

Die Kniegelenk-Totalendoprothetik und ihre Geschichte



ADVANCE® Medial-Pivot-Knie

Beim Kniegelenkersatz

müssen die prothetischen Komponenten mit den vorhandenen Bändern zusammenwirken und normale Bewegungsabläufe und -funktionen auch dann noch ermöglichen, wenn die Bänder beeinträchtigt sind oder sogar geopfert werden mussten. Besonders wichtig ist es, die Funktion des hinteren Kreuzbands (HKB) aufrechtzuerhalten. Das kann entweder durch einen Erhalt des betreffenden Bandes erreicht werden oder durch dessen Ersatz, indem ein Zapfen-Steg-Mechanismus bzw. ein erhöhter anteriorer Rand seine Funktion übernimmt.

Seit ihrer Erfindung haben Kniegelenkprothesen eine sprunghafte Entwicklung durchgemacht, die sich mit jeder neuen Produktgeneration fortsetzt.

Wie haben wir den heutigen Entwicklungsstand erreicht?

Die Geschichte des vollständig künstlichen Kniegelenks lässt sich bis in das Jahr 1860 zurückverfolgen, als Gluck einen grob konstruierten Knieersatz in Form einer einfachen Scharnierprothese aus Elfenbein entwickelte. Das Implantat ermöglichte bloß einen eingeschränkten Dreh- und Bewegungswinkel in eine Richtung. Das von Gluck entwickelte Scharniergelenk war zwar sehr belastbar, aber nicht körperverschlinglich. Noch weitere 100 Jahre war man der Ansicht, das Knie funktioniere nach diesem einfachen Klappmechanismus. Erst Mitte der 1960er Jahre richteten Forschung und Chirurgie ihre Aufmerksamkeit wieder auf den vollständigen Kniegelenkersatz. Im Verlauf der Zeit hatte sich die Auffassung über die Bewegungsabläufe des Knies geändert; die Forschung glaubte inzwischen nicht mehr, das Knie sei ein simples Scharniergelenk. Da das Knie über diverse kritische geometrische Merkmale verfügt, ging man in der Forschung davon aus, dass die beiden Kreuzbänder mit den beiden Knochen des Beins einen sehr komplizierten aber präzisen Mechanismus bilden, der als viergliedrige Gelenkverbindung bezeichnet werden könnte. Viele Kniegelenkimplantate wurden nach diesem Grundprinzip entworfen. **ABBILDUNG 1** zeigt den viergliedrigen Gelenkmechanismus des Knies in verschiedenen Drehstadien.

Ein wesentlicher Aspekt der Theorie einer viergliedrigen Gelenkverbindung ist, dass der unmittelbare Drehmittelpunkt genau mit dem Kreuzungspunkt der Kreuzbänder zusammenfällt. Dieser Kreuzungspunkt verlagert sich, je nachdem wie das Gelenk gebeugt und gestreckt wird, und dadurch besitzt das Knie nicht den festen Drehpunkt eines einfachen Scharniergelenks.

Die Theorie besagt, dass es sich beim Kniegelenk um eine besonders ausgeklügelte Form des viergliedrigen Gelenkmechanismus handelt, weil die Kreuzbänder nicht starr sind und durch die Rollbewegung der Knochen straff gespannt bleiben müssen.

