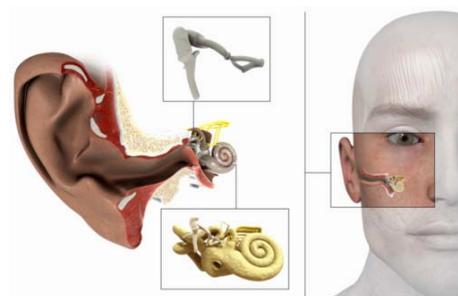
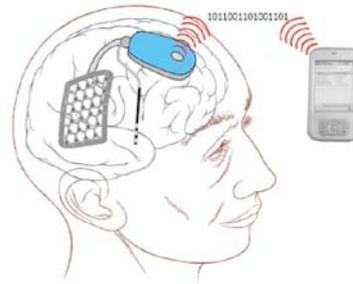
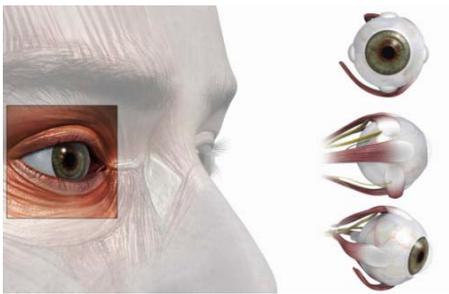


Medizintechnologien der Zukunft

Stand: Januar 2012



Medizintechnologien der Zukunft

Inhaltsverzeichnis

Einführung

1. **Das Auge**

KueAkk - Neue Chance für besseres Sehen im Alter
Intelligentes Retina Implantat System (IRIS)
OctoMag

2. **Das Ohr**

GentleCI - Besser hören auch im Alter

3. **Das Herz**

Implantierbarer Sensor zur Bestimmung wichtiger Parameter zur Diagnose und Therapie von Herzinsuffizienz

4. **Das Gehirn**

NEUWalk - Innovative Wege zur Therapie von Parkinson und Rückenmarksverletzungen
Neue Ansätze gegen Epilepsie

5. **Der Bewegungsapparat**

Intelligente Hüftprothese
TELMYOS - Den Rollstuhl mit den Ohren steuern

6. **Die Haut**

Innovative Wundversorgung
Tissue Engineering

7. **Minimal-invasive Eingriffe der Zukunft**

Chirurgie durchs Schlüsselloch
Datenhelm und Trackingsystem – Aufwändige Technik für den Operationsaal
Der virtuelle Spiegel

Expertenliste

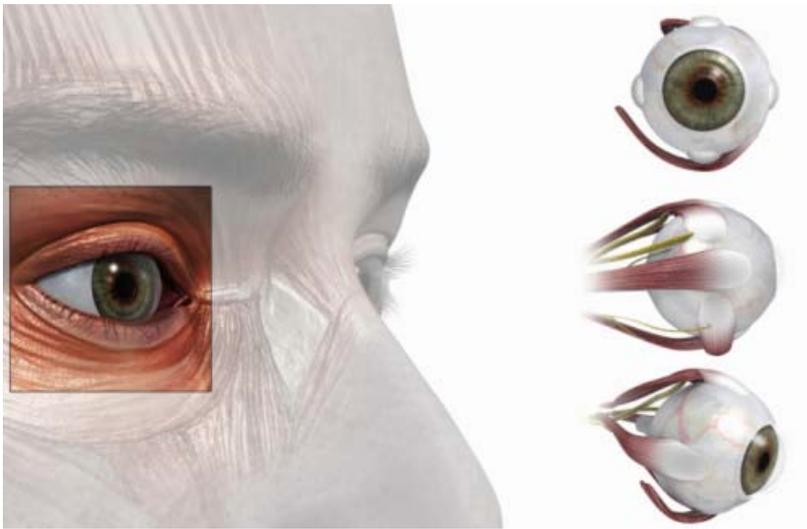
Einführung

Der menschliche Körper ist ein Wunder. Seine Funktionen sind perfekt aufeinander abgestimmt. Organe, Knochen, Muskeln, Gefäße und Nerven arbeiten harmonisch miteinander. Mehr als 200 Knochen bilden das Gerüst. Über 600 Muskeln machen den Menschen mobil. Das Herz des Erwachsenen schlägt 100.000 Mal jeden Tag und pumpt dabei täglich rund 6.000 Liter Blut durch den Körper.

Wenn der menschliche Körper durch Abnutzungserscheinungen, Krankheiten oder Unfälle Schwächen aufweist, beginnen die Herausforderungen der Medizintechnologie. Ärzte, Forscher und Ingenieure der Medizintechnologiebranche versuchen, das Wunder Mensch noch besser zu verstehen. In den meisten Fällen gilt es, die Funktionen des Körpers möglichst perfekt nachzuempfinden oder zu unterstützen. Der medizintechnische Fortschritt ist dabei faszinierend. Ein Beispiel: Der Verlust der Sehkraft war noch vor wenigen Jahren eine endgültige Diagnose. Doch schon bald könnten neue Medizintechnologien dazu führen, dass Blinde wieder sehen können. Was früher undenkbar war, werden innovative Technologiefelder im Bereich der Computerisierung, Molekularisierung, Miniaturisierung, Robotik, Telemedizin und in Teilbereichen des Ambient Assisted Living (AAL) in Zukunft möglich machen. Dieses Papier greift zahlreiche faszinierende Entwicklungen auf.

Der medizintechnische Fortschritt ist dabei nicht nur Hoffnungsträger für den Menschen. Er bietet auch Lösungen für die Gesellschaft und das Gesundheitssystem. Der demografische Wandel wird die sozialen Versorgungssysteme stark verändern. Durch Medizintechnologien werden ältere und chronisch kranke Menschen mehr Lebensqualität haben. Außerdem werden Menschen durch sie länger selbstständig und erwerbsfähig sein. Das bietet Lösungsansätze für eine langfristige Entlastung der sozialen Sicherungssysteme und hilft somit sozialadäquate und wirtschaftlich bezahlbare Lösungen für die gesellschaftliche Herausforderung des demografischen Wandels zu finden.

1. Das Auge



KueAkk - Neue Chance für besseres Sehen im Alter

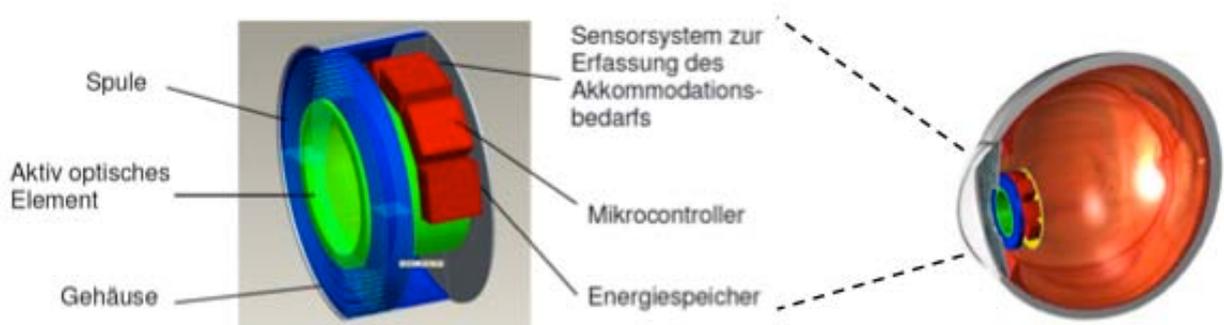
Intelligentes Implantat stellt die Akkommodationsfähigkeit des Auges im Alter wieder her.

