

Ein Eulenhalsgelenk für effizientere Maschinen

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Hornfeck, Robin Löffler, Daniel Rücker

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Institut OHM-Chemie, Material- und Produktentwicklung

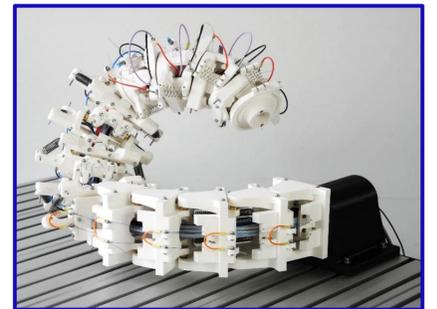
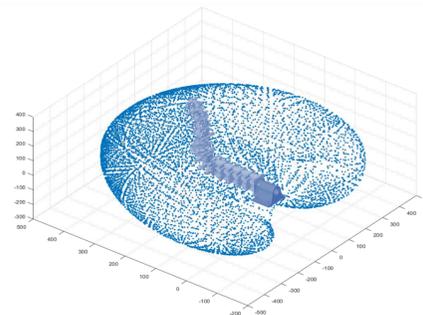
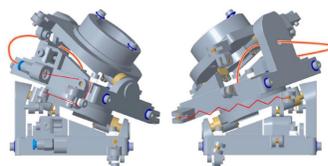
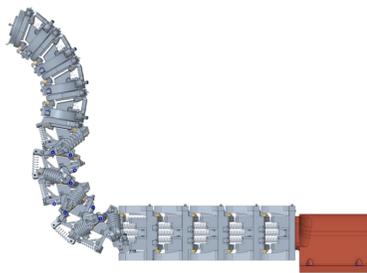
Biologisches Vorbild

- **Extreme Bewegungsfähigkeit der Eulenhalswirbelsäule**
 - Kopfdrehung um die **vertikale Achse** in beide Richtungen um **270°**
 - Kippen um die **horizontale Achse** von **180°**
 - **Große Gesamtbewegung** durch **viele kleine Einzelbewegungen**
 - **Blutbahnen** und **Rückenmark** verlaufen **innerhalb der Wirbel** und werden dadurch nicht gequetscht

Technische Übertragung

- **Mechanischer Aufbau**
 - Wirbelanordnung und Freiheitsgrade
 - Abstraktion von Sattelgelenken zu Drehgelenken
- **Simulation**
 - Vollständige Bewegungssimulation
 - Erzeugung von Erreichbarkeitskarten
- **Energie- und Ressourcenschonung**
 - Reduzierung der Einzelwinkel und Freiheitsgrade
 - Formgedächtnislegierungen mit extremer Energiedichte als Antriebe

Entwicklung der bionischen Eulenhalswirbelsäule



Biologisches Vorbild

- Kooperation mit Biologen der RWTH Aachen und Tiergarten Nürnberg
- Erfassung der Gelenkarten und Anordnung
- Kollisionsbetrachtung von Micro CT-Scans der Halswirbel
- Erfassung aller maximalen Einzelbewegungen der Halswirbel

Technische Abstraktion

- Übertragung der natürlichen Wirbelform auf technisch verwendbare Gelenkstrukturen
- Konstruktive Angleichung der drei Bereiche bzw. sechs Gelenkarten
- Freie Formgebung und optimaler Materialeinsatz durch additive Fertigung
- Betrachtung auftretender Kräfte und Momente in den einzelnen Gelenken
- Entwicklung einer Steuerung durch Pulsweitenmodulation

Ressourcenschonende Aktorik

- Einsatz von Drahtaktoren aus Formgedächtnislegierungen als Muskelersatz
- Agonist-Antagonist-Anordnung mit Federsystemen als Gegenspieler
- Höchste Leistungsdichte unter bekannten Aktortechnologien
- Einzeldraht mit $\varnothing 0,4$ mm und wenigen Gramm Eigengewicht hebt mehrere Kilogramm
- Hübe von 3 – 8 % der Drahtlänge
- Entwicklung von Umlenkkonzepten zur Integration großer Drahtlängen
- Umfangreiche Aktortests für optimale Integration in den Prototyp auf eigenem Prüfstand

Bewegungssimulation

- Entwicklung einer Methode zur Übertragung biologischer Kinematiken auf eine technische Anwendung
- Erfassung aller möglichen Posen des Prototyps über die Nutzung einer inversen Kinematik
- Darstellung in Erreichbarkeitskarten
- Übergabe der Einzelwinkel an die Steuerung
- Erfassung von Winkel- und Gelenkreduktionen unter gleichbleibender Gesamtbewegungsfähigkeit
- Rückführung der Bewegungssimulation zur Validierung biologischer Beobachtungen

Bionische Eulenhalswirbelsäule

- Umsetzung der technischen Abstraktion in einen Prototyp
- Unterstützung des iterativen Entwicklungsprozesses der Aktorintegration
- Durchführung von grundlegenden Versuchen zur Verifikation der Bewegungsfähigkeit
- Erfassung von potentiellen Anwendungsgebieten
 - Inspektionsarbeiten in schwer zugänglichen Gebilden
 - Leichte Greif- und Kooperationsaufgaben