

Beitrag zur Ökobilanz-Werkstatt 2007

Bitte schicken Sie das ausgefüllte Formular bis spätestens **16. Juli 2007** an
lca-werkstatt@netzwerk-lebenszyklusdaten.de !

Name: Stengel
Vorname: Thorsten
Organisation: TU München
Organisationseinheit: Centrum Baustoffe und Materialprüfung - cbm
Kontaktdaten:
Strasse: Baumbachstr. 7
PLZ: 81245
Ort: München
Telefon: 089-289-27078
Email: stengel@cbm.bv.tum.de

Titel:

Die Rolle der Ökobilanz bei der Entwicklung neuer Werkstoffe - das DFG-Schwerpunktprogramm 1182 "Nachhaltiges Bauen mit ultra-hochfestem Beton (UHPC)"

Abstract: (max. 1000 Zeichen)

Bauwerke aus Normalbeton sind traditionell schwer und verbrauchen daher erhebliche Mengen an Rohstoffen. Die Festigkeit ist so begrenzt, dass trotz Stahlbewehrung große Querschnitte erforderlich sind, um die auftretenden Beanspruchungen aufzunehmen. Bei weit gespannten Bauteilen begrenzt deshalb das Eigengewicht die mögliche Spannweite, nicht die Nutzlast. UHPC ist dagegen ein völlig neuer, sehr gefügedichter Beton mit einer Druckfestigkeit von bis zu 250 N/mm² und einer Biegezugfestigkeit von bis zu 30 N/mm². Er ist bis zu 10-mal fester als Normalbeton. Bauwerke aus UHPC können deshalb bei gleicher Tragfähigkeit wesentlich filigraner, leichter und ästhetischer gestaltet werden. Zudem ist UHPC außerordentlich dauerhaft. Bauschäden können vermieden werden, deren Behebung jährlich Milliarden Euro kostet. UHPC eröffnet der Betonbauweise deshalb völlig neue Möglichkeiten. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) legte daher im Jahr 2005 ein Schwerpunktprogramm auf, das es zum Ziel hat, die wissenschaftlichen Grundlagen des neuen Werkstoffs zu erforschen und ihn im Sinne der Nachhaltigkeit mit minimierten Umweltauswirkungen zur Anwendungsreife zu bringen.

Stichwörter zum Anwendungsfeld:

(hier müssen Sie genau **drei** Stichwörter angeben, wobei mindestens **eins** aus der vorgegebenen Liste ausgewählt werden muss; bis zu zwei Stichwörter können frei formuliert werden.)

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Gebäude und Bauprodukte | <input checked="" type="checkbox"/> Materialentwicklung |
| <input type="checkbox"/> Biomassenutzung | <input type="checkbox"/> Energieträger, Energiewandlung und -distribution |
| <input type="checkbox"/> Konsumgüter | <input type="checkbox"/> Infrastrukturen und Investitionsgüter |
| <input type="checkbox"/> Transport und Verkehr | <input type="checkbox"/> chemische Grundstoffe und Erzeugnisse |
| <input type="checkbox"/> Abfallwirtschaft und Entsorgung | <input type="checkbox"/> metallische Roh- und Werkstoffe, Halbzeuge |

(eigene Stichwörter):

- Design for Environment

Stichwörter zur Methodik:

(auch hier müssen sie genau **drei** Stichwörter angeben, wobei mindestens **eins** aus der vorgegebenen Liste ausgewählt werden muss; bis zu zwei Stichwörter können frei formuliert werden)

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Sachbilanz (LCI) | <input type="checkbox"/> Lebenszyklusbetrachtungen im betrieblichen Umfeld |
| <input checked="" type="checkbox"/> Wirkungsabschätzung (LCIA) | <input type="checkbox"/> Ökobilanzen für Produktgestaltung und -auszeichnung |
| <input type="checkbox"/> Allokation / Systemraumerweiterung | <input type="checkbox"/> Lebenszykluskosten und Ökoeffizienz |
| <input type="checkbox"/> Datenqualität | <input type="checkbox"/> Datenintegration und Umgang mit Datenlücken |
| <input type="checkbox"/> Datenhaltung und Datenverarbeitung | <input type="checkbox"/> Szenarien |

