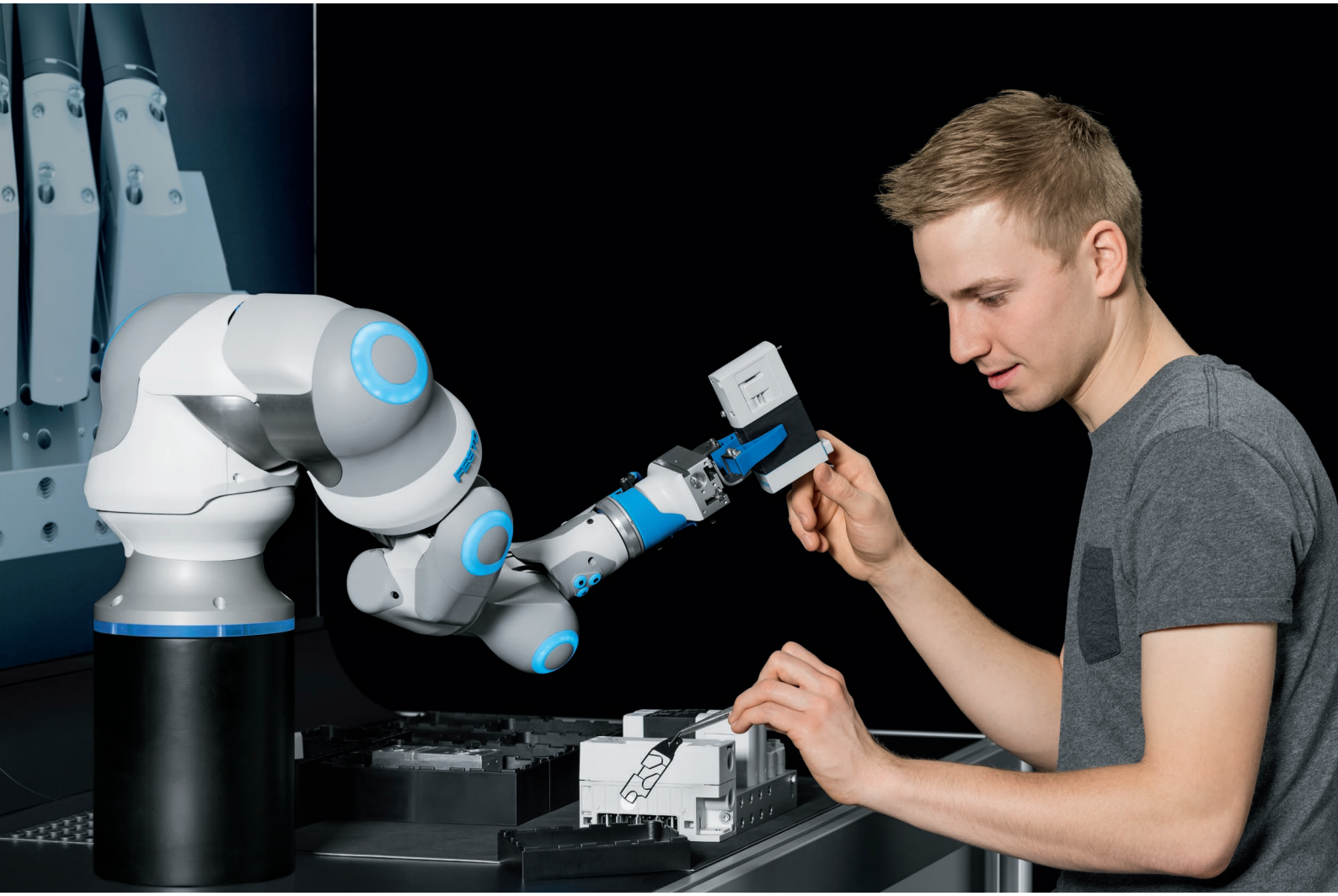
BionicCobot

Feinfühliger Helfer für die Mensch-Roboter-Kollaboration

FESTO

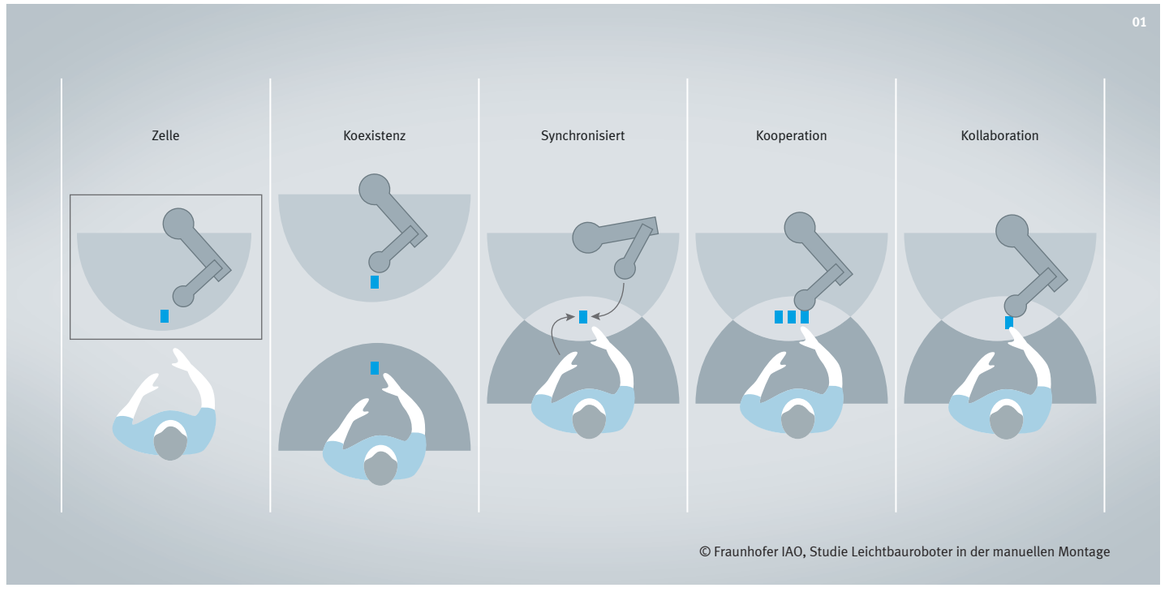


BionicCobot

Pneumatischer Leichtbauroboter mit menschlicher Bewegungsdynamik

01: **Kollaborativer Arbeitsraum:** gleichzeitige, gemeinsame Bearbeitung eines Werkstücks von Mensch und Roboter

02: **Denkbares Zukunftsszenario:** der BionicCobot als unterstützendes Assistenzsystem in der Montage



Ob kürzere Vorlaufzeiten, schnellere Produktlebenszyklen oder eine hohe Flexibilität bezüglich Stückzahlen und Varianz – die Anforderungen an die Produktion der Zukunft sind vielfältig und verändern sich schneller als je zuvor. Dieser industrielle Wandel verlangt ein neuartiges Zusammenspiel von Menschen, Maschinen und Daten.

Eine entscheidende Rolle spielen bei dieser Entwicklung neben der digitalen Vernetzung ganzer Anlagen vor allem roboterbasierte Automatisierungslösungen, die Hand in Hand mit dem Menschen zusammenarbeiten.

Kollaborative Arbeitsräume der Zukunft

