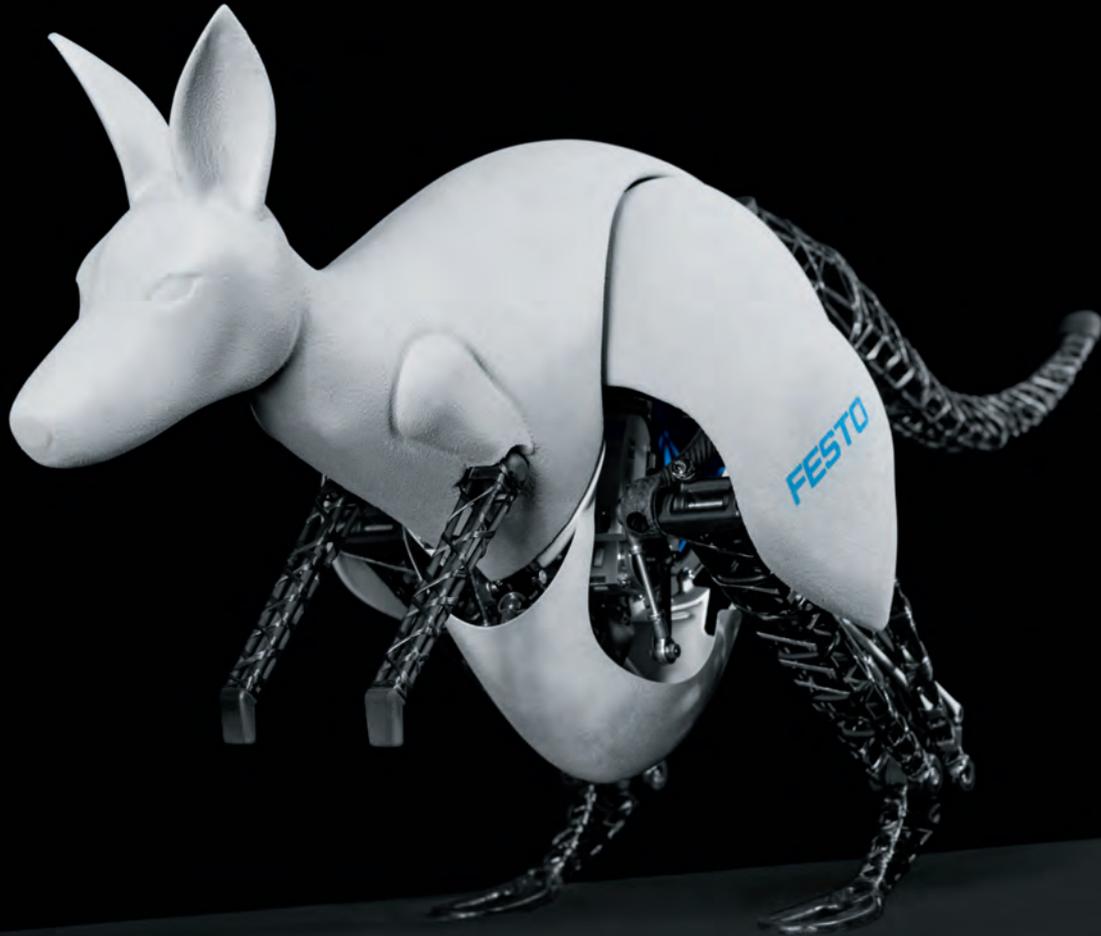


BionicKangaroo

FESTO



Energieeffiziente
Sprungkinematik nach
natürlichem Vorbild

Energie rückführen, speichern und freisetzen nach natürlichem Vorbild



Im Wappen Australiens steht es für Fortschritt, seine spezielle Bewegungsart gilt als einmalig in der Tierwelt: das Känguru. Mit Hilfe seiner außergewöhnlich langen Hinterbeine kann sich das Beuteltier im Gelände schnell und effizient fortbewegen.

Sein Hüpfmechanismus ermöglicht es dem Känguru, seine Geschwindigkeit zu erhöhen, ohne dabei seinen Energieverbrauch zu steigern. Bei jedem Sprung kann es Energie aus der Landephase zwischenspeichern und für den nächsten Sprung wieder einsetzen. Eine wichtige Funktion übernimmt dabei die Achillessehne, die beim natürlichen Känguru deshalb besonders ausgeprägt ist.

