

# BIOMECHATRONISCHE SYSTEME





# DEMOGRAPHISCHER WANDEL ALS INNOVATIONSTREIBER IN DER MEDIZINTECHNIK UND ERGONOMIE

Die Medizintechnik gilt als eine der innovativsten Industriebranchen. Der demographische Wandel erfordert eine am Menschen orientierte Planung von Produktionssystemen. Im Zuge dessen werden die Prävention von körperlichen Schäden und die Behandlung von Beeinträchtigungen am Bewegungsapparat immer relevanter. 50 Prozent aller chronischen Erkrankungen betreffen in unserer Gesellschaft den Bewegungsapparat. Insbesondere nehmen diese Relevanz und die Bedeutung der Gesunderhaltung am Arbeitsplatz zu; denn 6,9 Mio. Menschen erleiden jährlich ernsthafte gesundheitliche Schäden am Arbeitsplatz.

## Lösungsansatz Fraunhofer IPA

Die Biomechatronik, als interdisziplinäre Wissenschaft, generiert neue technische Lösungen aus Ingenieur- und Naturwissenschaften, um die Mobilität des Menschen zu verbessern.

Die Abteilung »Biomechatronische Systeme« des Fraunhofer IPA gestaltet technische Lösungen für die Erfassung, Kontrolle und Erzeugung von Bewegungen. Ein interdisziplinäres Team aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik, Mathematik, Kybernetik, Mechatronik, Sportwissenschaften, Medizintechnik, Physiotherapie, Biologie und Medizin sorgt für die ganzheitliche Betrachtung der Fragestellungen der prädiktiven und präventiven Ergonomie.

Des Weiteren erarbeitet es Lösungen für eine sozial nachhaltige Mobilität für ältere und mobilitätseingeschränkte Menschen.

Wir wollen mit Ihnen, unseren Kunden, neue Lösungen schaffen: Für eine mobile Gesellschaft im demographischen Wandel.

Im Themenfeld »Bewegungskontrollsysteme« liegt unser Fokus auf der Detektion und auf der Nachbildung von Bewegungsmustern. Ausgangspunkt ist dabei der natürliche Bewegungsablauf des Menschen. Die Besonderheit für Kunden der Abteilung ist die Kombination an Umsetzungs-Know-how in Tests, z. B. Dynamiktests von Antriebssystemen im Prototyp und der Weiterentwicklung der Sensoren. Die hier erlangten Erkenntnisse liefern wichtige Schlüsseltechnologien für das Arbeitsgebiet der aktiv angetriebenen Orthesen, Prothesen und Exoskelette für die REHA und in der Produktion. Darüber hinaus nutzen Kunden auch in anderen Disziplinen die daraus entstandene Auslegungskompetenz in Antriebssystemen.

Das Ziel des Themenfeldes »Biomechanik« ist die Entwicklung technischer Lösungen im Bereich der Prothetik, Orthetik, Rehabilitation und Implantattechnik, um verlorengegangene Mobilität und eine hohe Lebensqualität wieder herzustellen. Um ein optimales Ergebnis zu erzielen, wird konsequent das natürliche Vorbild in abstrahierter Form »nachempfunden« und mit mechanischen Eigenschaften vereint (Bionik).

Das noch relativ junge Arbeitsgebiet der (computergestützten) Biomechanik unterstützt biomedizinische Unternehmen in Forschung, Wissenschaft und Anwendung. Ziel der virtuellen Entwicklungsumgebung für die Orthopädie ist es eine Simulationsumgebung für die Orthopädieforschung und -entwicklung zu schaffen. Das »Virtual Orthopedic Lab« entwickelt einen simulationsgestützten Workflow für die Produktentwicklung in der Orthopädie, der künftig als Werkzeug »made by Fraunhofer« lizenzierbar zur Verfügung stehen soll.





