

# Kinematisches Alignment mit Hilfe von Amplitude



Die Ziele in der Knieendoprothetik sind die Wiederherstellung der Anatomie und der Kinematik des Kniegelenkes. Dabei spielt das Alignment der Prothesenkomponenten eine wesentliche Rolle. Wird bei der Implantation die mechanische Beinachse nicht korrigiert und das Kniegelenk in Varus oder Valgus belassen, so erhöht sich die Belastung auf das Implantat. Dies führt unverweigerlich durch erhöhten Abrieb des Polyethylen Inlays zur aseptischen Lockerung der Prothese. Für die Ausrichtung der Prothesenkomponenten gilt bis heute das mechanische Alignment als Goldstandard.

## Kinematik

Die Kinematik als Teilgebiet der Mechanik befasst sich mit der Gesetzmäßigkeit der Bewegung eines Körpers.

## Alignment

Unter Alignment versteht man die Ausrichtung der Prothesenkomponenten in Bezug auf die Femur- und die Tibiaachse bzw. mechanische Beinachse.

## Kinematisches Alignment

Das „kinematische Alignment“ wurde in den 90er Jahren von Hollister propagiert und die Prothesenausrichtung erfolgt individuell an den präarthrotischen Zustand des Kniegelenkes.

## 1. Anatomische Besonderheiten

Das Kniegelenk ist ein sog. „Trochleoginglymus“. d. h. es ist ein Schanier- und Drehgelenk. Das Gelenk wird aus dem tibiofemorale und dem patellofemorale Gelenk gebildet. Die Mikulicz Linie - auch mechanische Beinachse genannt, verläuft vom Mittelpunkt des Hüftdrehzentrums, mittig durch das Kniegelenk und zur Mitte des Sprunggelenkes. Die Femurachse hat zu der mechanischen Beinachse einen Winkel von 5-7°, der anatomisch-mechanische Winkel (Abbildung 1). Die Gelenkfläche hat femoralseitig ei-

nen Winkel von  $88^\circ$  zur Femurachse (mLDFA) und tibialseitig einen Winkel von  $87^\circ$  zur Tibiaschaftachse (mMPTA). Damit weist die Gelenklinie in der Frontalebene eine  $3^\circ$  Neigung zu der mechanischen Beinachse auf (Abbildung 2). Daraus resultiert ein Schwerpunkt in Richtung des medialen Kompartiments. Das Tibiaplateau hat medial eine konkave und lateral eine konvexe Gelenkfläche. Der laterale Gelenkspalt ist im Vergleich zu medialen etwas lockerer. Die Inkongruenz der tibialen Gelenkfläche und die Laxizität des lateralen Kollateralbandes (LCL) ermöglichen neben der Flexion und Extension (Schaniergelenk) das sog. „femoral rollback“, also das Gleiten der lateralen Femurkondyle in der Sagittalebene (Drehgelenk). Auch die Femurkondylen weisen unterschiedliche Radien auf und das proximale Tibiaplateau weist zudem unterschiedliche Slope in der Sagittalebene auf.

