

# Radiologisches Institut

## Lehrstuhl für Diagnostische und Interventionelle Radiologie

### Adresse

Maximiliansplatz 3  
91054 Erlangen  
Tel.: +49 9131 8536065  
Fax: +49 9131 8536068  
www.radiologie.uk-erlangen.de

### Direktor

Prof. Dr. med. Michael Uder

### Ansprechpartner

Prof. Dr. med. Tobias Bäuerle  
Tel.: +49 9131 8545521  
Fax: +49 9131 8536068  
tobias.baeuerle@uk-erlangen.de

### Forschungsschwerpunkte

- Kardiovaskuläre Bildgebung
- Artificial Intelligence und Big Data
- Translationale Tumor- und Entzündungsdiagnostik
- Medizintechnik
- Mammadiagnostik
- Muskuloskeletale Radiologie
- MR-Physik

### Struktur des Lehrstuhls

Professuren: 4  
Beschäftigte: 162  
• Ärzte: 52  
• Wissenschaftler: 5  
(davon drittmittelfinanziert: 5)  
• Promovierende: 11

### Klinische Versorgungsschwerpunkte

- Computertomographie (CT)
- Magnetresonanztomographie (MRT)
- Angiographie (inklusive Therapien)
- konventionelles Röntgen
- Durchleuchtung
- Ultraschall
- Mammographie
- bildgesteuerte Biopsien

### Strukturelle Besonderheit

vier Standorte (Innere Medizin, Chirurgie, Kinder- und Frauenklinik)

### Forschung

Wissenschaftlicher Schwerpunkt des Radiologischen Institutes ist die klinische bzw. translationale Forschung. In verschiedenen Arbeitsgruppen und Projekten wird die klinische Wertigkeit neuer bildgebender Verfahren evaluiert, bzw. die Methoden werden optimiert und weiterentwickelt. In Kooperation mit Siemens Healthcare wird das Imaging Science Institute (s. eigener Bericht) als interdisziplinäres Forschungsinstitut betrieben. Daneben sind experimentelle und präklinische Verfahren fest in die wissenschaftlichen Arbeiten des Institutes integriert.

### Kardiovaskuläre Bildgebung

PI: PD Dr. A. Schmid, PD Dr. M. May, Dr. R. Heiss, Dr. K. Hellwig, Dr. C. Treutlein, Dr. M. Wiesmüller, Dr. M. Zeilinger

Eine der wesentlichen Limitationen der Cardio-MRT sind lange Untersuchungszeiten. Insbesondere für ältere, kranke Patienten ist die Untersuchung mit vielen Atemanhaltekommandos anstrengend. Daher wurden in den letzten Jahren Sequenzen entwickelt, die den Untersuchungsablauf deutlich beschleunigen sollen. Die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit zum bisherigen Goldstandard ist Gegenstand von Studien bei Erwachsenen und Kindern. Echtzeitbildgebung ermöglicht nicht nur verkürzte Untersuchungszeiten, sondern kann auch bei Patienten mit Arrhythmie eingesetzt werden, um die Bildqualität im Vergleich zu den Standardsequenzen zu verbessern. Eine weitere Entwicklung der letzten Jahre ist die Einführung von Messverfahren für die Herzgewebecharakterisierung. Ein wesentlicher Nachteil dieser neuen Techniken ist allerdings, dass die erhobenen Werte vom jeweiligen Gerät bzw. der verwendeten Sequenz abhängen. Eine Vergleichbarkeit der bisherigen Normwerte zwischen den einzelnen Geräten ist bis jetzt nicht gegeben, so dass hier entsprechende Studien durchgeführt werden müssen, um diese neue Technik im klinischen Alltag zu etablieren.

