



Fraunhofer

IPK

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSANLAGEN UND KONSTRUKTIONSTECHNIK IPK
FRAUNHOFER INSTITUTE FOR PRODUCTION SYSTEMS AND DESIGN TECHNOLOGY IPK

MEDIZINTECHNIK MEDICAL TECHNOLOGY



» *Gemeinsam mit einer der größten Universitätskliniken Europas, der Charité – Universitätsmedizin Berlin, entwickeln wir neue Technologien, um chirurgische Interventionen noch sicherer und effizienter zu gestalten. Diese Arbeit ist besonders zufriedenstellend, wenn es gelingt, neue therapeutische Optionen für Patienten zu eröffnen.* «

» *Together with one of Europe's largest university hospitals, the Charité – Universitätsmedizin Berlin, we are developing new technologies to make surgical interventions safer and more efficient. This work is especially rewarding when it succeeds in opening up new therapeutic options for patients.* «

Medizintechnik	3	Medical Technology
Kompetenzen	4	Expertise
Aus unserer Forschung	6	Selected Research
Ihre Partner:		Your Partners:
Fraunhofer IPK	8	Fraunhofer IPK
Charité – Universitätsmedizin Berlin	9	Charité – Universitätsmedizin Berlin
Leistungen: Beratung – Forschung – Entwicklung	10	Our Services: Consulting – Research – Development
Kooperation: Zusammenarbeit – Ihr Erfolg	11	Cooperation: Working together for your success
Kontakt/Impressum	12	Contact/Imprint



Prof. Dr.-Ing. Erwin Keeve

Leiter des Geschäftsfeldes Medizintechnik

Head of the Medical Technology division

MEDIZINTECHNIK

MEDICAL TECHNOLOGY

Produktionstechnische Lösungen über den industriellen Bereich hinaus anwendbar zu machen, ist ein zentrales Anliegen des Fraunhofer IPK. Professor Erwin Keeve erschließt mit seinem Team neue Anwendungen im Bereich Medizintechnik.

Das Geschäftsfeld Medizintechnik entwickelt neue Technologien für die interventionelle Therapie, insbesondere für die bildgeführte und minimal-invasive Chirurgie. Gemeinsam mit der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie / Klinische Navigation der Charité – Universitätsmedizin Berlin bildet es das Berliner Zentrum für Mechatronische Medizintechnik (BZMM). Hier werden in interdisziplinären Teams neue Systeme für die bildgeführte und minimal-invasive Chirurgie gemäß dem Medizinproduktegesetz entwickelt und einer ersten klinischen Evaluierung unterzogen. Ziel ist es, in Kooperation mit der Industrie und den klinischen Anwendern Prototypen zu entwickeln, die chirurgische Interventionen sicherer und effizienter machen.

Unsere Forschungsarbeiten sind stark anwendungsorientiert und werden an den Bedürfnissen der chirurgischen Fächer und der Industrie ausgerichtet. In allen Forschungsvorhaben stellen wir sicher, dass die hohe technische Kompetenz unserer Mitarbeiter durch ein Anwenderteam von Chirurgen ergänzt wird und dass die notwendige Marktnähe durch frühzeitige Einbindung von Industriepartnern gesichert ist. So entstehen in unseren Laboren Bildgebungssysteme und Instrumente für die bildgeführte und minimal-invasive Chirurgie, die ein substantielles Marktpotenzial haben und von den industriellen Kooperationspartnern bis zur Serienreife weiterentwickelt und in den Markt eingebracht werden können.

Giving production technology a new lease of life beyond their original industrial application is a core mission at Fraunhofer IPK. Professor Erwin Keeve and his team open up new applications in the field of medical technology.

The Medical Technology division develops innovative technologies for interventional therapy, especially for image-guided and minimal-invasive surgery. Together with the Clinic for Oral and Maxillofacial Surgery / Clinical Navigation of the Charité – Universitätsmedizin Berlin it runs the Berliner Zentrum für Mechatronische Medizintechnik (BZMM). In this integrated research and interventional center interdisciplinary teams develop novel systems for image-guided and minimal-invasive surgery in compliance with the Medical Devices Act (MPG) and perform first clinical tests. The aim is to collaborate with industry and clinical users to develop prototypes that make surgical procedures safer and more efficient.

