

## Künstliche Gelenke – Forschung für die Haltbarkeit

**Alleine in Deutschland wird jährlich mehreren hunderttausend Patienten ein künstliches Gelenk in Hüfte, Knie oder Schulter implantiert. Die Operation an sich ist mittlerweile zur orthopädischen Routine geworden. Allerdings ist ein Implantat in manchen Fällen nicht lebenslang haltbar. Gegenwärtig muss dies bei jedem zehnten Patienten innerhalb der ersten zehn Jahre wieder ausgetauscht werden. Warum die Kunstgelenke versagen und wie man diese verbessern kann, daran forscht Prof. Dr. Jan Philippe Kretzer mit seinem Forscherteam im Labor für Biomechanik und Implantatforschung am Universitätsklinikum Heidelberg. Die Situation von Patienten kann hier im Labor lebensecht simuliert werden, um damit neue Material- und Prothesenkonzepte erarbeiten zu können.**



Prof. Dr. Jan Philippe Kretzer forscht mit einem Kernteam aus sieben Biomechanikern am Heidelberger Universitätsklinikum daran, wie künstliche Gelenke haltbarer gemacht werden können.

© Universitätsklinikum Heidelberg

Die Wiederherstellung eines Gelenks durch ein künstliches Gelenk ist eine häufig durchgeführte Operation: In Deutschland erhalten etwa 180.000 Patienten pro Jahr ein künstliches Hüftgelenk, rund 160.000 einen Kniegelenkersatz und um die 25.000 ein neues Schultergelenk. Der Grund ist oft Arthrose, das heißt ein Verschleiß des Gelenkknorpels, der durch die Belastung über die Jahre hinweg entsteht und mit erheblichen Schmerzen verbunden sein kann. Die Implantation an sich gehört heutzutage zur orthopädischen Routine. Aber obwohl Kunstgelenke und Operationstechniken schon sehr ausgereift sind, ist ein Implantat oft nicht lebenslang haltbar: In Deutschland werden jährlich etwa 25.000 Wechseloperationen durchgeführt, in denen ein künstliches Gelenk gegen ein neues ausgetauscht werden muss. Meistens kann dann aber nicht mehr der gleiche Gelenktyp verwendet werden, sondern muss durch ein größeres Implantat ersetzt werden. Dieses funktioniert dann wiederum nicht mehr so gut wie das erste Kunstgelenk.

Um diese Situation zukünftig verbessern und die Implantate haltbarer machen zu können, forscht Jan Philippe Kretzer mit seiner Arbeitsgruppe im Labor für Biomechanik und Implantatforschung am Universitätsklinikum Heidelberg an neuen Konzepten für künstliche Gelenke. „Wir wollen verstehen, warum die Implantate versagen, und an der Verbesserung arbeiten“, erklärt Kretzer. Dabei betrachten die Wissenschaftler den Verschleißprozess, aber auch die verschiedenen Einflüsse auf die Haltbarkeit der Implantate. Was den Verschleiß angeht, so liegt ein Hauptaugenmerk der Forscher auf der Tribologie – die wissenschaftliche Beschreibung von Verschleiß und Reibung und ein gängiger Überbegriff im Maschinenbau –, wie der Professor es nennt, der eigentlich Ingenieur ist: „Was uns interessiert, ist, was beim Verschleiß freigesetzt wird und wie sich Material und Design – also die Geometrie – darauf auswirken; welche Mechanismen dadurch in Gang gesetzt werden.“

