Dichteanpassbare Betongemische für das Trockenspritzen von gradierten Bauteilen

Dipl.-Ing. Sören Sippel
Prof. Dr.-Ing. Harald Garrecht
Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Dr.-Ing. E.h. Hans-Wolf Reinhardt
Institut für Werkstoffe im Bauwesen (IWB)

M.Sc. Daniel Schmeer
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek
Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK)

Dipl.-Ing. Mark Wörner, M.Sc. Benjamin Schuler
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Oliver Sawodny
Institut für Systemdynamik (ISYS)

Projektidee

Abb.: Oberschenkelhalsknochen [ILEK]

Forschungsziel

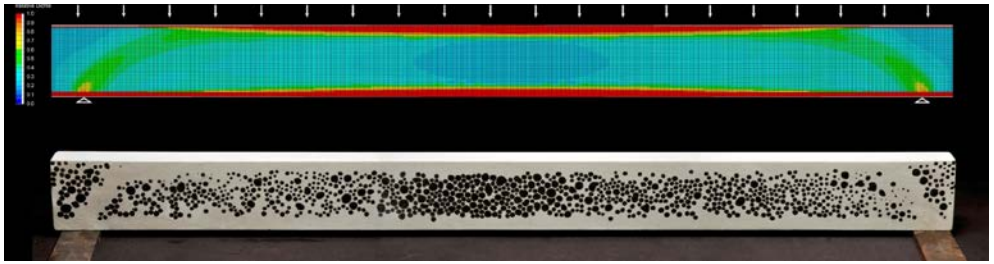
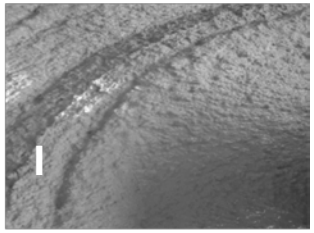


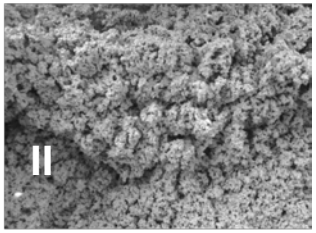
Abb.: Gradientenlayout aus der numerischen Optimierung und dessen Umsetzung als Porositätsverteilung [ILEK]