Die strikte Trennung zwischen der manuellen Arbeit des Werkers und den automatisierten Aktionen des Roboters wird zunehmend aufgehoben. Ihre Arbeitsbereiche überlappen sich und verschmelzen zu einem kollaborativen Arbeitsraum. So können in Zukunft Mensch und Maschine gleichzeitig dasselbe Werkstück oder Bauteil gemeinsam bearbeiten – ohne dass sie aus Sicherheitsgründen voneinander abgeschirmt werden müssen.

Als Impulsgeber der Industrie-Automatisierung ist es die Kernkompetenz von Festo, die Produktions- und Arbeitswelten der Zukunft mitzugestalten. Wesentlicher Bestandteil bei der Ideenfindung ist das Bionic Learning Network. Im Verbund mit externen Partnern sucht Festo nach natürlichen Phänomenen und Wirkprinzipien, die sich auf die Technik übertragen lassen.

Paradigmenwechsel in der Robotik

Im Fokus der aktuellen Forschungsarbeiten stehen bionische Leichtbauroboter, die aufgrund ihrer natürlichen Bewegungsmuster und der eingesetzten Pneumatik geradezu prädestiniert sind für kollaborative Arbeitsräume und in Zukunft eine preisgünstige Alternative zu klassischen Roboterkonzepten darstellen können.

