

# Entwicklung einer neuartigen Operationstechnik für den autologen Knochentransfer zur Optimierung der Rekonstruktion von Defekten in großen Röhrenknochen

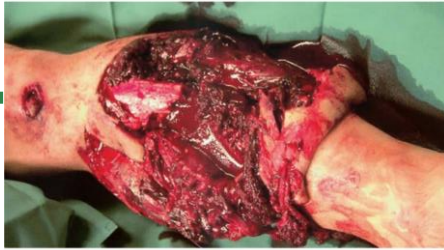
Disputation zum Erwerb des Doktorgrades der Humanbiologie  
an der medizinischen Fakultät der LMU München

Klinik für Allgemeine, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie | Muskuloskelettales Universitätszentrum München  
24.11.2021 | Andreas T. Bachmeier, M.Sc.



# Motivation

**Knochendefekt wegen Infektion oder Tumor**



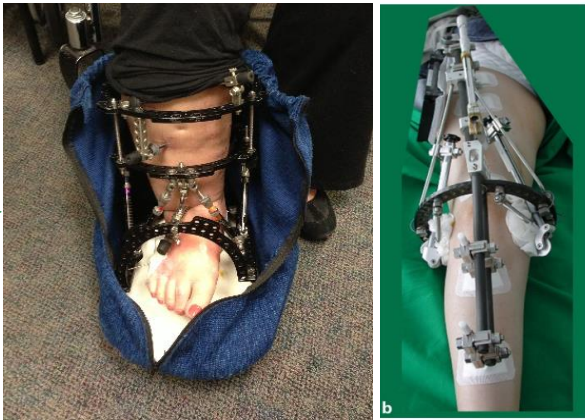
\*

**Innovative Rekonstruktion  
mittels  
Fibulaexpansion**



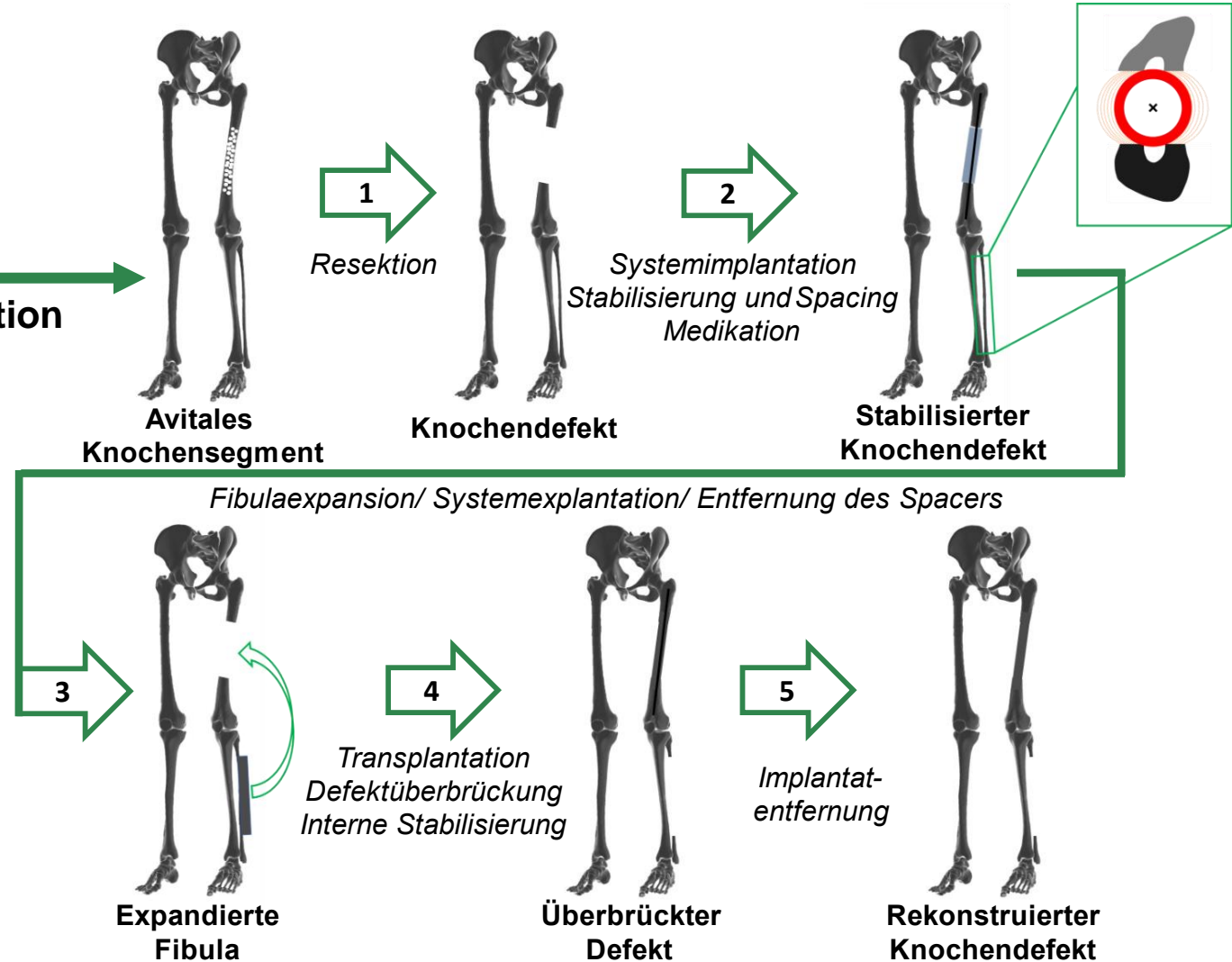
**Knochentransport**

→ Langwierige, teure und komplikationsanfällige  
Behandlung mit externen Systemen



\*\*

\*\*\*



\*A. Platz, C. M. L. Werner, W. Künzi, O. Trentz, und V. E. Meyer, „Rekonstruktion posttraumatischer Knochendefekte an den unteren Extremitäten: Kallusdistraction oder freie mikrovaskularisierte Knochentransplantation?“, Handchir. · Mikrochir. · Plast. Chir., Bd. 36, Nr. 6, S. 397–404, Dez. 2004..

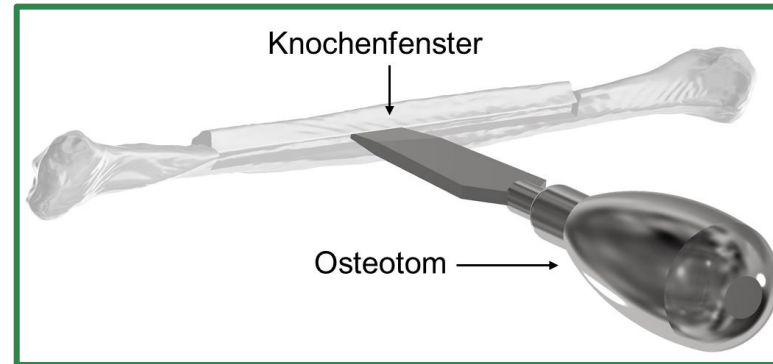
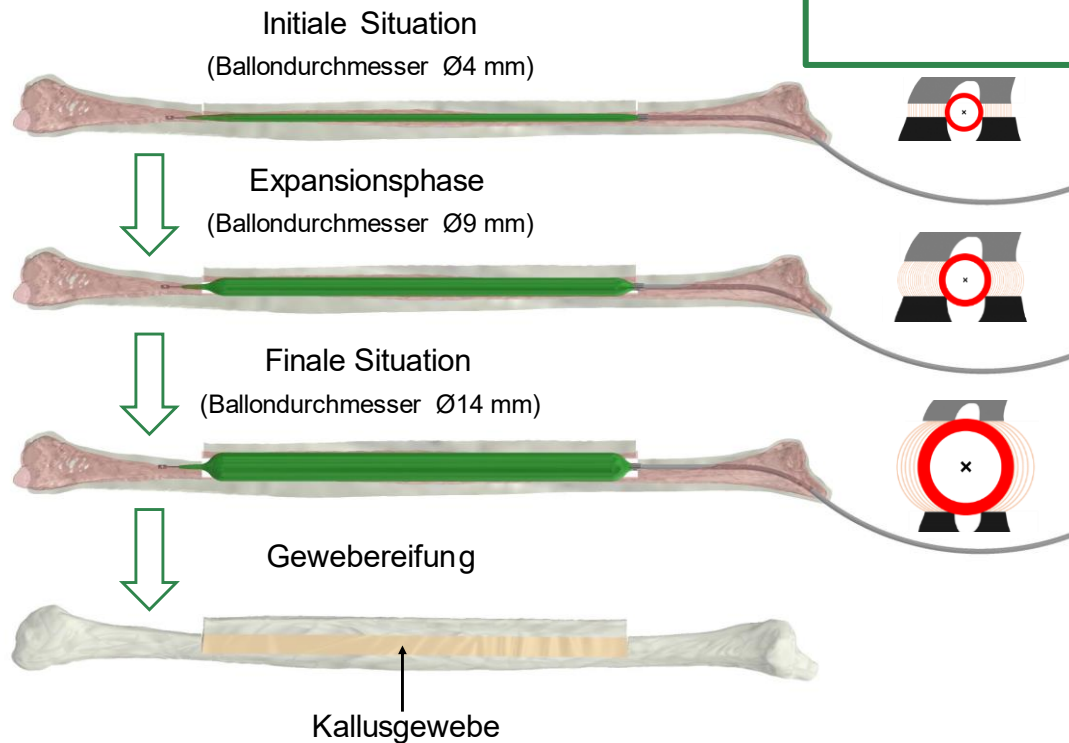
\*\*<http://jesse-doty.squarespace.com/activity/>

\*\*\*R. D.-I. D. M. Baumgart, „Intramedullary nail for bone distraction“, EP1033112 (A3), 05-Juni-2002.