(eigene Stichwörter):

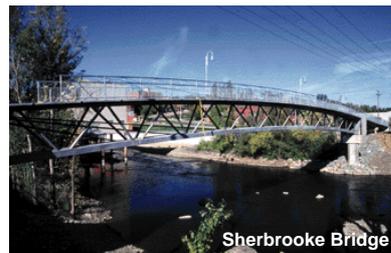
- Life Cycle Inventory Data Collection (LCIDC)

Die Rolle der Ökobilanz bei der Entwicklung neuer Werkstoffe – das DFG-Schwerpunktprogramm 1182 „Nachhaltiges Bauen mit ultra-hochfestem Beton (UHPC)“

Dipl.-Ing. T. Stengel
Centrum Baustoffe und Materialprüfung der TU München

Einführung: Möglichkeiten UHPC

- **Hohe Druckfestigkeit** bis 250 MPa
- **sehr dichtes Gefüge** → hohe Dauerhaftigkeit



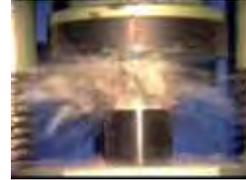
Filigrane Bauwerke mit z.T. neuen Konstruktionsprinzipien möglich



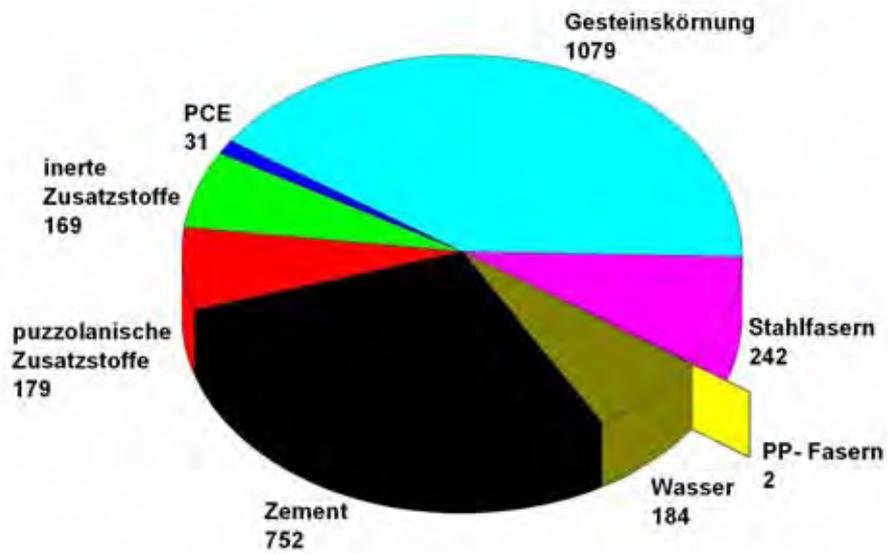
Hochbeanspruchte Bauteile aus UHPC



- **Explosionsartiges Versagen** von unbewehrtem UHPC unter Druckbeanspruchung / konz. Last → Einsatz von Fasern notwendig
- **Schlagartiges Versagen** im Biegezugversuch → gezielter Einsatz von Fasern zur Optimierung des Nachbruchverhaltens
- hoher Gehalt an **energieintensiven Mischungsbestandteilen** (Zement, Fasern, Hochleistungsfließmitteln)
- **lange Mischzeiten / hohe Mischintensität** notwendig → derzeit nur im Werk möglich
- **Bemessungsregeln fehlen** derzeit