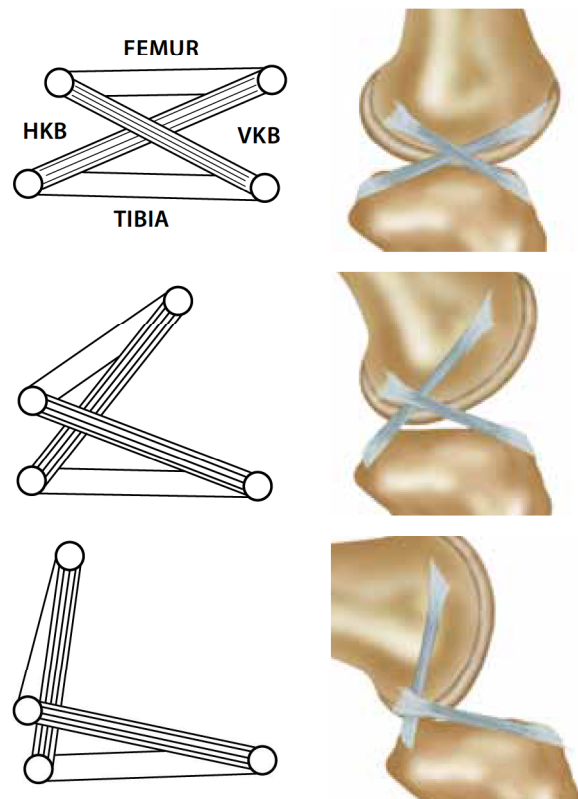


ABBILDUNG 1 | Theorie der viergliedrigen Gelenkverbindung

Erst als die von den Ärzten Freeman und Swanson konstruierte ICLH-Prothese auf den Markt kam, geriet die Theorie der viergliedrigen Gelenkverbindung ernsthaft ins Schwanken. Ihr Implantat stützte sich in erster Linie auf die Geometrie der Kniekomponenten sowie auf den Erhalt der Weichteilbalance und beider Kreuzbänder zur Stabilisierung. Obwohl es von der Theorie her überzeugte, brachte dieses Implantatdesign jedoch Komplikationen wie Instabilität, Prothesenlockerung und patellofemorale Unregelmäßigkeiten mit sich. Diese Probleme und weitere Komplikationen führten zu

einer Revisionsrate von 28,5%, wobei mangelnde Stabilität als Hauptursache genannt wurde.¹

Aufgrund der Komplikationen im Patellofemoralgelenk wurde bei der Weiterentwicklung des Implantatdesigns in den 1970er Jahren sowohl auf eine verbesserte Fixierung geachtet als auch der patellofemorale Gelenkersatz als Möglichkeit eingeführt. Diese beiden Aspekte wurden dann zum ersten Mal durch die prothetische Gestaltung der von Dr. John Insall entwickelten Total-Condylar-Prothese berücksichtigt. Das von Insall konstruierte Implantat zeichnete sich durch eine Round-on-round-Geometrie in coronaler und sagittaler Ebene aus. Diese Konstruktion versprach eine teilweise Formschlüssigkeit, die auf die Schaffung mediolateraler Stabilität abzielte. Die Ausstattung der Tibiagrundplatte mit einem mittig den Markkanal der Tibia hinab verlaufenden zentralen Schaft verbesserte die Fixierung. In seinem ersten Versuch arbeitete Insall mit einer komplett aus Polyethylen bestehenden Basiskomponente, und erst Mitte der 1970er Jahre wurde eine Grundplatte aus Kobaltchrom eingeführt. Auch wenn dieses Implantatdesign seiner Zeit weit voraus war, so erwiesen doch spätere Axialkompressionstests ein Versagen der Prothese.²

Gegen Ende der 1970er Jahre wurde die erste Mobile-Bearing-Knieprothese entwickelt. Dazu konstruierten Dr. Buechel und Dr. Pappas ein beweglich gelagertes, metallverstärktes Kniesystem mit niedrigen Zwangskräften und niedrigen Kontaktspannungen, das eine normale Gelenkbewegung und -belastung erlaubte. Das Ergebnis war das New Jersey-Kniegelenk, das später unter der Bezeichnung Mobile-Bearing-LCS-Knie (vom englischen „Low Contact Stress“) bekannt wurde. Damals waren die Fixed-Bearing-Implantate nicht in der Lage, Mobilität zu bieten, ohne dass sich unnötige Zwangskräfte aufbauten. Buechel und Pappas glaubten, eine Mobile-Bearing-Prothese könne die unnützen Zwangskräfte eliminieren und stattdessen schwache Zwangskräfte und geringe Kontaktspannungen erzeugen. Auf diese Weise könnte eine mangelhafte chirurgische Ausrichtung korrigiert werden und sowohl die Anpassung des Gelenkspaltes während der Operation als auch der postoperative Ersatz der Lager durchgeführt werden, ohne die Fixierung des Implantats zu beeinträchtigen.³ Zu den Komplikationen des LCS-Kniegelenks zählten dann aber Verschiebungen oder Brüche des Lagers und zunehmender Polyethylenverschleiß.⁴