### Artificial Intelligence und Big Data

PI: PD Dr. S. Ellmann, PD Dr. S. Bickelhaupt, Prof. Dr. M. Dietzel, Dr. K. Hellwig, Dr. L. Kapsner  
Durch den technologischen Fortschritt werden auch in der bildgebenden Diagnostik zunehmend Verfahren der künstlichen Intelligenz (KI) und des maschinellen Lernens eingesetzt. Durch diese Methoden wird es möglich, Muster und Korrelationen in multisektionalen medizinischen Datenquellen zu extrahieren und hierdurch neue translationale Ansätze für eine Verbesserung der radiologischen Diagnostik ebenso wie für eine Personalisierung der medizinischen Versorgung abzuleiten. Die Weiterentwicklung und Erforschung dieser digitalen Gesundheitstechnologien zählt daher zu den zentralen Aufgaben der translationalen klinischen Forschung im 21. Jahrhundert. Die Arbeitsgruppe „Artificial Intelligence und Big Data“ konzipiert und erarbeitet hierzu in enger interdisziplinärer Zusammenarbeit neue Forschungsprojekte im Brückenschlag zu den medizinteoretischen Fächern und der Informatik. Ziel ist es, die Verfahren des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz einzusetzen, um Diagnose, Therapiekontrolle und Prognostik für die Patienten:innen weiter zu verbessern und die Weiterentwicklung der personalisierten Präzisionsmedizin weiter zu unterstützen. Das Potential der Technologie konnte u.a. in Arbeiten zur Mamma- und Prostadiagnostik demonstriert werden und wird auch in anderen medizinischen Anwendungsfeldern wie z.B. rheumatologischen Erkrankungen in interdisziplinären Forschungsprojekten evaluiert.

### Translationale Tumor- und Entzündungsdiagnostik

PI: Prof. Dr. T. Bäuerle, PD Dr. S. Ellmann, Dr. K. Hellwig, Dr. V. Popp, Dr. C. Treutlein

Schwerpunkt dieser Arbeitsgruppe ist die Etablierung und Optimierung innovativer multimodaler Bildgebungstechniken (MRT, CT, PET, SPECT, Ultraschall und optische Bildgebung) im Rahmen von Einzel- und Verbundprojekten (z. B. innerhalb DFG-geförderter Konsortien wie dem SFB 1181 Schaltstellen zur Auflösung von Entzündung oder SPP 2884  $\mu$ bone). Hierbei werden Informationen mittels molekularer, funktioneller und morphologischer Bildgebung nicht-invasiv erfasst und mit der zugrundeliegenden Pathologie bzw. Pathophysiologie in Relation gesetzt. In Kooperation mit dem Lehrstuhl für Mustererkennung arbeiten wir an der automatisierten Bestimmung quantitativer bildgebender Parameter. Die quantitativen Parameter werden Algorithmen des maschinellen Lernens zugeführt, um in größeren Kollektiven Diagnosen mit hoher diagnostischer Genauigkeit stellen zu können (Radiomics). Beispielanwendungen umfassen die Diagnostik von experimentellen Knochenmetastasen und murinen Entzündungsmodellen (Arthritis, Asthma und Colitis). Ziel ist jeweils die Translation dieser Verfahren in die klinische Anwendung, z. B. zur Unterscheidung benigner und maligner Mamma- und Prostataläsionen.

### Medizintechnik

PI: PD Dr. M. May, Dr. M. Wiesmüller, Dr. M. Kopp, Dr. R. Heiss, Dr. M. Wetzel, Dr. M. Schöniger, F. Geissler, S. Daniel, T. Rüttinger, M. Bachl  
Die Computertomographie (CT) ist weit verbreitet, verfügbar und häufig entscheidend für eine korrekte Diagnosestellung. Resultierende Datensätze sind hochaufgelöst und in den meisten Fällen, eindeutig. Allgemein ist das "linear-no-threshold" Modell der biologischen Strahlenwirkung, nach dem auch eine geringe Strahlenexposition durch ein CT ein stochastisches Risiko der Kanzerogenese mit sich bringt, akzeptiert. Dieses impliziert die Anwendung des "as low as reasonably achievable" (ALARA) Prinzips für die klinische Anwendung von Röntgenstrahlen. Unser wissenschaftliches Ziel in den letzten Jahren war die optimierte Anwendung der Strahlendosis in direktem Zusammenhang mit der Bildqualität und zunehmend an die individuellen klinischen Fragestellungen anzupassen. Hierzu gehört es die Strahlendosis zu erfassen und Untersuchungsprotokolle zu individualisieren, um somit die Dosiseffizienz zu verbessern. Hierbei sollte die Bildqualität im klinischen Kontext optimal bleiben. Zukünftig werden innovative, auf künstlicher Intelligenz basierende Algorithmen (z.B. automatische intrakranielle Blutungsdetektion) und intelligente Untersuchungsprotokolle im klinischen Alltag evaluiert.

