

# Carbon Footprint von Isolationsmaterialien unter Gebäudefundamenten

## Vergleich von Glasschaum-Granulat mit XPS und Foamglas

**Projektleiter:** Harald Pilz

**Mitarbeit:** Johann Schweighofer



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Datengrundlagen</b> .....	<b>3</b>
2.1	Definition der funktionellen Einheit .....	3
2.2	Materialeigenschaften der Isolationsmaterialien, Berechnung benötigter Massen.....	3
2.3	Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus bis zum fertigen Isolationsmaterial.....	4
2.3.1	Allgemeines.....	4
2.3.2	Glasschaum-Granulat .....	5
2.3.3	XPS.....	6
2.3.4	Foamglas .....	6
2.4	Transport in Österreich vom Erzeuger zum Einsatzort.....	6
2.5	Einbau.....	6
2.6	Nutzungsphase .....	7
2.7	Abfälle.....	7
<b>3</b>	<b>Berechnungstabelle Carbon Footprint</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>11</b>



## 1 Einleitung

Das Interesse an Umweltauswirkungen von Produkten tritt sowohl bei Produzenten und Handelsketten als auch bei mündigen Konsumenten immer mehr in den Vordergrund. Medial bedingt hat sich der Klimawandel und dabei in erster Linie die Treibhausgasproblematik in unserem Bewusstsein verankert.

Der „Carbon Footprint“ gibt Auskunft über die gesamten Treibhausgas-Emissionen, für die ein Produkt in seinem Lebenszyklus verantwortlich zeichnet. Die im Carbon Footprint angegebenen Treibhausgasemissionen werden in Kilogramm oder Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben und auf eine funktionelle Einheit bezogen (z.B. 1 kg Produkt oder 1 Meter Rohrleitung oder 1.000 Stück).

In der vorliegenden Carbon Footprint Analyse werden drei verschiedene Isolationsmaterialien verglichen, die vor allem dann verwendet werden, wenn zusätzlich zur Isolationswirkung auch eine hohe Druckfestigkeit gefordert ist. Ein Beispiel ist die Wärmeisolation gegenüber Erdreich unterhalb der Fundamentplatte eines Einfamilienhauses. Die dafür verglichenen Isolationswerkstoffe sind Glasschaum-Granulat, XPS und Foamglas.

XPS Dämmstoffe sind Platten aus geschäumtem Polystyrol. Foamglas ist geschäumtes Glas in Plattenform. Als Hauptrohstoffe werden heute mechanisch gereinigtes Floatglasrezyklat (69 Gew-%) und Feldspat (22 Gew-%) eingesetzt (Thalmann 2006).

Um Glasschaum-Granulat herzustellen wird reines Altglas zu Glasmehl gemahlen und mit einem mineralischen Aktivator vermischt. Auf einem Stahlband aufgetragen durchläuft das Glasgemisch einen Ofen, wo es zu einer Platte versintert wird. Aufgrund der Spannungen, die durch die rasche Abkühlung beim Verlassen des Ofens entstehen, zerbricht es zu einem Granulat mit der Körnung, in der es dann auch verarbeitet wird ([www.technopor.at](http://www.technopor.at)).

Die nachfolgende Carbon Footprint-Analyse dieser Isolationsmaterialien wurde im Einklang mit dem EU/JRC-Standard durchgeführt ([http://lca.jrc.ec.europa.eu/Carbon\\_footprint.pdf](http://lca.jrc.ec.europa.eu/Carbon_footprint.pdf)).

## 2 Datengrundlagen

### 2.1 Definition der funktionellen Einheit

Als funktionelle Einheit wird in der vorliegenden Analyse die Wärmeisolation unterhalb der Fundamentplatte eines Einfamilienhauses gegenüber Erdreich auf einer Fläche von 11 x 13 Metern bzw. 143 m<sup>2</sup> gewählt. Durch die Wärmeisolierung soll ein U-Wert von 0,30 W/m<sup>2</sup>.K erreicht werden.