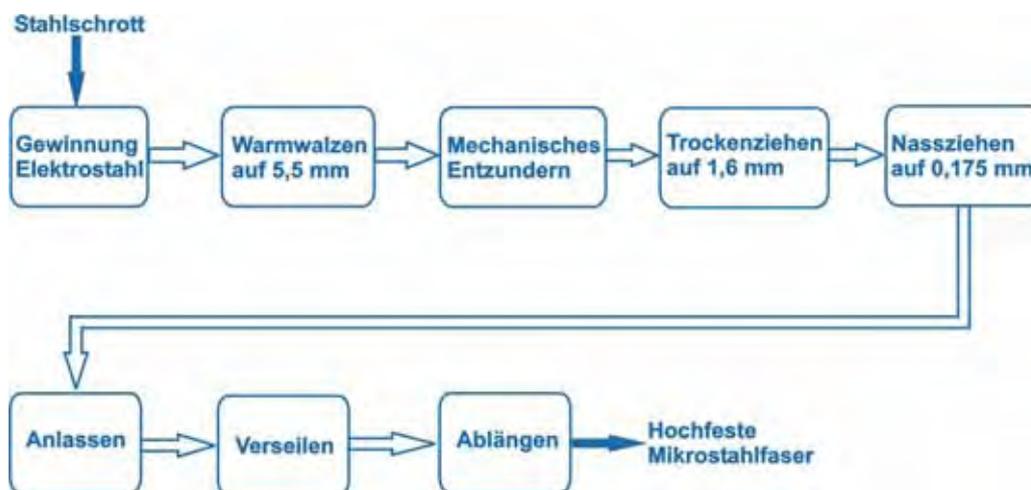


- 6-jähriges DFG-Schwerpunktprogramm mit 3 Förderperioden á 2 Mio. €
Fördersumme, Koordination: Uni Kassel
- 20 Projekte aus der Baustoffkunde und dem Massivbau in der 1. Förderperiode
→ Ermittlung von relevanten Werkstoffkenngrößen, Erarbeitung von neuen Konstruktionsprinzipien und Bemessungsregeln
- 1 Projekt zur Ermittlung der potentiellen Umweltauswirkungen im Rahmen einer Ökobilanz am cbm der TUM → Erarbeitung des notwendigen Dateninventars, Ökobilanzierung von UHPC und UHPC-Konstruktionen mit Hilfe von ecoinvent und SimaPro



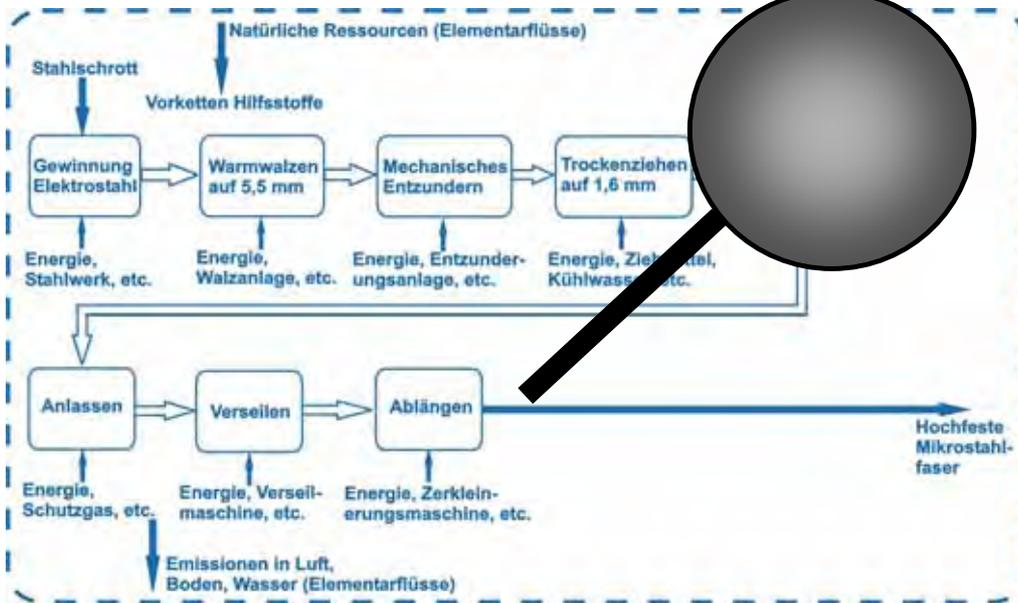
Arithmetisches Mittel von 75 UHPC-Rezepturen in kg/m³