Selbst wenn alle Bänder intakt sind, kann es von Vorteil sein, die Kreuzbänder zu opfern und ihre Funktion von Merkmalen eines Implantats übernehmen zu lassen. Dieser Ansatz war ursprünglich eingeführt worden, um die dem Chirurgen zur Verfügung stehende Freilegung zu vergrößern, so dass ihm die gründliche Vorbereitung der für die Befestigung vorgesehenen Oberflächen erleichtert wurde. Viele Femurkomponenten besaßen in der Sagittalebene eine Geometrie, die der Form der natürlichen Kondylen sehr nahe kam, während die Tibiaplateaus konkav waren, um eine

Beschränkung in anteroposteriorer Richtung zu erzeugen. Die mit dieser Geometrie einhergehende Beschränkung reichte zwar normalerweise zur Nachbildung der Funktion des vorderen Kreuzbands aus, aber nicht zu der des hinteren Kreuzbands, was sich als ein wesentlicher Nachteil der in den frühen 1970er Jahren entwickelten ursprünglichen Total-Condylar-Prothesen erwies.



ABBILDUNG 2 | Total-Condylar-Prothese

Auch in den 1980er Jahren tat sich einiges im Bereich der Orthopädie. Viele Unternehmen der Orthopädietechnik begannen, Kniegelenk-Totalendoprothesen mit erweiterten Größen-bestimmungsoptionen zu entwerfen, um den Bedürfnissen der Patienten gerecht zu werden. Diese Unternehmen priesen die vollständige Austauschbarkeit ihrer Produkte an, sodass besser auf die Unterschiede der Geometrie von Femur und Tibia eingegangen werden könnte. Außerdem wurde in der Fertigung chirurgischer Instrumente viel Neues entwickelt, das zu einer leichteren Wiederholbarkeit der Operationsmethoden für Kniegelenkersatz verhalf. Darüber hinaus gab es ein zunehmendes Bedürfnis nach der Schaffung eines möglichst natürlich wirkenden Kniegelenkimplantats; dabei war die kinematische Forschungsarbeit mit ihrer Untersuchung der natürlichen Bewegungen des Kniegelenks jedoch etwas in den Hintergrund gerückt.

Noch in den 1990er Jahren beruhten Kniegelenk-Totalendoprothesen auf der Theorie der viergliedrigen Gelenkverbindung. Die auf dieser Philosophie basierenden Implantate verfügten über Femurkomponenten in einer wie ein J gekrümmten Form, die wechselnde Radien im sagittalen Profil der Femurkomponente aufwiesen, wodurch man die Rückrollbewegung nachzubilden versuchte. **ABBILDUNG 3** Dann zeigte die fluoroskopische Betrachtung jedoch, dass die mediale Seite des Knies sich tatsächlich eher wie ein Kugelgelenk, ähnlich dem Hüftgelenk, verhält. Der entsprechenden Literatur zufolge rollen die – wirklich kreisrunden – Kondylen nicht gleichzeitig zurück. Kinematische Analysen belegten, dass die Tibia im natürlichen Kniegelenk um eine ständige Flexionsachse rotiert. Die weitere anatomische Auswertung des Femurs ergab, dass die Abstände zwischen dieser Achse und der distalen und posterioren Kondylenoberfläche annähernd gleich sind.

ABBILDUNG 4 ^{5,6,9,10}

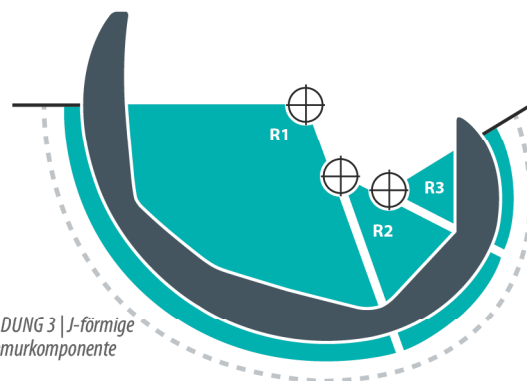


ABBILDUNG 3 | J-förmige Femurkomponente

Diese Erkenntnisse zeigten, dass die Art, wie von der Forschung Kniegelenk-Totalendoprothesen konzipiert wurden, aus bewegungstechnischer Sicht falsch war. Das 1998 auf dem Markt eingeführte ADVANCE® Medial-Pivot-Kniesystem von Wright Medical basiert auf einer anderen Philosophie der kinematischen Kniebewegung. Diese Philosophie ging von der Vermutung aus, dass das Kniegelenk anders funktioniert als bisher angenommen.

