

Seminar: Der künstliche Mensch
Wintersemester 2005/06
Prof. Dr. Raul Rojas
Gerald Friedland

Freie Universität Berlin
Institut für Informatik
AG Künstliche Intelligenz

Künstlicher Arm

Ewa Kampa, Cornelia Feist

1 Kurzer geschichtlicher Abriss

In der Geschichte taucht zum ersten Mal die „Eiserne Hand“ auf, das war im Zweiten Punischen Krieg (von 218 – 201 v. Chr.) als der Römer Marcus Sergius seine rechte Hand verlor und ihm daraufhin eine eiserne Hand angefertigt wurde, mit der er lt. Überlieferung weiterkämpfte und gewann.

Die eiserne Hand von Götz v. Berlichingen (verlor rechte Hand 1504) wog ca. 600g. Bis zu diesem Zeitpunkt war man soweit, dass nur die Form und Gestalt des fehlenden Armes ersetzt wird und dem Zweck des Haltens und Tragens diene.

Der berliner Hofzahnarzt Ballif läutete 1812 eine richtungsweisende Ära ein. Erstmals gelang es ihm, mittels Bewegung des Schultergürtels über Zugschnüre körpereigene Kräfte von der gesunden Schulter auf den Kunsthand zu übertragen. Somit konnte die Kunsthand nun schon eine aktive Streckung und Beugung der Finger mittels Federzug vornehmen.

Sauerbruch forschte 1915 auf Grundlage der verbliebenen Muskeln am Amputationsstumpf. Das ergab, dass die Muskeln einen Antrieb für die künstliche Hand darstellen und in der Lage sein sollten die Hand zum spontanen greifen, fassen und halten zu bewegen. Dies sollte ohne das komplizierte Gurtsystem zur Fixierung und ohne Kraftübertragung durch Schulterzüge gelingen.

1920 konnten diese erforschten Details erstmal angewandt werden. Jedem Unterarmamputierten bis Schulterexartikulierten konnte seit dem geholfen werden.

2 Einordnung, Klassifizierung

Die Anwendungsgebiete künstlicher Ersatzteile sind vielseitig, von Körperprothesen über Seh- und Hörimplantate bis hin zu eingepflanzten Mikrochips. Aufgrund dieser vielen Anwendungsgebiete, ergeben sich bestimmte Anforderungen: sehr leicht, fest genug (aufgrund der unterschiedlichen Beanspruchung beim Spitz- und Faustgriff), keine Gefährdung gegenüber sich selbst und der Umwelt, wenig störende Geräusche (Elektromotor) und möglichst nah am natürlichen Arm (Kosmetik).

1. „Passive Armprothesen“

- a) Kosmetische Armprothese
 - stellte nur das äußere Erscheinungsbild wieder her
 - manche benutzten die Kunsthand ihrer Armprothese zeitweise als Beihand zum tragen von Gegenständen

2. „Aktive Armprothesen“

- a) Zugbetätigte Armprothesen
 - Eigenkraft Prothesen mit indirekten Kraftquellen
 - Prothesen-Funktionen werden durch die Bewegungen des Stumpfes, bzw. Schultergurtes über eine Kraftzugbandage ausgeführt
- b) Myoelektrische Armprothesen
 - Fremdkraft Prothesen
 - es werden elektrische Aktionspotentiale von der Stumpfmuskulatur für die Betätigung der Prothese genutzt. Potentiale entstehen bei der Kontraktion eines Muskels und sind auf der Hautoberfläche im Mikrovoltbereich messbar. Sie werden von Elektroden abgenommen, verstärkt und als Steuersignale zu den Funktionselementen geleitet.
 - Energiespeicher ist ein aufladbarer Akkumulator. Bei Erwachsenen 6 Volt, bei Kindern 4,8 Volt
- c) Hybrid Prothesen
 - Kombination aus Fremd- und Eigenkraftsteuerung

3 Entwicklung ab 1980

1980 Campbell Aird erster Mensch mit voll funktionsfähigem bionischen Kunstartm auf mechanischer Basis. Mikrosensoren oberhalb der Amputationsstelle an noch intakten Muskeln nehmen die vom Gehirn gesendeten Befehle auf. Von dort erfolgt eine Weiterleitung an die Mikrochips (relevante Infos herausfiltern). Daraufhin wird die Mechanik des Arms in Gang gesetzt. Die Potentiometer (empfindliche Spannungsmesser) geben eine genaue Rückmeldung über die ausgeführte Bewegung. Noch nicht möglich ist das Fingerspitzengefühl; den Forschern schwebt vor, dies mit Hilfe eines Temperaturfühlers umzusetzen, der bei extremen Temperaturveränderungen den Benutzer warnt bzw. im Gehirn Alarm schlägt; und die Greifkraftdosierung, die durch einen Drucksensor hergestellt werden soll. Dann hätte der Träger die Möglichkeit die Stabilität bzw. die Oberfläche des Objektes zu überprüfen.

