

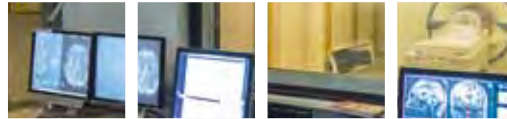


Erwin L. Hahn Institute for MR Imaging

Erwin L. Hahn Institute for MR Imaging

Das Erwin L. Hahn Institute for Magnetic Resonance Imaging (ELH) widmet sich der Erforschung, Weiterentwicklung und Anwendung der Ultrahochfeld-Magnetresonanztomographie (UHF-MRT), insbesondere in den kognitiven Neurowissenschaften sowie in der klinisch-diagnostischen Bildgebung.

The Erwin L. Hahn Institute for Magnetic Resonance Imaging (ELH) is dedicated to the research, development and application of ultra high field magnetic resonance imaging (UHF MRI), especially in the fields of cognitive neuroscience and clinical diagnosis.



Im Jahre 2005 als hochschulübergreifende zentrale Einrichtung der Universitäten Duisburg-Essen und der Radboud Universiteit Nijmegen gegründet, blickt das ELH am Standort des UNESCO-Welterbes Kokerei Zollverein Essen inzwischen auf 10 Jahre erfolgreiche deutsch-niederländische Zusammenarbeit und internationale Spitzenforschung zurück. Dabei ist die eng verzahnte interdisziplinäre Zusammenarbeit von Kognitionswissenschaftler*innen, Forscher*innen aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie Mediziner*innen Basis für die erfolgreichen Forschungsaktivitäten am ELH.

Herzstück des Instituts ist ein Ganzkörper-Magnetresonanztomograph, der mit einer magnetischen Feldstärke von 7 Tesla arbeitet und damit der stärkste Magnet im gesamten Ruhrgebiet ist. Die hohe Magnetfeldstärke wird mit einem supra-leitenden Magnet erzielt, der mit flüssigem Helium auf -269°C abgekühlt wird. Das 7-Tesla MRT-System wiegt 32 Tonnen und das Magnetfeld wird mit 420 Tonnen Stahl in den Wänden des Untersuchungsraums abgeschirmt und damit homogenisiert. Im Vergleich zu den heute in der klinischen Bildgebung weltweit eingesetzten MRT-Systemen mit 1,5 und 3,0 Tesla Feldstärke liefert das 7-Tesla-UHF-MRT-System eine vielfach höhere Sensitivität für strukturelle und funktionelle Messungen im menschlichen Körper. Damit können Schnittbilder mit exzellentem Weichteilkontrast und einer sehr hohen Detailauflösung angefertigt werden.

Zahlreiche physikalische und technische Herausforderungen gilt es zu überwinden, bevor die UHF-MRT ihr volles Potenzial ausschöpfen und in die klinische Diagnostik einzug halten kann. Nur wenige Forschungsinstitutionen weltweit widmen sich diesen Herausforderungen. Ein Hauptziel des Erwin L. Hahn Institutes ist es, mit seinen technischen und methodischen Entwicklungen die Vorteile der UHF-MRT von der Neuro-Bildgebung auf den gesamten menschlichen Körper anzuwenden und die Verbreitung und Anwendung dieser Technologie voranzutreiben. Hierfür stellt das Institut eine hervorragende Forschungsinfrastruktur für verschiedene Forschungsgruppen der beiden Gründeruniversitäten bereit und ko-

Founded in 2005 as an interdisciplinary central facility of the University of Duisburg-Essen and Radboud University Nijmegen, the ELH is located on the UNESCO World Heritage site of the former coking plant Zollverein Essen and looks back on a ten year history of successful German-Dutch collaboration and cutting-edge international research. The success of the research activities at the ELH is founded on close interdisciplinary cooperation between cognitive scientists, researchers from the natural sciences and engineering, and physicians.