## UNSER LEISTUNGSANGEBOT

### KÖRPERGETRAGENE UNTERSTÜTZENDE MASCHINEN ZUR KRAFT- UND GANGUNTERSTÜTZUNG

#### Leistungen

- Mensch-Technik-Lösungen für Produktion, Reha und zu Hause
- Entwicklung von Prothesen, Orthesen und Exoskeletten
- Auslegung und Konstruktion anhand von Aspekten der Ergonomie, Biomechatronik und Sicherheit
- Sensorik, Aktorik, Steuerung und Regelung von körpergetragenen Maschinen
- Benutzertests, normgerechte Sicherheitsanalyse, Ergonomietests

#### Vorteile

- Weltweit kooperierendes Expertenteam mit langjährigen Erfahrungen in der Biomechatronik
- Gleichzeitige ergonomische, biomechatronische sowie medizinische Betrachtung

### BIONISCHE LÖSUNGEN FÜR DIE MEDIZINTECHNIK

#### Leistungen

- Übertragung von bionischen, in der Natur erfolgreichen Prinzipien; auch im Spezialgebiet Medizintechnik
- Neu-Entwicklung und Optimierung von Implantaten, Prothesen und chirurgischen Instrumenten
- Messinstrumente für Diagnostik und Qualitätsprüfung in der Medizin und Medizintechnik

#### Vorteile

- Interdisziplinäres Expertenteam mit Anwendungsverständnis und Verbindungen in neueste biologische Grundlagenforschung
- Neuartige Problemlösungen mit hohem Potenzial zu Sprunginnovationen anhand von Übertragungen von Natur-Prinzipien
- Von der Ideenfindung über Produktdesign bis hin zur Testung; alles aus einer Hand

### BIOMECHANISCHE GANZKÖRPERERFASSUNG DES MENSCHEN

#### Leistungen

- Ermittlung von individuellen Kinetik- und Kinematikdaten über 3D-Bewegungserfassung, 3D-Körperscan, Kraft-, Druck- und Elektromyografie-Sensoren
- Grundlage für Entwicklungen und Funktionsüberprüfung von medizinischen Produkten und die präventive Ergonomie

#### Vorteile

- Schnelle und hochwertige Messergebnisse durch umfangreiches Messequipment und -verständnis
- Biomechanische Grundlagen als Basis für Entwicklungen und Funktionsüberprüfungen
- Ergonomische ganzheitliche Betrachtung auch im Arbeitsumfeld; fokussierend auf optimierten Arbeits- und Bewegungsabläufen
- Abbildung unterschiedlichster Szenarien, ermöglicht durch ein modulares Bewegungslabor

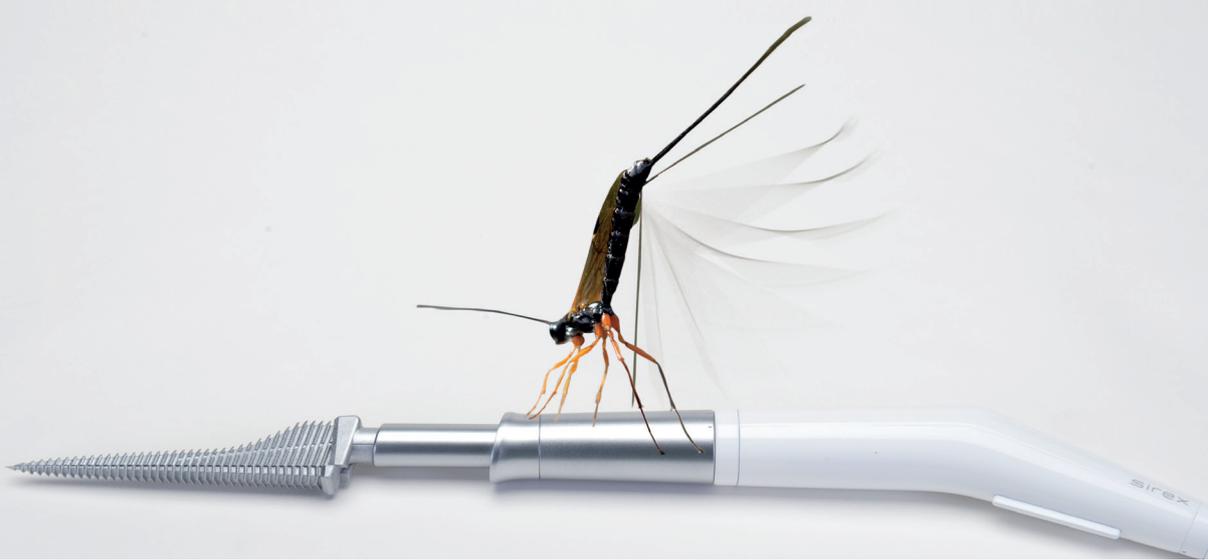
### 3D-PRÜFSYSTEME ZUR MECHANISCHEN BELASTUNG VON BAUTEILEN