Die Carbon Footprint Ergebnisse werden sowohl in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent für diese funktionelle Einheit, als auch in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro m<sup>2</sup> Isolationsmaterial angegeben.

### 2.2 Materialeigenschaften der Isolationsmaterialien, Berechnung benötigter Massen

Nach Angaben der Firma Technopor werden 45,5 m<sup>3</sup> Glasschaum-Granulat benötigt, um auf der gegebenen Fläche von 143 m<sup>2</sup> einen U-Wert von 0,30 W/m<sup>2</sup>.K zu erreichen. Nach Verdichtung des Materials vor Ort beträgt die



Dicke der Isolationsschicht 24,5 cm. Die Druckfestigkeit der Schichte wird mit mind. 0,5 N/mm<sup>2</sup> angegeben. Die Dichte des Materials beträgt im unverdichteten Zustand ca. 175 kg/m<sup>3</sup> (160 – 190 kg/m<sup>3</sup>). Daraus resultiert eine benötigte Gesamtmasse von 7.963 kg Glasschaum-Granulat für die angenommene funktionelle Einheit.

Bei XPS wird mit einer am österreichischen Markt erhältlichen Platte gerechnet, die ebenfalls eine Druckfestigkeit von 0,5 N/mm<sup>2</sup> aufweist. Die Dichte der Platte beträgt 35 kg/m<sup>3</sup>, die Wärmeleitfähigkeit beträgt 0,035 W/m.K.<sup>1</sup> Damit der erreichte U-Wert auch in diesem Fall genau bei 0,30 W/m<sup>2</sup>.K liegt, wird rechnerisch eine Plattendicke von 11,7 cm angenommen. Die resultierende Gesamtmasse beträgt daher bei XPS 584 kg für die angenommene funktionelle Einheit.

Auch bei Foamglas wird mit einer Platte gerechnet, die eine Druckfestigkeit von 0,5 N/mm<sup>2</sup> aufweist. Die Dichte der Platte beträgt ca. 120 kg/m<sup>3</sup> (110 – 130 kg/m<sup>3</sup>), die Wärmeleitfähigkeit beträgt etwa 0,044 W/m.K (Hersteller-Angaben liegen zwischen 0,038 – 0,05 W/m.K für den angegebenen Einsatzzweck).<sup>2</sup> Damit der erreichte U-Wert auch in diesem Fall genau bei 0,30 W/m<sup>2</sup>.K liegt, wird rechnerisch eine Plattendicke von 14,7 cm angenommen. Die resultierende Gesamtmasse beträgt daher bei Foamglas 2.517 kg für die angenommene funktionelle Einheit.

## 2.3 Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus bis zum fertigen Isolationsmaterial

### 2.3.1 Allgemeines

Die im Folgenden angegebenen Treibhausgas-Emissionen pro kg Isolationsmaterial umfassen Emissionen aus dem Produktionsprozess und aus der Vorkette (Gewinnung und Bereitstellung von Rohstoffen und Energieträgern, Stromproduktion, etc.).

#### **Strommix**

Bei der Produktion von Glasschaum-Granulat wurde bisher Strom verwendet, dessen Produktionsmix lt. Angaben des Lieferanten dem UCTE-Mix entspricht (durchschnittlicher europäischer Strommix). Nach einem Wechsel des Stromanbieters wird ab dem Jahr 2008 nur noch Strom aus Wasserkraftwerken verwendet. Auch die aktuelle Ökobilanz für Foamglas (Thalmann 2006) beruht auf Strom aus 100 % Wasser- bzw. Windkraft. Die Daten der XPS-Produktion beruhen wiederum auf dem UCTE-Mix.

