

# Nachwuchsforschergruppe in der Fördermaßnahme BIONA Biomimetische, elastische Antriebe für die Robotik »ELAN«

**Projektleiter**  
Universität Bielefeld  
Technische Fakultät  
Dr. Axel Schneider  
ELAN-Projekt  
Universitätsstr. 25  
33615 Bielefeld

E-Mail: [axel.schneider@uni-bielefeld.de](mailto:axel.schneider@uni-bielefeld.de)  
Tel.: +49(0)521 / 106 - 5163  
Fax: +49(0)521 / 106 - 6440

## Das Projekt

Biologische Bewegungssysteme in der Natur sind im Allgemeinen elastisch ausgelegt. Wichtige Quellen dieser Nachgiebigkeit sind z. B. Sehnen, Bänder und das Muskelgewebe selbst. Die zugrunde liegenden neuronalen Regelungsmechanismen haben sich in der Evolution gemeinsam mit den Strukturen des Bewegungsapparats entwickelt. Im Sinne einer technischen Nutzbarmachung ist es daher wichtig, die biologischen Antriebe und ihre Regelungsmechanismen nicht getrennt sondern gemeinsam zu betrachten.

Im Rahmen des ELAN-Projekts werden neurobionisch geregelte, elastische Gelenkantriebe mit muskelähnlichem Verhalten entwickelt, die sich eng an die biologischen Vorbilder anlehnen und deren Vorteile in Konstruktion und Regelung aufgreifen. In Abhängigkeit von der Ansteuerung werden unterschiedliche elektrische Antriebssysteme entweder mit realen elastischen Elementen ausgestattet oder durch geeignete Regelung („virtuelle Federn“) zur Erzeugung des gewünschten biomimetischen, elastischen Verhaltens gebracht. Zusammen mit einer intelligenten Sensorik und einer miniaturisierten Gelenkelektronik entstehen so modulare, biomimetische Gelenkantriebe für vielfältige Anwendungsbereiche wie z. B. in der Industrie- und Servicerobotik, in der Prothetik und in Geh- und Klettermaschinen.

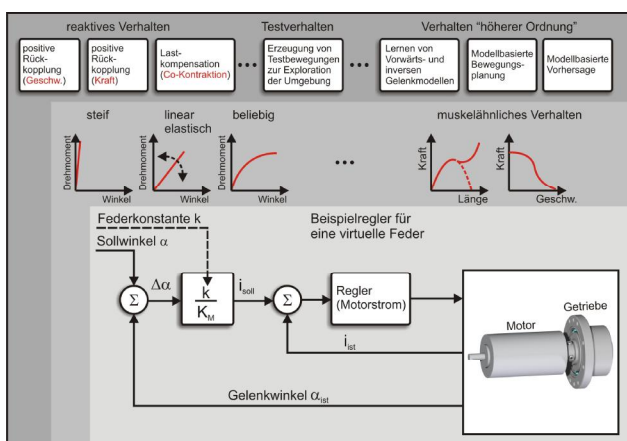


Abbildung 1: Antriebskonzept (vereinfachtes Modell)

