



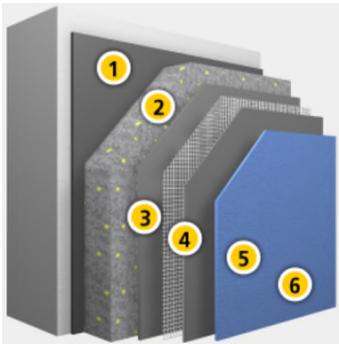
HighTechMatBau
Berlin, 31.01.2018

MultiLC

Multifunktionale Leichtbetonbauteile mit inhomogenen
Eigenschaften

Dietmar Stephan, TU-Berlin

Motivation



1. Verklebung
2. Dämmung
3. Befestigung
4. Unterputz
5. Bewehrung/Armierung
6. Schlussbeschichtung

© sto.de

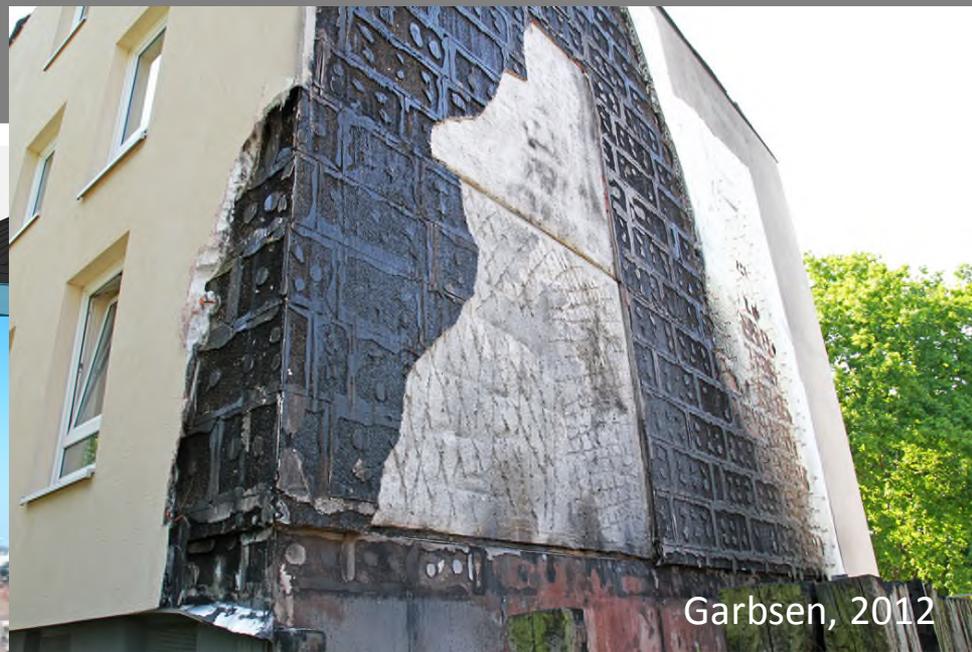


Motivation



Brand EPS-Lager Austrotherm, Juli 2016

MultiLC



Garbsen, 2012



Brand Roubaix, 2012

Motivation



Ausgangspunkt: Infraleichtbeton (ILC)

Idee:

Monolithisches Bauen – Tragendes und wärmedämmendes Material als Bauwerkshülle

- Einfach und schnell
- Beständig
- Ökonomisch
- Energieeffizient
- Nachhaltig

Infraleichtbeton (ILC) Leichtbeton (LC) Normalbeton (C) Schwerbeton (C)

← 800 kg/m³ $\rho_{\text{dry}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ 2600 kg/m³ →

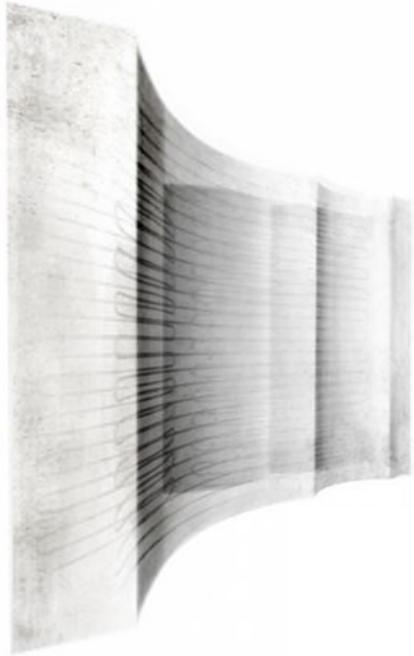


Infrarot

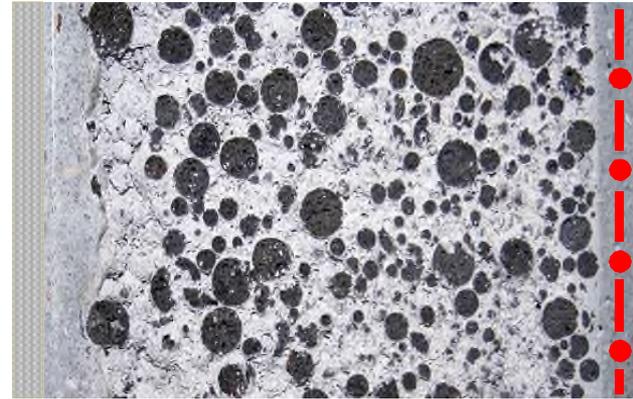
Ultraviolett



ILC Einfamilienhaus, 2007



ILC mit über den Querschnitt variierenden Eigenschaften



↑
Photokatalytische Schicht
zum Abbau von Luftschadstoffen

↑
Aktive Dämmung

Betontechnologie

HEIDELBERGCEMENT



FG Baustoffe und
Bauchemie

BUILDING TRUST



Tragverhalten



FG Entwerfen und
Konstruieren -
Massivbau

sbp

schlaich
bergemann partner

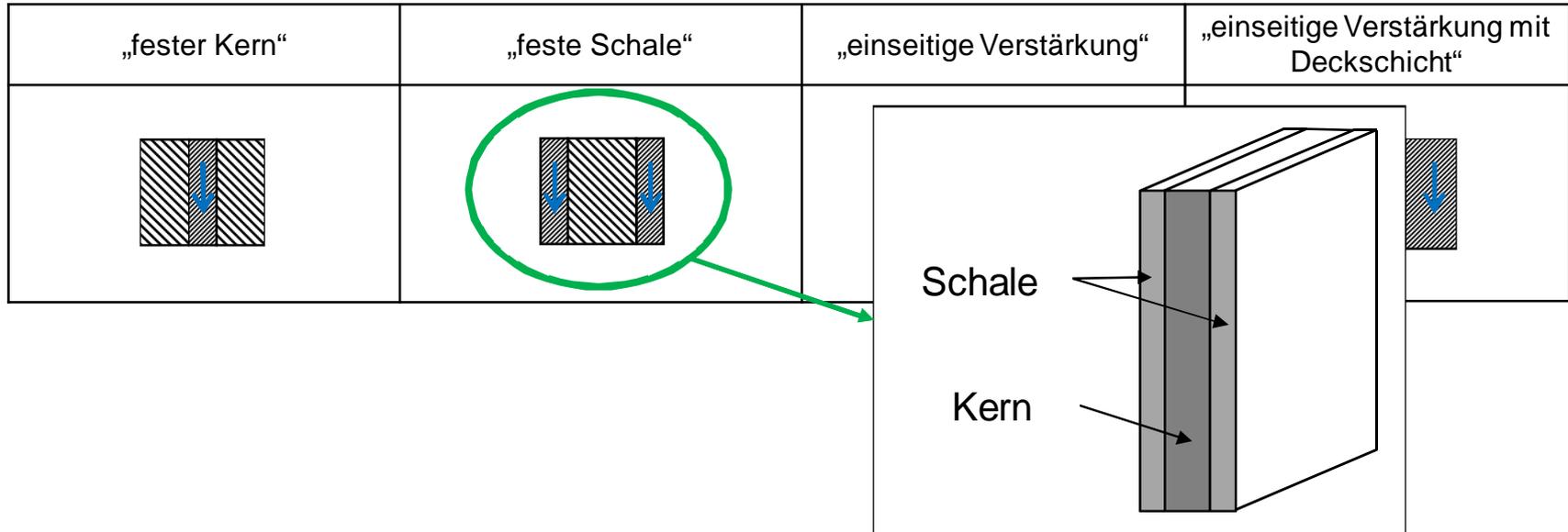
Bauphysik



FG Bauphysik und
Baukonstruktionen



Varianten der Bauteilkonfigurationen:



Schale: Tragend

LWC: $F_c > 17 \text{ MPa}$ (LC 12/13 + 4)

Dichte $> 800 \text{ kg/m}^3$ (EN 206-1)

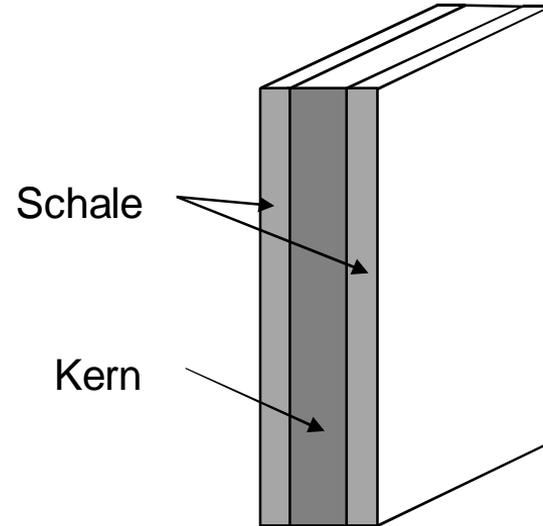
Kern: Dämmung

Schaumbeton oder ILC: $F_c > 2 \text{ MPa}$

Dichte: so gering wie möglich

Drei Arten Beton:

- Leichtbeton (LWC) für die Schale
- Infraleichtbeton (ILC) für den Kern
- Schaumbeton für den Kern



Betontechnologie

4 unterschiedliche leichte Gesteinskörnungen:



Liapor® (Blähton)



Liaver® (Blähglas)



Ecoglas® (Schaumglas)

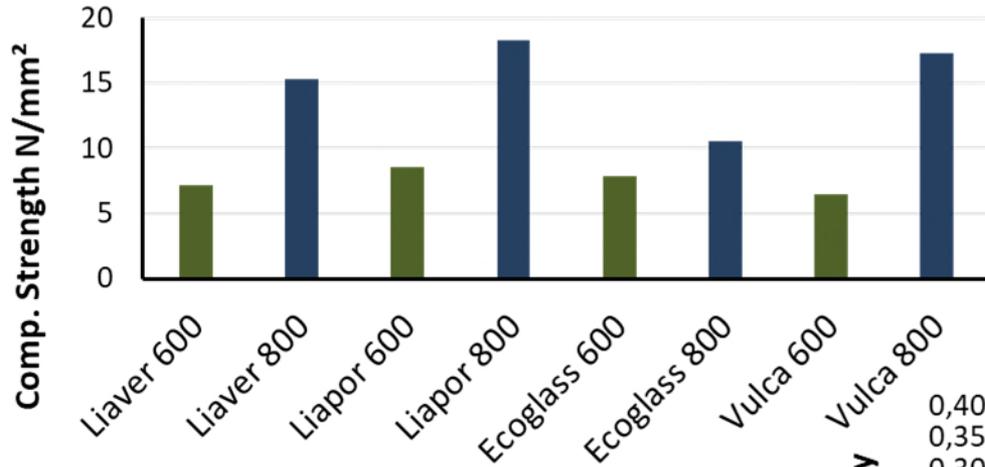


Vulcamix

Eigenschaften der leichten Gesteinskörnungen

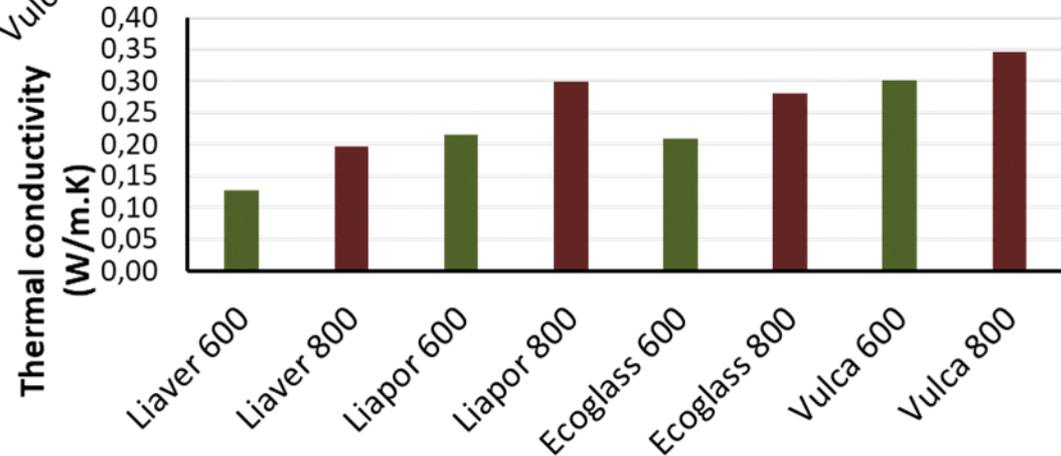
Material	Liapor 0-2	Liapor 1-4	Liapor 2-6	Liaver 0.5-1	Liaver 1-2	Liaver 2-4	Liaver 4-8	Ecoglas 0-2	Ecoglas 2-5	Ecoglas 5-8	Vulcamix
Dichte (kg/m ³)	1690	850	550	460	420	330	310	1050	360	320	1650
Kornfestigkeit (N/mm ²)	-	> 3	> 0,90	> 2,6	> 2,4	> 2,1	> 1,9	-	> 1,0	> 1,0	-

