Entwicklung eines viskoelastischen Materialmodells für kleine Deformationen

B. Sc. Jasmin Würges
M. Eng. Mathias Grehn
M. Sc. Stefanie Tegtmeyer
Prof. Dr.-Ing. Udo Nackenhorst

Leibniz Universität Hannover

ibnm

Institut für Baumechanik
und Numerische Mechanik
Leibniz Universität Hannover
Appelstraße 9a
30167 Hannover
T. +49 511.762-3219
sekretariat@ibnm.uni-hannover.de
www.ibnm.uni-hannover.de

Viskoelastisches Materialverhalten

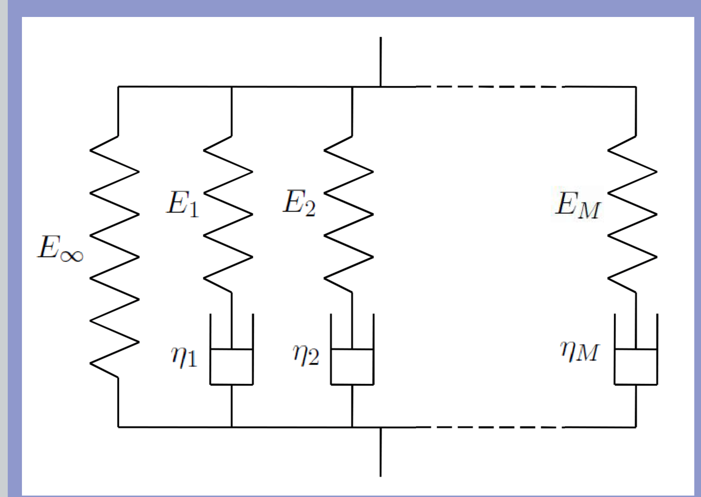
» kleine Deformationen
» isotropes Material
» konstante Temperatur

Viskoelastische Materialien zeichnen sich besonders durch ihr reversibles und zeitabhängiges Verhalten aus und besitzen ein sogenanntes schwindendes Gedächtnis.

» Kunststoffrohre «
© lichtkunst.73 / pixelio.de

Materialgesetz

Die implementierten Materialgesetze lassen sich mit Hilfe des verallgemeinerten Maxwell-Modells herleiten. Die anhand dieses Modells bestimmten eindimensionalen Materialgesetze können auf den dreidimensionalen Fall erweitert werden.



» Verallg. Maxwell-Modell «

» Spannungen

$$\boldsymbol{\sigma}_{n+1} = \gamma_\infty \mathbf{s}^0_{n+1} + \sum_{i=1}^N \gamma_i \mathbf{h}^{(i)}_{n+1}$$

» Materialtensor

$$\mathbf{C}^{vel}_{n+1} = g^*(\Delta t_n)\mathbf{C}^{el}_{n+1}$$

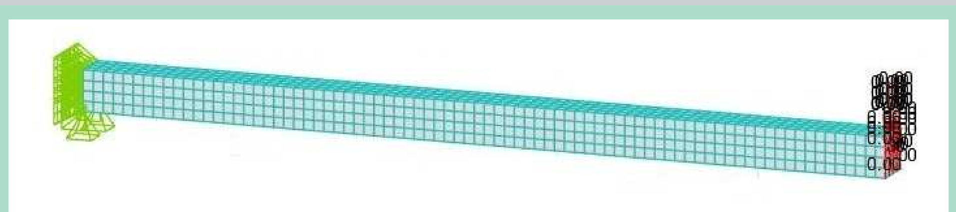
mit

$$g^*(\Delta t_n) = \gamma_\infty + \sum_{i=1}^N \gamma_i e^{-1\Delta t_n/2\tau_i}$$

