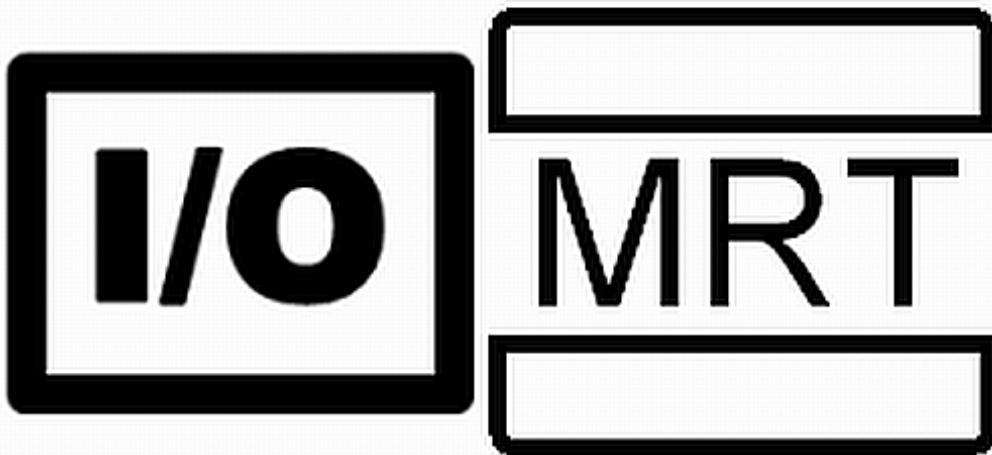


Entwicklung von innovativen  
Instrumenten und therapeutischen Methoden  
für die medizinische Anwendung in der offenen  
Hochfeld-Magnetresonanztomographie



