

# Der Klügere gibt nach

## Kombiantrieb für bionischen, nachgiebigen Roboterarm entwickelt

Die Verwendung eines über Seilzüge elastisch verspannten Antriebs in Kombination mit einer ausgefeilten Regelungstechnik ermöglicht einen bionischen Roboterarm, der im Vergleich zu seinem Gewicht große Lasten bewegen kann. Und die Elastizität hat weitreichende Vorteile.

von Dr. Barbara Stumpp



Diesen Beitrag können Sie sich im Internet unter [www.antriebs-praxis.de](http://www.antriebs-praxis.de) downloaden

►►► Konventionelle Industrieroboter müssen Lasten schnell und präzise bewegen. Elastizität, Spiel in Aktoren und Getrieben und Deformationen sind deshalb für Entwickler ein rotes Tuch; kommt hinzu: die Roboter sind entsprechend schwer und steif. Zudem können sie, bezogen auf das Eigengewicht, nur recht wenig Masse bewegen. Der menschliche Arm besteht wie der Roboterarm aus steifen Teilen, den Knochen, aber angetrieben wird er von einem elastischen Kombiantrieb aus Mus-

keln und Sehnen. Und ein solcher Arm kann im Verhältnis zu seinem Eigengewicht enorm viel Last tragen.

„Die Idee zum bionischen Roboterarm stammt von Prof. Bernhard Möhl und ist schon 14 Jahre alt“, berichtet Sebastian Klug von der TU Darmstadt und Koordinator des BMBF geförderten Projekts BioRob. Und es gibt schon potentielle Anwender, wie etwa die Firma Tetra, die das gute Stück in kryogenen Umgebungen einsetzen will. „Gewebe- und Blutproben wer-

den bei -130 bis -196 °C gelagert. Konventionelle Roboter taugen hier nicht zum Einsatz, da bei diesen tiefen Temperaturen kein elektrischer Antrieb funktioniert“, begründet Tetra-Geschäftsführer Dr.-Ing. Andreas Karguth das Interesse seiner Firma an diesem Projekt.

Im Rahmen des Projekts BioRob entwickelte die TU Darmstadt die Bewegungssteuerung und führte die Simulationen durch. Bei Tetra entstand die Mechatronikkonstruktion und die Basissoftware wurde dort entwickelt. Als externe Partner fungierten das Fraunhofer-IBMT, die Firma Seidel, wo man BioRob als Montageassistent einsetzen wird, und das Unternehmen Agricola, die ihn zum Sortieren von Pflanzen nutzen will.

Angetrieben wird der bionische Roboterarm von DC-Motoren. Diese sitzen aber nicht in den Gelenken, sondern jenseits des Gelenks ähnlich wie die Muskeln und Sehnen beim Vorbild „Arm“. „Durch die



Der BioRob ist dem menschlichen Arm nachempfunden, der mit seinem elastischen Kombiantrieb aus Muskeln und Sehnen relativ große Lasten bewegen kann. Bild: Tetra

wechselseitig verspannte Seilzugkonstruktion wird der Roboter biegeentlastet, deshalb treten Verformungen unter Belastung nur im elastischen Antrieb auf und nicht im Arm selbst und er kann leicht gebaut werden“, so Sebastian Klug.

### Passive Nachgiebigkeit

Ein DC-Motor treibt seinen Armteil elastisch über einen Seilzug mit integrierter, sich in erster Näherung linear verhaltender Feder an. Das Seil besteht aus Nylon, aufgrund der hohen Belastbarkeit und Steifigkeit des Materials. Die Federn werden über den Seilzug gespannt und so lässt sich die Elastizität des Antriebs nach Wunsch einstellen. Obwohl der Antrieb dadurch zunächst ungenau wird, ergeben sich aus der passiven Nachgiebigkeit Vorteile gegenüber starren Robotern.

Ein elastisch angetriebenes System mit zwei Gelenken in Serie hat die unangenehme Eigenschaft zu schwingen und braucht eine effiziente Dämpfung. Dazu besitzt das Gelenk einen eigenen Sensor, um die tatsächliche Position und Geschwindigkeit des bewegten Gelenks zu bestimmen. Ver-



**„Durch die wechselseitig verspannte Seilzugkonstruktion wird der Roboter biegeentlastet.“**

**Sebastian Klug,  
TU Darmstadt**

wendet werden einfache, inkrementelle Positionssensoren. Die Encoderscheibe sitzt jeweils direkt an der Gelenkachse des Roboters.

„Die Besonderheit ist, dass die Lichtquelle und der Photorezeptor nicht am Gelenk sitzen sondern, dass das Licht über Glasfaserkabel weitergeleitet wird. Die Elektronik der Sensoren befindet sich somit nicht im Roboter selber“, fasst Sebastian Klug zusammen.

