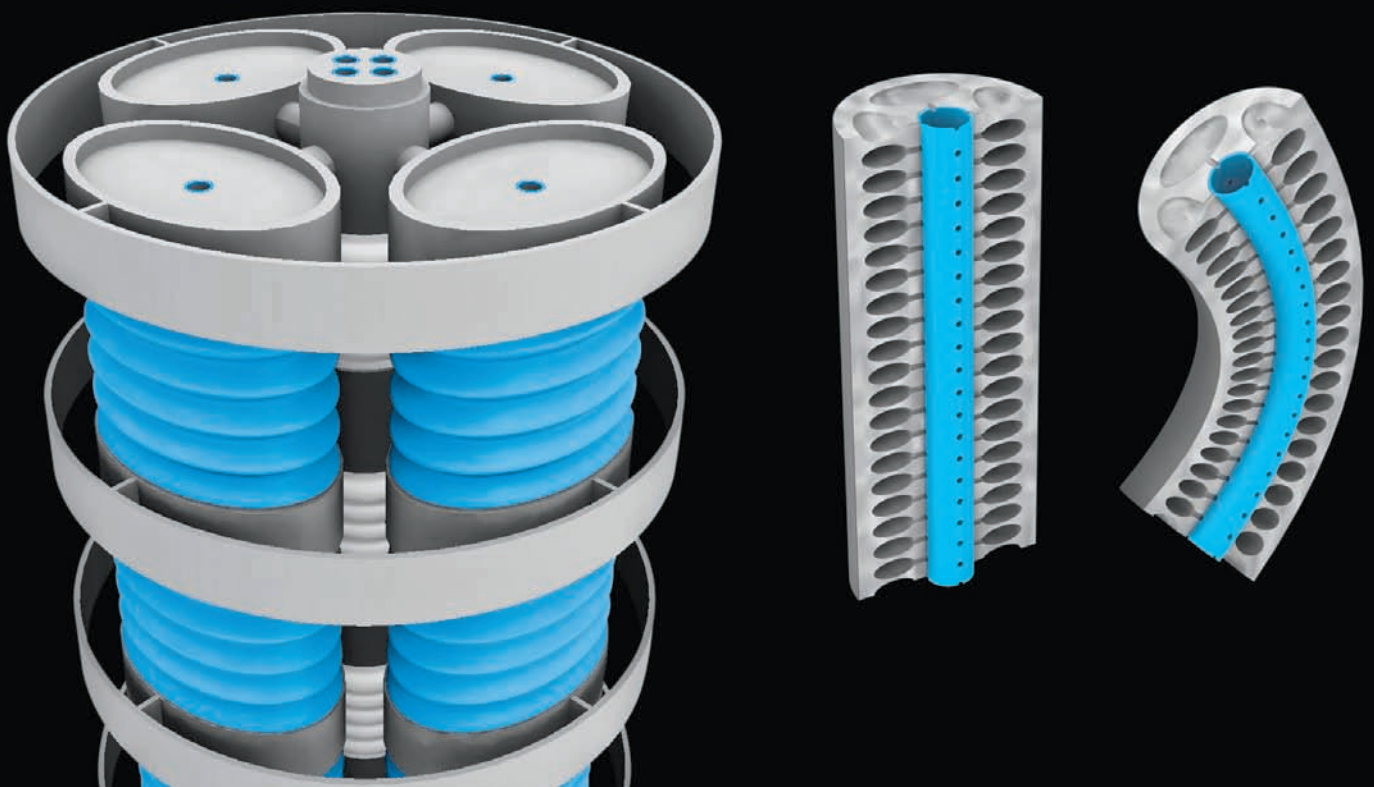


Pneumatische Leichtbaustrukturen

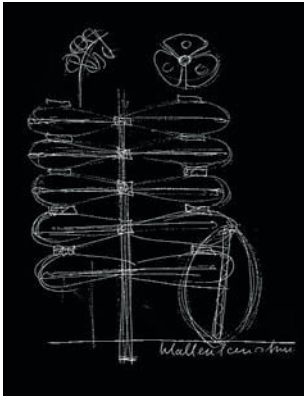
FESTO



Dokumentation
der Entwicklung

Info

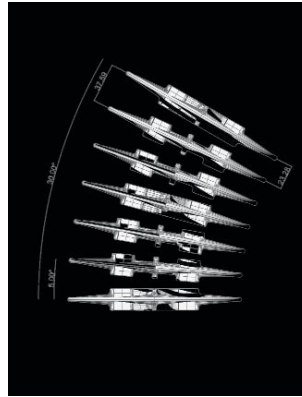
Mit innovativen Leichtbaustrukturen bewegen