Eine wichtige Aufgabe der Augenlinse besteht in der Akkommodation; der Fähigkeit, sich so zu verformen, dass Gegenstände in Nähe und Ferne problemlos auf der Netzhaut abgebildet werden. Mit zunehmendem Alter lässt diese Funktion immer mehr nach, sodass in der Regel ab dem 45. Lebensjahr eine Lesebrille notwendig wird. Das Auftreten der Alterssichtigkeit ist dabei also ein ganz normaler Alterungsvorgang.

Eine weitere Alterserscheinung ist das zusätzliche Auftreten des „Grauen Stars“ (Katarakt); eine Trübung der Augenlinse. Häufig wird in einem chirurgischen Eingriff die getrübe, undurchsichtige Linse durch ein künstliches Linsenimplantat, eine so genannte Intraokularlinse, ersetzt. Jedes Jahr werden in Deutschland rund 800.000 dieser Operationen durchgeführt.

Die Entfernung der eingetrübten natürlichen Linse und die anschließende Implantation einer künstlichen Linse bei einer Katarakt-Erkrankung hat sich inzwischen zu einer Standard-Operation entwickelt.

Das Projekt KueAkk arbeitet an der Realisierung eines intelligenten Implantats für die Wiederherstellung der Akkommodationsfähigkeit nach einer Operation. Ein neuer Ansatz ist ein künstliches Akkommodationssystem, welches im Rahmen des Projekts KueAkk entwickelt wird. Dieses intelligente Mikrosystem könnte anstelle einer starren Intraokularlinse im Kapselsack implantiert werden. Das künstliche Akkommodationssystem soll je nach Bedarf vollständig autark die Brechkraft eines integrierten optischen Elements anpassen. Eine Möglichkeit, den Akkommodationsbedarf berührungsfrei zu ermitteln, stellt die Auswertung der Augenbewegung dar.



Übersicht: Aufbau und Funktionsweise des intelligenten Akkommodationsimplantats

Intelligentes Retina Implantat System (IRIS)

Erblindete Patienten können mit dem Intelligenten Retina Implantat System (IRIS) einen Teil ihrer Sehfähigkeit wieder erlangen.

Stark sehbehinderte oder erblindete Menschen, deren Rezeptorzellen in der Netzhaut (medizinisch: Retina) aufgrund einer Krankheit ihre Funktion verloren haben, haben eine gute Chance auf Heilung. So genannte Retina-Implantate sollen die Funktion der degenerierten Zellen der Netzhaut künstlich ersetzen. Sofern der Sehnerv noch eine unversehrte Verbindung zum Gehirn hat, können die Patienten dank solcher innovativer Sehprothesen vielleicht schon bald wieder sehen.

An der Augenklinik des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf wird in Zusammenarbeit mit IMI Intelligent Medical Implants das neuartige Intelligente Retina Implantat System (IRIS) erprobt. Es soll erblindeten Menschen helfen, einen Teil ihrer Sehfähigkeit wiederzuerlangen und trägt damit erheblich zu einer Verbesserung der Lebensqualität bei. Angewendet werden soll dieses Implantat bei degenerativen Erkrankungen der Netzhaut, für die es bisher keine ausreichenden Therapien gibt (beispielsweise Retinitis Pigmentosa).

Das Implantat besteht aus einer Mikrokontaktfolie, die mit Hilfe eines Stiftes auf der Netzhaut befestigt wird. Auf dieser Folie befinden sich Elektroden, die die Netzhaut elektrisch stimulieren und so Sehnehmungen erzeugen. Ein weiterer Teil des Netzhautimplantats, der die elektronischen Komponenten enthält, wird an der Augenaußenwand angebracht. Neben dem eigentlichen Netzhautimplantat besteht das IRIS aus einer speziellen Brille mit integrierter Kamera und einem Mini-Computer, der zum Beispiel am Gürtel getragen werden kann.



IRIS mit Brille und integrierter Kamera

Die Kamera nimmt Bilder der Umgebung auf und sendet die Bildinformation weiter an den Mini-Computer. Dieser verarbeitet die Daten und leitet sie anschließend zurück zur Brille. Von dort aus werden die Signale drahtlos an das Implantat gesendet, das die Nervenzellen der Netzhaut elektrisch stimuliert und dadurch zu Sehnehmungen führt.

OctoMag

Ein Mikroroboter könnte bei minimal-invasiven Augenoperationen zum Einsatz kommen.

Der OctoMag könnte in Zukunft in der Lage sein, Augenärzte bei Netzhautoperationen zu unterstützen. Forscher des Instituts für Robotik und Künstliche Intelligenz der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich entwickelten den ein bis zwei Millimeter kleinen magnetischen Mikroroboter.

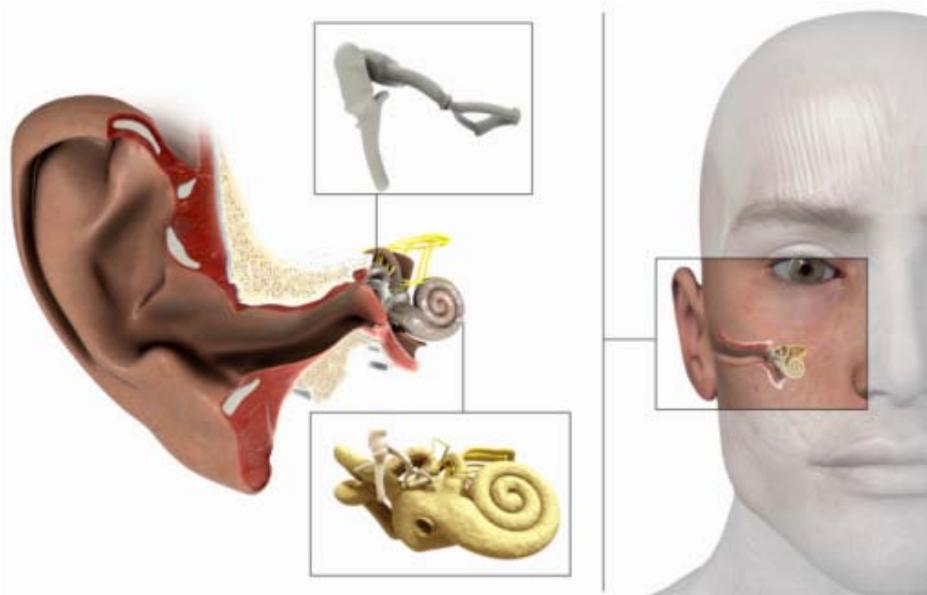
Der Roboter setzt sich aus vier flachen Metallplättchen zusammen, die mit Methoden der Halbleiterindustrie hergestellt und zusammen gesteckt wurden. Teile des Miniroboters bestehen aus ferromagnetischem Nickel und ermöglichen somit, dass der Roboter in einem äußeren Magnetfeld längs der Magnetfeldlinien vorwärts gezogen werden kann. Mit Hilfe von Kupferspulen kann dieser, durch die oszillierenden Magnetfelder, in eine Art Schwimmbewegung versetzt werden. So kann der Miniroboter auch von außerhalb zielgenau gesteuert werden und zum Beispiel Gewebeproben an bestimmten Stellen der Netzhaut entnehmen.