Aufstellen der Prozesskette (einfaches Flussdiagramm):

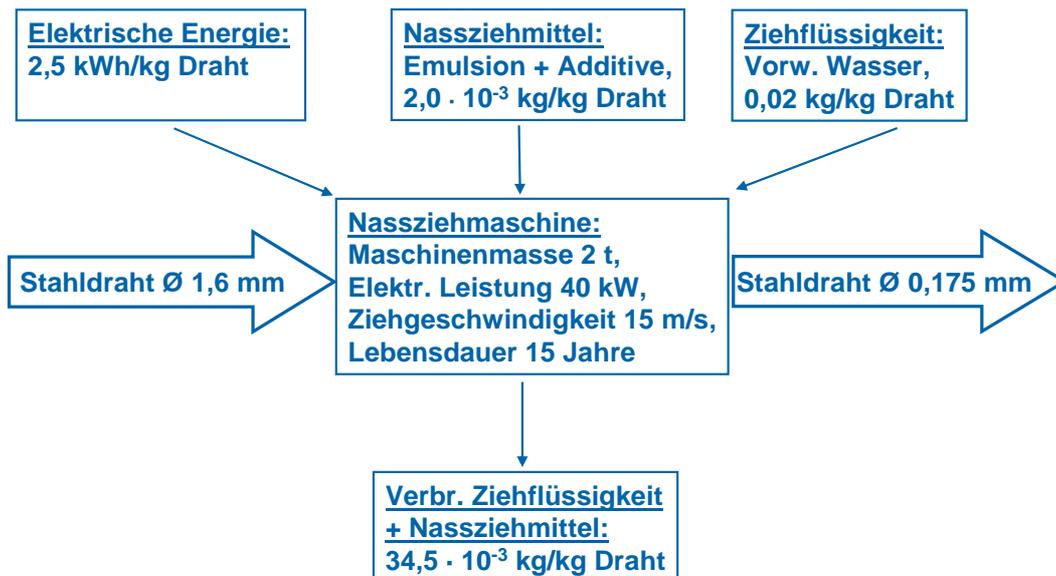


Erarbeiten Prozessdaten: Herstellung Mikrostahtfasern

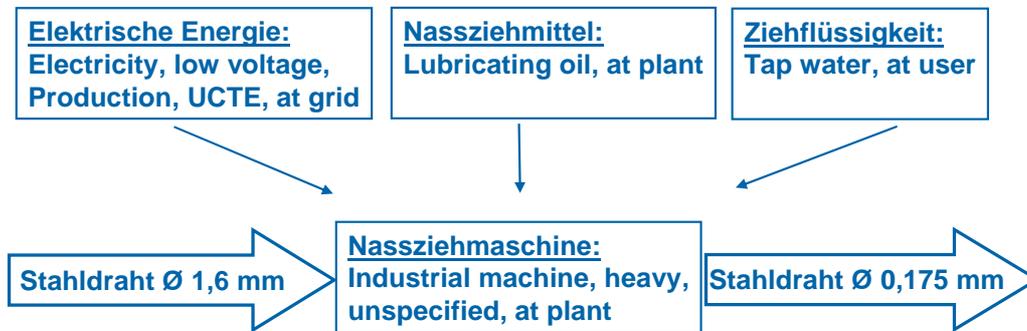
Flussdiagramm mit Inputs / Outputs und Systemgrenzen:



Erarbeiten Prozessdaten Mikrostahtfaser:
Teilprozess Nassziehen von 1,6 mm auf 0,175 mm



Teilprozess Nassziehen von 1,6 mm auf 0,175 mm: Modellierung mit Hilfe von ecoinvent-Prozessdaten

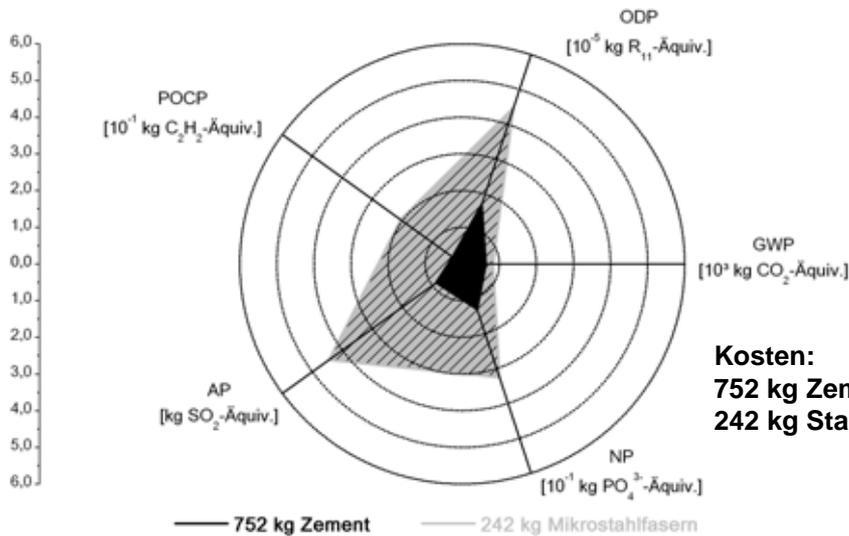


Teilprozesse Mikrostahtfaserherstellung: Modellierung mit Hilfe von ecoinvent-Prozessdaten

| | |
|--|-------------------------|
| Elektrostahlherstellung | |
| Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant | 1,00 kg |
| Warmwalzen | |
| Hot rolling, steel | 1,00 kg |
| Entzundern | |
| Industrial machine, heavy, unspecified, at plant | $8,52 \cdot 10^{-5}$ kg |
| Electricity, low voltage, production UCTE, at grid | 0,0357 kWh |
| Trockenziehen | |
| Industrial machine, heavy, unspecified, at plant | $8,28 \cdot 10^{-5}$ kg |
| Electricity, low voltage, production UCTE, at grid | 0,114 kWh |
| Soap, at plant | 0,01 kg |
| Nassziehen | |
| Industrial machine, heavy, unspecified, at plant | $5,84 \cdot 10^{-4}$ kg |
| Electricity, low voltage, production UCTE, at grid | 2,513 kWh |
| Lubricating oil, at plant | 0,002 kg |
| Tap water, at user | 0,020 kg |
| Anlassen | |
| Industrial machine, heavy, unspecified, at plant | $6,02 \cdot 10^{-5}$ kg |
| Electricity, low voltage, production UCTE, at grid | 0,126 kWh |
| Verseilen | |
| Industrial machine, heavy, unspecified, at plant | $1,56 \cdot 10^{-3}$ kg |
| Electricity, low voltage, production UCTE, at grid | 1,041 kWh |
| Ablängen | |
| Industrial machine, heavy, unspecified, at plant | $1,60 \cdot 10^{-4}$ kg |
| Electricity, low voltage, production UCTE, at grid | 0,037 kWh |

Vergleich Mikrostahtfasern – Zement für eine mittlere UHPC-Rezeptur

Wirkungsindikatorergebnisse für die Herstellung von 752 kg CEM I 52,5 R und
242 kg hochfeste Mikrostahtfasern