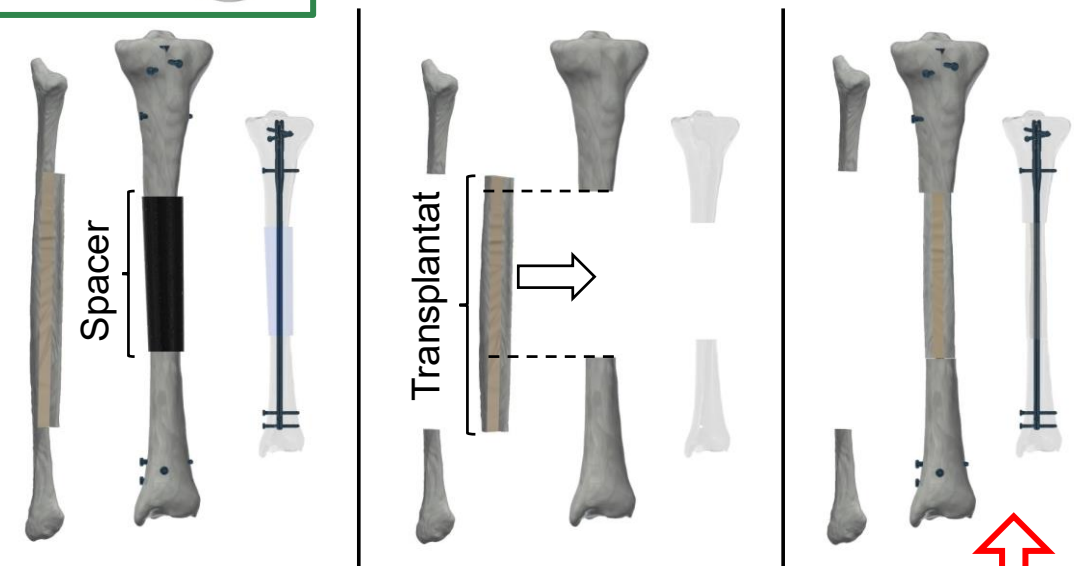
# Defektrekonstruktion

## Detaillierte Operationstechnik

### Expansion der Fibula



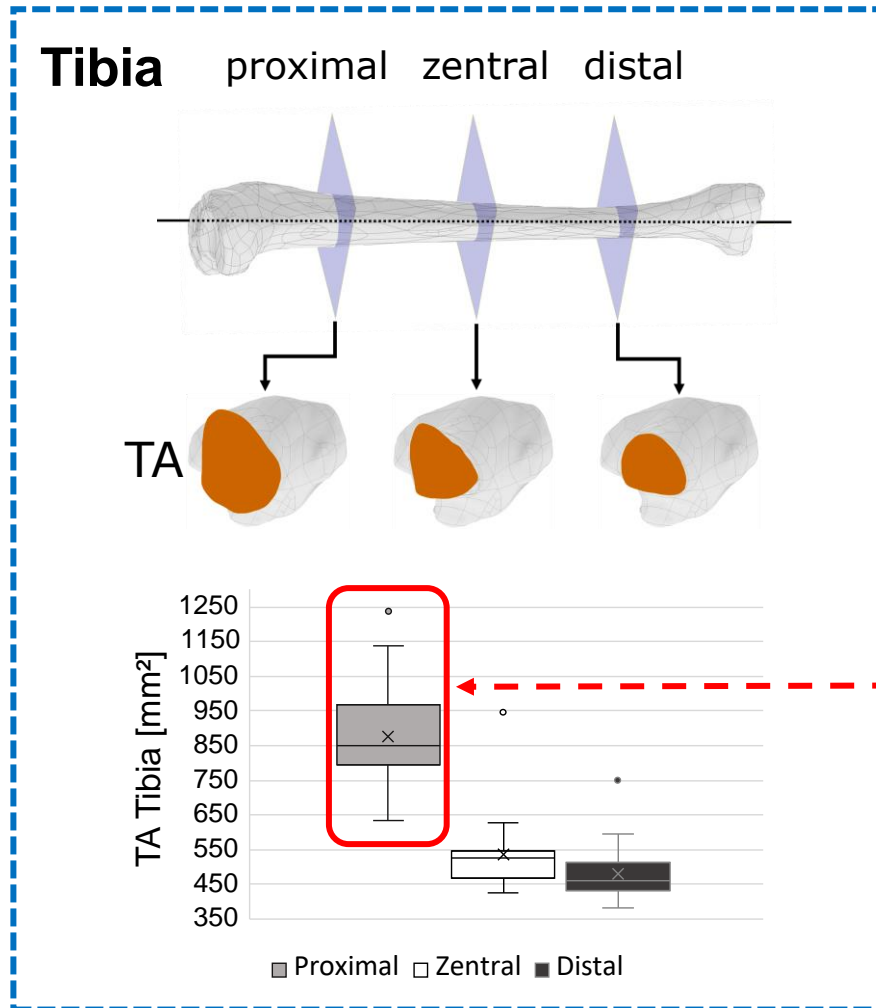
### Transplantation der Fibula



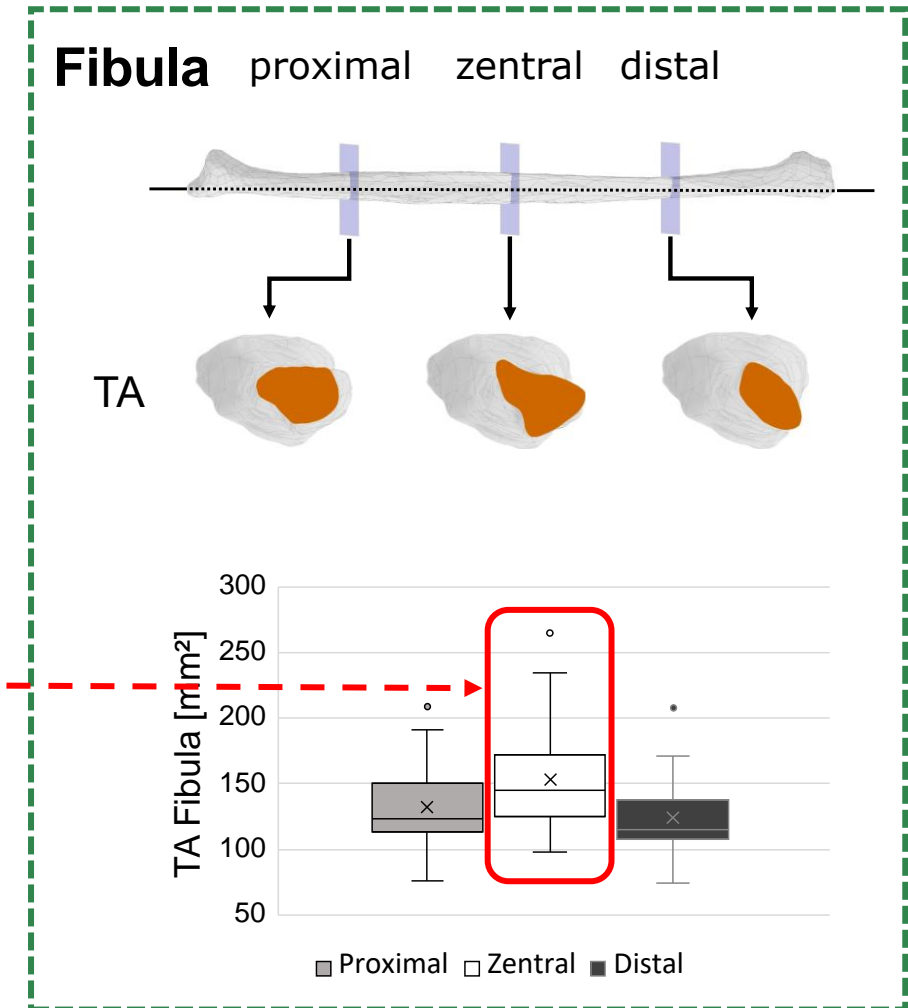
Überbrückung mit komplett  
interner Stabilisierung