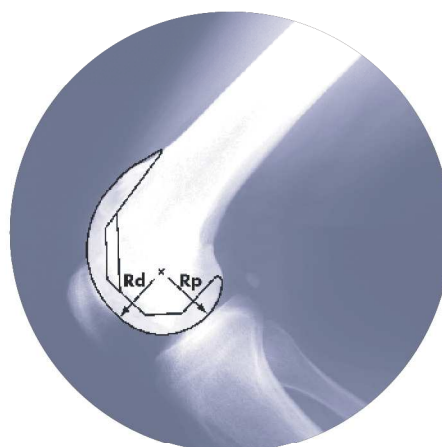


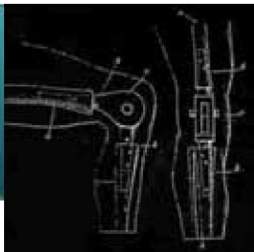
ABBILDUNG 4 | Distaler Radius (Rd) = Posteriorer Radius (Rp)

ADVANCE® Medial-Pivot Kniesystem

Die Geschichte der Kniegelenk-Totalendoprothetik

Diese Zeitleiste bietet einen Überblick über die Genealogie der Kniegelenk-Totalendoprothesen aller größeren Orthopädieunternehmen. Unzählige Kniegelenk-Totalendoprothesen wurden über die Jahre entworfen. Die am häufigsten zitierten sind hier aufgeführt.

1860



Implantat: Elfenbeinscharniergelenk¹
Designer: Gluck

1958



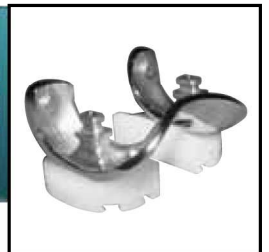
Implantat: Walldius-Scharniergelenk¹
Designer: Walldius

1968



Implantat: Polyzentrische Knieprothese^{1,2}
Designer: Gunston

1968



Implantat: Duo-kondyläre Knieprothese^{1,2}
Designer: Ranawat, Insall, Shine

1971



Implantat: ICLH¹
Designer: Freeman, Swanson

1971



Implantat: Geometrische Prothese (Howmedica, heute: Stryker)^{1,2}
Designer: Turner, Coventry

1972



Implantat: Anatomisch angepasstes Kniegelenkimplantat (DePuy)^{1,2}
Designer: Townley

1972



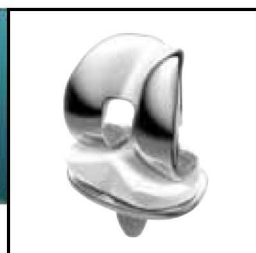
Implantat: University of California Irvine (UCI) Knieprothese (Wright)¹
Designer: Waugh

1974



Implantat: Total-Condylar-Knie^{1,2}
Designer: Insall, Walker, Ranawat

1975



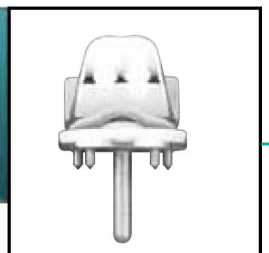
Implantat: New Jersey-Knie bzw. LCS-Mobile-Bearing-Knie (Low Contact Stress)^{1,2}
Designer: Buechel, Pappas

1978



Implantat: Insall-Burstein (I/B)[®] PS-Knie (Zimmer)²
Designer: Insall, Burstein

1982



Implantat: ORTHOLOC[®] (Wright)³
Designer: Whiteside

1983



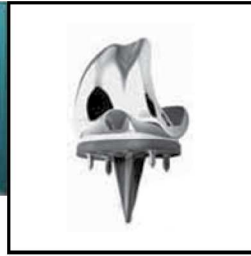
Implantat: AGC® (Biomet)⁴
Designer: Ritter & Daniel

1984



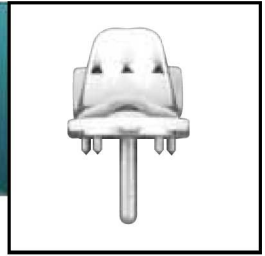
Implantat: LCS®-Totalkniesystem (DePuy)⁵
Designer: Buechel, Pappas

