
AKQUISE BIOMECHANISCHER EIGENSCHAFTEN AM HUMANEN KNOCHEN MITTELS LASERVIBROMETRIE – MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN

Werner, M.; Grunert, R.; Rotsch, C.

DKOU 2014, Berlin

AGENDA

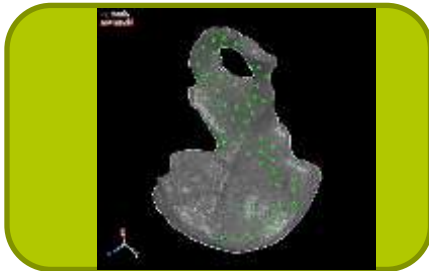
- Motivation
- Vorgehen
- Versuchsaufbau
- Einflussfaktoren und Grenzen
- Zusammenfassung

Motivation



Medizinisches Problem

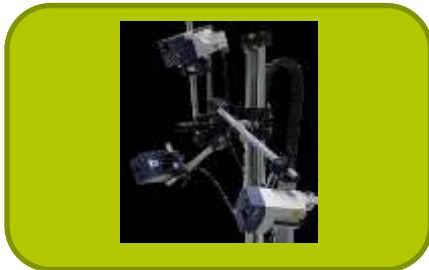
Sichere Verankerung von Hüftgelenks-Implantaten im Knochen, besonders schwierig bei Revisionen, schwierig.



Zielstellung

Verifiziertes Computermodell

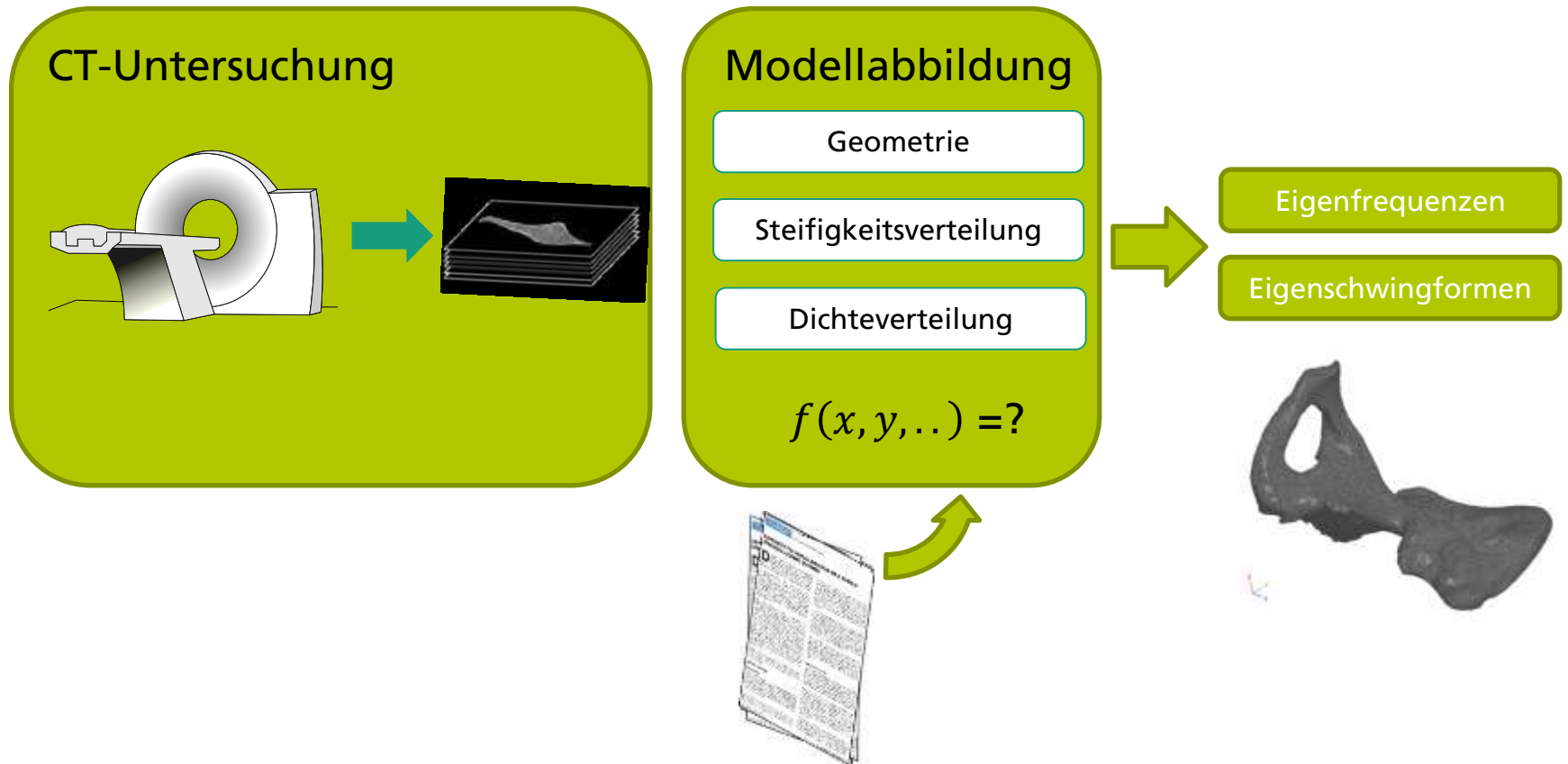
- Auswahl geeigneter Implantatposition
- Untersuchung biomechanischer Fragestellungen



Realisierung

Einsatz eines 3D-Lasermesssystems für die Verifizierung von Computermodellen.