## **Instrumentenentwicklung für die offene MRT**

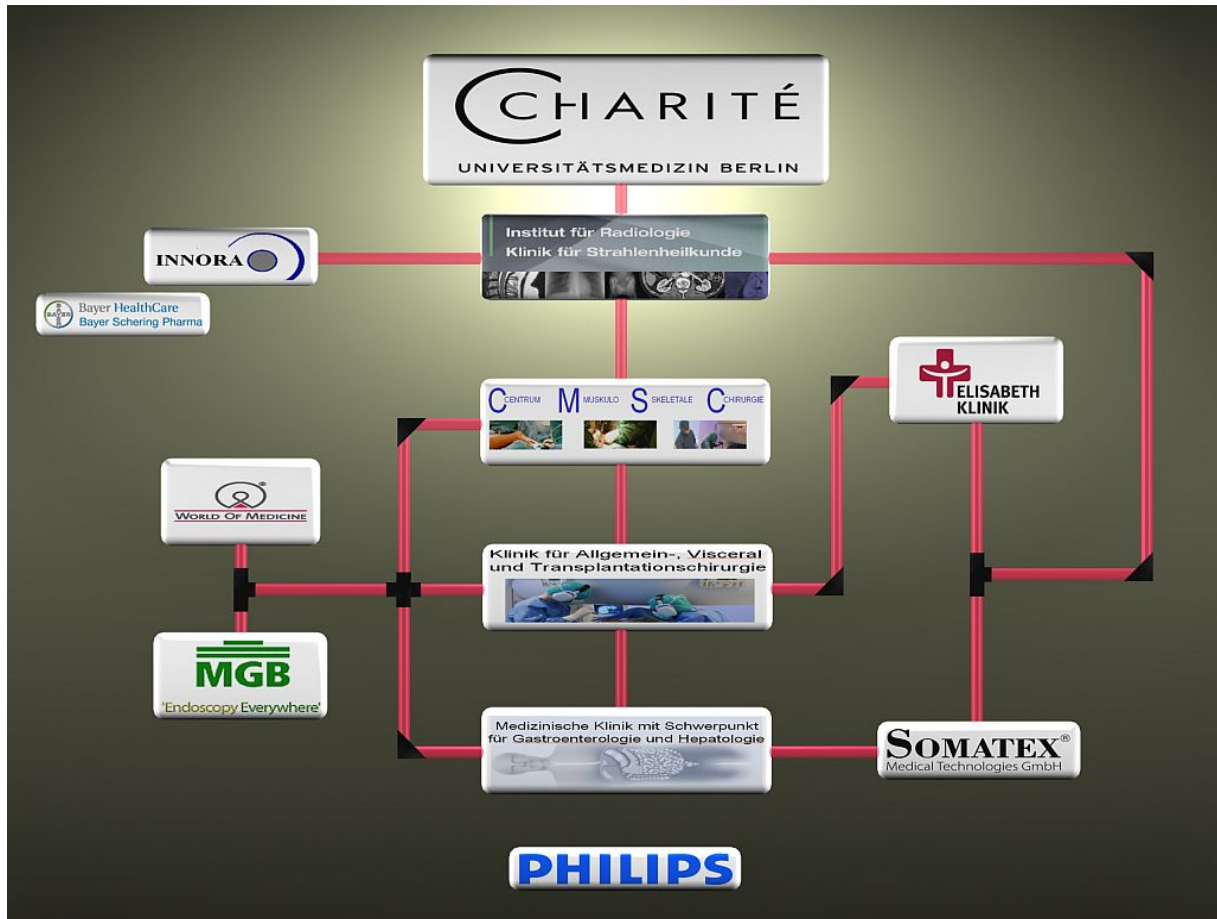
Eine Verschmelzung von Diagnostik und Therapie findet statt, wenn die Bildgebung unmittelbar das therapeutische Vorgehen bestimmt, wie dies bei den bildgesteuerten minimal-invasiven Eingriffen der Fall ist. Der routinemäßige Einsatz der Magnetresonanztomographie (MRT) bei diesen „Schlüsselloch“-Eingriffen ist wünschenswert. Der Medizingerätehersteller Philips bietet seit neuerer Zeit exklusiv ein Hochfeld-MRT-System in offener Bauweise an, dessen Leistungsfähigkeit sich mit der herkömmlicher Röhrensysteme misst. Das Philips Panorama 1.0T ist zentrales Element eines klinisch technischen Verbundprojekts bestehend aus Kliniken der Charité Universitätsmedizin Berlin und marktführenden Medizingeräteherstellern sowie Pharmafirmen der Region Berlin-Brandenburg. Verstärkt wird dieses Konsortium durch teilprojektspezifisch assoziierte Firmen und Institute. Ziel ist die Entwicklung von MRT tauglichen Instrumenten und klinischen Methoden für minimal-invasive Eingriffe, was sogar Schlüssellochoperationen an der Leber und am Kniegelenk mit einschließt. Auch erheblich übergewichtige Patienten und Patienten mit Raumangst (Klaustrophobie), denen das Liegen in engen Röhren mehr als Unbehagen bereitet, werden vom Panorama 1,0T profitieren.



**Laser gestützte minimal-invasive Leberoperation unter MRT-Kontrolle.**

Das vom Radiologischen Institut der Charité Universitätsmedizin Berlin koordinierte Projekt ist ein exzellentes Beispiel für die interdisziplinäre universitäre Forschung an hochkomplexen und anspruchsvollen Fragestellungen.

Die Konsortialstruktur des interdisziplinären klinisch-technischen Entwicklungsprojektes ist in dem Schaubild dargestellt:



Weitere wissenschaftlich-industriell involvierte Firmen und Institute außerhalb des konsortialen Rechtsverhältnisses:

  
[www.aap.de](http://www.aap.de)

  
[www.epigap.de](http://www.epigap.de)

  
[www.daum.de](http://www.daum.de)

