

# Ergebnisse nach Patient:innen-spezifischer Wirbelsäulenchirurgie

Dr. med. Itai Mendelowitsch  
Facharzt Neurochirurgie, Kantonsspital Baden AG



# Überblick

01

## Entwicklung der Operationstechnik

Von offener Freihand-Chirurgie zur minimal-invasiven Präzision

02

## 3D-gedruckte Patient:innen-spezifische Schablonen

Patient:innen-spezifische Präzisionsimplantate für CBT-Schrauben

03

## Klinische Resultate

Evaluierung von 335 platzierten CBT-Schrauben

04

## Operative Vorteile

Reduktion von Blutverlust, Strahlenexposition und kleineren Wunden

05

## Wohin geht die Reise?

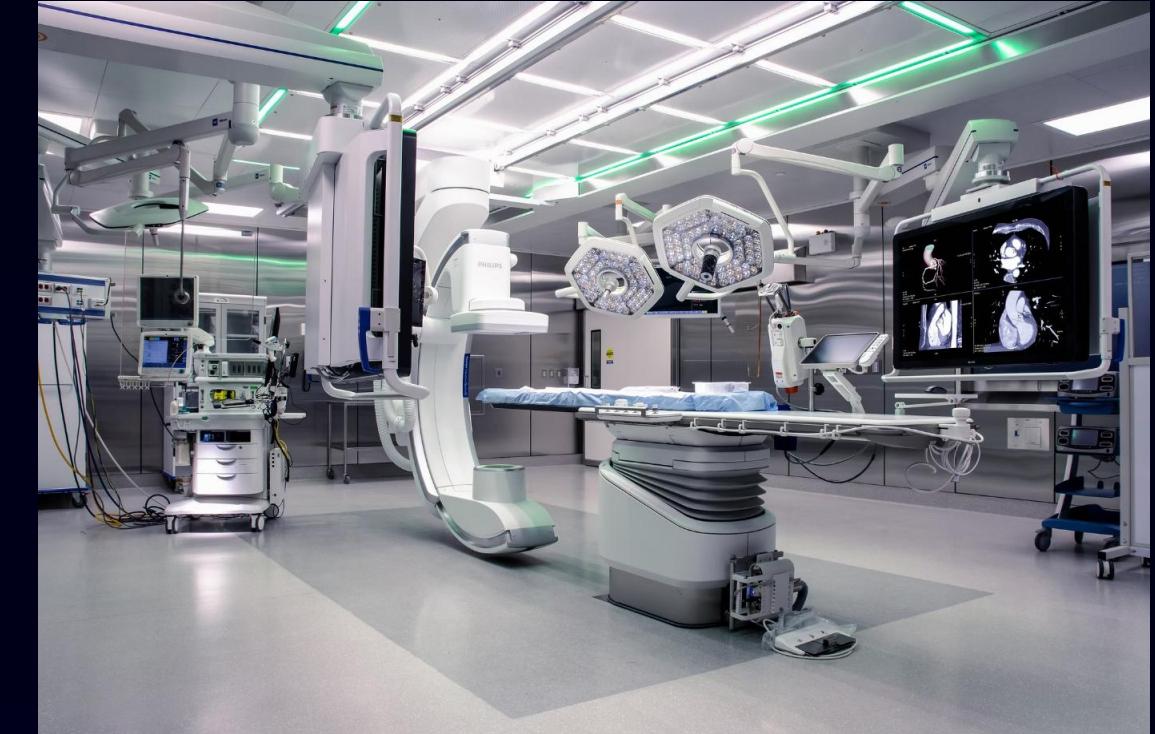
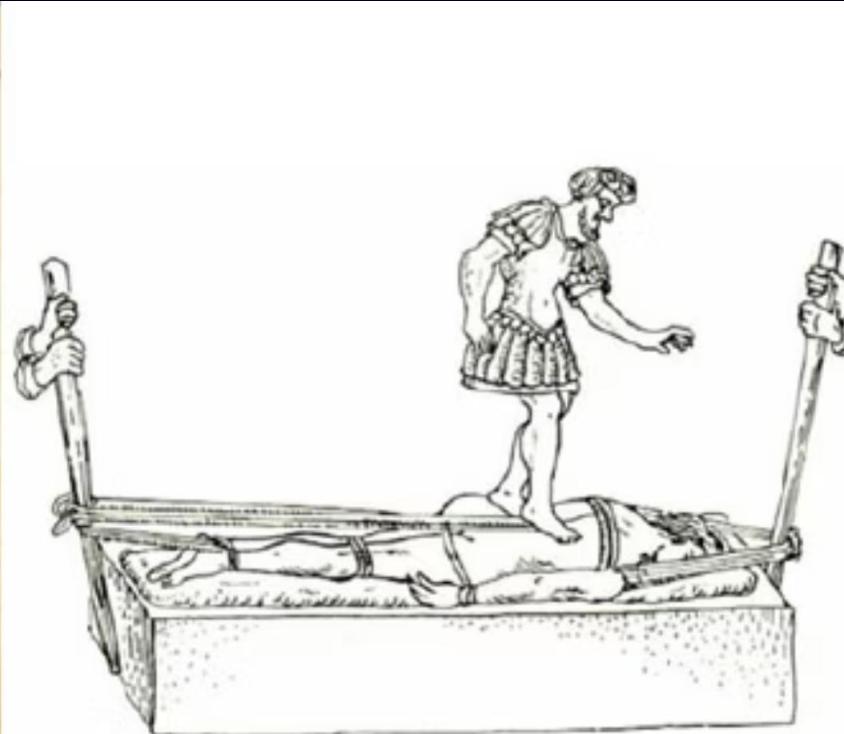
Weiterentwicklung der minimalinvasiven Operationen und der  
Implantate