### Mammadiagnostik

PI: Prof. Dr. E. Wenkel, PD Dr. S. Bickelhaupt, Prof. Dr. M. Dietzel, Prof. Dr. R. Janka, Prof. Dr. F. Laun, Dr. L. Kapsner, Dr. S. Ohlmeyer, Prof. Dr. R. Schulz-Wendland, Dr. M. Wetzel  
Brustkrebs ist das häufigste Malignom der Frau. Der Bildgebung kommt in allen Phasen von Therapie und Prävention dieser Erkrankung eine zentrale Rolle zu. Übergeordnetes Ziel unserer Tätigkeit ist die frühe, minimal-invasive und exakte

Diagnose der Erkrankung. Daneben erforschen wir bildgebende Biosignaturen von Brustkrebs unter Anwendung von Radiomics, künstlicher Intelligenz und funktionellen Bildgebungsverfahren. Wir kooperieren fächerübergreifend mit unseren lokalen, nationalen und internationalen Partnern. Technische Weiterentwicklungen treiben wir in Kollaboration mit führenden Medizintechnikunternehmen und internationalen Kooperationspartnern voran. Hier steht die technische Optimierung etablierter (digitale Mammographie, Tomosynthese, Magnetresonanztomographie, Ultraschall) und Evaluierung neuer Verfahren im Fokus unserer Tätigkeit (spezielle Brust-Computertomographie, Mikrowellenbildgebung). Eine umfassende Forschungsinfrastruktur darunter sechs MR-Tomographen von 0.55T bis 7T Feldstärke und ein spezieller Brust-Computertomograph, steht unser hierbei zur Verfügung.

### **Muskuloskeletale Radiologie**

PI: Prof. Dr. F. Roemer, Prof. Dr. T. Bäuerle, Dr. R. Heiss

Der Schwerpunkt der muskulo-skelettalen Forschung am Radiologischen Institut liegt in der Charakterisierung der Arthrose, der Beurteilung von Muskelpathologien und den Folgen sportbedingter Erkrankungen mittels MRT. Darüber hinaus ist die Rolle traumatischer Veränderungen und die spätere Entwicklung von Arthrose ein Thema laufender Forschung, zu denen auch die multidimensionale Beurteilung von vorderen Kreuzbandverletzungen und deren strukturellen Folgen gehört. Die Bewertung von radiologischen Biomarkern bei jungen Menschen mit Risikofaktoren für Gelenkdegeneration, wie z. B. Leistungssportlern, ist ein weiterer Schwerpunkt. Die Gruppe war an umfassenden Analysen von Bilddaten der Olympischen Spiele in Rio 2016 beteiligt, die sich auf Gelenkverletzungen konzentrierten. Es besteht eine enge Zusammenarbeit mit der Boston University School of Medicine, wo Prof. Roemer eine Position als Adjunct Professor of Radiology und als Co-Director des Quantitative Imaging Center (QIC) innehat. Die Gruppe ist Partner des APPROACH-Konsortiums, das mit 14 Millionen Euro von der Innovative Medicines Initiative (IMI) der Europäischen Kommission gefördert wird. Prof. Roemer ist Herausgeber der Fachzeitschrift *Osteoarthritis Imaging*, dem offiziellen Journal der International Society of Osteoarthritis Imaging.

### **MR-Physik**

PI: Prof. Dr. A. Nagel, Prof. Dr. F. Laun

In der MR-Physik werden neue Bildgebungsverfahren für die MRT entwickelt. Diese werden intensiv und in enger Kooperation mit medizinischen Partnern erprobt, um eine verbesserte radiologische Diagnostik zu ermöglichen. Es werden u.a. Methoden zur Erzeugung von in vivo-Bilder der Natrium (23Na)- und Kalium (39K)-Verteilung entwickelt. Diese Kerne nehmen in vielen physiologischen Prozessen eine wichtige Rolle ein. So sind z. B. die 23Na- und 39K-Konzentrationen eng mit dem physiologischen Zustand der Zelle verbunden. Ein weiterer Fokus liegt auf der Entwicklung neuer Methoden zur quantitativen Messung der Gewebeszeptibilität und der Wasserdiffusion in vivo. Die Messung der Diffusion erlaubt Aussagen über die Gewebestruktur bzw. Gewebeintegrität und wird z. B. in der Schlaganfalldiagnostik und bei der Diagnostik des Mammakarzinoms klinisch eingesetzt. Des Weiteren werden neue Verfahren entwickelt, um die 7 Tesla MRT klinisch breit anwendbar zu machen. Es bestehen zahlreiche nationale (z. B. German ultra-high field imaging (GUFi) Netzwerk,

DKFZ Heidelberg, MDC Berlin) und internationale Kooperationen (u.a. Institute of Cancer Research, London, University of Glasgow, University of Minnesota and Institute of Myology Paris). Außerdem erfolgt in verschiedenen Projekten eine sehr enge Zusammenarbeit mit der Firma Siemens Healthineers.