Den gelähmten Menschen oder denjenigen die keine intakte Armmuskulatur am Armstumpf aufweisen ist noch nicht geholfen und die Individualität der Signalmuster (variiert von Mensch zu Mensch) an Armmuskulatur benötigt viel Zeit und Geduld beim Anpassen der Prothese.

Die Hahnemann Hochschule forschte in dem Bereich, dass Computerchip und Gehirn auf Basis elektrischer Signale funktionieren; im Silizium tragen Elektronen den Strom, im Gehirn dagegen Ionen -> Problem: Ionen aus der Nervenzelle können nicht in Halbleiter und die Elektronen aus dem Silizium nicht in die Zelle. Fromherz nahm sich dem Problem an und gelang zu einer Lösung: eine hauchdünne Glasscheibe zw. Neuron und Chip. Elektrische Ladungen können durch Glas zwar nicht hin- und herfließen, aber der Siliziumchip spürt das elektrische Feld der Nervenzelle. Durch weiterforschen gelang es, dass das Neuron auf Spannungsschwankungen im Chip reagierte. Forscher können nun in einem Schritt die Zelle ansprechen und die Aktivität messen.

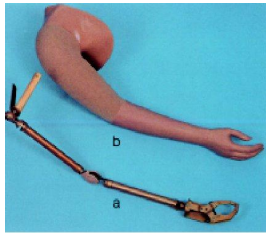
Nächster Entwicklungsschritt war es, die natürliche Beweglichkeit herzustellen. Das gelang durch „Mikro-Fluidaktorik-Technologie“ (Hydraulik-Prinzip): in den Fingern stecken Kammern aus flexiblem Kunststoff (sog. Aktoren), je nach gewünschter Bewegung drückt Pumpe ölhaltige Flüssigkeit in Aktoren, es erfolgt eine Verformung (Krümmung und Streckung der Finger). Durch die 10 Kammern hat man ein umfassendes Bewegungsspektrum. Vorteile dieser Entwicklung: Die Hand ist nicht schwerer als das natürliche Körperteil, sie ist weich durch die flexiblen Kammern und ein handschuhähnlicher Überzug sorgt für natürliches Aussehen. Der Kunstartm konnte bis zu diesem Zeitpunkt folgendes: Der Träger steuert Bewegung über Muskelzucken am Armstumpf. Zwei Elektroden registrieren elektrische Nervenimpulse. Mikroprozessoren steuern die Handbewegung über Flüssigkeitspumpe und Ventile.

2003 steuerte Jesse Sullivan die Prothese über „Gedanken“ (erste Generation). Dr. Todd Kuiken von RIC hat dazu Nervenenden der amputierten Arme von der Schulter mit dem Brustmuskel verbunden. Die darüber platzierten Elektroden nehmen die Impulse auf und leiten sie an die mechanische Prothese weiter. Zweite Generation: mehr Bewegungen und spontane Kontrolle waren möglich. 2006, wird evt. die dritte Generation fertig gestellt werden, die dem Träger einen Tastsinn für den Arm verschafft.

Im Verlaufe der Jahre wurden also Prothesen entwickelt, die sehr viel mehr Kraft haben, als die in den Anfängen – können mehr Last tragen; die Geschicklichkeit wurde erhöht und sie wurden von Stufe zu Stufe leichter.

4 Bilder und Aufzeichnungen

Kosmetische Armprothesen



a: Modular-Bauteil
b: fertige Prothese



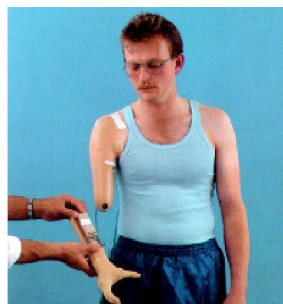
Zugbetätigte Armprothesen



Fremdkraft-Prothesen



Kombination aus Fremd- und Eigenkraftsteuerung



Video, Jesse Sullivan mit Prothese der zweiten Generation:



5 Literatur

<http://www.bahr-gmbh.com/09-Armprothetik/Armprothetik.htm>

<http://www.lattrich.de/orthopaedietechnik%20armprothesen.htm>

<http://www.faz.net>

<http://www.wissen.de>

<http://www.spiegel.de/video/content/0,4916,9823-2-0,00.html>

http://www.faz.net/s/Rub7F74ED2FDF2B439794CC2D664921E7FF/Doc~ED47FCBCD89FD4ED98CF5AB8FE1167D12~ATpl~Ecommon~Sav~Alk~Evideo~Sreuters~S090106bionikmann_1~Pwmv~Aplay~Evideo~Aext~E~PV_H.html