Our research work is application-oriented and targets the needs and requirements of surgical professions and industry. In our research projects we ensure that the high technical expertise of our team members is supplemented by practicing surgeons, while early integration of industrial partners addresses the market acceptance. In this way we develop imaging systems and instruments for image-guided and minimal-invasive surgery with assured market potential that our industrial partners can prepare for serial production and market launch.

UNSER FOKUS
OUR FOCUS



KOMPETENZEN

EXPERTISE

Der Fokus des Geschäftsfeldes Medizintechnik liegt auf der Entwicklung und klinischen Evaluierung von Software- und Hardwarekomponenten für die bildgeführte und minimal-invasive Chirurgie.

The focus of the Medical Technology division is on development and clinical evaluation of software and hardware components for image-guided and minimal-invasive surgery.

UNSERE KOMPETENZBEREICHE:

Intraoperative Bildgebung – von der Verbesserung der 3D-Bildrekonstruktion bis hin zur vollständigen Entwicklung von 3D-Röntgensystemen.

Instrumentennavigation – von der Integration bestehender Navigationstechnologien bis hin zur Neuentwicklung miniaturisierter Instrumentennavigation.

Chirurgische Instrumente – von der Modifikation und klinischen Evaluierung bestehender Instrumentengruppen bis hin zur Entwicklung neuer Prototypen für die minimal-invasive Chirurgie.

Medizinische Software – von der Entwicklung neuer 3D-Bildrekonstruktions- und -Visualisierungsalgorithmen bis zur integrierten Software-Plattform für die interventionelle Therapie.

Patientenindividuelle Implantate – von der Herstellung patientenindividueller CAD/CAM-Modelle für die Operationsplanung bis hin zur Fertigung komplexer Operationshilfen und Implantate.

Qualitätsmanagement – von der Beratung im Bereich Qualitätsmanagement nach DIN ISO 9001 und DIN ISO 13485 bis hin zur Unterstützung der Produktzulassung nach dem Medizinproduktegesetz.

OUR EXPERTISE:

Intraoperative Imaging – from 3D image reconstruction to design and development of 3D X-ray systems.

Instrument Navigation – from integration of common navigation technologies to the development of new miniaturized instrument navigations.

Surgical Instruments – from modification and clinical evaluation of your instruments to development of new prototypes for minimal-invasive surgery.

Medical Software – from development of new 3D image reconstruction and visualization algorithms to integrated software platforms for interventional therapy.

Patient Specific Implants – from generation of patient specific CAD/CAM models to the fabrication of complex surgical tools and implants.

Quality Management – from advisory services for Quality Management as per DIN ISO 9001 and DIN ISO 13485 to support for product accreditation as per the Medical Devices Act (MPG).

Links: Navigationssystem für die HNO-Chirurgie, eine Entwicklung der Fraunhofer-Charite-Mitarbeiterausgründung SCOPIS GmbH, die 2010 in das Portfolio des High-Tech-Gründerfonds aufgenommen wurde.

AUS UNSERER FORSCHUNG

SELECTED RESEARCH

Das Geschäftsfeld Medizintechnik forscht im Kundenauftrag sowie im Rahmen verschiedener nationaler und internationaler Förderprogramme.

The Medical Technology division undertakes industrial contract research and works in publicly funded national and international research programs.

1 | openOR – BESSER INFORMIERT

openOR – KEEP WELL INFORMED

openOR ist ein Software-Framework für die medizinische Bildgebung, das zur Diagnose, Operationsplanung und Intervention eingesetzt wird und die Interoperabilität der Systeme steigert.

openOR is a software framework for medical imaging which enhances the interoperability of systems and is used for diagnostics, operation planning and therapeutic interventions.