The centrepiece of the Institute is a whole-body magnetic resonance scanner, which operates at a magnetic field strength of 7 Tesla, making it the strongest magnet in the entire Ruhr region. The high magnetic field strength is generated with a superconducting magnet cooled to -269°C with liquid helium. The 7 Tesla MRI system weighs 32 tonnes and the magnetic field is shielded and homogenized by 420 tonnes of steel in the walls of the examination room. Compared to the MRI systems with a field strength of 1.5 and 3.0 Tesla used in clinical imaging around the world today, the 7 Tesla UHF MRI system offers much greater sensitivity for structural and functional measurements in the human body. The images produced by this system have excellent soft tissue contrast and very high detail resolution.

Before UHF MRI can achieve its full potential in clinical diagnosis, there are numerous physical and technical challenges to overcome. Only a few research institutions worldwide are dedicated to addressing these challenges. One of the chief objectives of the Erwin L. Hahn Institute is to use its technical and methodological developments to make the benefits of UHF MRI from neuro-imaging applicable to the entire human body and to advance the spread and application of this technology. The Institute provides an outstanding research infrastructure for various research groups from the two founding universities and cooperates very closely with different academic and industrial partners.

The main areas of research interest at the Institute centre on the development and application



operiert sehr eng mit verschiedenen akademischen wie auch industriellen Partnern.

Die Hauptforschungsgebiete des Institutes beschäftigen sich mit der Entwicklung und Anwendung von neuen Methoden und Techniken der Ultrahochfeld-MRT zur:

- hochaufgelösten strukturellen, funktionellen und spektroskopischen Neuro-MRT
- Neurobildgebung
- fMRT in Entscheidungsprozessen und für Mensch-Maschinen-Interaktionen
- fMRT in der Schmerzforschung
- hochaufgelösten Struktur und Physiologie des menschlichen Kleinhirns
- hochaufgelösten 7-Tesla UHF-MRT im gesamten menschlichen Körper
- klinischen Evaluation der Neuro- und Körper-MRT im Vergleich zu 1,5- und 3,0-Tesla MRT
- hochaufgelösten Tumor- und Metastasendarstellung in der Krebsdiagnostik

Forschung

Am Erwin L. Hahn Institut für MR-Bildgebung sind derzeit sieben Forschungsgruppen angesiedelt. Die Forschungsschwerpunkte und Expertisen dieser Gruppen verteilen sich auf sehr unterschiedliche Fach- und Einsatzgebiete und ermöglichen somit eine sowohl komplementäre, als auch synergistische Zusammenarbeit. Durch die enge interdisziplinäre und internationale Zusammenarbeit der Forschungsgruppen können am ELH technische, methodische und medizinische Fragestellungen der 7-Tesla UHF-MRT übergreifend untersucht werden – ein Alleinstellungsmerkmal des Institutes, welches seine Position als eines der weltweit führenden Zentren für die UHF-MRT Forschung und Anwendung stützt. Im Folgenden werden die Forschungsschwerpunkte der einzelnen Gruppen am ELH in den vergangenen zwei Jahren kurz dargestellt.

Hochfrequenztechnologie

Die Forschungsarbeit der Gruppe von Prof. Mark Ladd (DKFZ Heidelberg) ist auf die Entwicklung von Methoden und Technologien fokussiert, die 7-Tesla-Untersuchungen im gesamten

of new methods and techniques in ultra high field MRI for:

- high-resolution structural, functional and spectroscopic MRI of the brain
- cognitive neuroimaging
- fMRI in decision-making processes and for human-machine interactions
- fMRI in pain research
- high-resolution structure and physiology of the human cerebellum
- high-resolution 7 Tesla UHF MRI in the entire human body
- clinical evaluation of head and body MRI compared to 1.5 and 3.0 Tesla MRI
- high-resolution tumour and metastasis imaging in cancer diagnosis

Research

There are currently seven research groups working at the Erwin L. Hahn Institute for MR Imaging. The central research interests and expertise of these groups cover very different areas of specialization and application, which creates opportunities for both complementary and synergistic collaboration. Thanks to the close interdisciplinary and international cooperation between the research groups, the ELH is able to investigate technical, methodological and medical questions relating to 7 Tesla UHF MRI across all the disciplines – a unique feature that helps to underpin the Institute's position as one of the leading centres for UHF MRI research and application in the world. The research priorities of the different groups at the ELH over the past two years are outlined in the following sections.