# Biomechanische Simulation

## Gesamtdistraktionsfläche TA für die longitudinale Distraktionsosteogenese



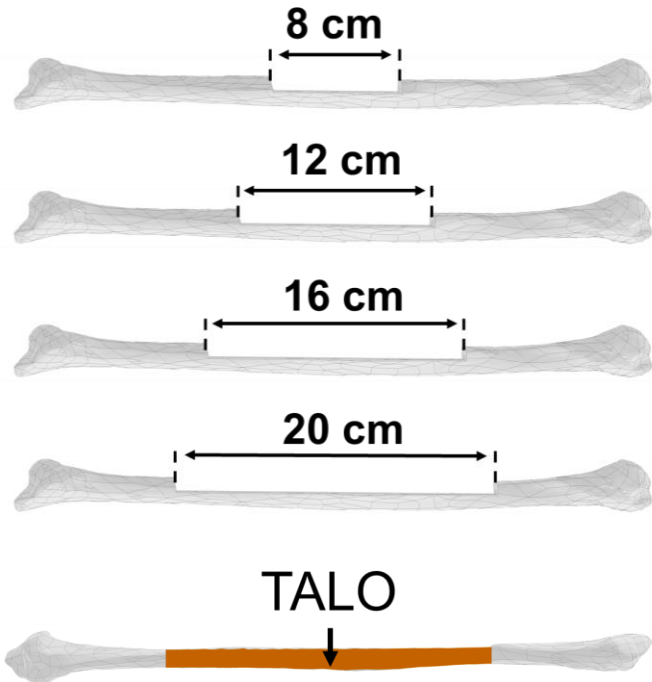
Verwendung  
für  
Simulation



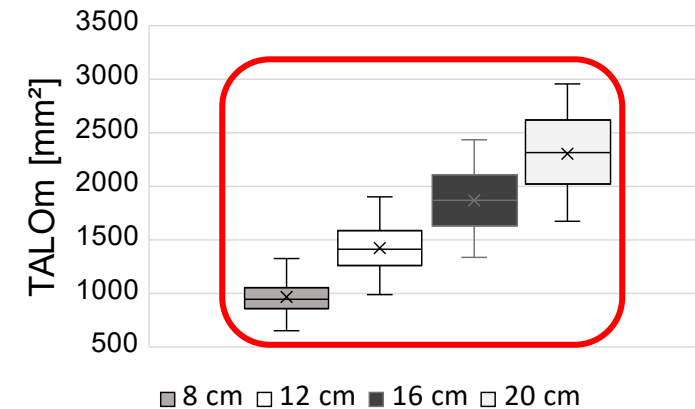
# Biomechanische Simulation

## Distraktionsflächen für die radiale/ transversale Distraktionsosteogenese

### Fibula



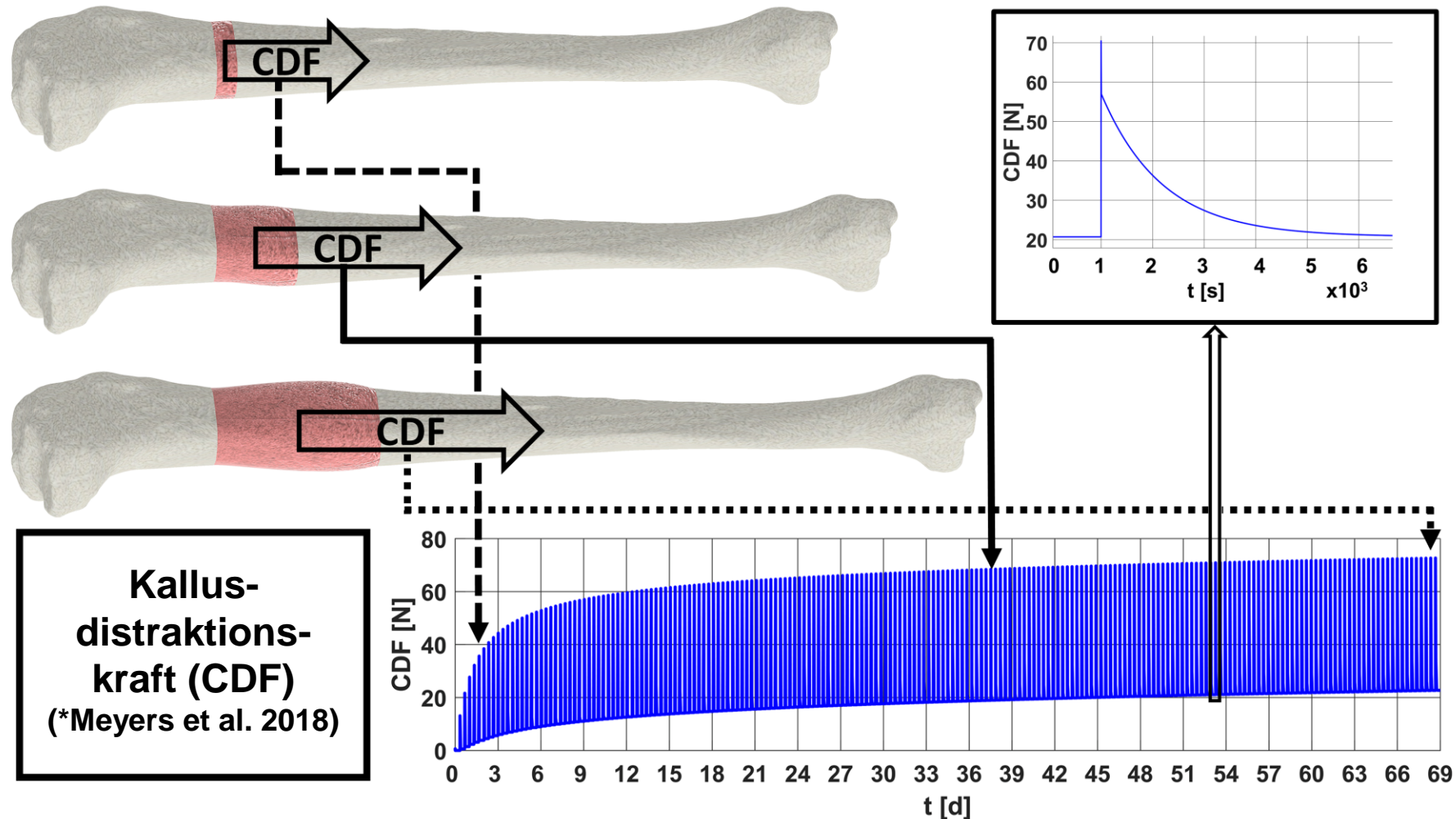
### Gesamtfläche (mediale Osteotomieebene) *TALOm*





# Biomechanische Simulation

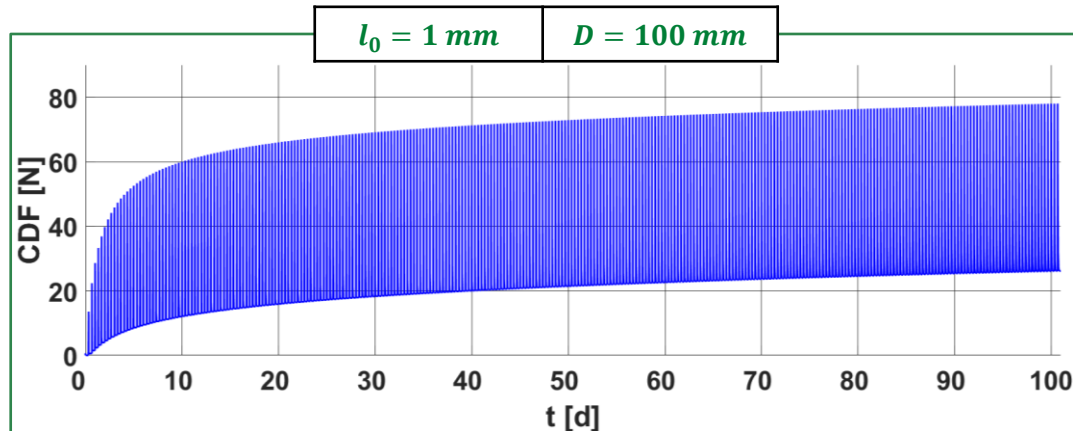
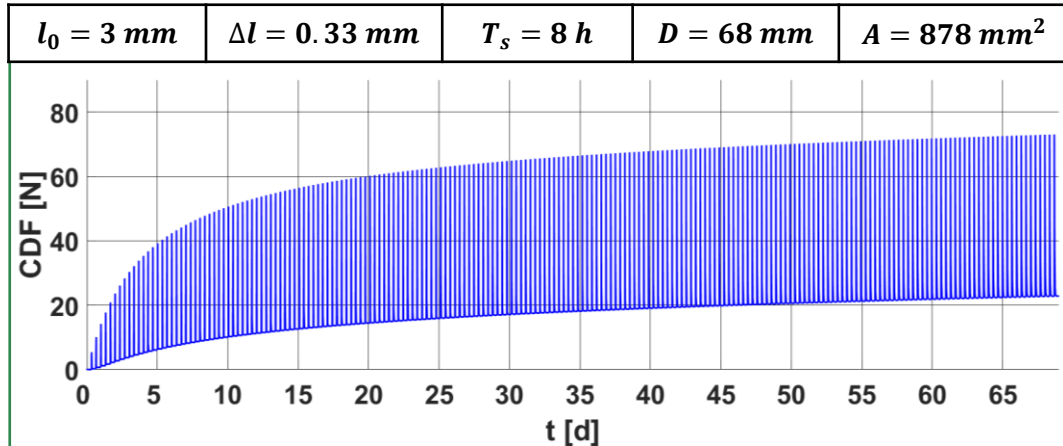
## Distraktionskräfte für die longitudinale Distraktionsosteogenese (LDO) in der Tibia