dabei beschreibt $\mathbf{s}^0_{n+1}$ die linear elastische Testspannung und $\mathbf{h}^{(i)}_{n+1}$ die Spannung in den Maxwell-Elementen. Außerdem repräsentiert $\mathbf{C}^{el}_{n+1}$ den elastischen Materialtensor, $\gamma_\infty = E_\infty/E_0$ bzw. $\gamma_i = E_i/E_0$ die Verhältnisse der Elastizitätsmodulen zum Gesamtmodul $E_0 = E_\infty + \sum_{i=1}^N E_i$, sowie $\tau_i = E_i/\eta_i$ die Relaxations- bzw. Retardationszeit.
Optional kann eine volumetrisch-deviatorische Aufteilung vorgenommen werden, dabei wird der volumetrische Anteil als rein elastisch angenommen und nur der deviatorische Anteil als viskoelastisch [1].

Modell

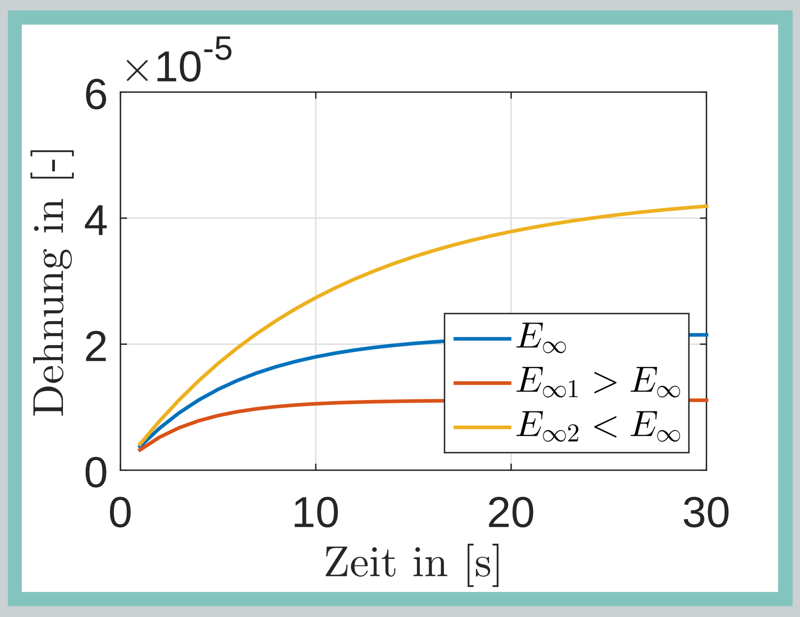
» 1280 Elemente
» Belastung am Kragarmende mit 1N konstant über einen 30s Zeitraum



