

# ZAR4 - Ein Humanoider Roboterarm und 5-finger Hand mit fluidischen Muskeln: Biologienahe Konstruktion und Funktionalität

Ivo Boblan<sup>1</sup>, Rudolf Bannasch<sup>2</sup>, Hartmut Schwenk<sup>1</sup>, Frank Prietzel<sup>2</sup>, Lars Miertsch<sup>2</sup>, Andreas Schulz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Berlin, FG Bionik und Evolutionstechnik, Ackerstr. 71-76, 13355 Berlin, Germany, boblan@bionik.tu-berlin.de

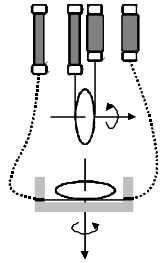
<sup>2</sup>EvoLogics, F&E Labor Bionik, Ackerstr. 71-76, 13355 Berlin, Germany



## Motivation:

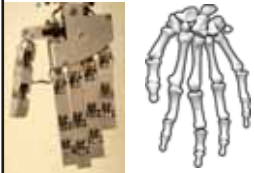
Humanoide Roboter vereinen biologische Prinzipien in Konstruktion und Funktionalität mit einer technisch realisierbaren Umsetzung, ohne das natürliche Vorbild den Menschen exakt zu kopieren. ZAR4 (Zwei-Arm-Roboter, Version 4) ist in der Größe und in den Proportionen einem 190 cm großen Menschen nachempfunden, der in den Bewegungsfreiheitsgraden und Bewegungsradien seinem natürlichen Vorbild in nichts nachsteht. Seine biologisch motivierte Konstruktion ermöglicht durch spezielle Gelenke und Aktuatoren sowohl eine aktive als auch eine passive Anpassung der Steifigkeit in den verschiedenen Bewegungssituationen. Diese Kombination führt zu weicheren und nachgiebigeren Bewegungen, wodurch ein direkter Kontakt mit derartigen Maschinen für uns angenehmer wird.

## Ellenbogen:



Die Elle-Speiche-Drehung ist reduziert auf die resultierende Rotationsachse und durch die Konstruktion des Handmuskelrevolvers an das Ellenbogengelenk angekoppelt. Das Ellenbogengelenk wird direkt angetrieben und bewegt den Unterarm inklusive Unterarmdrehgelenk, welches dadurch über Bowdenzüge angesteuert werden muß.

## Hand:

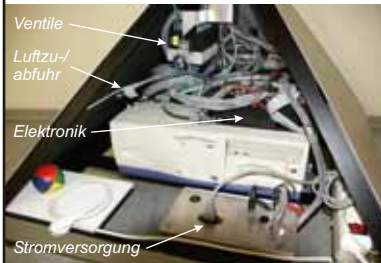


Die Hand ist in ihrer Größe und Proportion der menschlichen Hand nachempfunden inklusive aller Gelenke und Aktionsradien. Das Handgelenk ist in seine Grundrotationsachsen zerlegt und jeweils über eigene Seilscheiben angesteuert. Damit das Handgelenk nicht in der Bewegungsfreiheit eingeschränkt wird, sind die Bowdenzüge der Fingerzugseile durch den Rotationsmittelpunkt geführt. Jedes Fingergelenk wird durch einen Muskel gekrümmt und durch eine Feder wieder gestreckt. Die äußeren und mittleren Gelenke aller Finger sind gekoppelt.



## Standfuß:

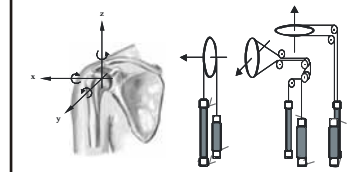
In der mobilen Basis sind der Steuer-PC, die Schnellschaltventile für die Schultermuskeln, die Mikrokontroller für die PWM-Ansteuerung der Ventile, die Stromversorgung für die Mikrokontroller 5V und für die Ventile 24V und die Luftanschlüsse für Zu- und Ableitung untergebracht. Als Druckluftreservoir können Druckluftflaschen oder eine interne Hausdruckluftleitung verwendet werden.



## Schulter:



Die äußerst flexible aber instabile menschliche Schulter mit ihren großen Bewegungsradien motiviert die Konstruktion eines speziellen Schultergelenkes. Dieses separiert die notwendigen Gelenkfreiheitsgrade so, dass die angreifenden Zugkräfte über Umlenkrollen auf die verschiedenen Gelenkwinkel übertragen werden.



## Muskel:

Der fluidische Muskel der Firma FESTO besteht aus einem gummi-getränkten Kevlargewebe und ist gegenüber dem Elektromotor leichter, hat ein größeres Kraft-Gewicht-Verhältnis, kein Stick-Slip-Verhalten und ist einfacher und verschleißbarer aufgebaut. Die maximale Verkürzung liegt bei 25%. Als Linearantrieb ist er der ideale Ersatz für den natürlichen quergestreiften Muskel. Er kann an beliebiger Stelle positioniert werden, da seine Zugkraft mechanisch einfach durch Seile und Umlenkrollen übertragen werden kann.



## Massenverteilung:

Alle Muskeln der Hand sind wie beim Menschen im Unterarm um den Unterarmknochen angeordnet. Die Zugkräfte werden mittels Dyneemafäden durch Bowdenzüge geleitet und bewegen durch die Anknüpfung am distalen Teil jedes Gelenkes die Finger. Somit bleibt die Hand schlank und frei von zusätzlicher Masse, was zu geringeren Drehmomenten und höheren Bewegungsgeschwindigkeiten führt. Die Muskeln der Elle-Speiche-Drehung und des Ellenbogens sind im Oberarm angeordnet und als Antagonisten ausgeführt. Ihre proximale Anordnung verringert die zu bewegende Masse für diese Gelenke und verschiebt den Gesamtmasseschwerpunkt in Richtung Wirbelsäule. Die Muskeln des Schultergelenkes sind im Rumpf des Roboters angeordnet, so daß sie bei einer Bewegung nicht mit bewegt werden müssen. Lediglich die horizontale Bewegung der Schulter dreht den Vier-Muskel-Zylinder um seinen Schwerpunkt.