Ein Eingriff mit dem OctoMag könnte in Zukunft wie folgt aussehen: Der OctoMag wird minimal-invasiv zum Beispiel über eine Kanüle in das Auge des Patienten eingesetzt. Der Kopf des Patienten liegt dabei unterhalb einer Magnetspule. So können Magnetfelder erzeugt werden, die für die Steuerung des OctoMag notwendig sind. Mit einer Art Joystick könnte dann der Operateur den medizinischen Mikroroboter im Auge navigieren. Eine Videokamera, die das Auge durch die Pupille filmt, überwacht diesen und ermöglicht es dem Chirurgen die Bewegungen des OctoMag im Auge zu verfolgen.

Der OctoMag könnte in Zukunft auch als „Wirkstofffähre“ verwendet werden. Hierzu müsste der Mikroroboter Medikamente in seinen Kammern transportieren. Zum Beispiel ein Arzneimittel, welches Blutgerinnsel auflöst. So könnte der OctoMag auch an ein verstopftes Blutgefäß in der Retina gesteuert werden und den transportierten Wirkstoff dort direkt absetzen. Die Durchblutung der Netzhaut könnte sich wieder normalisieren und schwere Folgen einer Verstopfung, wie beispielsweise ein Sehverlust auf dem betroffenen Auge, verhindert werden.

Bis solche „Schlüsselloch“-Operationen Wirklichkeit werden, dürften aber noch mindestens fünf bis zehn Jahre vergehen. 2011 wollen die Züricher Forscher die Technologie zunächst an Hühnereiern testen, da die feinen Aderstrukturen junger Hühnerembryonen denen der menschlichen Retina ähneln.

2. Das Ohr



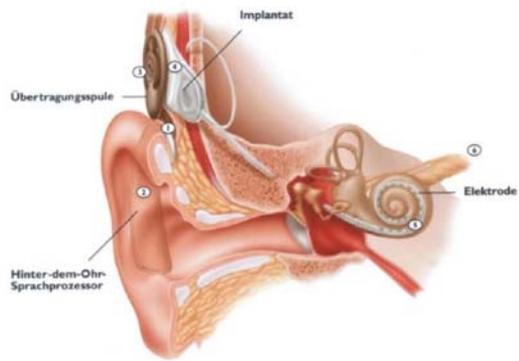
GentleCI - Besser hören auch im Alter

Innovatives Cochlea Implantat zur Verbesserung der Hörleistung von schwerhörigen Patienten.

Derzeit leben in Deutschland rund 80.000 Gehörlose und ca. 16 Millionen Schwerhörige. Akustische Reize können von den Betroffenen, meist älteren Menschen, lediglich mittels Hörhilfen, wie einem Hörgerät oder einer Innenohrprothese (Cochlea-Implantat) wahrgenommen werden. Das Cochlea Implantat (CI) wandelt akustische Signale in elektrische Signale um und leitet diese zum Gehirn weiter.

Während das CI bei innenohrbedingter Taubheit eine erfolgreiche und etablierte Behandlungsmethode darstellt, steht für Schwerhörige bislang keine adäquate Versorgung zur Verfügung. Hier kommen CI nicht in Frage, da bei der Implantation der Elektrode in die Hörschnecke das verbliebene Resthörvermögen meist unwiederbringlich verloren geht.

Hier setzt das Projekt GentleCI an. Entwickelt werden neuartige, steuerbare Elektroden, die sich mit Hilfe einer integrierten Mikroaktorik berührungsfrei und damit risikolos in die spiralförmig gewundene Cochlea einführen lassen. Diese Mikroaktorik wird durch Elektrodenelemente aus Formgedächtniswerkstoffen realisiert, die durch Körpertemperatur in die gewünschte Form gebracht werden. Basierend auf hochauflösender Bildgebung, patientenspezifischer Operationsplanung und einem robotergestütztem Eingriff werden die neuartigen Elektroden entlang dem individuellen Verlauf der Hörschnecke eingeführt, ohne dass die verbliebene natürliche Hörstruktur geschädigt wird.



Ansicht der neuartigen Hörprothese im Ohr

Der Erhalt des Resthörvermögens durch die Schonung von funktionellen Strukturen im Inneren der Hörschnecke eröffnet die Möglichkeit, CI auch bei Patienten mit hochgradiger Schwerhörigkeit einzusetzen. Damit stellt diese Innovation einen viel versprechenden therapeutischen Ansatz für eine zunehmend alternde Bevölkerung dar.

3. Das Herz



Implantierbarer Sensor zur Bestimmung wichtiger Parameter zur Diagnose und Therapie von Herzinsuffizienz

Ein implantierter pulmonal-arterieller Sensor mit angeschlossener Ferndatenübertragung kann in Zukunft dazu beitragen, Herzerkrankungen früher zu erkennen.

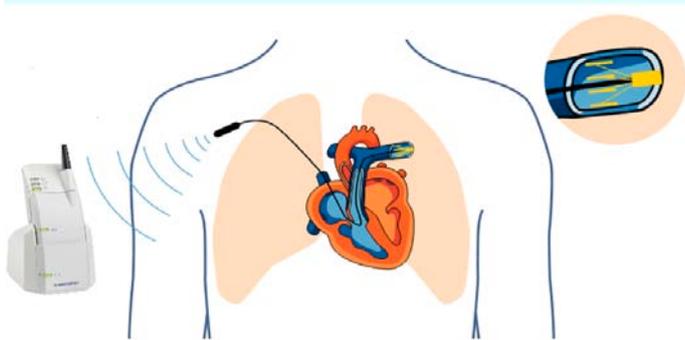
Allein in den letzten 100 Jahren hat sich die Lebenserwartung der Menschen fast verdoppelt. Gleichzeitig ist die Herzinsuffizienz, die am schnellsten zunehmende Herz-Kreislauf-Erkrankung. Damit ist die Herzinsuffizienz ein bedeutendes klinisches und gesundheitsökonomisches Problem. In Europa leiden mehr als zehn Millionen Menschen an Herzinsuffizienz. In Deutschland liegt die Zahl bei ca. 1,8 Millionen wobei jährlich zwei- bis dreihunderttausend Patienten hinzukommen.

Die Ursachen der Herzinsuffizienz sind sehr unterschiedlich. Neben einem Herzinfarkt kommen ein unzureichend behandelter Bluthochdruck, eine Entzündung des Herzmuskels, Herzklappenfehler oder bestimmte Erbfaktoren in Betracht. In den westlichen Industrieländern werden ungefähr ein bis zwei Prozent des gesamten Gesundheitsbudgets für die Behandlung von Herzinsuffizienz ausgegeben. Europaweit belaufen sich die Kosten auf ca. 14 Milliarden Euro. Davon fallen zwei Drittel der Kosten durch Krankenhausaufenthalte an. Vor diesem Hintergrund wird die Frühdiagnose mit überwachter medikamentöser Behandlung zur Vermeidung von Krankenhausaufhalten heute immer wichtiger.

Das derzeit übliche Monitoring zur Erfassung spezieller Herz-Kreislauf-Parameter ist zurzeit nur auf der Intensivstation möglich. Es ist eine Anlage von Kathetern bzw. Gefäßschleusen erforderlich, die eine intensivmedizinische Überwachung und Pflege benötigen. Solche Gefäßzugänge sind aufgrund der Infektionsgefahr nur kurzzeitig einsetzbar, mit Komplikationen (Infektion, Blutung) verbunden und somit für ein dauerhaftes Monitoring weniger geeignet.

