

Versuchsanleitung und Auswertung Arterie

13.04.2007

0.1 Arterienwand

0.1.1 Standartversuch

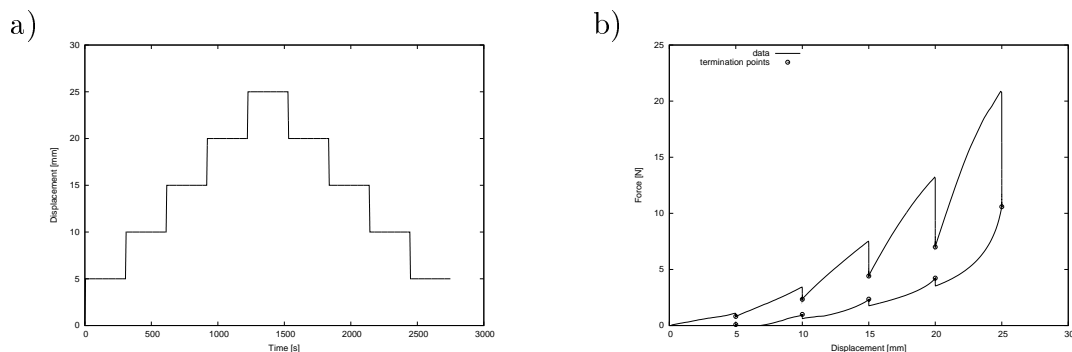


Abbildung 1: Rinderarterienwand Zugversuch a) aufgetragte Zeit-Weg-Funktion b) Versuchsergebnis

Der Standartversuch ist in diesem Fall ein einfacher Zugversuch mit Relaxationsabbruchpunkten. Vorgegeben wird der in Abbildung 1_a gegebene Belastungsverlauf. Abbildung 1_b gibt das Ergebnis wieder.

0.1.2 Bestimmung der Materialparameter

Im Gegensatz zu einem Zugversuch einer Metallprobe kann man hier nicht von einem linearen Zusammenhang zwischen Kraft und Verformung ausgehen (siehe Abb. 1_b). Als Stoffgesetz für die Gleichgewichtselastizität kann somit das HOOKEsche Gesetz nicht angewandt werden. Verwandt werden soll in diesem Fall ein sogenanntes *hyperelastisches* Gesetz gemäß OGDEN (siehe Skript). Es gilt:

$$F = A_0 \sum_{j=1}^N \mu_j \left(\lambda^{\alpha_j - 1} - \lambda^{-\left(\frac{\alpha_j}{2} + 1\right)} \right) \quad (1)$$

mit $\lambda = 1 + \frac{l(t)}{l_0}$ der Streckung, A_0 dem Ausgangsquerschnitt, F der Reaktionskraft und den Materialparametern μ_j und α_j .

Die Analyse des Zeitverhaltens soll hier nicht betrachtet werden.

Die Materialparameter werden wieder mittels der Messwerte und dem Minimieren der Fehlerquadratsummen bestimmt. Es soll gelten:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \left[F_i - A_0 \sum_{j=1}^N \mu_j \left(\lambda_i^{\alpha_j - 1} - \lambda_i^{-\left(\frac{\alpha_j}{2} + 1\right)} \right) \right]^2 \stackrel{!}{=} \min \quad (2)$$

Der Parameter α_j in Gleichung (2) ist nichtlinear verknüpft. Es ist deshalb besser zur Bestimmung des Minimums von (2) ein direktes Optimierungsverfahren zu verwenden, weil aus der notwendigen Bedingung, dass die Ableitung von (2) nach den Parametern im Minimum verschwindet, lediglich zu einem nichtlinearen Gleichungssystem in den Parametern führt. Verwendet wird das *Simplex*-verfahren von *Nelder & Nead*. Benutzt wird das Gesetz (1) für $N = 1$.

0.1.3 Verfahren

Bearbeiten der Messdaten

Die zur Auswertung benötigten Programme sind alle unter Linux lauffähig. Zur Auswertung eignen sich leider nur die letzten zwei Dateien. Erzeugen sie für jede Messwertdatei ein eigenes Verzeichnis und fügen sie in jedes Verzeichnis eine Messwertdatei ein. Kopieren sie in jedes dieser Verzeichnisse die Programme *schnitt* und *ogden*. Öffnen sie eine *shell* und verzweigen sie in eines der Verzeichnisse. Führen das Programm *schnitt* aus, indem sie in der *shell* `./schnitt` ausführen.

Das Programm *schnitt* erzeugt eine neue Messwertdatei (*messwerte.dat*), das neben den Messwerten in der Spalte vier die Ableitung des Wegs nach der Zeit liefert. Die Datei *korridor.dat* liefert die Relaxationsabbruchpunkte und die Dateien *relnn.dat* enthalten die Relaxationswerte an den Haltepunkten.

Das Dateiformat ist in allen Dateien gleich. Die erste Spalte liefert die Zeit [s], die zweite die Kraft [N] und die dritte den Weg [mm].

Bestimmen der Materialparameter

Hierfür benötigen sie das Paket *ogden.tar.gz*. Es beinhaltet das Optimierungsprogramm *ogden*, die Steuerdatei *steuer.dat* und eine Plotdatei *plot.plt*. Die Steuerdatei benötigen sie, um die Eingangsparameter des Programms *ogden* zu bestimmen.

Die Messwertdatei ist *korridor.dat*. A_0 und l_0 entnehmen oder berechnen sie aus ihren Aufzeichnungen. Die Anzahl der Parameter ist 2, da das Modell

für $N = 1$ angewandt wird. Die Parameterstartwerte können sie übernehmen. Im Fall, dass sie keine Konvergenz des Programms erzielen, versuchen sie die Startwerte so zu variieren, dass der Wert für χ^2 für den geschätzten Parametervektor kleiner wird.

Für die graphische Darstellung können sie die Datei *plot.dat* nutzen. Sie wird von Programm *ogden* erzeugt und beinhaltet in den ersten beiden Spalten die Verschiebung und die Kraft. In der dritten Spalten sind die durch das Modell mit den optimierten Parametern errechneten Kräfte abgelegt.