#### Leistungen

- Mechanische Produkt- und Bauteiltests anhand verschiedener Prüfmaschinen
- Reale 3D-Belastungen mittels eines 6-Achs Roboters

#### Vorteile

- Schnelle, sinnvolle Testergebnisse durch ein umfangreiches Prüfverständnis
- Realistische Belastungen und Belastungssituationen durch ein globales biomechanisches Grundverständnis
- Beratung in der Optimierung von Konstruktionen



## BIOMECHANISCHE SIMULATION

### Leistungen

- Modellierung und Simulation mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode
- Mehrkörpersimulation
- Skelett- und Muskel-Modelle
- Vorwärts- und invers-dynamische Simulationen des menschlichen Bewegungsapparates
- Patientenspezifische Simulation
- Simulationsbegleitende Produktentwicklung für Prothesen, Orthesen und Implantate
- Workflow-Systeme mit intuitiver grafischer Schnittstelle
- Statistische Analyse

### Vorteile

- Schnelle und transparente Entwicklungsentscheidungen
- Reduzierung der Iterationsschleifen im Entwicklungsprozess
- Effizienter Workflow
- Intuitive Darstellung von Simulationsergebnissen

## ANTRIEBE UND ANTRIEBSSYSTEME

### Leistungen

- Auslegung, Umsetzung und Testung von elektrischen Antrieben, überwiegend im Bereich von Produkten für die Medizintechnik
- Simulation von Antriebssystemen in Medizinprodukten
- Analytische Berechnung und Optimierung der elektrischen Maschine und des Antriebsstrangs
- Mechanische und elektrische Prüfung von Antrieben
- Entwurf und Aufbau von Leistungs- und Signalelektronik (Analog/Digital)
- Mechatronik-Systementwicklung unter Berücksichtigung von speziellen Anforderungen der Medizintechnik
- Entwurf und Aufbau spezieller Leistungs- und Signalelektronik (Analog/Digital)

### Vorteile

- Langjährige Erfahrung in der Entwicklung von mechanischen (Antriebs-) Systemen in der Medizintechnik
- Begleitung der Projekte; angefangen von der ersten Idee bis hin zum ersten Prototypen
- Systemintegration von elektrischen Maschinen und elektromechanischen Antriebssträngen in Produkten der Rehabilitation, Orthopädie und der Automatisierung