06

## Schlusswort

# Evolution der Wirbelsäulenchirurgie

Die Wirbelsäulenchirurgie hat in den letzten Jahrzehnten einen grundlegenden Wandel erlebt. Moderne Technologien ermöglichen heute eine Präzision, die mit traditionellen Methoden nicht erreichbar war.



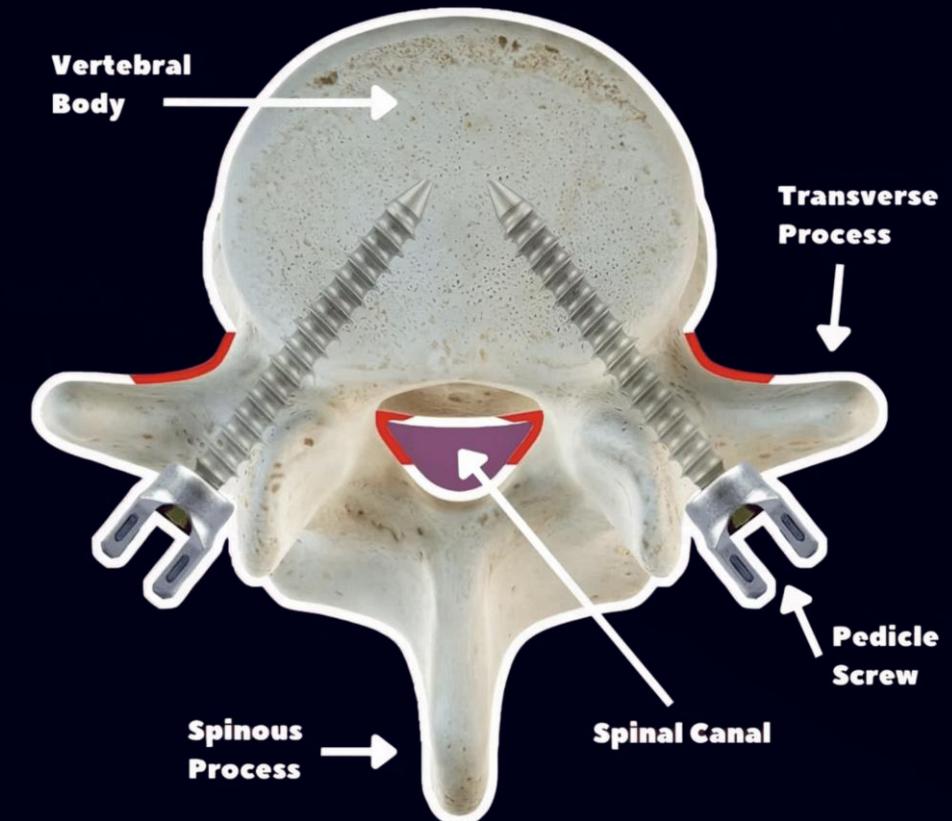
# Klassische offene Wirbelsäulenchirurgie mit anatomischer Schraubenplatzierung