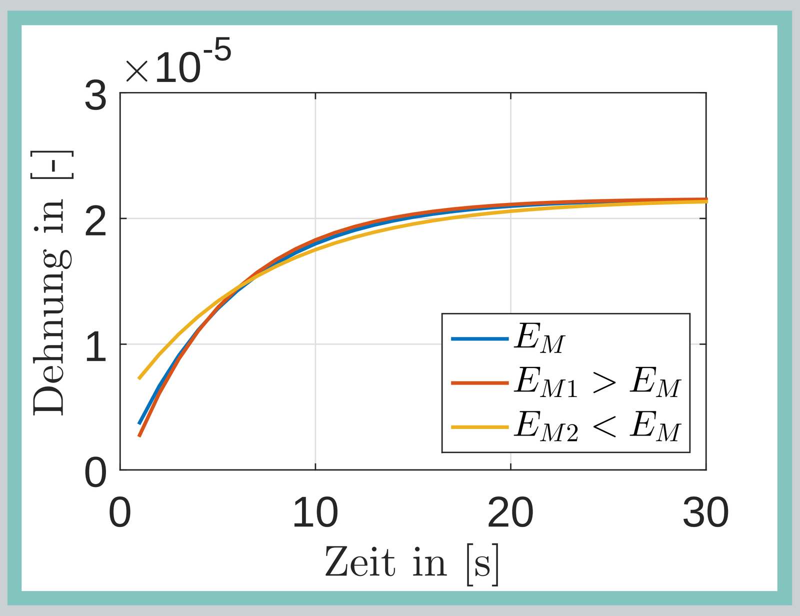
» 3D Finite Elemente Kragarm-Modell «

Numerische Ergebnisse

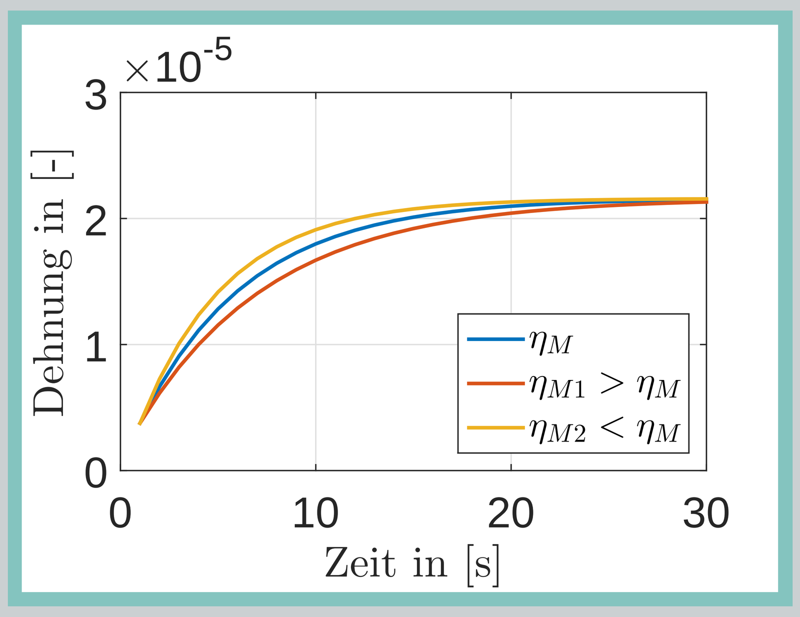
» typisches Kriechverhalten mit einem elastischen Dehnungssprung zum Zeitpunkt der Belastung und einer anschließenden Konvergenz
» Vergleich mit der analytischen Werten und weiteren Beispielen [2] verifiziert die Implementierung



