

Molecubes

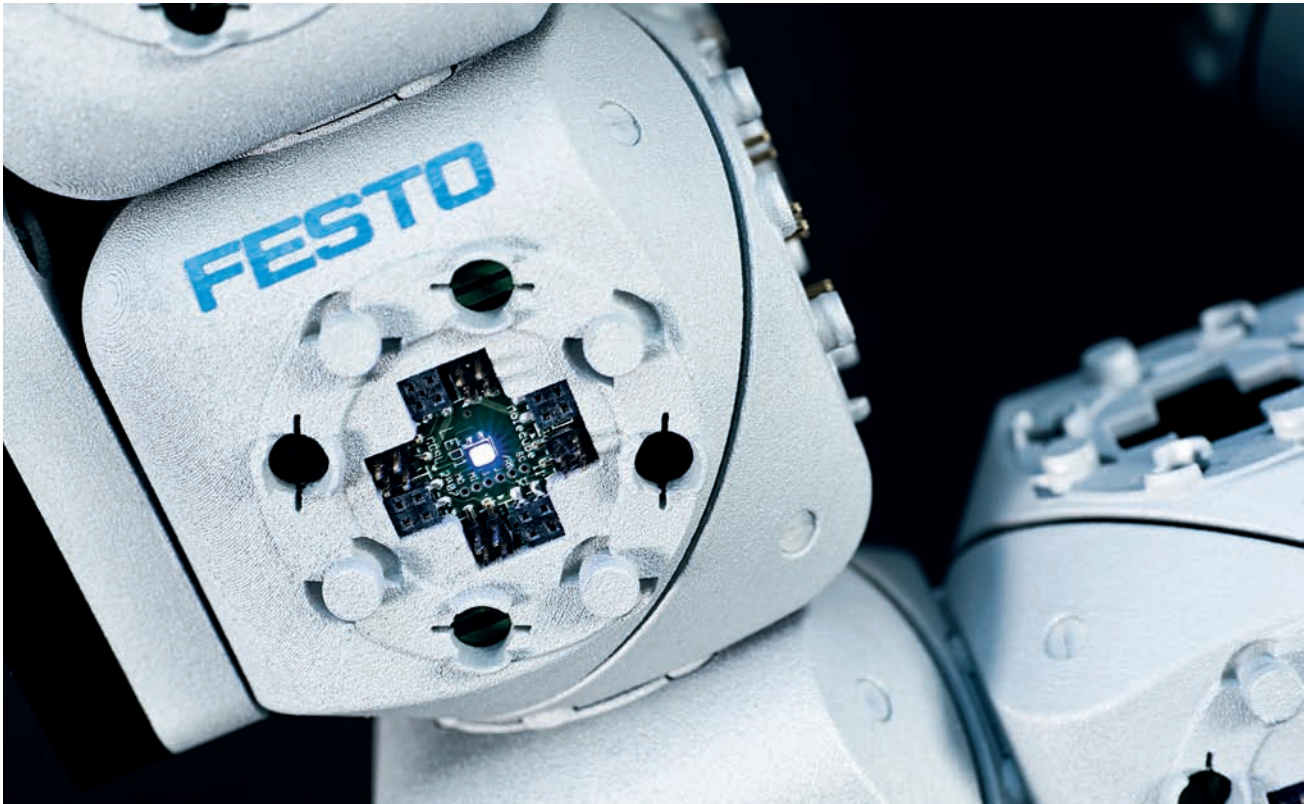
FESTO



**Eine programmierbare
Lernplattform**

Info

Modular lernen



Modularisierung – Prinzip der Natur

Modularisierung ist ein Prinzip der lebenden Natur: Lebewesen bestehen aus Molekülen und Zellen, die sich über die Programmierung der Gene zu Organen formieren. Zellteilung und Modularisierung sind die zwei Seiten der Reproduktion in lebenden Systemen.

Modularisierung ist auch die Grundlage für den Entwurf komplexer technischer Anlagen und Maschinen in allen Disziplinen, von der Elektrotechnik, der Mechatronik, der Robotik bis zu IT- und Verkehrssystemen.

