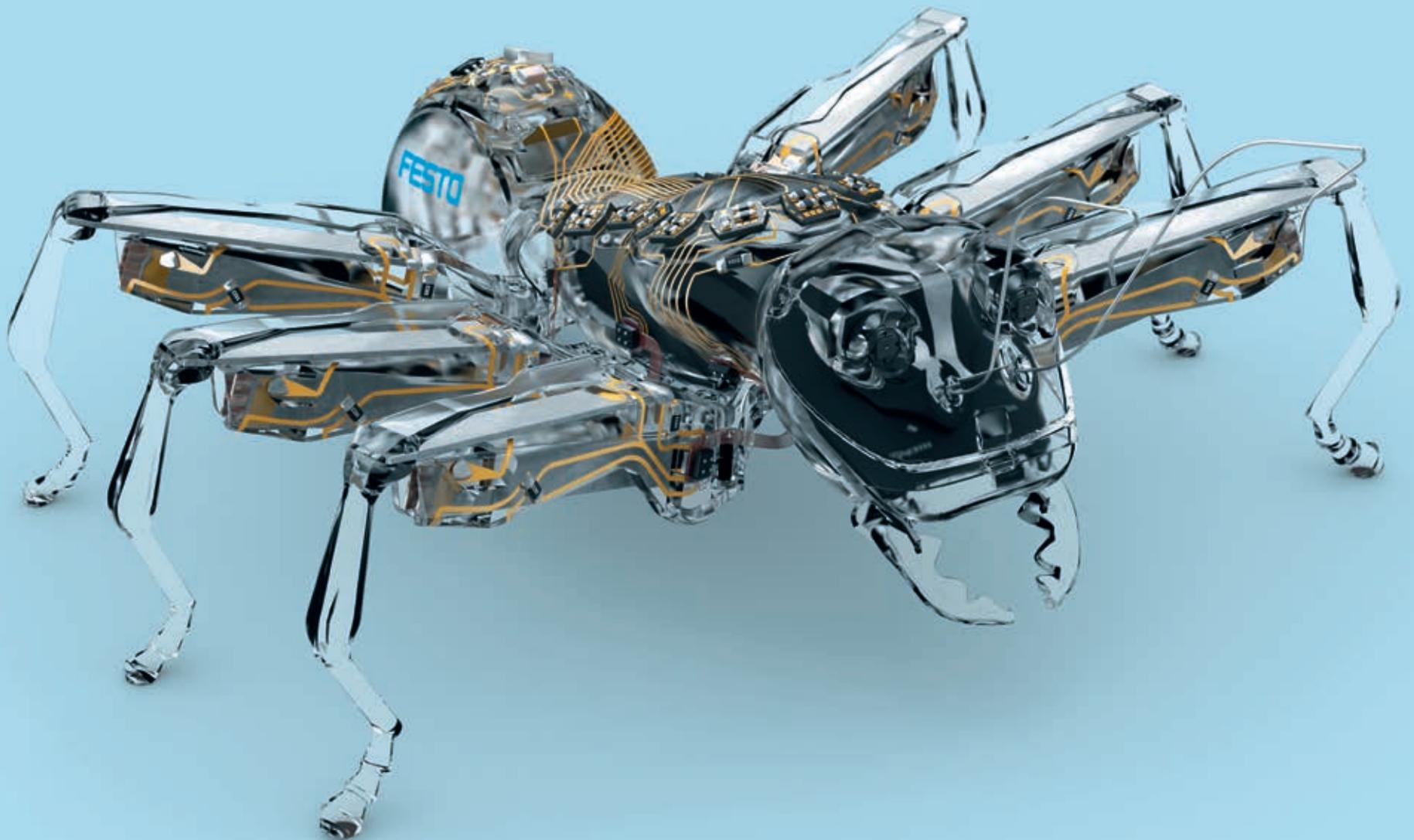


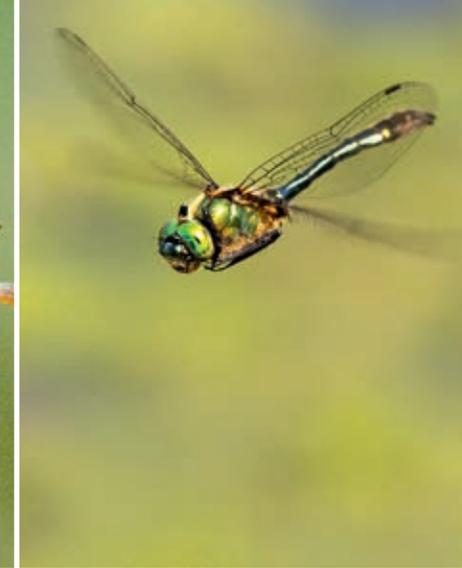
Bionik

Lernen von der Natur – Impulse für Innovation

FESTO



Inhalt



12
Prolog
Natürlich leben
Dr. Wilfried Stoll

18
**Menschen, Netzwerk
und Bionik**
Weil Technik nicht ohne
Natur auskommt

22
Der Roboterrüssel
Weil Elefanten und
Oktopusse keine
heiße Luft verbreiten

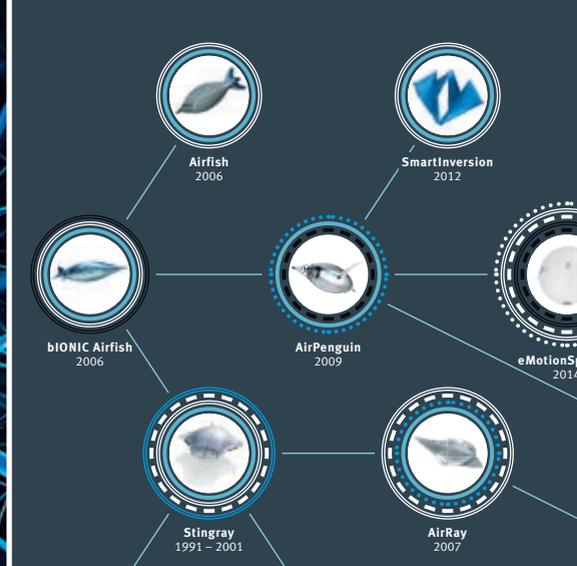
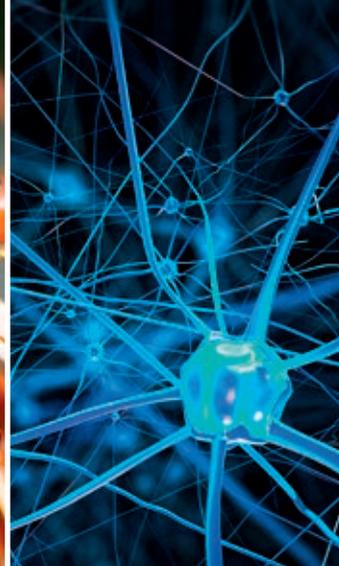
46
Der Chamäleongreifer
Wie selbstbewusst eine
Idee aus dem Urwald
präsentiert werden kann

70
Die Roboterlibelle
Wieviel Mut und Kreativität
nötig waren, bis sie fliegen
konnte

26
Pneumatische Robotik
**BionicMotionRobot
und OctopusGripper**
BionicCobot
AirArm
Airic's Arm

50
Natürlich greifen
FlexShapeGripper
BionicSoftHand
MultiChoiceGripper
ExoHand
NanoForceGripper
PowerGripper
Historischer Greifer

74
Faszination Luft
BionicOpter
BionicFlyingFox
SmartBird und
DualWingGenerator
AirRay
Stingray und
Adaptive Wing



92

Die Unterwasserroboter

Welche Qual wir mit den Quallen hatten

106

Das RoboterKänguru

Warum seine Sprünge so gut zu Festo passen

122

Die Ameisenroboter

Warum viele Köche eben nicht den Brei verderben

140

Wissen wollen

Wieviel Neugierde und Begeisterung die Bionik wecken kann

158

Epilog

Lebenswelten gestalten

Dr. Wilfried Stoll

96

Bewegung im Wasser

Fin Ray® Effect
AquaJellies 2.0
AquaPenguin

110

Eindrucksvolle Effizienz

BionicKangaroo
WaveHandling
3D Cocooner

126

Organisation und Kommunikation

BionicANTs
eMotionButterflies
eMotionSpheres
AirPenguin

144

Lernen und Wissen

BionicWorkplace
Bionics4Education
LearningGripper
Robotino® XXT
CogniGame

165

25 Jahre Bionik

Vielfalt und Vernetzung



Für das Titelbild und ausgewählte Bionik-Projekte stehen 3D-Ansichten und Filme bereit – zu erkennen an diesem Zeichen. Über die Internetseite <https://www.festo.com/bionikbuch> und den QR-Code sind weitere Informationen bzw. die Verlinkung zu den App-Stores abrufbar.