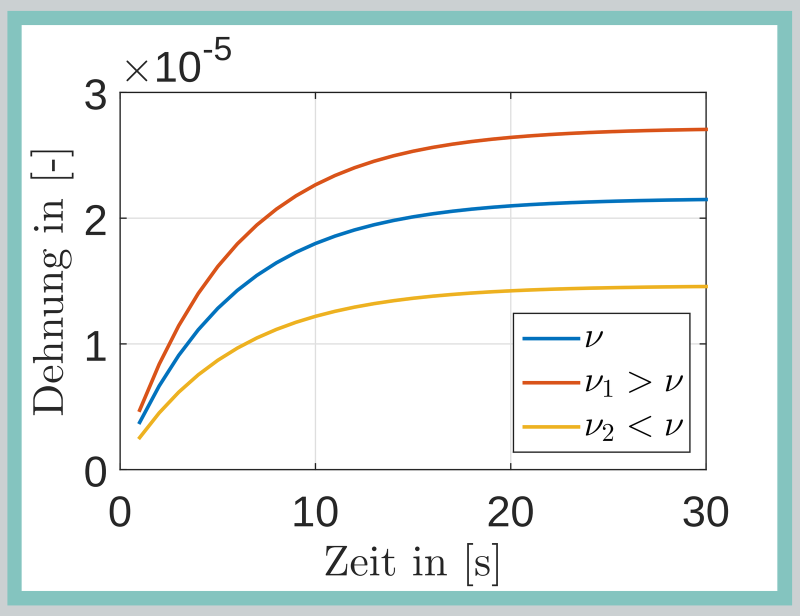
» Einfluss von E_∞ «



» Einfluss von E_M «

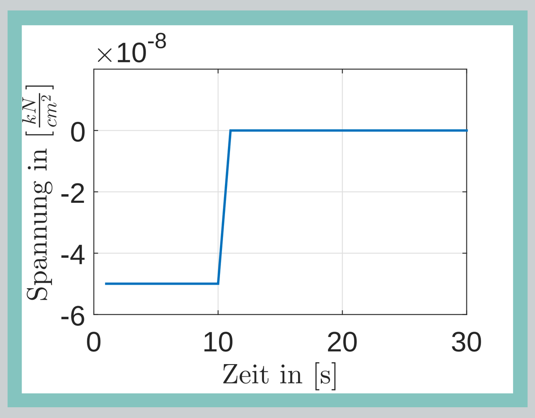


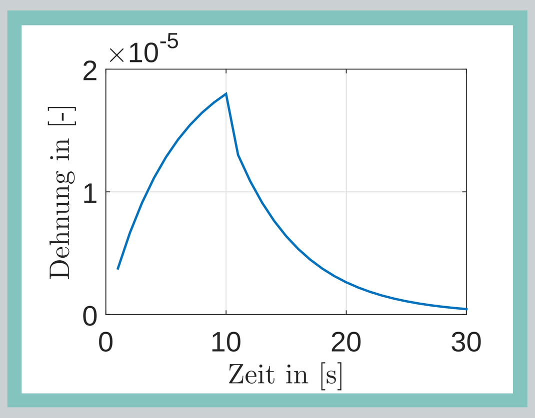
» Einfluss von η_M «



» Einfluss von ν «

Durch eine Änderung der Materialparameter wird außerdem der Einfluss dieser Parameter auf die Dehnung überprüft.

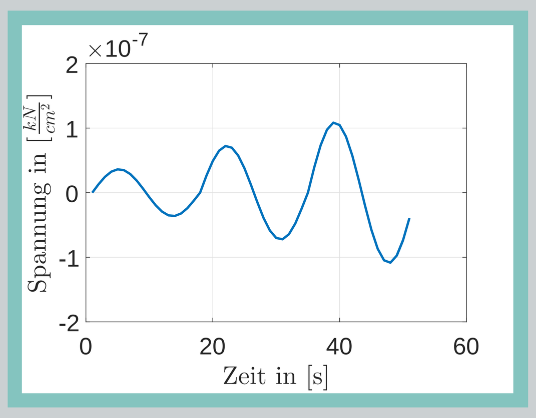


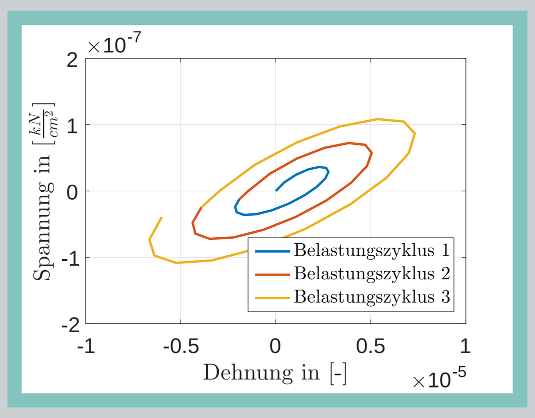


» Entlastung nach 10s «

Eine Entlastung nach 10s führt zu einem elastischen Dehnungssprung in die entgegengesetzte Richtung wie zu Beginn. Danach konvergiert die Dehnung zu null.

Bei einer harmonischen Anregung ergibt sich die Spannungs-Dehnungs-Kurve als Ellipse. Mit größer werdender Amplitude wächst die Hysteresefläche.





» Harmonische Anregung «

Ausblick

» eine Erweiterung ist möglich für: große Deformationen, Anisotropie, Temperaturänderungen

Literatur

[1] Simo, Juan C., Hughes, Thomas J.: *Computational inelasticity*. Bd. 7. Springer Science & Business Media (2006)

[2] Sorvari, Joonas; Hämäläinen, Jari: *Time integration in linear viscoelasticity - a comparative study*. In: Mechanics of Time-Dependent Materials 14 (2010), Nr. 3, S. 307-328