Um in der Carbon Footprint-Analyse eine möglichst gute Vergleichbarkeit der Datensätze untereinander zu erzielen, werden die Ergebnisse für alle drei verglichenen Dämmstoffe in zwei Varianten dargestellt, einmal basierend auf 100 % Wasserkraftstrom und alternativ dazu basierend auf Strom aus dem UCTE-Mix.

#### **Anteilige Primärproduktion von eingesetztem Glasrezyklat**

In Ökobilanzen werden bei der Verwendung von Rezyklaten verschiedene Ansätze für die Allokation von Aufwänden für die Primärproduktion gewählt, die mit der ursprünglichen Produktion des Materials verbunden war:

---

<sup>1</sup> Vgl. zB Austrotherm XPS® 50

<sup>2</sup> Vgl. zB Prüfzeugnisse + technische Daten der Deutsche Foamglas GmbH



1. Dem Rezyklat werden keine anteiligen Aufwände aus der ursprünglichen Primärproduktion zugeordnet. Dieser Ansatz ist insofern fragwürdig, als dabei Rohstoffe aus anderen Produktsystemen quasi „ohne ökologischen Rucksack“ übernommen werden und die ursprünglichen Aufwände der Primärproduktion zu 100% dem ersten erzeugten Produkt zugeordnet werden. Gleichzeitig wird aber zB dem Produktsystem Flachglas für rezyklierte Mengen am Ende des Lebenszyklus meist eine Recycling-Gutschrift angerechnet, die davon ausgeht, dass durch den Wiedereinsatz des Glasrezyklats eine gewisse Menge an Glas-Primärproduktion substituiert wird.
2. Im betrachteten Produktsystem wird nur so viel Rezyklat ohne anteilige Primärproduktionsaufwände übernommen, wie durch dieses Produktsystem selbst zur Verfügung gestellt wird. Werden beispielsweise nur 20 % des Produkts X am Ende seiner Einsatzdauer rezykliert, dann sollte jenen Rezyklatmengen, die für die Produktion von Produkt X verwendet werden und über einen Massenanteil von 20 % hinausgehen, zumindest ein Teil (zB 50 %) der ursprünglichen Primärproduktionsaufwände zugeschrieben werden.
3. Ein Spezialfall ergibt sich dann, wenn die eingesetzten Rezyklate nur in dem betrachteten Produkt sinnvoll eingesetzt werden können. Die Firma Technopor gibt zB an, dass ein Großteil der eingesetzten Glasrezyklate aus Reststoffen aus der Altglassortierung besteht, für die derzeit keine anderen Anwendungen zur Verfügung stehen und die daher andernfalls deponiert werden müssten. In diesem Fall könnte es gerechtfertigt sein, den eingesetzten Glasrezyklaten keinen ursprünglichen Primärproduktionsaufwand zuzuschreiben.

In der vorliegenden Carbon Footprint-Analyse werden den bei Glasschaum-Granulat und Foamglas verwendeten Glasrezyklaten zunächst keine anteiligen Primärproduktionsaufwände zugeschrieben. In einer Sensitivitätsanalyse wird jedoch dargestellt, wie sich die Ergebnisse verändern, wenn für 25 % des eingesetzten Glasrezyklats der ursprüngliche Primärproduktionsaufwand berücksichtigt würde.

### **Berücksichtigte Treibhausgase**

In der vorliegenden Carbon Footprint-Analyse werden neben **CO<sub>2</sub>** auch die noch teilweise zum Schäumen von XPS-Platten verwendeten Treibgase HFC-152a und HFC-134a berücksichtigt.

#### **2.3.2 Glasschaum-Granulat**

Rohstoffe für die Produktion von Glasschaum-Granulat sind nach Angaben von Technopor Altglas und 1,7 % Siliziumkarbid. Die verwendeten Daten zu CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> pro kg Material stammen aus Ecoinvent (2007).<sup>3</sup>

Der Strombedarf für die Produktion beträgt lt. Technopor 97 kWh pro m<sup>3</sup> unverdichtetem Glasschaum-Granulat. Die verwendeten Daten zu Lebenszyklus-Treibhausgasemissionen von Strom aus Wasserkraft bzw. aus dem UCTE-Mix stammen ebenfalls aus Ecoinvent (2007).