Die Stärken pneumatischer Antriebe liegen seit jeher in der einfachen Handhabung und ihrer Robustheit, den geringen Anschaffungskosten und ihrer hohen Leistungsdichte – also vergleichsweise großen Kräften bei kleinem Bauraum und geringem Gewicht. Haltevorgänge kommen ohne weiteren Druckluftverbrauch aus und sind damit äußerst energieeffizient.

Für den direkten Kontakt zwischen Mensch und Maschine bietet die Pneumatik einen weiteren, entscheidenden Vorteil: ihre systemeigene Nachgiebigkeit. Wird ein Aktor mit komprimierter Luft befüllt, lässt sich die erzeugte Bewegung in Geschwindigkeit, Kraft und Steifigkeit exakt einstellen. Im Falle einer Kollision gibt das System nach und stellt damit keine Gefahr für den Werker dar.

Um nun ganze Systeme in ihrer Dynamik beliebig einstellen zu können, muss die eingesetzte Ventiltechnik die Luftflüsse und Drücke äußerst präzise regeln können und dabei die komplexen Verschaltungen von vielen Kanälen gleichzeitig gewährleisten.

Digitalisierung der Pneumatik

Was sich bislang nur aufwendig realisieren ließ, macht nun eine Weltneuheit von Festo problemlos möglich: Das Festo Motion Terminal ist die erste pneumatische Automatisierungsplattform, die mit ihrer Softwaresteuerung per Apps die Funktionalitäten von über 50 Einzelkomponenten in sich vereint. Die Digitalisierung eröffnet der Pneumatik nun völlig neue Anwendungsgebiete, die bisher der elektrischen Automatisierung vorbehalten waren.

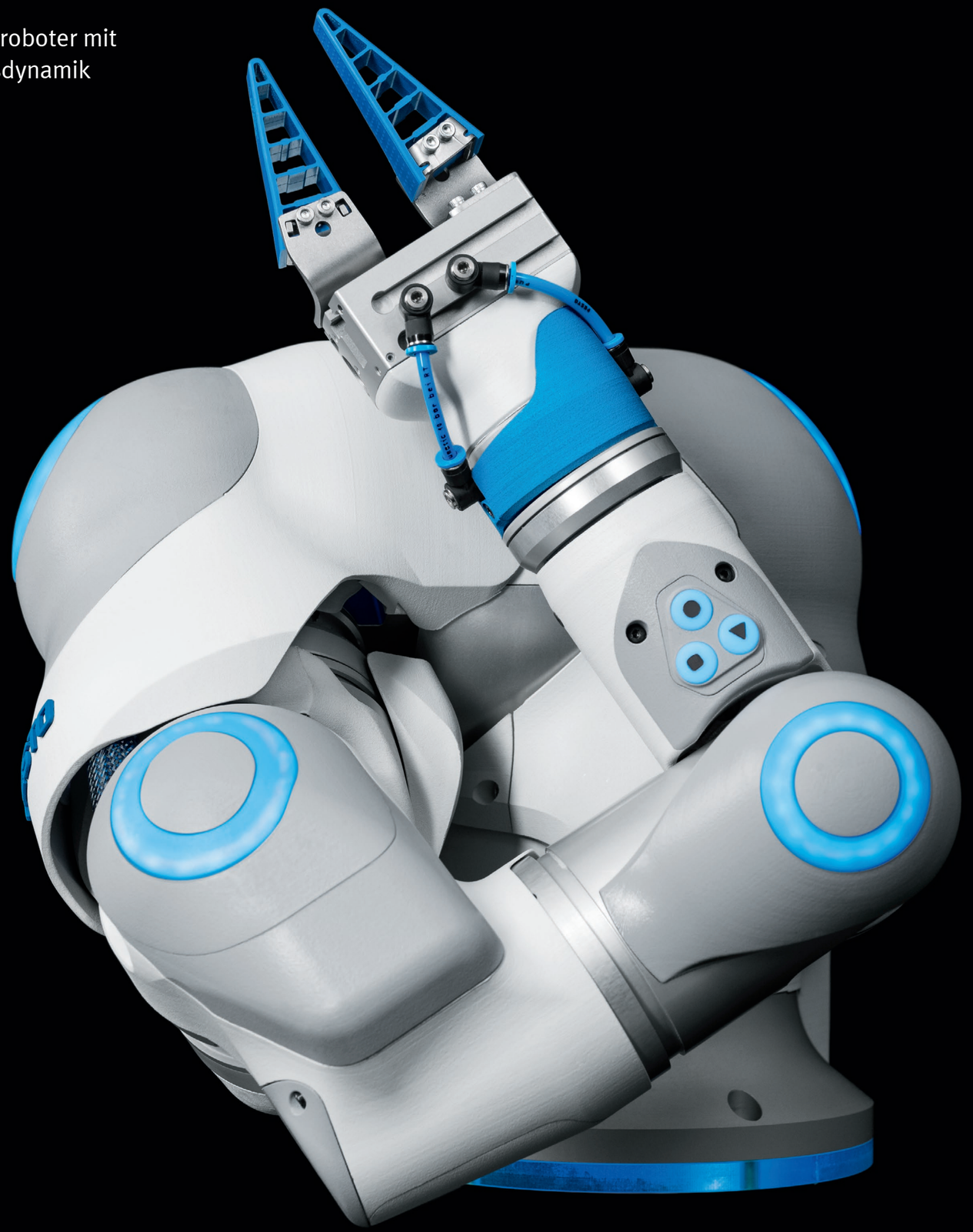
Das Festo Motion Terminal kombiniert hochpräzise Mechanik, Sensorik sowie komplexe Steuerungs- und Messtechnik auf engstem Raum. Mit den internen Regelalgorithmen der Motion Apps und den verbauten Piezoventilen lassen sich Durchflüsse und Drücke exakt dosieren und auch in mehreren Kanälen gleichzeitig beliebig variieren. Das ermöglicht sowohl kraftvolle und schnelle, als auch weiche und feinfühlige Bewegungsabläufe.

