

Entwicklung eines leichten Roboterarms für die Überreichung von Operationsbesteck

Diplomand



Sandro Di Carlo

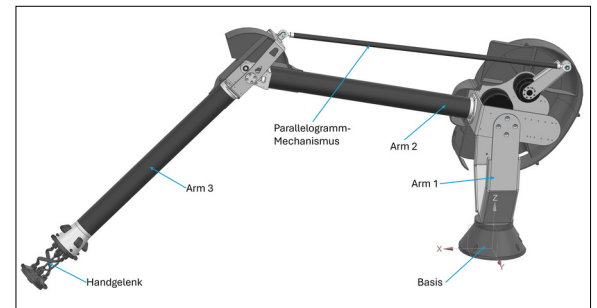
Ausgangslage: Im Operationssaal wird Operationsbesteck durch Pflegefachpersonal an den Chirurgen übergeben. Ziel ist ein leichter 6-DoF-Roboterarm, der diese Übergabe automatisiert. Im Zentrum steht eine geringe Trägheit: Sie begrenzt die Kräfte bei einer Kollision mit Menschen und erlaubt auch bei höheren Geschwindigkeiten einen kollisions sicheren Betrieb. Die Arbeit entwickelt, baut und erprobt die proximalen drei Freiheitsgrade dieses Konzepts, den dreiachsigen Hauptarm, samt Simulation und Steuerung. Sie baut auf einer Semesterarbeit zur Kinematik auf.

Vorgehen / Technologien: Der Hauptarm umfasst Basisrotation (Gelenk 0), Schulter (Gelenk 1) und den über ein Parallelogramm angetriebenen Ellbogen (Gelenk 2); das Parallelogramm hält den Antrieb schulternah und reduziert die distale Trägheit. Die Konstruktion folgt konsequentem Leichtbau aus CFK-Rohren, Aluminium-Frästeilen, Blechstrukturen und additiv gefertigten Abdeckungen. Strukturkritische Bauteile wurden mittels FEM und Topologieoptimierung ausgelegt, die Antriebe über eine 3D-Dynamikbetrachtung bestätigt. Ergänzend entstand ein digitaler Zwilling in Gazebo mit einer Steuerungskette auf Basis von ROS 2 und MoveIt für Trajektorienplanung, kartesische Teleoperation per Gamepad und Schwerkraftkompensation.

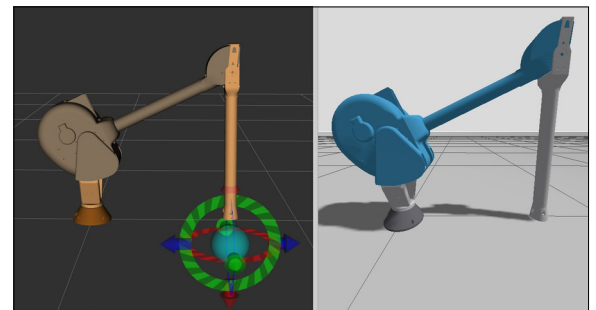
Ergebnis: Mit dem Prototyp konnte die Umsetzbarkeit des Konzepts untersucht werden. Der Arm wiegt rund 8,4 kg bei etwa 1,5 m Reichweite; massgeblich ist dabei nicht das Eigengewicht, sondern die Trägheit der bewegten Glieder. Kinematik und Antriebskonzept ergeben eine gute Rückdrehbarkeit, und das Schutzkonzept gegen Einklemmen erfüllt an den meisten Stellen seine Funktion. Von fünf Funktionstests verliefen vier erfolgreich; die

Trajektorienauflösung war nur bei niedriger Geschwindigkeit ausreichend, und ein Aufsummieren der Sollgeschwindigkeit im Freeze-Controller erzwang aus Sicherheitsgründen den Abbruch. Vor weiterer Verwendung sind Designdetails zu überarbeiten: Achslagerungen ergänzen, Endstops vorsehen, die Struktur steifer und trägheitsärmer ausführen sowie den vorgesehenen Bewegungsbereich durch Bauteiländerungen ermöglichen.

CAD Gesamtaufbau des Hauptarms mit beschrifteten Baugruppen.
Eigene Darstellung



Planungsszene in MoveIt (links) und Physiks simulation in Gazebo (rechts).
Eigene Darstellung



Realisierter Prototyp des Hauptarms.
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Yves Zimmermann

Korreferent

Dr. Nico Zimmermann,
TRUMPF Lasertechnik SE

Themengebiet

Automation & Robotik