Finite-Element-Modell



Internationale Arbeit

TECHNIQUES

by N.E. Conza and D.J. Rixen

EXPERIMENTAL MODAL ANALYSIS ON A HUMAN SPECIMEN: LESSONS LEARNED

Dynamic models are built to represent the dynamic behavior of a real system. They can be updated to reproduce the measured dynamic response of the system and, once established, can be used as computational tools to investigate the influence of modifications or extreme conditions on the dynamics of the structure.

The construction of such mathematical models is a difficult task already for man-made structures built according to specifications: small deviations from the design such as production tolerances or choice of material can already provide a different dynamic response. The task becomes extremely difficult when the structures under investigation are not man-made. Biolog-

Moreover, animal specimens are usually excised in other organs and structures. Trained technicians are needed to harvest the specimens and to prepare them in the desired configuration. The preparation might change from time to time: in our experience, we went from specimens with accessible bony structure and visible ligamentous system to specimens still covered with soft organic material. The configuration might also be not as expected (substructures damaged or missing). A thorough visual inspection prior to testing is very important.

Another aspect of animal specimens is the fact that organic material dries and decomposes. The visible window the experi-



Fig. 4: Measurement of the orientation of the sensor sockets by means of a magnetic tracking system. The transmitting box creates a magnetic field and detects the tip of the magnetic sensor

- Zeitoptimierte Messung wegen degenerativer Zersetzung und Austrocknung der Präparate
- Berührungsloses und rückwirkungsfreies Messverfahren
- Messung in einem globalen Koordinatensystem

[...
A 3D (scanning) laser vibrometer would provide the necessary features to easily achieve 3D measurements, including the assessment of the geometry. However inexperienced, the
...]



Fig. 6: Sensor attached under the horizontal platform provided by the aluminum L-profile. Note that the profile has been deformed to correct for a nonvertical screw head