Neue Perspektiven durch die Bionik

Knapp zwei Jahre befasste sich ein Entwicklerteam aus dem Bionic Learning Network von Festo damit, das Sprungverhalten des natürlichen Kängurus realitätsnah nachzubilden und daraus zu lernen. Als Innovationsführer für Automatisierungstechnik ist Festo ständig auf der Suche nach neuen oder noch nicht verbreiteten Bewegungsformen und Antriebskonzepten. Eine Quelle für neues Wissen und zukünftige Technologien ist dabei die Natur.

Technische Umsetzung der einzigartigen Bewegungsform

Wie sein natürliches Vorbild kann das BionicKangaroo die Energie zurückgewinnen, speichern und effizient im nächsten Sprung wieder einbringen. Die technische Realisierung setzt sowohl eine anspruchsvolle Steuerungs- und Regelungstechnik als auch eine stabile Sprungkinematik voraus. Der konsequente Leichtbau und die intelligente Kombination von pneumatischen und elektrischen Antrieben ermöglichen das einzigartige Sprungverhalten. Gesteuert wird das System über Gesten.

Mobile Energieversorgung an Bord

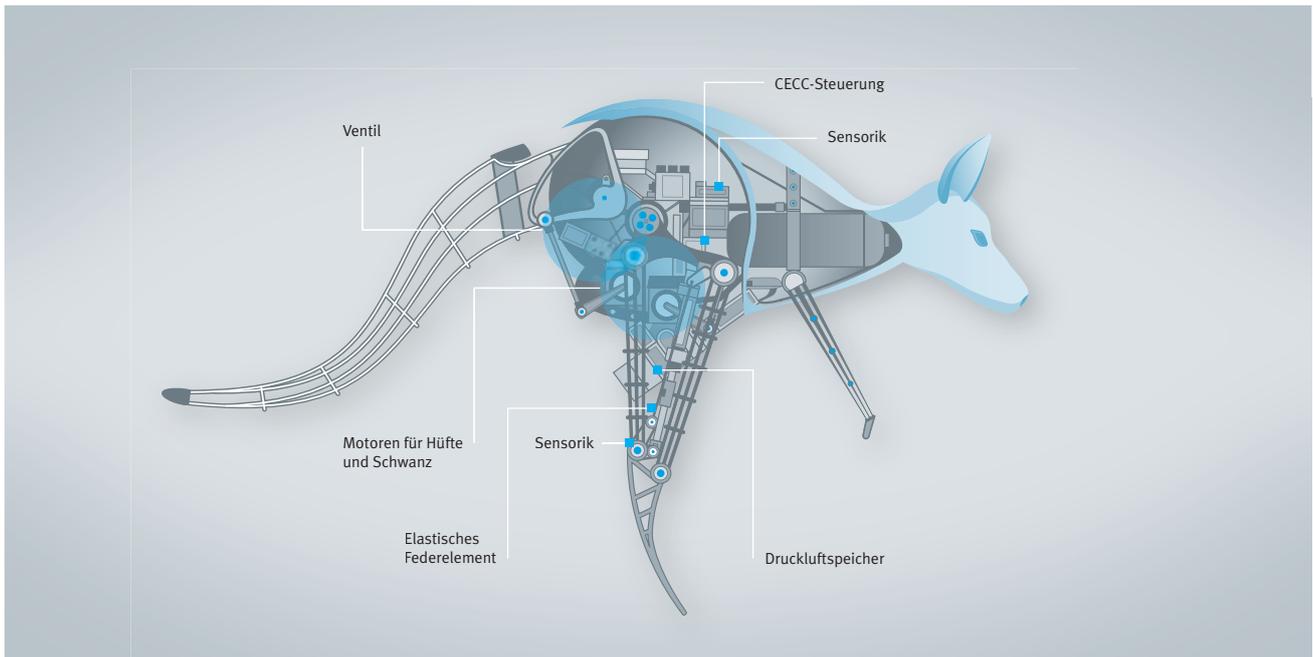
Besonderes Augenmerk legte Festo auf die mobile Energieversorgung des künstlichen Kängurus und entwickelte dazu sogar zwei unterschiedliche Konzepte. In den Körper kann entweder ein kleiner Kompressor oder ein Hochdruckspeicher eingesetzt werden. Beide liefern beim Sprung die benötigte Druckluft, die durch zwei Magnetventile MHE2 von Festo exakt dosiert wird. Als elektrischer Energiespeicher dienen Lithium-Polymer-Akkus. Sie versorgen sowohl die Ventile als auch die elektrischen Antriebe und die integrierte CECC-Steuerung von Festo mit dem nötigen Strom.



