werte der Grauen Energie und der Grauen Treibhausgasemissionen berechnet. Die Resultate in der Tabelle 3 zeigen, dass über die Hälfte der Grauen Energie im Gebäudebestand in den Wohngebäuden enthalten ist (55 %). Folgrichtig stammen auch über die Hälfte der Grauen Treibhausgasemissionen aus den Wohngebäuden (57 %). Die Dienstleistungsgebäude (DLG) benötigen je 14 %. Für die übrigen Gebäude (Produktionsgebäude, Landwirtschaftsgebäude und übrige) verbleiben demnach rund 30 % der Grauen Energie und deren Treibhausgasemissionen.

Die mineralischen Baumaterialien (Beton, Mauerwerk und mineralische Fraktion) beanspruchen gut die Hälfte (54 %) der Grauen Energie, der Rest (46 %) entfällt auf die Fraktionen Brennbar, Holz und Metalle. Bei den Grauen Treibhausgasemissionen sind es hingegen 62 %, welche durch den Einsatz der mineralischen Baumaterialien (Beton, Mauerwerk und mineralische Fraktion) verursacht werden und nur 38 % werden bei der Herstellung der brennbaren Materialien, Holz und Metalle freigesetzt.

Tabelle 3 Die Resultate für die Graue Energie und deren Treibhausgasemissionen der drei Bereiche Wohnen, Dienstleistung (DLG) und die übrigen Gebäude (Übrige) des Gebäudebestandes der Schweiz.

<b>Graue Energie</b>					
	<b>Wohnen</b>	<b>DLG</b>	<b>Übrige</b>	<b>Total</b>	<b>Anteil</b>
	TJ pro Jahr	TJ pro Jahr	TJ pro Jahr	TJ pro Jahr	Prozent
<b>Beton</b>	9'090	2'240	4'640	15'970	18%
<b>Mauerwerk</b>	11'780	1'560	3'550	16'890	19%
<b>Brennbar</b>	7'860	2'600	4'200	14'660	16%
<b>Holz</b>	3'930	590	2'250	6'770	8%
<b>Metalle</b>	6'980	3'940	9'080	20'000	22%
<b>Mineral. Fraktion</b>	10'390	1'920	3'620	15'930	18%
<b>Total</b>	<b>50'030</b>	<b>12'850</b>	<b>27'340</b>	<b>90'220</b>	<b>100%</b>
	<i>Anteil</i>	55%	14%	30%	100%

<b>Graue Treibhausgasemissionen</b>					
	<b>Wohnen</b>	<b>DLG</b>	<b>Übrige</b>	<b>Total</b>	<b>Anteil</b>
	1000 t pro Jahr	Prozent			
<b>Beton</b>	1'000	250	510	1'760	25%
<b>Mauerwerk</b>	1'100	150	330	1'580	22%
<b>Brennbar</b>	610	200	330	1'140	16%
<b>Holz</b>	220	30	120	370	5%
<b>Metalle</b>	400	230	520	1'150	16%
<b>Mineral. Fraktion</b>	680	130	240	1'050	15%
<b>Total</b>	<b>4'010</b>	<b>990</b>	<b>2'050</b>	<b>7'050</b>	<b>100%</b>
	<i>Anteil</i>	57%	14%	29%	100%

### Spezifische Werte pro Quadratmeter Energiebezugsfläche

Die erhaltenen Resultate können anschliessend als spezifische Werte bezüglich «1 m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche und Jahr» ausgedrückt werden. Diese betragen für die Graue Energie 110 MJ/m<sup>2</sup><sub>EBF</sub> a (Wohnen) bzw. 90 MJ/m<sup>2</sup><sub>EBF</sub> a (DLG) und für die Treibhausgasemissionen 9.0 kg CO<sub>2,äq</sub>/ m<sup>2</sup><sub>EBF</sub> a (Wohnen) bzw. 6.6 kg CO<sub>2,äq</sub>/ m<sup>2</sup><sub>EBF</sub> a (DLG). Sie sind in der Tabelle 4 aufgeführt. Für die übrigen Nutzungen sind die Energiebezugsflächen nicht bekannt, daher kann kein spezifischer Wert angegeben werden.

Tabelle 4 Die spezifischen Werte bezüglich Energiebezugsfläche der Grauen Energie und der Grauen Treibhausgasemissionen für den Gebäudebestand der Schweiz.