# Biomechanische Simulation

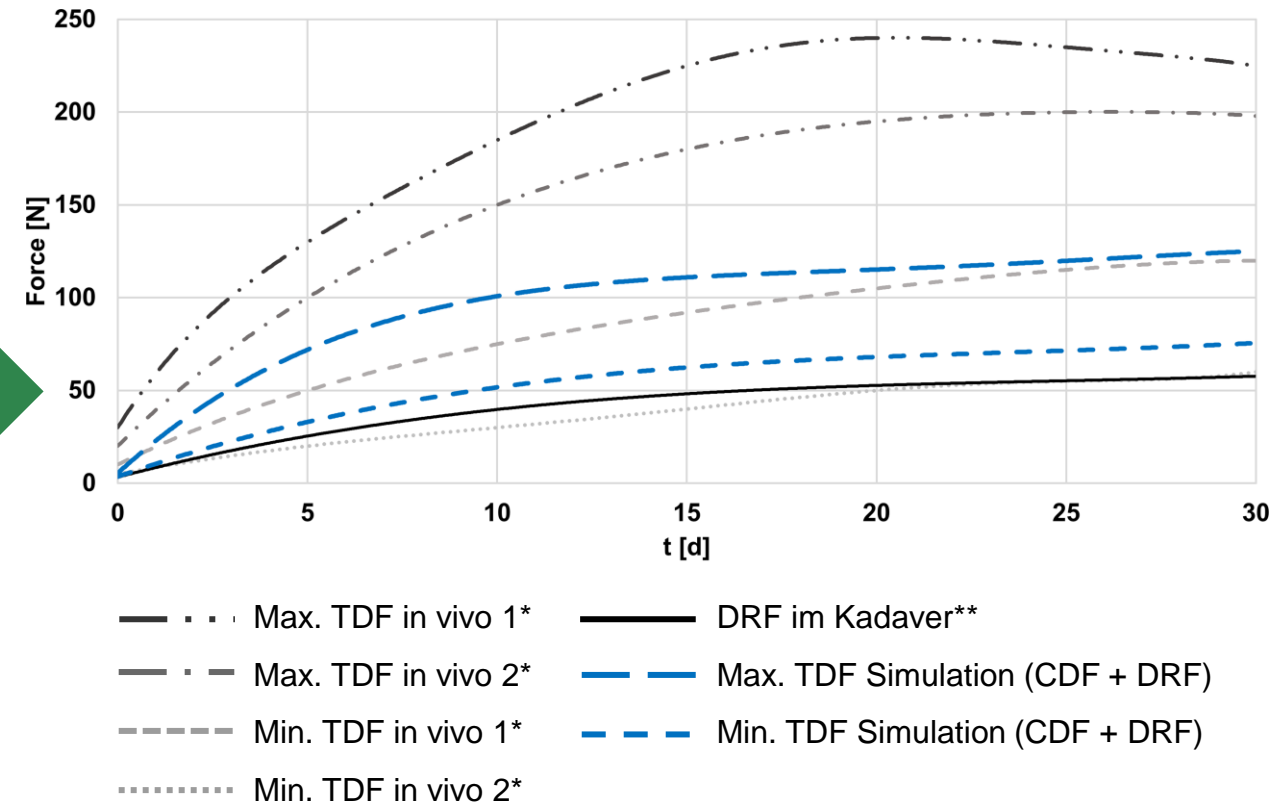
## Distraktionskräfte für die longitudinale Distraktionsosteogenese (LDO) in der Tibia

Kallusdistraktionskraft (CDF) bei LDO



Validierung der Modellkräfte TDF = CDF + DRF

Gesamtkraft (TDF) und Widerstandskraft (DRF) bei LDO

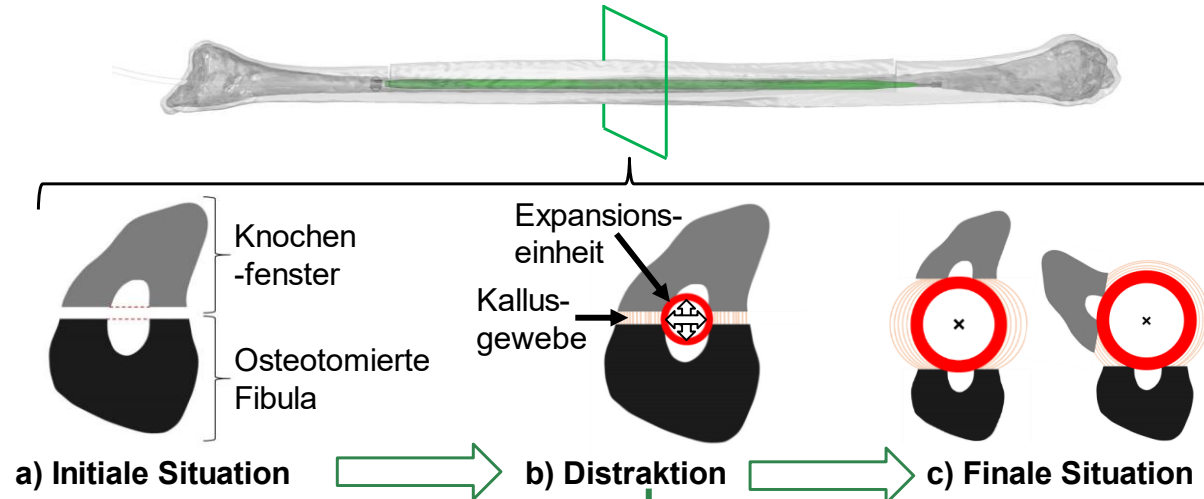


\*R. Baumgart et al. "Zugkraftmessungen beim knöchernen Segmenttransport – in vivo Untersuchungen am Menschen," *Biomed. Tech. Eng.*, vol. 49, no. 9, pp. 248–256, 2008, doi: 10.1515/BMT.2004.047.

\*\*K. Horas et al. "The role of soft-tissue traction forces in bone segment transport for callus distraction," *Strateg. Trauma Limb Reconstr.*, vol. 10, no. 1, pp. 21–26, Apr. 2015, doi: 10.1007/s11751-015-0220-8..

# Biomechanische Simulation

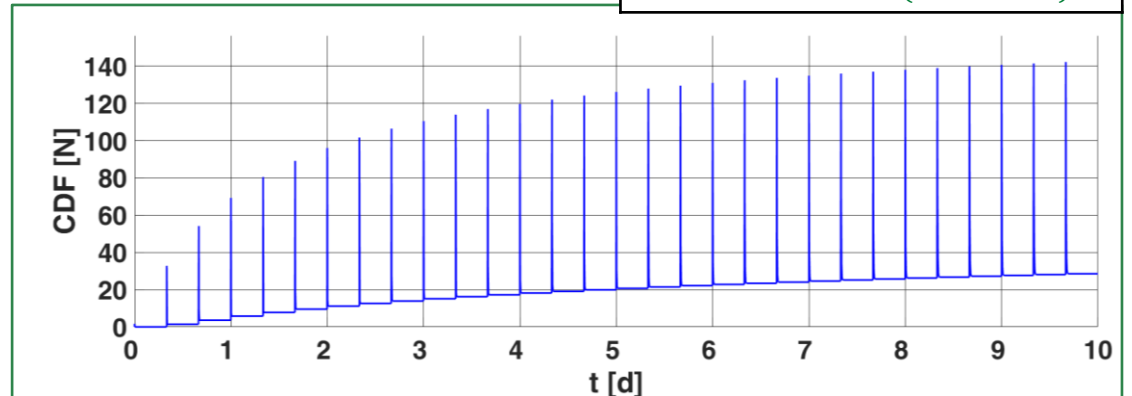
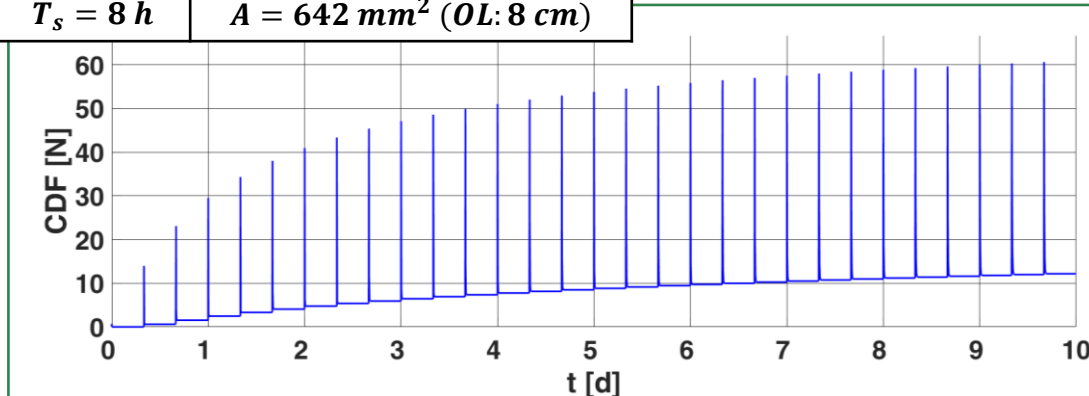
## Distraktionskräfte für die radiale Distraktionsosteogenese (RDO) in der Fibula



$l_0 = 1 \text{ mm}$	$\Delta l = 0.33 \text{ mm}$
$T_s = 8 \text{ h}$	$A = 642 \text{ mm}^2 \text{ (OL: 8 cm)}$