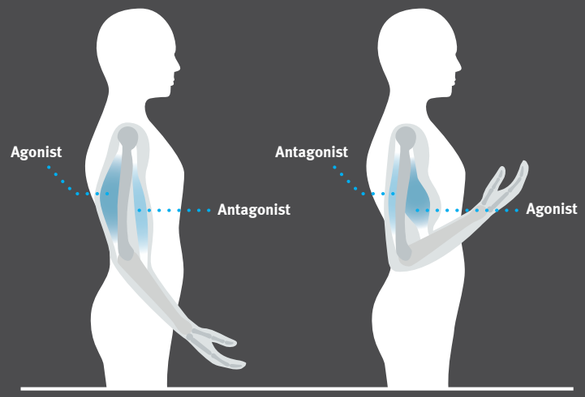
Nachgiebiger Roboterarm mit sieben Freiheitsgraden

Mit dem BionicCobot hat Festo nun erstmals einen pneumatischen Leichtbauroboter mit sieben Freiheitsgraden entwickelt, der aufgrund dieser Nachgiebigkeit unmittelbar und sicher mit dem Menschen zusammenarbeiten kann.

In seiner Kinematik ist der Roboter dem menschlichen Arm nachempfunden. Wie sein biologisches Vorbild löst er viele seiner Aufgaben mit Hilfe seiner feinfühligen Bewegungen. Durch sein einzigartiges Antriebskonzept, das nach dem Agonisten-Antagonisten-Prinzip arbeitet, lassen sich Bewegungsdynamik und Steifigkeit dabei variabel einstellen.