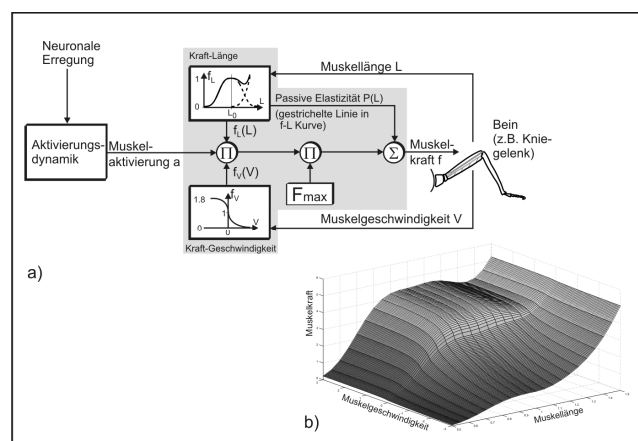


Abbildung 2: a) Muskelmodell mit Gelenk b) Muskelkennlinie

Abbildung 1 zeigt ein vereinfachtes Schalenmodell des Antriebskonzepts. Den Kern des biomimetischen, elastischen Antriebs bilden unterschiedliche rotatorische bzw. translatorische Elektroantriebe (als Beispiel ist ein DC-Motor mit einer Getriebebox dargestellt). Auf dieser Ebene werden unterschiedliche Regelungskonzepte implementiert, um die Voraussetzungen sowohl für präzise Positionierfähigkeiten als auch für elastisches Verhalten zu schaffen. Die Elastizität kann sowohl rein virtuell (durch Regelung) als auch durch zusätzliche reale elastische Elemente erzeugt werden.

Basierend auf diesen Kernfähigkeiten, beinhaltet die nächste Schale die Erzeugung unterschiedlichen Gelenkverhaltens. Die Spanne reicht von klassisch steifen Gelenken über lineare Elastizitäten bis hin zu beliebig veränderbarem dynamischen Verhalten zur Laufzeit. Dies ermöglicht unter anderem auch die Erzeugung muskelähnlichen Verhaltens (siehe z.B. Muskelkennlinie in Abbildung 2b). Auch geometrische Besonderheiten im Gelenkaufbau eines biologischen Modellsystems können berücksichtigt werden und das technische Gelenkverhalten verändern (Abbildung 2a).

Die äußere Schale des Antriebskonzepts vereint schließlich verschiedene biologische Regelungskonzepte. Das Repertoire reicht von unterschiedlichen reaktiven (reflexartigen) Verhaltensweisen über Testbewegungen bis hin zu Verhalten höherer Ordnung. Letztere beinhalten die Bildung von Vorwärts- und inversen Modellen auf Gelenkebene und bilden die Grundlage für die Weiterentwicklung zu einem intelligenten Gelenk.

## **Bionischer Ansatz**

Das ELAN-Projekt verfolgt einen Bottom-Up-Ansatz. Ausgehend vom Aufbau biologischer Gelenke und deren Antrieben, den Muskeln, werden wichtige Systemparameter identifiziert und auf technische Antriebe übertragen. Muskeln weisen keine lineare Korrelation zwischen Kraft und Länge oder Kraft und Geschwindigkeit auf. Vielmehr hängen die entwickelten Muskelkräfte nichtlinear von der Muskellänge, der dynamischen Längenänderung und von der Aktivierung des Muskels ab (Abbildung 2a). Außerdem spielen die Aktivierungssignale (Aktionspotentiale) und die Aktivierungskinetik eine wichtige Rolle. Diese reichhaltige Muskeldynamik ist im Laufe der Evolution nicht zusammenhangslos entstanden, sondern vielmehr im Zusammenspiel mit den neurobiologischen Ansteuermechanismen evolviert. Daher ist es sinnvoll, die Antriebsaspekte zusammen mit den biologisch motivierten Regelungskonzepten herauszugreifen, um sie technisch anzuwenden. Antrieb und Regelung gehen in biologischen Systemen eine enge Symbiose ein.

## **Umweltentlastender Effekt und Nachhaltigkeit**

Bei der Entwicklung neurobionisch geregelter, elastischer Gelenkantriebe mit muskelähnlichem Verhalten handelt es sich um ein Forschungsprojekt, welches die Stärken der Bionik eindrucksvoll demonstriert. Diese liegen in der aktiven Zusammenführung verschiedener Forschungsdisziplinen außerhalb und innerhalb der biologischen Grundlagenforschung zur Erzeugung anwendungsnaher und praxisrelevanter Innovationen.

In den Bereichen Service- und Industrierobotik helfen elastische Antriebe, eine Interaktionssicherheit zwischen Mensch und Maschine herzustellen und somit eine nachhaltige Kooperationsfähigkeit aufrechtzuerhalten (safe robotics, accuracy on demand, elasticity on demand).

Die in diesem Projekt zu entwickelnden elastischen Gelenke haben darüber hinaus ein geringes Leistungsgewicht. Ihre Ansteuerung mit neurobionischen Regelungskonzepten unterstützt einen energieeffizienten Betrieb und somit einen nachhaltigen Umgang mit Energieressourcen.