## Merkmale

- Grössere Hautinzisionen
- Extensive Weichteilpräparation
- Anatomische Landmarken-Navigation

## Herausforderungen

- Erhöhter Blutverlust
- Höheres Infektrisiko als bei minimalinvasiven Techniken
- Korrekte Schraubenplatzierung
- Verlängerte Rekonvaleszenz



# Limitationen der Freihand-Technik

## Variabilität der Platzierung

Abhängigkeit von der chirurgischen Erfahrung und anatomischen Variationen

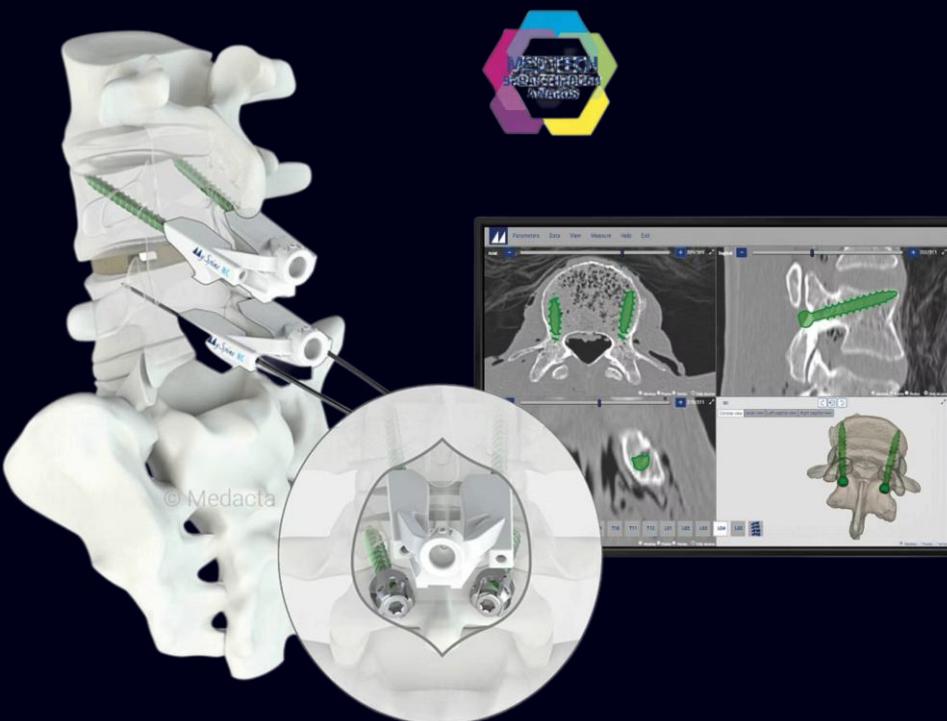
## Strahlenexposition

Mehrfache intraoperative Durchleuchtungen für Team und Patient:innen erforderlich