Die Entwicklung eines implantierbaren Druck- und Temperatursensors mit angeschlossener Ferndatenübertragung für das kardiovaskuläre Therapiemanagement im Rahmen des Projekts COMPASS soll die permanente und gleichzeitig kostengünstige Überwachung der Patienten auch im häuslichen Bereich ermöglichen. Ziel ist es, zeitnah reagieren zu können, um kritischen gesundheitlichen Veränderungen entgegenzuwirken.

Der Sensor wird in der Pulmonalarterie implantiert und bestimmt dort die Druckverhältnisse und Pumpleistung (Cardiac Output) des Herzens. Über ein kleines unter der Haut implantiertes Radiofrequenz-Implantat, das über eine Elektrode mit dem Sensor verbunden ist, werden die Daten automatisch und drahtlos an einen mobilen Transmitter gesendet. Dieser leitet die Informationen über ein Service Center an den behandelnden Arzt weiter. Die Messgrößen sind im Bereich der stationären Überwachung etabliert.



System zur Druck- und Temperaturmessung in der Pulmonalarterie mit drahtloser Datenübertragung

Das Patienten-Monitoring soll eine exakte und kontinuierliche Beurteilung der Herz- und Kreislauflage gewährleisten und damit helfen die medikamentöse Therapie zu optimieren. Dadurch verringern sich die ansonsten notwendigen Krankenhausaufenthalte. Darüber hinaus wird die Sterblichkeitsrate der Patienten gesenkt. Außerdem zeigen die Ergebnisse, dass durch die Technologie die Zahl der Notarzteinsätze, Klinikeinweisungen und Arztbesuche reduziert werden kann. Damit stellt diese Therapie, auch unter Berücksichtigung der systemimmanenten Mehrkosten und aus gesundheitsökonomischer Sicht, die kosteneffektivere Behandlungsstrategie dar.

Der Einsatz der Telemedizin bei chronisch herzinsuffizienten Patienten könnte somit eine zukunftsweisende Betreuungsform darstellen, durch die der Informations- und Datenfluss zwischen Patient, Krankenhaus und niedergelassenem Arzt entscheidend, individuell und zu jeder Zeit optimiert werden kann.

4. Das Gehirn



NEUWalk - Innovative Wege zur Therapie von Parkinson und Rückenmarksverletzungen

Europäisches Forschungsprojekt NEUWalk arbeitet an neuroprothetischen Lösungen zur Wiederherstellung der Motorik nach Rückenmarksverletzungen und zur symptomatischen Therapie des Parkinson-Syndroms.

Eine neue Chance zur Behandlung von Parkinsonkranken und Menschen mit Rückenmarksverletzungen könnte das europäische Forschungsprojekt NEUWalk bieten. Mit dessen Hilfe soll es zukünftig möglich sein, Bewegungsfunktionen nach schweren Rückenmarksverletzungen wieder herzustellen und die Symptome der Parkinsonerkrankung wirkungsvoll zu lindern.

Von Rückenmarksverletzungen und Parkinsonerkrankung sind weltweit etwa 6,6 Millionen Menschen betroffen. Hiermit verbundene Kosten werden auf 16 Milliarden Euro jährlich geschätzt. Bislang gibt es keine wirksame Behandlungsmethode, um das motorische Leistungsvermögen von schwer gelähmten Menschen zu verbessern.

NEUWalk erforscht eine chirurgische Methode zur Linderung der Symptome der Parkinsonerkrankung. Hier wurden in den Voruntersuchungen die weitreichenden Möglichkeiten der pharmakologischen und elektrischen Stimulation des Rückenmarks bereits eindrucksvoll demonstriert: Mittels Rückenmarksstimulation in Kombination mit einem Rehabilitationstraining können querschnittsgelähmte Ratten die Laufbewegung wieder ausführen und dabei ihr eigenes Gewicht vollständig tragen.

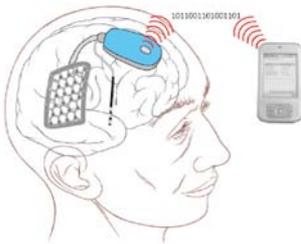
Die Realisierung dieser neuartigen Generation von Neuroprothesen erfordert das Beschreiten neuer Lösungswege, die auf mikrotechnologischen und mikroelektronischen Spitzenverfahren beruhen. Hierzu gehören insbesondere flexible, implantierbare Multielektroden und mikroprozessorgesteuerte Neuroprothesen, die sowohl kabellose Energie- und Signalübertragung als auch hochentwickelte Möglichkeiten der Neurostimulation sowie neuronaler Aufzeichnung und Auswertung in sich vereinen. Zur beschleunigten Umsetzung in Richtung klinischer Anwendung sind erste Untersuchungen an Menschen mit schweren Rückenmarksverletzungen vorgesehen.

Neue Ansätze gegen Epilepsie

Implantierbare Neuroprothese kann in Zukunft eine sichere elektrophysiologische und neurochemische Langzeitüberwachung von Epilepsiepatienten gewährleisten.

Blitze im Gehirn – so beschreiben Betroffene Epilepsie-Anfälle. Bei der Epilepsie handelt es sich um die häufigste chronische Krankheit des zentralen Nervensystems. Etwa eine halbe Million Menschen in Deutschland leiden an dieser Krankheit, bei der es immer wieder zu Krampfanfällen ohne erkennbare Ursache kommt. Das Risiko an Epilepsie zu erkranken, ist in den ersten Lebensjahren und ab dem 60. Lebensjahr besonders hoch. Die jährliche Rate an Neuerkrankungen in Deutschland liegt etwa bei ca. 35.000 Menschen. Epilepsie ist keine Erbkrankheit, lediglich die erhöhte Bereitschaft zu Anfällen wird vererbt und das bei etwa zehn Prozent der Menschen. Allgemein unterscheidet man hier zwischen fokalen Anfällen und generalisierten Anfällen. Fokale Anfälle entstehen an einem beliebigen Ort im Gehirn und die Symptome sind auf eine Körperregion begrenzt. Im Gegensatz dazu umfassen generalisierte Anfälle das ganze Gehirn oder zumindest Anteile beider Gehirnhälften gleichzeitig. Zudem erfasst der generalisierte Anfall den gesamten Körper.

In den Fällen, bei denen eine medikamentöse Behandlung wirkungslos ist, muss der betroffene Gehirnbereich operiert werden. Die dafür notwendige Diagnose vor dem operativen Eingriff erfordert eine kontinuierliche Messung der elektrischen Gehirnaktivitäten über mehrere Stunden bis Wochen. Im Rahmen dieser Epilepsiediagnostik werden auch Elektroden implantiert, um genaue Informationen über den räumlichen und zeitlichen Verlauf der epileptischen Entladungen zu erhalten. Während der bis zu zwei Wochen dauernden elektrophysiologischen Diagnostik befinden sich die Patienten in einer so genannten Intensiv-Monitoring-Einheit. In dieser Zeit besteht ein erhöhtes Komplikationsrisiko (wie Infektionen oder Blutungen), aufgrund des Einbringens der Elektroden und der bestehenden Ausleitung von Kabelverbindungen durch Schädel und Haut nach außen. Längerdauernde EEG-Ableitungen sind aus ärztlicher Sicht zwar wünschenswert, aber mit dem heutigen Stand der Elektroden- und Ableittechnik nicht durchführbar.