Pneumatisches Grundphänomen (Skizze)



Auslenkelement/
Baukastensystem



30 Grad Auslenkradius

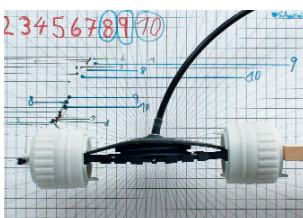


Bewegungsraum

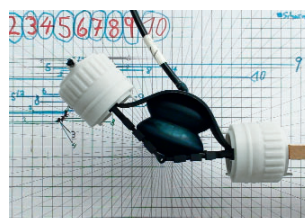
Ein fachlicher Schwerpunkt des Instituts für technologieorientierte Designinnovationen (ITD) an der Hochschule für Gestaltung in Offenbach unter der Leitung von Professor Dieter Mankau ist die gestalterische sowie technologische Auseinandersetzung mit aktuellen bionischen Themenstellungen und bereits vorliegenden Erkenntnissen. Eigene Forschungs- und Entwicklungsprojekte beschäftigen sich mit adaptiv reagierenden, druckpunktelastischen, pneumatischen und kinematischen Strukturen und Systemen für Leichtbauelemente. Diese Arbeitsergebnisse bilden die Basis für neue Produktentwicklungen wie z.B. adaptiv reagierende Leichtbauträger für textiles Bauen in der Architektur, die Entwicklung modular konzipierter Pflegebetten für Langzeitpatienten oder die Umsetzung druckpunktelastischer Elemente für Bürostühle.

Die Entwicklungskooperation des ITD mit der Festo AG & Co. KG ist eingebunden in das Bionic Learning Network von Festo. Grundlage der Zusammenarbeit sind die von Professor Dieter Mankau entwickelten Konzepte für pneumatische Leichtbaustrukturen und bionische Roboter- und Automationssysteme. Schwerpunkt ist hierbei die Überprüfung einer sinnvollen, anwendungsbezogenen Umsetzung der Grundphänome und deren Ausarbeitung und Umsetzungsvarianten in Hinsicht auf mögliche Einsatzgebiete.

Am Anfang des Projektes stand eine generelle Funktionsüberprüfung, sowohl bekannter wie auch neu entwickelter Prinzipien. Ein Lösungsansatz für ein räumlich freibewegliches Auslenksystem ist die Koppelung pneumatischer Aktoren zu mehreren, linear verlaufenden Funktionssträngen, die durch ihre Verbindung und gezielte Ansteuerung in Kombination mit einem Trägersystem ein mehrachsiges Auslenkelement bilden. Neben der Integration der pneumatischen Elemente in einem mechanischen System wurde von vorne herein die Möglichkeit einer Umsetzung als nichtmechanisches, adaptives Gesamtsystem angedacht. Hierbei werden die pneumatischen Aktoren mit hochflexiblem PU Kaltschaum umschäumt und eingebettet und bilden so ein Funktionssystem ohne mechanische Gelenke oder Lager. Die hierbei entstehenden Strukturen gliedern sich in das neue Feld der Soft-Robotik ein. Adaptive Roboter und Greifsysteme, die als nicht statische Systeme sowohl passiv wie auch aktiv auf Ihre Umgebung reagieren können somit im unmittelbaren Umfeld des Menschen zum Einsatz kommen ohne diesem zu Schaden. Aufgrund der hohen Komplexität in der Realisation der Prototypen wie auch durch den hohen Steuerungs- und Regelaufwand für die unterschiedliche Druckbeaufschlagung bzw. das Erzeugen von Unterdruck, wurde dieses Konzept bisher nur ansatzweise umgesetzt.