<b>Spezifische Werte</b>		<b>Wohnen</b>	<b>DLG</b>
<b>Graue Energie</b>	MJ pro m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub> und Jahr	110	90
<b>Graue Treibhausgasemissionen</b>	kg CO <sub>2,äq</sub> pro m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub> und Jahr	9.0	6.6

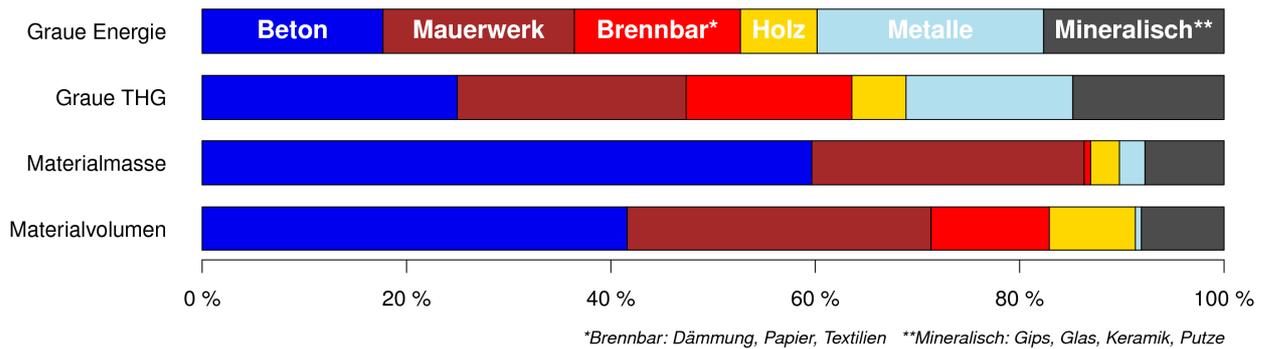
## 4 DISKUSSION DER RESULTATE

Der Vergleich der spezifischen Werte pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr ( $\text{m}^2_{\text{EBF}} \text{ a}$ ) zeigt, dass die hier berechneten Grössen mit anderen Werten vergleichbar sind. So liegen die Werte für die Graue Energie mit  $110 \text{ MJ}/\text{m}^2_{\text{EBF}} \text{ a}$  für Wohnen und  $90 \text{ MJ}/\text{m}^2_{\text{EBF}} \text{ a}$  für die DLG im Bereich von Werten, welche in anderen Studien erhoben wurden. Diese liegen zwischen  $50 \text{ MJ}/\text{m}^2_{\text{EBF}} \text{ a}$  und  $120 \text{ MJ}/\text{m}^2_{\text{EBF}} \text{ a}$  für das Wohnen und  $85\text{--}155 \text{ MJ}/\text{m}^2_{\text{EBF}} \text{ a}$  für die DLG. Allerdings sind die Grundlagen der verschiedenen Studien nicht in jedem Fall dieselben (z.B. Amortisationszeiten, Definition Primärenergie, Definition Graue Energie etc). Zusätzlich gilt es zu beachten, dass der heutige Input in ein Gebäude oft energieintensiver ist, als das früher der Fall war. Die hier erhobenen Werte beziehen sich auf den gesamten Gebäudebestand, welcher nicht genau mit der heutigen Bauweise übereinstimmt. So wurde früher mehr mit Holz und Backsteinen gebaut, während heute der Betonanteil viel grösser ist. Auch hat die Haustechnik in den letzten Jahren zugenommen. Es müsste daher abgeklärt werden, wie gross die Graue Energie ist, welche *heute* bei Neubauten mit den Materialien in die Gebäude gelangen. Das wäre z.B. mit Erhebungen und weitergehenden Untersuchungen von schweizweiten Materialflüssen möglich.

Tabelle 5 Der Vergleich der hier berechneten Werte mit Angaben aus anderen Quellen. Dieser Vergleich ist mit Vorsicht zu geniessen, da die Grundlagen nicht überall die gleichen sind (z.B. Amortisationszeiten, Definition Primärenergie, Definition Graue Energie etc)

