

Industrieroboter führt Kapsel zielgenau durch den Körper

Als flexible Fertigungseinrichtung leistet industrielle Automatisierungstechnik auch der Forschung wertvolle Dienste. Im Rahmen des EU-Projektes „Vector“ führt ein Knickarm-Roboter als externes Steuerungsinstrument eine Kapsel zur Darmuntersuchung zielgenau durch den Körper

Autoren: **Dietrich Homburg, Andreas Zeiff**

Im Rahmen des EU-Projektes „Vector“ arbeiten Forscher aus über 18 Ländern zusammen. Die erforderliche relativ kleine Kamerakapsel zum Schlucken gibt es bereits. Problematisch sind dagegen noch die passive Bewegung

Fortbewegung präzise umzusetzen, greifen die Forscher auf bestehende Automatisierungstechnik zurück. Industrieroboter von Mitsubishi Electric (Bild 1) erweisen sich dabei als die richtige Lösung für die gezielte Kapselnavigation.

Stromversorgung. Der kleine Käfer konnte schlicht nicht genug Energie mitführen, um lange genug Kamera, Funkübertragung und Antrieb betreiben zu können. Die Idee eines Antriebs durch eine magnetische Hülle in Verbindung mit einem starken externen Permanentmagneten kam auf (Bild 2).

Um diese Antriebsart in die Praxis umzusetzen, sind zahlreiche Schwierigkeiten zu überwinden gewesen. Selbst moderne Hochleistungsmagnete bringen in der geforderten Leistungsklasse einige Kilogramm Masse auf die Waage. Kleinere Magnete können nicht eingesetzt werden, da die Kapsel eine Mindestgröße nicht unterschreiten kann. Selbst



↑ Bild 1: **Perfekte Forschungsgrundlage.** Der Knickarm-Roboter hat sechs Achsen am Arm, erlaubt komplexe Bewegungsabläufe bei bis zu 12 kg Tragkraft und versorgt zusätzliche Achsen im Werkzeugkopf

der Kapsel und die fest eingestellte Zeit zwischen den Aufnahmen. Je nach Transportbewegung und Aufnahmezyklus können nicht alle Bereiche aufgenommen werden, die von Interesse sind.

Unter der Federführung von Novineon als Koordinator der einzelnen Forschungsaufgaben ist nun ein völlig neues Konzept entstanden: die von außen steuerbare Kamerakapsel mit Bildübertragung in Echtzeit. Um die gezielte

Dank Knickarm gibt es keine blinden Stellen

Konnten bisherige Kamerakapseln nur Aufnahmen aus dem Bereich des Dünndarms machen, so soll das neue Verfahren auch die größeren Hohlräume in Magen und Dickdarm komplett erfassen können. Für spä-

tere Ausbaustufen ist angedacht, dass die Kapseln neben der Suche nach verdächtigen Stellen (Screening) auch das Bewerten verdächtiger Stellen (Diagnose) z.B. über Gewebeproben und die Behandlung der gefundenen Stellen (Therapie) übernehmen. Dazu ist erforderlich, die Position der Kapsel und damit die Kamerablick- und Werkzeugwinkel gezielt zu verändern.

Als Antrieb ist zuerst ein „Käfer-Modell“ mit autarkem Beinantrieb im Gespräch gewesen. Diese Version scheiterte jedoch an der



↑ Bild 2: **Ein starker Magnet** am Roboterarm bewegt die Kamerakapsel in der Plastiküte. Die Tüte simuliert das umgebende Gewebe. Die Stromversorgung ist hier kabelgebunden, um auch längere Testreihen zu ermöglichen

Forschungsprojekt funkt Bilder aus Magen und Darm

Krebsfrüherkennung im Verdauungstrakt ist ein wichtiger Schritt, um gezielt die im frühen Stadium meist noch harmlosen Veränderungen der Magen-Darm-Wand zu entfernen. Stand der Untersuchungs-Technik heute sind relativ unflexible Endoskope, die oral oder anal in den Körper eingeführt werden. Aber aus Angst vor der Untersuchung nimmt ein Großteil der Bevölkerung dieses kostenlose Angebot nicht wahr und riskiert böse Überraschungen.