Ziel des Vorhabens openOR ist es, chirurgische Operationen auf dem höchstmöglichen Informationsniveau durchführen zu können. openOR ermöglicht den Zugriff auf diagnostische Daten während der Intervention und gewährleistet die bislang fehlende Interoperabilität zwischen den chirurgischen Assistenzsystemen. Damit wird ein neuer Markt für die herstellerunabhängige Nutzung medizinischer Informationen erschlossen, der in etablierten Märkten neue Wachstumspotenziale eröffnet und technologische Innovationen neuer Marktteilnehmer auslöst.

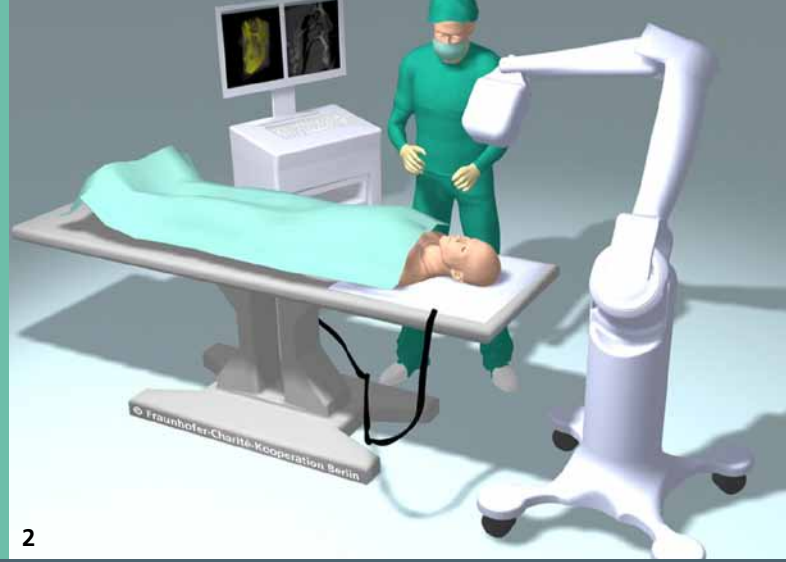
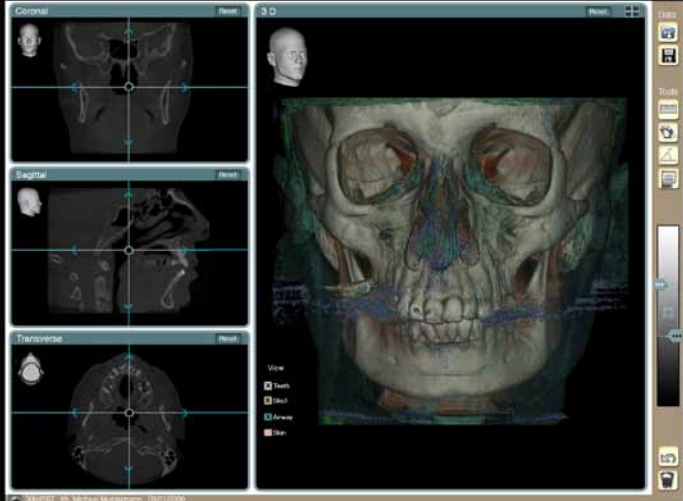
The aim of openOR is to enable surgical interventions to be carried out on the highest possible level of information. openOR enables access to diagnostic data during the operation while ensuring a level of interoperability between surgical assistance systems that previously was not possible. This opens up new markets for the vendor-independent usage of medical information, offering new avenues of growth for established markets and triggering opportunities for technical innovations for new market players.

openOR bietet Ihnen die Möglichkeit, auf einer umfassenden medizinischen Softwarebasis klinische Applikationen zu entwickeln und anzubieten. Das Framework selbst bieten wir als Open-Source-Software an, Applikationen entwickeln wir proprietär im Kundenauftrag. So ist sichergestellt, dass Ihre Applikationen mit den chirurgischen Assistenzsystemen anderer Hersteller kompatibel sind.

openOR offers you the opportunity to develop and advance clinical applications based on a comprehensive medical software framework. We offer the framework itself as Open Source software, while we develop proprietary applications on behalf of our customers. This means that your own application is sure to be compatible with the surgical assistance systems of other manufacturers.

