

Entwicklung eines RobotergrEIFers für Operationsbesteck

Konzeption und prototypische Umsetzung eines RobotergrEIFers mit datenbasierter Instrumentenauswahl

Diplomand



Jann Fretz

Einleitung: Im OP-Umfeld steigen die Kosten und der Fachkräftemangel. Dies erhöht die Belastung des OP-Teams. Eine robotische Assistenz als «robotic scrub nurse» kann insbesondere bei repetitiven Aufgaben wie der Instrumentenzureichung unterstützen. Der Roboter muss jedoch Sterilität, Sicherheit und hohe Prozessrobustheit erfüllen. Chirurgische Instrumente liegen auf dem Instrumententisch in variierender Lage und Orientierung, mit hoher Variantenvielfalt, unterschiedlicher Geometrien, Schwerpunktlagen und Werkstoffen sowie möglicher Benetzung und Verschmutzung. Daraus ergibt sich als Kernproblem die Entwicklung eines Endeffektors. Er soll viele wieder verwendbare Instrumente zuverlässig aufnehmen, sicher halten und kontrolliert übergeben können.

Vorgehen: Zuerst wird eine Instrumentenliste für offene, allgemein chirurgische Eingriffe erstellt. Dazu werden Statistiken von Sterilgutaufbereitungen angefragt, häufige Eingriffe aus offiziellen Operationsstatistiken herangezogen und typischen Instrumente über Literaturquellen verknüpft und in einer Datenbank konsolidiert. Der Fokus liegt dabei auf dem Grundinstrumentarium und ausgewählten Knocheninstrumenten. Durch Plausibilisierung und Redundanzprüfung wird eine realitätsnahe, priorisierte Auswahl für das robotische Handling abgeleitet. Darauf aufbauend werden Greifkonzepte entwickelt und experimentell gegeneinander validiert. Versuchsreihen untersuchen den Einfluss von Zwischenmaterialien und Polarisierungen auf die magnetische Haftkraft sowie die Auswirkungen verschiedener E-Magnet-Verlängerungen auf die erreichbare Haltekraft. Ergänzend wird an Instrumenten Greif-, Rotations-, Beschleunigungs- und Stossbelastungen geprüft, um das Verhalten bei dynamischen Bewegungen zu bewerten. Die Validierung erfolgt sowohl für den E-Magnet-Betrieb als auch für den mechanischen. Dies um die Abdeckung nicht magnetisierbarer Instrumente, die Robustheit gegenüber Drehmomenten und ungünstigen Greifpositionen einzuordnen.

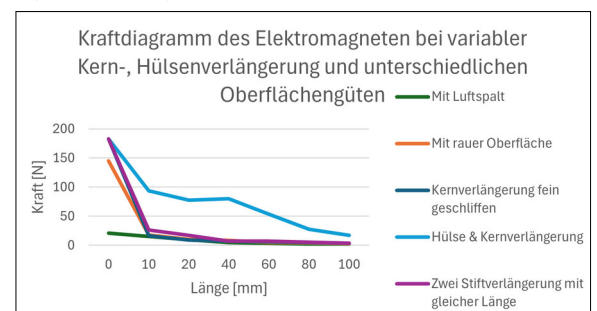
Fazit: Die Ergebnisse weisen eine klare Richtung für einen Hybridgreifer mit Priorität E-Magnet und zusätzlichem mechanischem Zweifingergreifer aus. Die Aussagen gelten primär für die priorisierte Instrumentengruppe, da diese trotz Breite keine vollständigen OP-Sets repräsentiert. In den Greif- und Dynamiktests hält der stärkere E-Magnet die geprüften, magnetisierbaren Instrumente der Prioritätenliste zuverlässig. Mit schwächeren Magneten treten häufiger Ausfälle und stärkere Rotation auf. Die Kernverlängerungsversuche (Kraftdiagramm) belegen einen deutlichen Haftkraftabfall, dies bereits bei kurzen Verlängerungen. Die verlängerte Variante ist mit deutlich höherer Magnetreserve dimensioniert. Die

Versuche verdeutlichen zudem, den dominanten Einfluss von Luftspalt, Polarisationswechsel und Kontaktfläche auf die erreichbare magnetische Haltekraft. Den Bedarf an mechanischer Greifkraft zeigt sich höher als zunächst abgeschätzt. Remanenz ist konzeptkritisch, weil sie das definierte Lösen und das Verhalten nach dem Abschalten bestimmt. Empfohlen werden als nächste Schritte die verlängerte Variante zu testen, ein produktnahes Redesign mit verifizierter Schliesskraft und geeigneter Lagerung, ein Klingenschutz, ein Hygiene- sowie Entmagnetisierungskonzept. Abschliessend ist eine vollständige Musskriterienprüfung mit ausreichender Zyklenzahl und praxisnahen Randbedingungen erforderlich.

3D Druck des unverlängerten Konzepts mit FARABEUF Wundhaken und Skalpell Nr.4
Eigene Darstellung



Kraftdiagramm des Elektromagneten bei variablen Kern-, Hülsevenlängerungen & unterschiedlichen Oberflächengüten
Eigene Darstellung



Unverlängertes Konzept beim mechanischen Greifen des nicht magnetisierbaren Wundhaken durch Scoopblech
Eigene Darstellung



Referent

Dr. Yves Zimmermann

Korreferent

Dr. Nico Zimmermann,
TRUMPF Lasertechnik
SE

Themengebiet

Automation & Robotik,
Mechatronik und
Automatisierungstechnik,
Produktentwicklung