

# Individueller Oberflächenteilersatz am Kniegelenk

Von Erhan Basad

*Keywords: Gonarthrose, Knieendoprothese, Knieeilprothese, Oberflächenersatz, Teilersatz.*

*Mit Hilfe von Schnittbildverfahren und verbesserten Computer-Technologien können Knie-Teilprothesen oder Totalendoprothesen individuell auf den Patienten abgestimmt anatomisch hergestellt werden. Die Passform und alle OP-Schritte werden vor der Operation am Computer simuliert. Die Herstellung betrifft sowohl die Implantate, als auch Instrumente, welche auf die individuelle Knochenform des Patienten passen. Der Autor hat sich auf die Planung und Implantation individualisierter Oberflächenersatz-Prothesen, bei denen Instrumente und Implantate patientenspezifisch hergestellt werden, spezialisiert. Diese Implantate erhalten die anatomische Kniekinematik und reduzieren die Knochenresektion auf ein Mindestmaß.*

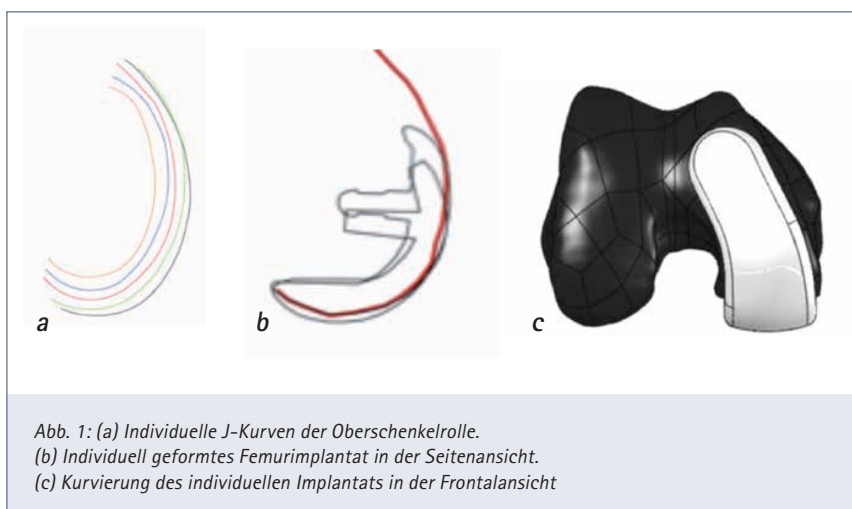


## Personalisierte Medizin – Trend oder Zukunft ?

Die personalisierte bzw. individualisierte Medizin ist eine der am schnellsten wachsenden Spezialisierungen. Ziel ist die Erkennung und Behandlung individueller Gegebenheiten des Patienten, welche über die Krankheitsdiagnose hinausgehen. Besonders in der Arzneimitteltherapie können heute molekular-

biologische und genetische Besonderheiten mit Hilfe von Biomarkern erkannt und bei der Herstellung individuellen Arzneimitteln berücksichtigt werden. In der Orthopädie sind individualisierte Orthesen und technische Hilfsmittel schon 1295 v.Chr. bekannt gewesen. Im Rahmen der Endoprothetik sind individuell hergestellte große Implantate z. B. bei der Behandlung von großen Defekten in der Tumorchirurgie bereits erfolg-

reich im Einsatz. Am erfolgreichsten und mit der weitesten Verbreitung findet man heute individualisierte Implantate, Zahnkronen und Inlays in der Zahnmedizin. Viele Menschen kennen das Gefühl, wenn bei der Anpassung von Zahnkronen oder Inlays schon kleinste Abweichungen Bissprobleme hervorrufen. Abweichungen in der Passform einer Krone oder einer Zahnprothese können schon im Mikrometer-Bereich zu Schmerzen



## Take home message

Der individualisierte Teilersatz des Kniegelenkes bietet passgenaue und anatomisch geformte Implantate, welche den Knochenverlust auf ein Mindestmaß reduzieren.