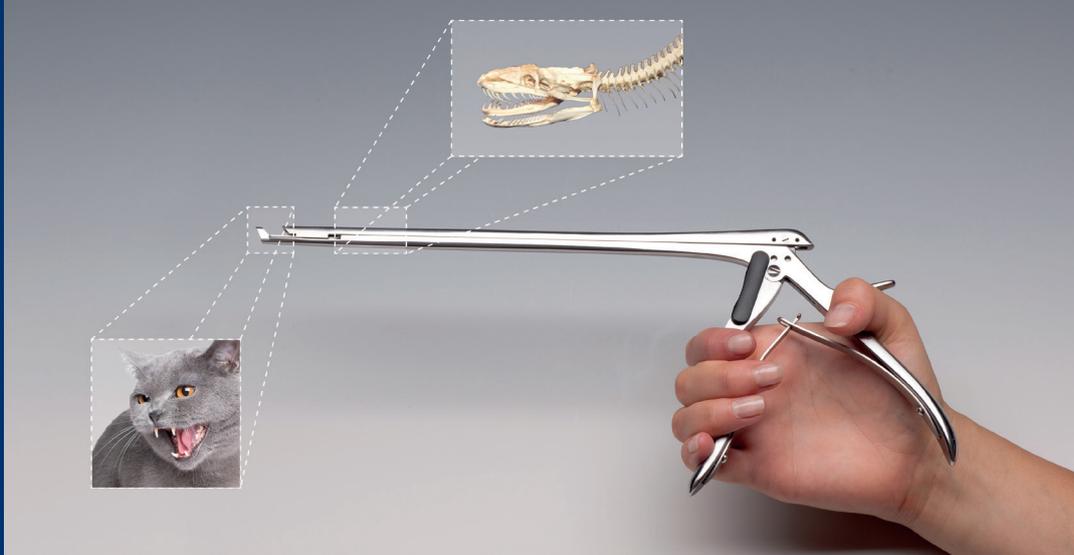
## SENSORTECHNIK UND SENSORDATENFUSION

### Leistungen

- Zusammenführen und Kombinieren verschiedener Sensorsignale zu einem Gesamtbild
- Entwicklung und Umsetzung neuartiger Sensorsysteme im eigenen Elektronik-Hardwarelabor
- Inbetriebnahme von Sensorsystemen inkl. Firmware-Design und Implementierung
- Softwareframework mit Algorithmen für verschiedene Anwendungsszenarien im Bereich der inertialen sowie visuellen Navigation
- Kundenspezifische Sensoranbindung
- Kalibrierung und Testung von inertialen Navigationssystemen (INS)
- Evaluierung von visuellen und inertialen Bewegungsmesssystemen auf Roboterprüfstand

### Vorteile

- Langjährige Entwicklungskompetenz auf dem Gebiet der Elektronikhard- und Software
- Von der Systemidentifikation über den Aufbau geeigneter Sensorsystem-Funktions-Muster bis hin zur Umsetzung von Sensorsystemen in Hard- und Software



## REFERENZPROJEKTE

### NEUER PRODUKTIONSPROZESS FÜR POLYMER-BASIERTE ELASTISCHE IMPLANTATE AM BEISPIEL VENENKLAPPE

Naturimitierendes Klappendesign mit Gradientenmaterial durch einen 3D-Tröpfchendosierprozess aus verschiedenen elastischen Polycarbonaturethanen.

#### Aufgabenstellung

Entwicklung elastopolymerer Venenklappenprothesen mittels 3D-Tröpfchendosiertechnik (InnoNet gefördert durch BMWI).

#### Leistungen

- Erarbeitung einer geeigneten Fertigungsstrategie und eines Fertigungsverfahrens für ein Gradienten-Polymerimplantat
- Aufbau einer Werkstückkinematik zum Abfahren komplexer Freiformflächen und Kanten entlang gekrümmter Bahnkurven

### ENTWICKLUNG EINER BIONISCHEN KNOCHENSTANZE MIT INTEGRIERTER RESEKTATAUFNAHME

#### Aufgabenstellung

Entwicklung einer neuartigen Knochenstanze, die es dem Operateur ermöglicht, mehrmals zu stanzen, ohne das Instrument zwischenzeitlich zu leeren. Zu diesem Zweck wurde eine Resektatpatrone entwickelt, welche die Knochenstanze mit einem »Schluckmechanismus« erweitert (ZIM KA durch BMWI).

#### Leistungen

- Konzeptionierung, Entwurf, Simulation, Realisierung und Untersuchung möglicher Prinzipien zum Transport und insbesondere Rückhalt eines Resektats in der Patrone
- Untersuchung der einsetzbaren Materialien, insbesondere hinsichtlich der realisierbaren Toleranzen, Formbeständigkeit bei Sterilisation, Lagerung und Entsorgung
- Untersuchung der zur Realisierung der Patrone notwendigen Bearbeitungsverfahren

### NEUE AKTIV ANGETRIEBENE ELLENBOGENORTHESE

Projekt aktiv angetriebene Ellenbogenorthese. »Active smart wearable orthosis using painted EMG electrodes for home based therapy with augmentative feedback«.

#### Aufgabenstellung

Entwicklung einer aktiv angetriebenen Ellenbogenorthese für den Einsatz in der Rehabilitation. Auslegung von leistungsdichten Kleinantrieben in Kombination mit Elektromyographie-Sensorik (gefördert durch EU ERANET-Cornet).

#### Leistungen

- Methodische Entwicklung des Gesamtkonzepts
- Antriebsstrangauslegung
- Mechanisches Design
- Sensorik Entwicklung
- Gesamtsystemtest

### »VIRTUAL ORTHOPEDIC LAB« – SIMULATIONSUMGEBUNG FÜR PRODUKTENTWICKLUNG IN DER ORTHOPÄDIE

#### Aufgabenstellung

Biomechanische Simulation zur Unterstützung von Entwicklung und Test orthopädischer Produkte.

#### Leistungen

- Einsatz biomechanischer digitaler Menschmodelle für die virtuelle Produkterprobung
- Virtuelle ISO-Tests von Prothesenkomponenten
- Simulationen für zahnmedizinische Aufgabenstellungen



## »GAIT-TO-ROBOT«

### Aufgabenstellung

Übertragung von individuellen Gang- und Bewegungsdaten auf einen 6-Achs Industrieroboter zum Nachstellen von speziellen Belastungssituationen.