Gradientenbetonmischungen

- Weiterentwicklung der Betonmischungen

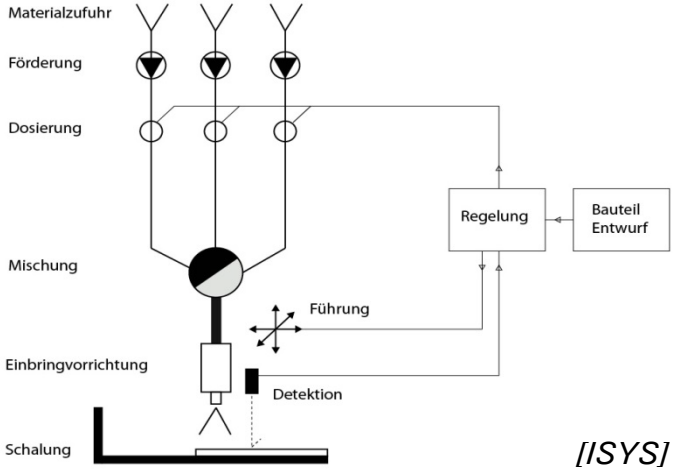


Basismischung außen



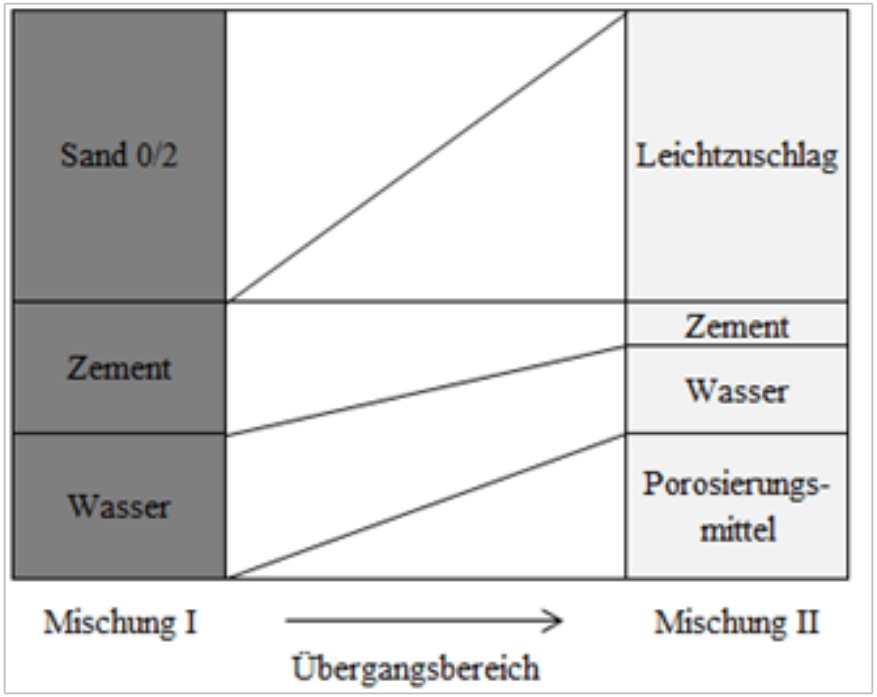
Leichtbetonmischung Kern

Methoden zur automatisierten Fertigung

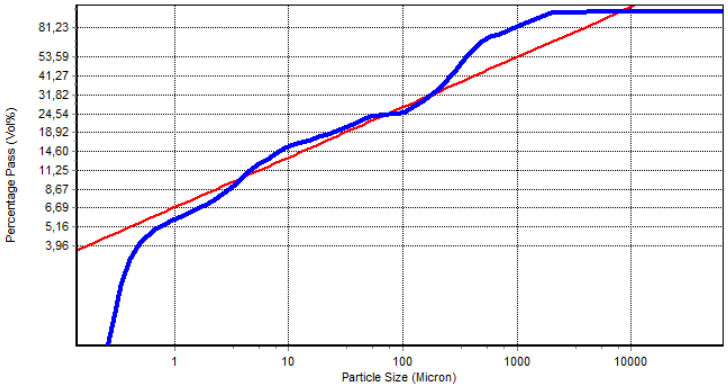


[ISYS]

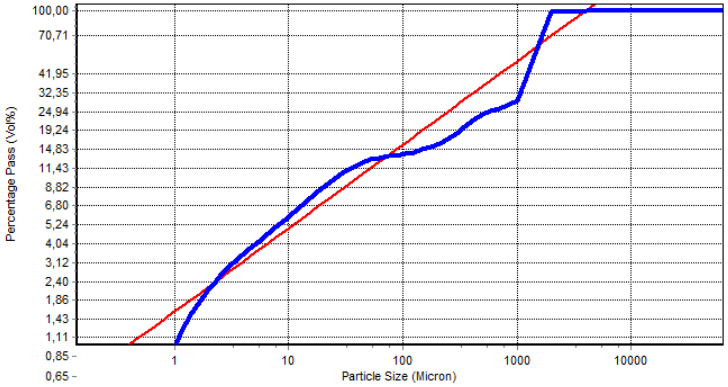
Zwei Referenzmischungen



Partikelverteilung Mischung I

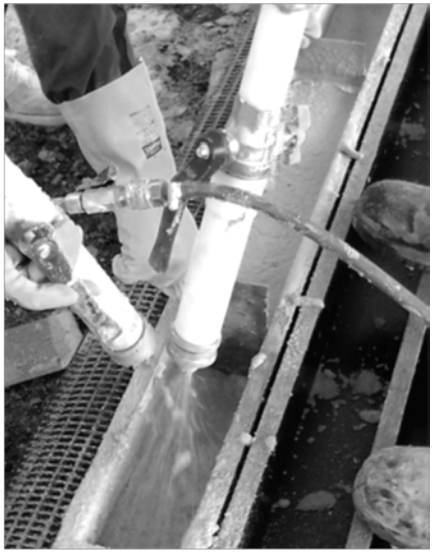


Partikelverteilung Mischung II



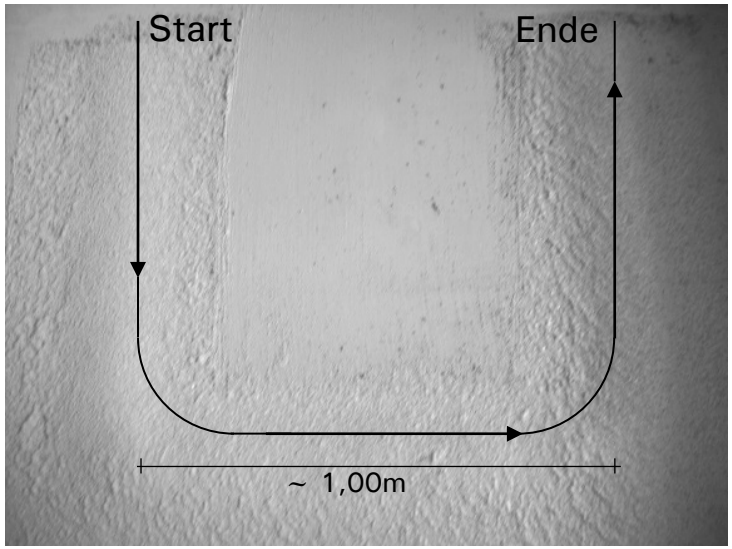
Vergleich der Verfahren

Verfahren	Prozess	Eigenschaften
Gießen	Keine Verdichtung möglich, hoher Wassergehalt, wenig Maschinentechnik	Rohdichtebereich sehr groß ($0{,}35 < \rho < 2{,}2$)
Nassspritzen	Start/Stopp-Problematik, großer Reinigungsaufwand, geringe Verdichtung, hoher Wassergehalt	Rohdichtebereich sehr groß ($0{,}37 < \rho < 2{,}27$)
Trockenspritzen	gute Verdichtung, geringer Reinigungsaufwand, Staubentwicklung, hoher Luftdruck und großes Luftvolumen, keine Start/Stopp-Problematik	Rohdichtebereich eingeschränkt ($0{,}8 < \rho < 2{,}21$)



