

# Frischbetonrheologie - Von der Konsistenz zu den interpartikulären Wechselwirkungen

Dirk Lowke

Centrum Baustoffe und Materialprüfung, Technische Universität München  
Tel +49 89.289.27119 · lowke@tum.de



---

## Dr.-Ing. Dirk Lowke

---

2001 – 2005 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am  
Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm)  
der Technischen Universität München

---

Seit 2006 Leiter der Arbeitsgruppe Betontechno-  
logie am Centrum Baustoffe und Materialprüfung  
(cbm) der Technischen Universität München

---

## Kurzfassung

Hochleistungsbetone gehören zu den wichtigsten Entwicklungen der Bion-technologie der letzten Jahre. Dabei werden immer höhere Anforderungen sowohl an die Frisch- als auch an die Festbetoneigenschaften gestellt. Hinsichtlich der Festbetoneigenschaften liegt der Fokus vor allem auf einer Erhöhung der Festigkeits- und Dauerhaftigkeitseigenschaften, während bei den Frischbetoneigenschaften vor allem eine hohe Fließfähigkeit, leichte Verdichtbarkeit oder gar die Fähigkeit sich selbst zu entlüften angestrebt werden. Die verbesserten Frischbetoneigenschaften erleichtern die Verarbeitung erheblich und verkürzen gleichzeitig die Einbauzeiten. Zudem geht damit eine deutliche Reduzierung von Verarbeitungsfehlern einher, was ebenfalls zu einer Erhöhung der Dauerhaftigkeitseigenschaften beiträgt. Auf der anderen Seite können höhere Fließfähigkeiten jedoch zu einer Erhöhung des Schalungsdrucks sowie der Gefahr einer ungenügenden Mischungsstabilität führen. Daher bedarf es einer genauen Abstimmung der Fließfähigkeit der verwendeten Hochleistungsbetone unter besonderer Berücksichtigung der Randbedingungen des herzustellenden Bauteils.

Zu diesem Zweck kommen ausgehend vom 3-Stoff-System Wasser, Zement und Gesteinskörnung zunehmend Zusatzstoffe und Zusatzmittel zum Einsatz. Diese zusätzlichen Komponenten ermöglichen einerseits die Steuerung der Frisch- und Festbetoneigenschaften, führen jedoch andererseits zu einem komplexen Verhalten des Frischbetons während der Verarbeitung. Zur Beschreibung der Verarbeitungseigenschaften ist es daher notwendig, neben einfachen Konsistenzmerkmalen die rheologischen Kenngrößen des Frischbetons - Viskosität, Fließgrenze und Thixotropie - zu bestimmen. Für eine gezielte Optimierung der Verarbeitungseigenschaften müssen zudem die Einflüsse der verschiedenen Ausgangsstoffe auf die rheologischen Eigenschaften des Betons sowie die zugrundeliegenden Mechanismen bekannt sein. Dabei kann der Frischbeton als Suspension von Partikeln verschiedenster Größenordnungen (von wenigen Nanometern bis zu einigen Zentimetern) in einer stetigen flüssigen Phase definiert werden. Die ausgeprägte Polydispersität erfordert eine differenzierte Betrachtung der verschiedenen Größenordnungen. Hierbei ist es zielführend, die in der Betontechnologie gebräuchlichen Abgrenzungen zwischen Beton, Mörtel und Leim heranzuziehen, Tabelle 1.

Größenordnung	Suspension	Partikel	Minimum	Maximum
$10^0$ m	Beton	Grobkorn	5 mm	
$10^{-3}$ m	Mörtel	Sand	100 $\mu$ m	5 mm
$10^{-6}$ m	Leim	Zement & Zusatzstoffe	100 nm	100 $\mu$ m
$10^{-9}$ m		Silika-Staub & erste Hydrationsprodukte		100 nm

Tabelle 1: Betontechnologische Definitionen nach Größenordnung

Die Suspension der nach unten angrenzenden Größenordnung kann modellhaft als flüssige Phase in der aktuell betrachteten Größenordnung definiert werden, Bild 1. Die rheologischen Eigenschaften bestimmen sich nun jeweils aus den Eigenschaften der modellhaften flüssigen Phase sowie von Art und Konzentration der Partikel in der betrachteten Größenordnung.

Aus rheologischer Sicht werden die Eigenschaften des Frischbetons bzw. Mörtels somit im Wesentlichen durch die Viskosität, die Fließgrenze und die Thixotropie des Leims bestimmt. Die rheologischen Eigenschaften des Leims werden wiederum von den interpartikulären Wechselwirkungen der kolloidalen Partikel im Bindemittelleim bestimmt, Bild 1. Für das Verständnis der Mechanismen und die gezielte Kontrolle der rheologischen Eigenschaften der Zement-Zusatzstoff-Suspension und damit der Frischbetoneigenschaften ist demnach eine mehrskalige Betrachtungsweise vom Beton auf der Makroebene bis zu den Ausgangsstoffen auf der Mikro- und Nanoebene notwendig.

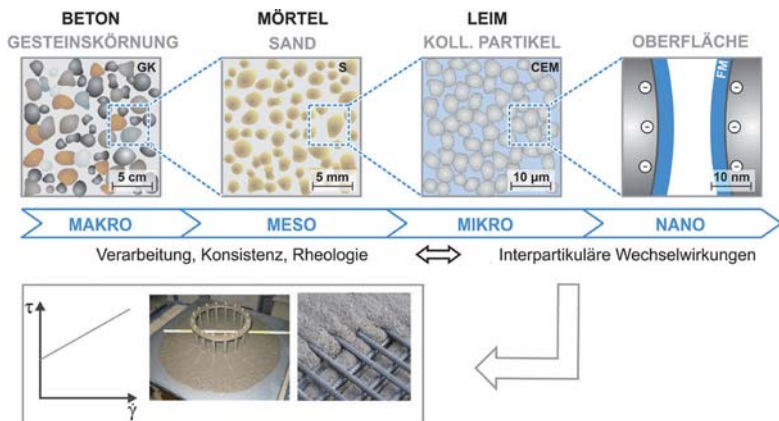


Bild 1: Mehrskaligenbetrachtung Beton

Im Beitrag werden die angesprochenen Fragestellungen grundlegend behandelt. Zunächst werden die theoretischen Grundlagen der Rheologie von Betonen sowie der interpartikulären Wechselwirkungen in zementbasierten Suspensionen besprochen. Anschließend wird gezeigt, durch welche betontechnologischen Maßnahmen die rheologischen Eigenschaften gezielt gesteuert werden können und wie dies auf Basis der interpartikulären Wechselwirkungen begründet werden kann.