↑ Schon als Prototyp ist der Roboter standfest und gut beweglich im OP-Praxisinsatz

Das EU-Forschungsprojekt „Vector“ setzt daher auf moderne Technik. Eine steuerbare Kapsel mit Kamera und Funkübertragung, die Bilder in Echtzeit liefert, soll das „starre“ Endoskop ersetzen. Um die magnetische Kapsel sicher vom Arzt an bestimmte Orte zu führen, setzen die Entwickler einen Industrieroboter mit starkem Permanentmagneten ein. So können auch größere Hohlgorgane komplett gescannt werden. Der flexible Roboter bietet dabei die gerade für die Grundlagen-Forschung sehr wichtigen Freiheitsgrade, um alle denkbaren Bewegungsprofile austesten zu können.

www.vector-project.com

bei Verzicht auf die Eigenfortbewegung und Einsatz eines eigens entwickelten, energiesparenden Bildfunksystems misst die Kapsel heute noch rund einen Zentimeter im Durchmesser bei ca. drei Zentimetern Länge.

Steuerung mit der Spielkonsole

Auch hier ist der Energiespeicher für Aufnahme und Übertragung der rund 15 bis 25 Bilder pro Sekunde der Hemmschuh. Weniger Bildfrequenz bedeutet bei Echtzeitsteuerung durch den Mediziner quasi „Blindflug“. Ein nicht zu akzeptierender Sicherheitsmangel. Echtzeitsteuerung benötigt zwar Rechenleistung, erlaubt aber auch „Direksicht“. Jeder Spieler am Computer weiß, ohne Rechenleistung ruckelt das Bild. Da die Kapsel wie mit einer Spielkonsole gesteuert werden soll, sind schnelle Bildfolge und direkte Reaktion der Kapsel auf Befehle unverzichtbar. Auf der Suche nach der besten Steuerungslösung wurden die Forscher bei Mitsubishi fündig. Der Roboterspezialist hat kleine Knickarm-

Industrieroboter im Programm, die sowohl bei der Dynamik, der Tragkraft als auch der Präzision alle Vorgaben erfüllen und zudem in der Steuerung genügend Kapazitäten für Zusatzoptionen haben.

Roboter ermöglicht freie Forschung

Als das Projekt noch ganz am Anfang stand, mussten so viele Daten wie möglich gesammelt werden. Die kleinen Roboterarme kamen diesen Anforderungen entgegen. Dr. Sebastian Schostek, Geschäftsbereichsleiter von Novineon dazu: „Der Roboterarm mit der Steuerung ist echtzeitfähig, die Programmierung der Servotechnik für den ersten Roboterbetrieb auch für Fachfremde innerhalb von ein bis zwei Tagen zu beherrschen (Bild 3). Da Servoplattform wie Robotarm sehr viele Freiheitsgrade bieten, unterstützt das unsere Suche nach den tatsächlich medizinisch relevanten Bewegungsabläufen. Wir können so alles auf einem einzigen bewährten System austesten. Zudem ist das Preis-Leistungsverhältnis unschlagbar – ein →



Ultra modern production facility

Competence and Quality Made in Germany



Precision forging and implant manufacturing



- Modern Digital Engineering Technologies in forging Implant Alloys
- Cost effective manufacturing of dies and tooling
- Realization of your own designs up to production stage
- Finished, packaged and sterile prostheses can be supplied on request
- Design and manufacturing of corresponding rasps and instruments

AristoTech[®] Implant Technologies GmbH

+49 (0) 3371 40640-0

service@aristotech.de • www.aristotech.de

wichtiger Punkt gerade bei Start-up-Unternehmen oder begrenztem Forschungsbudget.“

Um sich alle Möglichkeiten offen zu halten, wurde zuerst ein Knickarm-Roboter mit sechs Achsen und 12 kg Tragkraft installiert.



↑ Bild 3: Mit einem handelsüblichen Joystick steuern Sebastian Schostek (li.), Novineon, und Wolfram Zielke, Mitsubishi Electric, den Kapselantrieb

So konnten bei der Magnetentwicklung und der Magnetaufnahme alle Ideen ausgetestet werden. Die vorab geschätzten 10 kg für den Magnetkopf sollten in jedem Fall sicher bewegt werden können. Ein zweiter Roboter, der später in Italien aufgestellt wurde, profitierte vom zwischenzeitlichen Erkenntnisgewinn. Da der Führungsmagnet auf rund 4 kg abgespeckt werden konnte, genügt dort ein kleineres Modell mit weniger Tragkraft.