	Wohnen	DLG	Gesamtbestand
<b>Graue Energie</b>	$\text{MJ}/\text{m}^2\text{-Jahr}$	$\text{MJ}/\text{m}^2\text{-Jahr}$	$\text{MJ}/\text{m}^2\text{-Jahr}$
<b>Eigene Berechnung</b>	<b>110</b>	<b>90</b>	
Koschenz/Pfeiffer, Abb. 51	50-120	85-155	
SIA 2032, Anh. E, Tab. 1	102		
Nach K. Pfäffli	130		
Schneider, Rubli 2009			97
<b>THG der Grauen Energie</b>	$\text{kg CO}_{2,\text{äq}}/\text{m}^2\text{-Jahr}$	$\text{kg CO}_{2,\text{äq}}/\text{m}^2\text{-Jahr}$	
<b>Eigene Berechnung</b>	<b>9.0</b>	<b>6.6</b>	
SIA 2032, Anh. E, Tab. 1	8.4		

Es ist interessant zu sehen, wie sich die relativen Anteile der Materialgruppen zwischen den Materialvolumina, den Materialmassen und der Grauen Energie bzw. den Grauen Treibhausgasemissionen verteilen. Die Figur 1 stellt dazu die prozentualen Anteile der Materialgruppen für die entsprechende Grösse dar. Es ist deutlich zu sehen, wie die massen- oder volumenmässig geringen Anteile der brennbaren Materialien und Metalle einen grossen Anteil der Grauen Energie benötigen. Hingegen tragen die Hauptfraktionen Beton und Mauerwerk weniger als 40 % der GE und nur wenig mehr als 40 % der THG bei.



Figur 1 Die prozentuale Verteilung der Grauen Energie (GE), der Grauen Treibhausgasemissionen (THG) sowie des Gebäudebestandes (Masse und Volumen) auf die einzelnen Materialgruppen. Auffallend sind die grossen Beiträge zu GE und THG der Metalle und der brennbaren Materialien (v.a. Dämmungen), die häufigsten Baumaterialien Beton und Mauerwerk hingegen liefern deutlich weniger dazu bei.

### Sensitivität

Eine systematische Sensitivitätsanalyse wird im Rahmen dieses Auftrages nicht durchgeführt. Beispielhaft kann aber der Einfluss der Aggregation der Materialien zu Materialgruppen gezeigt werden. Die Resultate für die Graue Energie und die Grauen Treibhausgasemissionen hängen stark davon ab, wie gross der jeweilige Anteil eines Materials in den aggregierten Gruppen geschätzt wird. Das wird am Beispiel von Glas als Bestandteil der Mineralischen Fraktion gezeigt. Der Anteil von Glas in dieser Fraktion wurde dabei auf 2.5 Massenprozent geschätzt (vgl. Tabellen 7 und 8). Damit beträgt der gewichtete Wert der Grauen Energie der Mineralischen Fraktion 5.69 MJ/kg. Wird dort der Anteil von Glas auf 10 % erhöht und entsprechend der Anteil der Putze gesenkt, steigt dieser Wert auf 12.36 MJ/kg, er nimmt also um 117 % zu. Das hat Auswirkungen auf die Berechnung der Grauen Energie, welche in der Tabelle 6 gezeigt ist. Die Graue Energie des Gebäudebestandes nimmt dabei um 21 % zu, obwohl der Massenanteil von Glas im gesamten Gebäudebestand lediglich 0.2 % beträgt. Wenn der Glasanteil von 2.5 % auf lediglich 5 % verdoppelt wird, nimmt die totale Graue Energie um 7 % zu.

Tabelle 6 Wenn der Anteil von Glas in der Mineralischen Fraktion von 2.5 % auf 10 % erhöht wird, dann steigt die totale Graue Energie des Gebäudebestandes um 21 %.

	Anteil Glas in der Mineral. Fraktion	Anteil Glas im Gebäudebestand	Graue Energie Mineral. Fraktion	Graue Energie Gebäudebestand
	Prozent*	Prozent*	MJ/kg	TJ/Jahr
Original (wie im Bericht)	2.5%	0.19%	5.69	90'220
Beispiel: Glasanteil grösser	10.0%	0.77%	12.36	108'890
<b>Veränderung des Resultates</b>	<b>+ 300%</b>	<b>+ 300%</b>	<b>+ 117%</b>	<b>+ 21%</b>

\*Prozent bezüglich der Masse

Dieses Beispiel ist so gewählt, dass die Auswirkungen der Annahmen bei der Aggregation der Materialien deutlich werden. Es zeigt sich, dass einzelne Materialien – insbesondere solche mit hohen spezifischen Werten der Grauen Energie – einen grossen Einfluss auf das Resultat haben können. Um die Unsicherheit des Resultates genauer zu bestimmen, müssten weitere Untersuchungen gemacht werden.