Unser Geschäftsfeld hat im Bereich der medizinischen Softwareentwicklung eine internationale Reputation und kann auf eine mehr als 20-jährige Erfahrung zurückgreifen. Sowohl große mittelständische Firmen als auch kleine Medizintechnikunternehmen lizenzieren unsere Softwarekomponenten – sie werden in vielen Forschungslaboren in aller Welt eingesetzt.

Our division draws on a wealth of over 20 years experience and has gained an international reputation in the development of medical software. Licenses for our software components have been taken out both by major medium-sized companies and small high-tech enterprises. Our software is used in a great number of research labs across the world.



2 | ORBIT – MEHR DURCHBLICK IM OP

ORBIT – MORE INSIGHT FOR SURGEONS

Das Projekt ORBIT realisiert mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ein 3D-Röntgensystem, das zur Kontrolle des Operationsverlaufs durchgängig im OP eingesetzt werden kann.

In Deutschland werden jährlich rund 1,2 Millionen komplexe chirurgische Operationen durchgeführt. Um das Komplikationsrisiko zu verringern und Folgeeingriffe zu vermeiden, kontrollieren die Ärzte schon während des Eingriffs das Operationsergebnis durch Röntgendiagnostik. Der chirurgische Eingriff wird dazu unterbrochen. Bisher gibt es kein System, das nahtlos in den Ablauf der Operation integriert werden kann und die erforderliche dreidimensionale Bildaufnahme bei freiem Zugang zum Patienten gewährleistet.

Die Lösung könnte ORBIT (Offener Röntgenscanner für die Bildgeführte Interventionelle Therapie) heißen. Sie wendet ein neuartiges Bildaufnahmekonzept an, bei dem sich die Röntgenquelle kreisförmig ausschließlich oberhalb des Operationstisches bewegt. Das ermöglicht eine kompakte, modulare und mobil einsetzbare Systemgestaltung. So kann die Lage von Instrumenten, Implantaten und Frakturfragmenten deutlich besser als bisher während des Eingriffs kontrolliert werden. Viele belastende und kostspielige Folgeoperationen lassen sich damit vermeiden. Das Geschäftsfeld Medizintechnik des Fraunhofer IPK realisiert das Vorhaben gemeinsam mit Klinikern um Professor Bodo Hoffmeister und Professor Norbert Haas sowie »Ziehm Imaging«, einem der weltweit führenden Spezialisten für mobile röntgenbasierte Bildgebung.

Funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), the ORBIT project is realizing a 3D X-ray system that can be used throughout surgical interventions and outcome evaluation.

In Germany some 1.2 million complex surgical operations are carried out each year. To reduce the risk of complications and avoid follow-up interventions, physicians use X-ray diagnostics to monitor the outcome of the operation during surgery. Only this means that there is a break in the operation. Up to now there is no system that can be seamlessly integrated into the workflow of surgical procedures capable of giving the requisite three dimensional images while allowing surgical teams to continue with their work.

The way out is ORBIT (Open X-ray Scanner for Image-guided Interventional Surgery). ORBIT deploys a revolutionary imaging concept in which the X-ray source only revolves above the operating table. This enables a compact, modular system design for mobile use with significantly better control of the position of instruments, implants and bone fracture fragments during the operation. With this technology, many stressful and costly follow-up operations could be simply eliminated. The Fraunhofer IPK Medical Technology division is undertaking this project together with a team of clinical specialists around Professor Bodo Hoffmeister and Professor Norbert Haas and in association with »Ziehm Imaging«, one of the world's leading specialists in mobile X-ray based imaging.

IHRE PARTNER

Profitieren Sie von den breit gefächerten Kompetenzen des Fraunhofer IPK sowie von der engen Verbindung des Geschäftsfeldes Medizintechnik zu den Kliniken der Berliner Charité.