---

<sup>3</sup> Für die Variante der Berücksichtigung von anteiliger Glas-Primärproduktion für Glas-Rezyklat wird ein Datensatz verwendet, der sich auf Glasproduktion aus 100 % Primärmaterial (ohne Rezyklateinsatz) bezieht.



### 2.3.3 XPS

Daten zu CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> pro kg XPS (Lebenszyklus bis zur fertigen Dämmstoffplatte) wurden aus Ecoinvent (2007) übernommen. Weiters wurde bei XPS die Auswirkung von in der Gebrauchsphase entweichenden Treibgasen berücksichtigt: Auf Basis einiger Angaben von Exiba (European XPS Associations) wurde durch Fortschreibung des Trends von 2004 bis 2006 abgeschätzt, dass im Jahr 2007 bereits etwa 82,6 % der für die Isolation gegen Erdreich verwendeten XPS-Platten mit CO<sub>2</sub> geschäumt wurden. Für die übrigen XPS-Platten wurde angenommen, dass die Substitution von HFC-134a schneller voranschreitet als die Substitution von HFC-152a und dass daher etwa 1/3 der nicht mit CO<sub>2</sub> geschäumten Menge mit HFC-134a und etwa 2/3 mit HFC-152a geschäumt wurden. Weiters wurde angenommen, dass bei der unterirdischen Anwendung von XPS im Laufe der Einsatzzeit maximal 10 % der Treibgase entweichen. Mit einem Gewichtsanteil von 9 % an der gesamten Schaumstoffmasse und GWP100-Faktoren von 120 für HFC-152a und 1.300 für HFC-134a resultiert diese Abschätzung in 0,64 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro kg XPS aus in der Gebrauchsphase entweichenden Treibgasen.

### 2.3.4 Foamglas

Daten zu Treibhausgasemissionen bis zur fertig produzierten Foamglas-Platte wurden der aktuellen Ökobilanz für Foamglas (Thalmann 2006) entnommen.

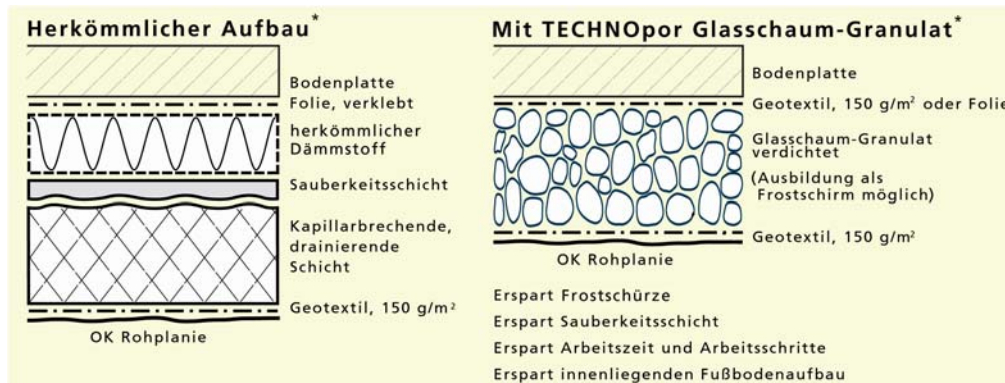
## 2.4 Transport in Österreich vom Erzeuger zum Einsatzort

Für den Transport in Österreich vom Erzeuger zum Einsatzort wurde eine Distanz von 200 km angenommen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden auf Basis eines LKW mit max. 16 Tonnen Ladegewicht in Abhängigkeit von der für die gewählte funktionelle Einheit jeweils notwendigen Masse berechnet.