Natürliches Vorbild: das Känguru und seine einzigartige Anatomie



Bionische Adaption: die technische Umsetzung im BionicKangaroo



Hochkomplexes Gesamtsystem: kluge Kombination von Antrieben, Steuerungs- und Regelungstechnik sowie der mobilen Energieversorgung

Intuitives Bedienkonzept per Gestensteuerung

Das BionicKangaroo lässt sich mit einem speziellen Armband über Gesten steuern. Das Armband erkennt dabei die Muskelaktivitäten des Bedieners. Ein Lagesensor im Band erfasst die Bewegung des Arms. Das Armband sendet diese Signale über Bluetooth an die kompakte Steuerung des künstlichen Kängurus, worauf es in Interaktion mit seinem Bediener tritt.

Elektrische Antriebe für präzise Bewegungen

Im Stand berührt das Känguru mit beiden Füßen und dem Schwanz den Boden und verfügt so über eine stabile Dreipunktauflage. Auch beim Sprung sorgt der Schwanz für die nötige Balance. Ein elektrischer Servomotor regelt dafür gezielt seinen Anstellwinkel und sorgt für die entsprechende Ausgleichsbewegung. Dadurch kompensiert das Känguru die Gegenbewegung seiner Beine, die für die Landephase nach vorne geholt werden müssen. Auch die Beine werden über zwei elektrische Servomotoren angesteuert, die zwischen Hüfte und Oberschenkel sitzen, sodass sie vorwärts und rückwärts bewegt werden können. Alle Steuersignale generiert dabei die Kompaktsteuerung.

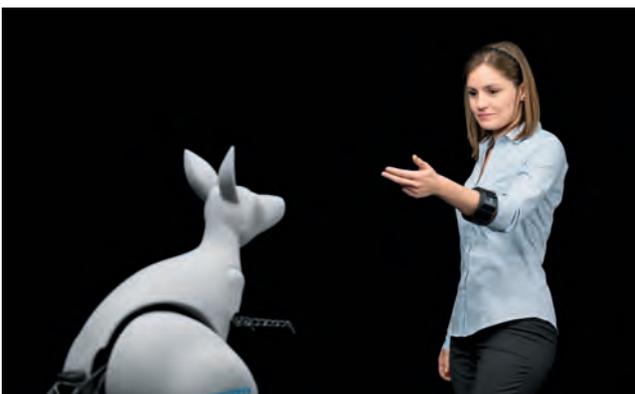
Pneumatische Aktoren für dynamisches Sprungverhalten

Entlang der Unterschenkel ist jeweils ein pneumatischer Leichtbauzylinder DSNUP 20 von Festo angebracht, der das Bein aktuiert. Knie- und Fußgelenk sind über eine so genannte Zwangskinematik verbunden, wodurch sich ein gekoppelter Bewegungsablauf ergibt.

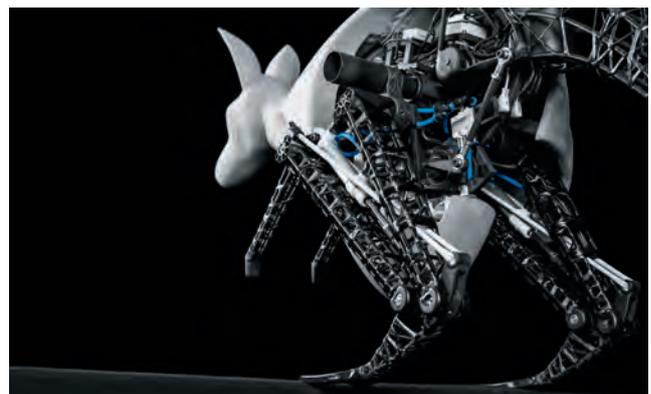
Die Funktion der natürlichen Achillessehne übernimmt ein elastisches Federelement aus Gummi. Es ist am hinteren Teil des Fußes und parallel zu dem Pneumatikzylinder am Kniegelenk befestigt. Die künstliche Sehne dämpft den Sprung, nimmt gleichzeitig die kinetische Energie auf und setzt sie für den nächsten Sprung frei.