Kallusdistraktionskraft (CDF) bei RDO

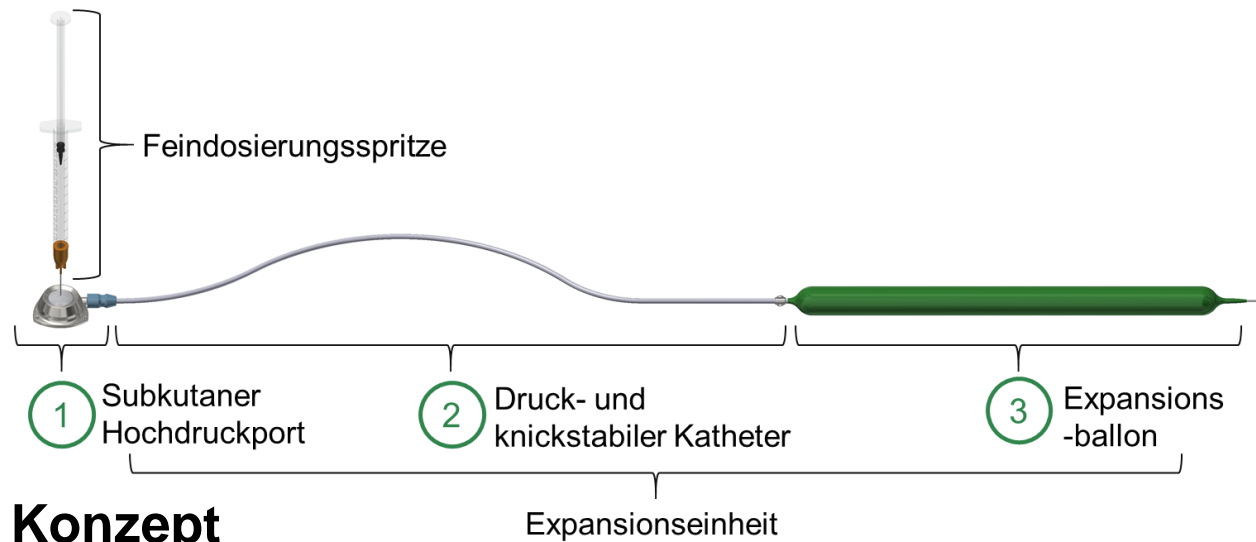
$A = 1506 \text{ mm}^2 \text{ (OL: 20 cm)}$



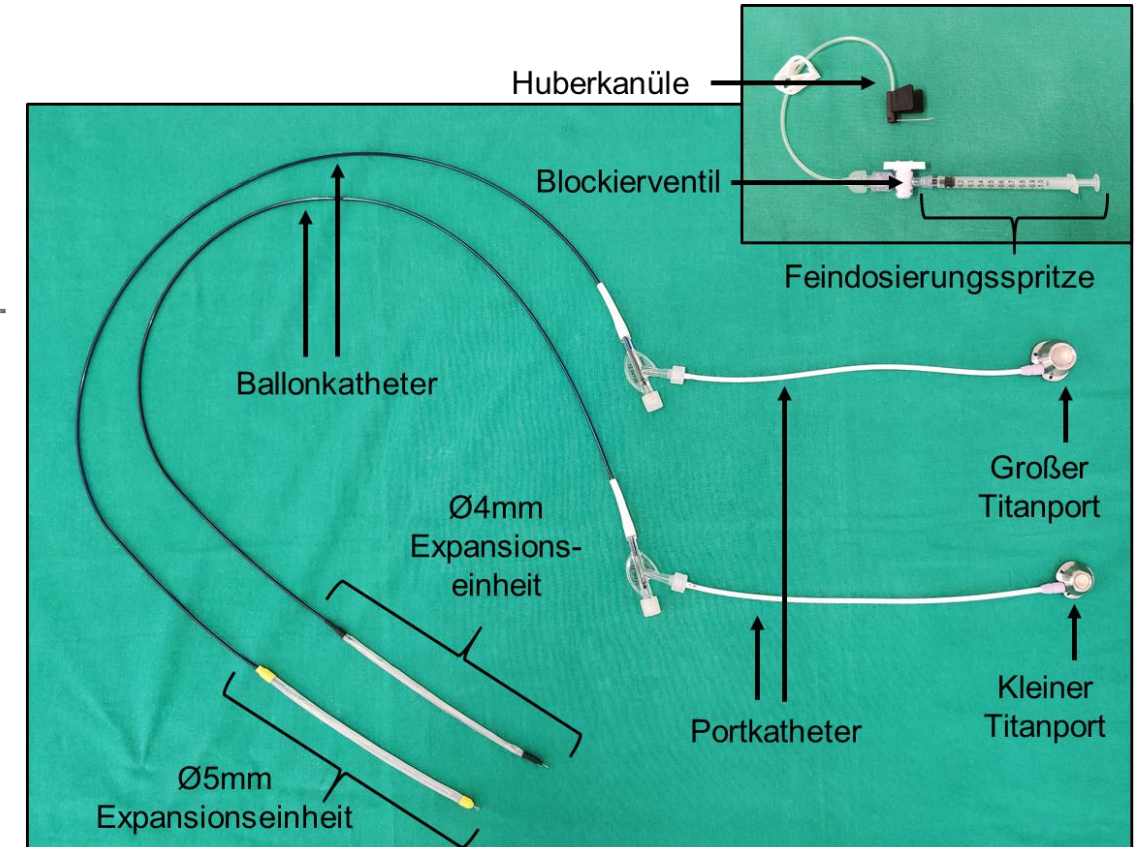


# Systemdesign

## Expansionssystem zur Aufdehnung der humanen Fibula



### Konzept

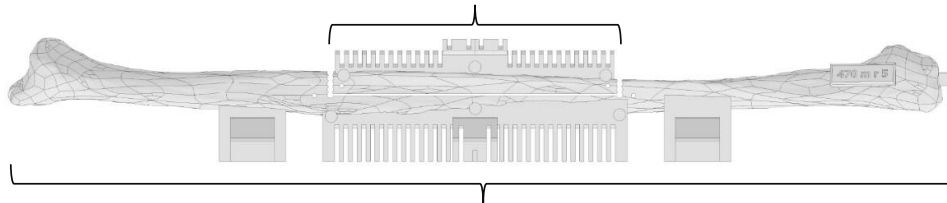


### Physische Prototypen

# Prüfaufbau und Modellbildung

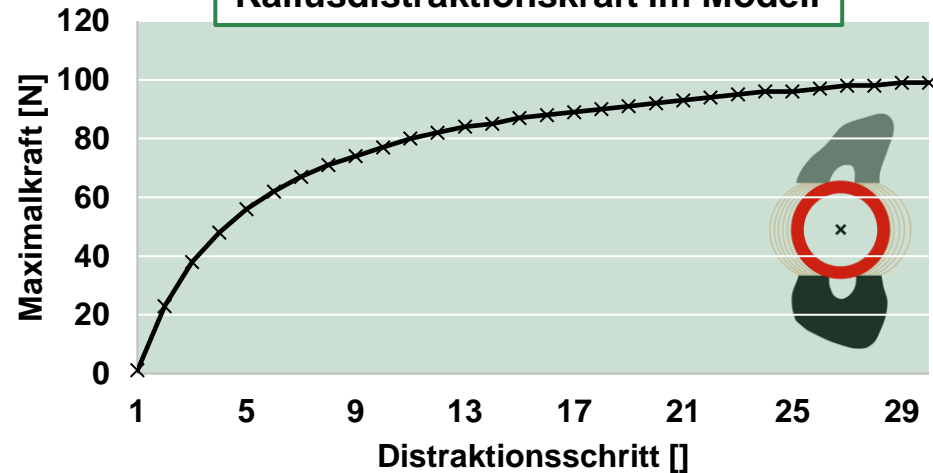
## Biomechanische Knochenmodelle und Prüfaufbau

Größe S-M-L    Fibulafenster mit Kammstruktur

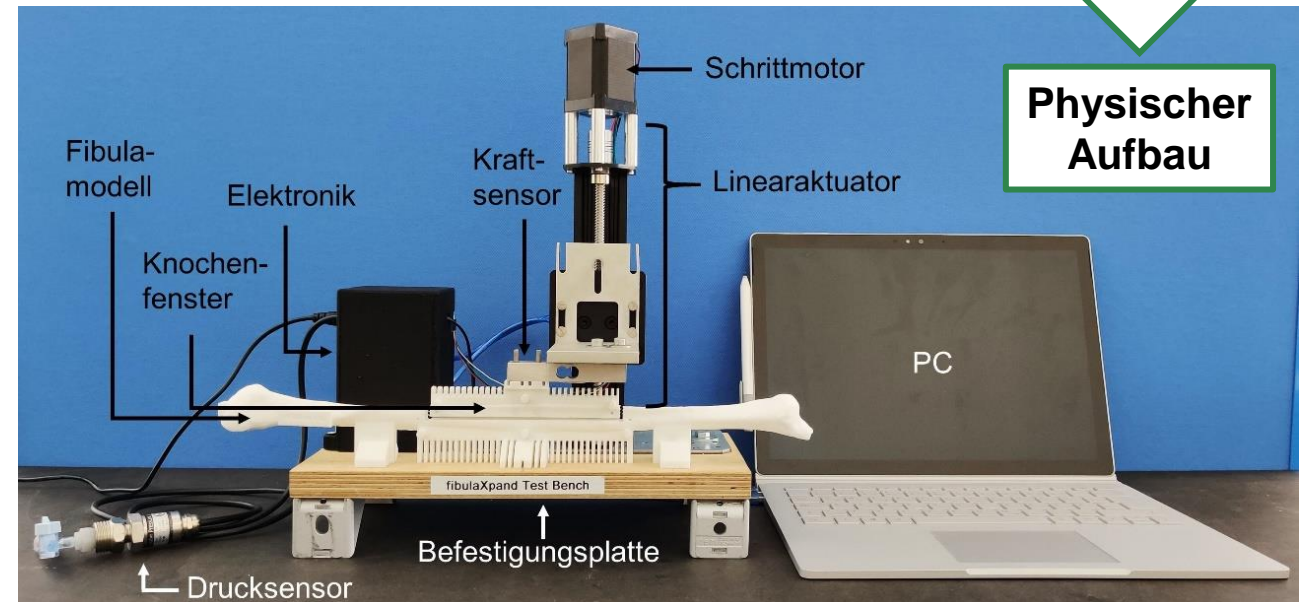


Osteotomierte Fibula mit  
Kammstruktur

Kallusdistraktionskraft im Modell



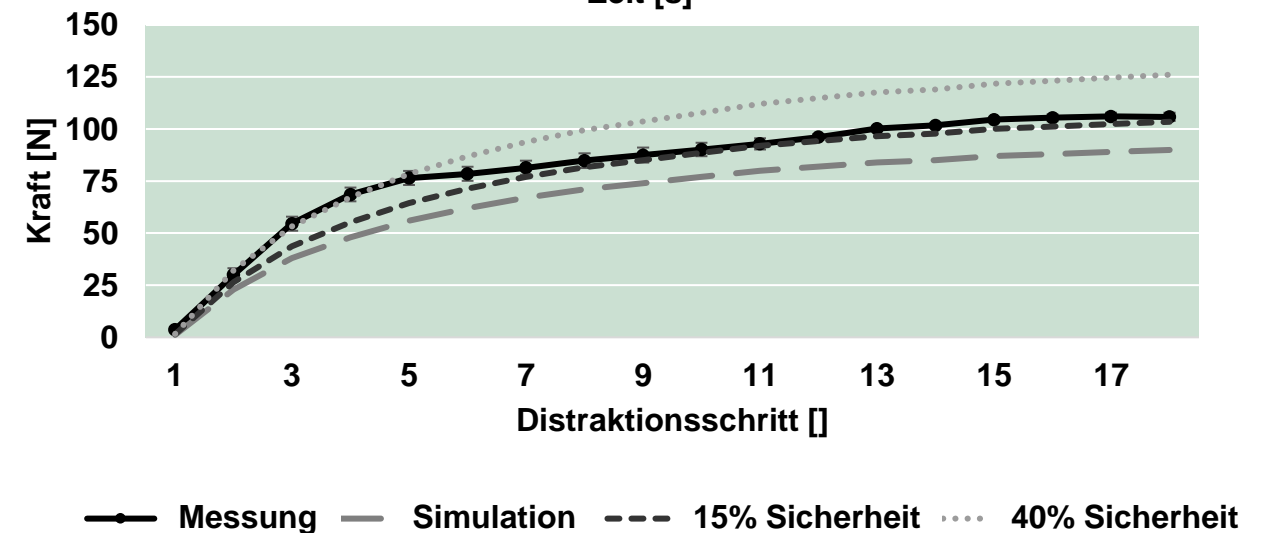
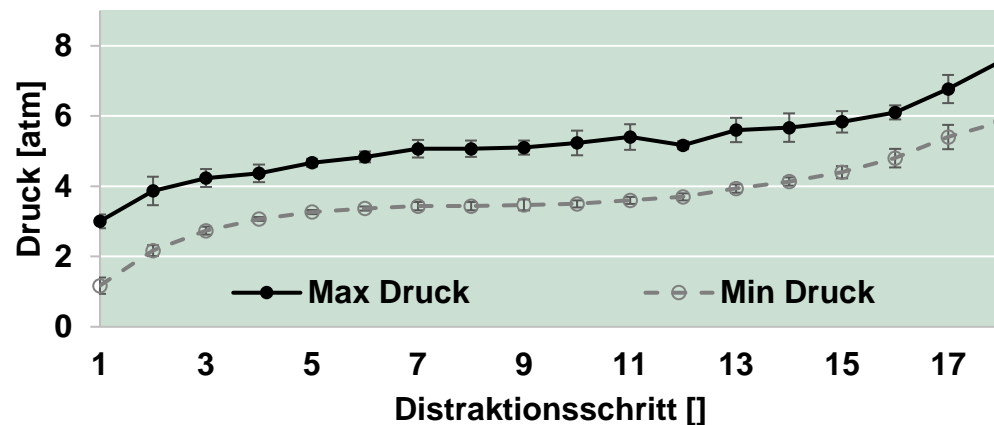
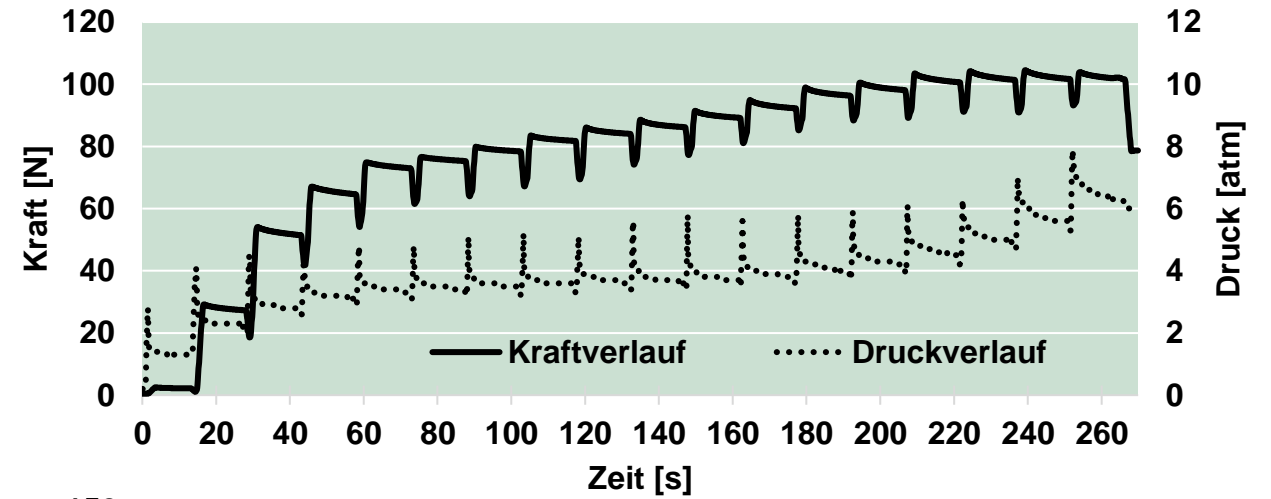
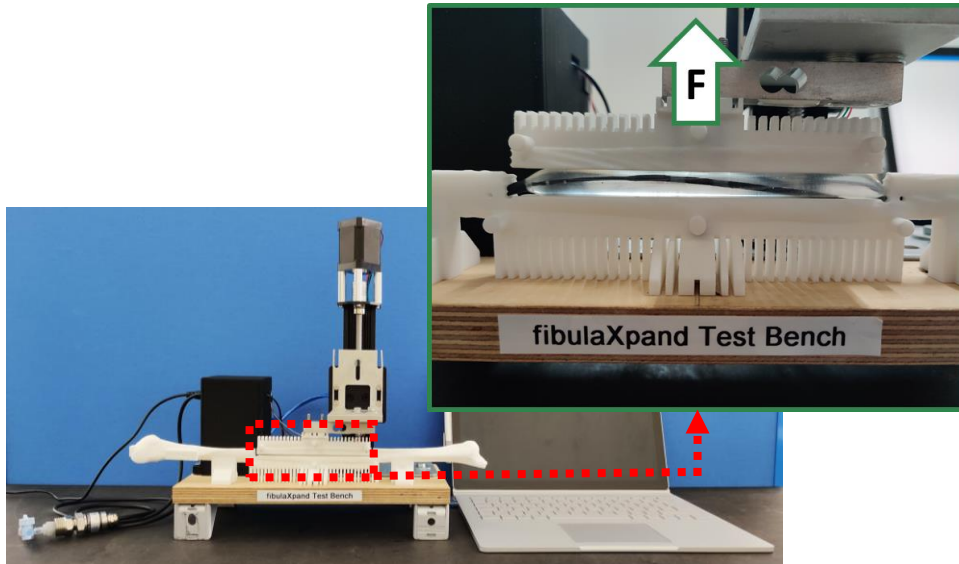
Konzept