### **Lehre**

Neben den Standardangeboten der universitären Lehre werden auch innovative, überwiegend klinisch orientierte Lehrveranstaltungen gehalten. So werden interaktive, semesterübergreifende Falldemonstrationen angeboten, bei denen die praxisorientierte Interpretation bildgebender Untersuchungen im Vordergrund steht. Ein Online-Fortbildungskonzept wurde zur gezielten Vorbereitung auf das Staatsexamen ins Leben gerufen. Darüber hinaus beteiligt sich das Radiologische Institut an den Studiengängen Medical Process Management und Molekulare Medizin sowie Medizintechnik (Technische Fakultät). Des Weiteren wird ein gemeinsames Seminar „Physik in der Medizin“ in Kooperation mit dem Department Physik (Naturwissenschaftliche Fakultät) angeboten. Regelmäßig werden experimentelle und klinische Doktorarbeiten vergeben.

### **Ausgewählte Publikationen**

Ellmann S, Schlicht M, Dietzel M, Janka R, Hammon M, Saake M, Ganslandt T, Hartmann A, Kunath F, Wullich B, Uder M, Bäuerle T (2020) Computer-Aided Diagnosis in Multiparametric MRI of the Prostate: An Open-Access Online Tool for Lesion Classification with High Accuracy. *Cancers* 12(9):2366.

Gerhalter T, Gast LV, Marty B, Martin J, Trollmann R, Schüssler S, Roemer F, Laun FB, Uder M, Schröder R, Carlier PG, Nagel AM (2019) 23Na MRI depicts early changes in ion homeostasis in skeletal muscle tissue of patients with Duchenne muscular dystrophy. *J Magn Reson Imaging* 50(4): 1103-1113.

Heiss R, Guermazi A, Jarraya M, Engebretsen L, Hotfiel T, Parva P, Roemer FW (2019) Prevalence of MRI-Detected Ankle Injuries in Athletes in the Rio de Janeiro 2016 Summer Olympics. *Acad Radiol* 26(12):1605-1617.

Kopp M, Loewe T, Wuest W, Brand M, Wetzl M, Nitsch W, Schmidt D, Beck M, Schmidt B, Uder M, May M (2020) Individual Calculation of Effective Dose and Risk of Malignancy Based on Monte Carlo Simulations after Whole Body Computed Tomography. *Sci Rep.* 10(1):9475. doi: 10.1038/s41598-020-66366-2.

Ohlmeyer S, Laun FB, Palm T, Janka R, Weiland E, Uder M, Wenkel E (2019) Simultaneous Multislice Echo Planar Imaging for Accelerated Diffusion-Weighted Imaging of Malignant and Benign Breast Lesions. *Investigative Radiology* 54: 524–530.

Saake M, Schmidle A, Kopp M, Hanspach J, Hepp T, Laun FB, Nagel AM, Dörfler, A, Uder M, Bäuerle T (2019) MRI brain signal intensity and relaxation times in individuals with prior exposure to gadobutrol. *Radiology* 290 (3): 659-668.

Treutlein C, Bäuerle T, Nagel AM, Guermazi A, Kleyer A, Simon D, Schett G, Hepp T, Uder M, Roemer FW (2020) Comprehensive assessment of knee joint synovitis at 7 T MRI using contrast-enhanced and non-enhanced sequences. *BMC Musculoskelet Disord.* 21(1):116.

### **Internationale Zusammenarbeit**

Prof. Pascal Baltzer, Medical University of Vienna, Austria

Prof. Ali Guermazi, Boston University School of Medicine, Boston, MA, USA

Prof. Guillaume Madelin, New York University School of Medicine, New York, USA

Prof. Greg Metzger, University of Minnesota, USA

Prof. David Porter, University of Glasgow, Scotland

Prof. Jens Titze, Duke National University of Singapore, Singapore

Prof. Siegfried Trattnig, Medical University of Vienna, Austria

Prof. Maxim Zaitsev, Medical University of Vienna, Austria