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

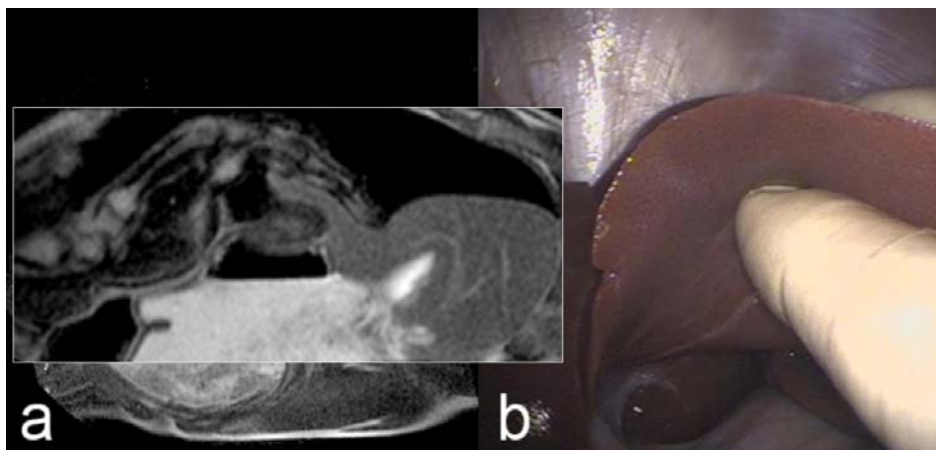
  
[www.lmtb.de](http://www.lmtb.de)

Teilprojekt 1:

### ***Schlüssellochtechnik für Leberoperationen unter MRT-Kontrolle***

Die sogenannte minimal-invasive Chirurgie (Schlüssellochchirurgie) ermöglicht schonendere operative Eingriffe und eine damit verbundene schnellere Erholung der Patienten. Wo früher noch ein großer Hautschnitt notwendig war, reichen heutzutage wenige, kleine Hautschlitze zum Einführen der Operationsinstrumente. Diese minimal-invasive Art von chirurgischen Operationen am Bauch wird Laparoskopie genannt. Die Schlüssellochtechnik stellt für Operationen an der Gallenblase oder am Blinddarm inzwischen die Standardtechnik dar.

Ziel dieses Teilprojektes ist es, die bisherigen Erfolge der minimal-invasiven Chirurgie auch auf das Feld der chirurgischen Lebereingriffe zu übertragen. Im Gegensatz zu den oben genannten Einsatzgebieten sind Operationen an der Leber jedoch weitaus komplizierter und mit einem höheren Komplikationsrisiko behaftet. Die Hoffnungen liegen hierbei auf dem intraoperativen Einsatz der offenen MRT, um eine Orientierung des Chirurgen in der Leber mit ihrem dichten Gefäßnetz auch bei geschlossener Bauchdecke sicherzustellen. Die intraoperativ stetig aktualisierten Bildinformationen ermöglichen dem Chirurgen als Operationslandkarte eine hochpräzise Schnittführung und helfen, gesundes Lebergewebe zu schonen.



a) MRT-Bild. In der Herausvergrößerung ist die Hand des Chirurgen an der Leber erkennbar. b) zu a korrespondierendes optisches Bild durch das Laparoskop.

#### **Projektmitarbeiter:**

PD Dr. med. Guido Schumacher (Teilprojektleiter)  
Dr. med. Sascha Chopra (Wissenschaftlicher Mitarbeiter)  
I. Seiter (Facharzt für Chirurgie, Doktorand)  
G. Wiltberger (Doktorand)

Teilprojekt 2:

## ***Schlüssellochtechnik für Knieoperationen unter MRT-Kontrolle***

Der minimal-invasive Eingriff am Gelenk wird Arthroskopie genannt. Tatsächlich können geübte Chirurgen trotz der im Gelenk sehr beengten Platzverhältnisse Gelenkoperationen auch mit der Schlüssellochtechnik durchführen. Gerade bei diesen komplizierten und aktiv bewegten anatomischen Strukturen ist es von entscheidendem Vorteil, das unvermeidliche operative Trauma so gering wie möglich zu halten. Denn nur so kann sicher gestellt werden, dass das Gelenk frühzeitig wieder seiner Funktion nachkommen kann. Ähnlich wie die MRT die bildgestützte Gelenkdiagnostik revolutioniert hat, so soll sie nun im intraoperativen Einsatz eine verbesserte chirurgische Rekonstruktion von geschädigten Gelenken ermöglichen. Die Umsetzung der klinischen Methodik wird in einem ersten Schritt anhand der chirurgischen Wiederherstellung des nach Kniescheibenverrenkung gerissenen Knieinnenbandes erfolgen.