Integrierte Steuerung, Regelung und Echtzeit-Diagnose

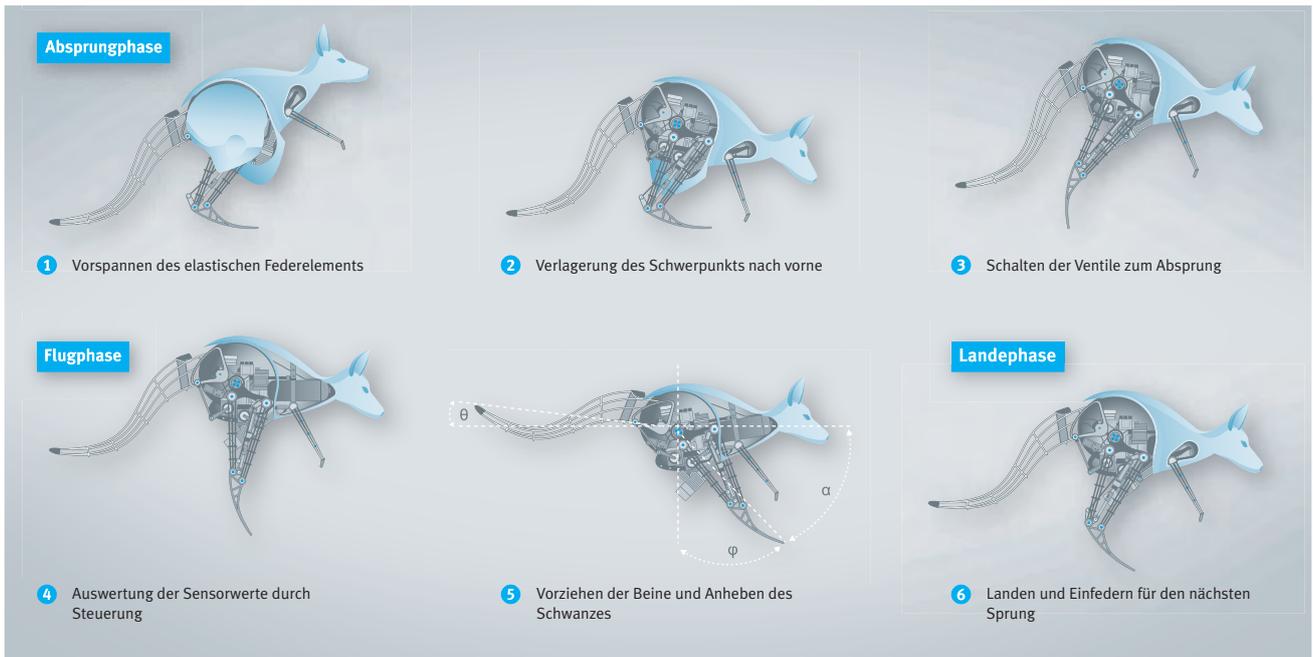
Für die Stabilität bei Sprung und Landung sorgen das Condition Monitoring sowie die präzise Steuerungs- und Regelungstechnik. Der Energiezustand des Kängurus, die Stellgrößen und Anstellwinkel werden permanent überwacht und ausgewertet. Parallel verarbeitet die Steuerung eine Vielzahl an Sensorwerten. Sie gehen in komplexe Regelungsalgorithmen ein, aus denen sich die Stellgrößen für die Ansteuerung der Zylinder und Motoren ergeben.



Einfache Bedienung: Gestensteuerung per Armband



Optimale Auslegung: Funktionsintegration auf engstem Bauraum



Einmaliges Sprungverhalten: intelligentes Zusammenspiel der verbauten Komponenten für ein stabiles und effizientes Springen

Um so wenig Masse wie möglich zu bewegen, sind alle Komponenten auf kleinstmöglichem Bauraum optimal ausgelegt, vernetzt und geregelt. Die Gehäuseelemente sind aus Schaum gefräst. Die Kinematik ist aus lasergesinterten Bauteilen gefertigt, die mit Carbon verstärkt sind. Dadurch wiegt das künstliche Tier bei einer Größe von etwa einem Meter knapp sieben Kilogramm und kann bis zu 40 Zentimeter hoch und 80 Zentimeter weit springen.