Betontechnologie



Druckfestigkeit

Wärmeleitfähigkeit

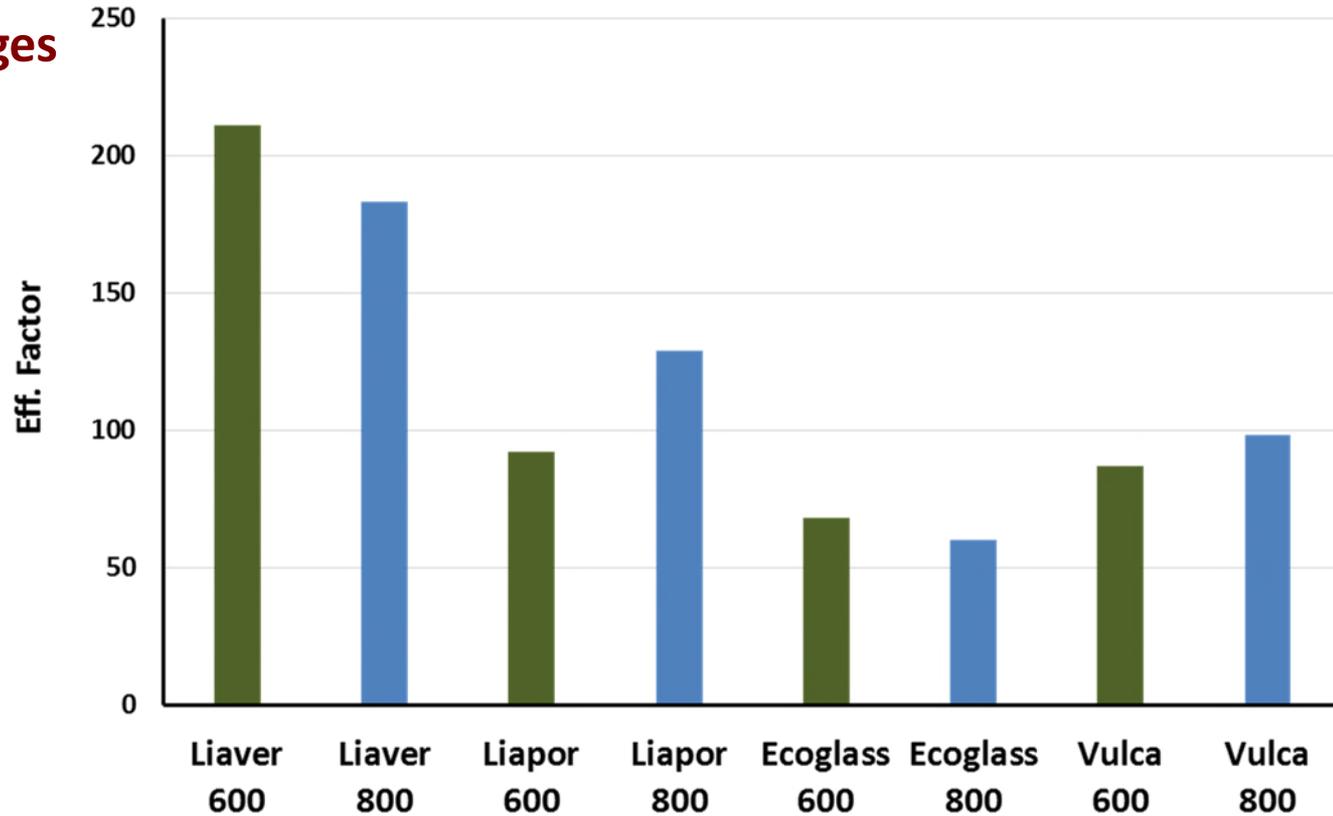


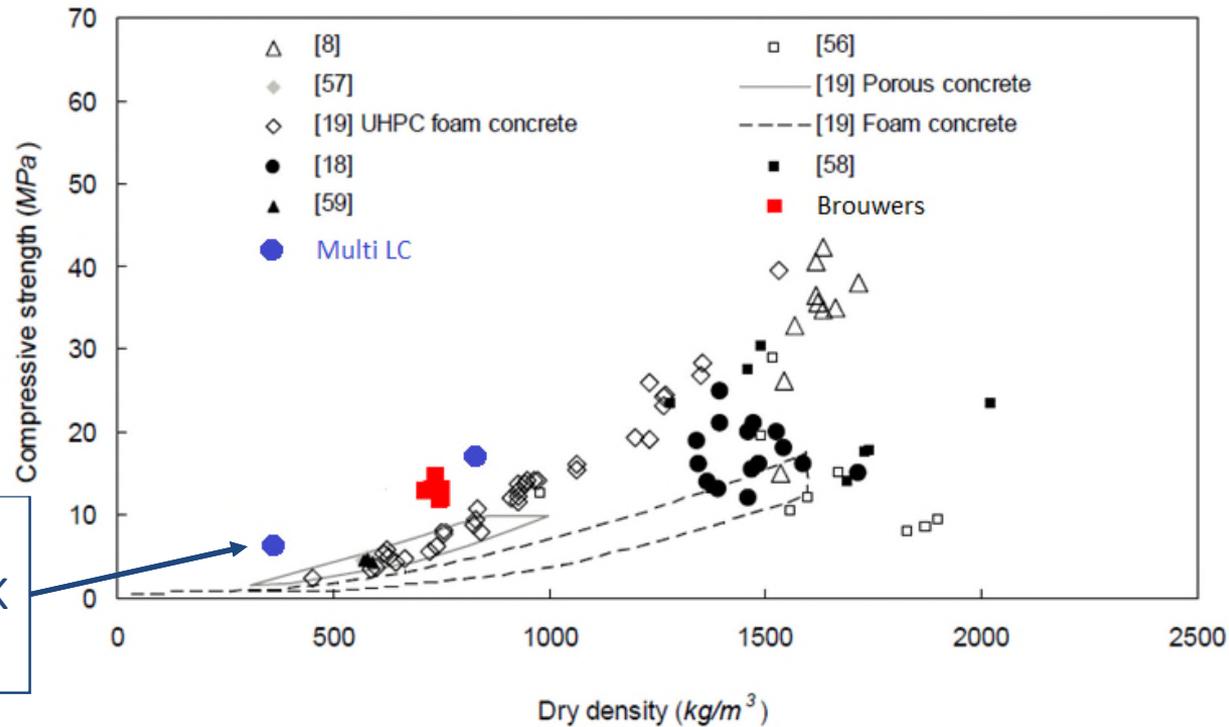
Wahl des Leichtzuschlages

Efficiency Factor

$$eff = \frac{f_c}{\left(\frac{p}{2.2}\right)^{2.5}}$$

High Performance
LWC > 70



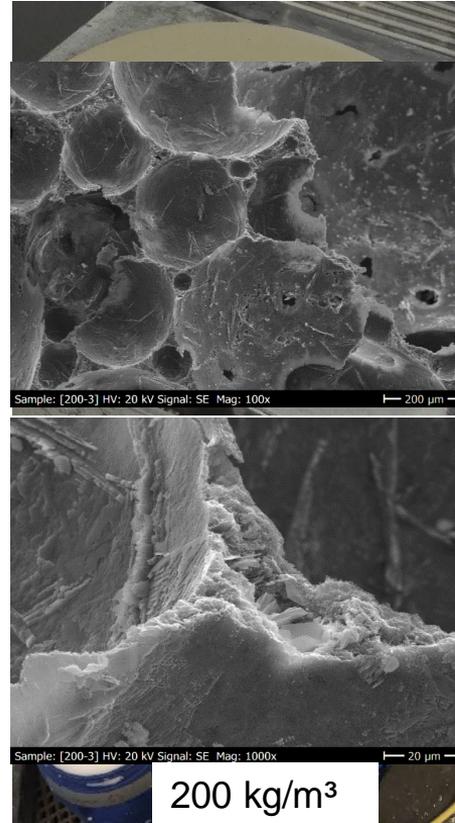


$\rho = 430 \text{ kg/m}^3$
 $\lambda = 0,088 \text{ W/mK}$
 $F_c = 5,5 \text{ MPa}$

Fig. 8. Relationship between the compressive strength and dry density for different types of lightweight concrete.