**a) Verrenkung der Kniescheibe aus dem Gleitlager des Kniegelenkes (gerissenes Band roter Pfeil) b) Wiederherstellung der exakten Führung der Kniescheibe im Gleitlager nach Bandrekonstruktion (rekonstruiertes Band grüner Pfeil). C) Arthroskopie unter MRT-Kontrolle.**

Die Kontrolle des Operationsergebnisses erfolgte bisher arthroskopisch und per klinischer Untersuchung durch den Operateur. Durch die intraoperative MRT-Kontrolle können nun mit direkter Innenansicht das Operationsergebnis sofort beurteilt und gegebenenfalls auch notwendige Korrekturen vorgenommen werden. Die intraoperative MRT kann somit die Sicherheit der Operation und des Operationsergebnisses erhöhen.

### **Projektmitarbeiter:**

PD Dr. med. Hermann Josef Bail (Teilprojektleiter)  
Christian Seebauer (Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Doktorand)  
Dr. med. Tobias Jung (Wissenschaftlicher Mitarbeiter)

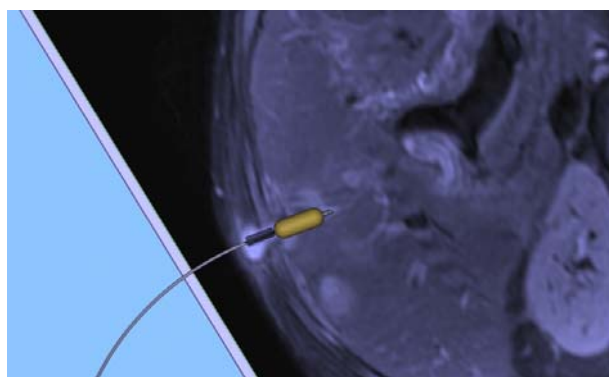
Teilprojekt 3

***MRT gesteuerte lokale Tumorthherapie mittels  
beschichtetem Ballonkatheter***

Ist bei einem Patienten, der an einem Tumor leidet, eine Operation nicht durchführbar, können radiologisch-interventionelle Verfahren angewendet werden. Hiermit ist die bildgesteuerte, minimal-invasive Platzierung von Kathetern im Körperinneren gemeint. Über Katheter lassen sich zur lokalen Behandlung beispielsweise Laserlicht- oder Strahlenquellen in eine beliebige Körperregion einbringen.

Bei der lokalen chemotherapeutischen Therapie von Arterienverengungen handelt es sich um ein neuartiges, nachhaltiges Verfahren, das an der Charité entwickelt wurde. Ein aufwändig mit Medikamenten beschichteter und gefalteter Miniballon wird zur erkrankten Gefäßregion vorgeschoben und geöffnet. Dadurch kommt es zu einer hochkonzentrierten Freigabe des Medikaments im erkrankten Gewebe bei gleichzeitig geringerem Risiko von unerwünschten Nebenwirkungen.

In diesem Teilprojekt soll die Ballonkatheter-Platzierung in Lebertumoren unter MRT-Kontrolle klinisch etabliert werden. Die größte technische Herausforderung stellt die exakte Lokalisierbarkeit des Katheters in der MRT dar. Es wird an einer hochintegrierten, interaktiven Lösung geforscht, welche auch für die Anwendung in anderen Instrumenten geeignet ist.



Integration eines MRT-Bilddatensatzes einer Leber in eine 3D-Simulation des Ballonkatheters.

