

# Navigation in der OSG-Endoprothetik: Patientenspezifische Instrumentation mit dem Prophecy®-System

Von André Morawe

**Die Totalendoprothese des oberen Sprunggelenks (OSG) wird insbesondere bei fortgeschrittener Arthrose als Alternative zur Arthrodese eingesetzt, um eine schmerzfreie Belastbarkeit bei Erhalt der Gelenkfunktion und der physiologischen Beinachse zu erreichen. Moderne Implantatsysteme wie die Infinity®-Prothese (Hersteller: Stryker) zeigen in mittelfristigen Studien hohe Überlebensraten und eine exzellente Patientenzufriedenheit.**

Die Infinity-Prothese besteht aus einer Tibiakomponente mit fixiertem Inlay und einer Taluskappe, die zu einer zentrierten Positionierung der Prothese führt (Abb. 1). Mit der modularen Erweiterung als Inbone- und Invision-Variante sind Implantationen auch bei schweren Knochendestruktionen und bei Prothesenwechseloperationen möglich.

Entscheidend für Prothesenstandzeit und Funktion ist die korrekte Ausrichtung von Tibia- und Taluskomponente („Alignment“), was die Bedeutung navigationsgestützter Verfahren unterstreicht.

Die Navigation in der OSG-Endoprothetik mit dem Prophecy®-System der Firma Stryker bezeichnet ein patientenindividuelles, bildgestütztes Planungs- und Schnittführungskonzept zur Implantation von zementfreien Sprunggelenk-Totalendoprothesen vom Typ Infinity, Inbone und Invision. Es verbindet eine präoperative 3D-CT-Planung mit speziell gedruckten Resektions- und Navigationsblöcken, um Alignment, Resektionshöhen und Implantatgröße präzise und reproduzierbar festzulegen.

## PRINZIP DES PROPHECY®-SYSTEMS

Das Prophecy-System ist ein präoperatives Navigations- und Planungsinstrument, bei dem auf Basis einer standardisierten CT-Untersuchung der gesamten Beinachse ein patientenspezifischer Operationsplan und dazu passende 3D-gedruckte Schnitt- und Navigationsschablonen erstellt werden. Die CT-Daten werden genutzt, um Achsabweichungen, Gelenkgeometrie, Gelenkspaltlage, knöcherne Defekte und Zysten zu analysieren und daraus die optimale Position und Größe der Prothesenkomponenten abzuleiten. Im Ergebnis erhält der Operateur einen detaillierten Report, der exakt an die individuelle knöcherne Morphologie von Tibia und Talus angepasst ist.

## PRÄOPERATIVE PLANUNG

Die präoperative Planungsphase umfasst mehrere Schritte: Zunächst werden CT-Aufnahmen von Fuß, Sprunggelenk und proximalem Unterschenkel nach einem standardisierten Protokoll erstellt, um die Beinachse in 3D zu erfassen (Abb. 2). Anschließend erfolgt in einer Planungssoftware die virtuelle Implantation der ausgewählten OSG-Prothese (z. B. Infinity) mit Definition von Resektionsebenen, Komponentengrößen, Rotationsstellung,



Dr. med. André Morawe

Varus-/Valgus- und Sagittalalignment sowie von gegebenenfalls notwendigen knöchernen Korrekturen (Abb. 3). Besonderheiten wie Achsfehlstellungen, Knochendefekte oder Zysten können bereits in der Planung berücksichtigt werden, und ligamentäre gelenkbalancierende Zusatzeingriffe können adressiert werden.

## PATIENTENSPEZIFISCHE INSTRUMENTATION - PSI

Auf Basis dieser Planung werden patientenspezifische Kunststoffblöcke für distale Tibia und Talus sowie korrespondierende negative Navigationsschablonen gefertigt (Abb. 4a-c), die intraoperativ auf die freipräparierten Knochenoberflächen aufgelegt werden. Die Blöcke nutzen osteophytäre Anbauten als Landmarken, um die exakte Positionierung intraoperativ sicherzustellen. Sie bilden die geplanten Resektionsebenen, Bohrkanäle und Referenzflächen exakt ab, sodass die Sägeschnitte über sogenannte „Resect-Through Guides“ direkt durch die Führungen erfolgen können. Die genaue Passform der Schablonen zur individuellen Anatomie dient zugleich als Plausibilitätskontrolle der Planung, da eine Fehlpassung intraoperativ auf Abweichungen oder Planungsfehler hinweisen würde.