1985



Implantat: Natural Knee™ I (Sulzer Medica, heute Zimmer)^{2,6}
Designer: Hoffman

1987



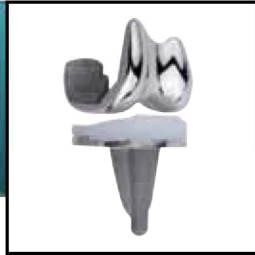
Implantat: ORTHOLOC® II (Wright)⁷
Designer: Whiteside

1988



Implantat: Rotaglide®^{8,9}
Designer: Wilson

1989



Implantat: ADVANTIM® Modular (Wright)¹⁰
Designer: Whiteside

1990



Implantat: AXIOM® (ORTHOMET, heute Wright)¹¹
Designer: Hood & Kennedy

1991



Implantat: Maxim® (Biomet)¹²
Designer: Lombardi, Vaughn

1991



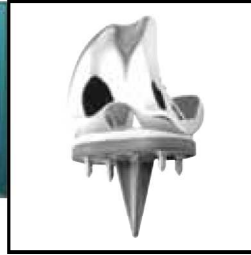
Implantat: MG II (Zimmer)^{13,14}
Designer: Miller, Galante

1994



Implantat: Duracon® (Howmedica, heute Stryker)^{13,15}
Designer: Borden, Habermarin, Hedley, Hungerford, Krackow