**Projektmitarbeiter:**

Professor Dr. rer. nat. Ulrich Speck (Teilprojektleiter *in vivo*)  
PD Dr. med. Ulf Teichgräber (Teilprojektleiter *in vitro*, Gesamtprojektkoordinator)  
Dr. med. Jens Pinkernelle (Wissenschaftlicher Mitarbeiter)  
Melanie Biedermann (Veterinärmedizinerin, Doktorandin)  
Anja Wagner (Veterinärmedizinerin, Diplombetriebswirtin, Doktorandin)

Teilprojekt 4:

## ***Zementierung von Wirbelbrüchen unter MRT-Kontrolle***

Minimal-invasive Operationstechniken haben in jüngster Zeit auch in der Wirbelsäulenchirurgie zunehmendes Interesse und verbreitete Anwendung gefunden. Bei der sogenannten Vertebroplastie wird der eingebrochene Wirbelkörper mit speziellem Knochenzement wieder aufgebaut. Der Zement wird minimal-invasiv über eine Nadel in den Wirbelkörper eingefüllt.

Die Durchführbarkeit der Methodik unter MRT-Kontrolle in der klinischen Routine ist noch nicht etabliert. Eine Hürde bildet das bisher verfügbare minimal-invasive Instrumentarium, das aufgrund seiner magnetischen Eigenschaften für die Anwendung in der MRT ungeeignet ist. Im Rahmen dieses Teilprojektes wird an neuen, geeigneten Legierungen geforscht. Diese benötigen einerseits eine ausreichende Stabilität, jedoch andererseits auch eine genügende Elastizität. Darüber hinaus müssen sie auch noch die gewünschten bildgebenden Eigenschaften in der MRT aufweisen. Ein weiteres Problem stellt der bisher verfügbare, eigentlich für die Röntgenkontrolle optimierte Knochenzement dar. Dieser ist in der MRT nicht klar von allen Umgebungsstrukturen abgrenzbar. Daher wird an einem Zement gearbeitet, der die erforderlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften mitbringt. Ein wichtiger Punkt ist zudem, die für Wirbelsäuleneingriffe geeignetste Lagerung der Patienten im MRT-System herauszufinden. Diese wird klinisch durch systematische Eingriffssimulationen erarbeitet.

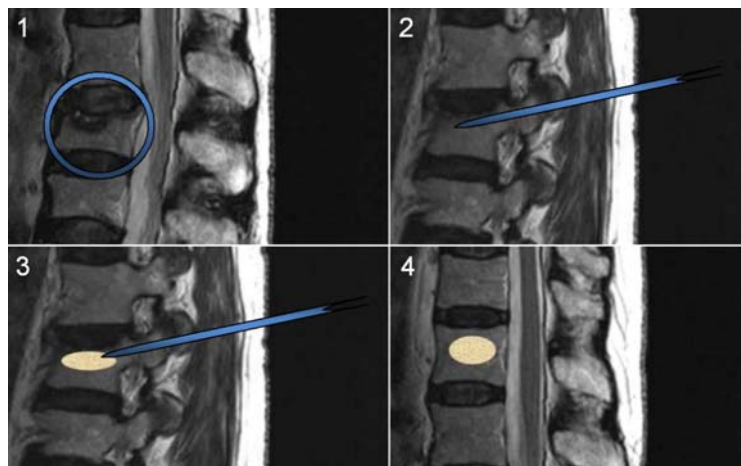


Illustration einer Aufrichtung eines eingebrochenen Wirbels mittels minimal-invasiver Zementeinbringung