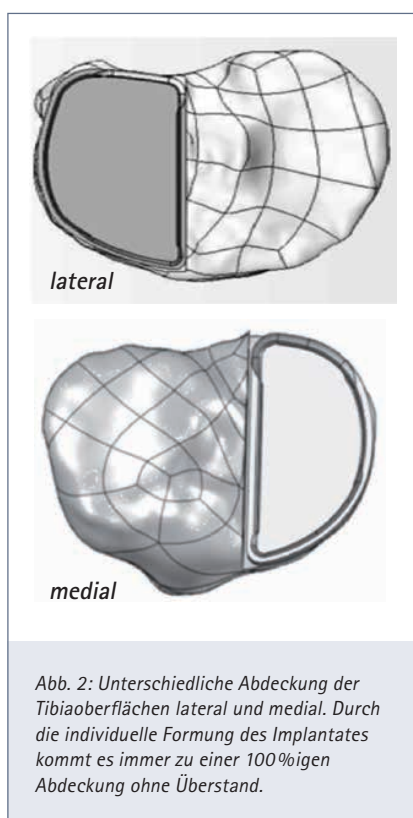


Abb. 2: Unterschiedliche Abdeckung der Tibiaoberflächen lateral und medial. Durch die individuelle Formung des Implantates kommt es immer zu einer 100%igen Abdeckung ohne Überstand.

und sogar Fehlhaltungen am Kiefer bis hin zum gesamten Bewegungsapparat führen. In der Knie-Endoprothetik hingegen verwendet man heute meistens Implantate von der „Stange“, bei denen der Knochen mittels Schablonen so zugesägt wird, dass eines der Implantate in den vorgegebenen Größen passt. Warum also nicht auch eine Individualprothese am Kniegelenk?

### Computer als Bindeglied zwischen OP-Planung und Implantat-Herstellung

Die Herstellung eines individuellen Implantates benötigt dreidimensionale Informationen über die individuelle Oberflächenform und die Achsen des Gelenks. Beim Kniegelenk kann nicht wie bei den Zähnen mit einer formbaren Masse ein Abdruck genommen werden. Hierzu stehen jedoch bildgebende Untersuchungstechniken wie Computertomografie und Magnetresonanztomografie zur Verfügung, die mittels Schnittbildern

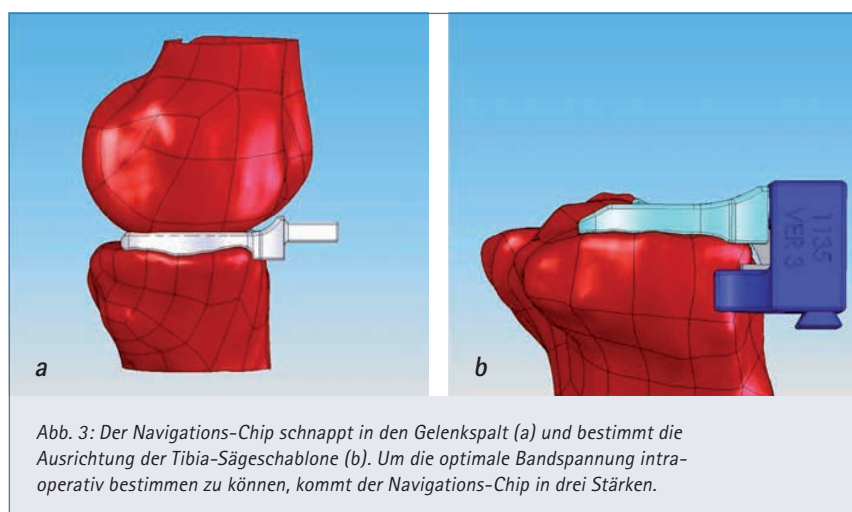


Abb. 3: Der Navigations-Chip schnappt in den Gelenkspalt (a) und bestimmt die Ausrichtung der Tibia-Sägeschablone (b). Um die optimale Bandspannung intraoperativ bestimmen zu können, kommt der Navigations-Chip in drei Stärken.

dreidimensionale Informationen liefern können. Diese Informationen ermöglichen die OP-Planung und das Design der Prothese auf dem Computer (Computer Aided Design = CAD). Computergesteuerte Fräsmaschinen wiederum beschleunigen und kontrollieren die Herstellung von Metallimplantaten und Instrumenten (Computer Aided Manufacturing = CAM).