Die Absprung- und die Flugphase

Vor dem ersten Sprung wird die elastische Sehne pneumatisch vorgespannt. Das Bionickängaroo verlagert seinen Schwerpunkt nach vorne und beginnt zu kippen. Sobald ein definierter Winkel bei entsprechender Winkelgeschwindigkeit erreicht ist, werden die pneumatischen Zylinder betätigt, die Energie aus der Sehne wird frei und das Känguru springt los.

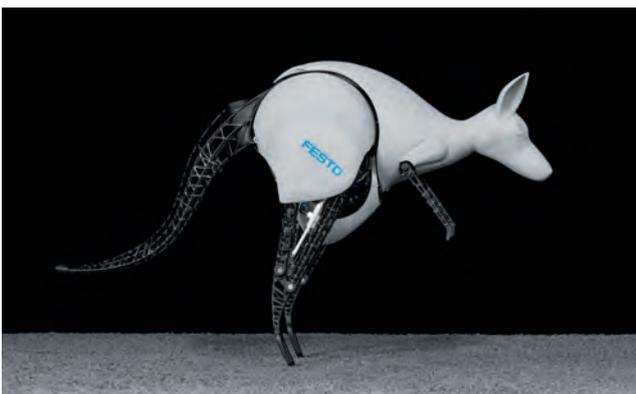
Um möglichst weit zu springen, zieht das Känguru in der Flugphase seine Beine nach vorne. Dabei entsteht ein Drehmoment an der Hüfte, den das künstliche Tier mit einer Schwanzbewegung ausgleicht. Dadurch bleibt der Oberkörper nahezu waagrecht.

Die Landephase: Energie für den nächsten Sprung

Bei der Landung wird die Sehne wieder gespannt und somit die kinetische Energie des Sprungs in potentielle Energie umgewandelt. Die Energie ist dadurch im System gespeichert und kann für den zweiten Sprung abgerufen werden. Die Landephase ist der entscheidende Vorgang für die Energierückgewinnung. Sie ist für das effiziente Sprungverhalten des Kängurus verantwortlich. Während dieser Phase bewegt sich der Schwanz Richtung Boden und damit wieder in seine Ausgangslage zurück.

Reduzierter Energieeinsatz in den folgenden Sprüngen

Springt das Känguru weiter, leitet es die gespeicherte Energie des vorherigen Sprungs direkt in den nächsten Sprung ein. Dabei kommt die potentielle Energie aus der elastischen Sehne wieder zum Einsatz. Im richtigen Moment schalten die Ventile und der nächste Sprung beginnt. Auf diese Weise macht das Bionickängaroo mehrere Sprünge hintereinander. Soll es zum Stillstand kommen, muss es möglichst viel Energie absorbieren. Dazu werden die pneumatischen Aktoren entsprechend geschaltet und die Sehne wieder aktiv vorgespannt.



Dynamischer Absprung: hohe Sprungkraft durch pneumatische Antriebe



Effiziente Landung: Energiespeicherung für den nächsten Sprung



Ganzheitlicher Ansatz: Knapp zwei Jahre befasste sich das Team mit der technischen Realisierung – von der richtigen Materialwahl ...

Impulse für die Produktion der Zukunft

Neben der technischen Umsetzung der einzigartigen Sprungkinematik veranschaulicht das BionicKangaroo gleich mehrere Aspekte der integrierten Automation: Das System vereint seine Komponenten auf kleinstem Bauraum. Die vielen Funktionen werden über eine hochkomplexe Steuerungs- und Regelungstechnik koordiniert. Das Prinzip der permanenten Diagnose ist für Festo ein Garant für Betriebssicherheit und Prozessstabilität – ob bei biologischen Objekten oder im industriellen Alltag.

Weitere interessante Ansätze für die Automatisierungstechnik der Zukunft sind das Konzept zur Rückgewinnung, Speicherung und effizienten Wiederverwendung der potentiellen Energie sowie die Energieversorgung dank Mobilpneumatik.

Energierückgewinnung in der Automatisierungstechnik

In der industriellen Automatisierungstechnik spielt das Wissen zur Energierückgewinnung und -speicherung eine bedeutende Rolle – etwa bei der Wärmerückgewinnung an Kompressoren oder bei der Rückspeisung elektrischer Energie ins Netz.