BionicCobot
Pneumatischer Leichtbauroboter mit menschlicher Bewegungsdynamik





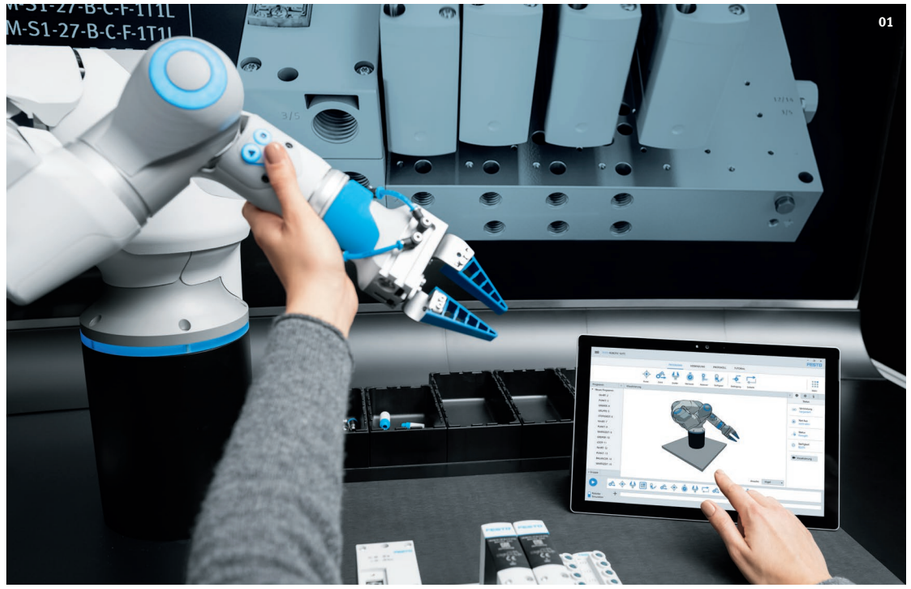
Das natürliche Vorbild
Ob kräftig zupacken oder vorsichtig aufheben, fest zudrücken oder sanft antippen – damit wir Menschen eine Bewegung ausführen können, ist immer das Zusammenspiel gegensätzlich wirkender Muskeln notwendig. Dieses Prinzip von Agonist (Spieler) und Antagonist (Gegenspieler) beeinflusst auch dort unseren Alltag, wo wir es vielleicht gar nicht vermuten: Viele Aufgaben lösen wir nicht mit Präzision und Genauigkeit, dafür aber mit flexiblen und nachgiebigen Bewegungen. Führen wir beispielsweise unseren Hausschlüssel ins Türschloss, findet der Schlüssel, auch ohne dass wir genau hinschauen, sein Ziel. Wird die Tür dabei von innen geöffnet, geben wir automatisch nach und folgen entsprechend vorsichtig der Bewegung.

Die technische Umsetzung
Mit der Anwendung des Agonisten-Antagonisten-Prinzips macht sich der BionicCobot den natürlichen Wirkmechanismus von Bizeps und Trizeps zunutze. Das Zusammenspiel von Beuger und Strecker findet aber nicht nur im Oberarm des Roboters statt, sondern in allen sieben Gelenken. In seinem Schulterbereich befinden sich drei Achsen, in Ellbogen und Unterarm jeweils eine sowie zwei Achsen im Handgelenk. In jeder Achse sitzt ein Schwenkflügel mit jeweils zwei Luftkammern. Diese bilden ein Antriebspaar, das sich durch Befüllen mit komprimierter Luft wie eine mechanische Feder stufenlos einstellen lässt.

Der industrielle Nutzen
Dadurch können die Bewegungen des BionicCobot je nach Situation kraftvoll und dynamisch, aber auch sensibel und nachgiebig geregelt werden. Selbst im Falle einer Kollision stellt das System keine Gefahr dar und muss nicht wie ein konventioneller Fabrikroboter vom Werker abgeschirmt werden. Aufgrund dieser sicheren Interaktion, der natürlichen Bewegungsabläufe und seiner intuitiven Bedienbarkeit hat der BionicCobot großes Potenzial in den unterschiedlichsten Industrien: Vor allem bei monotonen oder riskanten Tätigkeiten könnte er als assistierender Roboter eingesetzt werden und den Menschen entlasten.