Dank der Elastizität ist der neue Roboter ungefährlich für menschliche Mitarbeiter. „Schlimmstenfalls gibt es einen blauen Fleck“, betont Dr.-Ing. Andreas Karguth. Der Arm kann so programmiert werden

auf bestimmte Kontaktkräfte bei einer Kollision zu reagieren. Das System braucht dazu keinen eigenen Kraftsensor, denn der Sensor ist sozusagen bereits im Antrieb integriert. Die auftretenden Kräfte können aus der Verlängerung der Feder im Seilzug, der Kenntnis der Eigenschaft der Feder und der Geometrie des Roboterarms berechnet werden. Die Verlängerung der Feder kann ja auf Grund der Gelenksensoren im Motor und den Gelenken selber ermittelt werden.

Für eine Machbarkeitsstudie konzipierte man einen Arm mit drei bionisch angetriebenen Achsen und einem 3D-Handgelenk. Sebastian Klug: „In einer ersten Machbarkeitsstudie wurden in der Simulation ein elastischer Roboter mit einer Armlänge von 650 mm, was in etwa der Länge des menschlichen Arms entspricht, einer maximalen Nutzlast von 4 kg und eine Arbeitsgeschwindigkeit von 130°/s untersucht. Obwohl der bionische Arm etwas langsamer als ein konventioneller Roboterarm ist, konnte gezeigt werden, dass bei auftretenden Kollisionen auf Grund der Elastizität deutlich weniger Kräfte auftraten.“ Interessant auch: Der bionische Arm ist wesentlich leichter als sein industrieller Counterpart und verbraucht 60 Prozent weniger Energie. Der Wermutstropfen: Optimaler Betrieb ist, wegen der elastischen Eigenschaften der Federn, nur in einem engen Traglastbereich möglich.

Der Antrieb braucht keine so hohe Positionsgenauigkeit wie konventionelle Roboter, denn der Roboter kann wegen der Elastizität in die richtige Position ‚reintrutschen‘. „Ein Industrieroboter muss auf den Zehntel Millimeter genau wissen, wo er eine Schraube eindrehen soll, sonst verkannt die Schraube. Der BioRob kann auf Grund seiner Nachgiebigkeit passiv, also sozusagen blind, die richtige Position finden, indem die Schraube den Roboterarm beim Hineindrehen mitzieht“, erklärt Sebastian Klug. Außerdem wirkt durch das Vorspannen des Seilzugs eine konstante Kraft auf Getriebe und Gelenke, was plötzliche Lastwechsel und Stöße dämpft.



**„Dank der Elastizität ist der Roboter ungefährlich für menschliche Mitarbeiter. Schlimmstenfalls gibt es einen blauen Fleck.“**

**Dr.-Ing. Andreas Karguth,  
Tetra GmbH**

Tetra-Geschäftsführer Dr.-Ing. Andreas Karguth: „Der Antrieb ist patentiert. Der Demonstrator ist der erste Schritt, als nächster käme die Kleinserie, dann würde der BioRob aber eingehaust.“ Bezüglich des Konstruktionsprinzips soll er Reichweite und Traglast eines menschlichen Arms haben, bei einer Standfläche von etwa 30 x 50 cm. „Ein Knickarmroboter hat ein schlechteres Verhältnis von Standfläche zu Arbeitsraum und wiegt statt gute 3 kg immerhin 60 kg“, fügt Klug hinzu.

Bei bekannten Industrierobotern beträgt das Verhältnis von Nutzlast zu Eigengewicht 1:10 bis 1:20. Programmiert wird der Roboter durch direktes Teach-in. Der BioRob wird relativ kostengünstig sein, da er aus Standardteilen aufgebaut ist.

Auch am Fraunhofer IPA hat man einen bionischen Leichtbau-Roboterarm entwickelt, der ebenfalls über einen Seilzug angetrieben wird – der aber nicht elastisch ist. Die Bewegung des patentierten QuadHelix-Antriebs wird hier aber über Auf- und Abwickeln einer hochfesten Kunststoffseil auf eine dünne Motorwelle erzeugt. „Der QuadHelix-Antrieb ermöglicht den Bau des leichten, leistungsstarken Roboterarms ISELLA 2“, so Arne Rost, Leiterin des Projekts am Fraunhofer IPA. Das Verhältnis zwischen Nutzlast und Eigengewicht liegt etwa bei 1:2; Ziel ist 1:1. ◀◀◀

	webCODE	ap1374
TU Darmstadt		
<a href="http://www.biorob.de">www.biorob.de</a>		
Fraunhofer-Institut IPA		
<a href="http://www.ipa.fraunhofer.de">www.ipa.fraunhofer.de</a>		
Tetra		
<a href="http://www.tetra-ilmenau.com">www.tetra-ilmenau.com</a>		
Direkter Zugriff unter <a href="http://www.antriebspraxis.de">www.antriebspraxis.de</a> Code eintragen und go drücken		