FRAUNHOFER IPK

Das Fraunhofer IPK in Berlin steht seit über dreißig Jahren für Exzellenz in der Produktionswissenschaft. Es unterstützt die gesamte Prozesskette produzierender Unternehmen.

Das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK betreibt angewandte Forschung und Entwicklung für die gesamte Bandbreite industrieller Aufgaben – von der Produktentwicklung über den Produktionsprozess und die Wiederverwertung von Produkten bis hin zu Gestaltung und Management von Fabrikbetrieben. Analog dazu gliedert sich das Institut in die Geschäftsfelder Unternehmensmanagement, Virtuelle Produktentstehung, Produktionssysteme, Füge- und Beschichtungstechnik, Automatisierungstechnik, Qualitätsmanagement sowie Medizintechnik. Eine enge Zusammenarbeit der Geschäftsfelder ermöglicht eine ganzheitliche Bearbeitung auch sehr komplexer Forschungsthemen.

Im Mittelpunkt unserer Arbeit stehen Verfahren zur Produktivitätssteigerung bei der Entwicklung und Herstellung von Produkten und deren Umsetzung in Systemlösungen. Darüber hinaus erschließen wir neue Anwendungen in zukunftssträchtigen Gebieten wie der Sicherheits-, Verkehrs- und Medizintechnik. Unsere Basisinnovationen überführen wir gemeinsam mit Partnern in funktionsfähige Anwendungen. Von der Innovationskraft des Fraunhofer IPK profitieren Wirtschaftsunternehmen ebenso wie Verbände und Institutionen der öffentlichen Hand. Kunden und Partner des Instituts können bei jedem Entwicklungsschritt auf Expertise zählen. Machbarkeitsstudien, Projektierung und Management von Forschungsprojekten gehören ebenso zum Leistungsspektrum des Hauses wie konkrete Entwicklungstätigkeiten und Schulungsangebote.

For over 30 years Fraunhofer IPK in Berlin has been a by-word for excellence in production science, offering support across the whole production chain of manufacturing companies.

The Fraunhofer Institute for Production Systems and Design Technology IPK undertakes applied research and development for the whole spectrum of industrial usage – from product development, production processes and product recycling to the design and management of production plants. Fraunhofer IPK is structured in six divisions: Corporate Management, Virtual Product Creation, Production Systems, Automation Technology, Joining and Coating Technology, Quality Management, and Medical Technology. Close collaboration between the different divisions enables even complex research themes to be handled and developed in a holistic way.

The joint focus of our work is on methods for increasing productivity in the development and fabrication of products and their realization as systems solutions. On top of this, we also develop novel applications in promising fields such as security, traffic and transportation, and medical technology. We work closely with our industry partners in translating our basic innovations into viable functional applications. Enterprises, industry associations and public institutions all draw immense benefit from Fraunhofer IPK's proven proficiency in cutting-edge technology. Customers and partners of the Institute know that they can count on solid expertise in each and every stage of the development cycle. Fraunhofer IPK's range of services includes feasibility studies, project planning and research project management, as well as specific development assignments and training courses.

YOUR PARTNERS

You too can benefit from the wide range of expertise covered by Fraunhofer IPK and from the close bonds its Medical Technology division maintains with the clinics of Berlin's Charité.



CHARITÉ – UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN

Die Charité zählt zu den größten Universitätskliniken Europas. Eine enge Verzahnung von universitärer Forschung und ausgezeichneter Krankenversorgung ermöglicht ihr kontinuierliche Spitzenmedizin.

Gemeinsam mit der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie / Klinische Navigation der Charité – Universitätsmedizin Berlin bildet das Geschäftsfeld Medizintechnik des Fraunhofer IPK das Berliner Zentrum für Mechatronische Medizintechnik. Seit der Berufung von Professor Keeve und einer Neuausrichtung im Jahr 2008 konnte es sich als international anerkanntes Forschungs- und Entwicklungszentrum für bildgeführte und minimal-invasive Chirurgie etablieren. 2010 wurde es mit dem Innovationspreis Medizintechnik des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ausgezeichnet und seine Technologieausgründung SCOPIS in das Portfolio des High-Tech-Gründerfonds aufgenommen.

