

# 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  $\Delta E$  auf  $E_{Ziel}$ , falls Stimulus in ein sog. *Wachstumfenster* fällt
- Effektiver Stimulus: von Mises-Vergleichsspannung  $\sigma_{eqv}$

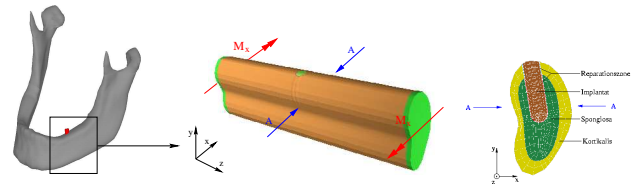
### Materialverhalten

- 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
$\Delta E$ [MPa]	100	50
$E_{Ziel}$ [MPa]	18 000	2 000

### Modellbildung

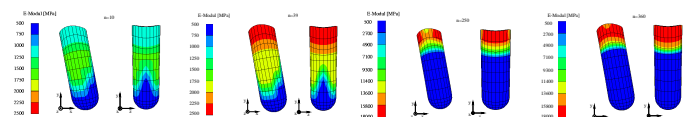
- **Idealisierung der Unterkieferstruktur**



- Die das Unterkiefermodell deformierenden Belastungen werden durch zwei Biegemomente simuliert

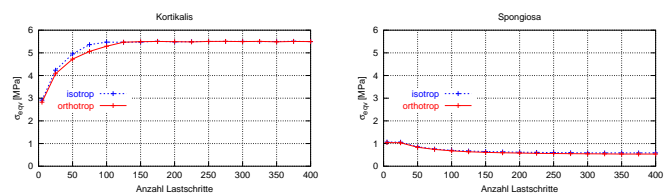
### Numerische Ergebnisse

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

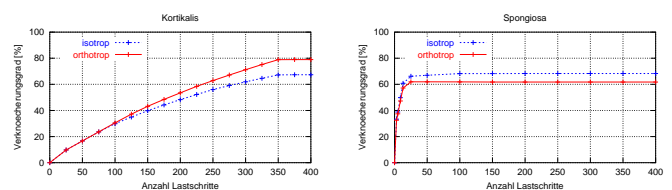


### Auswertung

- **Verlauf der Vergleichsspannung  $\sigma_{eqv}$  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**