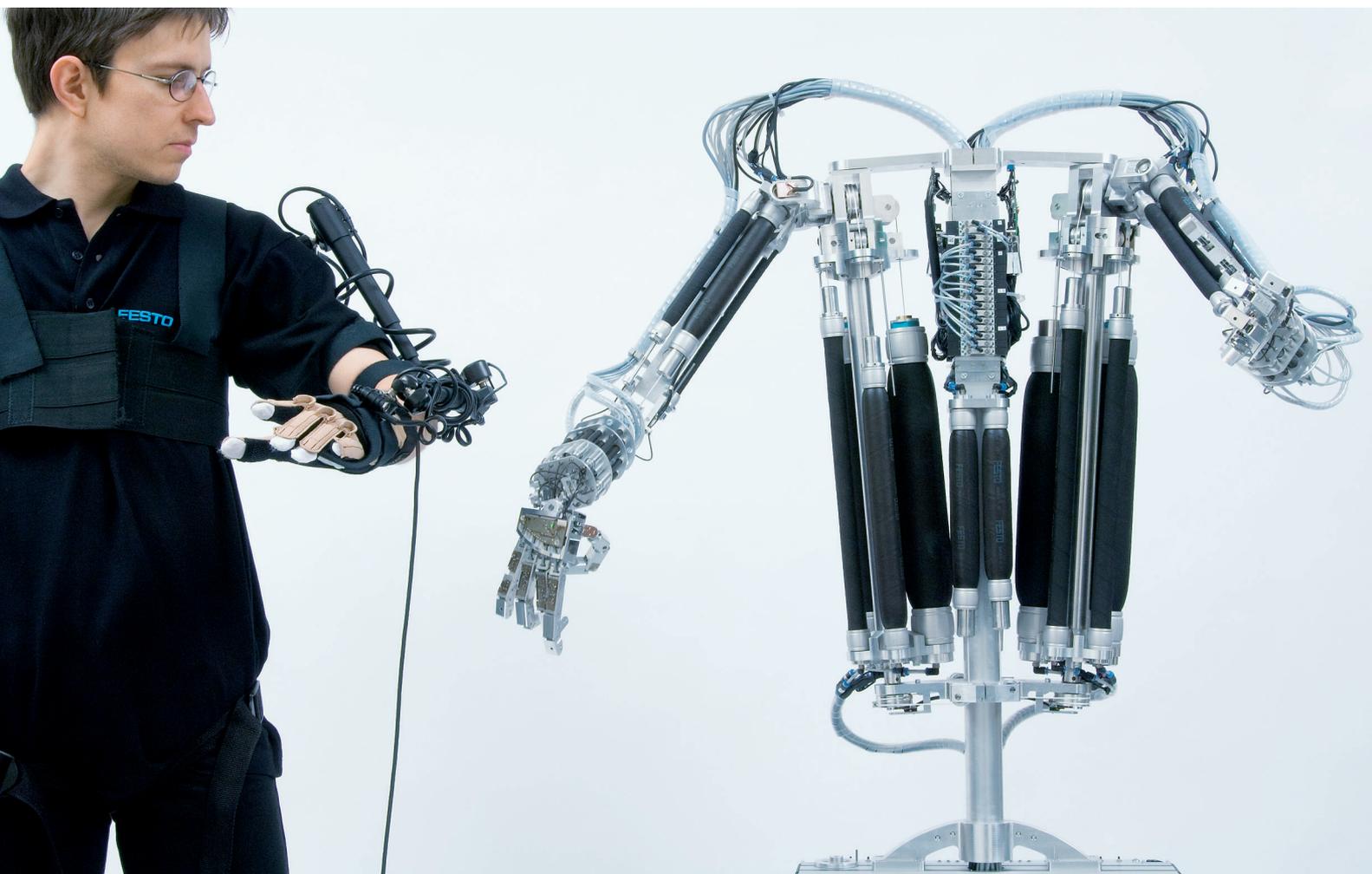


Humanoider Muskelroboter

FESTO



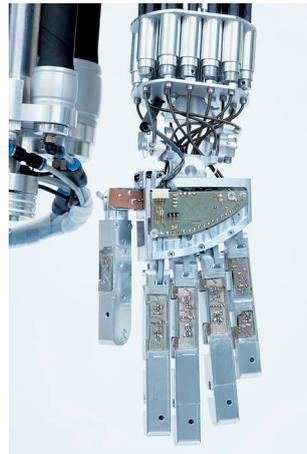
Ein Roboter mit
Fluidic Muscle als
Aktuator!