Genügend Standfestigkeit im Praxistest

Der im Tübinger Forschungslabor eingesetzte Roboterarm wiegt mit ca. 100 kg vergleichsweise wenig. Ein eigens entwickelter Unterbau mit der Energieversorgung gibt auch im Praxistest genügend Standfestigkeit. Alle Komponenten lassen sich für Messen oder externe Demonstrationen schnell zerlegen und einfach auf Paletten transportieren.

Zu den Grundeigenschaften des Roboters der „RV“-Serie gehören

innen verlegte Kabel und Schläuche, wenig Wartung durch Verwendung von bürstenlosen AC-Servomotoren und Harmonic-Drive-Getrieben sowie eine kompakte Steuerung. Die Positionserkennung über Absolutwert-Encoder stellt sicher, dass die exakte Position des Roboterarms bekannt ist, auch nach der Aus- und wieder Einschaltung der Spannung. All dies fördert einen reibungslosen Forschungsablauf. Außerdem erlauben bis zu 256 unabhängig speicherbare Programme für jeden Roboter eine große Bandbreite an Ablaufversionen, auf die zurückgegriffen werden kann.

Roboter als „Kreativ-Aktor“

Der Unterschied zwischen Forschungs- und Industrieinsatz von Roboterarmen ist nur scheinbar groß. Beide Einsatzbereiche verlangen nach kreativen Lösungen, um das Optimum für den jeweiligen Einsatzzweck zu erreichen. Natürlich setzt die Fertigung eher auf bewährte konventionelle Lösungen bei Werkzeug oder Bewegungsabläufen: Aber reicht das nicht aus, um den Prozess zu optimieren, sind auch und gerade hier die eingetretenen Pfade zu verlassen. Die Akteure und vor allem auch die Steuerungen aus dem Programm des Roboterspezialisten berücksichtigen diese Anforderungen, indem sie schon im Grundkonzept auf vielfältigen Einsatz ausgelegt sind. So können dynamische Bewegungen mit lastabhängiger Beschleunigungs-optimierung umgesetzt werden. Dass dabei die Präzision nicht zu kurz kommt, beweist die Wiederholgenauigkeit von $\pm 0,05$ mm.

Eine achsabhängige Momentenüberwachung, eine sensorlose „Crash“-Erkennung und Schutzart IP65 ergänzen das Eigenschaftsprofil. Der individuellen Anpassung kommt die einfache Programmiermöglichkeit der Steuerung ebenso entgegen wie die große Zahl an Achsen, die die Steuerung beherrscht. So können zusätzlich zu den Armgelenken im aufgesetzten Werkzeug noch weitere Achsen für optimierte Bewegungsabläufe mitversorgt und angesteuert werden. Das senkt Entwicklungszeit und Steuerungsaufwand enorm.

Große Bandbreite an Bewegungsabläufen

Fazit: Moderne Industrieroboter sind keinesfalls auf bestimmte Anwendungen festgelegt, im Gegenteil. Sie bieten eine große Bandbreite an Bewegungsabläufen, die sie auch für viele exotische Einsätze prädestinieren. Gerade bei Anwendungen wie der Forschung oder unkonventionellen Lösungen in der Fertigung, wo bei Beginn der Entwicklung das Endergebnis noch nicht abzusehen ist, sind sie als Kreativ-Aktoren besonders wertvoll, wenn es darum geht, die Gedanken der Entwickler umzusetzen. Als bewährtes Massenprodukt kommen gegenüber Eigenentwicklungen noch ein günstiger Preis und schnelle Ersatzteilversorgung hinzu.

Die „eierlegende Wollmilchsau“ sind Roboter-Arme damit zwar nicht, sie könnten aber mit geeignetem Werkzeug ausgestattet dieses Traumtier der Landwirtschaft sicher der Eier berauben, es scheren und melken.

Mitsubishi Electric Europe B.V.
D-40880 Ratingen
www.mitsubishi-automation.de

Autoren
Dipl.-Ing. (FH) Dietrich Homburg
Dipl. Chem. Andreas Zeiff
beide Redaktionsbüro Stutensee