### **Projektmitarbeiter:**

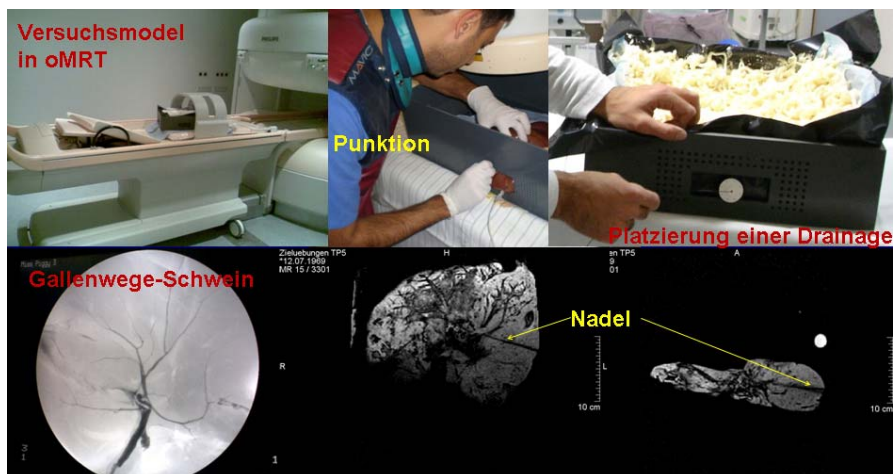
PD Dr. med. Hermann Josef Bail (Teilprojektleiter)  
Dr. med. Robert Pflugmacher (Wissenschaftlicher Mitarbeiter)  
Dr. med. Florian Wichlas (Wissenschaftlicher Mitarbeiter)  
Dr. med. Florian Streitparth (Wissenschaftlicher Mitarbeiter)  
René Schilling (Arzt, Doktorand)

Teilprojekt 5:

## ***Perkutane transhepatische Cholangiographie- und Drainage in der offenen Hochfeld-MRT***

Die endoskopische Behandlung von Gallenwegsleiden mit Hilfe von dünnen Kathetern unter Röntgenkontrolle war ein Meilenstein der minimal-invasiven internistischen Behandlung. So können z.B. Gallensteine nicht operativ in einem ambulanten Behandlungsgang entfernt werden. Bei fehlendem Zugang über den Magen zum Zwölfingerdarm kann alternativ ebenfalls unter Röntgenkontrolle mit Nadeln über die Haut durch die Leber in die Gallenwege eingegangen werden.

In diesem Teilprojekt ist zunächst die Etablierung des Zugangs über die Bauchhaut zu den Gallenwegen geplant. In einem ersten Schritt muss die technische Handhabbarkeit der Punktionsinstrumente unter MRT-Kontrolle studiert werden. Es wird zunächst mit Kunststoffmodellen, sogenannten Phantomen gearbeitet. Das im Teilprojekt 5 entwickelte Phantom weist eine beträchtliche Komplexität auf und simuliert die Gallenwege und Blutgefäße in einer Gelmatrix, welche hinsichtlich ihrer Konsistenz dem Lebergewebe vergleichbar ist. In einem zweiten Schritt wird die Methodik im Tierversuch erprobt und darüber hinaus auch auf das bereits zur Verfügung stehende MRT-taugliche Endoskop erweitert.



### **Projektmitarbeiter:**

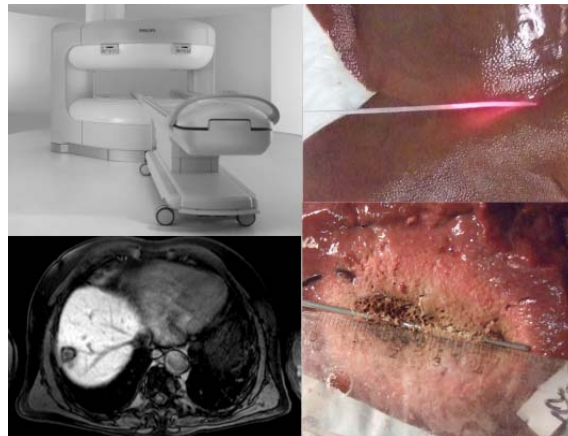
Prof. Dr. med. Thomas Rösch (Teilprojektleiter)

Dr. med. Ioannis S. Papanikolaou (Wissenschaftlicher Mitarbeiter)

## ***LASER-Interventionen in der offenen Hochfeld-Magnetresonanztomographie***

Minimal-invasive Lasereingriffe sollen in der offenen Hochfeld-MRT als klinische Standardverfahren etabliert werden. Dabei liegt ein Hauptaugenmerk insbesondere auf der Behandlung des Volksleidens Rückenschmerzen. Rückenschmerzen haben ihre Ursache häufig in Bandscheibenvorfällen. Hervorgetretenes Bandscheibenmaterial kann mittels Lasererhitzung (PLDD, perkutane Laser-Diskus-Dekompression) geschrumpft werden. Dadurch wird das Schmerz auslösende Zusammendrücken der Nervenwurzel durch die Bandscheibe verhindert.