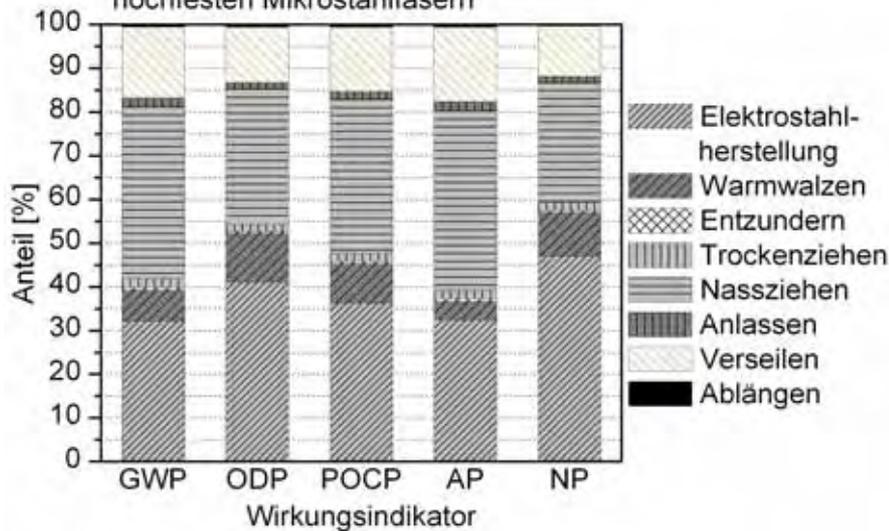


Kosten:
 752 kg Zement: ~ 40 €
 242 kg Stahtfasern: ~ 500 €

→ 242 kg Mikrostahtfasern besitzen 1,5 bis 10fach größere Umweltauswirkungen als 752 kg Portlandzement

Dominanzanalyse Herstellung Mikrostahtfasern

Dominanzanalyse für die Herstellung von
hochfesten Mikrostahtfasern



→ größte Prozessbeiträge: Herstellung Elektrostaht + Nassziehen auf 0,175 mm, Entzndern + Ablängen kann vernachlässigt werden

Mikrostahlfasern in UHPC:

- ⇒ hoher Beitrag zu den Umweltauswirkungen einer „mittleren“ UHPC-Rezeptur durch hochfeste Mikrostahlfasern in den betrachteten Wirkungskategorien
- ⇒ größter Prozessbeitrag in der Mikrostahlfaserherstellung: Herstellung Elektro Stahl + Nassziehen von Drahtdurchmesser 1,6 mm auf 0,175 mm
- ⇒ die Teilprozesse Entzundern und Zerkleinern können vernachlässigt werden
- ⇒ die Teilprozesse Trockenziehen und Anlassen tragen unter 5 % zu den Wirkungskategorien bei
- ⇒ die Teilprozesse Warmwalzen und Verseilen tragen zwischen 5 und 17 % zu den Wirkungskategorien bei

Mikrostahlfasern in UHPC:

- ⇒ Reduzierung des Gehalts an Mikrostahlfasern
- ⇒ Einsatz anderer Duktilität steigernder Maßnahmen, z.B. auf Bauteilebene (Umschnürung)
- ⇒ Einsatz von Stahlfasern mit größerem Faserdurchmesser (ohne Nassziehprozess in der Herstellung)
- ⇒ Einsatz von „neuen“ wirksameren Fasergeometrien
- ⇒ Optimierung des Herstellprozesses Mikrostahlfasern

Rolle der Ökobilanz bei der Entwicklung von UHPC:

- ⇒ auf Baustoffebene: Aufzeigen der maßgebenden Einflüsse auf potentielle Umweltauswirkungen, Rezepturoptimierung
- ⇒ auf Bauteil- / Bauwerkebene: Vergleich von UHPC-Konstruktionen mit herkömmlichen Bauweisen