

Der kumulierte Energieaufwand (KEA) ausgewählter Baustoffe für die ökologische Bewertung von Betonbauteilen

Wissenschaftlicher Kurzbericht Nr. 13 (2007)

Dipl.-Ing. Thorsten Stengel, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Peter Schießl

Arbeitsgruppe 2: Beton

1 Einleitung

Mit Hilfe des kumulierten Energieaufwands (KEA) können herstellbedingte ökologische Aspekte von Baustoffen vereinfacht abgeschätzt werden. Im Rahmen dieser Studie wurde der KEA nach der in [1] vorgestellten Methode für verschiedene Baustoffe ermittelt. Dabei wurde der KEA getrennt nach nicht erneuerbaren (fossil, nuklear) und erneuerbaren Energieträgern (Biomasse, Wind / Solar / Geothermie, Wasserkraft) berechnet. Der hier jeweils ermittelte baustoffbezogene KEA dient nicht zum Vergleich der Baustoffe an sich; vielmehr sollen die Ergebnisse als Grundlagen für die Bewertung von leistungsgleichen Bauteilen aus diesen Baustoffen verstanden werden.

2 Untersuchungen

Die Berechnung des KEA erfolgte mit Hilfe von Prozessdatensätzen aus der ecoinvent-Datenbank [2]. Untersucht wurden unterschiedliche Betonausgangsstoffe sowie Stahlfasern und Betonstahl. Angemerkt sei, dass die Ermittlung des KEA eine detaillierte Analyse der Umweltwirkungen z.B. im Rahmen einer Ökobilanz im konkreten Fall nicht ersetzen kann.

3 Ergebnisse

Zemente

Die Prozessdatensätze der Herstellung von Zementen enthalten die Teilprozesse Klinker, Gips, Zuschlagstoffe, Transport, Elektrizität, Ethylenglykol, Produktionsanlagen und Zementwerk. Weitere Informationen zu diesen Datensätzen können [3] entnommen werden. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

KEA [MJ/kg]	CEM III/A	CEM I	CEM I
	42,5	42,5	52,5
fossil	2,572	2,883	2,944
nuklear	0,663	0,612	0,733
Biomasse	0,024	0,024	0,025
Wind / Solar / Geothermie	0,004	0,004	0,005
Wasserkraft	0,258	0,251	0,290
Gesamt	3,521	3,774	3,997

Gesteinskörnungen

In den Prozessdatensätzen für die Gewinnung von Gesteinskörnungen werden die Infrastruktur (Werksgebäude, Lagerhalden) und der Abbauprozess berücksichtigt. Detaillierte Informationen dazu können [4] entnommen werden. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

KEA [MJ/kg]	Natur-sand, Natur-kies	Basalt	Splitt	Quarz-sand
fossil	0,033	0,098	0,056	0,301
nuklear	0,018	0,032	0,059	0,024
Biomasse	0,001	0,001	0,001	0,001
Wind / Solar / Geothermie	0,000	0,001	0,000	0,000
Wasserkraft	0,006	0,005	0,019	0,007
Gesamt	0,058	0,137	0,135	0,333

Anmachwasser (Trinkwasser)

Der Prozessdatensatz Trinkwasser enthält die Teilprozesse Wasserwerk, Pumpstation, Trinkwasserspeicherung und Versorgungsnetz. Er basiert im Wesentlichen auf Informationen der Schweizer Trinkwasserversorgung [5]. Die Ergebnisse der Berechnungen können folgender Tabelle entnommen werden.

KEA [MJ/kg]	Trinkwasser
fossil	0,003
nuklear	0,002
Biomasse	0,000
Wind / Solar / Geothermie	0,000
Wasserkraft	0,000
Gesamt	0,005

Fließmittel (Wirkstoff: Polycarboxylatether)

Da in der ecoinvent-Datenbank lediglich Prozessdaten für die Herstellung von Polycarboxylaten der Waschmittelindustrie enthalten sind, wurde die Herstellung von Fließmittel auf Basis von Polycarboxylatether (PCE) im Rahmen eines Forschungsprojekts am cbm analysiert. Der mit Hilfe von produktionsspezifischen Rohdaten und der ecoinvent-Datenbank modellierte Prozess berücksichtigt neben den Basischemikalien (z.B.

Acrylsäure, Maleinsäure) und elektrischer Energie auch die Infrastruktur in Form von Reaktoren, Tanks und Gebäuden. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in folgender Tabelle dargestellt.