Info

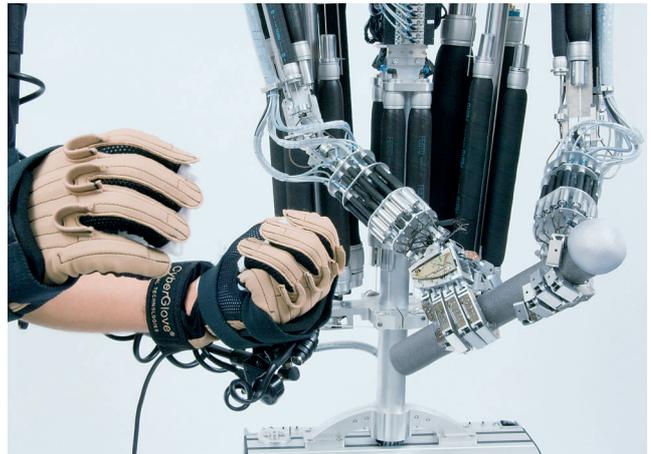
Der Mensch als Vorbild



Steuerung mittels Datenhandschuh



Künstliche Hand



Übergabe eines Gewichts von einem Kilogramm

Der Humanoide Muskelroboter in der fünften Entwicklungsstufe entstammt einem Gemeinschaftsprojekt der Evologics GmbH, des Fachgebiets Bionik und Evolutionstechnik der TU Berlin und der Festo AG & Co. KG.

Aus einer ersten Funktionsstudie mit einem einfachen Roboterarm im Jahre 2000 und verschiedenen Zwischenstufen entwickelte sich dieses Projekt zu einem Torso mit zwei anthropomorphen Roboterarmen und Fünffingerhänden.

Die Entwicklung basiert auf zielgerichteten Studien zur Biomechanik des menschlichen Bewegungsapparats, unter dem Aspekt, die Erkenntnisse in eine technische Konstruktion zu übertragen, die mit einfachsten Mitteln eine ähnliche Performance ermöglicht.

Das Schlüsselement für die technische Umsetzung lieferte der Fluidic Muscle von Festo, dessen Zugkraft mittels künstlicher Sehnen aus extrem reißfesten Dyneema®-Seilen momentfrei, auch über mehrere Gelenke hinweg, an die gewünschten Stellglieder übertragen werden kann. So kann die Aktuatorik günstig im Körper angeordnet werden und die Masse der bewegten Teile klein gehalten werden. Jeweils zwei dieser kraftvollen und ultraleichten Aktuatoren können als antagonistisches Muskelpaar zusammengeschaltet werden und dienen zugleich als federnde Energiespeicher, die fließend-elastische Bewegungen ermöglichen. Mit elementaren Funktionen, Beugen, Strecken, Drehen werden im Gesamtkontext der Konstruktion mit insgesamt 48 Freiheitsgraden hoch komplexe Bewegungsabläufe realisierbar.

Beim Menschen sind diverse Muskeln, wie z. B. die Großen Brustmuskeln oder der Deltoideus, im Schultergelenk flächig ausgebildet. Bei Kontraktion verschiedener Fasergruppen ziehen sie in unterschiedliche Richtungen und können damit auch ein Kugelgelenk sicher führen. Der Fluidic Muscle liefert jeweils die axiale Zugkomponente. Statt die Natur nachzubilden und Fächer aus vielen Einzelementen zu bauen, wurde in der bionischen Umsetzung z. B. das Kugelgelenk der Schulter zu einem Dreiaxsenkardangeln umkonstruiert. So ist jede der drei Hauptachsen präzise einzeln ansteuerbar, und die gesamte Bewegung des Oberarms kann mit nur drei Muskelpaaren bewerkstelligt werden. Dies ist nur ein Beispiel. Es wurde eine ganze Reihe von intelligenten Strukturösungen und mechanischen Kopplungen verwirklicht, die auch in anderen technischen Anwendungen genutzt werden können.

Während unsere Hand von einer Vielzahl unterschiedlichster Muskeln bedient wird, konnte beim Muskelroboter die Zahl der Aktuatoren drastisch reduziert werden, indem die Fingerstrecker durch einfache Rückholfedern ersetzt wurden. Die für das Greifen und sichere Halten verschieden geformter und unterschiedlich schwerer Gegenstände unabdingbaren Beuger der Finger und die Muskeln zur Kontrolle der Handstellung wurden als Revolver um den Unterarm angeordnet. Ihre Kräfte werden mittels Dyneema®-Fäden in speziellen Bowdenzügen zu den jeweiligen Gelenkabschnitten geleitet.



Schultergelenk



Humanoid in Bewegung

Die Gelenke des Roboters verfügen über Winkelsensoren, die eine gradgenaue Regelung der Position ermöglichen. Weitere Sensoren messen an jedem Muskel des Körpers den Druck bzw. die Belastung des jeweiligen Gelenks. Mit diesen Sensorinformationen ist man in der Lage, eine beliebige Position im Raum kraftgeführt anzufahren. Dabei lässt sich der „Muskeltonus“ so regulieren, dass vom lockeren Pendeln oder Schwingen bis hin zur kraftkontrollierten Präzisionsbewegung eine große Bandbreite unterschiedlicher bewegungskinematischer Abläufe abgedeckt werden kann.