## Fehlplatzierungsrisiko

5-15% Fehlpositionierung mit potenziellen neurologischen Komplikationen

# Minimalinvasive Techniken



## Kleinere Zugänge

Reduzierte Gewebetraumatisierung durch perkutane Techniken

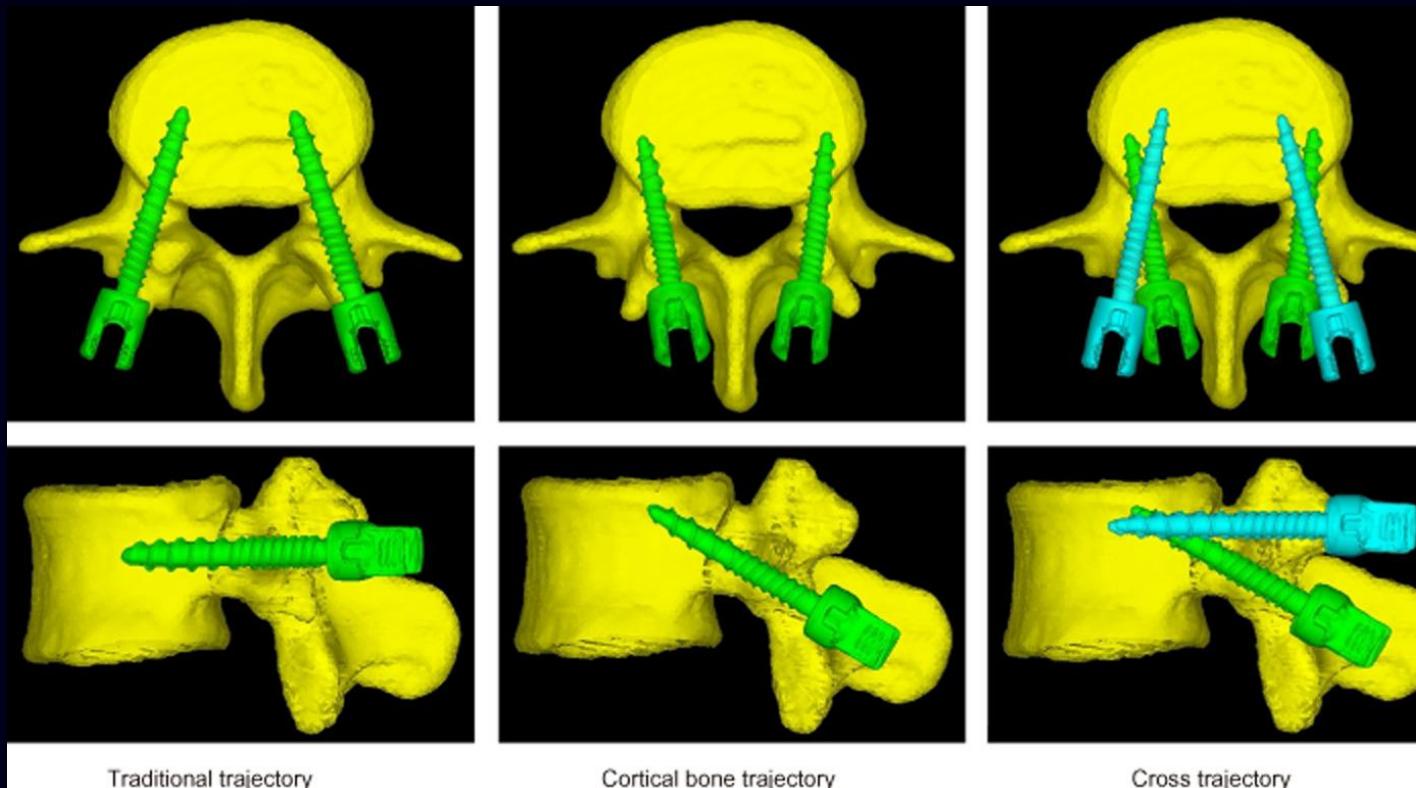
## Navigation

CT-basierte oder fluoroskopische Navigationssysteme

## Präzision

Verbesserte Genauigkeit bei der Implantatplatzierung

# Cortical Bone Trajectory (CBT) Schrauben



## Biomechanische Vorteile

- Mediolateral und kranio-kaudal ausgerichtete Trajektorie
- Maximaler Kontakt mit kortikalem Knochen
- Höhere Ausreissfestigkeit als traditionelle Pedikelschrauben
- Medialer Eintrittspunkt ermöglicht eine reduzierte Invasivität

# Herausforderungen bei der CBT-Schraubenplatzierung

## Präzise Eintrittswinkel

Abweichungen von wenigen Grad können zu Fehlplatzierungen führen.