Anforderung an die Messtechnik

Frischpräparat



Leichte Struktur

Minimierung zusätzlicher
Sensormassen

Komplexe Topologie

Maximierung der
Sensorpositionen

Dehydration und
Zersetzungsprozesse

Minimierung der Messzeit

3D-Laservibrometer

Berührungslose Messung

Messung in 3D

Koordinaten aus FE-
Modell

Scannende Messung



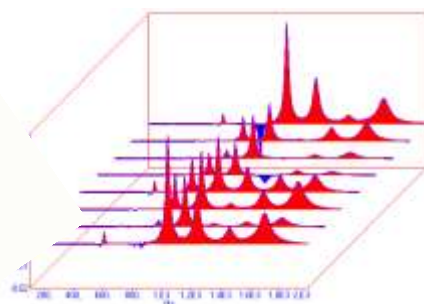
Messablauf

Eigenschwingformen

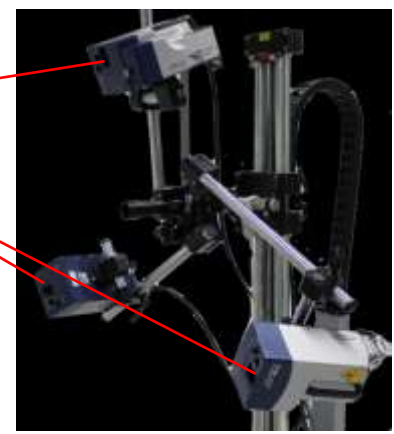


Eigenfrequenzen

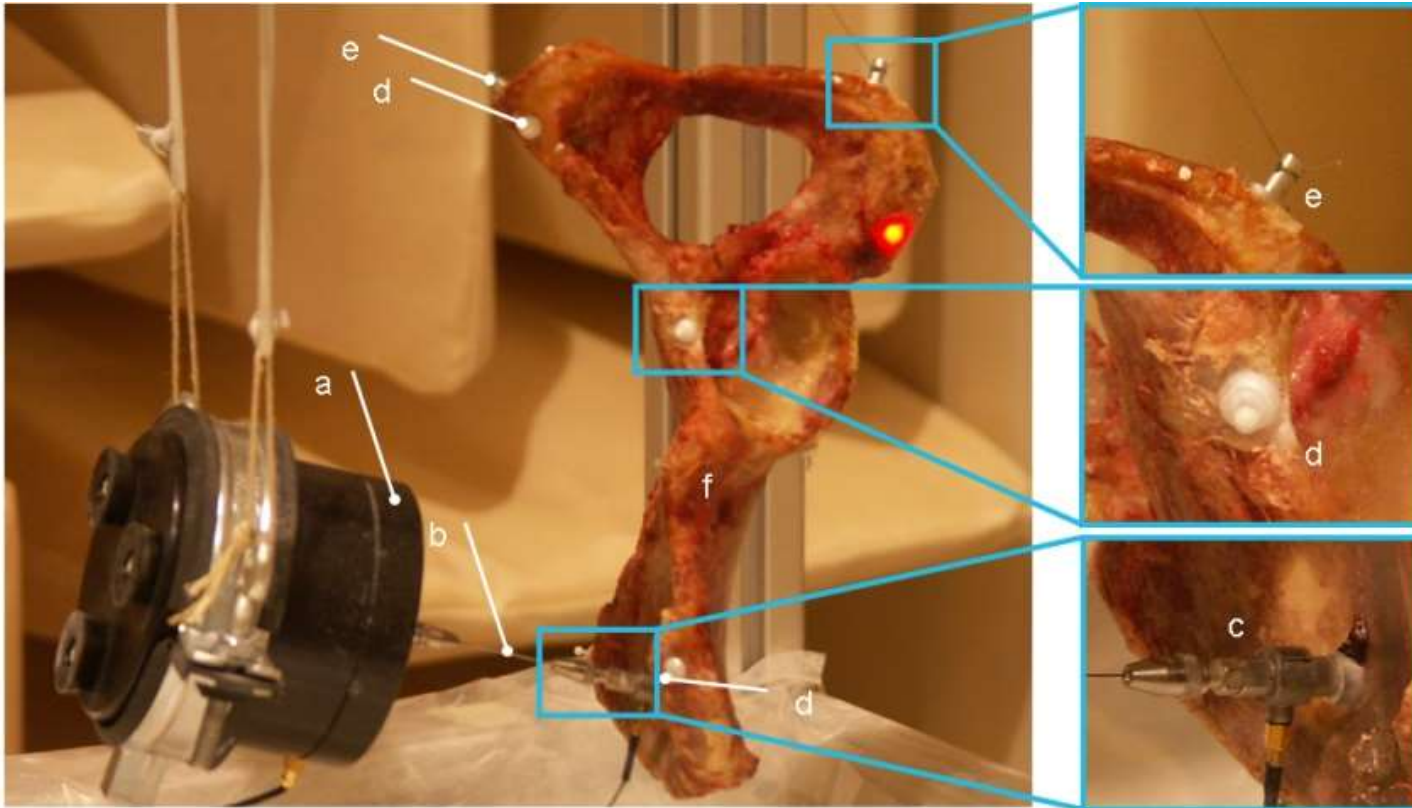
Eigendämpfung



3D-Laservibrometer

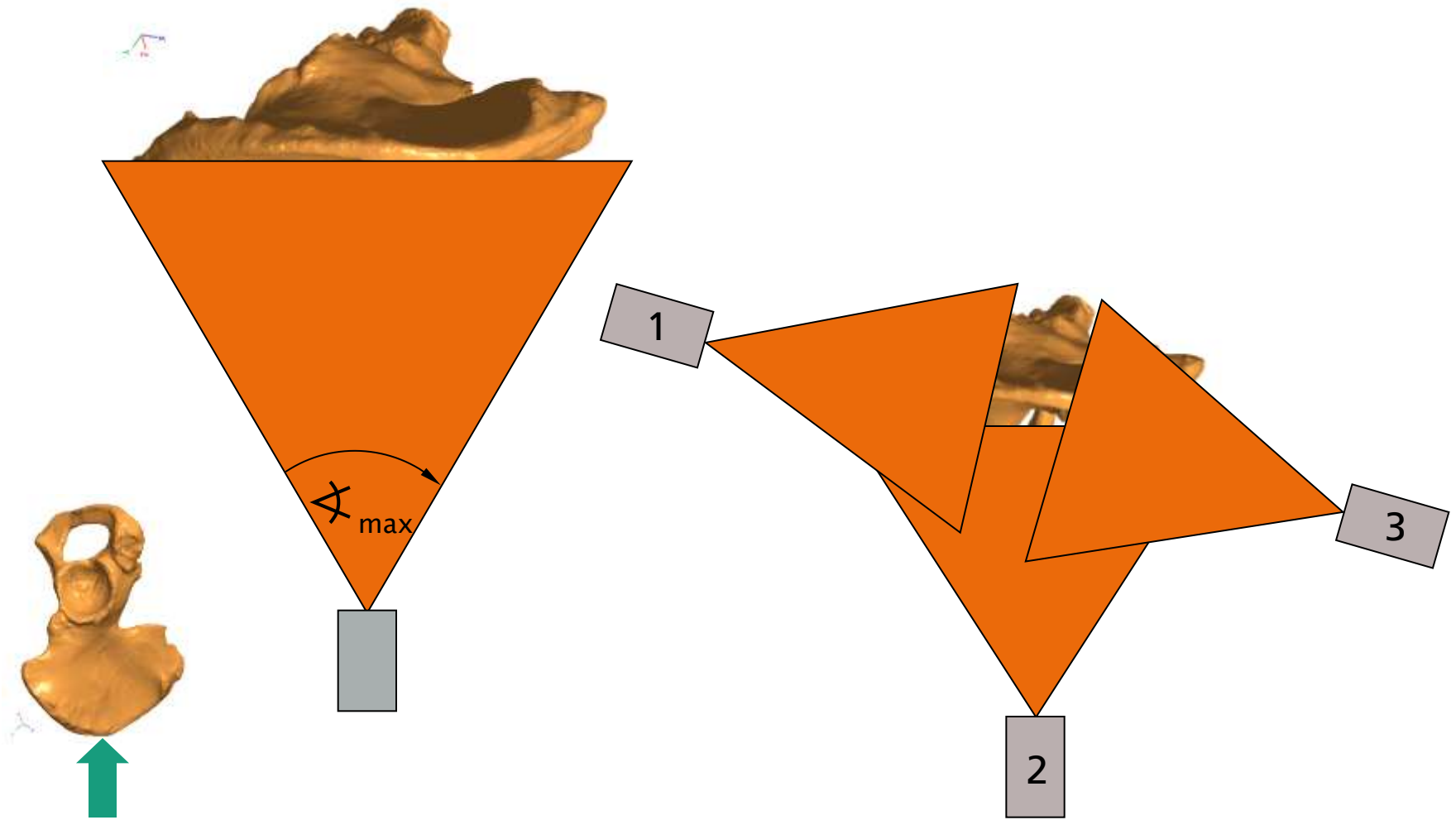


Lagerung und Anregung des Präparates

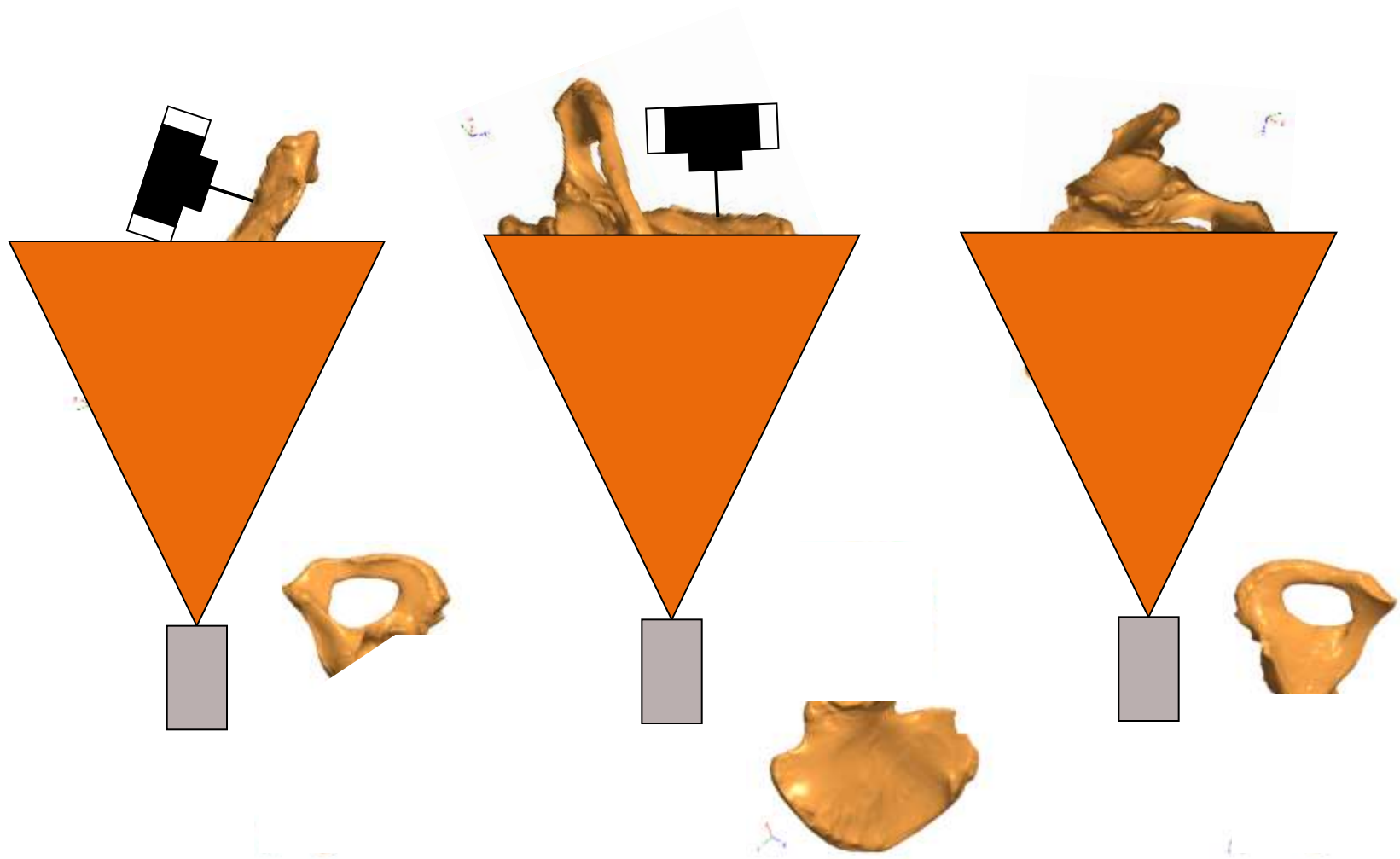


Versuchsaufbau mit a) Shaker b) Stinger c) Kraftsensor d) Marker e) Aufhängung f) Hüftbein

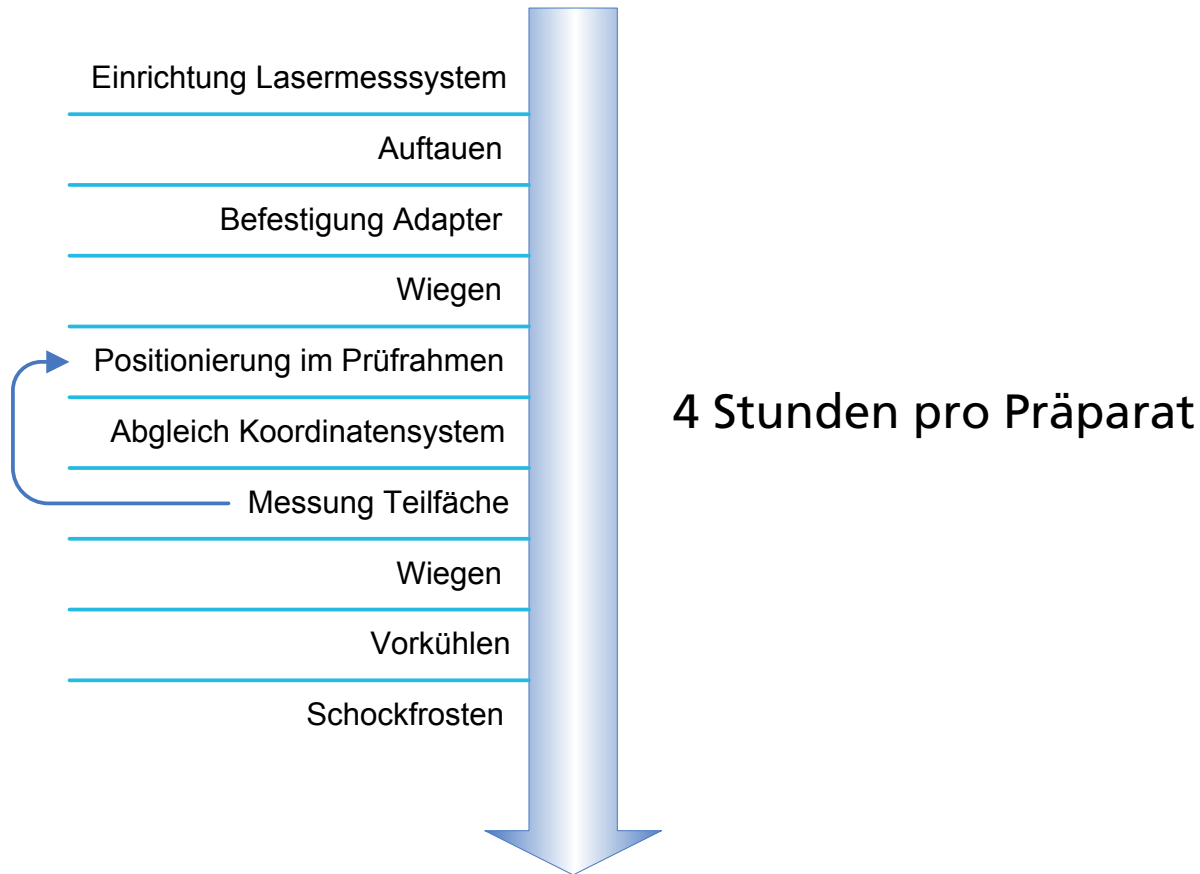
Messbereich



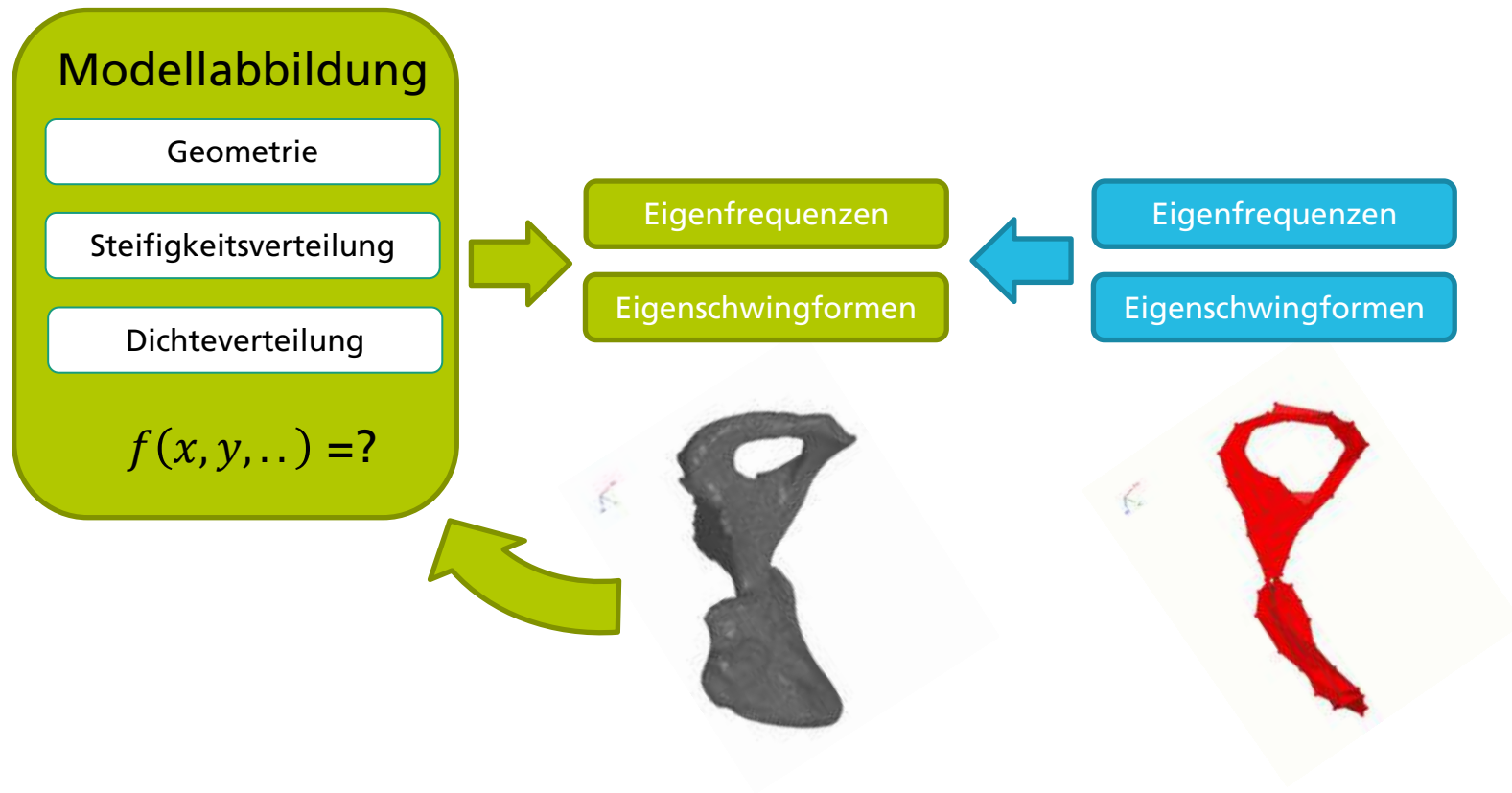
Messung aus verschiedenen Ansichten



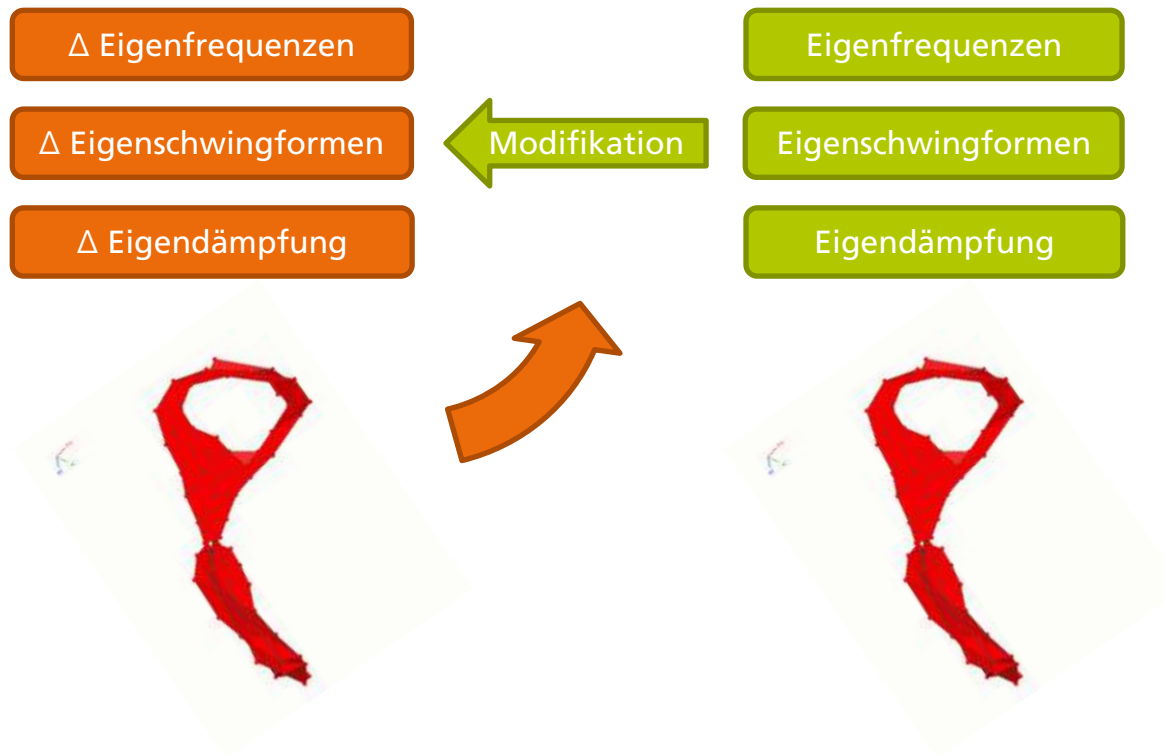
Messablauf



Abgleich und Anpassung der Finite-Element-Modelle



Untersuchung des Einflusses von Modifikationen