Faszinierende Flughaut

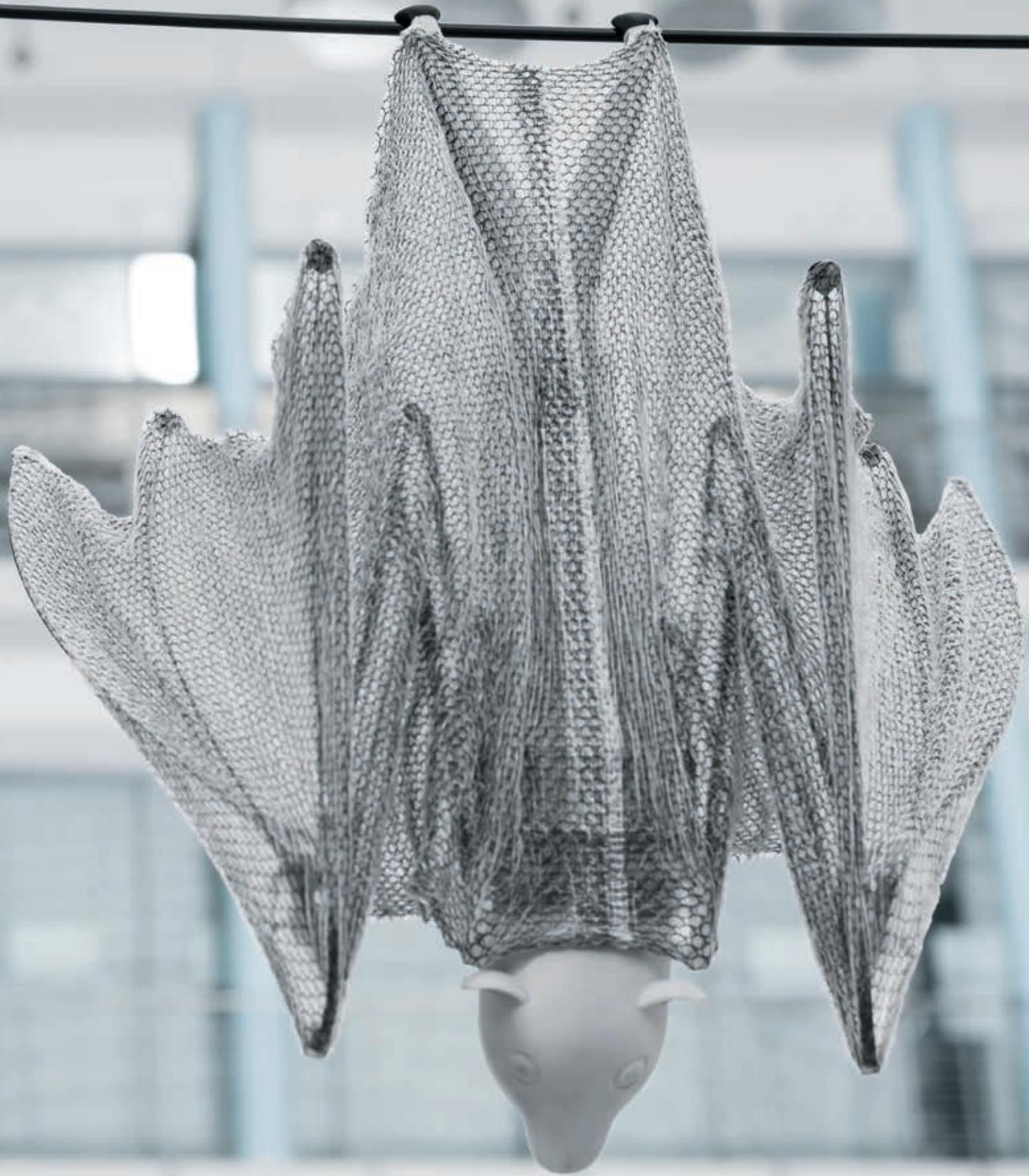
Schlagflug ohne Federn: Fledertiere sind die einzigen Säugetiere, die aktiv fliegen können. Ein besonderes Kennzeichen ist ihre feine und elastische Flughaut. Die aus Ober- und Lederhaut bestehende Membran erstreckt sich von den verlängerten Mittelhand- und Fingerknochen bis zu den Fußgelenken. In Schlaf- oder Ruhezeiten legen die Tiere ihre Flügel an und hängen kopfüber an den hinteren Zehen – eine optimale Fluchtposition bei drohender Gefahr. Einige Arten bilden zeitweilig oder dauerhaft Kolonien von vielen Tausend Tieren. In der Dunkelheit orientieren sich die nachtaktiven Fledermäuse vor allem durch Echoortung ihrer ausgesandten Ultraschalllaute, die meisten Flughunde vertrauen auf ihre leistungsstarken Augen.

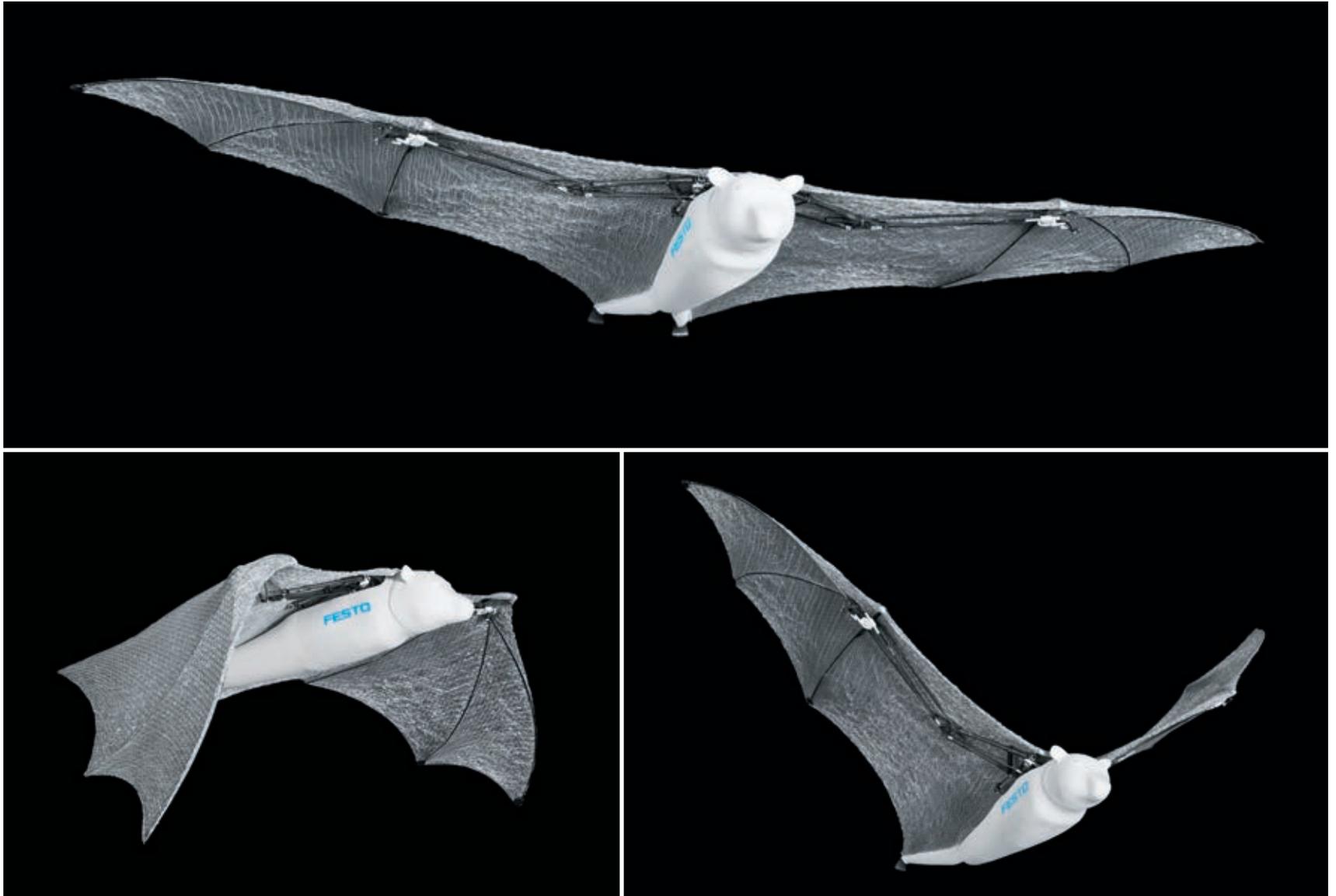
Der BionicFlyingFox aus dem Jahr 2018 gehört zu den Einzelfliegern und orientiert sich an den Eigenschaften der natürlichen Flughunde. Seine Flügelkinematik ist in Arm- und Handschwinge gegliedert; ein leistungsstarker Brushless-Motor versetzt die Schwingen über eine ausgeklügelte Hebelmechanik in Bewegung. Alle Gelenkpunkte sind in einer Ebene angeordnet, sodass sich die Flügel komplett zusammenfalten lassen. Selbst während des Flugs können sie einzeln angesteuert und partiell eingezogen werden – ein wesentlicher Vorteil für agiles Fliegen nach biologischem Vorbild.

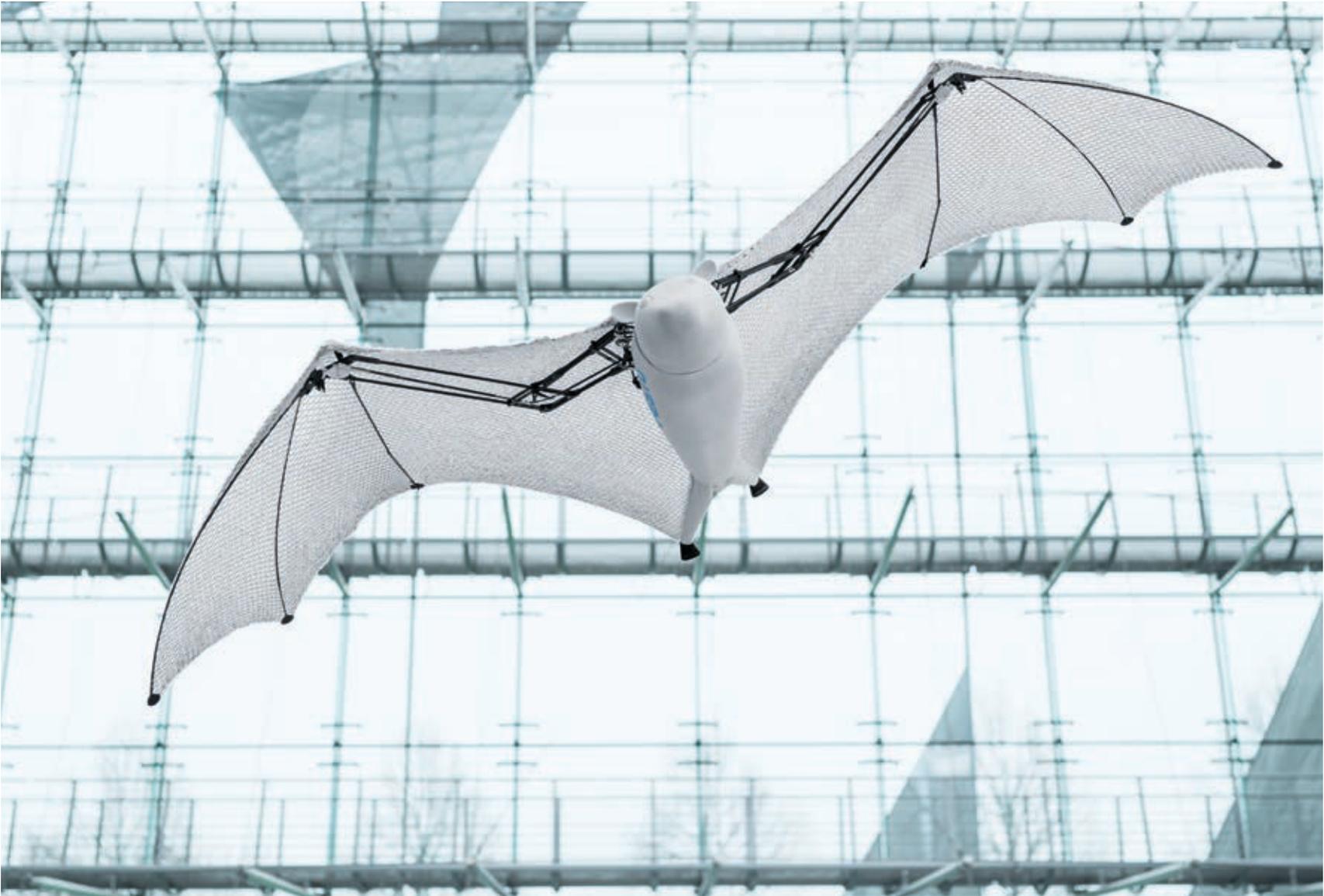
Von den Fingerspitzen bis zu den Füßen des künstlichen Fledertiers spannt sich eine dehnbare, luftdichte Haut. Aufgrund ihrer besonderen Elastizität bleibt sie beim Einklappen der Schwingen nahezu faltenfrei. Die speziell entwickelte Membran besteht aus einem Elastangestrick und punktuell verschweißten Folien. Dank dieser Wabenstruktur kann der BionicFlyingFox selbst bei leichten Verletzungen des bionischen Gewebes fliegen.

Die On-Board-Elektronik regelt das Flugverhalten des BionicFlyingFox mithilfe der Inertialsensorik und komplexer Algorithmen. Ein externes Kamerasystem liefert die Steuerbefehle und die für die Flugbahnplanung notwendigen Positionsdaten: Zwei bewegliche Infrarot-Kameras genügen, um den mit Infrarot-Markern ausgestatteten Flughund fortwährend im Auge zu behalten. Die Kameras sind auf sogenannten Pan-Tilt-Einheiten montiert, die durch Schwenken und Kippen für deren Beweglichkeit sorgen. Im Vergleich zu bislang eingesetzten festen Kameras lässt sich das innovative Tracking-System innerhalb kurzer Zeit in Betrieb nehmen sowie einfach und schnell kalibrieren.









Innovative Flughaut aus in Folien eingeschweißtem Elastangestrick: BionicFlyingFox kann dank der Wabenstruktur selbst bei Gewebeerletzungen fliegen

Das Roboterhänguru

Warum seine Sprünge so gut zu Festo passen

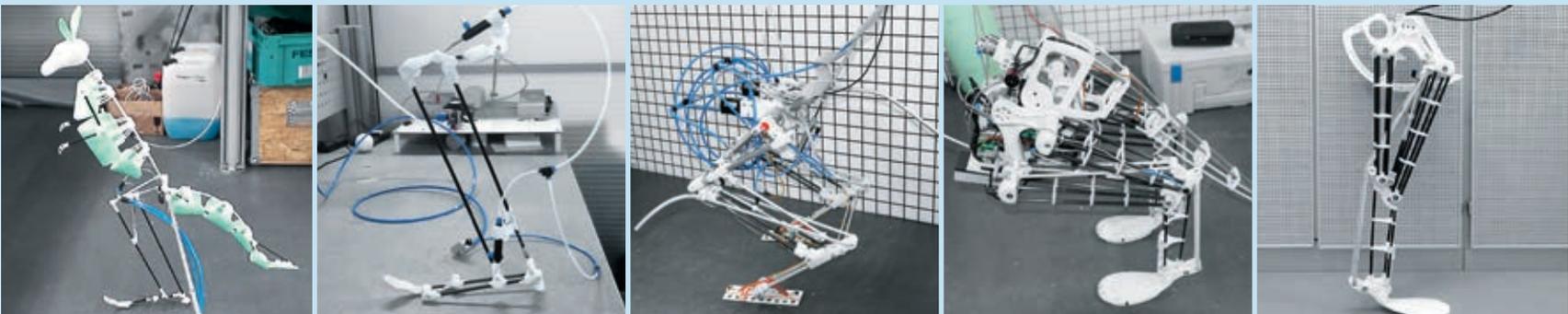




„Was denkt Ihr, könnten wir nicht auch ein Känguru bauen?“, fragte ein Student auf der Heimfahrt nach einem erfolgreich überstandenen Messeauftritt. Diese Frage löste Gedankensprünge aus. Was macht eigentlich das Wesen eines Kängurus aus? Worin lägen die Herausforderungen für so ein Projekt? Würde ein Känguru überhaupt zu Festo passen und könnte das insgesamt ein Thema werden?

In Esslingen angekommen, begannen wir einmal mehr mit biologischen Recherchen. Dass das Känguru eine sehr spezielle Art der Fortbewegung nutzt, ist jedem auf Anhieb klar: ein ständiger Wechsel zwischen Boden- und Flugphase. Es ist das einzige Tier, das immer schneller und weiter springen kann ohne dafür zusätzliche Energie aufwenden zu müssen. Ein Großteil der Energie, die bei der Landung entsteht, wird in seiner kräftigen Achillessehne zwischengespeichert und beim Absprung wieder freigegeben.

Mit unseren ersten einfachen Funktionsmustern ließ sich bereits abschätzen, dass dies technisch gesehen eine wirkliche Herausforderung bedeutete. Wenn das Roboter-Känguru bei seiner Landung nicht stürzen sollte, musste es in der extrem kurzen Bodenphase zuvor vorausschauend reagieren. Ein schlechter Absprung kann während des Flugs kaum korrigiert werden. So fungierte das Beuteltier als geeignetes Vorbild für Festo in Sachen Energieeffizienz, Energierückgewinnung und Komplexität der Regelungstechnik – insbesondere wegen der ständigen Strukturumschaltungen zwischen den Bewegungen am Boden und in der Luft.

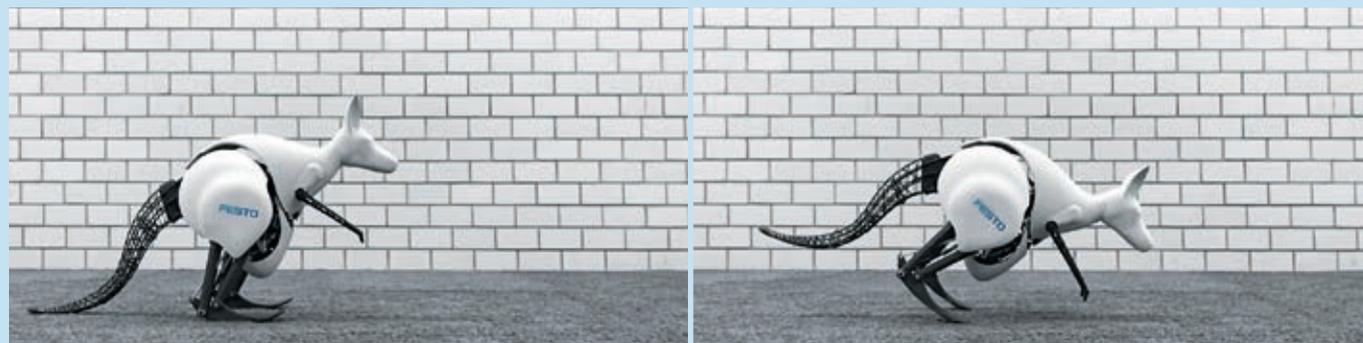


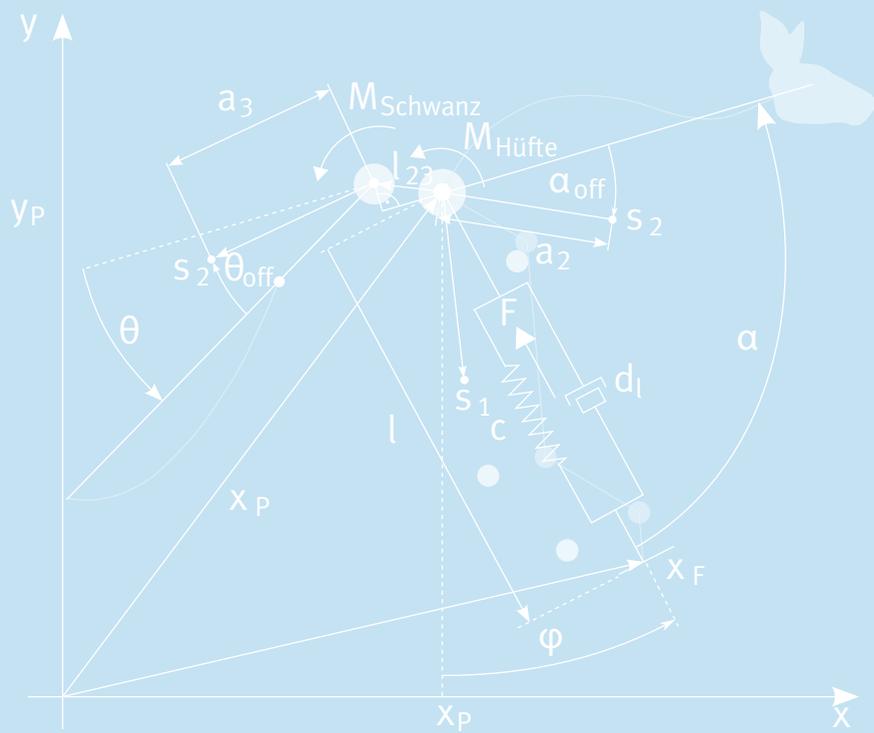


108

Wir beschlossen, unserem Känguru auf die Sprünge zu helfen. Startpunkt war ein einzelnes Bein, dem wir einen pneumatischen Zylinder einsetzten, um ihm die notwendige Sprungkraft zu verleihen. Wir befestigten das Bein an einem Rundlauf mit Winkelsensoren und ließen es im Kreis hüpfen. Das Luftventil steuerten wir zunächst per Hand, um ein Gefühl für dessen Schaltung zu bekommen: Zu welchem Zeitpunkt und in welchen Rhythmus gelingt denn ein möglichst guter Absprung?