Radio-frequency technology

Research in the group of Prof. Dr. Mark Ladd (DKFZ Heidelberg) focuses on the development of methods and technologies to make 7 Tesla examination possible in all parts of the human body, including the torso. The research concentrates primarily on the following:

- Radio frequency (RF) excitation antennas with several independent elements,
- numerical simulation in inhomogeneous models of the human body to explore the distribution

Körper einschließlich des Rumpfs ermöglichen sollen. Die Forschung konzentriert sich vor allem auf:

- Hochfrequenz (HF)-Anregungsantennen mit mehreren, voneinander unabhängigen Elementen,
- numerische Simulationen in inhomogenen menschlichen Körpermodellen, um die Verteilung des Sendemagnetfeldes (B1), sowie auch die damit einhergehende Körpererwärmung (SAR) zu untersuchen; dies auch in der Gegenwart von elektrisch leitenden Implantaten und
- Hochfrequenz-Anregungsstrategien, um eine gleichmäßigere Verteilung des B1-Feldes oder räumlich selektive Anregungen/Sättigungen zu erzielen.

Im Rahmen eines von der DFG geförderten Projekts (Deutsche Ultrahochfeld-Bildgebung/ German Ultrahigh Field Imaging, GUFU), arbeitet die Gruppe standortübergreifend an Qualitäts-sicherungsstandards für die MR-Bildgebung bei sehr starken Magnetfeldern.

Weiter wird als Teil einer Zusammenarbeit zwischen dem ELH in Essen, dem DKFZ in Heidelberg und der Hochfrequenztechnik in Duisburg (Prof. Solbach) ein 32-Kanal-HF-Sendesystem entwickelt und erforscht. Dieses System ist weltweit einzigartig, da bisherige 7T UHF-MRT Systeme maximal 16 unabhängige HF-Sendekanäle bieten. Diese Forschung wird vom Europäischen Forschungsrat durch den (ERC) Advanced Grant „MRexcite“ finanziert.

Hochfrequenzantennen und diagnostische Anwendungen

Auch die Arbeitsgruppe Hochfeld- und Hybride MR-Bildgebung unter der Leitung von Prof. Harald Quick befasst sich schwerpunktmäßig mit der Entwicklung neuer Methoden sowie neuer Mehrkanal-HF-Sende/Empfangsspulen für die UHF-MRT-Bildgebung. Die HF-Spulen werden simuliert, entwickelt und aufgebaut. Ziel ist es, das hohe SNR der UHF-MRT maximal auszuschöpfen und damit eine möglichst hohe räumliche Detailauflösung für verschiedene klinisch-diagnostische Anwendungen zu erzielen. Ein



Geschäftsführender Direktor / Managing Director: Prof. Dr. Harald H. Quick

of the transmitting magnetic field (B1) as well as the associated heating of the body (SAR), including in the presence of electrically conducting implants, and

- radio-frequency excitation strategies for more even distribution of the B1 field or spatially selective excitation/saturation.

The group is working with a number of other locations in the framework of a DFG-funded project (Deutsche Ultrahochfeld-Bildgebung/ German Ultrahigh Field Imaging, GUFU) on quality assurance standards for MR imaging using very powerful magnetic fields.

Work is also underway as part of a collaboration between the ELH in Essen, the DKFZ in Heidelberg and the Institute of Microwave and RF Technology in Duisburg (Prof. Solbach) on research and development of a 32-channel RF transmit system.