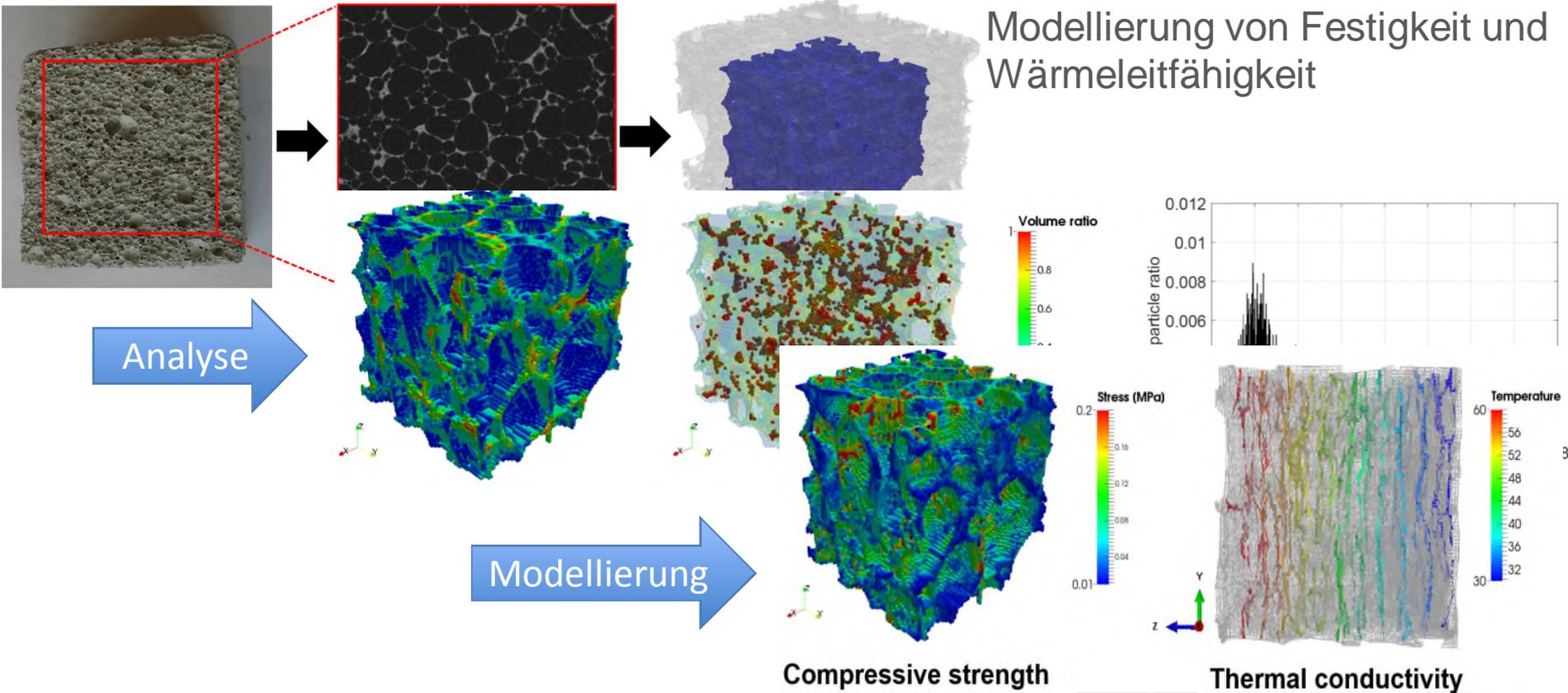
Schaumbeton (Beispiel)

- Eirich-Mischer für den Zementleim
- Eimermischer für den Schaumbeton
- Dichte Leim = 1850 kg/m^3
- Dichte Schaum = 36 kg/m^3
- Leim : Schaum (Volumen) = 1:4
- w/b = 0,40 (FM = 1,5 M.-%)
- Frischdichte = $350 \pm 10 \text{ kg/m}^3$
- Ausbreitmaß = 550 mm
- Trockenrohdichte = 250 kg/m^3
- Druckfestigkeit (28 d) = 2,2 MPa

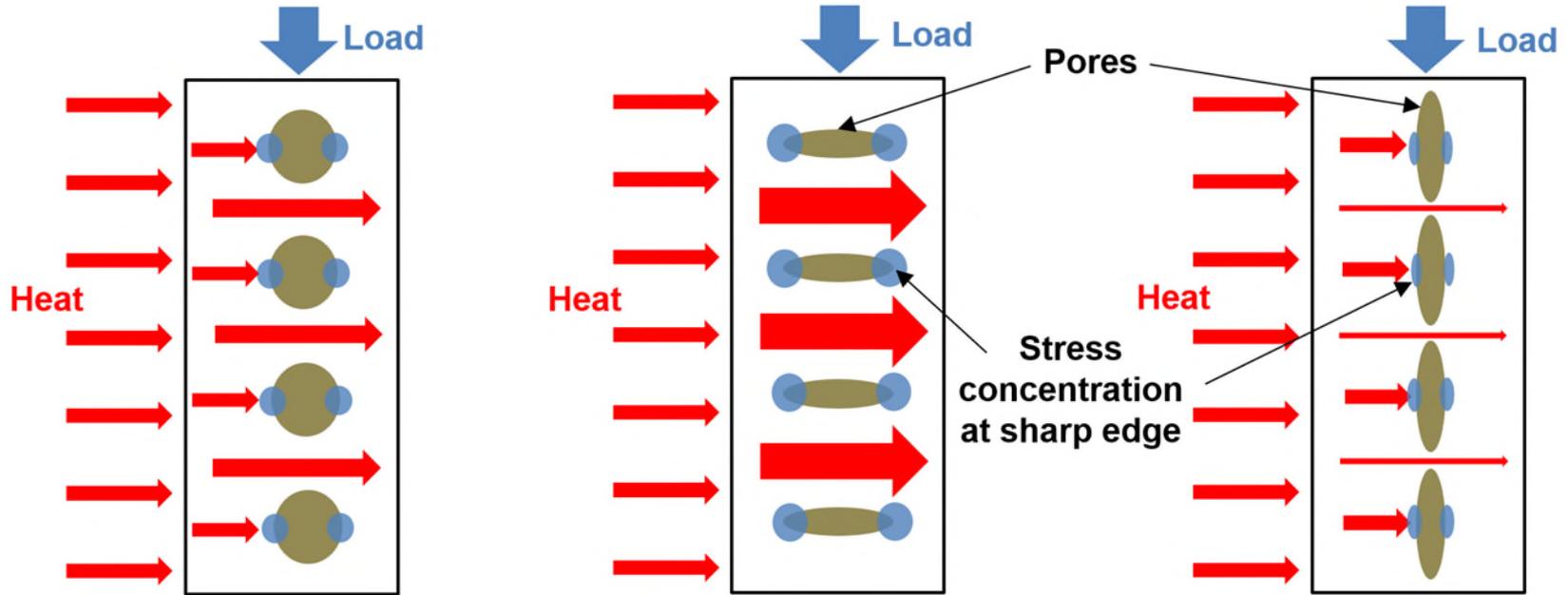


Betontechnologie

Modellierung von Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit

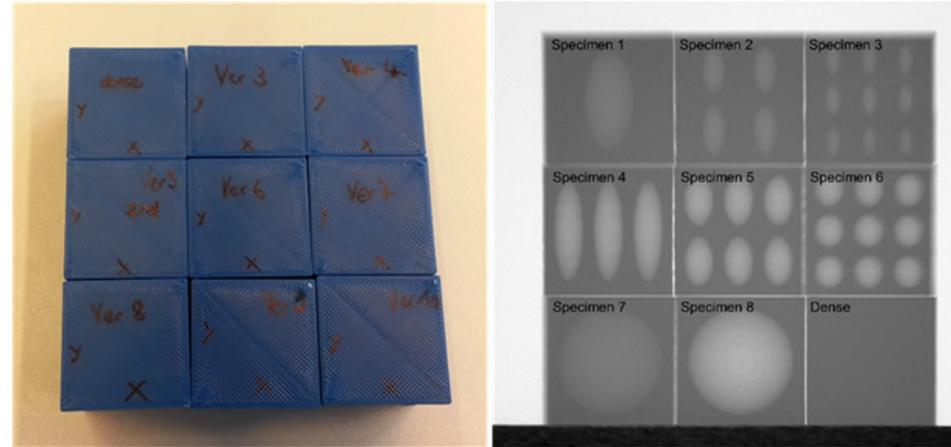
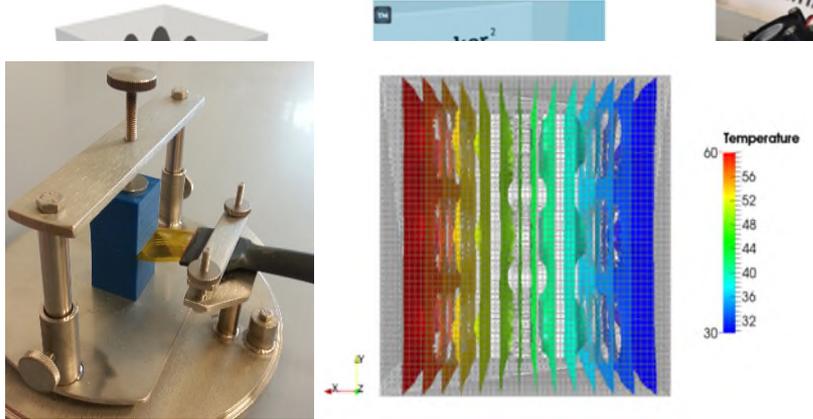