Abb. 1: Infinity®-Sprunggelenkprothese

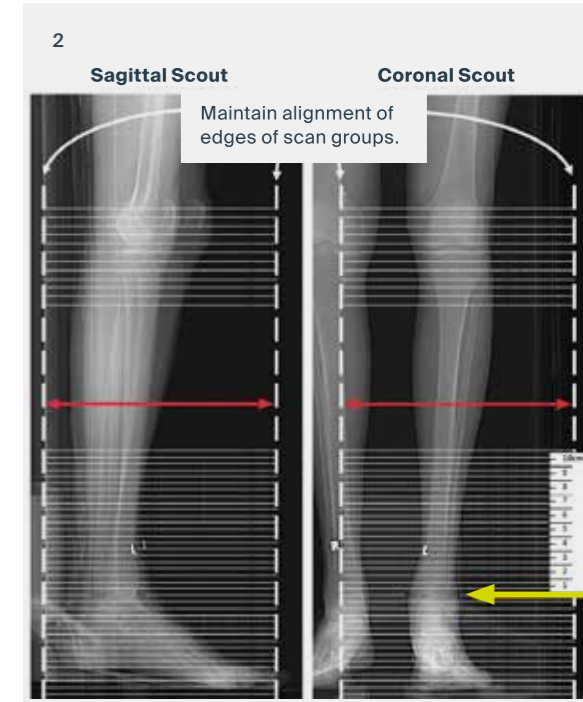


Abb. 2: Präoperative Planung: Screenshot Alignment

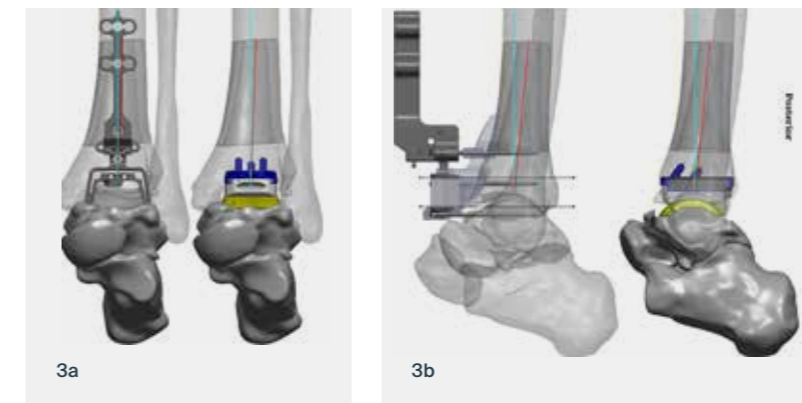


Abb. 3: Planung der patientenspezifischen Schnittblöcke (a) ap, (b) lateral

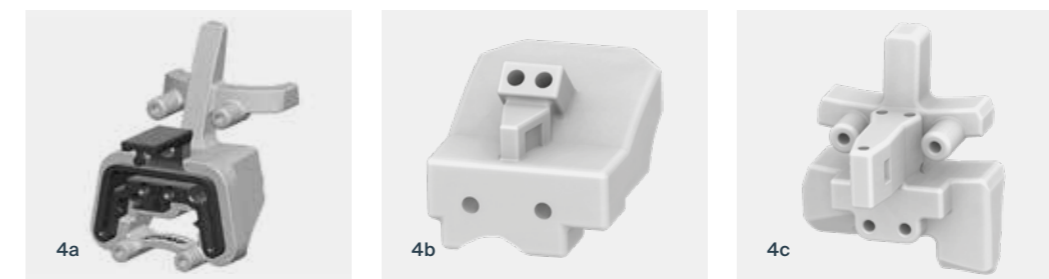


Abb. 4a-c: Patientenspezifische Kunststoffblöcke und Schablonen

**INTRAOPERATIVES VORGEHEN**

Operativ erfolgt das Vorgehen in mehreren wesentlichen Schritten, die – je nach Operateurspräferenz – leicht variieren können, aber typischerweise folgendes Muster aufweisen:

- anteriorer Standardzugang zum OSG, Weichteilpräparation und Exposition von distaler Tibia und Talus,
- Adaptation der patientenspezifischen Tibia- und Talusschablonen mit radiologischer Kontrolle der korrekten Auflage an definierten knöchernen Landmarken,
- Durchführung der geplanten Resektionsschnitte und Bohrungen über die Schablonen („Resect-Through“-Technik), wodurch Höhe, Neigung und Rotationsstellung der Resektionen dem CT-Plan entsprechen sollen,
- Probereposition mit Trial-Komponenten, Kontrolle von Bewegungsumfang, Stabilität und Achsverlauf im Vergleich zur präoperativen Planung, anschließend Implantation der definitiven Komponenten (Abb. 5a, b).