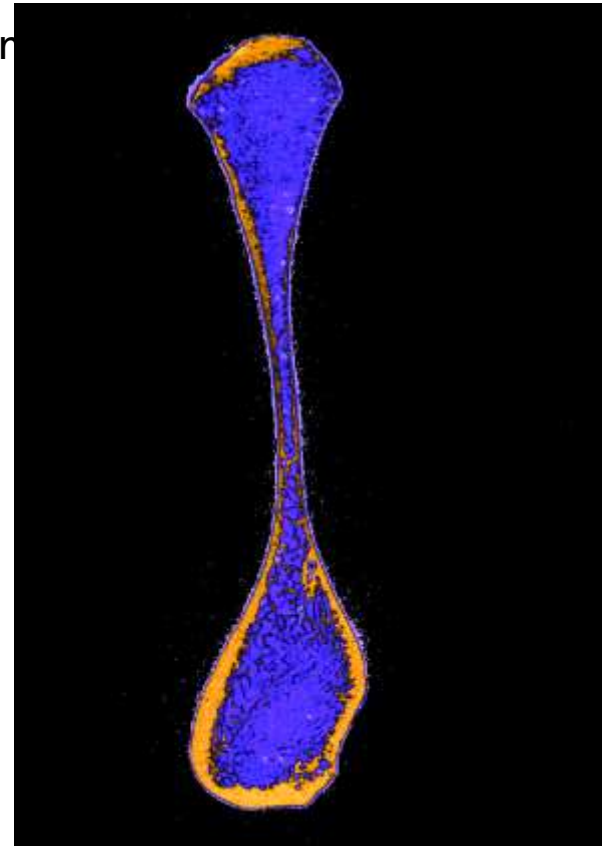


Anwendung: Untersuchung des Einflusses von Alkohol- und Formalinfixierung

Einflussfaktoren

Segmentierung

- Kortikalis (orange) hat eine Dicke von 0,1 bis 0,4 mm
- CT-Scanner: 1024 x 1024 Pixel \rightarrow 0,25 mm
- sehr dünne Areale verursachen Probleme

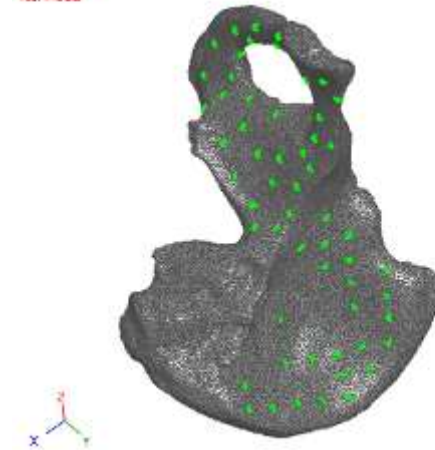


Einflussfaktoren

Einfluss der Anzahl verwendeter Messpunkte

- Punktanzahl ist Kompromiss aus geeigneter Messfläche und akzeptablen Zeitaufwand (max. 4 Stunden)
- Mindestanzahl: 93 Messpunkte für einen Vergleich der Schwingformen