### Leistungen

- Biomechanische Bewegungserfassung
- Biomechanische Auswertungen und Algorithmenentwicklung
- 3D-Materialprüfung von Prothesen

## STABILITÄTSUNTERSUCHUNG EINES AKTIV ANGETRIEBENEN PROTHESENFUSSES

### Aufgabenstellung

Untersuchung der Standstabilität von Probanden mit einem neuartigen aktiv angetriebenen Prothesenfuß.

### Leistungen

- Ganzkörper-Bewegungserfassung
- Auswertung und Interpretation der Messdaten

## ENTWICKLUNG EINES ANTRIEBSSYSTEMS FÜR PROTHESEN UND ORTHESEN

### Aufgabenstellung

Entwicklung einer aktiv angetriebenen Knieprothese. Hierbei wurde besonderer Wert auf einen möglichst geringen Herstellungspreis und vor diesem Hintergrund auf den Einsatz von neuen Herstellungstechnologien gelegt (gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages).

### Leistungen

- Auslegung von aktiv angetriebenen Systemen in der Prothetik
- Forschungsprojektplanung und Durchführung
- Modellierung und Simulation von elektromechanischen Antriebssystemen

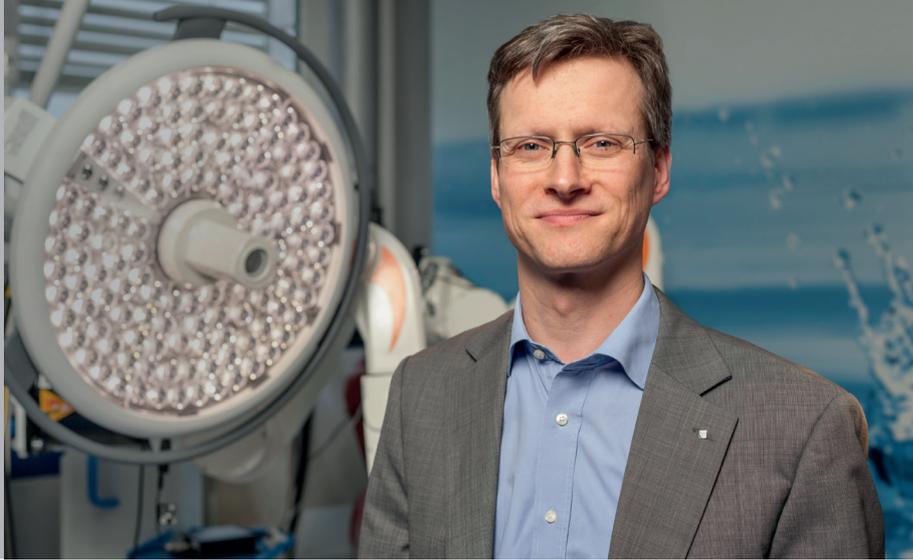
## »LINPRO« – HINDERNISVORAUERKENNUNG AM MENSCHEN

### Aufgabenstellung

Entwicklung einer visuellen inertialen Messeinheit für die mobile Hinderniserkennung eines Prothesenträgers. Die Sensorik und Algorithmen sind für die Anwendung am Menschen ausgelegt.

### Leistungen

- Konzeption des Messsystems
- Entwicklung der Sensordatenfusion für die Kombination von verschiedenen Sensordaten
- Implementierung und Untersuchung der Algorithmen für Funktionstests
- Durchführung von Langzeit-Referenzmessungen zur Evaluierung der Bewegungsmessung



## **IHRE ANSPRECHPARTNER**

**Dr. med. Urs Schneider**

**Abteilungsleiter Biomechatronische Systeme**

Telefon +49 711 970-3630

[urs.schneider@ipa.fraunhofer.de](mailto:urs.schneider@ipa.fraunhofer.de)

**Teuta Bala**

**Sekretariat Biomechatronische Systeme**

Telefon +49 711 970-3731

[teuta.bala@ipa.fraunhofer.de](mailto:teuta.bala@ipa.fraunhofer.de)

**Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und  
Automatisierung IPA**

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)

**Institutsleitung**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl