

Advanced materials matching the needs of the European Union: Akademisch-industrielle Forschung zur Dekarbonisierung von Zement

SOPHIE J. SCHMID¹, ALEXANDRE OUZIA², BERNHARD PICHLER¹

¹Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen, TU Wien, Österreich

²Heidelberg Materials Global R&D, Leimen, Deutschland

Kontakt: Bernhard.Pichler@tuwien.ac.at

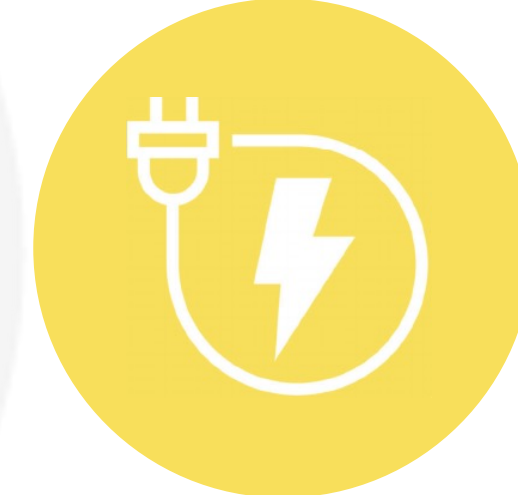
Das EU-Projekt MatCHMaker

Ziele

- Beschleunigung der Entwicklung moderner Materialien mittels *Physik*- und *Daten-basierter* Modellierung
- Materialcharakterisierung – Modellierung – Validierung
- **Beitrag zur Umsetzung des Europäischen „Green Deal“**

3 Materialtypen für 3 Anwendungsfälle

- Kohlenstoffarmer Zement mit Fokus auf Kompositzementen mit Kalkstein und temperaturbehandelten Tonen # **Construction**
- Festoxid-Brennstoffzellen/Festoxid-Elektrolysezelle # **Energy**
- Protonen-Austausch-Membran-Brennstoffzellen # **Mobility**



10 Projektpartner

in akademisch/industrieller Kooperation



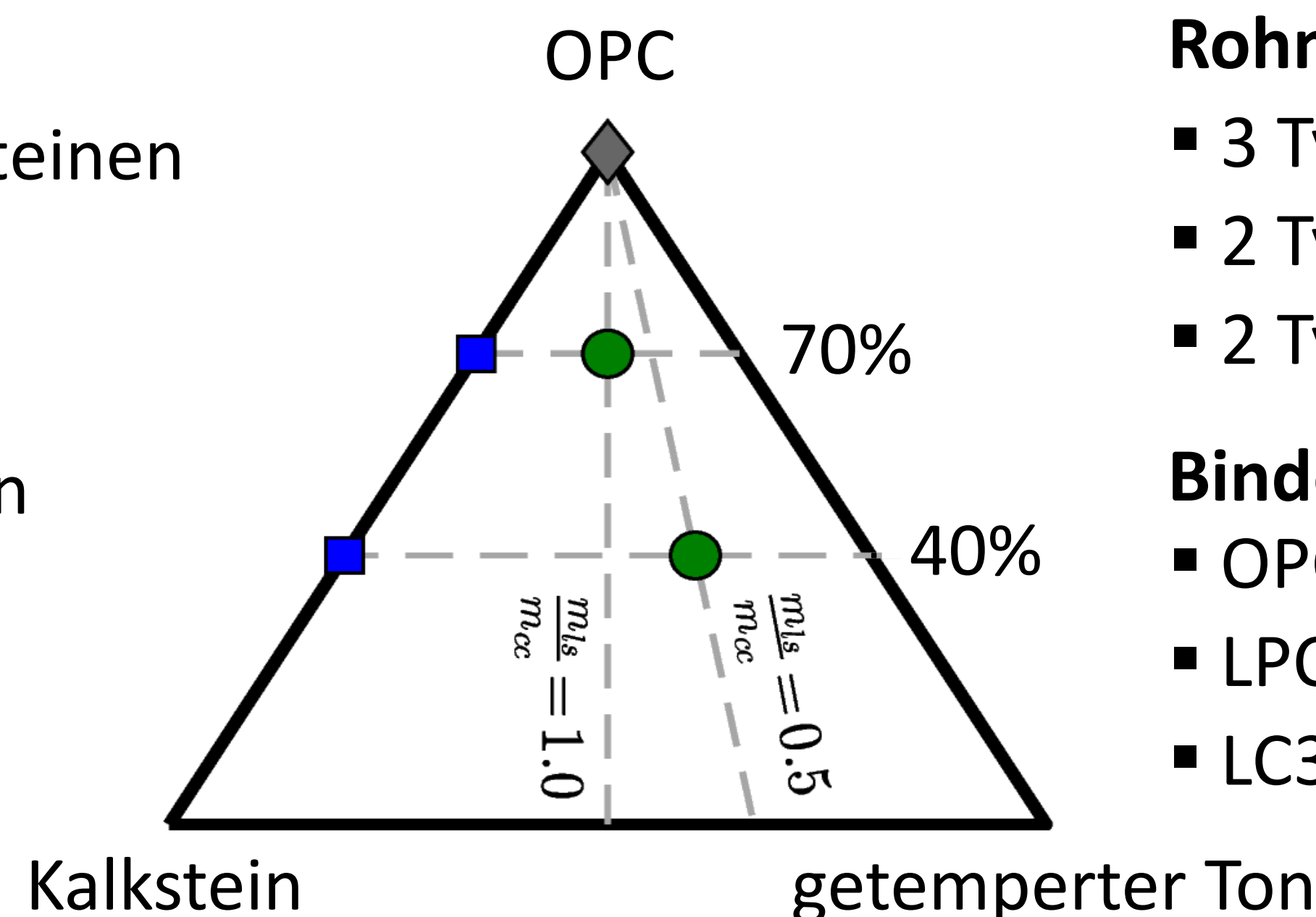
Beitrag von TU Wien-IMWS

Charakterisierung

- Steifigkeits- und Festigkeitseigenschaften von Zementsteinen
- Hydrationskinetik von Zementsteinen
- Kriecheigenschaften von Zementsteinen
- Steifigkeitseigenschaften von homogenen Bestandteilen der Mikrostruktur von Zementsteinen

Modellierung

- Entwicklung realistischer Materialorganigramme
- Entwicklung von Modellen zur Vorhersage von Zementstein-Festigkeiten



Große Diversität an Materialien

Rohmaterialien

- 3 Typen Zement (CEM I)
- 2 Typen Kalkstein
- 2 Typen getemperte Tonen

Bindemittel

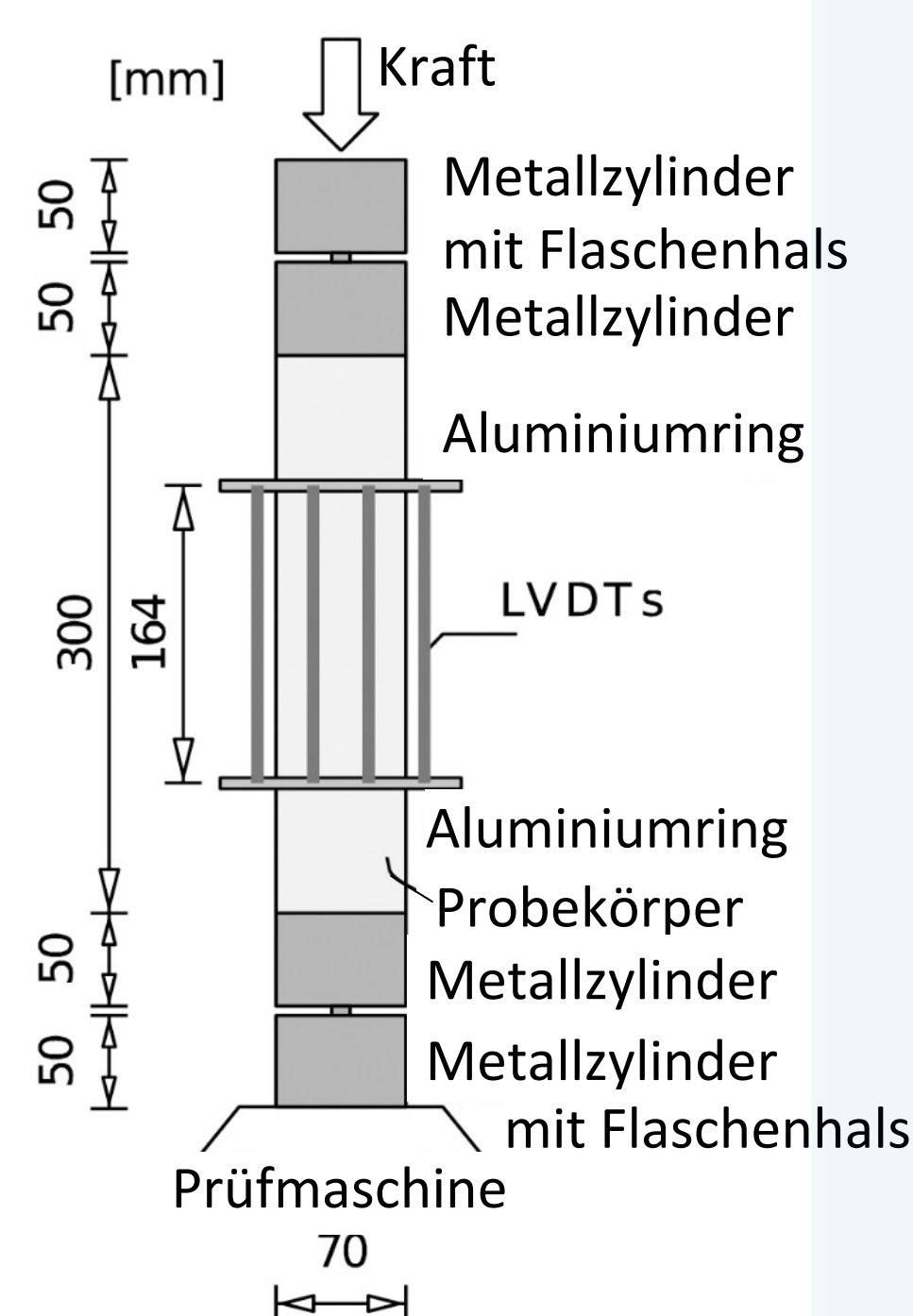
- OPC: Ordinary Portland Cement (◆)
- LPC: Limestone Portland Cement (■)
- LC3: Limestone Calcined Clay Cement (●)

➤ **Wasser-zu-Feststoff-Verhältnis:** $0,31 \leq w/s \leq 0,60$

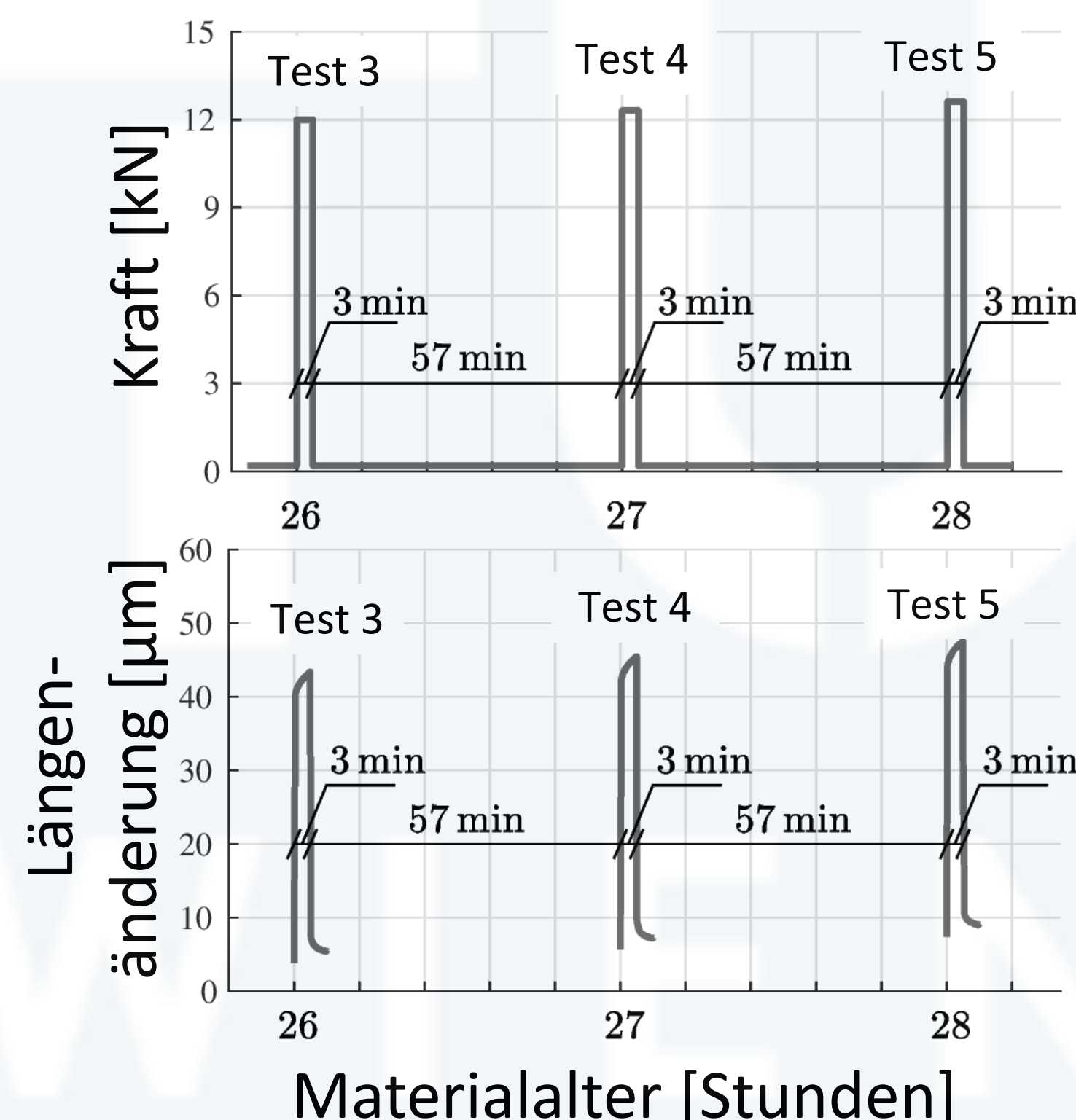
Stündliche 3-Minuten Kriechtests [Irfan-ul-Hassan et al., CCR, 2016]



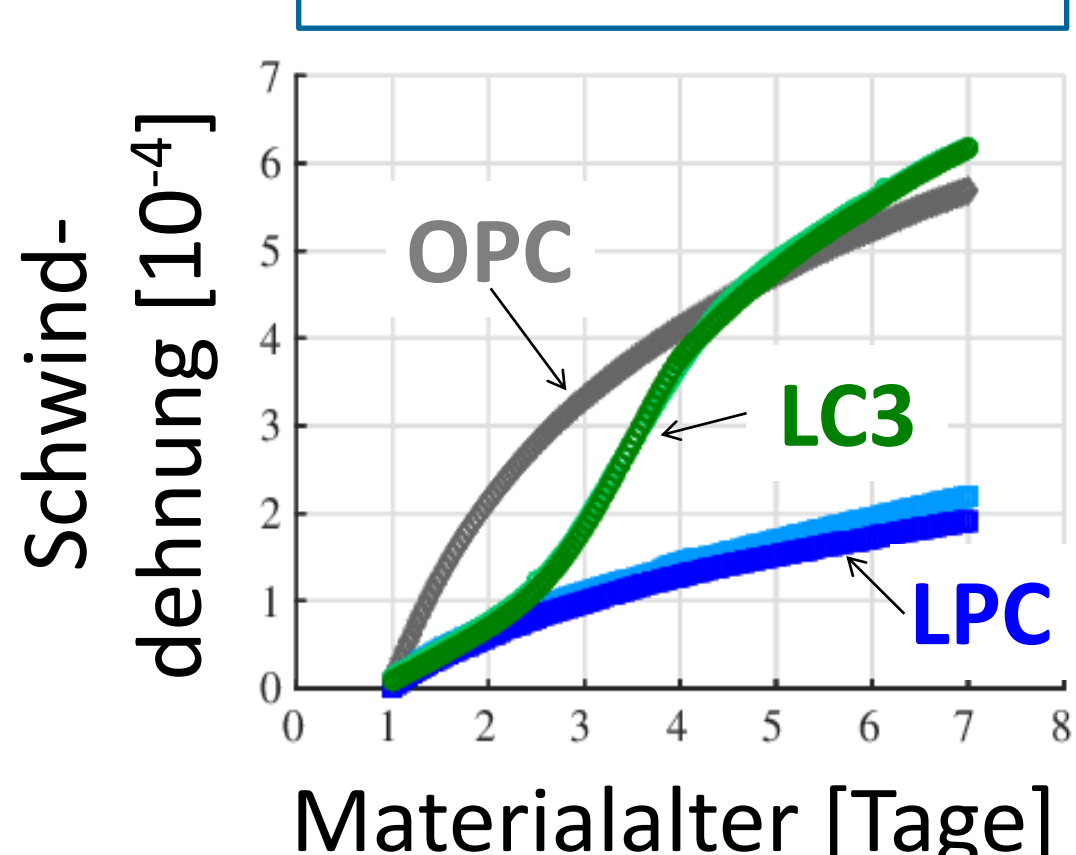
Aufbau



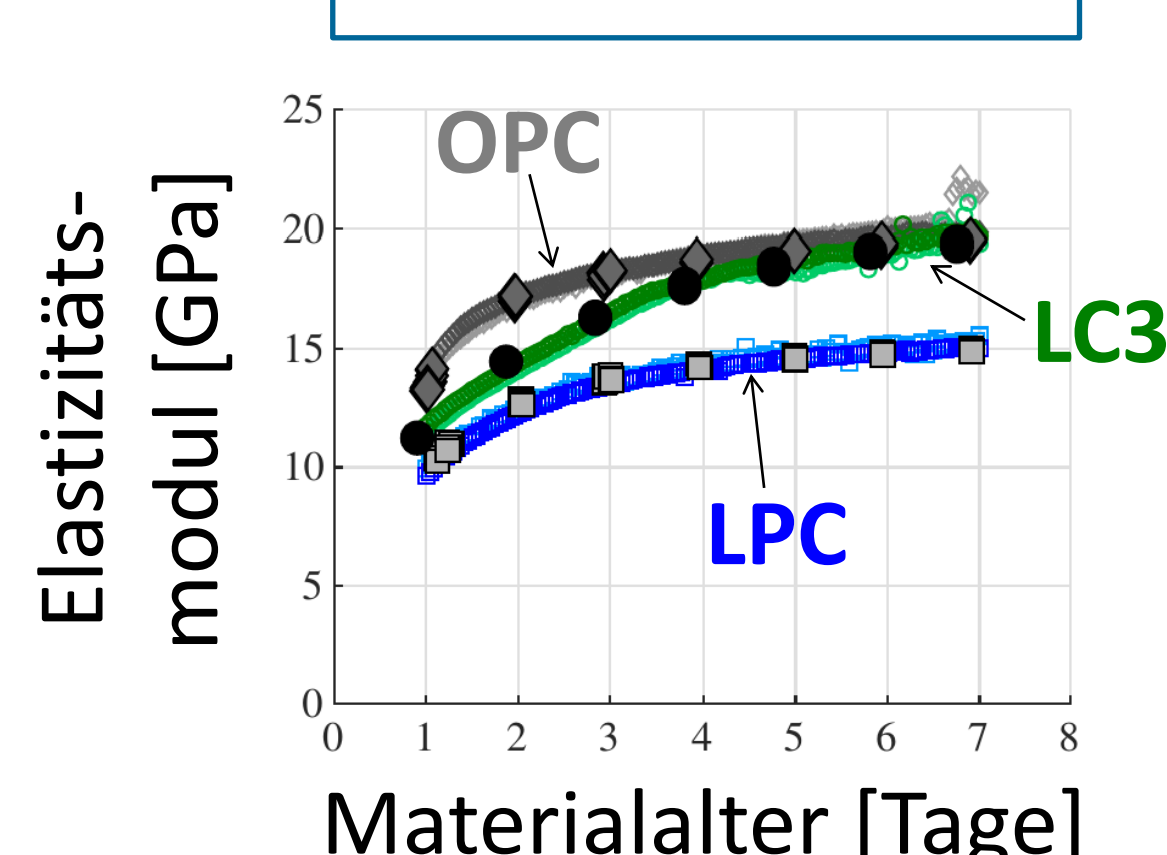
Individuelle 3-Minuten Kriechtests



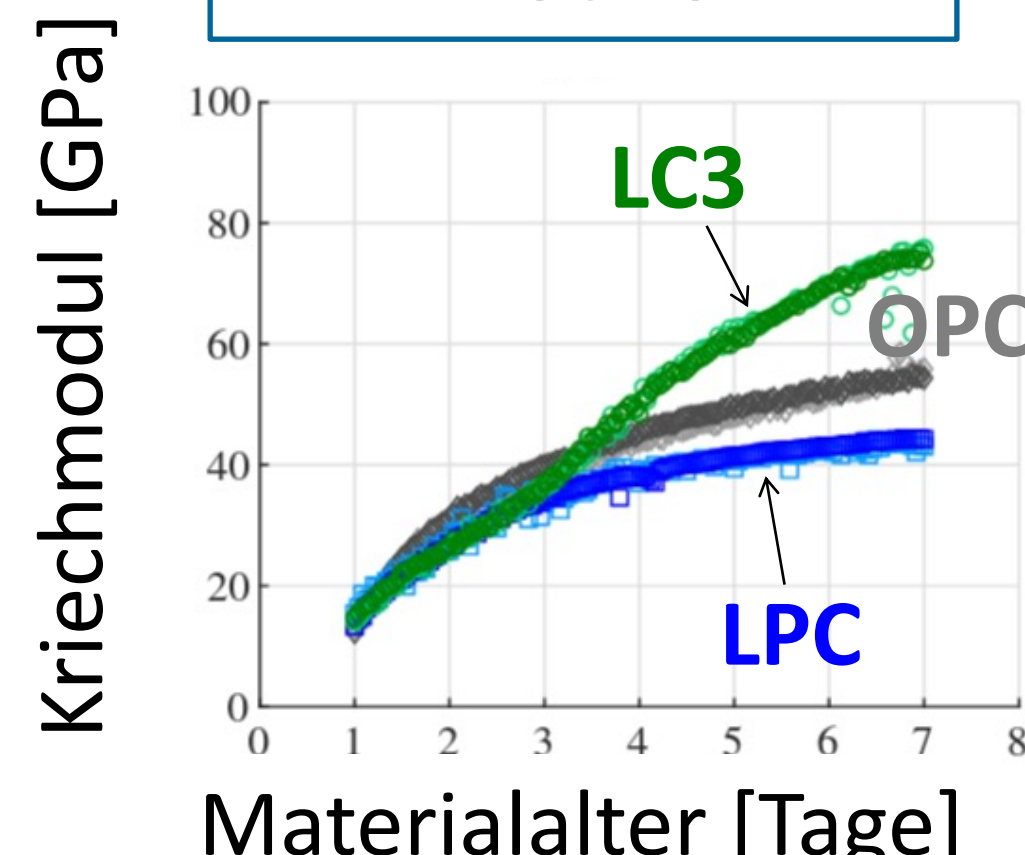
Schwinden



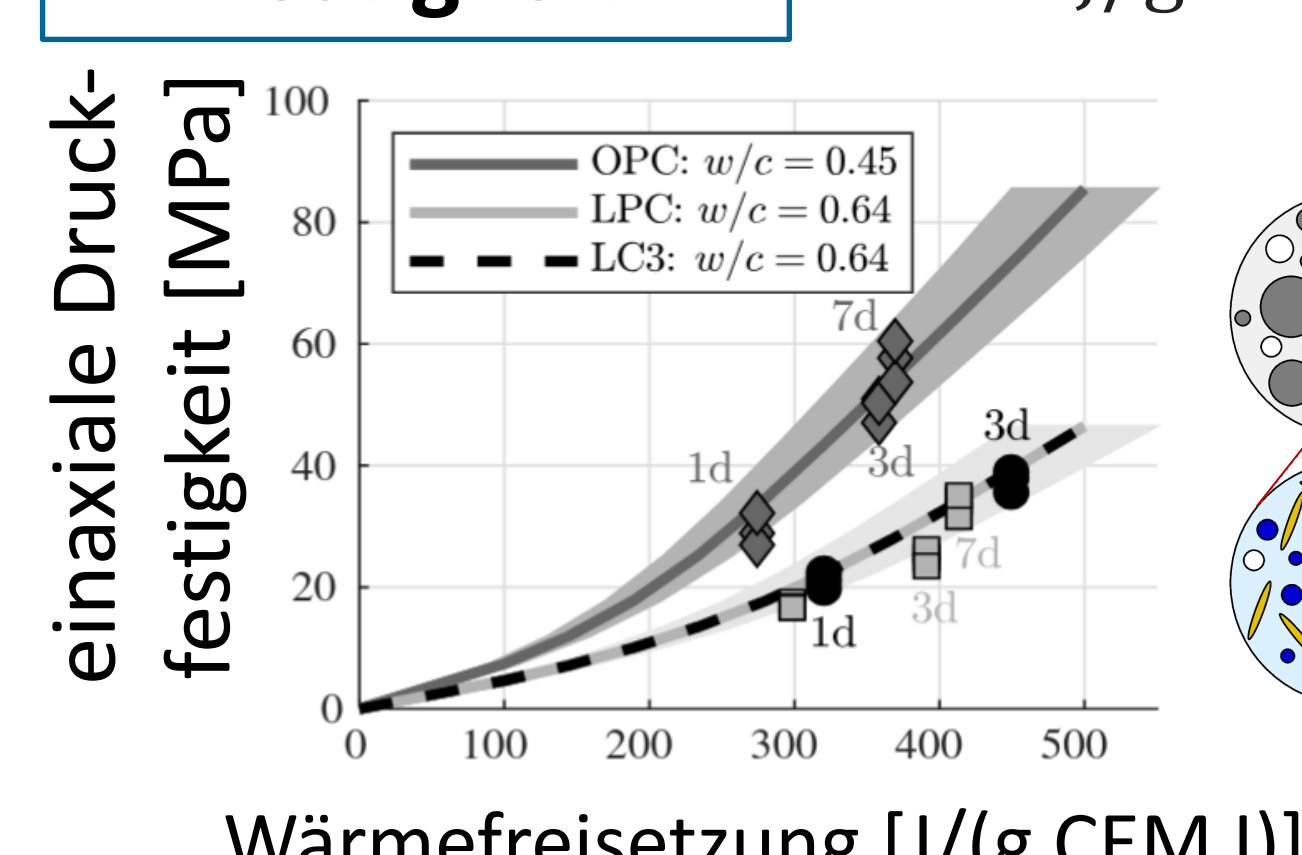
Elastizität



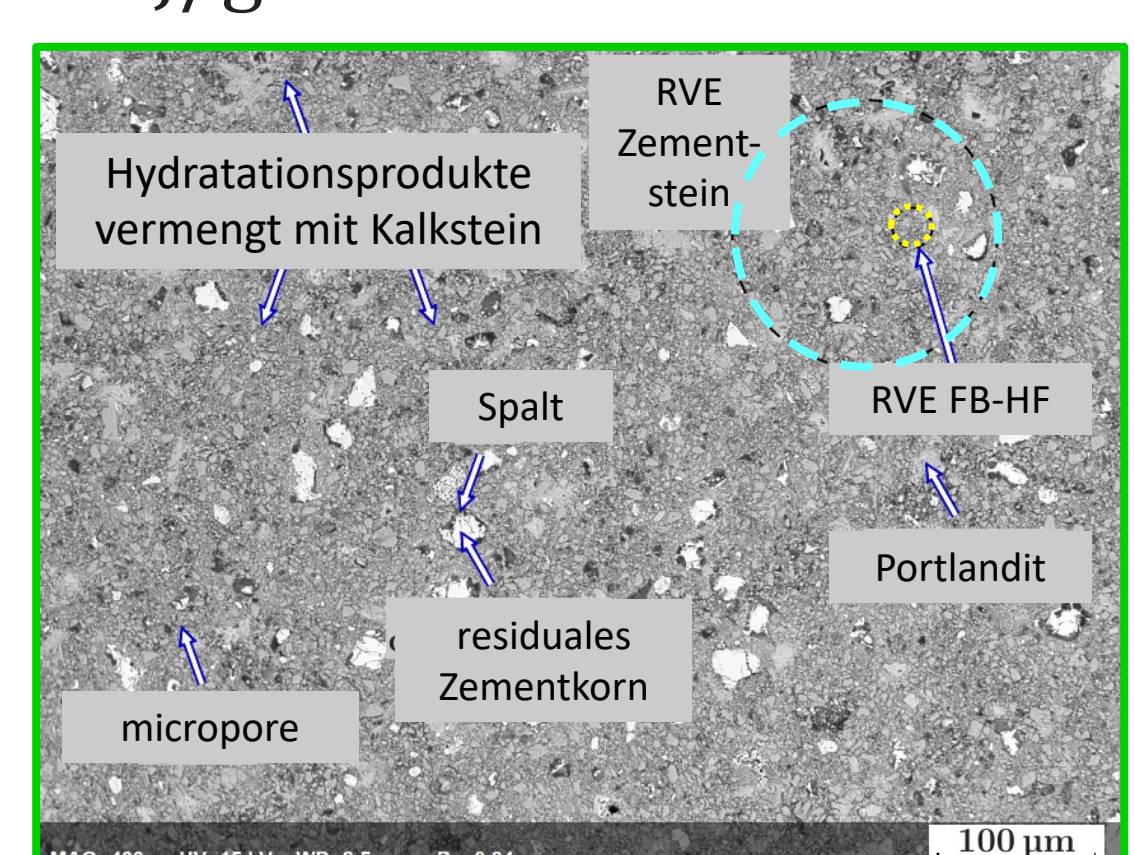
Kriechen



Festigkeit



$450 \text{ J/g} \leq \ell_h \leq 550 \text{ J/g}$



Kontinuumsmechanik-basierte Mehrskalen-Festigkeitsmodellierung

Qualitative Hauptmerkmale

- Hierarchische Organisation
- Charakteristische Phasenformen
- Charakteristische Phaseninteraktion

Entwicklung von
Material-
organigrammen

Quantitative Hauptmerkmale

- Volumenanteile der Materialphasen
- Steifigkeitstensenoren der Materialphasen
- Festigkeit der Hydratgelnadel (= schwächste Phase)

➤ **Spröd-elastische Festigkeitsmodellierung (makro-mikro)**

Zaoui: Journal of Engineering Mechanics, 2002, <https://doi.org/fg26cd>

Pichler and Hellmich: Cement and Concrete Research, 2011, <http://doi.org/cvh9zh>

Königsberger et al.: Cement and Concrete Research, 2018, <http://doi.org/ch9n>