Die Charité ist die medizinische Fakultät der Freien Universität Berlin und der Humboldt-Universität zu Berlin und eines der traditionsreichsten Krankenhäuser Deutschlands. An ihr arbeiten 13 043 Mitarbeiter in mehr als 100 Kliniken, darunter 3 835 WissenschaftlerInnen und 225 ProfessorInnen. Hier werden jährlich 574 000 Patienten ambulant und 133 100 stationär behandelt. Die Charité erwirtschaftet einen Jahresumsatz von 1,2 Milliarden Euro und wirbt jährlich Drittmitteleinnahmen im Umfang von rund 130 Millionen Euro ein. Sie ist einer der größten Arbeitgeber Berlins, entscheidend für die Entwicklung der Gesundheitsregion Berlin-Brandenburg und eine der erfolgreichsten Forschungsorganisationen in Deutschland. In ihrer dreihundertjährigen Geschichte hat sich die Charité einen einzigartigen Ruf erworben. In der europäischen Medizinlandschaft konnte sie sich als eigenständige Marke etablieren.

The Charité is one of Europe's largest university hospitals. Close intermeshing of university research with continued excellence in patient care has made it an undisputed leader in the medical field.

The Clinic for Oral and Maxillofacial Surgery / Clinical Navigation of the Charité – Universitätsmedizin Berlin joined together with Fraunhofer IPK's Medical Technology division to set up the Berliner Zentrum für Mechatronische Medizintechnik. Since the appointment of Professor Keeve and the new strategic direction adopted in 2008, the Center has gained an international reputation as a leading research hub for image-guided minimal-invasive surgery. In 2010 it was awarded the Innovation Prize in Medical Technology by the Federal Ministry of Education and Research. Also, its technology spin-off SCOPIS was included in the business-start up portfolio of the High-Tech-Gründerfonds.

The Charité is the medical faculty of the Free University of Berlin and the Humboldt University in Berlin and one of the oldest and most prestigious hospitals in Germany. It employs 13 043 people in over 100 clinics, including 3 835 scientists and 225 professors. Each year it treats 574 000 out-patients and 133 100 in-patients. The Charité has an annual turnover of 1.2 billion Euros and each year raises some 130 million Euros in third-party funding. It is one of Berlin's largest employers, plays a key role in the development of health care for the Berlin-Brandenburg region and is one of Germany's most successful research organizations. Over the course of its three hundred year history the Charité has evolved a truly unique reputation which has enabled it to establish itself as an autonomous brand in the European medical landscape.

BERATUNG – FORSCHUNG – ENTWICKLUNG CONSULTING – RESEARCH – DEVELOPMENT

Wir bieten unseren Kunden ein breites und bedarfsgerechtes Leistungsspektrum von der Beratung über die Planung bis hin zur Implementierung neuer Technologien im Bereich der Medizintechnik.

We offer our customers a broad range of needs-oriented services from advisory services and planning through to implementation of new technologies in the medical engineering field.

Wir realisieren für Sie die Konzeption und Entwicklung:

- intraoperativer Bildgebungssysteme
- chirurgischer Instrumente für minimal-invasive Interventionen
- miniaturisierter Instrumentenpositioniersysteme
- hardwarebeschleunigter 3D-Bildrekonstruktion

Wir modifizieren und ergänzen in Ihrem Auftrag:

- bestehende Instrumentengruppen für die minimal-invasive Chirurgie
- bestehende Navigationslösungen für die bildgeführte Intervention

Darüber hinaus bieten wir Ihnen die:

- Durchführung erster klinischer Studien zur Evaluierung neuer Instrumentengruppen
- Beurteilung therapeutischer Technologien im Bereich der bildgeführten Chirurgie
- Beratung und Schulung für die medizinische Zulassung von Medizinprodukten
- Herstellung von Kontakten zu und die Vertretung in Fachgremien und Verbänden

