

# Rechenansätze zum CO<sub>2</sub>-Vergleich

## 1. Beton:

Quelle: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr. 1, 11. Jg., März 2002

Der KEA eignet sich normalerweise als Leitindikator für energiebedingte Umwelteffekte (Jenseit 1999), da 65 % aller Treibhausgase einschließlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen, 90 % der SO<sub>2</sub>-Emissionen und 85 % der NO<sub>x</sub>-Emissionen durch den Energieverbrauch verursacht werden (Fleischer und Schmidt 1996; cit. in SETAC 1997). Bei zementgebundenen Baustoffen entstehen die CO<sub>2</sub>-Emissionen sowohl rohstoff- als auch energiebedingt. Die rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen bei der Entsäuerung des Kalksteins ( $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ) während des Zementklinker-Brennprozesses und besitzen

einen Anteil von ca. 60 % an der CO<sub>2</sub>-Gesamtemission der Zementproduktion (VDZ 2000).

Als Leitindikator für die bei der Zementproduktion entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen ist der KEA<sub>H</sub> deshalb nicht aussagekräftig. Um die Treibhausgas-Emissionen adäquat darzustellen, wird hier zusätzlich zum KEA<sub>H</sub> explizit das CO<sub>2</sub>-Äquivalent ausgewiesen.

Für die Berechnung des Kumulierten Energieaufwands (KEA<sub>H</sub>) für die Herstellung von Beton und das CO<sub>2</sub>-Äquivalent wurden für Zement, Kies und Sand Daten aus (ifib, HAB, ESU 1995) und für rezyklierten Zuschlag Daten aus (Müller 2001) herangezogen.

**Tab. 6: Betonrezepturen zum Vergleich**

	<i>Beton mit rezykliertem Zuschlag</i>			<i>Kies-Beton</i>
	<i>BIM-Projekt: Hundertwasserhaus Darmstadt</i>	<i>BIM-Projekt: Gesundheitshaus Münster</i>	<i>Beton mit Recycling-Zuschlag (Herstellerangaben)</i>	<i>Beton mit Natur-Zuschlag (Herstellerangaben)</i>
<i>Beton</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Festigkeitsklasse DIN	B25	B25	B25	B25
Konsistenz	KR	KR	KR	KR
Verwendung	Innenbauteil	Innenbauteil	Innenbauteil	Innenbauteil
<i>Zusammensetzung pro m<sup>3</sup> Beton</i>				
Zement (CEM I)	280 kg	340 kg	240 kg	240 kg
Flugasche	60 kg	70 kg	80 kg	70 kg
Natur-Zuschlag	1196 kg	1129 kg	878 kg	1830 kg
Recycling-Zuschlag	581 kg	528 kg	840 kg	-
Betonverflüssiger	1,4 kg	1 kg	1,2 kg	1,2 kg
Wasser	180 kg	187 kg	186 kg	180 kg
Gesamtgewicht	2298,4 kg	2255 kg	2225,2 kg	2321,2 kg

Innerhalb des Modells wurden die energetischen Aufwendungen und Emissionen des Transports der Einsatzstoffe zum Betonwerk und deren Mischung noch nicht berücksichtigt. Darüber hinaus lagen für die betrachteten Betonsorten keine Angaben über den Fließmitteleinsatz auf der Baustelle vor. Rezyklierte Abfälle werden ohne Vorkettenbelastung („Ökologischer Rucksack“) bilanziert.

## 6.2 Ergebnisse des ökobilanziellen Vergleichs

Die bei der Herstellung von Beton verursachte Umweltbelastung gliedert sich auf drei Bereiche auf:

- Verbrauch mineralischer Ressourcen (kg)
- Verbrauch energetischer Ressourcen (KEA<sub>H</sub>)
- Emissionen (kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent)

Die Ergebnisse des ökobilanziellen Vergleichs sind für diese drei Bereiche in Tabelle 7 wiedergegeben.