Durch die patientenspezifischen Guides entfällt ein Großteil der herkömmlichen intraoperativen Achs-, Größen- und Rotationsbestimmung mit freien Handtechniken und intensiver Bildwandlerkontrolle.

**VORTEILE DER PROPHECY-NAVIGATION**

Reproduzierbarkeit und Genauigkeit der Implantatposition sind durch die Prophecy-Navigation deutlich vereinfacht, und Ausreißer im Alignment werden reduziert, was bei der OSG-Endoprothetik als besonders kritisch gilt. Die präzise Ausrichtung entlang der gesamten Beinachse, die patientenspezifische Resektionsführung und die Möglichkeit, komplexe Fehlstellungen bereits in der Planung zu berücksichtigen, tragen zu einer besseren Weichteilbalancierung und Gelenkfunktion bei.

Zusätzlich wird über eine signifikante Reduktion der Operationszeit (im Mittel um mehrere Dutzend Minuten) und eine Verringerung der intraoperativen Röntgenexposition für Operateur und Patient berichtet.

**KLINISCHE ERGEBNISSE UND EVIDENZ**

Für die Infinity-OSG-TEP in Kombination mit Prophecy wird in größeren Serien eine sehr hohe Prothesenüberlebensrate berichtet mit Überlebensraten von fast 99 % nach zwei Jahren und über 90 % nach fünf Jahren sowie mit guter Funktion und hoher Patientenzufriedenheit (Abb. 6).

International wurden inzwischen mehrere Zehntausend OSG-Prothesen mit Prophecy geplant, was auf eine breite klinische Akzeptanz hindeutet. Frühere Erfahrungen mit Navigation an Knie und Hüfte zeigen, dass eine navigationsgestützte Prothesenimplantation Genauigkeiten im Bereich von etwa +/- 1° und 1 mm erreichen kann, und deuten darauf hin, dass ähnliche Präzisionsgewinne auch am OSG erzielbar sind.

**VERGLEICH MIT KONVENTIONELLER TECHNIK**

Die wesentlichen Unterschiede zwischen konventioneller und Prophecy-gestützter OSG-TEP lassen sich wie folgt gegenüberstellen:

Tab. 1

ASPEKT	KONVENTIONELLE OSG-TEP	OSG-TEP MIT PROPHECY-SYSTEM
<b>PRÄOPERATIVE BILDGEBUNG</b>	Röntgen, ggf. CT, meist 2D-basiert	standardisierte 3D-CT mit Achsvermessung
<b>RESEKTIONSFÜHRUNG</b>	Standardinstrumente, freihändige Anpassung	patientenspezifische 3D-gedruckte Guides
<b>ACHS- UND ROTATIONSKONTROLLE</b>	intraoperativ über Landmarken und Bildwandler	vorwiegend präoperativ geplant, intraoperativ „abgefahren“
<b>OP-ZEIT</b>	länger v. a. durch wiederholte Kontrollen	verkürzt, Zeitersparnis im Schnittbereich
<b>RÖNTGENEXPOSITION</b>	höher durch häufige Bildwandlernutzung	geringer intraoperativ, aber zusätzliche präoperative CT
<b>ALIGNMENT-AUSREISSER</b>	höhere Varianz, Gefahr von Malalignment	reduzierte Streuung, höhere Reproduzierbarkeit
<b>PLANBARKEIT KOMPLEXER DEFORMITÄT</b>	eingeschränkt, hohe intraoperative Flexibilität nötig	ausführliche 3D-Planung mit Berücksichtigung von Defekten



Abb. 5a-b: Probereposition mit Trial-Komponenten

**AUSBLICK**

Mit der Erweiterung des Prophecy-Systems (z. B. Prophecy Footprint) entwickelt sich das Konzept von der reinen Sprunggelenkprothese hin zu einem umfassenderen Fuß- und Sprunggelenkplanungsinstrument, das insbesondere bei komplexen Deformitäten zusätzliche Präzisionsgewinne verspricht. Künftig ist mit weiter verfeinerten Workflows, Integration zusätzlicher Implantatplattformen und möglichen Kombinationen mit intraoperativer Navigation oder Robotik zu rechnen, um die ohnehin schon hohe Genauigkeit weiter zu steigern.

Literatur beim Verfasser

**Dr. med. André Morawe**  
 ATOS Orthoparc Klinik Köln  
 andre.morawe@atos.de

**„Reproduzierbarkeit und Genauigkeit der Implantatposition sind durch die Prophecy®-Navigation deutlich vereinfacht.“**



Abb. 6: Gute Funktion durch exakte und reproduzierbare Implantation