Baukastenelement mit Pneu und Obergurt ohne Abdeckung



Auslenkung durch Druckbeaufschlagung des Pneus

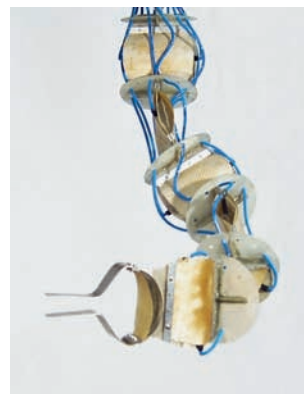
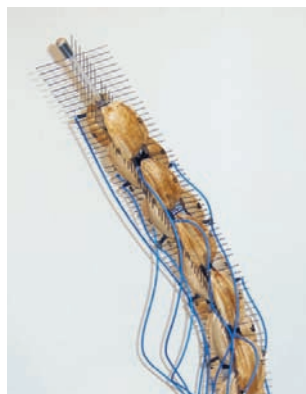
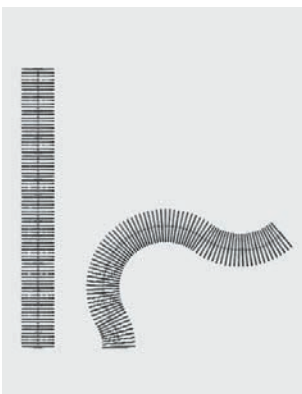
Nach einer generellen Überprüfung der Grundkonzepte wurde der Schwerpunkt auf ein Prinzip verlagert, bei dem ein pneumatischer Aktor durch seine Auslenkung in Verbindung mit einem Obergurt zu einer Auslenkung des Gesamtsystems führt. Dieses Prinzip kann sowohl zwei- wie auch dreidimensional umgesetzt werden. Es führt von durch Lager oder Gelenke definierten Auslenkungen hin zu nichtstatischen Strukturen mit freiräumlichem Bewegungsradius. Die Funktionsweise einachsiger Auslenkelemente wurde in Versuchen überprüft. Diese niederkomplexen pneumatischen Prinzipien eignen sich gut für einfache, adaptive Greif- und Automationssysteme. Lassen sich die zweidimensionalen Auslenkungen in ihrer technischen Ausformung vergleichsmässig leicht in den Griff



bekommen, steigt bei einer räumlichen und teilweise überlagerten Muskelanordnung die Komplexität. Die Vorstellung mit Hilfe dreidimensionaler pneumatischer Strukturen, mehrachsige Bewegungsmuster ohne die Assoziation mechanischer Wirkzusammenhänge generieren zu können, wurde zum neuen Arbeitsziel. Bei einem pneumatischen, mehrachsigen Bewegungssystem frei von mechanischen Gelenken, stabilisiert sich das System durch die unterschiedliche Druckbeaufschlagung der räumlich entgegengesetzten Muskeln von selbst und es können Leichtbaustrukturen mit einem optimalen Gewicht-/Kraftverhältnis realisiert werden. In mehreren Prototypen wurde untersucht, wie sich eine unterschiedliche Anordnung der pneumatischen Aktoren und deren Ausformung auf das Gesamtsystem und Bewegungsmuster auswirkt. Es wurden Strukturen mit 3 und 4 Aktorensträngen, die rotationssymmetrisch um den Mittelpunkt eines Trägersystem angeordnet sind, umgesetzt. Darüber hinaus wurde die überlagerte und versetzte Anordnung pneumatischer Aktoren in diesen Systemen überprüft. Die für die Steuerung vorgesehenen Piezoproportionalventile mit maximal

einem bar Arbeitsdruck wurden in das Trägersystem integriert. Mit diesem Druck lassen sich Bewegungsmuster ohne zusätzliche Lastaufnahme generieren. Für eine industrielle Anwendung muss das System komplett überarbeitet werden. Alle Komponenten wie Aktoren, Regelungstechnik etc. müssen für einen höheren Betriebsdruck ausgelegt werden, um den Anforderung eines möglichen Einsatzes in der Automation zu entsprechen.

Die Versuchsaufbauten haben gezeigt, daß sich mit den untersuchten Prinzipien und Strukturen leichte, adaptive und kostengünstige Auslenk- und Greifsysteme generieren lassen, die durch neue Produktionsverfahren im Feld des Rapid Manufacturing unmittelbar auf die Ansprüche des Kunden angepasst werden können. Zur Zeit entstehen die ersten Designstudien für die im Vorfeld untersuchten und in ihrer Funktion bestätigen, einfachen pneumatischen Prinzipien mit der Zielsetzung eines modularen Baukastensystems, das sowohl Greifer, Bewegungsaktoren, wie auch statische Verbindungselemente etc. beinhaltet.