## Fazit

Die Abschätzung der Grauen Energie und deren Treibhausgasemissionen für den gesamten Gebäudebestand der Schweiz im Jahr 2008 liefert als Top-Down Ansatz ähnliche Resultate, wie verschiedene Bottom-Up-Berechnungen von Einzelobjekten bereits gezeigt hatten. Die Ergebnisse sind jedoch stark sensitiv auf die gewählte Aggregation der Materialien. Weiterführende Untersuchungen könnten dazu sicher vertiefende Aussagen bringen. Zu beachten ist zudem, dass hier der heutige Gebäudebestand untersucht wurde. Der Grossteil dieser Gebäude wurde während der letzten 100 Jahre gebaut. Die «Materialisierung» des Gebäudebestandes bildet damit die Bauweise der letzten 100 Jahre ab. Damit kann aber keine Aussage darüber gemacht werden, wie hoch die Graue Energie ist, die in einem *heute* erstellten Neubau enthalten ist. Dies hängt in erster Linie damit zusammen, dass sich die Bauweise im Laufe der Zeit verändert. So ist der Anteil der Wärmedämmung in den vergangenen 20 Jahren stark gestiegen, ebenso nimmt die Haustechnik gegenüber früher tendenziell zu. Der aktuelle Input von Baustoffen in den Gebäudebestand der Schweiz müsste daher separat untersucht werden.

## Literatur

[BAFU, 2008] Wüest & Partner AG, 2008. *Bauabfälle Hochbau in der Schweiz*. BAFU, Bern.

[BFS, 2008] Bundesamt für Statistik, Umweltgesamtrechnung, 2008. *Materialflüsse in der Schweiz*. Statistisches Lexikon der Schweiz. BFS, online.

[KBOB] Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB. → Empfehlungen Nachhaltiges Bauen → Ökobilanzdaten im Baubereich

[Koschenz, Pfeiffer, 2005] M. Koschenz, A. Pfeiffer, 2005. *Potenzial Wohngebäude: Energie- und Gebäudetechnik für die 2000-Watt-Gesellschaft*. Faktor Verlag, Zürich.

[Lichtensteiger, 2006] Th. Lichtensteiger (Hrsg), 2006. *Bauwerke als Ressourcennutzer und Ressourcenspende*. vdf Hochschulverlag AG, Zürich.

[SIA 2032] SIA 2009. *Merkblatt 2032. Graue Energie von Gebäuden*. Entwurf, Stand 1. 9.2009. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.

[Schneider, Rubli, 2009] M. Schneider, S. Rubli, 2009. *Ressourcenmodell der mineralischen Baustoffe auf der Ebene Stadt Zürich*. AHB und TAZ Stadt Zürich.

## ANHANG

Tabelle 7 Die Verteilung von Masse und Volumen der Materialien im Gebäudebestand der Schweiz für das Jahr 2008. Quelle: Aggregiert nach [BAFU, 2008]

<b>Material (Volumen)</b>					
	<b>Wohnen</b>	<b>DLG</b>	<b>Übrige</b>	<b>Total</b>	<b>Dichten</b>
	Mio. m <sup>3</sup>	Mio. m <sup>3</sup>	Mio. m <sup>3</sup>	Mio. m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
<b>Beton</b>	179	44	92	315	2'400
<b>Mauerwerk</b>	157	21	47	225	1'500
<b>Brennbar</b>	47	16	25	88	90
<b>Holz</b>	37	6	21	64	560
<b>Metalle</b>	2	1	2	5	7'000
<b>Mineralische Fraktion</b>	40	7	14	61	1'600
<b>Total</b>	<b>462</b>	<b>94</b>	<b>201</b>	<b>758</b>	
<i>Anteil</i>	<i>61%</i>	<i>12%</i>	<i>27%</i>	<i>100%</i>	
<b>Material (Masse)</b>					
	<b>Wohnen</b>	<b>DLG</b>	<b>Übrige</b>	<b>Total</b>	
	Mio. Tonnen	Mio. Tonnen	Mio. Tonnen	Mio. Tonnen	
<b>Beton</b>	431	106	220	756	
<b>Mauerwerk</b>	236	31	71	338	
<b>Brennbar</b>	4	1	2	8	
<b>Holz</b>	21	3	12	36	
<b>Metalle</b>	11	6	14	32	
<b>Mineralische Fraktion</b>	64	12	22	98	
<b>Total</b>	<b>766</b>	<b>160</b>	<b>342</b>	<b>1'268</b>	
<i>Anteil</i>	<i>60%</i>	<i>13%</i>	<i>27%</i>	<i>100%</i>	