We realize for you conception and development of:

- intraoperative imaging systems
- surgical instruments for minimal-invasive interventions
- miniaturized instrument positioning systems
- hardware-accelerated 3D image reconstruction

We modify and extend on your behalf:

- existing groups of instruments for minimal-invasive surgery
- existing navigation solutions for image-guided interventions

We also offer you:

- conduct of clinical studies for evaluation of new groups of instruments
- assessment of therapeutic technologies for image-guided surgery
- consulting services and training for the accreditation of medical products
- access to and representation in specialist committees and associations

ZUSAMMENARBEIT – IHR ERFOLG

WORKING TOGETHER FOR YOUR SUCCESS

Unsere innovativen Technologien und Verfahren unterstützen Sie dabei, die unternehmerischen Herausforderungen von morgen zu bewältigen. Sie können durch verschiedene Kooperationsformen von unserem Know-how profitieren:

Industrieprojekte

Forschungs- und Entwicklungsaufgaben bieten eine effektive Möglichkeit, den Innovationsprozess in Ihrem Betrieb voranzutreiben. Wir entwickeln im Auftrag unserer Kunden praxisnahe und wirtschaftlich umsetzbare Lösungen.

Strategische Vorlaufforschung

Die Neu- und Weiterentwicklung zukunftsrelevanter Technologien und Märkte ist Ziel der öffentlich finanzierten auftragsabhängigen Vorlaufforschung. Von den hierbei erworbenen Kenntnissen profitieren unsere Partner aus der Wirtschaft.

Kompetenznetzwerke

Um unseren Kunden ein umfassendes Know-how für ihre anwendungsbezogenen Problemlösungen zu bieten, kooperieren wir mit weiteren Instituten und Verbänden. Wir sind Mitglied:

- in der Deutschen Gesellschaft für Computer- und Roboterassistierte Chirurgie CURAC
- im Arbeitskreis Biomedizinische Technik des Verein Deutscher Ingenieure VDI
- im Innovationszentrum Technologien für Gesundheit und Ernährung IGE
- in Auswahlgremien des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF

Our innovative technologies and methods help you meet the business challenges of tomorrow's world. To benefit from our know-how you can choose from a range of partnerships:

Industry Projects

Research and development contracts are an effective means of driving forward the innovation process in your own company. On behalf of our customers we develop solutions that are both robustly practical and economically viable.

Strategic Basic Research

New and advanced development of relevant future technologies and markets is the mission of publicly financed contract-independent basic research. The insights and knowledge gained in this research go to profit our partners in the industry.

Competence Networks

To give our customers the all-inclusive know-how they need for solving their application-oriented problems, we cooperate with a wide range of institutes and associations. We are members of:

- The German Society for Computer and Robot-Assisted Surgery (CURAC)
- The Working Group on Biomedical Technology of the Association of German Engineers (VDI)
- The Technology Innovation Center for Healthcare and Nutrition (IGE)
- Various selection committees of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF)

KONTAKT

CONTACT

Prof. Dr.-Ing. Erwin Keeve
Telefon +49 30 39006-120
erwin.keeve@ipk.fraunhofer.de

IMPRESSUM

IMPRINT

Fraunhofer-Institut für
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik IPK
Fraunhofer Institute for
Production Systems and
Design Technology IPK

Pascalstr. 8-9
10587 Berlin

Telefon +49 30 39006-0
Fax: +49 30 39110-17
info@ipk.fraunhofer.de

Herausgeber – Issuer

Prof. Dr.-Ing. Erwin Keeve

Redaktion – Editor

Katharina Strohmeier

Gestaltung – Layout

Katharina Strohmeier

Fotos – Photography

Fraunhofer IPK: Katharina
Strohmeier (1), Institut (8)
SCOPIS GmbH (4)
Charité – Universitätsmedizin
Berlin (3,7,9)
iStockphoto: Mark Rose (11)