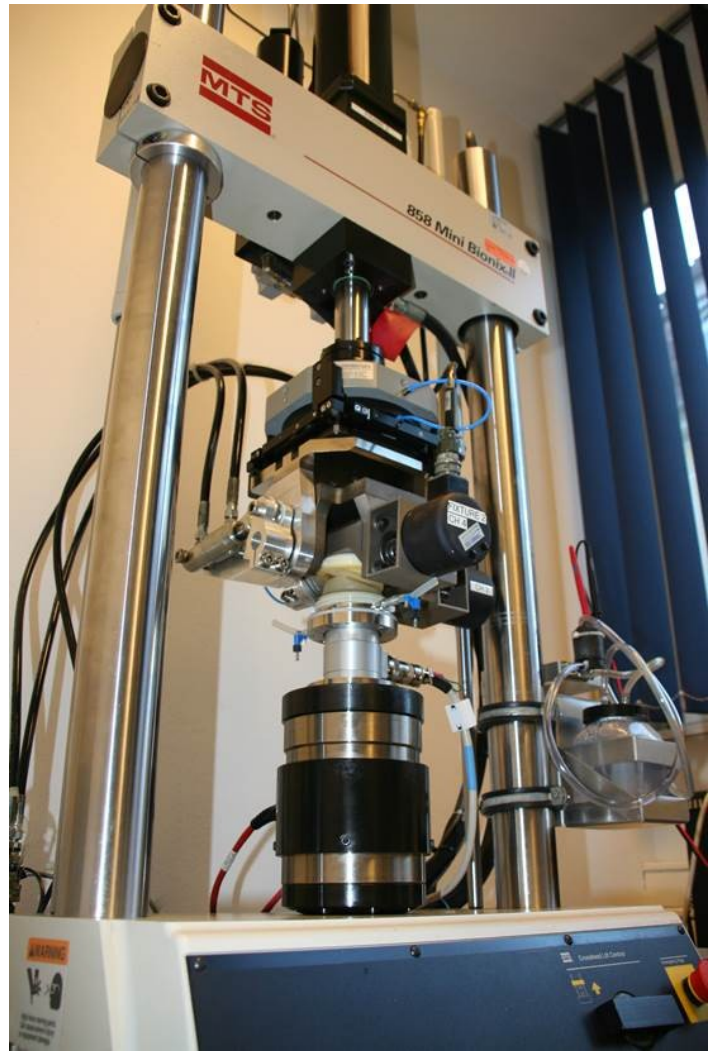
### Künstliche Gelenke lebensecht auf dem Prüfstand

Ihre Untersuchungen führen die Heidelberger Biomechaniker durch, indem sie die Situation der Patienten im Labor möglichst lebensecht nachstellen. Hierfür haben sie spezielle Maschinen konstruiert, die Bewegungen und Belastungen erzeugen. „Bei den Tests wird das entsprechende Gelenk drei Monate ununterbrochen bewegt“, sagt Kretzer. „Das entspricht der gleichen Belastung wie zwei bis drei Jahre im Patienten. Damit können wir beispielsweise schon im Vorfeld verstehen, was passiert, wenn man ein neues Material für eine Prothese verwendet.“ Aber nicht nur neue Materialien sind im Heidelberger Labor auf dem Prüfstand. Es wird auch untersucht, wie sich der Abrieb bis hinab zu kleinsten Partikeln zusammensetzt. „Diese Partikel werden dann analysiert“, berichtet der Biomechaniker. „Das ist insofern wichtig, weil auch sie ihrerseits eine Reaktion im Organismus hervorrufen. Aber wir sind da zunächst nur der mechanische Part. Für eine biologische Untersuchung liefern wir die Partikel an Kooperationspartner, die deren Wirkung dann in lebenden Zellen untersuchen.“

Im biomechanischen Labor werden aber nicht nur neue Entwicklungen getestet, sondern auch gängige Implantate. „Hier untersuchen wir unterschiedliche Aspekte, beispielsweise, welchen Einfluss die Operationstechnik oder auch bestimmte Aktivitäten der Patienten auf die Haltbarkeit haben. Aber auch Standard-Zulassungsuntersuchungen werden im Heidelberger Labor durchgeführt: „Diese erfolgen unter standardisierten Belastungsformen, und die Produkte werden dann zugelassen oder nicht“, wie Kretzer sagt. „Gegenwärtig gibt es zahlreiche Modelle von verschiedenen Herstellern auf dem Markt, dazu operativ

unterschiedliche Techniken. Das macht es nicht ganz einfach – auch aus Patientensicht. Aber viele Prothesen funktionieren sehr gut. Vor allem bei Hüften; da haben manche Patienten nach gewisser Zeit sogar vergessen, dass sie eigentlich ein künstliches Gelenk haben. Das ist beim Knie aber leider nicht immer so. Hier gibt es mehr unzufriedene Patienten.“

