

PORO-MIKROMECHANIK VON BIO- UND BAUMATERIALIEN

Viele technische Werkstoffe sowie die Mehrheit der natürlichen Materialien erscheinen zwar makroskopisch homogen, weisen aber eine inhomogene Mikrostruktur auf. Diese resultiert aus dem Aufbau der Stoffe aus unterschiedlichen Einzelbausteinen, den sogenannten Phasen. Die Einzelbausteine unterscheiden sich im Materialverhalten und/oder in der Orientierung. Auf einer kleineren Längenskala können auch sie wiederum über eine inhomogene Struktur verfügen. Die

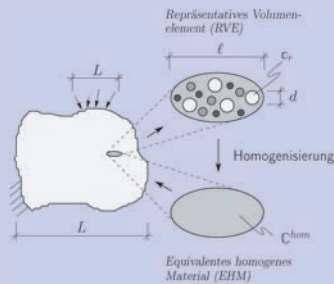
Beschreibung der Anordnung und des Zusammenwirkens der Phasen erfolgt anhand von repräsentativen Volumenelementen (RVE). Dabei handelt es sich um charakteristische Ausschnitte der Mikrostruktur auf einer bestimmten Längenskala. Auf der jeweils übergeordneten Längenskala entsprechen ihnen materielle Punkte. Dringt man zu genügend kleinen Längenskalen vor, so finden sich schließlich Komponenten mit

Eigenschaften, die unabhängig von der genaueren Spezifikation des Materials und von einzelnen Probestück gelten. Diese Komponenten bilden die universellen Grundbausteine des jeweiligen Materials. Beispiele für inhomogene Materialien sind Verbundwerkstoffe, poröse und zelluläre Materialien aus dem technischen Bereich sowie Holz und Knochen aus dem biologischen Bereich.

Ziel der Mikromechanik ist es, Zusammenhänge

zwischen dem Aufbau der Materialien und ihrem makroskopischen mechanischen Verhalten herzustellen. Dabei dienen die physikalischen Eigenschaften der universellen Grundbausteine sowie Charakteristika der geometrischen Anordnung der Phasen in den RVEs als Grundlage. Mit geeigneten, physikalisch motivierten Mittelungsprozessen werden daraus effektive Eigenschaften des Materials ermittelt. Der Mikro-Makro-Übergang wird als *Homogenisierung* bezeichnet.

BESTIMMUNG EFFEKTIVER WERKSTOFFEIGENSCHAFTEN

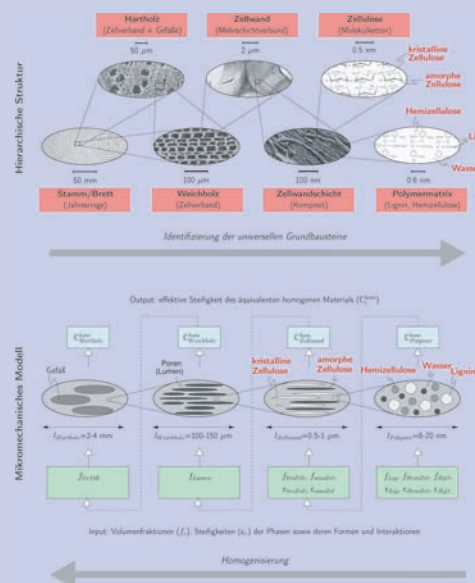


Berechnung effektiver elastischer Eigenschaften (Elastizitätstensor C^{hom}) auf Basis der

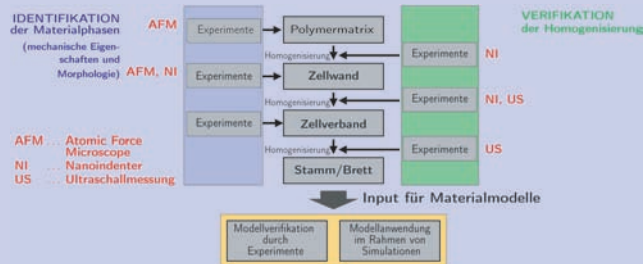
- chemischen Zusammensetzung (Volumenfraktionen der Einzelbausteine f_i)
- Steifigkeit der Einzelbausteine (Elastizitätstensoren c_i)
- Morphologie der Einzelbausteine (kugelförmig, zylindrisch, ...)
- Interaktion der Einzelbausteine (gleichmäßige Durchmischung, Vorhandensein einer durchgängigen Matrix, ...)