Prototypen pneumatischer Leichtbaustrukturen (von links nach rechts): Schematische Darstellung der Auslenkbewegung, 4-Kammer-System mit versetzten Muskelsträngen, Aneinanderreihung linearer Auslenkelemente, 4-Kammer-System mit Sensorik

Technische Daten

Steuerung: CPX-GE-EV Controller/Ventilinsel von Festo
Software: FST 4.1 von Festo
Ventile: 12 Piezoproportionalventile von Festo
Betriebsdruck: 1 bar

Prototypen

Dreidimensionale Systeme

4-Kammer-Rundsystem, Länge 20 cm, 12 pneumatische Aktoren

4-Kammer-System, Länge 130 cm, 26 pneumatische Aktoren
4-Kammer-System, Länge 110 cm, 20 pneumatische Aktoren
4-Kammer-System, Länge 35 cm, 8 pneumatische Aktoren

4-Kammer-System mit versetzten Aktoren, Länge 80 cm,
22 pneumatische Aktoren
4-Kammer-System mit versetzten Aktoren, Länge 115 cm,
20 pneumatische Aktoren

4-Kammer-Baukastensystem, 6 Segmente
mit je 4 pneumatischen Aktoren, maximale Baulänge 150 cm

3-Kammer-System, Länge 125 cm, 21 große
und 18 kleine pneumatische Aktoren
3-Kammer-System, Länge 40 cm, 6 große und 3 kleine Aktoren

Lineares System mit versetzten Elementen,
5 Elemente mit je 2 pneumatischen Aktoren, Länge 75 cm
Lineares System mit versetzten Elementen,
7 Elemente mit je 2 pneumatischen Aktoren, Länge 85 cm

Prototypen

Zweidimensionale Systeme

Lineares System, Länge 50 cm, 12 pneumatische Aktoren
Lineares System, Länge 80 cm, 10 pneumatische Aktoren

Lineares System, Länge 60 cm, 10 pneumatische Hauptaktoren,
8 Aussteifungsaktoren

Lineares System, Länge 60 cm, 11 versetzte pneumatische Aktoren

Neben den aufgeführten Prototypen wurden eine Vielzahl
von kleineren Versuchsaufbauten und Tests durchgeführt.

Projektpartner

Projektinitiator:
Dr. Wilfried Stoll, Aufsichtsratsvorsitzender der Festo AG

Projektleitung:
Prof. Dieter Mankau,
Institut für technologieorientierte Designinnovationen,
Hochschule für Gestaltung, Offenbach

Entwicklungsteam:
Prof. Dieter Mankau, Dipl.-Des. Nico Sebastian Hopp,
Institut für technologieorientierte Designinnovationen,
Hochschule für Gestaltung, Offenbach

Visualisierung:
Dipl.-Des. Henrique Monnerat, Rio de Janeiro, Brasilien

Vorversuche:
Dipl.-Des. Lars Mayer, Marc Bischoff,
Hochschule für Gestaltung Offenbach

Projektleitung Festo AG & Co.KG:
Dipl.-Ing. (FH) Markus Fischer, Corporate Design

Entwicklungsteam Festo AG & Co. KG:
Dr. Rüdiger Neumann, Dr. Alexander Hildebrandt,
Forschung Mechatronik Systeme

Steuerung und Regelung:
Roland Grau, Exhibition Software, Festo AG & Co. KG

3-D-Druck:
Dipl.-Ing. Klaus Müller-Lohmeier
Helmut Müller, Manfred Morscheck,
Advanced Prototyping Technology, Festo AG & Co. KG

Kunststofftechnologie:
Dr. Robert Mayr, Dipl.-Ing. Herbert Wittig,
Polyvanced GmbH, Osnabrück

Festo AG & Co. KG

Corporate Design
Ruiter Straße 82
73734 Esslingen
Germany
www.festo.com/de/bionic
Telefon 0711 347-38 80
Telefax 0711 347-38 99
fish@de.festo.com