## Tests an Human- und Kunststoffknochen



Im Hüftsimulator kann die Situation eines künstlichen Hüftgelenks im Patienten lebensecht nachgestellt werden.  
© Universitätsklinikum Heidelberg

Neben der Tribologie beschäftigt man sich im Heidelberger Labor in einem zweiten großen Forschungsbereich mit der Frage, warum Prothesen früher oder später wieder ausgebaut werden müssen. Bei der Operation wird das Kunstgelenk sehr fest in den Knochen eingepresst. Der Knochen reorganisiert sich um das neue Gelenk herum, sodass der Knochen idealerweise in das Implantat einwächst. Aber mit der Zeit kann die mechanische Verbindung zwischen Implantat und Knochen wieder verloren gehen, und die Prothese beginnt sich in einem aseptischen Prozess zu lockern. „In den ersten Tagen und Wochen nach der OP kann es kleinste Bewegungen zwischen Prothese und Knochen geben, und die Integration klappt nur, wenn diese Bewegungen nicht zu groß sind. Hier würden wir gerne verstehen, warum es zum Einwachsen kommt oder auch nicht“, erklärt der Wissenschaftler. Neben dieser sogenannten Primärstabilität untersuchen die Biomechaniker aber auch die langfristige Stabilität: „Grundsätzlich braucht der Knochen immer einen mechanischen Reiz. Dieser wird aber bei der Implantation verändert. Wir wollen verstehen, wie sich die Spannungsverhältnisse verändern, und welches günstige oder eher ungünstige Situationen für den Knochen sind und wie sich der Kraftfluss im Knochen verändert.“ Diese Tests werden sowohl an richtigen Knochen durchgeführt als auch an Modellknochen aus Kunststoff, die von der Biomechanik her den Humanknochen sehr nahe kommen.

## Ohne Kliniker geht es nicht

Aber auch Erkenntnisse aus der Klinik fließen in die Studien mit ein: Beispielsweise werden Gelenke mithilfe der Röntgen-Stereometrie-Analyse (RSA) untersucht. Dabei werden Bilder zeitgleich aus zwei Richtungen angefertigt und daraus anschließend mithilfe von Algorithmen dreidimensionale Bilder erzeugt, und zwar vor und nach der Operation und auch in Langzeitstudien. „Uns interessiert natürlich, was tatsächlich mit Knochen und Prothese passiert“, so Kretzer. „Wir haben schon viele solcher Studien gemacht und festgestellt, dass man davon ausgehen kann, dass der Umbauprozess um das Implantat nach zwei Jahren weitestgehend abgeschlossen ist. Nach zwei Jahren lässt dich demnach abschätzen, ob das Gelenk eine hohe Überlebenschance hat.“ Solche interdisziplinären Arbeiten mit Klinikern sind sehr wichtig, wie Kretzer betont: „Man kann diese Fragestellung nicht nur von einer Seite beleuchten. Deshalb arbeiten wir sehr eng mit Klinikern zusammen.“

Generell gibt der Professor aber keine Empfehlung, was künstliche Gelenke angeht, obwohl er immer wieder von Patienten danach gefragt wird: „Die sinnvollste Versorgung hängt von vielen Faktoren ab und muss in enger Abstimmung mit dem behandelnden Operateur erfolgen. Wir verstehen unsere Arbeit auch nicht so, dass wir die beste Prothese entwickeln wollen, sondern wir wollen Anstöße für Verbesserungen geben. Natürlich haben wir auch schon einige Ideen verfolgt, um zum Beispiel neue Materialien zu entwickeln. Aber das ist halt nur ein Baustein. Das Wichtigste für uns ist es, das Gesamtsystem besser zu verstehen und langfristig dazu beizutragen, dass die Haltbarkeit verbessert wird, damit Austauschoperationen wenn irgend möglich vermieden werden können.“