Modellierung von Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit: anisotrope Poren

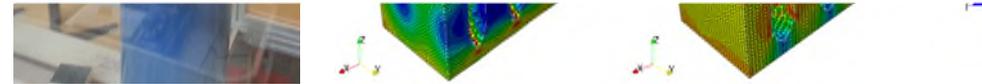


Modellierung von Festigkeit und V

3D printing procedure



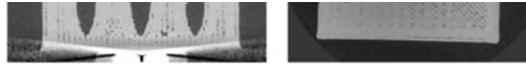
3D printed samples and their tomography



Bestimmung thermischer und mechanischer Eigenschaften durch Experiment/Modellierung



Void distribution in the specimen



Radiography of the printed specimen

Ziele AG Tragverhalten:

- Beschreibung des Trag- und Verformungsverhaltens als Grundlage für ein Bemessungskonzept
 - Wände
 - Balken
- konstruktive Durchbildung
(Anschlüsse, Kraftfluss, Detailplanung usw.)

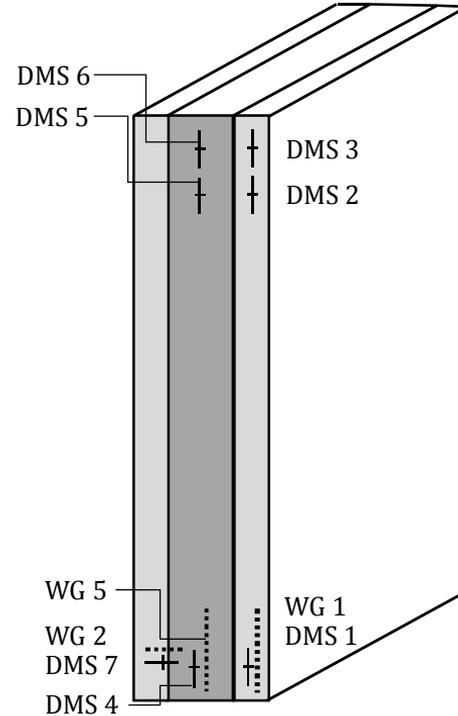
Tragverhalten

Experimentelle Untersuchungen Wände



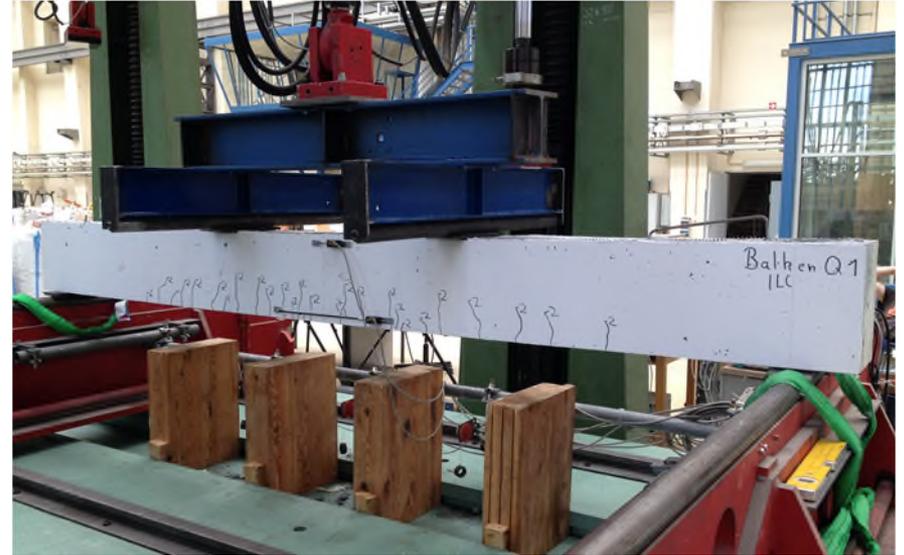
Experimentelle Untersuchungen Wände:

- unterschiedliche Belastungsvarianten
- Lastausbreitung von äußeren Tragschalen in die Kernschichten
- Verbundverhalten zwischen Schale und Kern



Tragverhalten

Experimentelle Untersuchungen Balken:



Experimentelle Untersuchungen Balken:

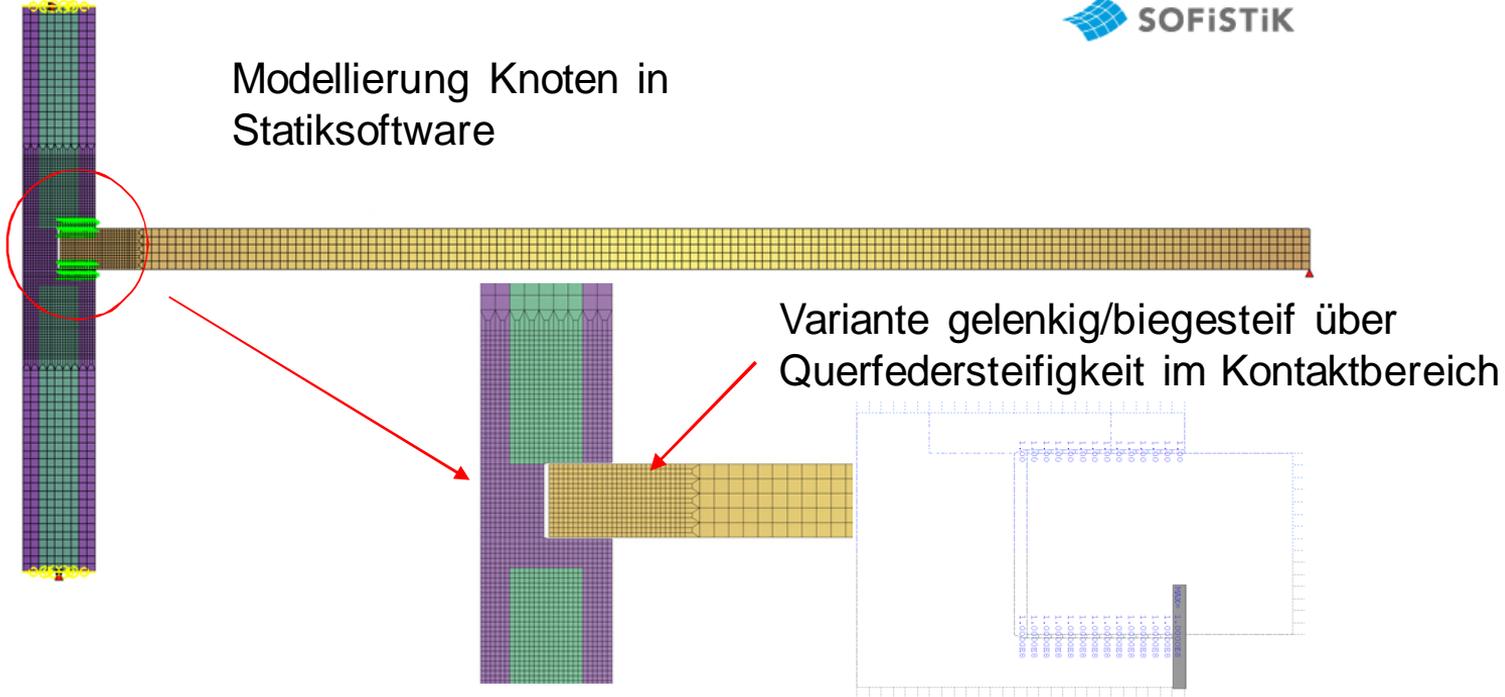
- Ermittlung des Rissmoments, des Fließmoments und der maximalen Traglast
- Gegenüberstellung rechnerischer und experimenteller Ergebnisse
- Verifizierung zutreffender Berechnungsmethoden