Physischer  
Aufbau

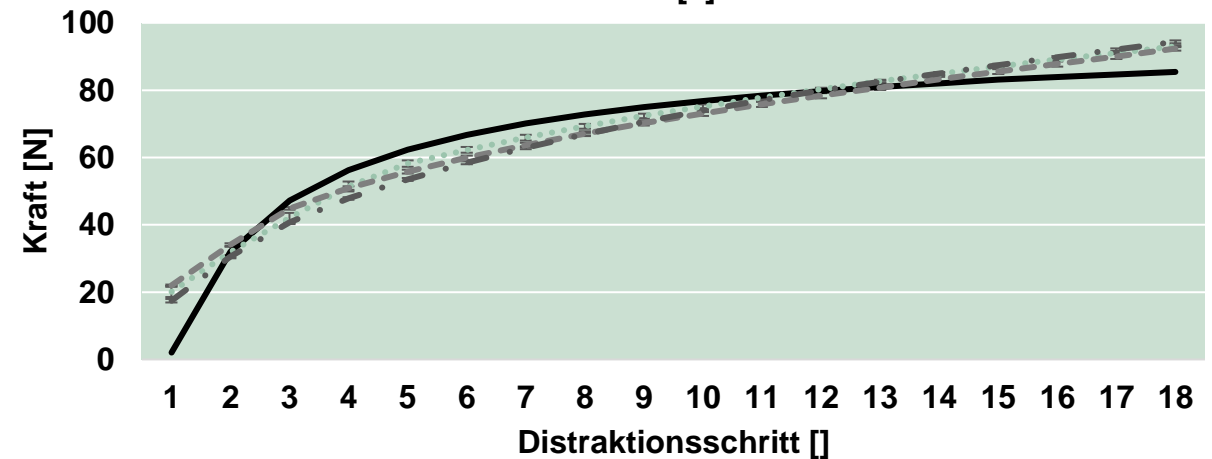
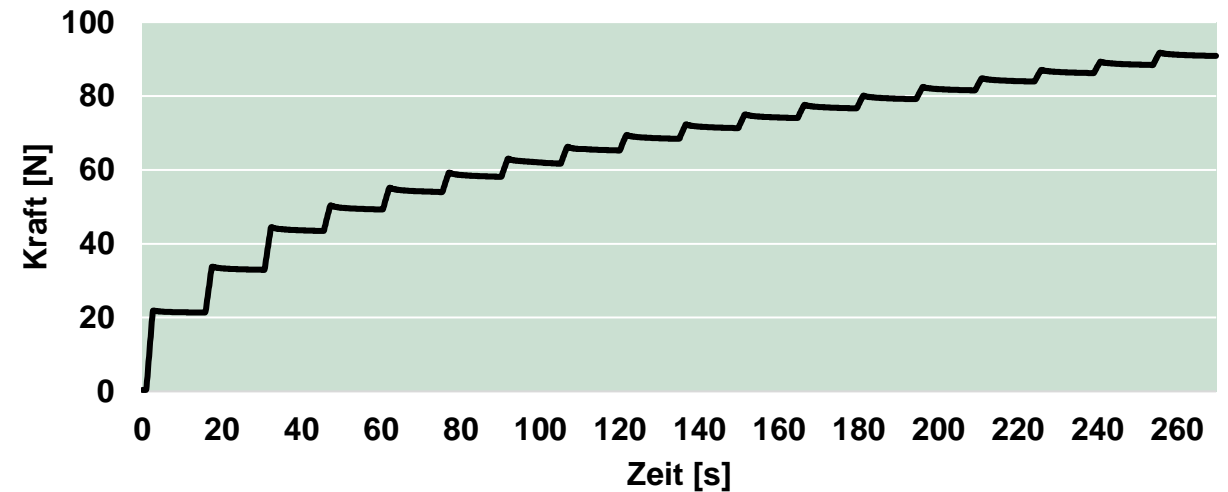
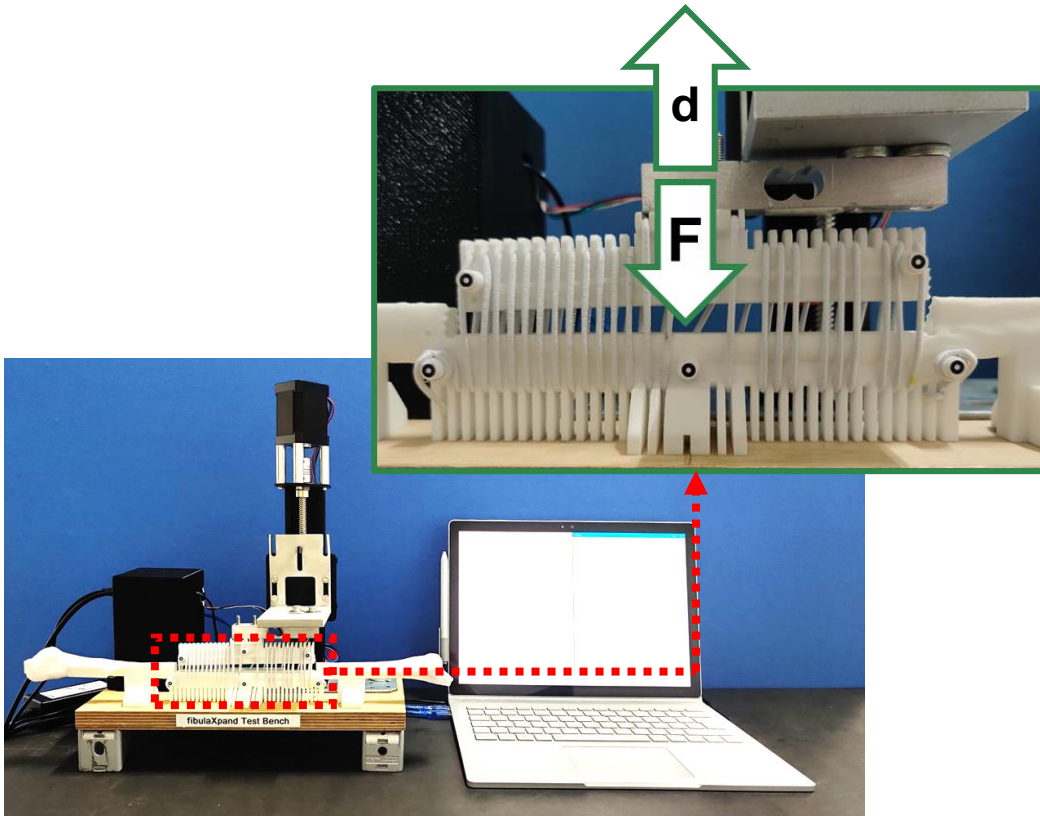
# Mechanische Testung

Messung der Kraft  $F$  und des Drucks  $p$  bei Systemexpansion



# Biomechanische Testung

Messung der Distraktionskraft  $F$  bei Verschiebung  $d$  im Fibulamodell mit Kallussimulation



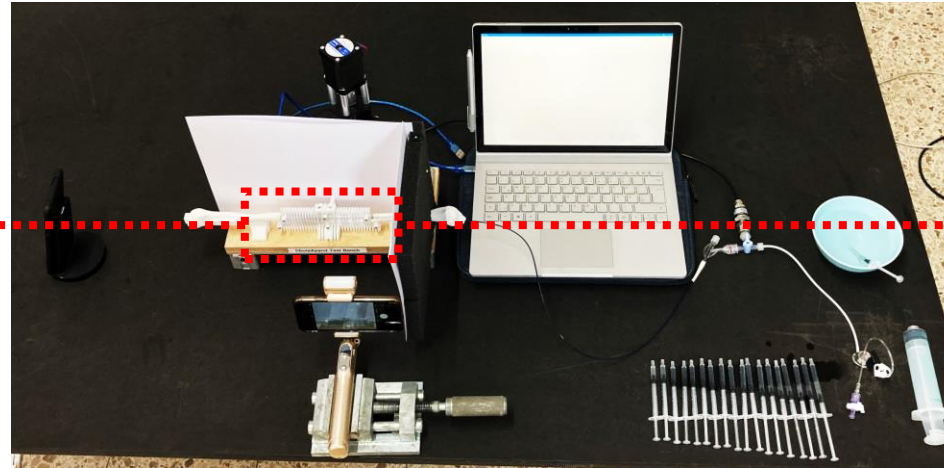
— Sim.    ..... Fib S    --- Fib M    - · - Fib L