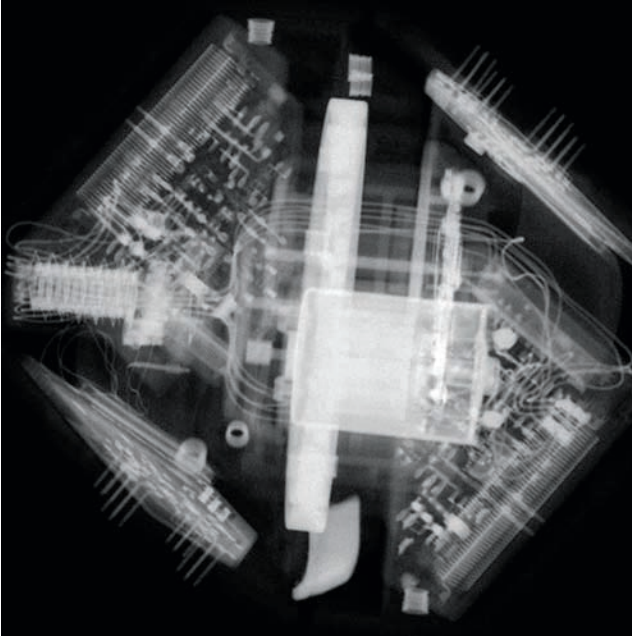
Auch Lernen, d.h. die auf Anwendung bezogene Aneignung von Wissen, ist Konstruktionsprozessen unterworfen. Vorhandene und neu erworbene „Wissensbausteine“ werden modular vernetzt. Aufgrund der Komplexität des menschlichen Gehirns ist Lernen nur wenig von außen steuerbar. Es spricht vieles dafür, dass Verstärken oder Verwerfen von positiven oder negativen selbstgemachten „Erfahrungsbausteinen“ das effizienteste Prinzip für nachhaltiges Lernen darstellt. Dieses Lernen nach „Versuch und Irrtum“ ist bei kleinen Kindern am Besten zu beobachten.

Molecubes – Lernen durch Experimentieren und Programmieren

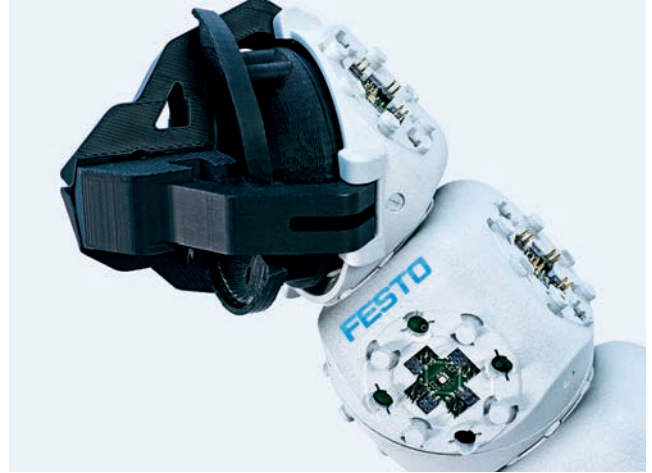
Den Einstieg in das Projekt bildet eine Weiterentwicklung des „Molecube Systems“ der Cornell University, Ithaca, USA, in der dritten Generation. Ein Würfel bildet die geometrische Grundform des Systems, an den weitere Molecubes wie Moleküle in einer chemischen Verbindung in sechs Richtungen angedockt werden können. Die zwei Hälften eines Molecube-Bausteins drehen sich um die Achse, die durch zwei diagonal gegenüberliegende Ecken gebildet wird. Durch die Aneinanderreihung mehrerer Molecube-Bausteine können fast beliebig viele Bewegungsvarianten des gesamten Systems im Raum realisiert werden. Als Endbausteine gibt es zudem Molecubes mit Greifern, Kamera oder Antriebsachsen. Die beim Andocken neu entstehende Konfiguration wird direkt an alle Molecubes des gesamten Systems kommuniziert. Die Energieversorgung und die Signalübertragung von Molecube zu Molecube sind somit gewährleistet.

Von der Realität in die Virtualität

Der durchgängige Systemansatz, der den mechanischen Aufbau in entsprechende Datenstrukturen übersetzt, ermöglicht jetzt auch den Sprung vom konkreten Aufbau in die virtuelle Realität. Um im Jargon des Massachusetts Institute of Technology MIT zu sprechen: from Atom to Bit. Die drahtlose Datenübertragung bildet die reale Konfiguration der Molecubes in ein Datenmodell auf einem Personal Computer ab.