Darüber hinaus sollen Tumoren sowohl des Skelettsystems als auch von Bauchorganen mittels perkutaner Laser-Ablation unter MRT-Kontrolle minimal-invasiv behandelt werden. Hierfür stehen der Charité seit neuestem exklusiv innovative Miniatur-Lasersonden (Somatex®) zur Verfügung. Maligne Tumoren, die einer chirurgischen Behandlung nicht zugänglich sind, können über diese speziellen Lasersonden lokal verkocht werden.



Offenes MRT-System Philips Panorama 1,0T (oben links). Tumordarstellung in der Leber (unten links). Erforschung der Laserfasereffizienz an einer Tierleber (rechts oben/unten).

Das Osteoidosteom ist der zweithäufigste gutartige Knochentumor. Er geht mit extrem starken Knochenschmerzen für die zumeist jungen Patienten einher. Gerade auch in diesem Zusammenhang des jungen Patientenlientels ist die Kombination der detailgenauen Darstellbarkeit des Tumors in Zusammenhang mit dem Verzicht auf Röntgenstrahlung in der MRT hervorzuheben.

### **Projektmitarbeiter:**

Dr. med. Carsten Philipp (Elisabeth Klinik Berlin, EKL)  
Dr. med. Florian Streitparth

## Ausblick

Liebe Leserin, lieber Leser!

Das von der TSB und IBB aus Mitteln des Zukunftsfonds geförderte Projekt setzt ganz klar auf die zukunftsorientierte Anwendung der offenen Hochfeld-MRT für minimal-invasive Eingriffe. Es werden dabei nicht nur die minimal-invasiven radiologischen Eingriffe adressiert, die bisher unter Röntgen-CT-Kontrolle vorgenommen werden. In der Tat werden wir in diesem Projekt erstmalig sogar komplexe chirurgische Operationen an der Leber und am Kniegelenk unter direkter Wegweisung detaillierter, intraoperativer MRT-Bilder erproben. Uns ist durch die finanzielle Förderung die Möglichkeit gegeben, unsere hochspezialisierte klinische Expertise an der Charité mit der Ingenieursleistung von marktführenden Medizintechnik- und Pharmafirmen der Region Berlin-Brandenburg in enger Zusammenarbeit zu konzentrieren. Beim Aufbau des Teams haben wir von Anfang an auf seine interdisziplinäre Ausrichtung Wert gelegt. Gezielt wurden im letzten Jahr nach und nach personelle und auch fachliche Ergänzungen vorgenommen, um die besten Synergieeffekte für eine anspruchsvolle Forschung zu ermöglichen. Unser oberstes Ziel ist eine Verbesserung der Patientenversorgung. Darüber hinaus fördert das Projekt die medizinische und industrielle Leistungsfähigkeit der Region mit der Erwartung nachhaltiger wirtschaftlicher Effekte. Wenn wir vom translationalen Charakter unseres Projektes sprechen, meinen wir die Übertragung unserer experimentellen Erkenntnisse aus dem Labor in konkrete klinische Anwendungen mit einem direkten Nutzen für die Patienten. Wir fühlen uns dieser Vorgabe in höchstem Maße verpflichtet und arbeiten intensiv an ihrer Umsetzung.

Herzlichst,

Ihr Ulf Teichgräber



Priv.-Doz. Dr. med. U. Teichgräber

Oberarzt der Charité, Projektkoordinator

Tel. 030 450 657298

email: ulf.teichgraeber@charite.de