Wissenschaftler*innen Researchers

- Prof. Dr. Harald H. Quick
- Prof. Dr. David G. Norris
- Prof. Dr. Matthias Brand
- Prof. Dr. Mark E. Ladd
- Assoc. Prof. Dr. Tom Scheenen
- Prof. Dr. Ulrike Bingel
- Prof. Dr. Dagmar Timmann-Braun

weiterer Forschungsschwerpunkt ist die Sicherheit in der Anwendung der MRT auch bei Patienten mit passiven und aktiven Implantaten. In klinischen Vergleichsstudien werden die Vor- und Nachteile der 7-Tesla UHF-MRT mit der Standard-MRT bei 1,5 und 3,0-Tesla evaluiert. Innerhalb des Erwin L. Hahn Instituts profitieren die Forschungsgruppen mit Neuro-Schwerpunkt von neuen HF-Kopfspulen und Methoden. Die hochaufgelöste onkologische MRT-Bildgebung kann mit neuen HF-Spulen weiter verbessert und auf weitere Körperbereiche (Thorax, Abdomen, Becken) ausgedehnt werden.

Krebsdiagnostik

Diesem Themenkomplex widmet sich die Forschergruppe von Dr. Tom Scheenen, die sich auf die Weiterentwicklung der MR-Bildgebung und -Spektroskopie für onkologische Anwendungen fokussiert, mit dem Bestreben, Innovationen zeitnah in eine klinisch relevante Anwendung zu überführen. Die Forschungsarbeiten reichen von der Entwicklung neuer HF-Spulenteknologie und Bildgebungssequenzen für die 7-Tesla UHF-MRT über die Erforschung neuer in-vivo Biomarker zur Beurteilung der Krebs-Aggressivität, insbesondere von Prostatakrebs, bis hin zu großen Patient*innenstudien. In diesen erfolgt die klinische Validierung der multiparametrischen MRT-Bildgebung für das Prostatakrebs-Management. Ausgehend von den herausragenden Forschungsergebnissen zur Prostata-Diagnostik soll zukünftig das Spektrum der Krebsdiagnostik mittels 7-Tesla UHF-MRT auch auf die Visualisierung von kleinsten Metastasen verschiedener Tumoren weiter ausgedehnt werden.

This system is the only one of its kind in the world, as 7T UHF MRI systems to date have been equipped with a maximum of 16 independent RF transmit channels. The research is financed by the European Research Council through its “MRexcite” ERC Advanced Grant.

Radio-frequency antennas and diagnostic applications

The High Field and Hybrid MR Imaging research group led by Prof. Dr. Harald Quick also focuses on the development of new methods and new multi-channel RF transmit/receive coils for UHF MRI imaging. Here the RF coils are simulated, developed and assembled. The aim of the group’s work is to fully exploit the high SNR of UHF MRI and achieve the highest possible spatial detail resolution for various applications in clinical diagnosis. Another main research interest concerns safe application of MRI also for patients with passive and active implants. Comparative clinical studies are undertaken to assess the advantages and disadvantages of 7 Tesla UHF MRI in relation to standard MRI at 1.5 and 3.0 Tesla. The research groups within the Erwin L. Hahn Institute with a chiefly neurological focus benefit through this process from new RF coils and methods. With new RF coils it is possible to further improve high-resolution oncological MR imaging and help to extend its application to other parts of the body (thorax, abdomen, pelvis).

Cancer diagnosis

This is the field of Dr. Tom Scheenen’s research group, which specializes in the refinement of MR imaging and MR spectroscopy for oncology with the aim of rapidly translating innovation into clinically relevant applications. Research work in this group extends from the development of new RF coil technology and imaging sequences for 7 Tesla UHF MRI, through investigation of new in-vivo biomarkers to assess the aggressiveness of cancer, prostate cancer in particular, to large-scale patient studies. The latter serve clinical validation of multi-parameter MR imaging for prostate cancer management. Based on the excellent research results

Neurobildunggebung

Die anderen am ELH angesiedelten Arbeitsgruppen forschen schwerpunktmäßig vorwiegend im Bereich der funktionellen MRT (fMRT), welche die Darstellung der Hirnaktivität ermöglicht.