Röntgenbild eines Molecube



Greiferbaustein

Die Molecubes können auf vier verschiedene Arten programmiert werden. Diese Programmierarten reichen von der manuellen bis hin zur automatisierten Programmierung:

High Level Programmierung

Die dem Programm MATLAB ähnliche Schnittstelle für numerische Berechnungen mit Hilfe von Matrizen ermöglicht die Programmierung durch direkte Antriebsbefehle, das Lesen der Sensoren, die Bedienung interner Variablen und von Datenflusskontrollbefehlen. Auf diesem Level lassen sich elementare Programmiererfahrungen mit direktem Feedback sammeln. Der Source Code ist verfügbar z. B. für Studieneinheiten über Compiler, die die Quellsprache in eine Zielsprache umwandeln können oder für die Erweiterung durch erfahrene Nutzer.

Direkte Programmierung

Über die ARM-Prozessor Schnittstelle können erfahrene User den Roboter direkt in der Programmiersprache C++ programmieren. Eine Library macht die direkte Kommunikation mit allen Sensoren und Aktuatoren möglich.

Machine Learning

Über diese Schnittstelle ist vollautomatisiertes Programmieren durch maschinelle Lernprozesse auf höchstem Niveau für Forschungszwecke möglich. Bestärkendes Lernen und evolutionäre Algorithmen sind hier die Schlagworte.

Graphische Nachbildung

Die realitätsnahe, graphische und physikalische Nachbildung erlaubt virtuelles Testen und Bedienen des Roboters. Der Nutzer kann in virtueller Realität geometrische und physikalische Parameter kontrollieren und z.B. das Kollisionsverhalten des Roboters überwachen. Die Simulationsdaten können zwischen mehreren Robotern ausgetauscht werden, z. B. um kooperatives Verhalten oder Wettbewerbsverhalten zu studieren.

Auf dem Weg zum Lernbaukasten

Die Studie zeigt die generelle Machbarkeit eines derart flexiblen Systems. Positive Erfahrungen mit Studenten in der Molecube Community an der Cornell University und anderen Universitäten weltweit unterstützen den gewählten Ansatz. Aufgabe einer nächsten Entwicklungsstufe der Molecubes wird es sein, die mechanische und elektronische Integration weiter voranzutreiben. Ziel ist es dabei, das Volumen der Molecubes unter Einsatz der Technologien von Festo nochmals deutlich zu verkleinern.

Mit dem Projekt Molecubes zeigt Festo eine mögliche zukünftige Lernumgebung. Diese kombiniert Lernen durch Selbsterfahrung mit den neuesten Möglichkeiten der modularen Software- und Robotertechnik. Roboter selbst aufzubauen und selbst zu programmieren macht die Automation erfahr- und vermittelbar. Technik zum Anfassen und Nachvollziehen für Jugendliche und alle interessierten Spezialisten.

Lernen aus der Praxis

Flexibles Maschinen- und Produktdesign für Systeme sind bei Festo schon lange Programm. So lassen sich die neuen Controller CPX-CEC und PC Worx mit universeller Programmieroberfläche nach IEC 61131-3 und modularer elektrischer Peripherie wie CPX einfach wie Moleküle andocken, wenn sich die Aufgaben ändern.



Technische Daten

Kantenlänge eines Molecubes:	66 mm
Gewicht:	0,200 kg
Drehmoment:	4,85 Nm
Drehwinkel:	kontinuierlich
Drehgeschwindigkeit :	maximal 17 pro Minute
Prozessoren:	2 x ATmega16
Servo controller:	AX-12 mit ATmega8
Kommunikation intern:	single wire, maximal 1Mbps
Kommunikation extern:	USB und Bluetooth
Simulation:	AGEIA PysX engine
Graphics rendering:	OGRE

Projektbeteiligte

Projektinitiator:
Dr. Wilfried Stoll, Aufsichtsratsvorsitzender der Festo AG

Projektleitung:
Dr. Hermann Klinger, Festo AG & Co. KG

Konzept und Entwurf:
Dr. Victor Zykov, Makani Power, Alameda, CA, USA
Prof. Dr. Hod Lipson, Cornell University, Ithaca, NY, USA
Dr. Hermann Klinger, Festo AG & Co. KG

Mechanische Komponenten:
Bastian Dolde, Walter Suchy, Festo AG & Co. KG
Christoph Altekamp, Altekamp Werkstatt für Gestaltung, Stuttgart

Software und Elektronik:
Dr. Victor Zykov, Makani Power, Alameda, CA, USA
Dr. Otto Szenn, Festo AG & Co. KG

Fotos:
Walter Fogel, Angelbachtal

Grafik:
Atelier Frank, Berlin

Festo AG & Co. KG

Business Development
Knowledge
Ruiter Straße 82
73734 Esslingen
Germany
www.applied-knowing.org
Telefon 0711 / 347-40 55
Telefax 0711 / 347-54 40 55
kli@de.festo.com