**Tab. 7: Ergebnisse des ökobilanziellen Vergleichs von Betonen mit und ohne rezykliertem Zuschlag**

	<i>Beton mit rezykliertem Zuschlag</i>			<i>Kies-Beton</i>
	<i>BIM-Projekt: Hundertwasser- haus Darmstadt</i>	<i>BIM-Projekt: Ge- sundheitshaus Münster</i>	<i>Beton mit Recycling- Zuschlag (Herstellerangaben)</i>	<i>Beton mit Natur- Zuschlag (Herstellerangaben)</i>
<i>Beton</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Ressourcenschonung Kies	581 kg	528 kg	840 kg	-
KEA <sub>H</sub> *	1774,8 MJ	2105,0 MJ	1604,3 MJ	1418,1 MJ
CO <sub>2</sub> -Äquiv.	269,6 kg	326,5 kg	232,3 kg	229,8 kg

\* Kies und Sand: gerechnet mit KEA<sub>H</sub> 19 kJ/kg (Quelle: Baustoffdaten-Ökoinventare, 1995), es werden aber auch 44 kJ/kg in der Literatur genannt (KEA-Daten zu Baustoffen, FfE München <<http://www.ffe.de>>).

\* Rezyklierter Zuschlag: gerechnet mit KEA<sub>H</sub> 200 kJ/kg (Quelle: Müller 2001), ein Wert von 60 kJ/kg erscheint möglich (eigene Abschätzung).

Für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Vergleiches werden die günstigsten Werte aus Tabelle 7 angenommen. Da weitere zur Herstellung des Betons notwendige Energien für innerbetrieblichen Transport oder Zusatzmittel und die Auswirkungen der entfallenden "Ressourcenschonung Kies" nicht berücksichtigt werden, verschieben sich die Berechnungswerte zu Gunsten des Betons.

Der KEA wird für den Vergleich mit 1418,1 MJ/m<sup>3</sup> = 393,92 kWh/m<sup>3</sup> angesetzt, die ca. 39,39 l/m<sup>3</sup> Diesel entsprechen.

Die CO<sub>2</sub>-Produktion aus der chemischen Reaktion des Zementes wird mit 229,8 kg/m<sup>3</sup> angesetzt. Für die Berechnung in der Tabelle ist dieser Wert in ein Diesel-Äquivalent umgerechnet worden und entspricht ca. 73,4 l/m<sup>3</sup> Diesel.

## 2. TTE-System

Angaben des Herstellers:

- für die Aufbereitung des Materials werden ca. 2,6 kWh / Stück benötigt sowie 0,55 l Öl zu Trocknerluftherzeugung
- für das Spritzen des Rasengitters aus dem Material zum TTE MultiDrain werden weitere ca. 2,8 kWh / Stück benötigt.

Verbrauch für innerbetriebliche Transporte des Material können wir leider nicht beziffern.

Bei einer CO<sub>2</sub>-Emission von 620 g/kWh im Strommix und 2.800 g/l ergibt sich somit eine Emission pro Stück TTE MultiDrain von 4,84 kg CO<sub>2</sub>. Dieses ist aber nicht umfassend. Zum einen fehlt die Verwertung der 25% Abfallstoffe aus der Aufbereitung und der sonstige Verbrauch (innerbetrieblicher Transport etc.)

Da die Verwendung von Rezyklaten in der Ökobilanz nicht angerechnet wird (im Beton analog zur Flugasche als Zementersatz) wird für die weitere Berechnung der Wert von 4,84 kg/ St (1/4 m<sup>2</sup>) in 1,55 l Diesel/St umgerechnet.

Das TTE-Pflaster wird in die Gitter gelegt und es werden je m<sup>2</sup> 100 Stück TTE-Pflastersteine mit den Abmessungen 7,4x7,4x4,8 cm benötigt. Das entspricht  $100 \cdot 0,074 \cdot 0,074 \cdot 0,048 = 0,026$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> Beton. Für diesen Beton werden die analogen Werte des Boetons aus 1) angesetzt.