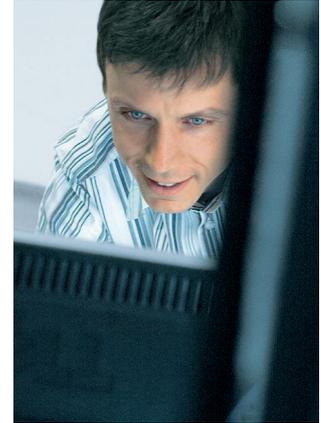
Jeder Arm und jede Hand wird von zwei Mikrocontrollern gesteuert. Ein Mikrokontroller liest und verarbeitet die Sensorinformationen, führt den Regler aus und sendet die Stellgrößen für die Muskeln an den zweiten Mikrokontroller. Dieser steuert über entsprechende Verstärker die Ventile, die die Muskeln mit Luft versorgen. Alle Sensorkontroller erhalten ihre Zieldaten von einem Steuercomputer, der im Fuß des Roboters untergebracht ist. Der Input für den Steuercomputer kommt über eine Funkverbindung vom Datenanzug und den Datenhandschuhen des Operators.

Der Humanoid verfügt annähernd über denselben Bewegungsradius wie ein gleich großer Mensch. Mit seinem guten GewichtsLeistungs-Verhältnis, seiner Fähigkeit, Gegenstände zu greifen und im Bewegungsraum zu positionieren und seinen menschenähnlichen Proportionen lässt er keine Zweifel an seinem Vorbild aufkommen. Der Roboter kann sowohl vorprogrammierte Bewegungen abfahren, als auch über Datenanzug und Datenhandschuhe online aktuiert werden. So ist man in der Lage, alle Bewegungen des menschlichen Protagonisten mit einer leichten

Zeitverzögerung von ca. 0,5 Sekunden direkt auf den Roboter zu übertragen. Die Übertragung kann auch über große Entfernungen laufen.

Neben einer Fülle von spannenden und multivalent nutzbaren technischen Detaillösungen wird mit diesem Projekt insbesondere gezeigt, wie Mensch und Humanoid künftig auf einfachste Weise zusammenarbeiten können. Dabei kann der Humanoid Muskelroboter gewissermaßen als verlängerter Arm bzw. auch als Stellvertreter des Menschen fungieren und an Orten eingesetzt werden, die dem Menschen nicht zugänglich oder für ihn zu gefährlich sind. Die Palette potenzieller Anwendungsgebiete erstreckt sich vom terrestrischen Umfeld über die Tiefen des Ozeans bis zu Arbeiten im Weltraum.

Dieser anthropomorphe Roboter, der mit dem Fluidic Muscle von Festo aufgebaut wurde, kann Haltearbeit verrichten, ohne dass dies zu Ausfällen in der Aktuatorik führt. Die fließenden und dem Menschen ähnlichen Bewegungen sind nur Dank dem Fluidic Muscle von Festo möglich.



Technische Daten

Abmessungen:

In Ruhe:	Grundfläche:	82 x 50 cm
	Höhe:	175 cm
In Aktion:	Bewegungsradius:	110 cm
	Bewegungshöhe:	220 cm

Anzahl Aktuatoren, Fluidic Muscle von Festo:

Körper:	MAS40	2 x 2
	MAS20	2 x 6
	MAS10	2 x 2
Hand:	MAS5 (Prototyp)	2 x 16

Anzahl Sensoren:

Körper:	Winkel:	2 x 5
	Druck:	2 x 10
Hand:	Winkel:	2 x 11
	Druck:	in Vorbereitung

Anzahl Mikrokontroller:

Körper:	2 x 2
Hand:	2 x 2

Versorgung:

Ventile:	12 V
Elektronik:	5 V
PC:	220 V
Absicherung:	10 A
Luft:	8 bar
Material:	Aluminium

Gewicht:	90 kg
Handhabbares Gewicht:	2 kg
Positioniergenauigkeit:	1°

Projektbeteiligte

Projektinitiator:

Dr. Wilfried Stoll, Aufsichtsratsvorsitzender der Festo AG

Projektleitung und biomechanische Entwicklung:

Dr. Rudolf Bannasch, Evologics GmbH, Berlin

Leiter bionische Sensorik, Steuer- u. Regelungstechnik:

Dipl.-Ing. Ivo Boblan, Fachgebiet Bionik und Evolutionstechnik, Technische Universität Berlin

Mechanik und Konstruktion:

Hartmut Schwenk, Fachgebiet Bionik und Evolutionstechnik, Technische Universität Berlin
Frank Prietzel und Leif Kniese, Evologics GmbH, Berlin

Hardwaresystementwurf Elektronik:

Dipl.-Ing. Andreas Schulz, Evologics GmbH, Berlin
Dipl.-Ing. Georgi Pleskach, Evologics GmbH, Berlin
Lars Miersch, AG Sensorische und kognitive Ökologie der Ruhr-Universität Bochum

Projektleiter bei der Festo AG & Co. KG:

Dipl.-Ing. (FH) Markus Fischer, Corporate Design

Technische Beratung:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Axel Thallemer, Universität für industrielle und künstlerische Gestaltung Linz, Österreich
Dr. Dipl.-Phys., Dipl.-Kfm. Werner Fischer, München

Grafik: Atelier Frank, Berlin

Fotos: Walter Fogel, Angelbachtal

Festo AG & Co. KG

Corporate Design
Rechbergstraße 3
73770 Denkendorf
www.festo.de
Telefon 07 11/347-38 80
Telefax 07 11/347-38 99
fish@de.festo.com