FE Model
Test Model



Präparat	BK01	BK02	BK03	BK04	BK05	BK06	BK07	BK08	BK09	BK10
Anzahl Messpunkte	93	263	246	282	240	289	264	178	207	317

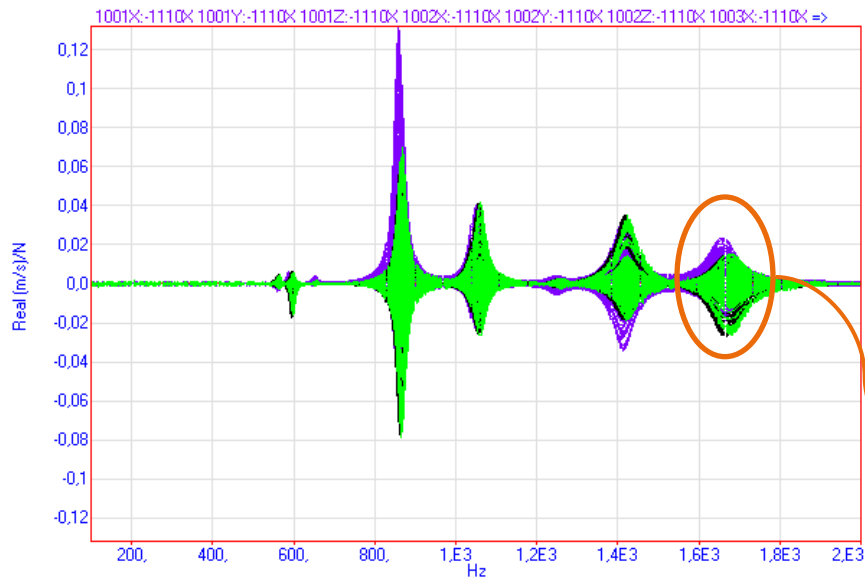
Einflussfaktoren

Gewichtsabnahme während der Messung

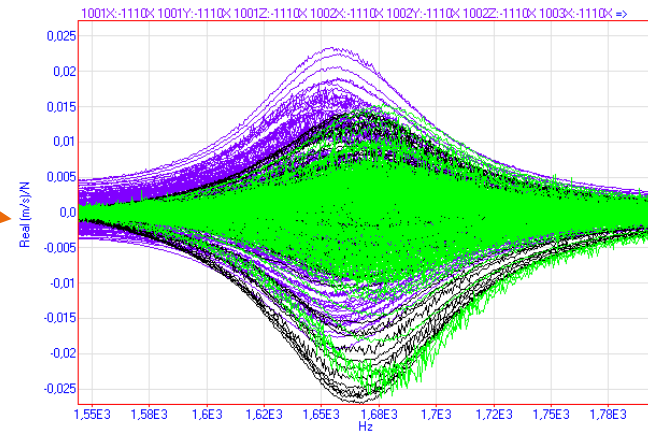
	m_a [g]	m_e [g]	Δm [g]	Δm [%]
BK01	475,6	468,7	6,9	1,5
BK02	261,2	239,4	21,8	8,4
BK04	524,8	498,7	26,2	5,0
BK05	283,3	270,9	12,4	4,4
BK06	306,8	296,8	9,9	3,2
BK07	325,6	321,3	4,2	1,3
BK08	339,2	332,6	6,7	2,0
BK09	512,9	498,0	14,9	2,9
BK10	495,7	477,8	17,9	3,6

Einflussfaktoren

Gewichtsabnahme: Veränderung der Resonanzfrequenzen



- Ansicht 1
- Ansicht 2
- Ansicht 3



Einflussfaktoren

Präparat

- Geometrie
- Masse
- Zustand des Präparates (degenerative Erkrankung, Brüche, ...)

Messtechnik

- Umgebungsbedingungen (Temperatur, Luftdruck,...)
- Position der Krafteinleitung
- Aufhängung

Aussagen zur angewandten Messmethode

Messung nur an ebenen (nicht porösen) Oberflächen möglich

- Geometriescanner wird nicht fokussiert (zu geringe Rückstreuintensität, Fehler bei der Entfernungsmessung)
- Messwinkel der einzelnen Messköpfe ist begrenzt
- Lineares System: Nur für knöchernerne Struktur geeignet

Messung im Frequenzbereich von 100 bis 2000 Hz

- Oberhalb von 100 Hz kann von frei-freier Lagerung ausgegangen werden
- Erste fünf Modenformen liegen unterhalb von 2000 Hz
- Anregung höherer Schwingformen bedingt höhere Energieeinkopplung (oder mehr Rauschen)
- Messsystem unterstützt nur bestimmte Bandbreiten (1, 2, 5 kHz)

Fazit

- **Zeit- und aufwandsoptimierte Methode** → geeignet für Messungen an Frischpräparaten
- **Hohe Anzahl und Dichte von Messpunkten**, hohe Präzision
- **Veränderungen im Präparat** (z. B. durch Fixierung) können untersucht werden