Konstruktive Durchbildung - Simulation Deckeneinbindung

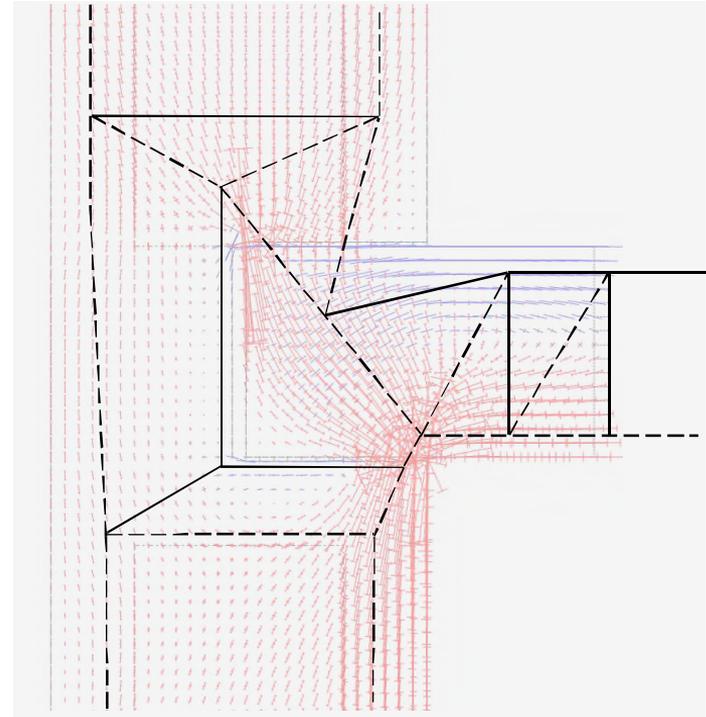
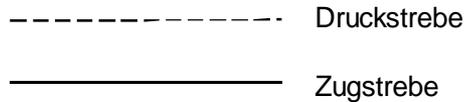


Modellierung Knoten in
Statiksoftware

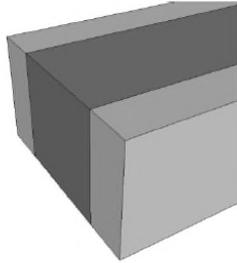


Konstruktive Durchbildung - Simulation Deckeneinbindung

Analyse des Tragverhaltens
mittels Stabwerkmodellen
(gelenkiges Modell)



Wandeigenschaften:

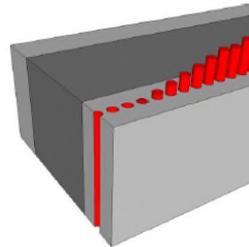
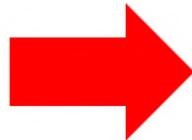


	Dicke [m]	λ [W/(m*K)]	R [(m²*K)/W]	Wärme- kapazität [kJ/(kg*K)]	Dichte [kg/m³]
INNEN	-	-	0,13	-	-
Ultraleicht- beton 800	0,10	0,193	0,52	0,87	800
Ultraleicht- beton 600	0,25	0,141	1,77	0,87	600
Ultraleicht- beton 800	0,10	0,193	0,52	0,87	800
AUSSEN	-	-	0,04	-	-

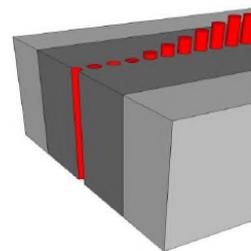
U-Wert: 0,336 [W/(m²*K)]

U-Wert erreicht nicht den nach EnEV geforderten Wert von: 0,240 W/(m²K)

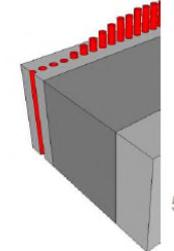
Ansatz der Aktivierung
Außen



Mitte

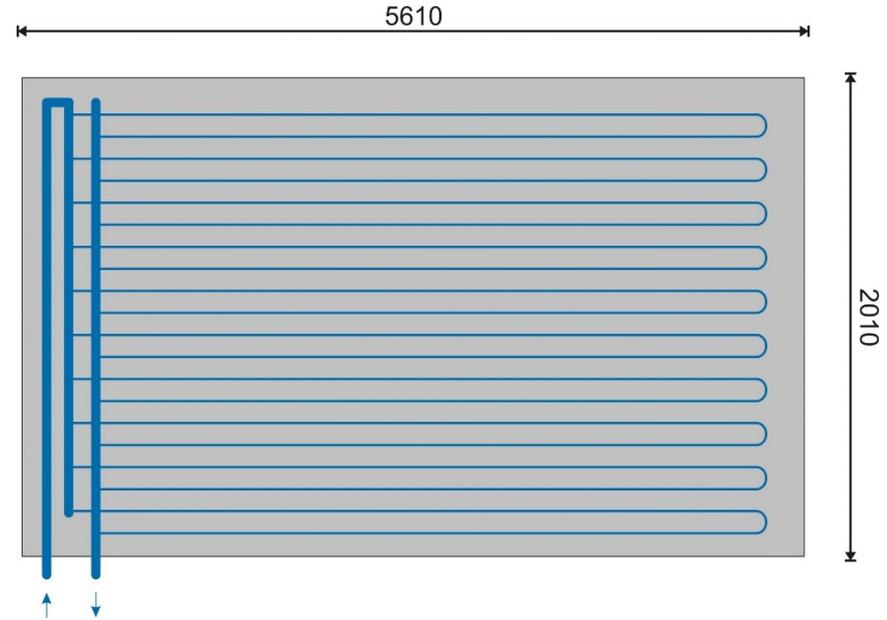
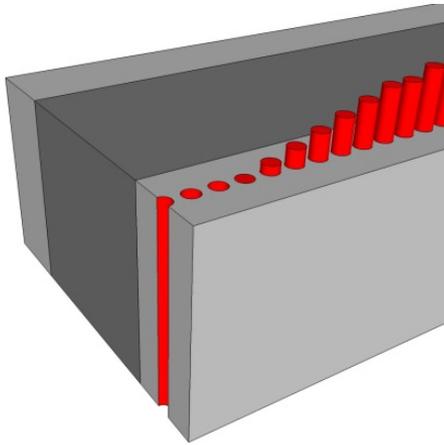