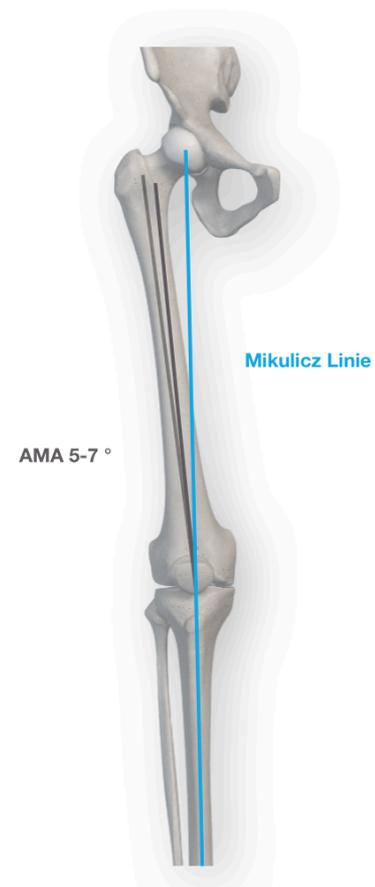


Abbildung 1) Mechanische und Anatomische Beinachse

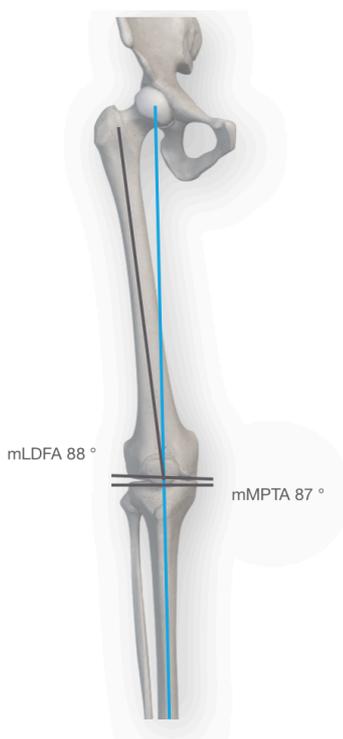


Abbildung 2) Gelenklinie

Das mediale Kollateralband weist einen komplexen Aufbau auf und hat einen tiefen und oberflächlichen Anteil. Der Spannungszustand des medialen Kollateralbandes (MCL) ist abhängig von der Grad der Flexion. In der Streckung ist der hintere Anteil des MCL angespannt und in der Beugung entspannt und vice versa. Der Streckerapparat mit der Patella und des Ligamentum patellae dient als Hebelarm der Quadrizepsmuskulatur und bildet mit seiner retropatellaren Gelenkfläche das Patellofemoralgelenk. Die Gelenkfläche der Patella weist eine mediale und laterale Facette auf. Die Gelenkfläche der Patella ist asymmetrisch. Der Patellauf ist komplexer als man es früher angenommen hat. In der Frühphase der Flexion medialisiert die Patella im femoralen Gleitlager und zentriert sich bei zunehmender Flexion des Kniegelenkes.

Es ist offensichtlich, dass bei alloplastischer Gelenkersatz des Kniegelenkes die hochkomplexe Kinematik nicht reproduziert werden kann. Daher bedient man eine einfache Technik zur Ausrichtung der Prothese, das sog. mechanische Alignment.

## 2. Mechanisches Alignment

Das „mechanische Alignment“ wurde in den 80er Jahren von Insall und Freeman propagiert und gilt bis heute als Goldstandard. Bei dieser Operationstechnik wird die Femurachse intramedulär bestimmt und die Tibiaachse entweder intra- oder extramedulär mit Hilfe von Ausrichtinstrumentarium bestimmt. Die Korrektur der Achsabweichung zur mechanischen Beinachse erfolgt manuelle behilfsmäßig anhand der anatomischen Landmarken (Tuberositas tibiae und der Malleolengabel). Damit wird eine annähernd gerade Beinachse hergestellt. Diese Methode der Ausrichtung der Prothesenkomponenten wird als „mechanisches Alignment“ bezeichnet.

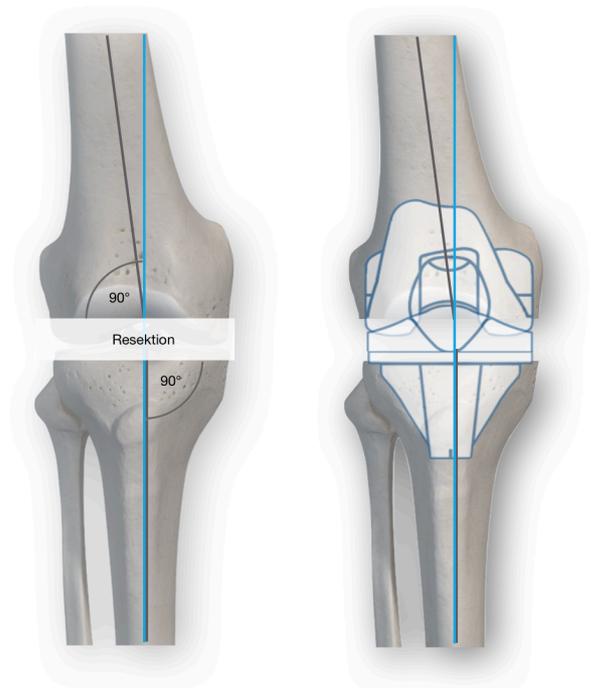


Abbildung 3) Mechanisches Alignment

## 3. Femorotibialgelenk

### 3.1. Knochenresektion

Die Knochenresektion erfolgt femoral und tibial  $90^\circ$  zur mechanischen Beinachse. Anschließend wird der Streckspalt auf den Beugespalt übertragen (Tibia first Technik). Die Knochenpräparation wird mit den Facettenschnitten vervollständigt.