## 2.5 Einbau

Der herkömmliche Aufbau unterhalb einer Fundamentplatte besteht in der Regel aus einem Geotextil, 20 – 25 cm Schotter, 3-5 cm Beton, Dämmstoff, Folie. Bei der Verwendung von Glasschaum-Granulat entfallen aufgrund der Eigenschaften des verdichteten Glasschaum-Granulats die Schichten Schotter und Beton (s. nachfolgende Abbildung aus einer Technopor-Broschüre). Zusätzlich ist ein geringerer Aushub notwendig.

Diese Unterschiede wurden in der vorliegenden Carbon Footprint-Analyse ebenfalls berücksichtigt, wobei alle benötigten Datensätze aus Ecoinvent (2007) entnommen wurden.



## 2.6 Nutzungsphase

Da im vorliegenden Vergleich von allen Dämmmaterialien ein U-Wert von  $0,30 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  erzielt wird, ergeben sich in der Nutzungsphase der Dämmstoffe keine Unterschiede. Die Nutzungsphase wird daher in dieser Carbon Footprint-Analyse nicht berücksichtigt. Grundsätzlich gilt, dass die durch alle Dämmstoffe in der Nutzungsphase erreichten Energie- bzw. CO-Einsparungen in der Regel um mindestens einen Faktor 100 größer sind als jene Emissionen, die durch die Produktion der Dämmstoffe entstehen (GUA/denkstatt 2006).

## 2.7 Abfälle

Es wird angenommen, dass die Isolationsmaterialien auf Dauer unterhalb der Fundamentplatte verbleiben, womit keine abfallwirtschaftlichen Effekte zu berücksichtigen sind.



### 3 Berechnungstabelle Carbon Footprint

		GSG	XPS-50	Foamglas
Einheit				
<b>Funktionelle Einheit</b>				
Fläche	m <sup>2</sup>	143	143	143
Volumen	m <sup>3</sup>	35	17	21
Dichte	kg/m <sup>3</sup>	227	35	120
Wärmeleitfähigkeit	W/mK	0,074	0,035	0,044
Dicke	cm	24,5	11,7	14,7
U-Wert	W/m <sup>2</sup> K	0,30	0,30	0,30
Masse	kg	7.963	584	2.517
Druckfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	0,50	0,50	0,50
<b>Produktion Isolationsmaterial</b>				
<b>Rohstoff</b>				
Allokation Glas-Primärproduktion für Glasrecycling				
Kumul. Energieaufw.	MJ/kg	16,51		16,51
THP CO <sub>2</sub> -Äquivalente	kg CO <sub>2</sub> /kg	0,60		0,60
Berücksichtigter Anteil	0–50% v. Rezyklat	0%		0%
SiC für GSG				
	MJ/kg	167		
	kg CO <sub>2</sub> /kg	7,08		
	kg SiC / kg GSG	0,017		
<b>Verarbeitung</b>				
Strom	kWh/m <sup>3</sup>	97		
Strom	MJ/kg	2,00	3,49	5,47
<b>Produktionsphase gesamt</b>				
Kumul. Energieaufw.	MJ/kg	8,50	93,43	27,44
THP CO <sub>2</sub> -Äquivalente	kg CO <sub>2</sub> / kg Prod.	0,12	3,75	1,24
<b>THP CO<sub>2</sub>-Äquivalente</b>	<b>t CO<sub>2</sub> / FU</b>	<b>0,98</b>	<b>2,19</b>	<b>3,11</b>
<i>Vgl. CO<sub>2</sub>-Äqu. pro kg Material</i>				
<i>Vgl. Masse pro funktioneller Einheit</i>				
<i>Vgl. CO<sub>2</sub>-Äqu. pro funktioneller Einheit</i>				
<b>Transport</b>				
Nur Hinfahrt (Rückfahrt anders genutzt)				
	kg CO <sub>2</sub> / km	0,85	0,85	0,85
	Ausnutzung Ladekapaz.	50%	4%	16%
	km	200	200	200
<b>THP CO<sub>2</sub>-Äquivalente</b>	<b>t CO<sub>2</sub> / FU</b>	<b>0,14</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>
<b>Einbau / Gebrauchsphase</b>				
Geotextil	Masse [kg]	21,5		
	<b>t CO<sub>2</sub> / FU</b>	<b>0,06</b>		
Folie	Masse [kg]		26,8	26,8
	<b>t CO<sub>2</sub> / FU</b>		<b>0,07</b>	<b>0,07</b>
3-5 cm Dichtbeton	Masse [m <sup>3</sup> ]		5,7	5,7
	<b>t CO<sub>2</sub> / FU</b>		<b>1,81</b>	<b>1,81</b>
20-25 cm Schotter	Masse [t]		64,4	64,4
	<b>t CO<sub>2</sub> / FU</b>		<b>0,17</b>	<b>0,17</b>
Mehraushub	Masse [m <sup>3</sup> ]		19,5	19,5
	<b>t CO<sub>2</sub> / FU</b>		<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
<b>Einbauphase ges.</b>	<b>t CO<sub>2</sub> / FU</b>	<b>0,06</b>	<b>2,06</b>	<b>2,07</b>





