

Institut für Mechanik und IWRMM

Untersuchung von Strukturen aus anisotropen Materialien

Vertieferarbeit von cand. ing. Marc Haßler

Aufgabe

FE-Simulation des Einheilprozesses eines Unterkieferimplantates unter Berücksichtigung der Anisotropie im Knochen

Notwendige Erweiterungen in FEAP

- Einbau eines 20-Knoten-Hexaeder-Elementes mit Degeneration auf eine Pyramide
- Einbau eines 4-Knoten-Tetraeders
- Einbau eines Materialgesetzes für beliebig gerichtete Orthotropie

Grundidee des Einheilprozesses

- Geschädigtes Gewebe (\Rightarrow *Reparationszone*) zwischen Implantat und vitalem Knochen wird sukzessive repariert
- Voraussetzung für Reparatur des Knochens: Beim Kauen, Schlucken etc. übertragene mechanische Stimuli
- Reparatur wird simuliert durch schrittweises Steigern des E -Moduls von E_{Start} um ΔE auf E_{Ziel} , falls Stimulus in ein sog. *Wachstumswenster* fällt
- Effektiver Stimulus: von Mises-Vergleichsspannung σ_{eqv}

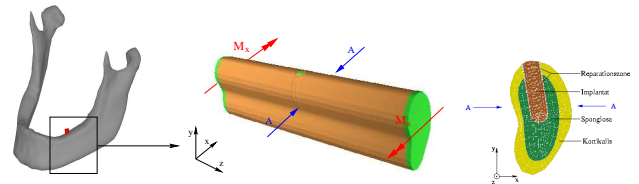
Materialverhalten

- Linear-elastisches Material
- **Kortikalis: anisotrop**
 $E_x = 16 \text{ GPa}$, $E_y = 17 \text{ GPa}$, $E_z = 20 \text{ GPa}$
- **Spongiosa: isotrop**
 $E_x = E_y = E_z = 2 \text{ GPa}$
- **Materialparameter der Reparationszone**

	kortikaler Bereich	spongioser Bereich
E_{Start} [MPa]	500	500
ΔE [MPa]	100	50
E_{Ziel} [MPa]	18 000	2 000

Modellbildung

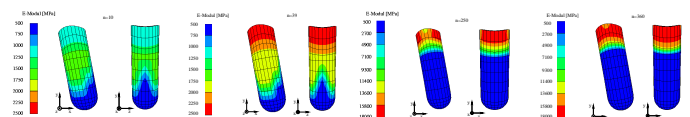
- **Idealisierung der Unterkieferstruktur**



- Die das Unterkiefermodell deformierenden Belastungen werden durch zwei Biegemomente simuliert

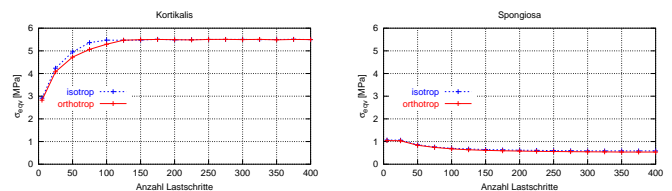
Numerische Ergebnisse

- **Verteilung des E -Moduls in der Reparationszone nach dem n -ten Lastschritt**

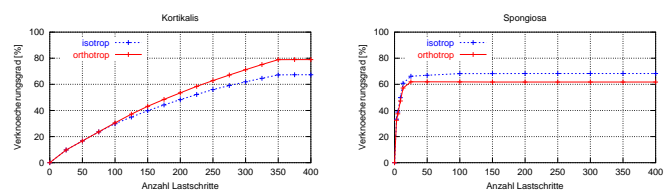


Auswertung

- **Verlauf der Vergleichsspannung σ_{eqv} im kortikalen bzw. spongiosen Bereich der Reparationszone:**



- **Verknöcherungsgrade $\kappa_K(n)$, $\kappa_S(n)$: Gewichtetes Mittel des E -Moduls im kortikalen bzw. spongiosen Bereich der Reparationszone**



- **Berücksichtigung der Anisotropie in der Kortikalis hat nur geringe Auswirkungen auf den Einheilprozess im Vergleich zur Simulation mit isotroper Kortikalis**