Tabelle 8 Die Aggregation der Werte für die GE aus den Tabellen KBOB, Stand Dez. 2008

	Werte KBOB	Häufigkeit im Gebäudepark	Gewichtete Graue Energie
	MJ/kg	Anteil	MJ/kg
<b>Beton</b>			
Magerbeton	0.52	8%	0.042
Konstruktionsbeton	0.77	88%	0.681
Armierung	13.60	4%	0.544
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>1.267</b>
<b>Mauerwerk</b>			
Backstein	2.76	57%	1.573
Tonziegel	4.02	12%	0.482
K-S-Stein	1.40	23%	0.322
Mörtel	1.50	8%	0.120
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>2.498</b>
<b>Brennbar</b>			
Steinwolle	21.90	20%	4.435
Glaswolle	45.30	26%	11.552
Polystyrol/EPS	90.00	26%	22.950
Zellulosefasern	7.45	4%	0.279
Kunststoffe	116.88	20%	23.376
Textilien, Papier, Verpackungen	50.00	5%	2.500
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>65.092</b>
<b>Holz</b>			
			<i>Mittelwert der Gruppe «Holz und Holzwerkstoffe»</i>
<b>Total</b>			<b>8.533</b>
<b>Metalle</b>			
Stahl	13.60	85%	11.560
Stahlblech, verzinkt	58.90	10%	5.890
Aluminium	130.00	3%	3.250
Kupferblech, blank	54.40	3%	1.360
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>22.060</b>
<b>Mineralische Fraktion</b>			
Gips (Putz und Platten)	3.50	45%	1.575
Glas	90.50	3%	2.263
Keramik	42.90	3%	1.073
Putze	1.55	50%	0.775
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>5.685</b>

Tabelle 9 Die Aggregation der Werte für die THG aus den Tabellen KBOB, Stand Dez. 2008

	Werte KBOB kg/kg	Häufigkeit im Gebäudepark Anteil	Gewichtete THG kg/kg
<b>Beton</b>			
Magerbeton	0.07	8%	0.005
Konstruktionsbeton	0.12	88%	0.106
Armierung	0.71	4%	0.028
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>0.139</b>
<b>Mauerwerk</b>			
Backstein	0.25	57%	0.141
Tonziegel	0.37	12%	0.044
K-S-Stein	0.14	23%	0.032
Mörtel	0.20	8%	0.016
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>0.233</b>
<b>Brennbar</b>			
Steinwolle	1.47	20%	0.298
Glaswolle	1.50	26%	0.383
Polystyrol/EPS	9.99	26%	2.546
Zellulosefasern	0.39	4%	0.015
Kunststoffe	8.58	20%	1.717
Textilien, Papier, Verpackungen	2.00	5%	0.100
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>5.058</b>
<b>Holz</b>			
			<i>Mittelwert der Gruppe «Holz und Holzwerkstoffe»</i>
<b>Total</b>			<b>0.470</b>
<b>Metalle</b>			
Stahl	0.71	85%	0.604
Stahlblech, verzinkt	3.60	10%	0.360
Aluminium	8.85	3%	0.221
Kupferblech, blank	3.22	3%	0.081
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>1.265</b>
<b>Mineralische Fraktion</b>			
Gips (Putz und Platten)	0.21	45%	0.092
Glas	4.78	3%	0.120
Keramik	2.38	3%	0.060
Putze	0.20	50%	0.100
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>0.371</b>

Tabelle 10 Die Grundlagen für die Aggregation der Materialien zu Materialgruppen.

<b>Materialgruppe</b>	<b>Quelle</b>
<b>Beton</b>	Eigene Abschätzung, [BFS, 2008]
<b>Mauerwerk</b>	Eigene Abschätzung, [BFS, 2008]
<b>Brennbar</b>	[BAFU, 2008], eigene Abschätzungen
Wärmedämmung	Auskunft Hr. Egli (Swisspor), Hr. Sorchi (Flumroc), eigene Abschätzungen
<b>Holz</b>	Eigene Abschätzung
<b>Metalle</b>	[Lichtensteiger, 2006], eigene Abschätzungen
<b>Mineralische Fraktion</b>	Eigene Abschätzung, [BFS, 2008]