## 4 Ergebnisse

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Carbon Footprint-Analyse der bewerteten Isolationsmaterialien im Überblick:

	GSG	XPS-50	Foamglas
<b>Carbon footprint von Isolationsmaterialien unter Gebäudefundamenten</b>			
<b>Variante Strom aus 100% Wasserkraft</b>			
t CO <sub>2</sub> -Äqu. / FU	1,18	4,36	5,29
kg CO <sub>2</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup>	8,3	30,5	37,0
<b>Variante Strom aus UCTE-Mix</b>			
t CO <sub>2</sub> -Äqu. / FU	3,23	4,62	7,06
kg CO <sub>2</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup>	22,6	32,3	49,4
<b>Variante Strom aus Wasserkraft und 25% Primärproduktion Glas berücksichtigt</b>			
t CO <sub>2</sub> -Äqu. / FU	2,38	4,36	5,59
kg CO <sub>2</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup>	16,6	30,5	39,1

*Tabelle 1: Ergebnisse der Carbon Footprint-Analyse für die Isolationsmaterialien Glasschaum-Granulat, XPS und Foamglas bei Wärmeisolierung unterhalb einer Fundamentplatte gegen Erdreich. Angegeben sind die Treibhausgasemissionen im gesamten Lebenszyklus bis zum Einbau, einerseits in Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro gewählter funktioneller Einheit (Fläche von 11 x 13 Metern) und andererseits in kg CO<sub>2</sub> pro m<sup>2</sup> Isolationsmaterial. In allen Fällen wird ein U-Wert von 30 W/m<sup>2</sup>.K erreicht. Die dargestellten Varianten sind in Abschnitt 2.3.1 näher beschrieben.*

**In allen drei dargestellten Varianten weist Glasschaum-Granulat den niedrigsten Carbon Footprint auf.** Bei Verwendung aus Strom zu 100 % aus Wasserkraft, wie vom Erzeuger Technopor für das Jahr 2008 vertraglich vorgesehen, entstehen im Lebenszyklus Treibhausgasemissionen von **8,3 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro m<sup>2</sup> Isolationsmaterial für einen U-Wert von 30 W/m<sup>2</sup>.K.**

Die Ergebnisse zeigen weiters, dass sowohl bei Glasschaum-Granulat als auch bei Foamglas der Carbon Footprint wesentlich von der Art der Stromerzeugung abhängt. Bei Glasschaum-Granulat ist der Carbon Footprint bei Strom aus UCTE-Mix um den Faktor 2,7 höher ist als bei Strom aus Wasserkraft.