Intelligente Kombination von Pneumatik und Elektrik

Mit dem künstlichen Känguru zeigt Festo außerdem, wie pneumatische und elektrische Antriebstechnik intelligent in einem hoch dynamischen System kombiniert werden.

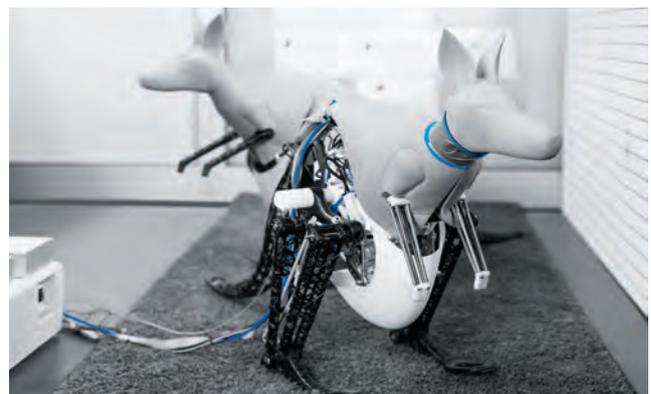
Seine hohe Sprungkraft erzielt das Känguru mit Hilfe der Pneumatik. Pneumatische Aktoren sind generell kräftig und hoch dynamisch. Sie sind verhältnismäßig leicht und nachgiebig, wodurch sie dem Känguru zusätzlich bei der Landung als Dämpfer dienen. An den Stellen, wo höchste Positionsgenauigkeit gefragt ist, kommen Elektromotoren zum Einsatz – beispielsweise bei der Regelung von Schwanz und Hüfte.

Effiziente Lösungen durch die passende Auswahl

Auch im industriellen Alltag entscheidet die jeweilige Anwendung, ob das beste Lösungskonzept auf pneumatischen oder elektrischen Antrieben basiert oder beides kombiniert. Als Spezialist beider Technologien bietet Festo seinen Kunden eine maßgeschneiderte Lösung und unterstützt sie mit umfassendem Service und den passenden Simulationstools.



... über die Programmierung der hochkomplexen Regelungsalgorithmen ...



... hin zur Abnabelung dank der mobilen Energieversorgung an Bord



Technische Daten

- Größe: 100 cm, aufgerichtet
- Sitzhöhe: 60 cm
- Gewicht: 7 kg

- Sprungweite: bis zu 80 cm
- Sprunghöhe: bis zu 40 cm

- 1 Festo Steuerung CECC mit Schnittstellen für Ethernet, CAN, RS232, RS485, digitale IOs und IO-Link
- 3 Harmonic Drive Motoren
- 2 Festo Normzylinder DSNUP 20
- 2 Festo Schnellschaltventile MHE2-MS1H-5/2-M7
- 1 XSENS Attitude Heading Reference System (AHRS)
- 1 Festo Drucktransmitter SPTE-P10R-Q4-V-2.5K
- 1 Metallux Hall-Drehpotentiometer

- Versorgungsdruck: 8 bar
- Körperhülle: Schaumstoff
- Kinematik: lasergesinterte Bauteile mit Kohlenstoffverstärkung

- Bedienkonzept: Gestensteuerung per Myo-Armband von Thalmic Labs Inc. mit EMG-Muskelaktivitätssensoren und integriertem Lagesensor

- Reichweite: 50 m Bluetooth



→ Film

Projektbeteiligte

- Projektinitiator:**
Dr. Wilfried Stoll, Geschäftsführender Gesellschafter, Festo Holding GmbH
- Projektleitung:**
Dr.-Ing. Heinrich Frontzek, Dipl.-Des. Elias Knubben, Festo AG & Co. KG
- Projektteam:**
Dipl.-Ing. Johannes Stoll, B. Sc. Nadine Kärcher, M. Sc. Daniel Bauer, B. Eng. Daniel Strohhäcker, Xander Germann, M. Sc. Merlin Morlock, M. Sc. Mart Moerdijk, Teresa Martin, Festo AG & Co. KG
- Steuer- und Regelungstechnik:**
Dr.-Ing. Alexander Hildebrandt, Ing. M. Sc. Martin Ehrle, Marius Müller, Festo AG & Co. KG
Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen, Dipl.-Ing. Sebastian Hentzelt, Universität Ulm, Institut für Mess-, Regel- u. Mikrotechnik
- 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@de.festo.com
www.festo.com/bionik