### Warum brauchen wir individualisierte Implantate und Instrumente?

Patienten haben hohe Erwartungen an die Sicherheit, Wirksamkeit und Funktion einer Endoprothese. Für den Erfolg einer Endoprothesen-Operation sind die Passform des Implantates und eine korrekte Balancierung des komplexen Knie-Bandapparates entscheidend. Besonders bei Teilprothesen am Kniegelenk haben wir weltweit in den letzten Jahren hohe Wachstumsraten zu verzeichnen. Ziel beim Teilersatz des Kniegelenkes sollte es sein, nur soviel Gelenk zu ersetzen wie nötig, um soviel Knochen und Knorpel zu sparen wie möglich. Teilprothesen bzw. unilaterale Schlittenprothesen sind jedoch operationstechnisch anspruchsvoller und haben nach Literaturangaben höhere Lockerungs- und Revisionsraten als Total-Endoprothesen. Die meisten Fehlschläge nach Halbschlittenprothesen ereignen sich innerhalb der ersten

2 Jahre. Dies ist ein klarer Hinweis auf Probleme, die mit der primären Passform und Kinematik zu tun haben. Erst bei den späten Lockerungen (3-10 Jahre) spielen Faktoren wie Abrieb und Materialpaarung eine Rolle. Außerdem kommt es bei der Einpassung von Standardprothesen immer noch zu einem Verlust von wertvollem Knochen. Das Implantat-Design von Standardprothesen ist anhand von Durchschnittswerten ermittelt und passt sich nicht der individuellen Kurvatur (J-Kurve) des Gelenkes an (Abb. 1). Die J-Kurve zeichnet die Konturen der Oberschenkelrolle in der Seitenansicht auf, ist multiradial und individuell sehr unterschiedlich. Der Beuge-Radius und das Verhältnis von Länge (anterior-posterior=AP) und Breite (medial-lateral=ML) sind bei Standard-Implantaten niemals 100% passend. Wenn der Rand des tibialen Implantates übersteht, kann es zu einer schmerzhaften Einklemmung von Weichteilen kommen. Wenn der Rand nicht mit der stabilen Knochen-Kortikalis abschließt, kann das Implantat im weicheren Spongiosa-Knochen einsinken (Abb. 2).

Individualisierte Implantate können die natürliche Knie-Kinematik erhalten und alle Flächen ohne Überstand bedecken. Unsere Bewegungsabläufe und neurologischen Verschaltungen haben sich ein Leben lang auf die natürliche Knie-Kinematik eingestellt. Die veränderte Anatomie mit einem Stan-



Abb. 4:  
Steriles  
Implantations-  
Set mit  
Instrumenten,  
Schablonen und  
Implantaten.