## Anatomische Variabilität

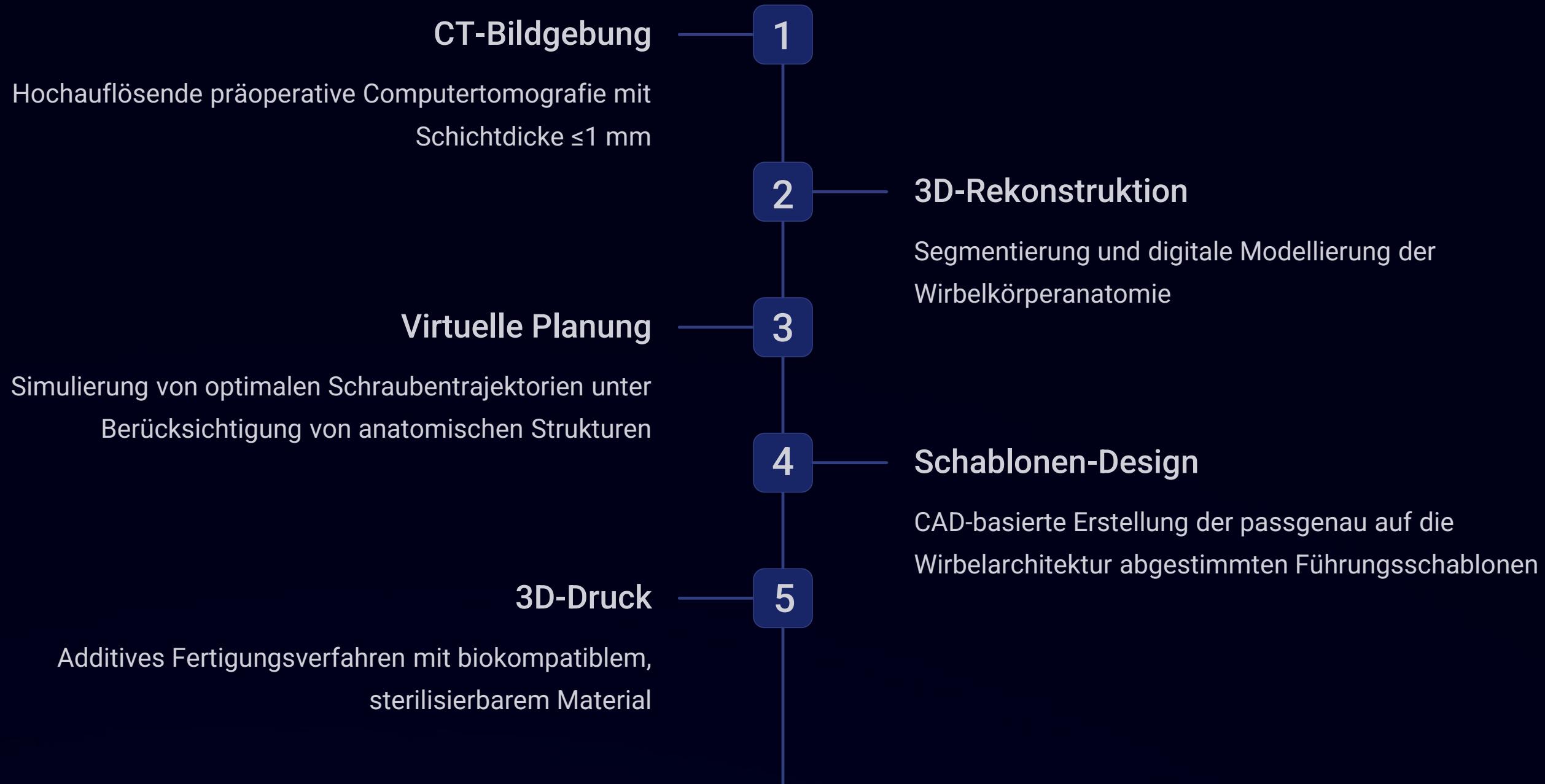
Individuelle Unterschiede in der Wirbelkörpermorphologie benötigen eine Anpassung.



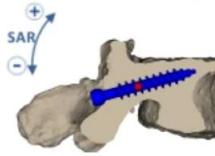
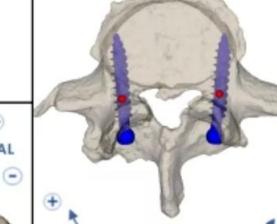
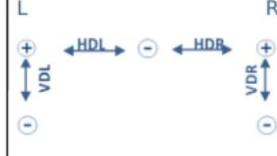
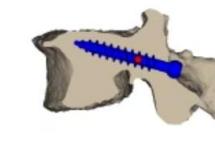
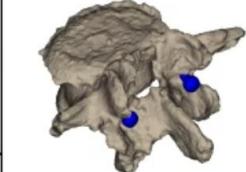
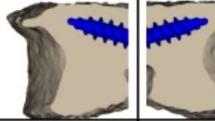
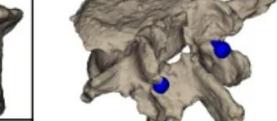
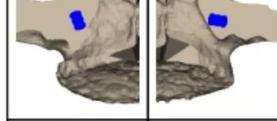
# Patient:innen-spezifische 3D-Schablonen

Die Integration von präoperativer Bildgebung, computergestützter Planung und 3D-Drucktechnologie verbessert massgeblich die Wirbelsäulenchirurgie durch massgeschneiderte Implantationshilfen.

