Zusammenfassung

Der künstliche Gelenkersatz hat sich als ein wesentlicher Bestandteil der Gelenkchirurgie etabliert. Dabei werden die Gelenkoberflächen vollständig bzw. zu Teilen durch Implantate ersetzt, aber nicht jede Implantation einer Endoprothese führt zu einem zufriedenstellenden Ergebnis. Instabilitäten endoprothetisch versorgter Gelenke, d.h. abnormale bzw. übergroße Relativbewegung der Implantate und folglich der artikulierenden Knochen, werden als eine häufige postoperative Komplikation benannt.

In der vorliegenden Arbeit wird die technische Umsetzung eines roboterbasierten Simulators für Schulter- und Knieendoprothesen beschrieben, mit dem die Einflussfaktoren auf die Gelenkstabilität unter realistischen Bedingungen systematisch und reproduzierbar untersucht werden sollen. Dieser Simulator basiert auf dem Konzept der Hardware-in-the-Loop (HiL) Simulation. Ein muskuloskelettales Simulationsmodell der anatomischen Umgebung der Endoprothese steht in bidirektionaler Interaktion mit einer realen Endoprothese, welche durch einen Industrieroboter bewegt und belastet wird. Zudem ist ein roboterbasierter Simulator für die Aufzeichnung der Kinematik von humanen Kniepräparaten Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

In der Einführung wird ein Überblick zu postoperativen Komplikationen nach künstlichen Gelenkersatz an der Schulter und dem Knie gegeben sowie die verschiedenen Forschungsansätze in der Gelenkendoprothetik exemplarisch aufgezeigt.

Die Ausführungen zur Methodik umfassen eine ausführliche Darstellung der Festlegung und Identifikation der verwendeten Koordinatensysteme, die mathematische Beschreibung der simulierten Bewegungen im klinischen Kontext, die physische Umsetzung des Simulators sowie die numerische Implementierung der verwendeten Steuerung und Kraft- bzw. Momentenregelung.

Im Ergebnisteil wird aufgezeigt, dass der entwickelte Simulator reproduzierbare Ergebnisse liefert und welche Genauigkeiten mit der implementierten Regelung erzielt werden. In Anwendung auf Knieendoprothesen wird exemplarisch aufgezeigt, dass der HiL-Simulator für Untersuchungen zur Gelenkstabilität verwendet werden kann. Zum Ende der Arbeit werden die Ergebnisse und die Methodik diskutiert sowie Limitationen benannt.