Implementierbares Mikrosystem zur sicheren Langzeitüberwachung bei Epilepsiepatienten

Das Projekt „incrimp“ entwickelt vor diesem Hintergrund neuartige Komponenten, basierend auf der Mikrosystem- und Nanotechnologie. Die mikrosystemtechnischen Entwicklungen umfassen Mikroelektroden auf Kohlenstoffbasis, innovative mikroelektronische Ansätze zur Datenerfassung und Telemetrie sowie Lösungen zur Aufbau- und Verbindungstechnik. Auf diese Weise soll ein vollständig unter das Schädeldach implantierbares System mit drahtloser Energie- und Signalübertragung realisiert werden. Das angestrebte Ergebnis: Eine sichere elektrophysiologische und neurochemische Langzeitüberwachung. Das erhöhte Komplikationsrisiko durch Kabelverbindungen in der Kopfhaut wird dabei genauso umgangen wie erstmals die Voraussetzungen geschaffen werden, kontinuierliche Hirnaktivitätsmessungen über einen Zeitraum von mehr als 30 Tagen durchzuführen. Das System kann längerfristig auch zur therapeutischen Hirnstimulation verwendet werden. Damit erschließt „incrimp“ besonders innovative Wege in der Diagnose und Therapie von Epilepsie.

5. Der Bewegungsapparat



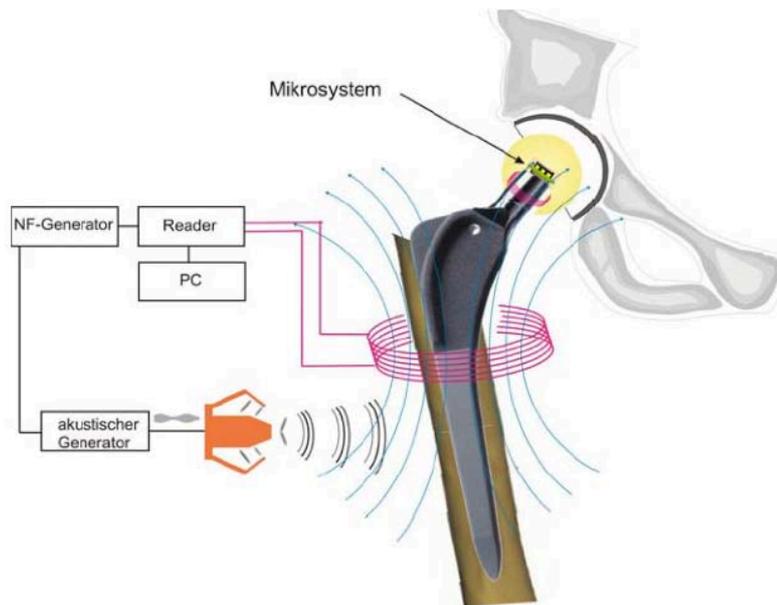
Intelligente Hüftprothese

Innovatives Mikrosystem kann in Zukunft Auskunft zum Einwachsverhalten von Hüftprothesen geben.

Schwere krankhafte Veränderungen am Hüftgelenk können dazu führen, dass ein künstliches Hüftgelenk eingesetzt werden muss. Die bekannteste und häufigste Ursache, die zur Erkrankung führt, ist die Arthrose (Abnutzungserkrankung).

Bedingt durch eine älter werdende Bevölkerung steigt die Zahl der jährlich eingebrachten Gelenkendoprothesen in allen Industrieländern. Während 1989 insgesamt 65.000 Hüftprothesen in Deutschland eingebaut wurden, sind es mittlerweile mehr als 200.000 Implantationen jährlich.

Wenn sämtliche nichtoperative Heilungsmethoden nicht zu mehr Schmerzfreiheit und Wiederherstellung der Beweglichkeit führen, dann hilft nur noch ein künstlicher Hüftgelenkersatz zur Verbesserung der Lebensqualität. Trotz hochentwickelter Implantate und hochwertiger Materialien ist die Lebensdauer einer eingesetzten Prothese begrenzt. Unter Umständen kann sich eine Prothese lockern, was eine erneute Operation erforderlich macht. Auf Grund von Ungenauigkeit der aktuellen Diagnosemöglichkeiten werden rund zehn Prozent der Revisionsoperationen an der Hüfte derzeit unnötig durchgeführt – mit entsprechenden Mehrkosten für das Gesundheitswesen.



Prinzip des Sensorsystems

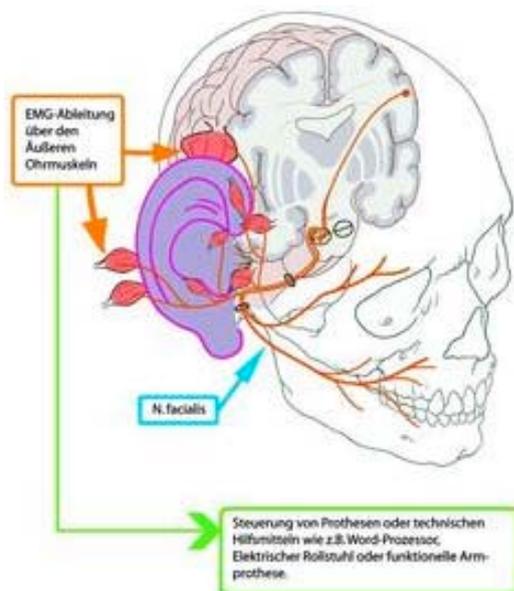
Das Projekt INHUEPRO zielt auf die Entwicklung eines Systems zur besseren Diagnostik von Hüftleiden. Es erfasst sowohl das Einwachsverhalten als auch eine Lockerung der Hüftprothese. Dazu wird ein Mikrosystem in die keramische Prothesenkugel integriert, das die Festigkeit der Verbindung zwischen Prothese und Knochen über die gesamte Implantationszeit überprüft. Die Messwerte werden drahtlos nach außen übertragen und in einer Datenbank abgelegt. Die Energieübertragung zum implantierten Mikrosystem erfolgt ebenfalls drahtlos. Zur Messung wird der zu untersuchende Oberschenkel auf reproduzierbare Weise so angeregt, dass die Werte der einzelnen Messungen verglichen werden können. Durch die Analyse der Ergebnisse erhält der behandelnde Arzt eine Aussage über die knöcherne Integration. Verschlechtert sich der Zustand, kann er Therapiemaßnahmen zur Stabilisierung einleiten, deren Wirkung er mit diesem System wiederum genau überprüfen kann. Das Projekt trägt somit zur Steigerung der Behandlungsqualität bei und bietet das Potenzial, demografiebedingte Kostensteigerungen im Gesundheitswesen zu dämpfen.

TELMYOS - Den Rollstuhl mit den Ohren steuern

Wissenschaftler erforschen neuen Ansatz für Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine.

Die Muskulatur der Ohrmuschel aktivieren – das Schaffen nicht nur Menschen, die von Natur aus mit den Ohren wackeln können. Fast jeder Mensch kann die Ohrmuskulatur willentlich aktivieren, wenn er diese Fähigkeit gezielt trainiert. Das haben Neurologen der Universitätsmedizin Göttingen herausgefunden. Nun wollen sie die Muskeln rund um die Ohren für ganz andere Aufgaben nutzbar machen. Die Idee der Forscher: Die Ohrmuskeln könnten die nötige Energie liefern, um technische Hilfsmittel wie Rollstühle oder Prothesen zu steuern. Denn bei jeder Muskelaktivierung entstehen auf natürliche Weise elektrische Signale. Mittels einer innovativen Apparatur, sollen diese elektrischen Signale abgeleitet und weiterverarbeitet werden.