Durch dieses Vorgehen wird die Kinematik des Kniegelenkes grundlegend verändert. Bei fortgeschrittener Arthrose mit ossären Defekten der Metaphyse der Tibia ist die Ausrichtung erschwert und führt nicht selten zum Malalignment der Prothesenkomponenten oder wird die Gelenklinie unter Umständen distalisiert.

## 3.2. Weichteilbalancing

---

Nach der knöchernen Resektion femoral und tibial wird der Streckspalt mit Hilfe von Spacerblock oder Bandspanner überprüft. Resultiert aufgrund der distalen Femurresektion und proximale Tibiaresektion eine Asymmetrie des Beuge- und Streckspaltes werden zunächst Releasemaßnahmen durchgeführt. Eine fortbestehende Asymmetrie wird durch knöcherne Nachresektionen ausgeglichen, dadurch ändert sich die Gelenklinie. Durch die Verlagerung der Gelenklinie resultiert eine Patella baja oder Patella alta und letztendlich eine Patellofemorale Instabilität (sog. mid-flexion instability).

## 3.3. Rotation der Prothesenkomponente

---

Die Rotation der Prothesenkomponente erfolgt anhand der anatomischen Landmarken. Dabei sollte sowohl ein Undercutting als auch ein Overhang vermieden werden.

### 3.3.1 Femurkomponente

---

Für die Rotation der Femurkomponente kann die PCA (posteriore Kondylenachse) verwendet werden. Dabei wird die Femurkomponente in Bezug auf PCA  $3^\circ$  extern rotiert. Liegt eine Kondylenhypoplasie des lateralen Femurkondylus vor, resultiert eine verminderte externe Rotation der Femurkomponente. Neben der PCA kann die TEA (transepikondylen Achse) zur Rotationsbestimmung genutzt werden. Die Bestimmung der Epikondyle lateral ist schwierig. Eine verminderte externe Rotation der Femurkomponente beeinflusst negativ auf das Patalltracking. Das Malalignment, die Patellofemorale Instabilität und die Malrotation der Prothesenkomponenten sind die häufigsten Ursachen für den vorderen Knieschmerz nach der Implantation einer Knieendoprothese.

### 3.3.2. Tibiakomponente

---

Die Rotation der Tibiakomponente ist ebenfalls schwierig. Eine interne Rotation der Tibiakomponente führt zur vermehrten Schmerzen und durch veränderten Kraftvektor zum Streckdefizit nach der Implantation. Eine externe Rotation führt beispielsweise zum Impingement der Popliteusehne.

### 3.4. Referenzierung der Femurkomponente

Die Referenzierung der Femurkomponente erfolgt entweder anterior oder posterior. Die gängigste Praxis ist die posteriore Referenzierung. Dabei wird die Messlehre an den posterioren Kondylen angelegt und in Bezug auf PCA 3° ausenrotiert. Im Unterschied dazu wird bei der anteriore Referenzierung die Messlehre ventral angelegt. Die Resektion erfolgt posterior. Dadurch kann unter Umständen eine Streck- und Beugespalt Asymmetrie kommen.

## 4. Patellofemoralgelenk

Die Ausrichtung der Komponente femorotibial hat einen unmittelbaren Einfluss auf das Patellofemoralgelenk. Wird bei der proximalen Tibiaresektion die Gelenklinie distalisiert, so kommt es zu einem Hochstand der Patella (Patella alta). Daraus resultiert eine patellofemorale Instabilität. Eine proximalisierung der Gelenklinie durch eine vermehrte Resektion des distalen Femurs führt einem Tiefstand der Patella (Patella baja). Das führt zur schlechteren Beweglichkeit des Kniegelenkes und vermehrter Schmerz nach der Implantation.

Das Mechanische Alignment mit dem Grundgedanken eine Streck- und Beugespalt Symmetrie zu erzielen und dabei eine gerade Beinachse aufzuzwingen wurde von vielen Chirurgen weltweit akzeptiert und angewandt. Mit zunehmender Verständnis über die Kinematik des Kniegelenkes wurde dieses Vorgehen angezweifelt. Der Abrieb des PE's in der Knieendoprothetik ist im Vergleich zur Hüftendoprothetik vernachlässigbar.