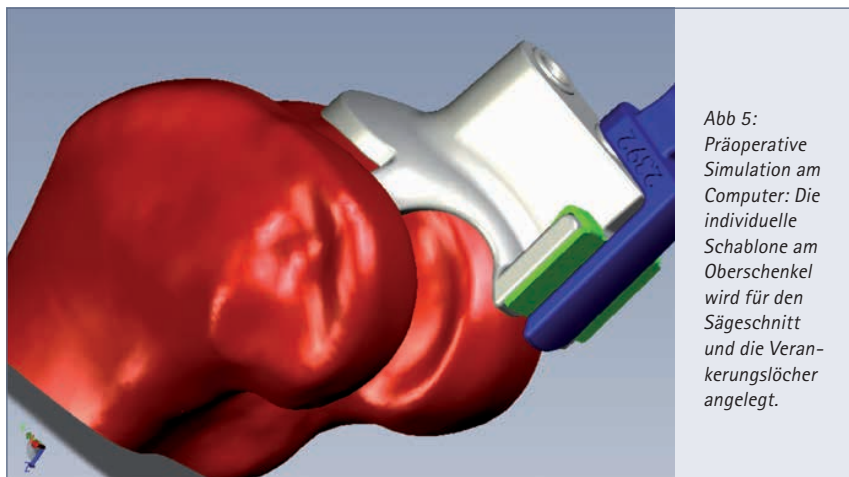


Abb 5:  
Präoperative  
Simulation am  
Computer: Die  
individuelle  
Schablone am  
Oberschenkel  
wird für den  
Sägeschnitt  
und die Veran-  
kerungslöcher  
angelegt.

dardimplantat erfordert vom Patienten, ganz gewöhnliche Bewegungsabläufe neu zu erlernen. Individualisierte Implantat-Formen können hingegen die Rehabilitation erleichtern. Sie adressieren vor allem Design-Schwierigkeiten bei anatomischen Besonderheiten des Kniegelenkes. Untersuchungen an Kadavern (Fitzpatrick et al. 2007) haben gezeigt, dass Standard-Implantate mit ihren verschiedenen Größen am Tibiakopf nur 72% der optimierten Oberfläche bedecken können. Eine weitere Kadaverstudie (Fitz et al. 2012) untersuchte die Passgenauigkeit von fast allen gängigen auf dem Markt befindlichen Halbschlittenprothesen. Die Ergebnisse zeigen trotz optimierter Implantat-Auswahl, dass bei Männern häufiger als bei Frauen die Femur-Kondylen-Implan-

tate (100%) und Tibia-Implantate (30%) zu schmal sind. Bei Oberschenkel-Implantaten stimmen die Biegungen sehr häufig nicht mit den individuellen anatomischen Kurven der Kondylen (Oberschenkelrollen) überein.

#### Individualprothesen iUni®, iDuo® und iTotal®

Bei den individuellen Oberflächenersatz-Prothesen iUni® (unikompartimentell medial oder lateral), iDuo® (bikompartimentell) und iTotal® (Komplett) sind Implantate und Instrumente individuell für den Patienten hergestellt (ConforMIS Inc., Burlington, MA, USA). In Kooperation mit der Harvard Medical School in Boston führt der Autor mit Zustimmung der Ethik-Kommission der Uni-

versitätsklinik Gießen seit über 5 Jahren klinische Studien zu diesen individualisierten Implantaten am Kniegelenk durch.

Zur Planung wird ein CT als dreidimensionales Schnittbildverfahren in einer speziellen und standardisierten Technik durchgeführt. Die Daten werden für das CAD an den Hersteller digital versendet. Dort ermitteln Ingenieure in Zusammenarbeit mit dem Arzt das optimale Prothesendesign. Bei diesem Verfahren wird die sogenannte Navigation bereits präoperativ durchgeführt. Informationen über Gelenkform, Beinachsen und Referenzpunkte an Hüfte und Sprunggelenk ermöglichen die Simulation der Operation auf dem Computer. Die Informationen dieser Simulation stecken im sogenannten Navigationschip (Abb. 3).

Anhand der Schnittbild-Daten werden innerhalb von 4-6 Wochen Implantat, Schnittblöcke, Schablonen hergestellt, steril verpackt, mit dem Patientennamen versehen und an den behandelnden Operateur gesendet. Zusätzlich wird eine individuelle OP-Planung ausgeliefert auf dem auf einer 3D-Zeichnung zu sehen ist, wie die Schnittblöcke aufzusetzen sind, wo eventuelle Kochen-Vorsprünge zu entfernen sind und wie viel Knochen zu entfernen ist (in Millimetern). So kann der Operateur bei jedem OP-Schritt kontrollieren, ob er richtig liegt.