Innen



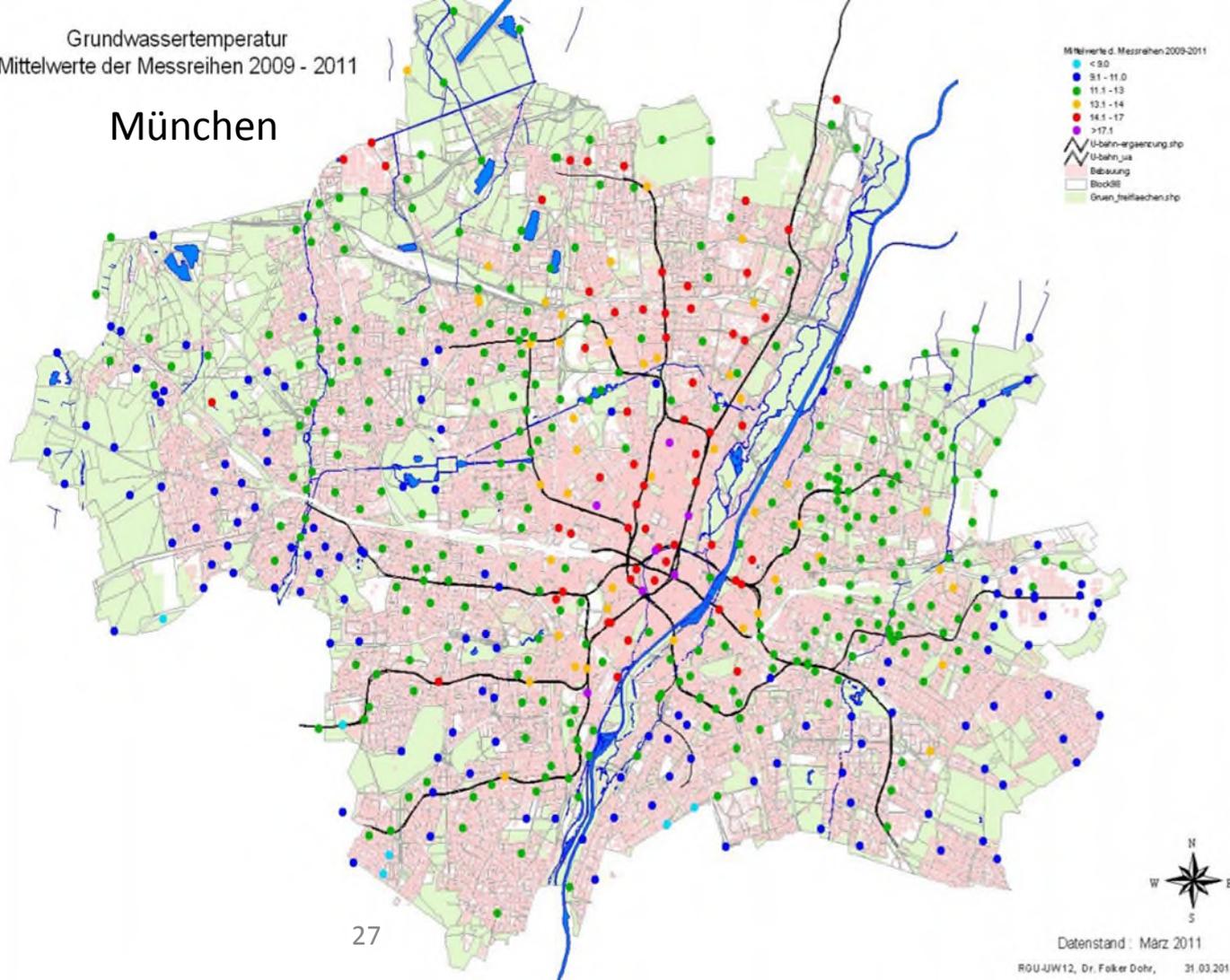
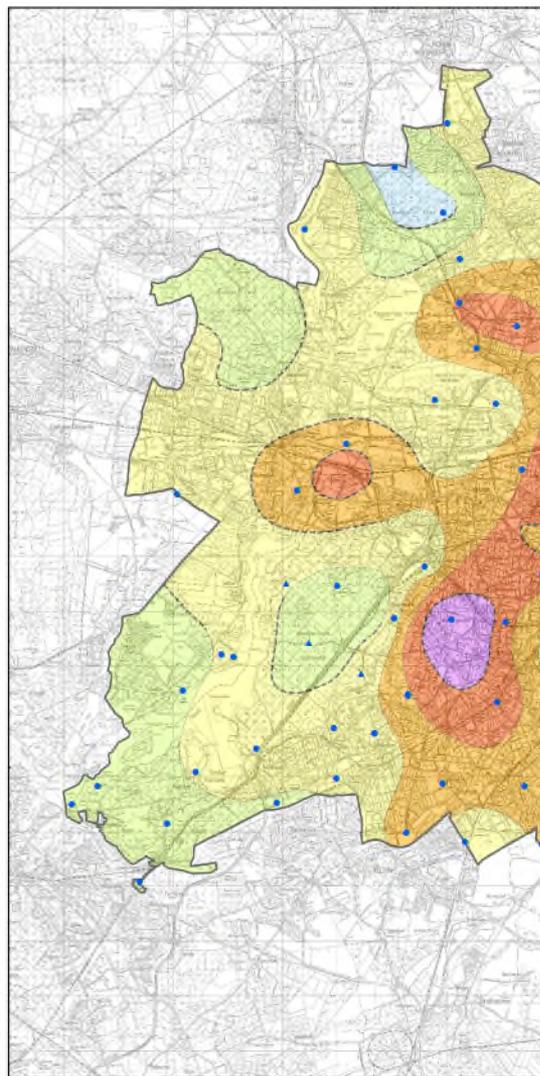
- Integration der Kapillarrohrmatten in Demonstatoren, Abstand von 5cm zur äußeren Oberfläche
- Anschluss der Matten nach Tichelmann um den Druckabfall so gering wie möglich zu halten

ILC 800-600-800 kg/m³:



Grundwassertemperatur
Mittelwerte der Messreihen 2009 - 2011

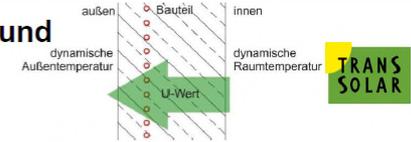
München



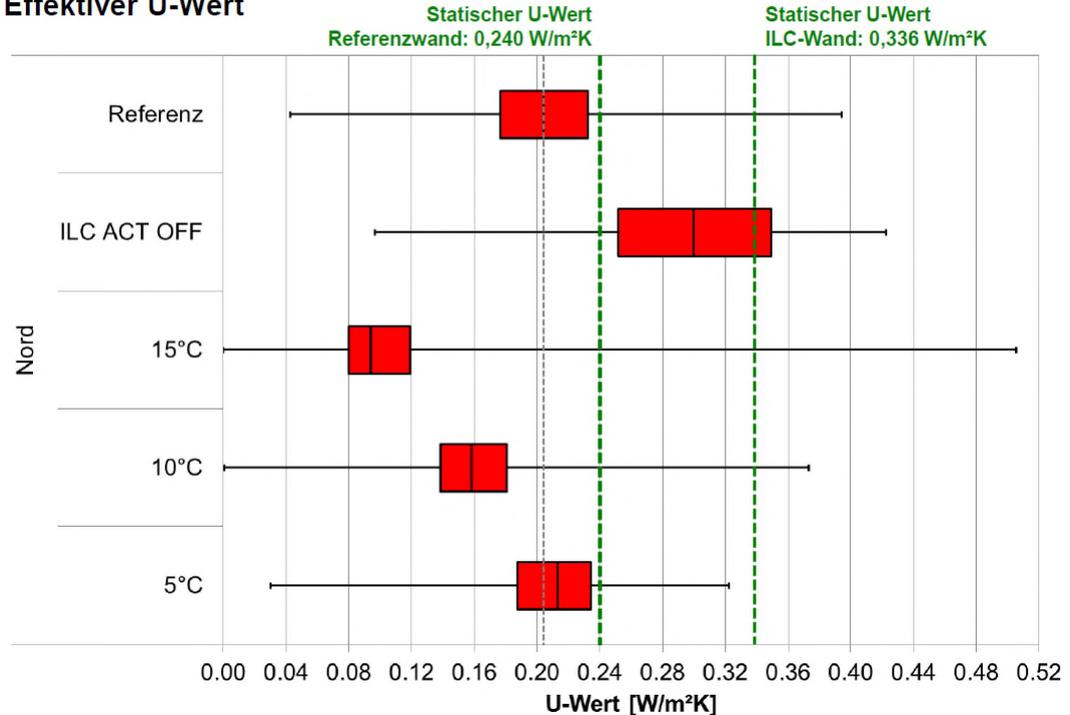
Integration von
Kapillarrohmatten zur aktiven
Wärmedämmung