Ein Bein allein macht jedoch noch kein vollwertiges Roboter-Känguru aus. Man benötigt mindestens zwei, dazu noch Kopf, Schwanz und einen Körper, der in seinem Bauch die vielen technischen Komponenten aufnimmt. An dieser Stelle unterstützte uns ein Student der Fahrzeugtechnik. In seiner Masterarbeit simulierte er, wo der Schwerpunkt des Kängurus in den unterschiedlichen Sprungphasen jeweils am günstigsten liegt. Durch diese Ergebnisse konnten wir unsere Entwurfskizzen und Konstruktionszeichnungen anpassen. Parallel testeten wir an Prototypen verschiedene Gebriebemotoren, suchten eine geeignete Sensorik – und mussten erkennen, wie komplex die Regelungsproblematik sein würde. So holten wir Ulmer Forscher für Regelungstechnik an Bord und arbeiteten gemeinsam weiter.





109

Nach gut der Hälfte der Entwicklungszeit befielen uns jedoch grundsätzliche Zweifel, ob wir das Projekt überhaupt stemmen würden. Die ständigen Stürze des Kängurus und die drängende Zeit belasteten uns sehr. Wieder und wieder studierten wir die Anatomie des echten Tieres und dachten in immer komplizierteren Lösungen. Zum Glück kam uns die Idee, das Känguru von hinten aufzuzäumen und die Komplexität zu reduzieren: Wir gestalteten das Unterbein des Kängurus als Kufe. Durch das Abrollen wie bei einem Schaukelstuhl gewannen wir in der Bodenphase nach jedem Sprung einige Millisekunden – wertvolle Zeit, die die Regelungstechnik erheblich vereinfachte.

Durch diesen schlichten Kniff kippte das Känguru weniger oft um und wir schöpften Hoffnung. In unzähligen Versuchen und diversen Messreihen feilten wir an der Hardware und der Regelungstechnik. Mit Slow-Motion-Kameras nahmen wir die Landephasen bildlich unter die Lupe, denn mit bloßem Auge war es unmöglich zu erkennen, weshalb das Känguru schon wieder auf die Nase gefallen war. Es arbeiteten immer mehr Spezialisten unterschiedlicher Fachrichtungen mit im Team. Manch abendliche Pizza steigerte unsere Ausdauer und beruhigte die teilweise blank liegenden Nerven. Pünktlich zur Hannover Messe hüpfte unser BionicKangaroo fröhlich über den Stand.



Ameisenroboter mit Gemeinschaftsgefühl, oktopusähnliche Roboterarme, Greiftentakel mit Saugnäpfen, Fledertiere mit bionischer Flughaut, Roboter mit sensorischem Feingefühl, Arbeitsplätze mit künstlicher Intelligenz, Gedankensteuerung von Maschinen: 25 Jahre Bionik bei Festo haben eine enorme Vielfalt an Projekten hervorgebracht. Dank dieser Wissenschaft entstehen neue Lösungsräume für die Automation von morgen.

Dennoch ist Bionik mehr als Biologie und Technik. Sie begeistert und sensibilisiert, sie weckt Neugierde und erzeugt Wissen – und sie vereint Menschen rund um den Globus. Bionisches Denken weist die Wege, wie sich künftige Lebenswelten verantwortungsbewusst gestalten lassen. Technologische Innovationen sollten für Mensch, Tier und Pflanzenwelt stets einen Mehrwert schaffen. Die Natur bildet die Grundlage der Bionik und ist zugleich ihr Ziel.

Selbst der Umgang zwischen Mensch und Maschine orientiert sich mehr und mehr an biologischen Prinzipien: Roboter interagieren einfühlsam und rücksichtsvoll mit dem Menschen. Die Evolution zeigt beeindruckende Anpassungswege, sobald sich Umweltbedingungen wandeln. Nach diesem Vorbild begreift Festo Evolution, Gesellschaft und Technik als Einheit. Mithilfe der Bionik lassen sich komplexe Fragestellungen beantworten und die vierte industrielle Revolution verwirklichen.