# Workflow der 3D-Schablonenherstellung





SAGITTAL PLANE		TRANSVERSAL PLANE		CORONAL PLANE	
	R		L		R
	L				
SAL: -15 deg	SAR: -15 deg	TAL: -5 deg	TAR: -5 deg	HDL: 19.5 mm VDL: -1.5 mm	HDR: 17.1 mm VDR: -1.8 mm
SCREW LENGTH (cross-section in the screw plane)		3D VIEW		SCREW DIAMETER (min cross-section of the pedicle)	
L	R			L	R
 Length: 40 mm Cortical gap: 7 mm	 Length: 40 mm Cortical gap: 11 mm			 Diameter 7 mm	 Diameter 7 mm



# Funktionsprinzip der Schablone

## Präzisionsmechanismus

Die Schablone liegt passgenau auf den Dornfortsätzen und Laminae des Zielwirbels auf. Vorgegebene Bohrkanäle definieren exakt Eintrittswinkel und -punkt für jede CBT-Schraube.

### Vorteil

- Reproduzierbare Platzierungsgenauigkeit
- Eliminierung der Freihand-Variabilität
- Reduzierte intraoperative Strahlenbelastung bei vorgeplanter Schraubenlage

# Klinische Umsetzung



## Präoperative Phase

CT-Akquisition, Planungsgespräch,  
Schablonenproduktion (7-10 Tage),  
Sterilisation



## Intraoperative Anwendung

Limitierter Zugang,  
Schablonenpositionierung,  
Bohrungen durch die  
Führungskanäle,  
Schraubeneinbringung



## Qualitätskontrolle

Einzelne postoperative  
Röntgenkontrolle zur  
Lageverifikation

# Limitierungen und Überlegungen



## Planungsvorlauf

7-10 Tage zwischen dem CT und der Operation notwendig – noch nicht für Notfalleingriffe geeignet



## Anatomische Eignung

Bei schweren Deformitäten oder nach Voroperationen kann die Schablonenplatzierung erschwert sein



## Einarbeitungsphase

Chirurgische Lernkurve von ca. 10-15 Fällen für optimale Workflow-Integration

# Wie können wir den Planungsvorlauf verringern?

- in-house 3D-Drucker?
- 3D Schnelldruck?
- Gibt es Standard-Winkel zur vereinfachten Planung der CBT-Schrauben?

# Studienpopulation und Methodik

335

61

2-6

**CBT-Schrauben**

Gesamtzahl platziertter Schrauben mit 3D-Schablonen

**Patient:innen**

Konsekutive Fälle mit degenerativen  
Wirbelsäulenerkrankungen

**Fusionslevel**

Spektrum der instrumentierten  
Wirbelsäulensegmente

---

Prospektive Kohortenstudie mit standardisiertem Erfassungsprotokoll für operative Parameter und radiologische Evaluation