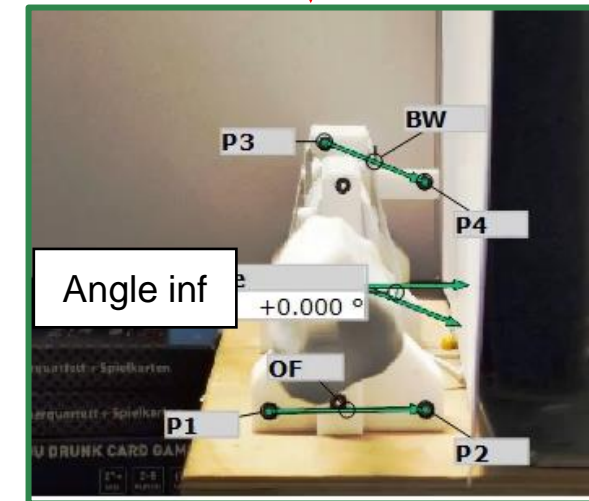
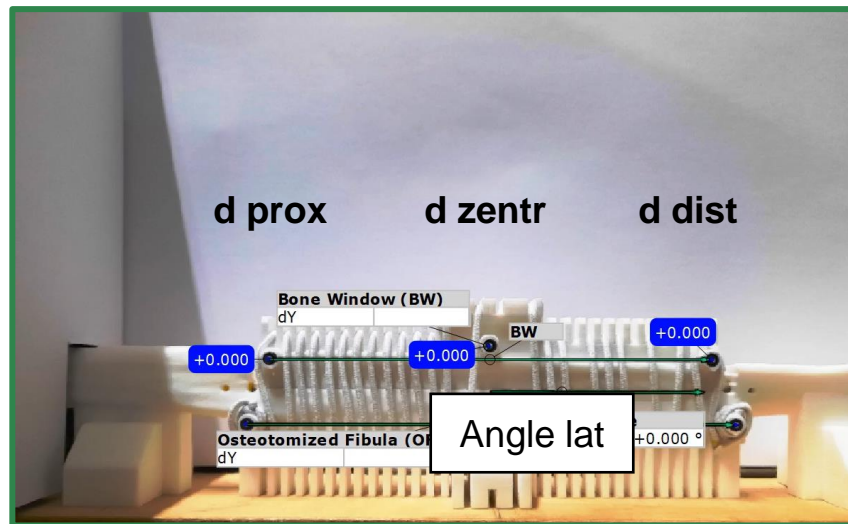
# Biomechanische Testung

Optische Messung zur Ermittlung der Verschiebung  $d$  und der Verkipfungswinkel Angle lat/ inf

Verschiebung  
Verkipfung  
*lateral*



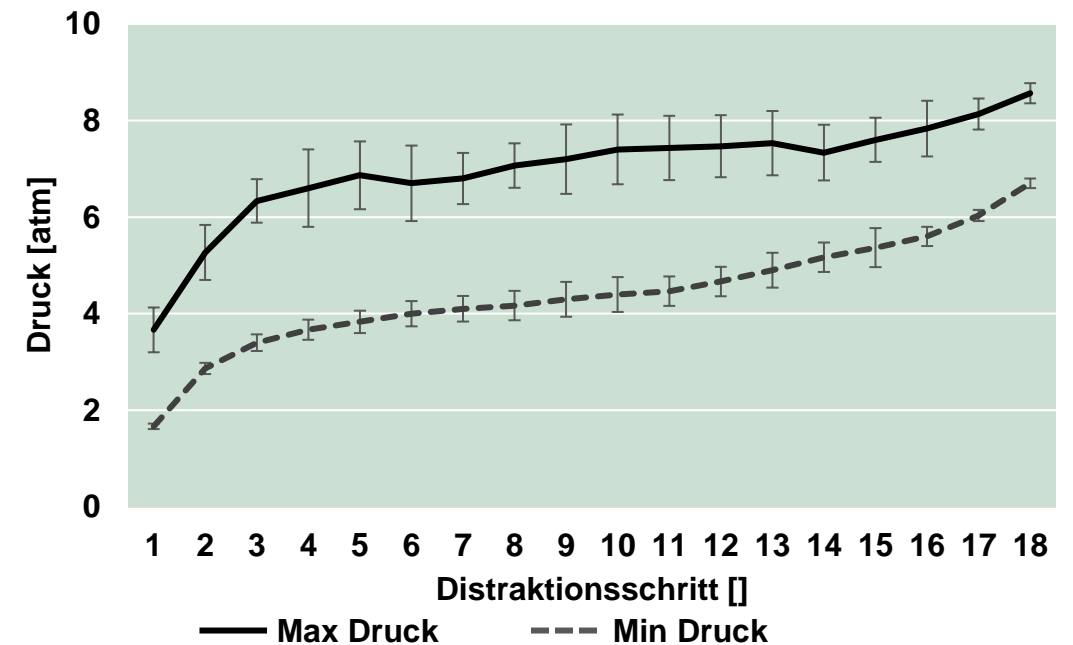
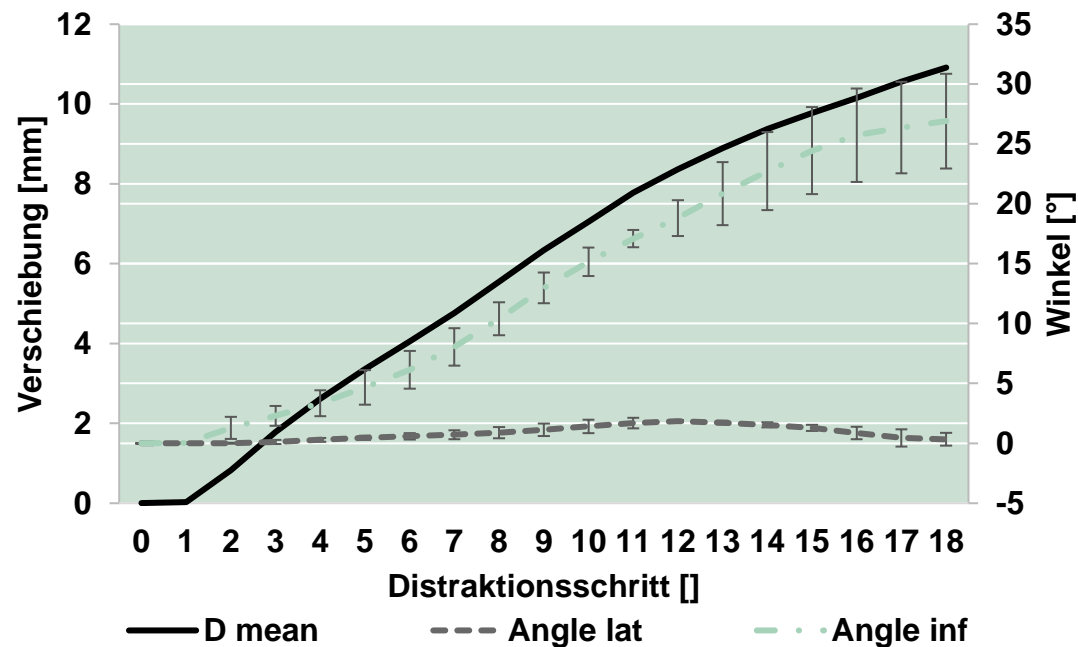
Verkipfung  
*inferior*





# Biomechanische Testung

Optische Messung zur Ermittlung der Verschiebung d und der Verkippungswinkel Angle lat/ inf

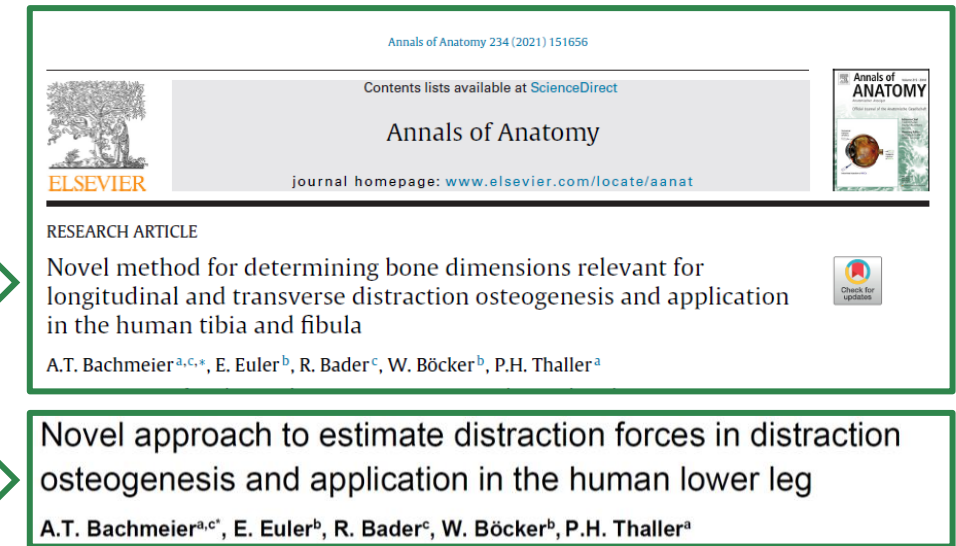


# Diskussion und Ausblick

- 1) **Operationstechnik zur Fibulaexpansion**  
→ Machbarkeit radiale Distraction in vivo belegen (Tierversuch)
- 2) **Morphologische Parameter**  
→ Distaktionsflächen nicht durch Knochenlänge abschätzbar
- 3) **Modell zur Distaktionskraftberechnung**  
→ Modell basiert auf Tierversuch (Übertragbarkeit limitiert)  
→ Keine Validierung der radialen Kräfte möglich
- 4) **Funktionsmuster des Expansionssystem**  
→ Professionelle Fertigung des Expansionssystems
- 5) **Mechanische Prüfungen**  
→ Langzeitmessungen mit akkreditierten Prüfständen  
→ Überprüfung weiterer Parameter (Dichtigkeit, Radialkräfte)
- 6) **Biomechanische Untersuchungen**  
→ Langzeitmessungen  
→ Fibulamodelle mit Weichteilsimulation erweitern

Pub. 1

Pub. 2



**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit!**

Andreas T. Bachmeier, M.Sc.  
Klinik für Allgemeine, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie  
E-Mail: [andreas.bachmeier@campus.lmu.de](mailto:andreas.bachmeier@campus.lmu.de)  
Tel.: +49 162 950 3868