Voraussetzung: $d \ll \ell \ll L$

HOMOGENISIERUNG AM BEISPIEL HOLZ

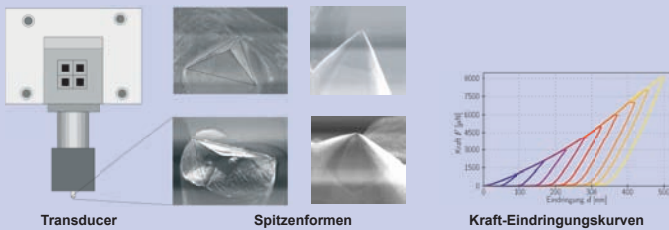


EXPERIMENTELLE BASIS DER HOMOGENISIERUNG

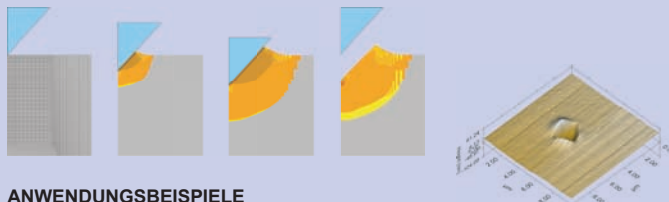


NANOINDENTER (NI)

MESSUNG DER MIKROHÄRTE MITTELS HYSITRON TRIBOINDENTER



FE-SIMULATION DER INDENTATION

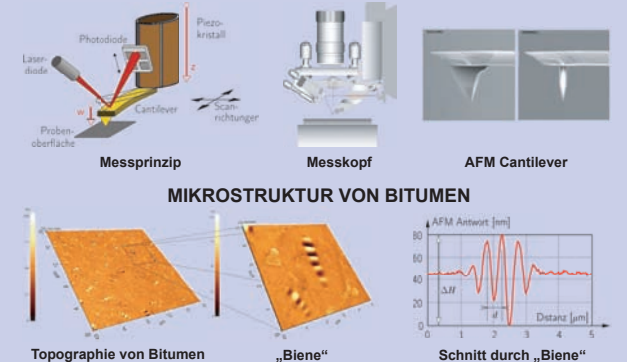


ANWENDUNGSBEISPIELE



RASTERKRAFTMIKROSKOP (AFM)

IDENTIFIKATION DER MIKROSTRUKTUR MITTELS AFM PSIA XE-100



Literatur:

Ch. Hellmich, F.-J. Ullm: "Are Mineralized Tissues Open Crystal Foams Reinforced by Crosslinked Collagen? - Some Energy Arguments", *Journal of Biomechanics*, 35 (2002), 9, 1199-1212.
 Ch. Hellmich, J.-F. Barthélémy, L. Dormieux: "Mineral-Collagen Interactions in Elasticity of Bone Ultrastructure - A Continuum Micro-mechanics Approach", *European Journal of Mechanics - A/Solids*, 23 (2004), 5, 783-810.
 K. Hofstetter, Ch. Hellmich, J. Eberhardsteiner: "Development and experimental validation of a continuum micromechanics model for the elasticity of wood", *European Journal of Mechanics - A/Solids*, submitted for publication.
 A. Jäger, R. Lackner, C. Essermenger-Sittler, R. Blab: "Identification of Four Material Phases in Bitumen by Atomic Force Microscopy", *International Journal of Road Materials and Pavement Design*, 5 (2004), Special Issue, 9-24.
 P. Pivonka, Ch. Hellmich, D. Smith: "Microscopic Effects on Chloride Diffusivity of Cement Pastes - A Scale-Transition Analysis", *Cement and Concrete Research*, 34 (2004), 12, 2251-2260.
 J. Eberhardsteiner: *Mechanisches Verhalten von Fichtenholz - Experimentelle Bestimmung der biaxialen Festigkeitseigenschaften*; Springer Wien (2002).
 R. Lackner, H.A. Mang, and Ch. Pichler: Computational concrete mechanics - a multiscale perspective. In "Encyclopedia of Computational Mechanics", John Wiley & Sons, Chichester, 513-541 (2004).
 R. Lackner, M. Spiegl, R. Blab, and J. Eberhardsteiner: Is low-temperature creep of asphalt mastic independent of filler shape and mineralogy? - arguments from multiscale analysis. *Journal of Materials in Civil Engineering (ASCE)*. In print.