"TELMYOS" steht für ein "telemetrisches myoelektrisches Ohrmuskelableitsystem". Ein kleiner Chip hinter dem Ohr soll Muskelsignale aufzeichnen und per Funk an einen Empfänger übertragen, der dann die Geräte steuert. Diese Technologie könnte, wegen des neuartigen Funktionsprinzips, eine Alternative zu bisherigen Strategien sein. Aktuell konzentriert sich die Forschung zur Steuerung von Neuroprothesen auf die Analyse von elektrischen Strömen des Gehirns (Brain-Computer Interface). Allerdings wird in den nächsten Jahren keine Routineanwendung dieser Technologie erwartet.



Die Nervenimpulse aus der motorischen Gehirnrinde erreichen die Muskulatur der Ohrmuschel über den N. facialis, der auch die Gesichtsmuskulatur steuert. Diese elektrischen Signale der Aktivierung der Ohrmuskulatur werden mit einem Verstärker erfasst und dann über Funk an das Gerät gesendet (beispielsweise einen Rollstuhl), das mit TELMYOS gesteuert werden soll.

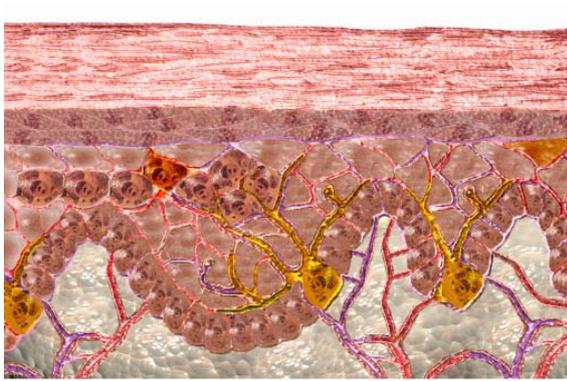
Gerade querschnittgelähmte Patienten, die weder Arme noch Beine bewegen können, könnten hierdurch die Chance erhalten, ihre technischen Rehabilitationsmittel mit Hilfe der Ohrenmuskeln selbst zu steuern. Als erstes wollen die Forscher einen Laborprototyp zur Ableitung der Ohrmuskelaktivität erstellen. Damit soll untersucht werden, inwieweit sich die Steuerung mit den Ohrmuskeln erlernen lässt. Parallel dazu untersuchen die Neurophysiologen des Projekts wie die Verschaltung zwischen dem Großhirn und der Ohrmuskulatur abläuft und über welche Wege die äußere Ohrmuskulatur aktiviert wird.

Die Wissenschaftler wollen dabei auch überprüfen, ob die antrainierte und mit hoher Konzentration auszuführende Steuerung des Rollstuhls oder der Prothese über die Ohrmuskulatur langfristig in eine intuitive Routinetätigkeit übergeht.

Die Möglichkeiten, die Ohrmuskulatur willentlich anzuspannen, muss mit einer Auswertesoftware analysiert werden, die speziell zu entwickeln ist. Durch eine bewegte Computergrafik kann der Anwender dann seine Ohrmuskelaktivitäten sehen und gezielt trainieren. Das Ziel der Forscher: Die neue Mensch-Maschine-Schnittstelle "Ohrmuskel" soll beliebige Geräte ansteuern können, wie einen elektrischen Rollstuhl oder eine funktionelle Armprothese.

Die Ergebnisse, die mit dem Laborprototypen erzielt werden, sollen am Ende des Verbundprojektes die Grundlage für die Entwicklung eines voll implantierbaren Systems sein.

6. Die Haut



Innovative Wundversorgung

Ein neuartiges Material ermöglicht künftig die Wundkontrolle ohne Verbandwechsel: Im Fall einer Infektion ändert das Material seine Farbe.

Wunden müssen regelmäßig kontrolliert werden. Nur so lassen sich Komplikationen beim Heilungsprozess frühzeitig erkennen. Gerade bei älteren Menschen verschlechtert sich die Wundheilung. Gleichzeitig steigt der Bedarf an geeigneten Materialien zur Wundversorgung. Kleine Verletzungen verheilen meist innerhalb weniger Tage. Klaffen Wundränder jedoch auseinander, dauert der Heilungsprozess länger und es kann noch Tage später zu einer Infektion kommen. Ein Verband schützt die angegriffene Haut zwar, zur Wundkontrolle muss er jedoch entfernt werden. Dies kann für den Patienten nicht nur schmerzhaft sein, sondern es besteht zudem die Gefahr, dass Keime in die Wunde gelangen.

Neue innovative Verbandmaterialien und Pflaster können in Zukunft Veränderungen der Haut anzeigen. Liegt eine Infektion vor verfärbt sich zum Beispiel das Pflaster von gelb nach violett. Diese chemische Reaktion lässt sich wie folgt erklären: Der neu entwickelte Indikatorfarbstoff reagiert auf unterschiedliche pH-Werte und ist direkt im Pflaster integriert. Gesunde Haut und abgeheilte Wunden weisen in der Regel einen pH-Wert von unter 5 auf. Steigt dieser Wert, so bewegt er sich vom sauren in den alkalischen Bereich. Dies deutet auf Komplikationen bei der Wundheilung hin. Bei einem pH-Wert zwischen 6,5 und 8,5 liegt häufig eine Infektion vor, der Indikatorfarbstreifen färbt sich violett. Das intelligente Verbandmaterial ermöglicht somit eine regelmäßige Wundkontrolle von außen, die den Heilungsverlauf nicht störend beeinträchtigt.



Bei Vorliegen einer Infektion verfärbt sich das Pflaster von gelb nach violett.

Künftig sollen im Wundverband integrierte optische Sensormodule den pH-Wert messen und die Ergebnisse am Display eines Lesegeräts anzeigen. Mit dieser Methode ließe sich der Wert präzise ablesen und der Rückschluss auf den Wundheilungsprozess wäre möglich.

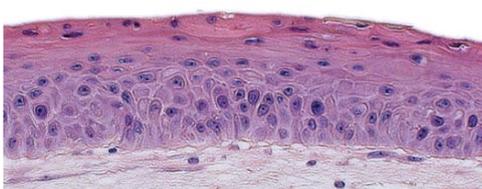
Tissue Engineering

Haut aus der Fabrik – Ein Projekt des Fraunhofer-Instituts zur Herstellung zweischichtiger Hautmodelle.

Das Tissue Engineering Verfahren (auch Gewebezüchtungen) beruht darauf, lebende Zellen eines Organismus als dreidimensionales Konstrukt zu kultivieren. Diese Zellen können dann in denselben Organismus implantiert werden und so die Funktion des geschädigten Gewebes wiederherstellen, erhalten oder verbessern.

Zum Hintergrund: Künstliche Haut für Transplantationen oder zum Testen von Kosmetika und Chemikalien ist rar. Derzeit wird sie manuell im Labormaßstab hergestellt. Die Kultivierung dauert sechs Wochen.