KEA [MJ/kg]	Fließmittel (PCE)
fossil	24,704
nuklear	3,325
Biomasse	0,221
Wind / Solar / Geothermie	0,082
Wasserkraft	0,525
Gesamt	28,857

Stahlfasern (\varnothing 0,15 mm und \varnothing 1,0 mm)

Ebenso wie für die Herstellung von Fließmittel (PCE) wurden die Prozessdaten der Herstellung von Stahlfasern am cbm erarbeitet. Die Herstellung von Mikrostauffasern (\varnothing 0,15 mm) gliedert sich in die sieben Teilprozesse Herstellung des Elektrostahts, Warmwalzen, Entzundern, Trockenziehen, Nassziehen, Glühen, Verseilen und Ablängen. Bei der Herstellung von Stahlfasern des Durchmessers 1,0 mm kann der Nassziehprozess i.d.R. entfallen. Bis auf die Prozesse der Elektrostahtherstellung sowie des Warmwalzens wurden alle Teilprozesse mit Hilfe von produktionspezifischen Rohdaten und der ecoinvent-Datenbank modelliert. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in folgender Tabelle dargestellt.

KEA [MJ/kg]	Mikrostauffaser \varnothing 0,15 mm	Stahlfaser \varnothing 1,0 mm
fossil	34,935	18,573
nuklear	23,725	10,453
Biomasse	0,840	0,576
Wind / Solar / Geothermie	0,608	0,267
Wasserkraft	3,538	1,579
Gesamt	63,646	31,448

Betonstahl

Der Prozessdatensatz für die Herstellung von Betonstahl beinhaltet in der ecoinvent-Datenbank die Teilprozesse Herstellung von Oxygen- und Elektrostaht und Warmwalzen. Abweichend davon wurde hier angenommen, dass Betonstähle in Deutschland zu 100 % aus Elektrostaht hergestellt werden. Weitere Informationen zu diesem Datensatz können [6] entnommen werden. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in folgender Tabelle dargestellt.

KEA [MJ/kg]	Betonstahl
fossil	9,703
nuklear	3,275
Biomasse	0,131
Wind / Solar / Geothermie	0,083
Wasserkraft	0,517
Gesamt	13,709

4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sollen dazu beitragen, ökologische Aspekte der Herstellung von Bauteilen aus Beton vereinfacht abschätzen zu können. Dafür wurde der KEA für unterschiedliche Betonausgangsstoffe sowie Stahlfasern und Betonstahl berechnet. Ein Teil der dafür notwendigen Prozessdaten wurde direkt aus der ecoinvent-Datenbank [2] übernommen. Da für die Herstellung von Fließmittel auf Basis von Polycarboxylatether sowie für die Herstellung von Stahlfasern keine Prozessdaten vorlagen, wurden im Rahmen eines Forschungsprojekts am cbm zunächst produktionspezifische Rohdaten ermittelt. Auf Basis dieser Ergebnisse konnten mit Hilfe von Datensätzen aus der ecoinvent-Datenbank die jeweiligen Teilprozesse der Herstellung abgebildet werden. Damit ist es möglich, den KEA für unbewehrten und bewehrten Beton bzw. Stahlfaserbeton bestehend aus den hier vorgestellten Ausgangsstoffen anzugeben. Die hier gezeigten Ergebnisse sollen als Grundlagen für die Bewertung von leistungsgleichen Bauteilen verstanden werden und dienen nicht zum Vergleich der Baustoffe an sich.

5 Literatur

- [1] Frischknecht R. et. al.: Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods, ecoinvent report No. 3, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf (CH), 2004
- [2] www.ecoinvent.ch, Version 1.2 und 1.3
- [3] Kellenberger, D. et. al.: Building Products Part II: Cement Products and Processes, ecoinvent report No. 7, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf (CH), 2004
- [4] Kellenberger, D. et. al.: Building Products Part I: Gravel and Sand Products and Processes, ecoinvent report No. 7, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf (CH), 2004
- [5] Althaus, H.-J. et. al.: Life Cycle Inventories of Chemicals Part II: Inventoried Chemicals, ecoinvent report No. 8, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf (CH), 2004
- [6] Althaus H.-J. et. al.: Life Cycle Inventories of Metals, ecoinvent report No. 10, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf (CH), 2004

Diese Studie ist Teil des Forschungsprojekts „Nachhaltigkeitsanalyse von UHPC mit Hilfe von Sachbilanz und Wirkungsabschätzung“, welches von der DFG im Rahmen des Schwerpunktprogramms Nr. 1182 „Nachhaltiges Bauen mit ultrahochfestem Beton“ gefördert wurde.