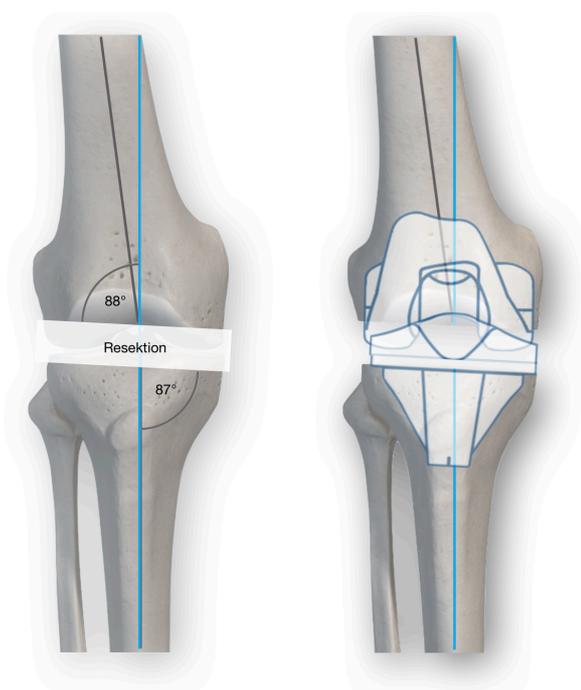


Abbildung 4) Kinematisches Alignment

## Kinematisches Alignment

Das kinematische Alignment wurde von Hollister in den 90er Jahren eingeführt und weiter entwickelt. Die Überlegung war dabei ein Knie mit einer Varus gonarthrose in einem milden Varus zu belassen und nicht in einer geraden Beinachse zu korrigieren. Dadurch wird die übermäßige Dehnung des MCL reduziert. Dabei erfolgt die Resektion des distalen Femurs und der Tibia individuell entsprechend des natürlichen Alignments. Somit wird die Kinematik des

präarthrotischen Zustands des Kniegelenkes wiederhergestellt (Abbildung 4). Anders als bei dem mechanischen Alignment werden keine exzessive Releasemaßnahmen durchgeführt, sondern nur sparsam knöchern korrigiert. Dadurch wird das Trauma des sog. „soft tissue envelope“ reduziert. Zur Realisierung dieser Methode der Ausrichtung leistet die Computernavigation einen unschätzbaren großen Dienst.

## Computer-assistierte Implantation (CAI)

Bei der Computernavigation wird im Gegenteil zur konventionellen Operationstechnik die Anatomie des Kniegelenkes erfasst und dreidimensional dargestellt. Der Operateur hat dann die Möglichkeit die femorale und der tibiale Resektion kinematisch auszurichten und daraus resultierender Streck- und Beugespalt zu evaluieren. Die Asymmetrie des Streck- und Beugespaltes wird in der Computer Simulation knöchern ausgeglichen. Erst bei Symmetrie des Streck- und Beugespaltes werden die Resektionen durchgeführt. Dadurch werden die „unnötigen“ knöchernen Nachresektionen femoral und tibial vermieden und somit wird die Gelenklinie nicht verändert, was wiederum für eine Stabilität im Patellofemoralgelenk sorgt.

## Roboter-assistierte Implantation (RAI)

Die Implantationsgenauigkeit kann durch den Einsatz erhöht werden. Dabei kommt die Erfahrung des Operateurs und die Präzision des Roboters

## Paradigmenwechsel

Das Postulat, dass das mechanische Alignment durch die Reduktion des Abriebs die Standzeiten der Prothese verbessert ist aus heutigem Standpunkt nicht mehr haltbar, da in den letzten 20 Jahren das Prothesendesign und das Abriebverhalten des PE's durch die molekulare Hochvernetzung (HXLPE) und durch die Zugabe von Vitamin-E deutlich verbessert wurde zudem der Abrieb in der Knieendoprothetik vernachlässigbar gering ist. Trotz neuer Materialien und des Designs hinsichtlich der verbesserten Tribologie sind nach wie vor 20 % der Patienten nach einer Knieendoprothese unzufrieden. Es sollte alle Anstrengungen unternommen werden, um die Zufriedenheit der Patienten weiter zu verbessern. Ein Paradigmenwechsel in Richtung kinematisches Alignment ist bereits im Gange. Dies kann durch Computernavigation und roboter-assistierte Implantationstechniken optimiert werden.

Literatur beim Autor