Nun entwickelten Wissenschaftler am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik einen vollautomatisierten Prozess, um Haut schneller und in größerer Menge zu erzeugen. In diesem mehrstufigen Vorgang werden die Hautproben sterilisiert, per Roboter in die Anlage transportiert, zerkleinert, isoliert und zum Wachsen gebracht – nach drei Wochen ist die künstliche Haut fertig. Zukünftig soll die Fabrik monatlich etwa 5000 Stück briefmarkengroße Hautmodelle züchten.



Schnitt durch ein dreidimensionales Hautmodell

Der Vorteil dieses kultivierten Hautmodells besteht darin, dass es vom Immunsystem des Patienten akzeptiert wird, da es nur solche Proteine auf den Zelloberflächen aufweist, die das Immunsystem als „eigene“ erkennt. Damit sollten Tissue-Engineering-Implantate normalerweise nicht abgestoßen werden.

Die Wissenschaftler geben sich damit aber nicht zufrieden, vielmehr soll die Technologie in den kommenden zwei Jahren so weiterentwickelt werden, dass sich damit auch andere Gewebe wie zum Beispiel Knorpel automatisch fertigen lassen. Zukünftig soll das Tissue Engineering Verfahren in der Krebsforschung für eine maßgeschneiderte Krebstherapie eingesetzt werden und für die Herstellung von Herzklappen oder Gefäßprothesen.

7. Minimal-invasive Eingriffe der Zukunft

Dieses Kapitel kann ergänzend für die Themen aus den Bereichen Herz und Bewegungsapparat verwendet werden.

Chirurgie durchs Schlüsselloch - Minimal-invasive Eingriffe der Zukunft

Die Zukunft der minimal-invasiven Chirurgie wird bestimmt durch Innovationen der Medical Augmented Reality und der Mikrorobotik.

Der technische und instrumentelle Aufwand für minimal-invasive Operationsverfahren ist, verglichen mit den konventionellen offenen Operationsmethoden, außerordentlich hoch. Dementsprechend anspruchsvoll ist die Anwendung der minimal-invasiven Operationen und erfordert zugleich von dem Operateur besondere Fähigkeiten (räumliches Vorstellungsvermögen und besonderes Koordinationsvermögen). Zugleich sind modernste operationstechnische Geräte und Spezialinstrumente (Videokameras, spezielle optische Sonden u.a.) erforderlich, um das Operationsgebiet einsehen zu können.

Heutzutage muss sich der Chirurg bei minimal-invasiven Eingriffen (umgangssprachlich auch Schlüsselloch-Chirurgie genannt) noch auf Bildschirmen neben dem Operationstisch verlassen. Der Arzt muss häufig den Kopf drehen vom Patienten zum Bildschirm und wieder zurück. Dies verändert immer wieder die Perspektive des Chirurgen und erfordert eine hohe Konzentrationsleistung.

Eine Forschergruppe aus Informatikern und Ärzten der Technischen Universität München arbeitet an zukunftsweisenden Systemen, die die Arbeit der minimal-invasiven Chirurgie erleichtern sollen. Hier steht die Nutzung der „Erweiterten Realität“ (Augmented Reality) zur Visualisierung und zur chirurgischen Navigation bei minimal-invasiven Eingriffen im Mittelpunkt der Forschungsbemühungen.

„Erweiterte Realität“ heißt das Verfahren deshalb, weil es das Bild der Wirklichkeit um Zusatzinformationen aus dem Computer ergänzt wird.

Datenhelm und Trackingsystem – Aufwändige Technik für den Operationssaal

Eine Datenbrille ermöglicht dem Chirurg den virtuellen Blick in das Innere des Körpers.

In rund zehn Jahren könnte die Zukunft der Chirurgie wie folgt aussehen: Der Chirurg betritt den Operationssaal und setzt sich ein kleines Gerät mit einer Datenbrille auf den Kopf. Auf dem Bildschirm in der Brille sieht er den Patienten genau so, wie er in Wirklichkeit auf dem OP-Tisch liegt. Aber auf Knopfdruck erkennt er noch viel mehr: Schicht für Schicht kann er in den Körper hineinblicken durch Haut und Muskeln hindurch bis auf die Knochen.

Nachdem er sich einen Überblick verschafft hat, beginnt der Chirurg den Eingriff: Er macht eine kleine Öffnung in den Körper, durch die er seine Instrumente, wie Endoskop, Katheter oder Bohrer einführt. Wo er den Schnitt setzen muss, ist in der Datenbrille auf dem Bildschirm markiert. Dort kann er genau verfolgen, wo sich die Instrumente befinden. Er sieht sie zwischen den Organen, Knochen und Blutgefäßen, als ob er selbst über einen Röntgenblick verfügen würde.



Datenhelm mit virtueller Brille

Der Arzt sieht dieses halb reale, halb virtuelle Bild in der Brille seines Datenhelms. In dieses so genannte Head Mounted Display (HMD) sind zwei Farbkameras integriert, die das Livebild aufzeichnen. Sie sind leicht versetzt angebracht – wie zwei Augen. Dadurch wird das zusammengesetzte Bild beider Kameras dreidimensional. Damit die Livedaten und das gespeicherte CT-Bild passgenau aufeinander gelegt werden können, muss das Computerprogramm zu jedem Zeitpunkt wissen, wo sich Arzt und Patient befinden, wohin der Arzt schaut und wie er sich bewegt. Diese Aufgabe erledigt ein Trackingsystem aus Infrarotkameras, das Referenzpunkte verfolgt und so die Position des Patienten und des HMD bis auf Millimeterbruchteile bestimmt. Dreht der Chirurg den Kopf, sorgt das Trackingsystem dafür, dass das Computerbild vom Inneren des Körpers exakt seinem Blickwinkel entspricht. Außerdem verfolgt es die Lage der Instrumente in der Hand des Arztes und berechnet daraus ihre genaue Position im Körper.

Neben Tests an Kunststoffpuppen und Tierkadavern, konnten bereits erste Tests an freiwilligen Versuchspersonen durchgeführt werden. Das Head Mounted Display könnte circa in acht bis zehn Jahren zum OP-Alltag gehören.

Der virtuelle Spiegel

Der virtuelle Spiegel ergänzt die Sicht der Datenbrille und ermöglicht dem Chirurgen den virtuellen Blick auf die Rückseite des Körperbildes.

Der virtuelle Spiegel kann in die Datenbrille zugeschaltet werden. Er zeigt eine zusätzliche Perspektive des virtuellen Körperbildes, nämlich seine Rückseite. Vorteile bringt das vor allem bei Operationen die höchste Präzision erfordern, etwa wenn Schrauben in Wirbelkörper gesetzt werden müssen.



Virtueller Spiegel

Mit dem virtuellen Spiegel sieht der Chirurg die Rückseite des Wirbels und erkennt, an welcher Stelle sein Bohrer austreten wird, wenn er in einem bestimmten Winkel bohrt. Die ideale Bohrrichtung wird vor der Operation bestimmt und in der Datenbrille eingeblendet. Mit einer leichten Drehung des Instruments kann der Chirurg den Wirbel auf dem virtuellen Spiegel rotieren lassen, um die Position seines Bohrers zu kontrollieren.