1995



Implantat: Natural Knee™ II (Sulzer Medica, heute Zimmer)¹⁶
Designer: Hoffman

1996



Implantat: PFC® (DePuy)^{13,17}
Designer: Scott, Thornhill, Ranawat

1996



Implantat: Profix® (Smith & Nephew)¹⁸
Designer: Whiteside

1997



Implantat: Scorpio® (Stryker)¹⁹
Designer: Becker, Antonio, Incavo, Lotke

1998

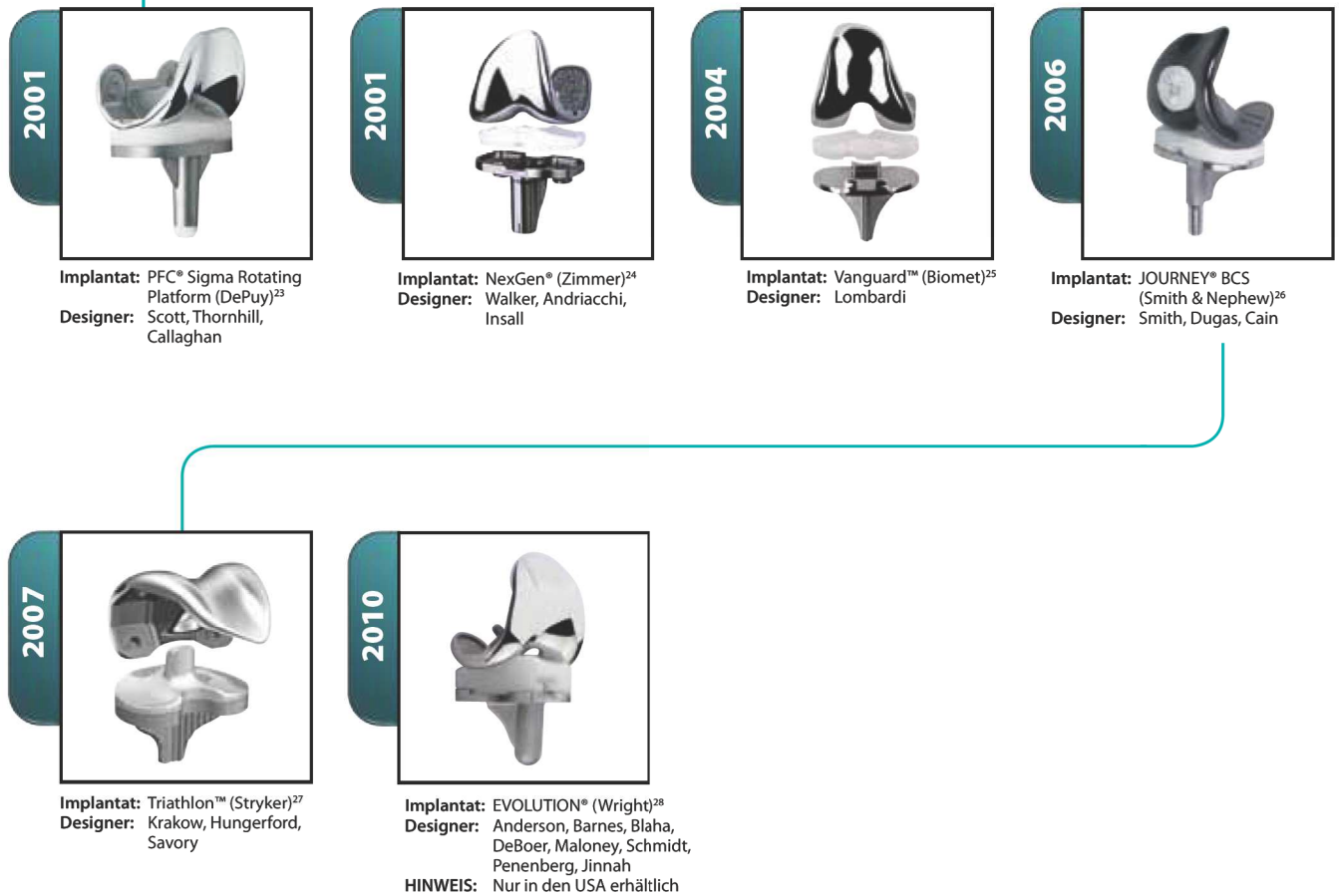


Implantat: ADVANCE® Medial-Pivot²⁰
Designer: Blaha, Maloney, Schmidt

1998



Implantat: Ascent™ (Biomet)²²
Designer: Bassett, Jacobs



QUELENNACHWEISE

1. Ranawat MD, Chitranjan S. "History of Total Knee Replacement." Orthopaedic Care: MediCal and Surgical Management of Musculoskeletal Disorders, A Comprehensive, Peer-Reviewed. Southern Orthopaedic Association, 2006, p. 1-29.
2. Insall MD, John N. "Total Knee Arthroplasty with Posterior Cruciate Ligament Substitution Designs." Surgery of the Knee, 2nd Ed., p. 829-69.
3. Wright Medical Technology Surgical Technique for ORTHOLOC®.
4. Biomet Surgical Technique for AGC® TKA.
5. DePuy Surgical Technique for LCS® TKA.
6. Sulzer Medica Surgical Technique for Natural Knee™ I TKA.
7. Wright Medical Technology Surgical Technique for ORTHOLOC® II TKA.
8. Polyzoides AJ. The Rotaglide TKA. Prosthesis design and early results. J Arthroplasty 1996; 11(4): 453-9.
9. Corin Surgical Technique for Rotaglide™ TKA.
10. Wright Medical Technology Surgical Technique for ADVANTIM® TKA.
11. Orthomet Surgical Technique for AXIOM TKA.
12. Biomet Surgical Technique for Maxim® TKA.
13. Walker MD, Peter S. "Design of Total Knee Arthroplasty." Surgery of the Knee, 3rd Ed., p. 723-738.
14. Zimmer Surgical Technique for MG II TKA.
15. Howmedica Surgical Technique for Duracon® TKA.
16. Zimmer Surgical Technique for Natural Knee™ II TKA.
17. Johnson & Johnson DePuy Surgical Technique for PFC® Sigma TKA.
18. Smith & Nephew Surgical Technique for Profix® TKA.
19. Stryker Surgical Technique for Scorpio® TKA.
20. Wright Medical Technology Surgical Technique for ADVANCE® Medial-Pivot TKA.
21. MK282-1000
22. Biomet Surgical Technique for Ascent™ TKA.
23. Johnson & Johnson, DePuy Surgical Technique for PFC® Sigma Rotating Platform TKA.
24. Zimmer Surgical Technique for NexGen® TKA.
25. Biomet Surgical Technique for Vanguard™ TKA.
26. Knee product review, Smith & Nephew, 2006
27. Stryker Surgical Technique for Triathlon™ TKA.
28. Wright Medical Technology Surgical Technique for EVOLUTION® Medial-Pivot TKA.