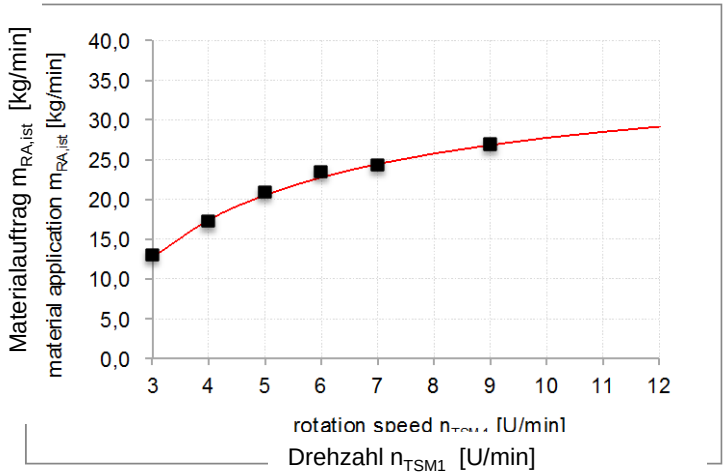
Durchführung eines Standardversuchs

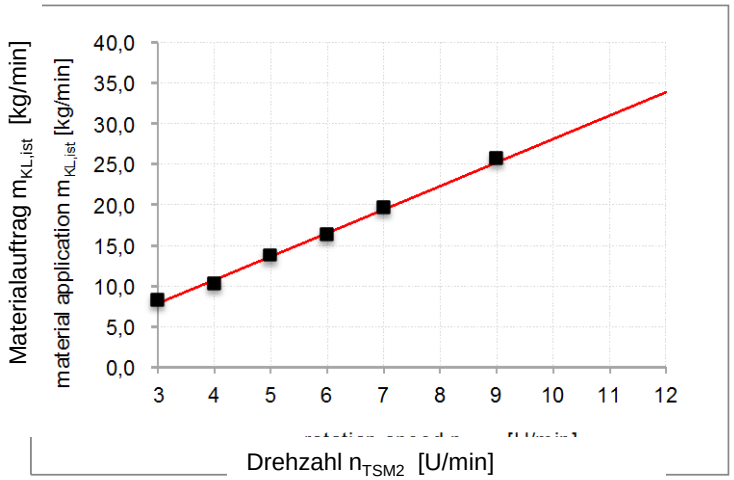
- Einstellung der Förderrate durch Drehzahlregelung
- Einstellung des w/z-Wertes
- Regelung der Luft-Durchflusses



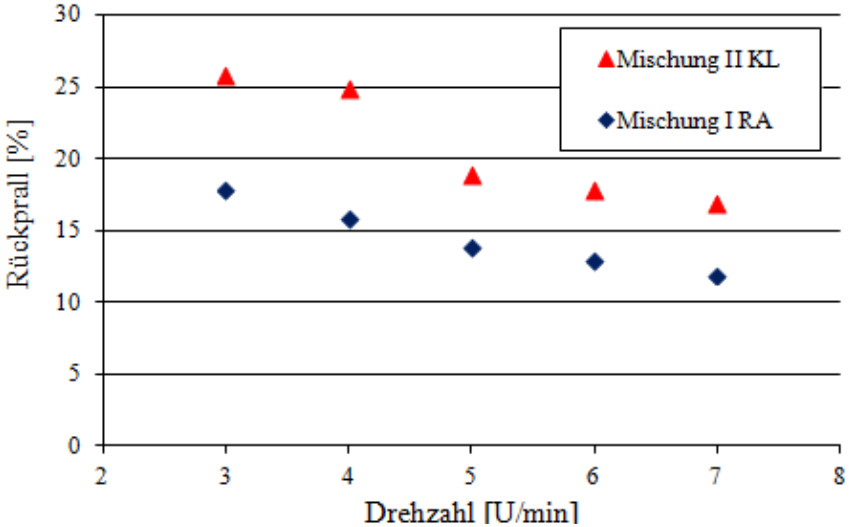
- U-förmiger Spritzstreifen mit Seitenlänge = 1,00m
- Bestimmung Materialauftrag und Rückprall
- Laservermessung, visuelle Untersuchung / Fehler
- Kontrolle der Förderrate / des Ausblasgrades
- Variation: Düsenabstand, Düseneigenbewegung, Düsen-Führungsgeschwindigkeit, Drehzahl, w/z-Wert, Durchfluss,…
- Kontrollprismen mit gewählten Einstellungen

Materialförderung

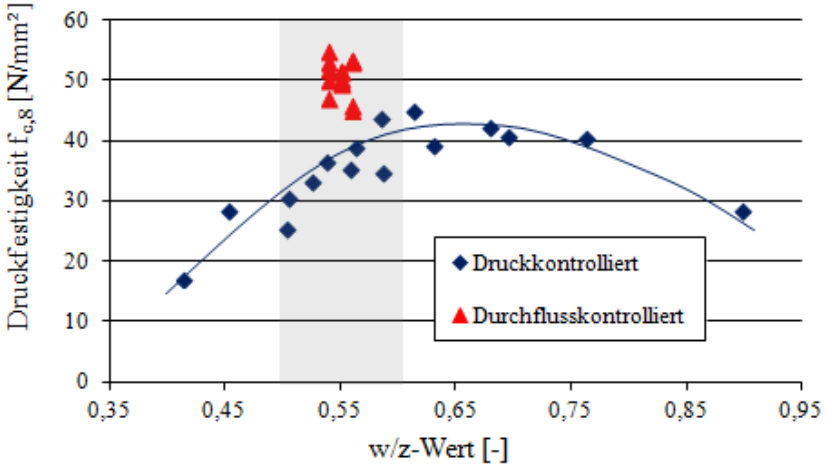


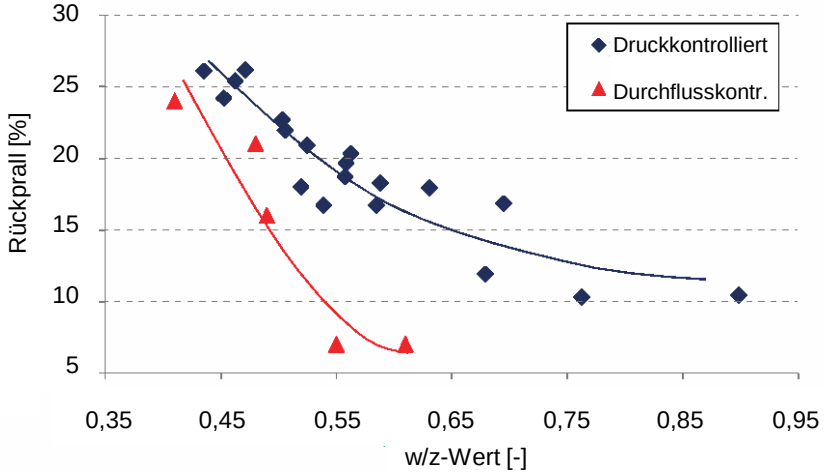


Rückprallverhalten

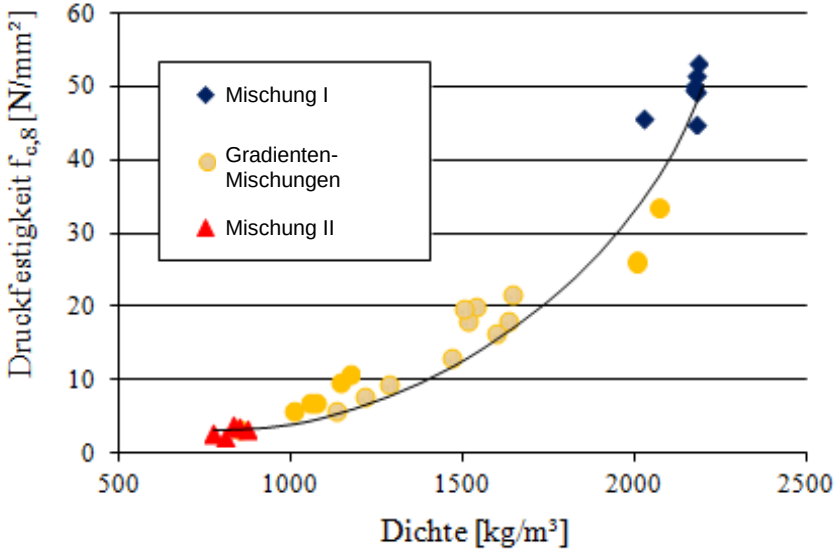


Einfluss des w/z-Wertes

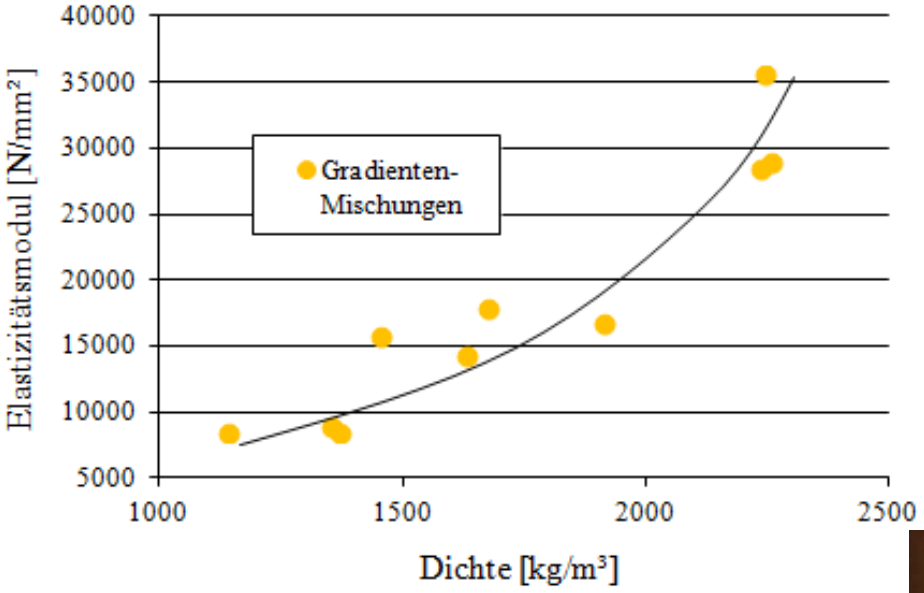


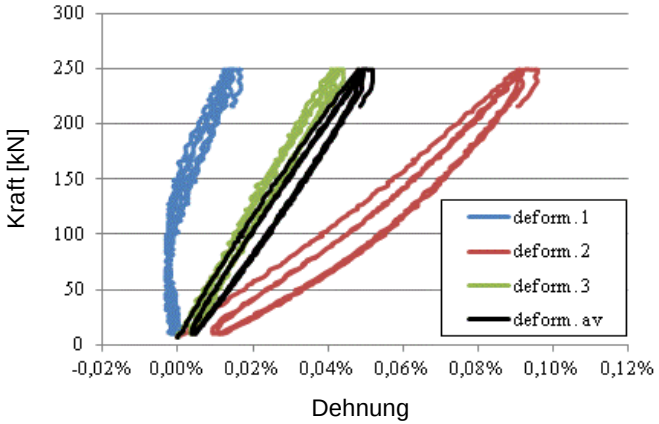


Gradientenmischungen



Ergebnisse von E-Modul-Prüfungen an Gradientenbetonmischungen

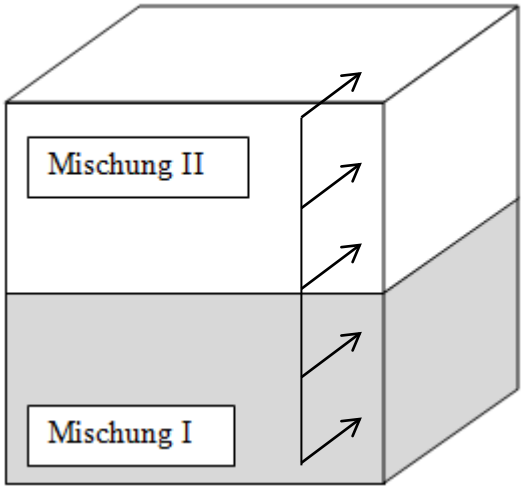


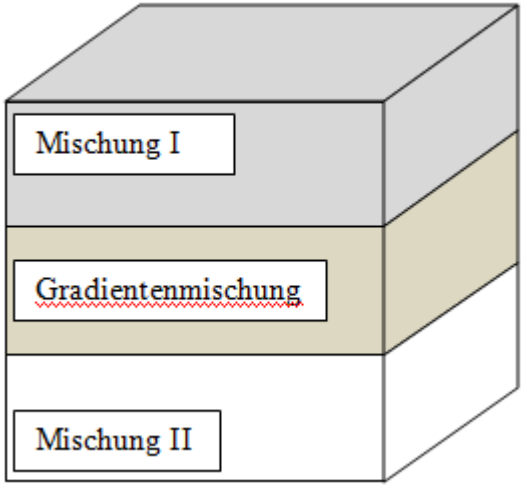


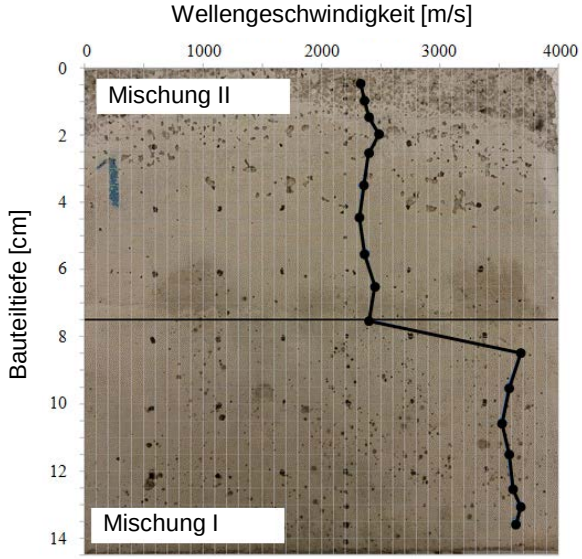
Zylinder (h: 30cm, Ø: 15cm)

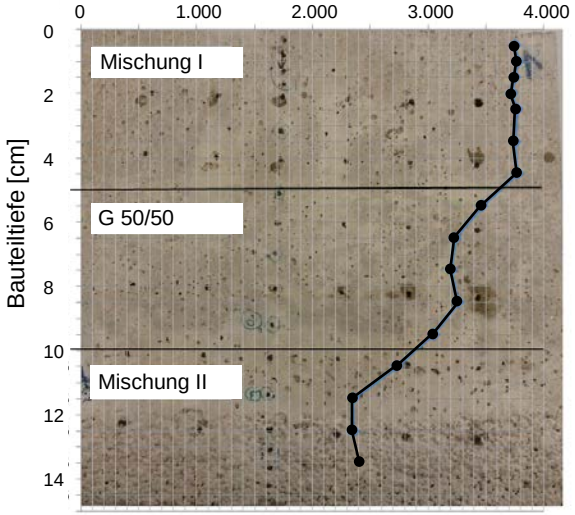
Mischung II; G3/9; Mischunge I

Ultraschall

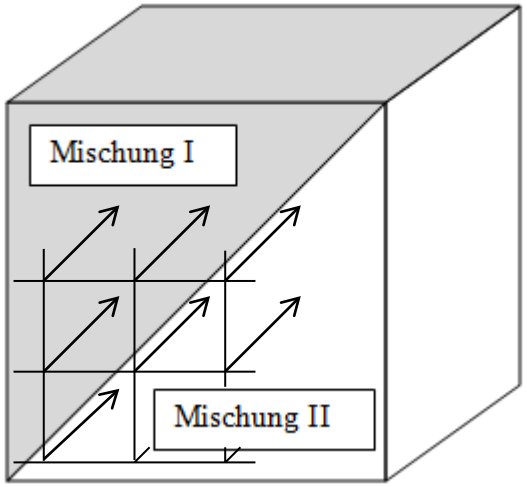


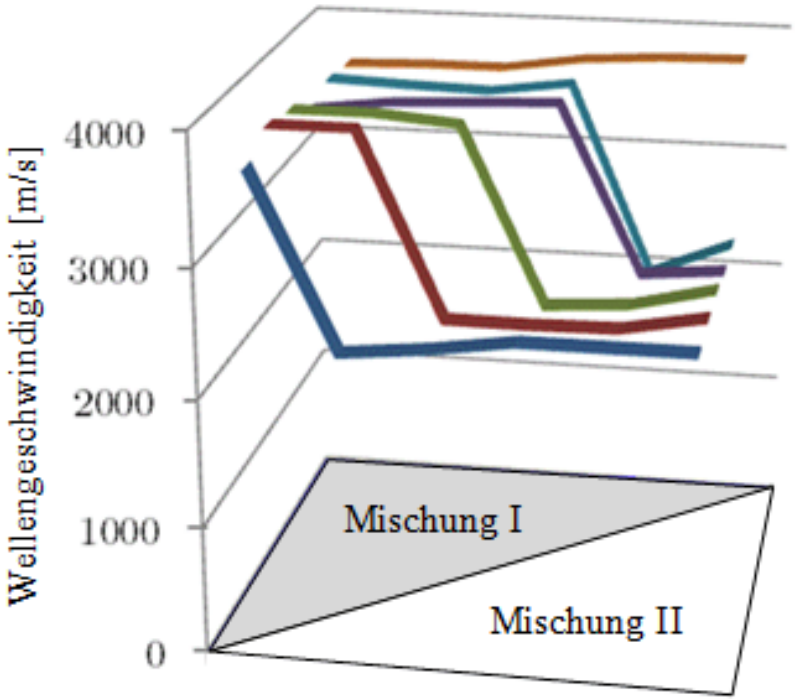




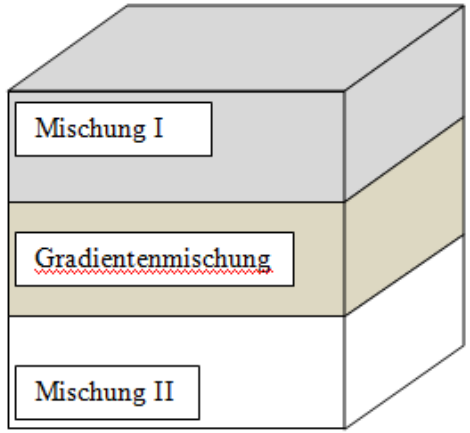


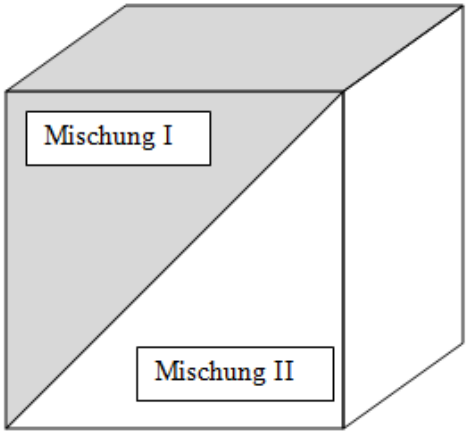
Ultraschall

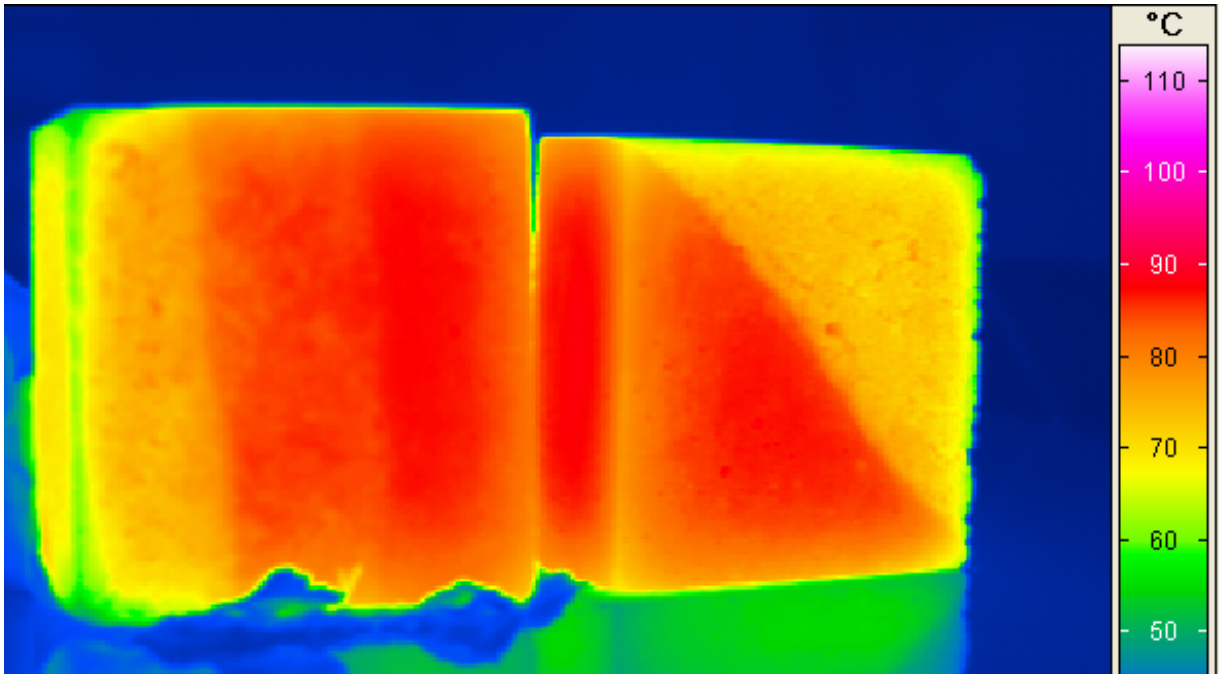




Thermografie





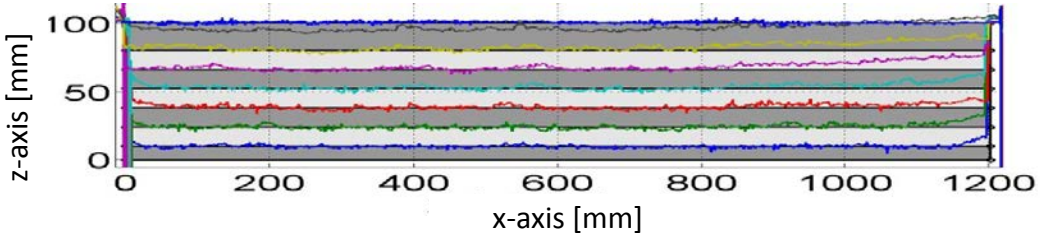


Auf 90°C erhitzte Probekörper nach 5 minütiger Abkühlung bei Raumtemperatur (20°C)

Balken- und Bauteilherstellung

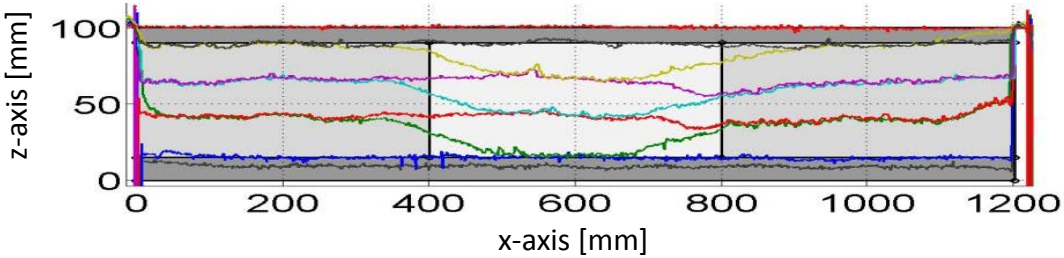
Referenzsystem 100% Mischung I

Gewicht: 27 kg

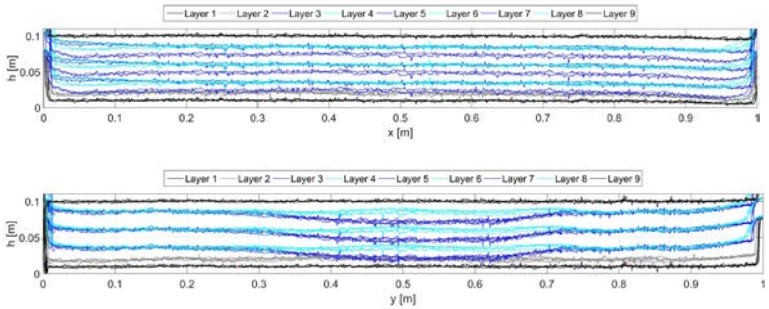


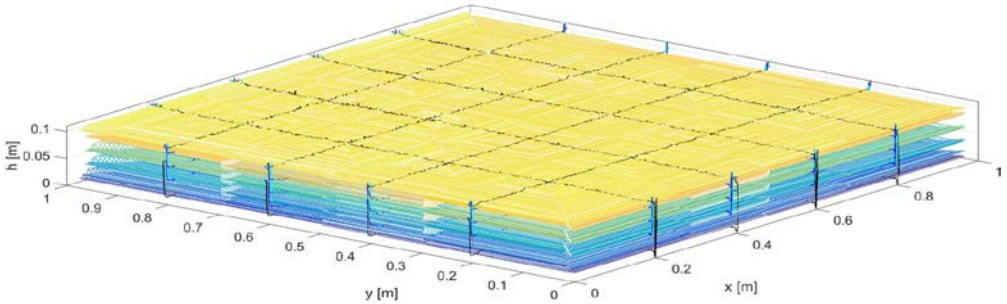
Funktional gradiertes System basierend auf dem inneren Kräfteverlauf

Gewicht: 20 kg



Bauteil 1 m x 1 m



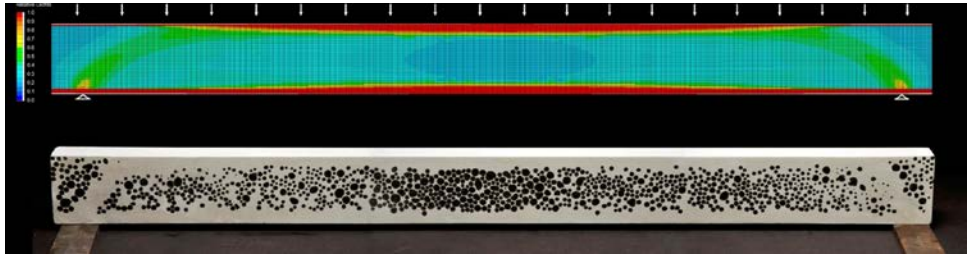


Zusammenfassung

- Mischungsentwicklung für gradierte Betonbauweise
- Automatisierung des Versuchsablaufs, ausführliche Parameterstudie und Eigenschaftsprüfung
- Bauteilherstellung
- Anwendung von zerstörungsfreien Prüfmethoden
- Zusammenführung der Aspekte der interdiziplinären Forschungsgruppe in einer automatisierten Prozesskette zur Herstellung von funktional gradierten Bauteilen

Ausblick

- Weiterentwicklung des automatisierten Fertigungsprozesses
- Erweiterung des Eigenschaftsspektrums



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Dipl.-Ing. Sören Sippel
Prof. Dr.-Ing. Harald Garrecht
Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Dr.-Ing. E.h. Hans-Wolf Reinhardt
Institut für Werkstoffe im Bauwesen (IWB)

M.Sc. Daniel Schmeer
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek
Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK)

Dipl.-Ing. Mark Wörner, M.Sc. Benjamin Schuler
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Oliver Sawodny
Institut für Systemdynamik (ISYS)

Besonderer Dank:

DFG
FESTO WINKEL KNECHT KAESER Mörtel- und Beton-Spritzmaschinen WERNER MADER SCHWENK Baustoffe fürs Leben Holcim liaver