- - -

Medienkontakt BVMed:

Manfred Beeres

Leiter Kommunikation/Presse, Pressesprecher

BVMed - Bundesverband Medizintechnologie e.V., Reinhardtstr. 29 b, 10117 Berlin

Tel. (030) 246 255-20

beeres@bvmed.de

www.bvmed.de

Die Informationen über moderne MedTech-Verfahren sind Teil der Informationskampagne "Der Mensch als Maßstab. Medizintechnologie" des BVMed. Damit wollen wir die Wertigkeit, Innovationskraft und Faszination von Medizintechnologien verdeutlichen.

Mehr Informationen unter:

www.massstab-mensch.de

Expertenliste (Auszug)

Auge

Intelligentes Implantat (Akkommodationsfähigkeit):

Universität Karlsruhe Institut für Angewandte Informatik/Automatisierungstechnik
 Prof. Dr. Georg Bretthauer
 Herrmann-von-Helmholtz-Platz 1,
 76344 Eggenstein-Leopoldshafen
 Tel. +49 721 608 - 7970 oder 07247 82 5700
 E-Mail: brettthauer@iai.fzk.de

Intelligentes Retina Implantat:

Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde
 Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf
 Prof. Gisbert Richard
 Martinistraße 52, 20246 Hamburg
 Tel. +49 40 7410-52301
 E-Mail: augenlinik@uke.de oder augenlinik@uke.uni-hamburg.de

Ohr

Innovatives Cochlea Implantat:

Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde (HNO)
 der Medizinischen Hochschule Hannover
 Dr. med. Omid Majdani
 Carl-Neuberg-Straße 1, 30625 Hannover
 Tel. 0511 532-9877
 E-Mail: majdani.omid@mh-hannover.de

Institut für Robotik (IfR) der Leibniz Universität Hannover
 Prof. Dr.-Ing. habil. Bodo Heimann
 Appelstraße 11, 30167 Hannover

Herz

Implantierbarer Sensor zur Diagnose und Therapie von Herzinsuffizienz

Vorstandsmitglied der Deutsche Gesellschaft für Biomedizinische Technik im VDE
 Vice President Health Services der Biotronik SE & Co KG
 Dr. Hans Jürgen Wildau
 Woermannkehre 1, 12359 Berlin
 Tel. 030 68905 2400 Fax.: 030 68905 2940
 E-Mail: hans-juergen.wildau@biotronik.com

Helmholtz-Institut RWTH Aachen
Lehrstuhl für Angewandte Medizintechnik AME
Pauwelsstraße 20
52074 Aachen
Dipl.-Ing. Michael Pfennig, Tel. +49 241 80 89812
Dipl.-Ing. Renate Hartmann, Tel. +49 241 80 8981

Gehirn und Nervensystem

Forschungsprojekt NEU Walk Innovative Wege zur Therapie von Parkinson und Rückenmarksverletzungen:

Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH
Dr. Peter Detemple
Carl-Zeiss-Straße 18–20, 55129 Mainz
Tel. +49 6131 990323
E-Mail: detemple@imm-mainz.de

Universität Zürich
Experimental Neurorehabilitation Lab
Rehabilitation Institute and Technology Center Zurich (RITZ)
Prof. Dr. Grégoire Courtine
August Forel-Strasse 7, CH 8008 Zürich
E-Mail: gregoire.courtine@bli.uzh.ch

Neuroimplantate (allgemein) Ansprechpartner:

Projekt incrimp:

inomed Medizintechnik GmbH
Rudi Mattmüller
Im Hausgrün 29, 79312 Emmendingen
Tel. +49 7641 9414-70 Fax: +49 7641 9414-80
E-Mail: r.mattmueller@inomed.com

NMI Natural and Medical Sciences Institute Universität Tübingen
Dr. Alfred Stett (Stellvertretender Institutsleiter)
Tel. +49 7121 51530-70
Fax: +49 7121 51530-16
E-Mail: stett(at)nmi.de

Bewegungsapparat

Intelligente Hüftprothese:

Fraunhofer-Institut Photonische Mikrosysteme

Maria-Reiche-Str. 2 01109 Dresden

Tel. +49 (0) 3 51/88 23-0

Fax: +49 (0) 3 51 / 88 23-266

www.ipms.fraunhofer.de

Ines Schedwill Tel. +49 (0) 3 51/88 23-238 ines.schedwill@ipms.fraunhofer.de

Moritz Fleischer Tel. +49 (0) 3 51/88 23-249 moritz.fleischer@ipms.fraunhofer.de

Chirurgische Klinik - Chirurgische Forschung

Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum

Dr. Birger Jettkant

Bergmannsheil GmbH

Bürkle-de-la-Camp-Platz 1, 44789 Bochum

Tel. 0234/302-6382 /-4681

E-Mail: birger.jettkant@rub.de

Telemetrisches myoelektrisches Ohrmuskelableitsystem:

Institut für Angewandte Informatik und Automatisierungstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie

Dr.-Ing. Markus Reischl

Hermann-von-Helmholtz-Platz 1,

76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Tel. +49 721 608 2- 5749 Fax: +49 721 608 2- 5786

Universitätsmedizin Göttingen – Georg-August-Universität Abteilung Klinische

Neurophysiologie

Prof. Dr. David Liebetanz

Tel. 0551 / 39-8453

E-Mail: dliebet@gwdg.de

Experimentelle Paraplegiologie / Neurorehabilitation

Klinik für Paraplegiologie - Department Orthopädie, Unfallchirurgie und Paraplegiologie an dem Universitätsklinikum Heidelberg

Dr.Ing. Rüdiger Rupp

Schlierbacher Landstraße 200 a, 69118 Heidelberg

E-Mail: ruediger.rupp@med.uni-heidelberg.de

Haut

Innovative Wundversorgung:

Fraunhofer Institut Modulare Festkörper Technologien (EMFT)

Dr. rer. nat. Gerhard Mohr

Dr. Sabine Trupp

Hansastr. 27 d, 80686 München

Tel. +49 941 943-5726

Universitätsklinikum Regensburg (Dermatologie)

Dr. med. Philipp Babilas

Tel. 0941 944-9605

Fax: 0941 944-9532

E-Mail: Philipp.Babilas@klinik.uni-regensburg.de

Tissue Engineering:

Lehrstuhl für Tissue Engineering und Regenerative Medizin der Universität Würzburg und am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik Prof. Dr. Heike Walles

Tel. (0931) 31-88828

E-Mail: heike.walles@uni-wuerzburg.de

Medizinische Hochschule Hannover

Prof. Dr. med. Axel Haverich (Ärztlicher Direktor)

Tel. 0511- 532 6580

Minimal-invasive Eingriffe der Zukunft

Datenhelm und Trackingsysteme, virtueller Spiegel

Technische Universität München

Institut für Informatik / I16 Computer Aided Medical Procedures & Augmented Reality

Prof. Nassir Navab

Boltzmannstraße 3, 85748 Garching

Tel. + 49 89 289 17057

Fax: + 49 89 289 17059

Technische Universität München

Institut für Informatik / I16 Computer Aided Medical Procedures & Augmented Reality

Prof. Gudrun Klinker

Boltzmannstraße 3, 5748 Garching

Tel. + 49 89 289 18215

Fax: + 49 89 289 17059

Mikroroboter (OctoMag)

Eidgenössische Technische Universität Zürich
Institute of Robotics and Intelligent Systems
Tannenstrasse 3, CH-8092 Zürich

Prof. Bradley Nelson (Leiter des Instituts)
Tel. +41 44 632 55 49 E-Mail: bnelson@ethz.ch

Dr. Bradley E. Kratochvil
Tel. +41 44 632 55 49