#### OP-Technik

Durch die prä-navigierte Technik sind alle OP-Schritte kontrolliert und sicher. Um die Schablonen aufsetzen zu können, müssen die verbliebenen Knorpelreste entfernt werden, sodass der Navigationschip in den Gelenkspalt einrastet. Wenn der Navigationschip sich wie eingegossen in das gestreckte Kniegelenk einpasst, kann man sicher sein, dass die weiteren Schritte wie geplant verlaufen. Die optimal ausbalancierte Bandspannung kann nur durch den Operateur während der Operation ermittelt werden. Um diese optimale Bandspannung zu bestimmen, wird der Chip in drei Stärken ausgeliefert.

Der Navigationschip enthält sämtliche Informationen zum Implantat in allen drei Ebenen: Implantat-Achsen, anatomische

Achsen, tibialer Slope (abfallende Schräge nach hinten) und Rotation. Die mit Hilfe des Navigationschips auf den Unterschenkel aufgesetzte Schablone schmiegt sich aufgrund ihrer individuellen Form genau an den vorderen Schienbeinkopf an und gibt bereits den korrekten Winkel in beiden Ebenen (streng horizontal und leicht abfallend nach hinten) vor. Dadurch kann der erste Sägeschnitt an der Tibia durchgeführt und die Befestigungslöcher können gebohrt werden (Abb. 3). Am Oberschenkel wird eine weitere Schablone aufgesetzt, um die Haftlöcher bohren zu können. Lediglich eine dünne Scheibe von ca. 4-5mm wird hinten an der Oberschenkelrolle abgesägt. Ansonsten verbleibt der gesamte Knochen am Oberschenkel (Abb. 4).

Nach einer Probeimplantation mit Testimplantaten können die Original-Implantate (Abb. 5) mit Knochenzement befestigt werden. Das tibiale Inlay aus Polyethylen wird in

verschiedenen Stärken ausgeliefert, um die Weichteil-Balancierung zu optimieren.

#### Fazit

Seit Anfang des Jahres 2012 wird in der ATOS-Klinik eine Technik angeboten, mit der individualisierte Oberflächen-Ersatz-Prothesen am Kniegelenk durchgeführt werden können. Implantate und Instrumente sind individualisiert. Die Operation wird bereits vor Herstellung des Implantats prä-navigiert und simuliert. Durch Onlay-Technik ist es ein Implantat mit der geringsten Knochenresektion und der höchsten Passgenauigkeit. Die Knochenoberflächen werden bis zum Rand bedeckt ohne überzustehen. Die Höhe der anatomischen Gelenklinie wird nicht verschoben, die natürliche J-Kurve wird eingehalten und tibial wird die Prothese mit anatomischem Slope eingebracht. Kurz: Die anatomische Gelenk-Kinematik des ursprünglich gesunden

Kniegelenkes wird nicht verändert. Erste retrospektive kontrollierte Studien in den USA (Gomoll et al. 2012) haben bereits gezeigt, dass individualisierte Halbschlitten-Implantate gegenüber Standard-Implantaten höhere Bewegungsumfänge und bessere Knie-Scores aufweisen. Das Implantat kann auch als bikompartimentelle Version mit Knie-scheibengleitlager (iDuo) und Totalendoprothese (iTotal) hergestellt werden. Zusammenfassend ermöglicht der individualisierte Oberflächenersatz am Kniegelenk eine gewebesparende, anatomische Rekonstruktion von Gelenken und verbessert die Rehabilitation von Patienten durch den Erhalt der natürlichen Gelenk-Kinematik.

*Dr. Erhan Basad*

*Zentrum für Hüft- und Knieendoprothetik/  
Regenerative Gelenkchirurgie  
ATOS Klinik Heidelberg  
Basad@atos.de*

## AUCH DAS IMPLANTAT IST EINZIGARTIG

WE ARE TRUE PATIENT-SPECIFIC | [www.conformis.de](http://www.conformis.de)



  
**CONFORMIS**  
From Image-to-Implant™