→ Simulationen zur
Bestimmungen des „effektiven
U-Werts“ unter Variation der
Vorlauftemperatur
(Quelle z.B. Grauwasser,
Grundwasser)

Ergebnisse für äußere Positionen der Aktivierung und
unterschiedliche Vorlauftemperaturen



Effektiver U-Wert



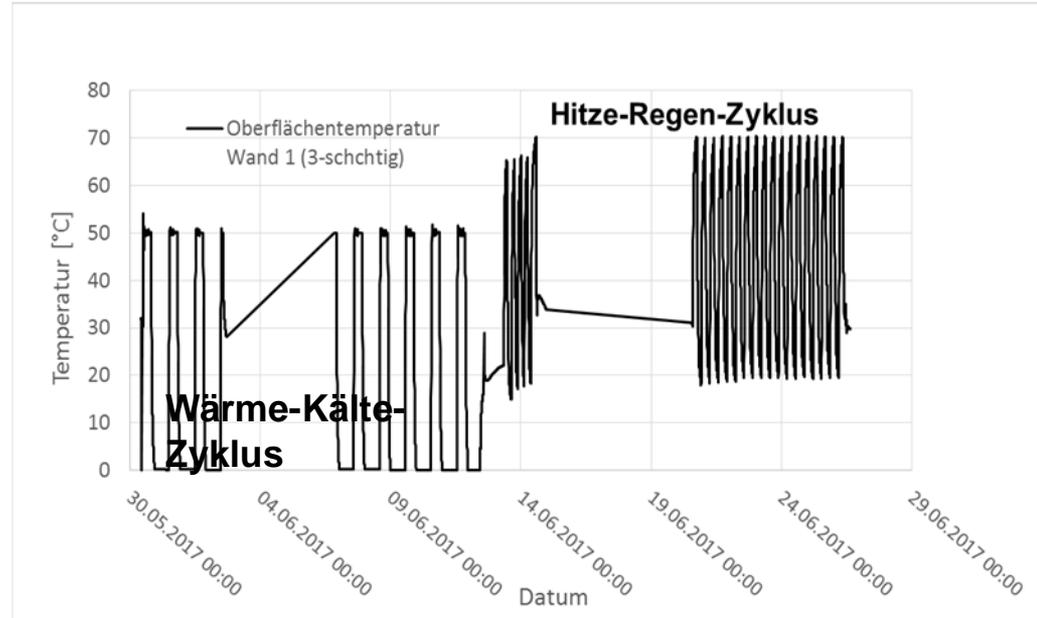
Herstellung Demonstratoren für Tests



- Prüfung von 2 Demonstratorwänden:
 - 800-600-800 (3-schichtig)
 - 800-600 (homogen)



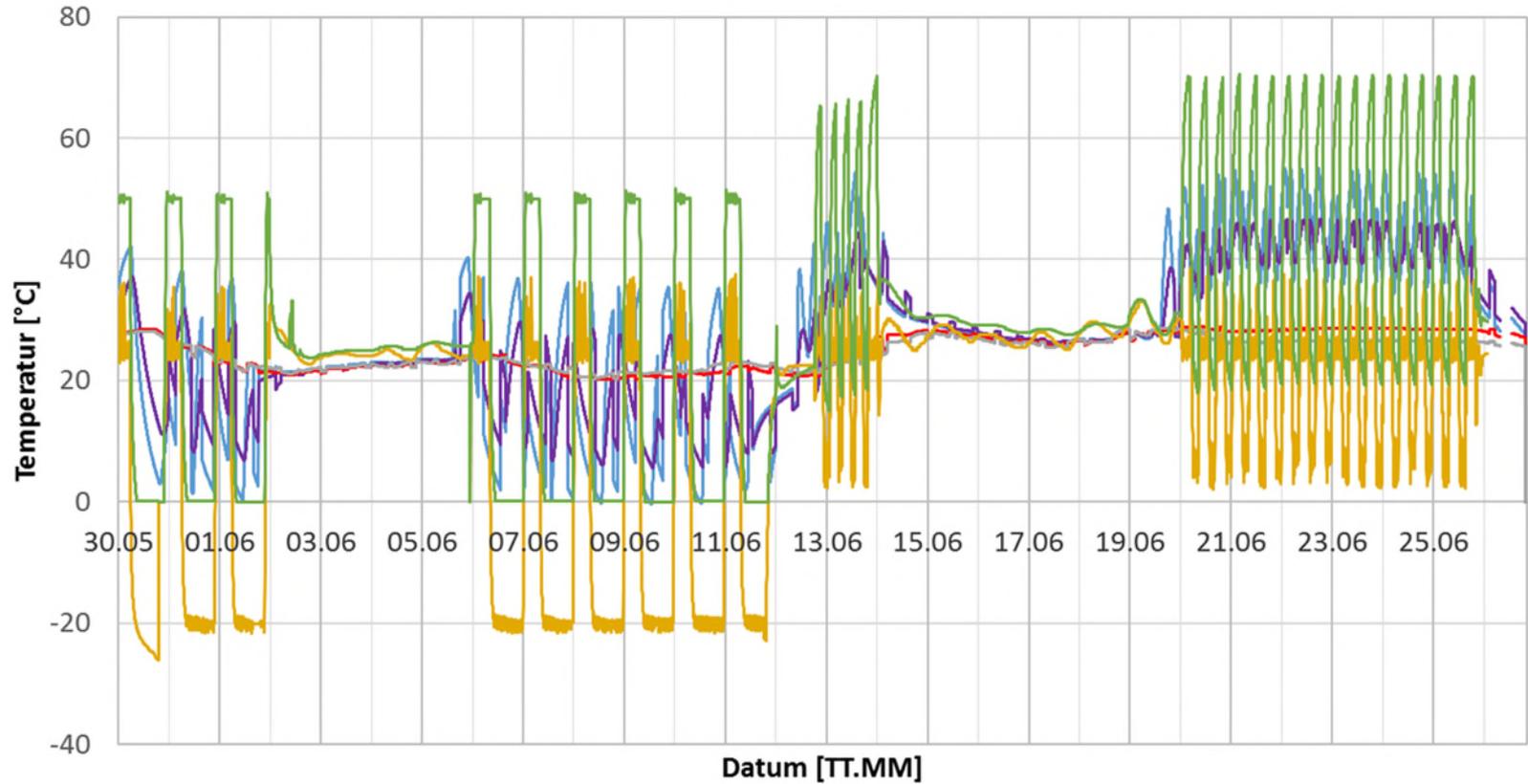
Oberflächentemperatur Wand 1 (3-schichtig)



Aufbau hydraulisches System Demonstratoren Versuche



Mehrschichtig ILC 800-600-800



5cm Außen (Kapillar)

15cm Mitte

22,5cm Mitte

30cm Mitte

40cm Innen

Zulufttemperatur

Oberflächentemperatur Wand 1

- Herstellung weiterer Demonstratorwände Anfang 2018, anschließende Untersuchung im EOTA-Prüfstand
- exemplarischen Untersuchungen an kleineren Demonstratoren zur baukonstruktiven Gestaltung von z. B. Fugen und Anschlüssen
- Prüfung von Wandabschnitten hinsichtlich ihrer Schlagregentauglichkeit mittels realitätsnaher Schlagregenuntersuchungen im entsprechenden Prüfstand des FG Bauphysik und Baukonstruktion
- Dokumentation der Ergebnisse des Gesamtprojektes im Abschlussbericht Ende 2018

HEIDELBERGCEMENT



BUILDING TRUST



sbp
schlaich
bergemann partner

gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Laufzeit: 1.01.2016 bis 31.12.2018