# Primärer Endpunkt

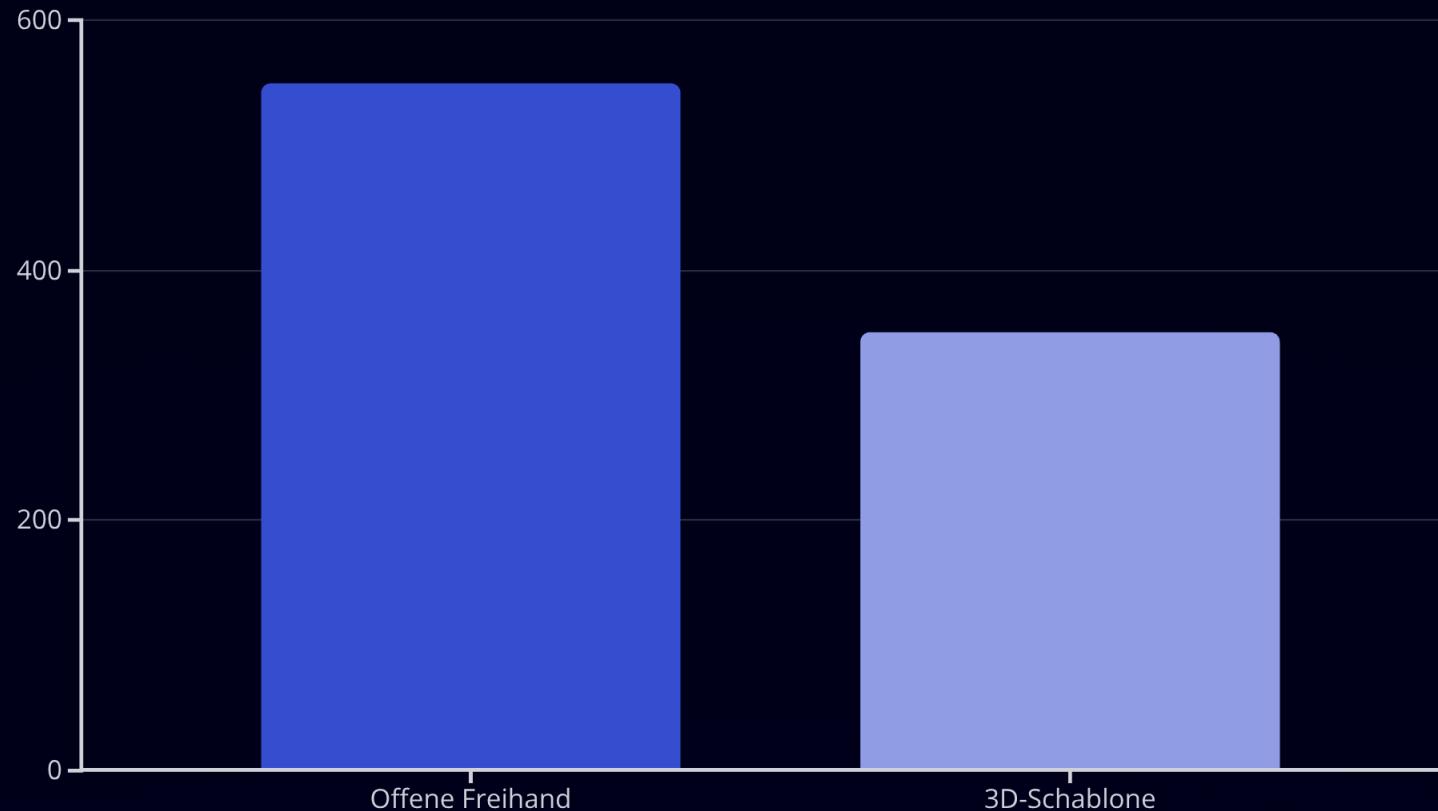
Schraubenwinkel

# Sekundäre Endpunkte

Strahlenbelastung

Intraoperativer Blutverlust

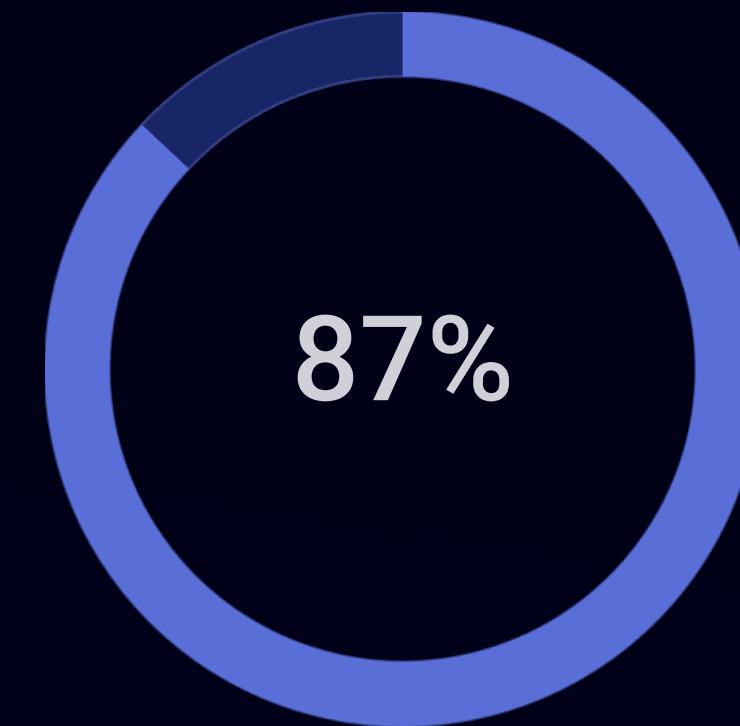
# Resultat: Reduktion des Blutverlusts



Deutliche Reduktion

Der mittlere Blutverlust bei 3D-schablonengestützten Eingriffen betrug **350 ml** – eine Reduktion um ca. 40% gegenüber der offenen Freihand-Technik.

# Resultat: Minimierung der Strahlenexposition



**Weniger Röntgenbilder**

Durchschnittlich 2 statt im Schnitt 15 intraoperative Aufnahmen

Die präzise Schablonenführung verhindert repetitive Durchleuchtung zur Lagekontrolle während der Schraubeneinbringung – ein bedeutender Vorteil für Patient:innen und das OP-Team.

# Resultat: Verkürzung der Operationsdauer

## Klinische Implikationen

- Kürzere Anästhesiedauer reduziert die kardiopulmonale Belastung
- Geringere Gewebeexposition minimiert das Infektionsrisiko
- Weniger Weichteilschaden erleichtert die postoperative Mobilisation
- Geringere Schmerzen und weniger Bedarf an WHO III Analgetika



# Platzierungsgenauigkeit



99% korrekte Lage



0% neurologische  
Komplikationen

Keine schraubenassoziierte  
Verletzung von Nervenwurzeln  
oder Duralschlauch

# Vergleich mit Navigationssystemen

## CT-Navigation

- Hohe Genauigkeit (95-98%)
- Echtzeitverfolgung
- Flexibilität bei intraoperativen Änderungen

## Nachteil

- Hohe Investitionskosten
- Längere Set-up-Zeit
- Strahlenexposition für Referenz-Scan

## 3D-Schablone

- Vergleichbare Genauigkeit (99%)
- Minimale Strahlung
- Kurze intraoperative Anwendung

## Nachteil

- Vorausplanung notwendig
- Limitierte Flexibilität
- Pro-Fall-Kosten für Schablonen

# Praktische Umsetzung im klinischen Alltag

## Strukturelle Voraussetzungen

Kooperation mit zertifiziertem 3D-Drucklabor oder In-house-Kapazität

## Patientenselektion

Elektive Fusions-Eingriffe ab 2 Segmenten, adipöse Patient:innen

## Workflow-Integration

Digitales Planungssystem, Schulung des OP-Teams, Logistik für die Schablonenbereitstellung am OP-Tag

# ZukunftsMusik

Die minimalinvasive WirbelsäulenChirurgie entwickelt sich rasant weiter. Hier zwei vielversprechende Ansätze, die die Zukunft der spinalen Interventionen für Ärzte massgeblich prägen werden.

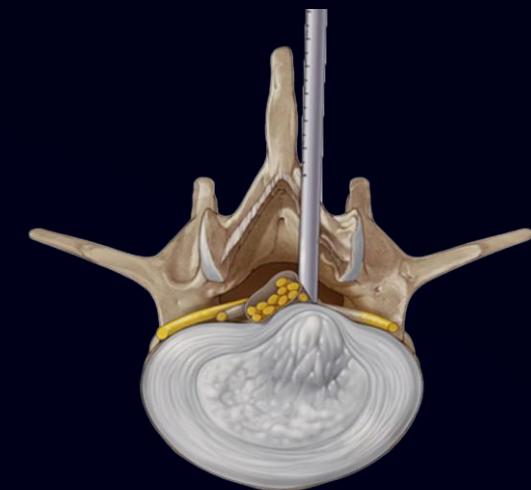
## 3D-gedruckte Implantate

Individualisierte, patient:innen-spezifische Implantate aus dem 3D-Drucker bieten eine optimale Anpassung an die Anatomie und können die Ossifikationsraten verbessern.



## Endoskopische Wirbelsäuleneingriffe

Diese Technik ermöglicht eine schonendere Nervenbefreiung oder Bandscheibenentfernung durch kleine Zugänge. Dies führt zu weniger Gewebetrauma und einer schnelleren Genesung der Patienten. Eine essentielle Technik für die ambulante WirbelsäulenChirurgie



# Schlussfolgerungen



## Präzision und Sicherheit

Patient:innen-spezifische 3D-Schablonen ermöglichen hochpräzise Schraubenplatzierung.



## Patient:innen-Outcome

Verbesserte postoperative Erholung mit kürzerem Spitalaufenthalt und schnellerer Rückkehr zur funktionellen Aktivität.



## Zukunftsperspektive

Die Technologie stellt einen wesentlichen Schritt in Richtung personalisierter Wirbelsäulenchirurgie dar und sollte bei geeigneten Indikationen in Betracht gezogen werden.

**Herzlichen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**