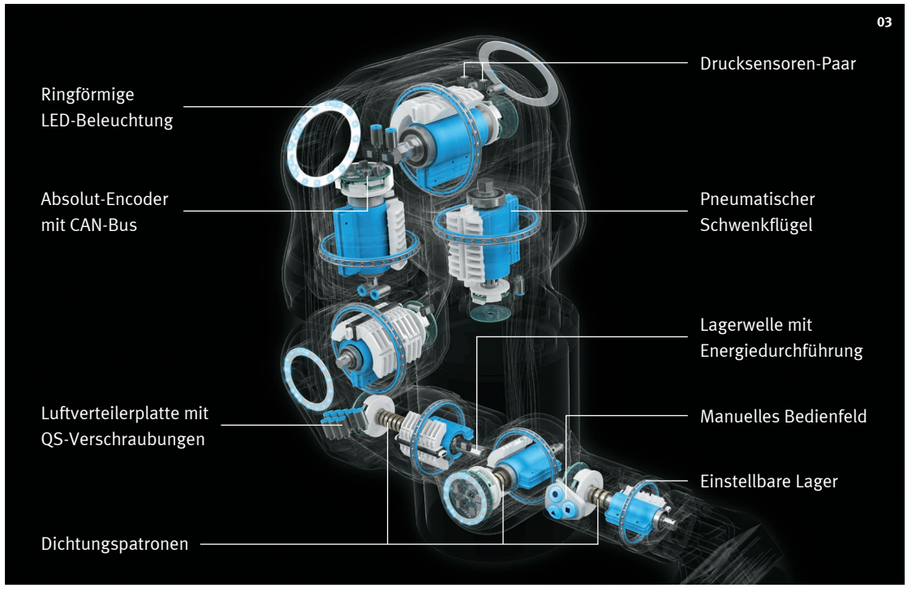
Funktionsweise und Einsatzpotenziale

Für eine sichere und ergonomischere Arbeitswelt der Zukunft



01: **Intuitive Bedienbarkeit:** mit dem Tablet Interface kann der Roboterarm problemlos geteacht werden

02: **Sicherer Umgang:** das manuelle Bedienfeld und einer der LED-Ringe zur Kommunikation mit dem Anwender



03: **Ausgeklügeltes Zusammenspiel:** das neuartige Antriebskonzept des sieben-achsigen Roboterarms

Die Bedienung des BionicCobot erfolgt intuitiv über ein eigens entwickeltes grafisches User Interface. Mittels Tablet kann der Anwender die durchzuführenden Aktionen ganz einfach teachen und parametrieren. Die definierten Arbeitsschritte lassen sich jederzeit per Drag-and-Drop in einer Zeitleiste beliebig aneinanderreihen. Dabei wird der komplette Bewegungsablauf virtuell abgebildet und parallel simuliert.

Schnittstelle zwischen dem Tablet Interface und dem Festo Motion Terminal ist die Open-Source-Plattform ROS (Robot Operating System), auf der die Bahnplanungen der Kinematik berechnet werden. Das ROS interpretiert dazu den eingehenden Code aus dem Tablet und leitet die daraus resultierenden Achskoordinaten an das Motion Terminal weiter.

Auf Grundlage dieser Koordinaten kann das Motion Terminal über seine internen Algorithmen den jeweiligen Druck in den Luftkammern regeln und damit die Position der einzelnen Achsen bestimmen. Dabei fließen auch die eingehenden Sensordaten der sieben Gelenke in Echtzeit in die Aktionen ein.

Aufbau und Antriebskonzept nach natürlichem Vorbild

Der Aufbau des BionicCobot gleicht dem des menschlichen Arms von der Schulter über Oberarm, Ellbogen, Elle und Speiche bis zur Greifhand. Wie die Blutgefäße und Nervenstränge im menschlichen Körper verlaufen die Druckluftleitungen sicher im Inneren der Konstruktion und können so nicht abknicken. Sie versorgen die pneumatischen Schwenkflügel-Antriebe, die in den sieben Gelenken des Roboterarms sitzen. In jedem Gelenk sind außerdem zwei Drucksensoren und ein Absolut-Encoder mit CAN-Bus zur Ermittlung der Positionsdaten verbaut.

Werden die Luftkammern der Antriebe beaufschlagt, bewegen sich die Schwenkflügel in eine bestimmte Richtung, die sich auf die integrierten Lagerwellen überträgt. Vom Ellbogen abwärts sind alle Leitungen bis zum Greifer direkt durch die Wellen verlegt. Spezielle Dichtungspatronen ermöglichen diese Drehdurchführung von bis zu sechs Kanälen, von denen schließlich zwei Luftleitungen den Greifer versorgen. Je nach Aufgabenstellung lassen sich an den BionicCobot unterschiedliche Greifsysteme anschließen.

