



FEM Simulation von Prothesenschäften

Ein Vergleich von optimalen und suboptimalen Formen

Markus Meingast | Alexander Volf | Dr. Med. Laszlo Kovacs

Kooperation



- gefördert von der Bayerischen Forschungsstiftung
- CAPS / Klinikum rechts der Isar
- Firma Gottinger GmbH
- Firma CADFEM GmbH
- Firma Materialize



Prothesenschaft

- Bindeglied zwischen Prothese und Mensch
- Schaffformen
 - Querovaler Schaft
 - CAT/CAM Schaft
 - M.A.S. Schaft
- Aufgaben
 - Support
 - Stabilisation
 - Suspension
- Anforderungen
 - Hygiene
 - „angenehmes Gefühl“



Stand der Technik

- Orthopädietechniker
 - Abformen/Messen
 - Herstellung Rohling
 - Anpassen

- Maschineneinsatz
 - Messsysteme
 - CAD/CAM
 - CNC-Fräse
 - Tiefziehen

→ Keine quantitativen Aussagen über die Qualität möglich!



FEM Einsatz

- Quantitative Aussagen über Qualität
- Schnell
- Kostenersparnis
- Kundenfreundlich
- Optimierung der Schaffform



Vorgehensweise

Workflow

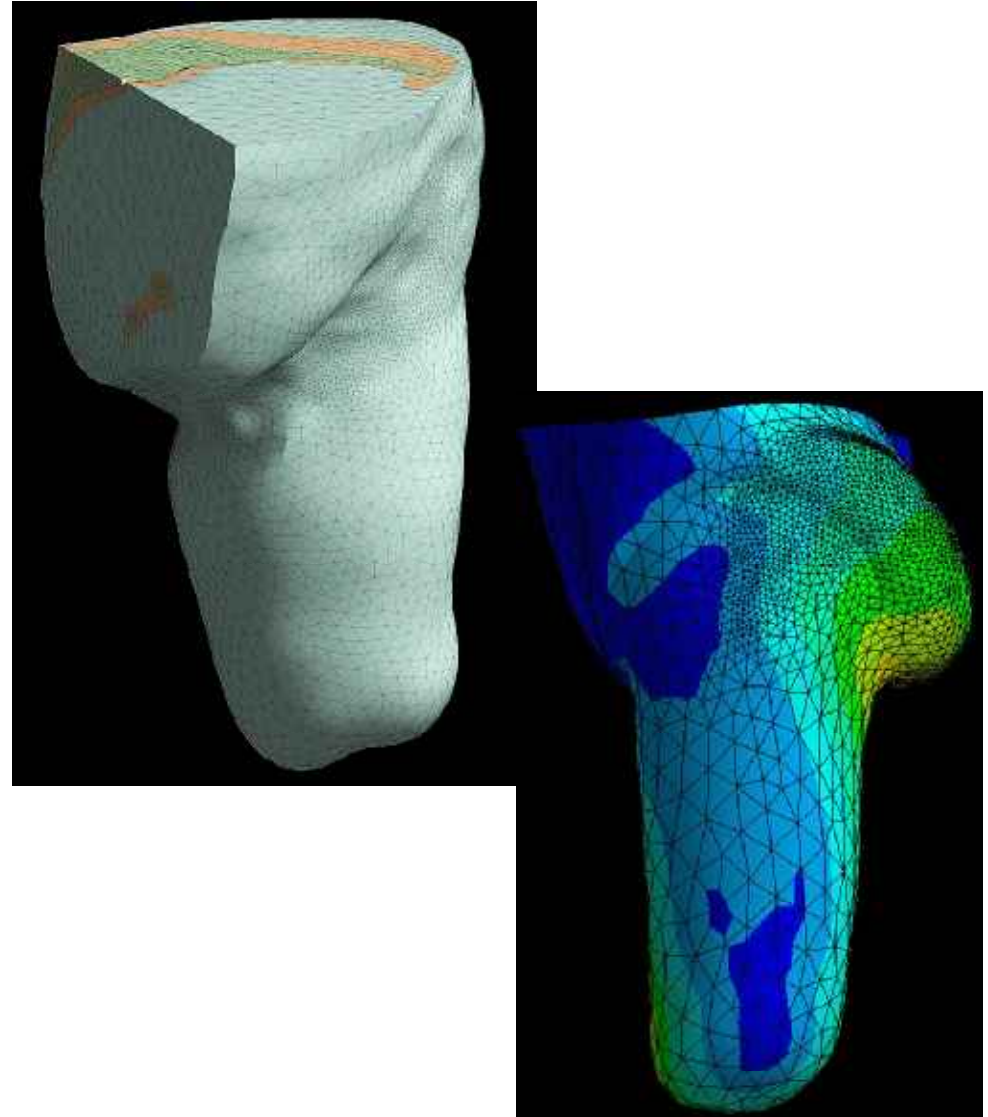
- MRT-Aufnahmen des Patienten
 - Ohne Schaft
 - Optimaler Schaft
 - Suboptimaler Schaft
- Segmentierung mit Mimics



Vorgehensweise

Workflow

- MRT-Aufnahmen des Patienten
 - Ohne Schaft
 - Optimaler Schaft
 - Suboptimaler Schaft
- Segmentierung mit Mimics
- Vernetzung in ICEM CFD
- Berechnung und Simulation mit ANSYS Workbench



Vorgehensweise

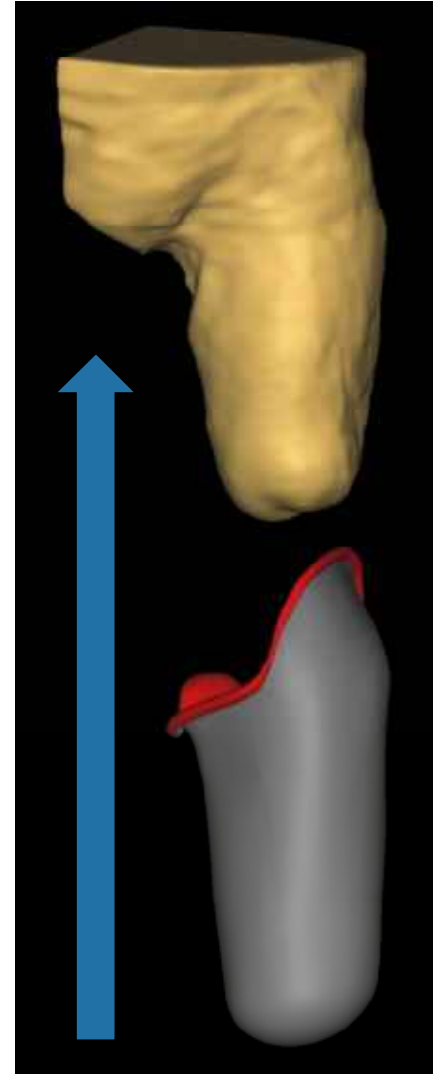
Berechnungsverfahren

- Bestimmung der Schaftendposition
- Realitätsnahe Simulation
- Randbedingungen



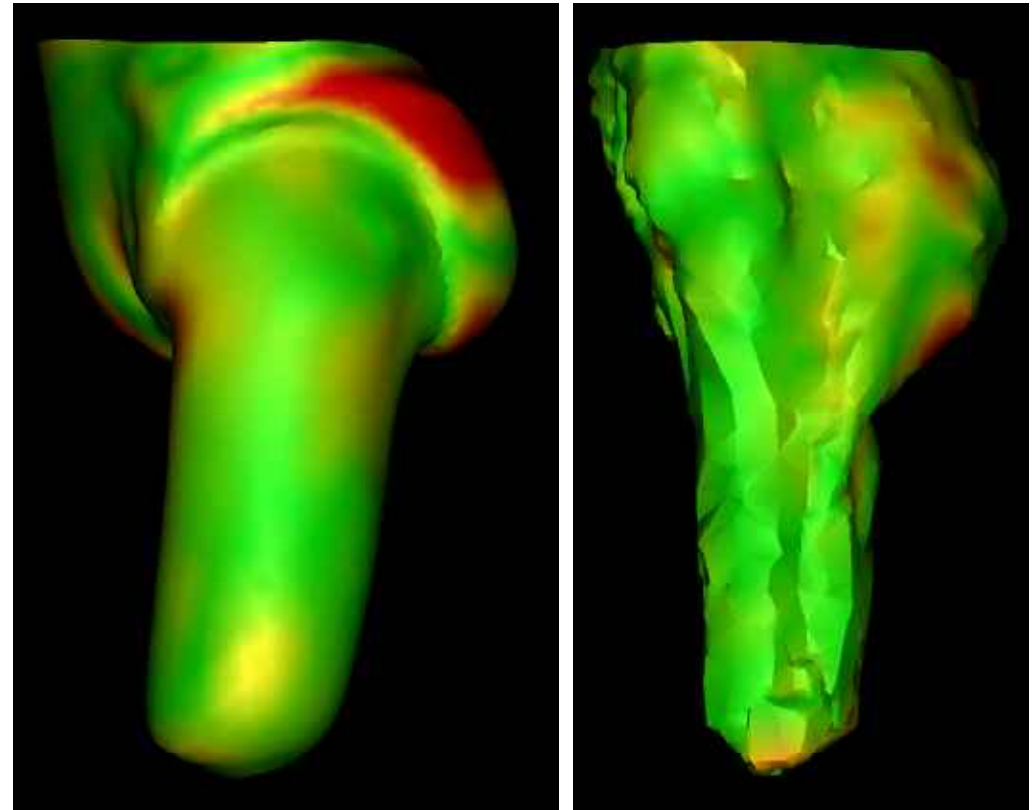
Berechnungsverfahren

- Bestimmung der Schaftendposition
- Realitätsnahe Simulation
- Randbedingungen



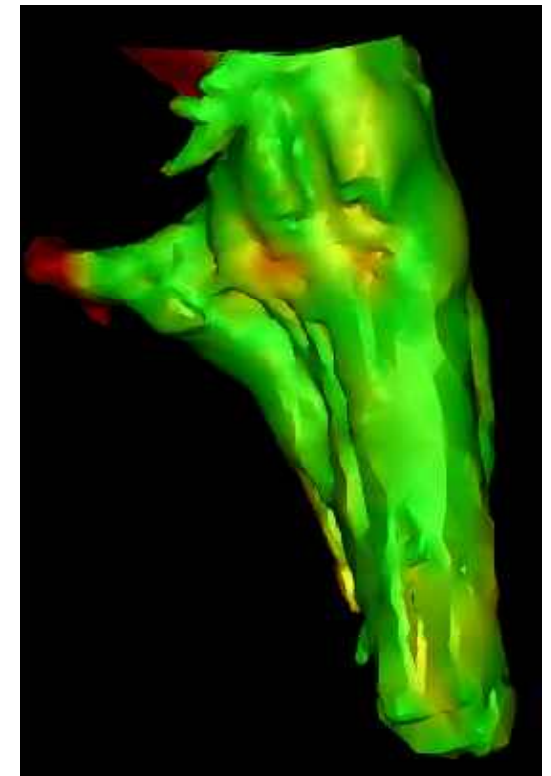
Simulation ↔ MRT-Aufnahmen

- Optimaler Schaft
 - Fettgewebe
 - Muskelgewebe



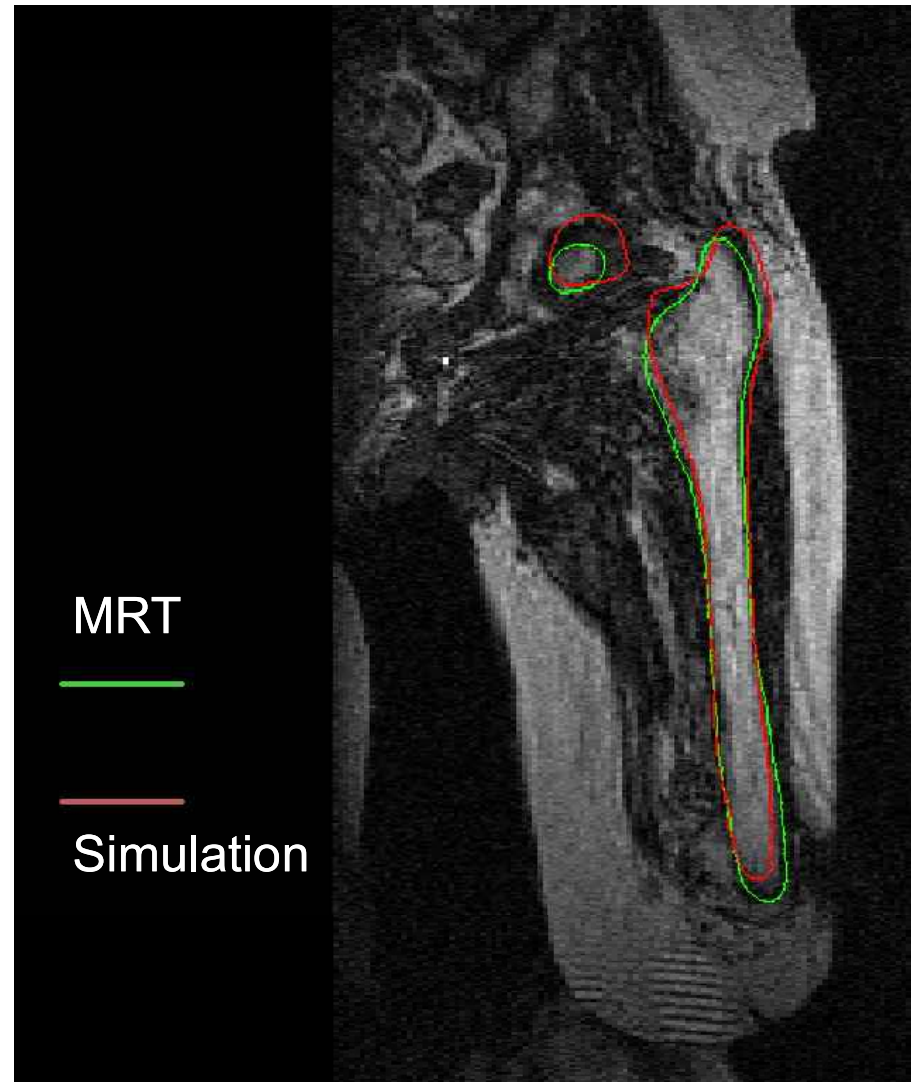
Simulation ↔ MRT-Aufnahmen

- Suboptimaler Schaft
 - Fettgewebe
 - Muskelgewebe



Simulation ↔ MRT-Aufnahmen

- Suboptimaler Schaft
 - Femur
- Gute Übereinstimmung mit MRT



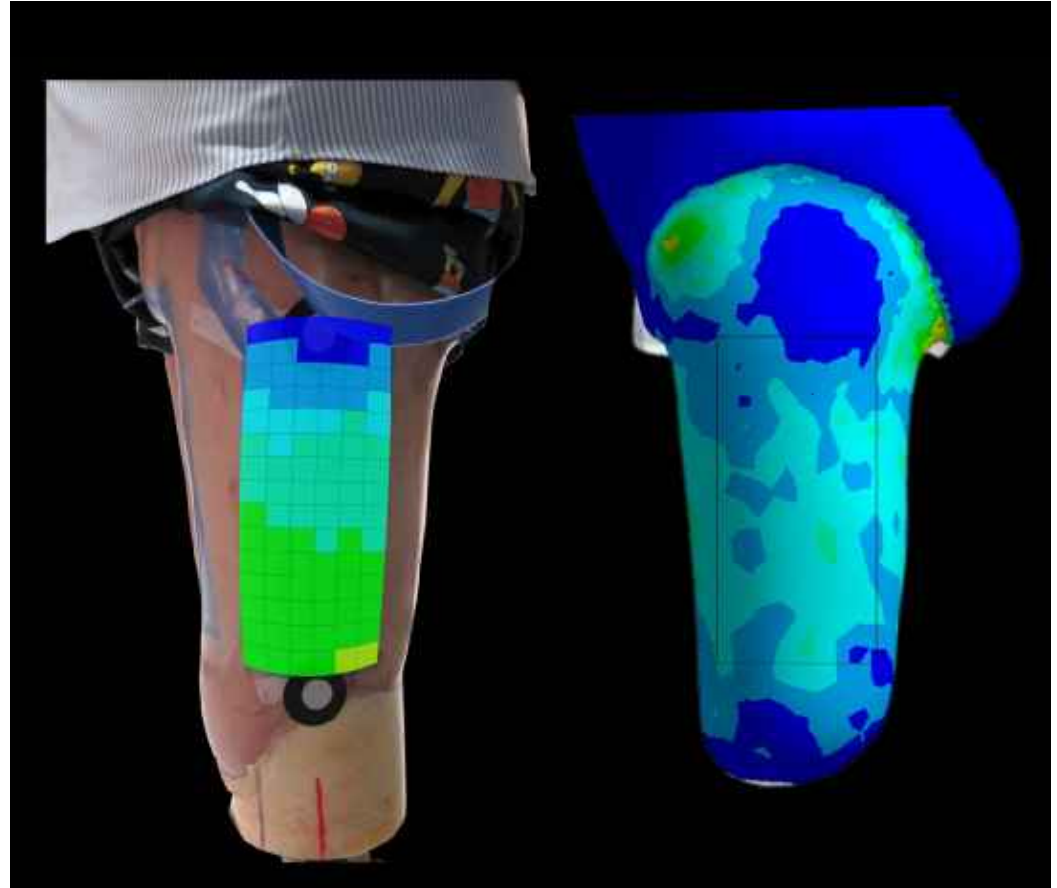
Auswertung

Druckmessung ↔ Simulation

→ Qualitative Übereinstimmung

- Optimaler Schaft

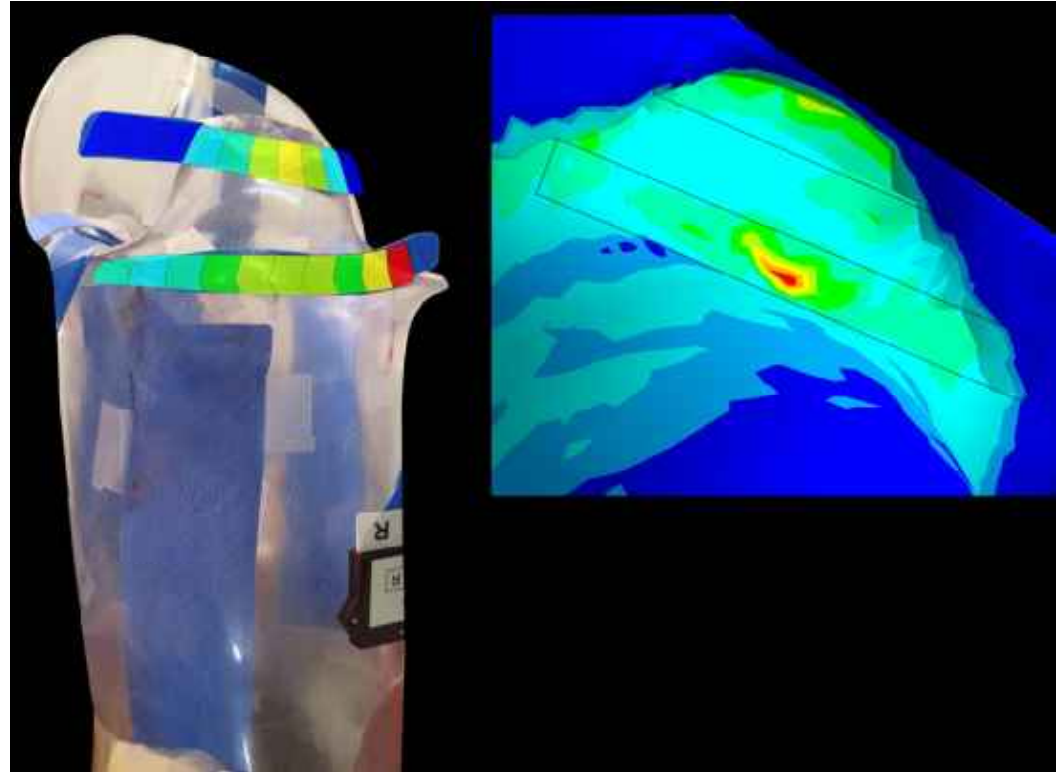
- Pad lateral



Auswertung

Druckmessung ↔ Simulation

- Qualitative Übereinstimmung
 - Optimaler Schaft
 - Pad proximal



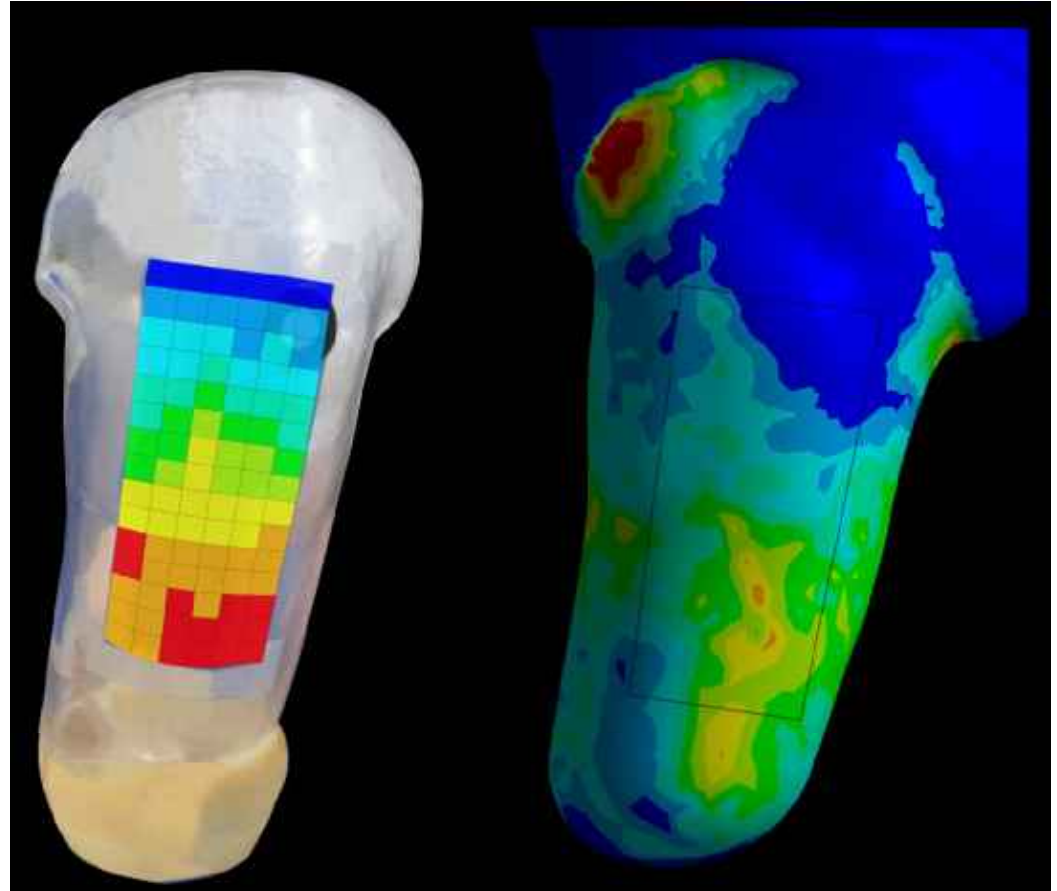
Auswertung

Druckmessung ↔ Simulation

→ Qualitative Übereinstimmung

- Suboptimaler Schaft

- Pad lateral

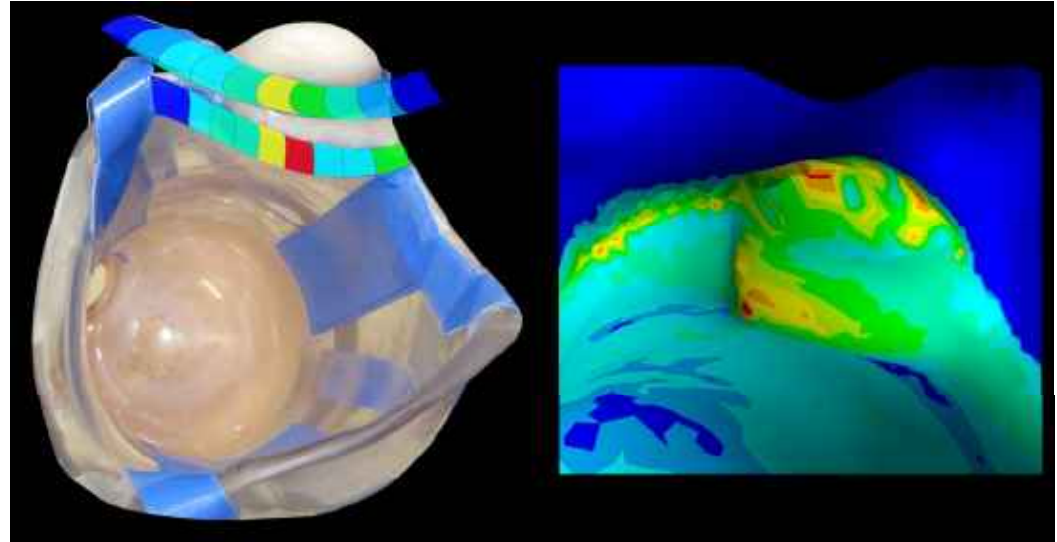


Druckmessung ↔ Simulation

→ Qualitative Übereinstimmung

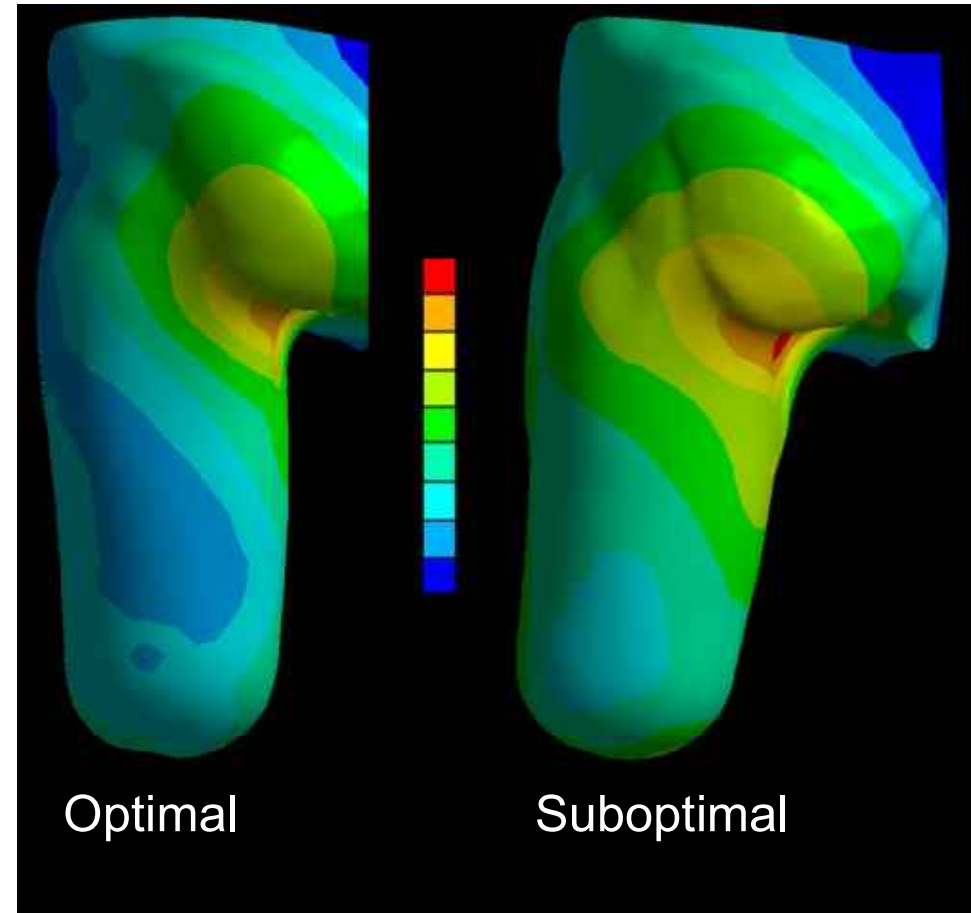
- Suboptimaler Schaft

- Pad proximal



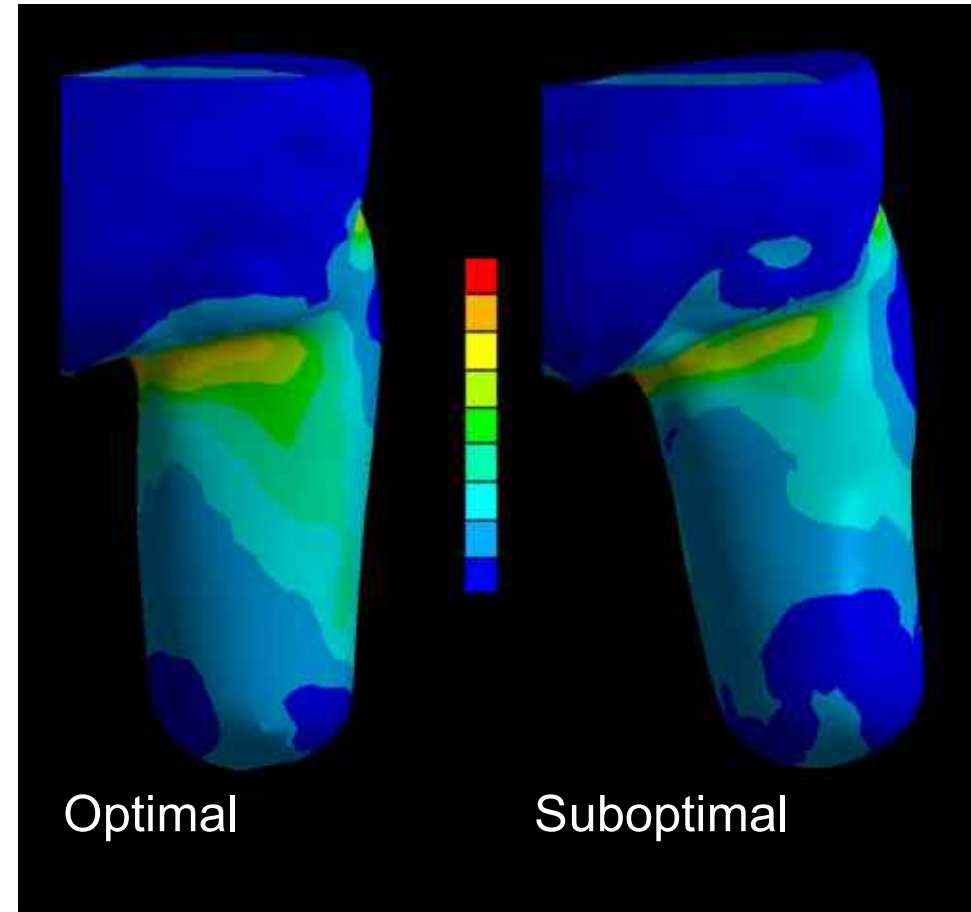
Vergleich Optimal ↔ Suboptimal

- Verformung
 - Größer bei suboptimalem Schaft
 - Hineinrutschen in den Schaft



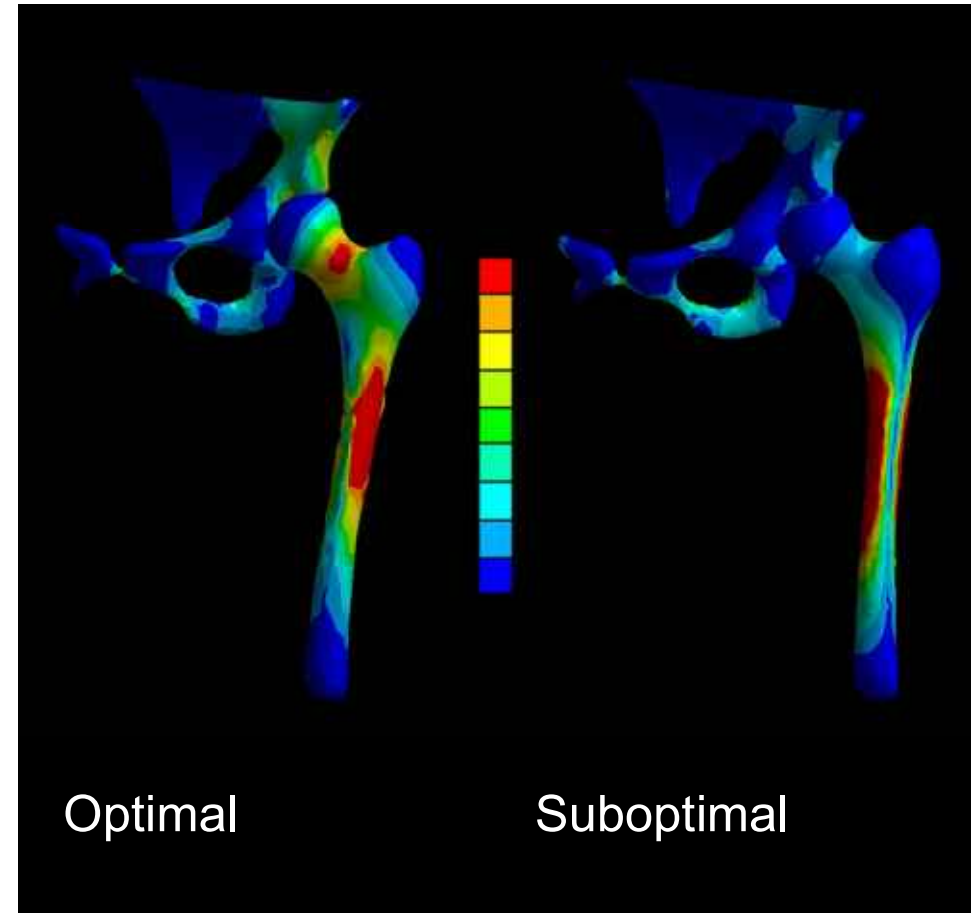
Vergleich Optimal ↔ Suboptimal

- Dehnung
 - Dehnung weitgehend identisch
 - Unterschied im distalen Bereich




Vergleich Optimal ↔ Suboptimal

- Spannung



Ergebnis

- Simulation des Vorgangs ✓
 - Ermittlung von Reaktionskräften ✓
 - Übereinstimmung mit MRT ✓
 - Übereinstimmung mit Druckmessung 
 - Qualitative Übereinstimmung
 - Abweichung um Faktor 2
- Realitätsnahe Simulation ✓

TO DO

- Abbildung der Haut
- Erweiterung der Randbedingungen
 - Modellierung von Muskeln
 - Ansatzpunkte
- Materialien
 - Optimierung der Parameter
 - Validierung der Materialmodelle/-parameter
- LOD → Level of Detail Studie
- Formoptimierung des Schaftes aufgrund der gewonnenen Reaktionskräfte

Abbildungsnachweis

Soweit nicht anders angegeben, sind alle verwendeten Bilder geistiges Eigentum der CADFEM GmbH bzw. der Kooperationspartner

Seite 1 Logo CAPS

www.caps.me.tum.de

Seite 1 Logo Gottinger

www.gottinger.de

Seite 1 Logo Materialize

www.materialize.com