Auch die Berücksichtigung von anteiligen Aufwänden für die ursprünglichen Primärproduktion von Glas bei der Verwendung von Glasrecycling (s. Abschnitt 2.3.1) kann die Ergebnisse entscheidend beeinflussen. Bei der Verwendung von Strom aus Wasserkraft müssten allerdings 67 % der ursprünglichen Glas-Primärproduktion dem Produkt Glasschaum-Granulat angerechnet werden, damit der Carbon Footprint gleich groß wird wie jener von XPS. Bei der Verwendung von Strom aus dem UCTE-Mix ergibt sich Gleichstand mit XPS, wenn 29 % der ursprünglichen Glas-Primärproduktion dem Produkt Glasschaum-Granulat angerechnet werden. Der Umstand, dass die für Glasschaum-Granulat eingesetzten Glasrecyclate jedoch zum Großteil Reststoffe aus der Altglassortierung sind, die andernfalls deponiert werden müssten, spricht allerdings dafür, dass dem Produkt



Glasschaum-Granulat keine oder nur geringe Anteile der Glas-Primärproduktion angerechnet werden sollten.

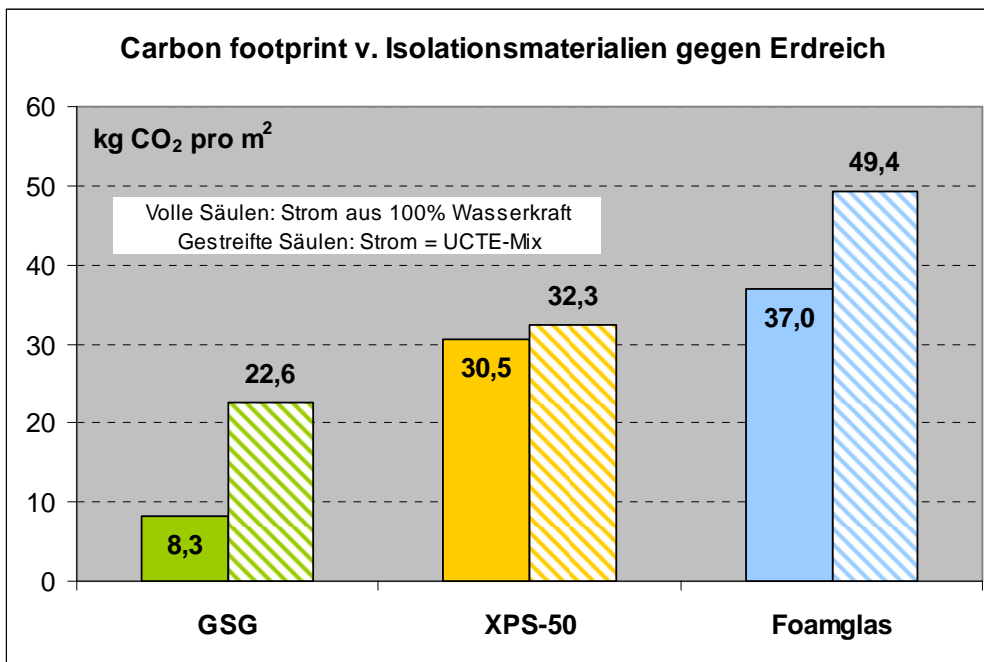


Abbildung 1: Treibhausgasemissionen (in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten), die pro m<sup>2</sup> Isolationsmaterial (Glasschaum-Granulat, XPS und Foamglas) im gesamten Lebenszyklus bis zum Einbau entstehen, wenn durch Wärmeisolierung unterhalb einer Fundamentplatte gegen Erdreich ein U-Wert von 30 W/m<sup>2</sup>.K erreicht werden soll.

Bei den gefüllten Säulen wird der Strombedarf bei der Produktion der Isolationsmaterialien zu 100% aus Wasserkraft bereitgestellt. Den gestreiften Säulen liegt dagegen der durchschnittliche europäische Strommix (UCTE-Mix) zugrunde.