Durch die technische Umsetzung des Agonisten-Antagonisten-Prinzips lassen sich das Kraftpotenzial und damit auch der Versteifungsgrad des Roboterarms exakt bestimmen. Im so genannten Balancer-Modus ist der BionicCobot so geregelt, dass er Schwerkraft und Nutzlast ausgleicht und eine gewünschte Position unmittelbar ruhig halten kann. Der Haltevorgang erfolgt nahezu energiefrei und eignet sich ideal für Montagetätigkeiten.

Sichere Zusammenarbeit und hohe Nutzerakzeptanz

Dem Anwender steht außer dem Tablet Interface noch ein manuelles Bedienfeld am Greifgelenk zur Verfügung. Über die Signale der blauen LED-Beleuchtung an den Gelenken kann der Roboter mit dem Nutzer kommunizieren – etwa um einen Wartemodus anzuzeigen oder Warnhinweise zu senden. Kommt es dennoch zu einer Kollision, gibt der Roboterarm automatisch nach und stellt keine Gefahr für den Menschen dar. Durch den Einsatz pneumatischer Schwenkantriebe kann das System nicht überhitzen. Zudem schaffen die natürlichen Bewegungen des bionischen Roboterarms eine Vertrautheit beim Anwender, was die Akzeptanz für eine enge Zusammenarbeit steigert.

Vielseitige Einsatzmöglichkeiten zur Entlastung des Menschen

In Zukunft könnte der BionicCobot den Menschen vielerorts bei monotonen und stupiden oder gar gefährlichen und ungesunden Bewegungsabläufen entlasten. Er verbessert die Ergonomie am Arbeitsplatz und steigert die Produktivität. Vor allem in der Produktion, in Handwerk, Service oder Pflege könnten Arbeitsschritte mit Hilfe des pneumatischen Leichtbauroboters einfach und wirtschaftlich teilautomatisiert werden.

In Zukunft kann das System flexibel erweitert und nach Bedarf ergänzt werden: etwa durch Sprachsteuerung, Bildverarbeitung, Infrarot-Tracking oder künstliche Intelligenz. Die speziell entwickelten Softwaretechnologien, wie das User Interface, lassen sich zudem auf andere Roboterkinematiken übertragen.

Da der BionicCobot auch in verschmutzten oder gesundheitsgefährdenden Umgebungen arbeiten kann, ist er außerdem für einen Einsatz in der Telemanipulation prädestiniert: Mit Hilfe einer VR-Brille könnte der Mensch in die Lage versetzt werden, den Roboterarm so intuitiv wie seinen eigenen Arm zu steuern.

Technische Daten

Freiheitsgrade: 7
Eigengewicht: ..... ca. 6 kg
Nutzlast: ..... ca. 1,5 kg
Positionsgenauigkeit: ..... 1 mm

Software-Architektur:
- User Interface: C#-WPF-Applikation
- Berechnung und Bahnplanung: Robot Operating System (ROS)
- Steuerung und Regelung: Festo Motion Terminal

Pneumatisches Antriebskonzept:
- 3 Schwenkachsen, 4 modifizierte Drehachsen auf Basis des Schwenkflügelantriebs DRVS
- 16 Druckluftleitungen
- 7 gesinterte Aluminium-Lagerwellen
- 7 einstellbare Franke-Drahtwälzlager
- 15 Dichtungspatronen

Wegmess-System:
- 14 Drucksensoren
- 7 Absolut-Encoder mit CAN-Bus
- 4 CAN-Bus-Leitungen

Projektbeteiligte

Projektinitiator:
Dr. Wilfried Stoll, Geschäftsführender Gesellschafter
Festo Holding GmbH

Projektleitung:
Dr.-Ing. Heinrich Frontzek, Dr.-Ing. Elias Knubben,
Festo AG & Co. KG

Projektteam:
Nadine Kärcher, Mart Moerdijk, Sebastian Schrof, Christian Trapp, Micha Purucker, Michael Baltes, Nathanael Peltzer, Isabel Lamich, Dr.-Ing. Alexander Hildebrandt, Dr.-Ing. Rüdiger Neumann,
Festo AG & Co. KG

Wissenschaftliche Betreuung:
Dr. rer. nat. Nina Gaißert,
Festo AG & Co. KG

Festo AG & Co. KG

Ruiter Straße 82
73734 Esslingen
Deutschland
Telefon 0711 347-0
Telefax 0711 347-21 55
cc@festo.com
→ **www.festo.com/bionik**

50132 de 3/2017