Die dargestellten Ergebnisse beruhen auf den gewählten Inputdaten und können sich insbesondere bei abweichenden Daten zur Dichte und zur Wärmeleitfähigkeit der Materialien ändern. So würde beispielsweise aus den Bandbreiten für die Wärmeleitfähigkeit (0,038 – 0,05 W/m.K) und für die Dichte (110 – 130 kg/m<sup>3</sup>) bei Foamglas für die Variante „Strom aus 100 % Wasserkraft“ ein Ergebnisintervall von 32 bis 42 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> resultieren.

Andere Hersteller von Glasschaumgranulat erzeugen die für das Schäumen benötigte Wärme mit Gas anstatt mit Strom, wobei gleichzeitig etwas weniger Endenergie benötigt wird. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro MJ Wärme aus Gas liegen bei etwa 65% der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro MJ Wärme aus UCTE-Strom. Der produktionsenergiebedingte Anteil des Carbon Footprint für Glasschaumgranulat, das mit Gas geschäumt wird, kann daher grob mit 50-60% des Carbon Footprint bei Produktion mit Strom aus dem UCTE-Mix abgeschätzt werden. Insgesamt läge der Carbon Footprint für Glasschaumgranulat, das mit Gas geschäumt wird, dann bei etwa 16 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.



Zum Vergleich von XPS und Foamglas ist schließlich zu bemerken, dass unter den gewählten Rahmenbedingungen der Aufwand an *nicht erneuerbarer* Energie im Lebenszyklus von XPS (453 MJ/m<sup>2</sup>, resultierend aus 92,4 MJ/kg) etwas über jenem von Foamglas (435 MJ/m<sup>2</sup>, resultierend aus 20,6 MJ/kg) liegt, bei den Treibhausgasemissionen XPS jedoch etwas besser abschneidet als Foamglas. Der Grund liegt darin, dass beim kumulierten Energieaufwand von XPS auch die als „Feedstock“ verwendete Energiemenge mitgezählt wird (das zu Kunststoff umgewandelte Erdöl bzw. Erdgas), der jedoch in diesem Fall keine CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüberstehen.

## Resümee

Die vorliegende Analyse zeigt, dass Glasschaumgranulat von Technopor beim Vergleich mit den Alternativmaterialien XPS-50 und Foamglas den geringsten "Carbon Footprint" aufweist. Das bedeutet, dass die im Lebenszyklus entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen - von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis zum Einbau - deutlich niedriger sind als bei den untersuchten Alternativmaterialien mit ähnlichen Eigenschaften bzgl. Wärmeisolierung und Druckfestigkeit.

Durch die Verwendung von Glasabfällen und von Strom aus Wasserkraft bei der Herstellung von Glasschaumgranulat von Technopor liegt der Carbon Footprint nur bei rund 8 kg CO<sub>2</sub> pro m<sup>2</sup> (bei einem U-Wert von 30 W/m<sup>2</sup>.K) und kann damit zu den umweltfreundlichsten Isolationsmaterialien gezählt werden. Zusätzlich wird während der Einsatzdauer des Isolationsmaterials aufgrund der damit verbundenen Einsparung von Heizenergie mindestens das Hundertfache an CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart, die durch die Herstellung angefallen sind.

## 5 Literaturverzeichnis

Ecoinvent (2007): ecoinvent data v2.0, Nov. 2007, Swiss Centre for Life Cycle Inventories ([www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch))

GUA/denkstatt (2006): The potential of plastic insulation to realise energy savings and de-coupling in Europe, im Auftrag von PlasticsEurope, Brussels

Thalmann 2006: Ökobilanz 2005, FOAMGLAS® T4 WDS, Bau- und Umweltchemie Beratungen + Messungen AG, Zürich