Der Forschungsgruppe um Prof. David Norris ist es gelungen, isotrope Auflösungen in der fMRT bis hinunter zu 1 mm^3 zu erzielen. Damit ist es erstmals möglich, nicht nur die Aktivität einer Ebene der Hirnregionen zu untersuchen, sondern auch die Aktivierung als Funktion der Tiefe innerhalb der grauen Gehirnsubstanz zu betrachten. Histologisch gibt es insgesamt sechs Schichten innerhalb der grauen Substanz mit unterschiedlichen Funktionen und Zusammenhangsmustern. Mit einer hohen räumlichen Auflösung in der fMRT ist es nun möglich, die Interaktion zwischen Hirnregionen und den einzelnen Schichten detaillierter zu untersuchen.

Des Weiteren hat die Arbeitsgruppe von David Norris Techniken für die 7-Tesla MRT-Spektroskopie implementiert, mit denen Gamma-Aminobuttersäure (GABA), der wichtigste inhibitorische Neurotransmitter im Gehirn, nachweisbar ist. Es konnte gezeigt werden, dass das tonische Niveau von GABA in Hirnregionen, die mit der Gedächtnisbildung assoziiert sind, ein Indikator für die Gedächtnisleistung ist.

Kognitionspsychologie

Mit neuronalen Korrelaten kognitiver und emotionaler Prozesse mittels fMRT, insbesondere der Untersuchung der neuronalen Mechanismen des Treffens von Entscheidungen und deren Interaktion mit Kontroll- und Steuerungsprozessen, beschäftigt sich die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Matthias Brand. Ebenso werden die Beeinflussbarkeit von Entscheidungen durch Emotionsverarbeitungsprozesse, die Mensch-Technik-Interaktion, sowie die neurobiologischen und neuropsychologischen Grundlagen von Verhaltenssuchten, wie Internetsucht oder Kaufsucht erforscht. Hierbei werden vorrangig Hirnreaktionen auf die Konfrontation mit suchtassoziierten Reizen und deren Bedeutung für das subjektiv empfundene Verlangen adressiert. Die Verwendung der UHF-



Geschäftsführerin / Administrative Director: Dr. Corinna Heldt

on prostate diagnosis, the scope for cancer diagnosis using 7 Tesla UHF MRI is to be extended in future to include visualization of the smallest metastases of different types of tumour.

Neuroimaging

The other research groups at the ELH work chiefly in the area of functional MRI (fMRI), the technology that makes it possible to visualize brain activity.

The research group led by Prof. Dr. David Norris has succeeded in achieving isotropic resolution down to 1 mm^3 in fMRI. As a result, it is now possible for the first time to not only examine the activity on a level of the brain regions but to also observe activation as a function of depth in the grey matter. Histologically, there are a total of six levels within the grey matter that have different

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

- Grabenhorst, F., F.P. Schulte, S. Maderwald, M. Brand (2013): Food labels promote healthy choices by a decision bias in the amygdala. *Neuroimage* 74, 152–163.
- Johst, S., S. Orzada, A. Fischer, L.C. Schäfer, K. Nassenstein, L. Umutlu, T.C. Lauenstein, M.E. Ladd, S. Maderwald (2014): Sequence comparison for non-enhanced MRA of the lower extremity arteries at 7 Tesla. *PLoS One* 9(1), e86274.
- Hahnemann, M.L., O. Kraff, S. Orzada, L. Umutlu, S. Kinner, M.E. Ladd, H.H. Quick, T.C. Lauenstein (2015): T1-Weighted Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging of the Small Bowel: Comparison Between 1.5 and 7 T. *Invest Radiol*; 50:539–547.
- Lagemaat, M.W., E.K. Vos, M.C. Maas, A.K. Bitz, S. Orzada, M.J. van Uden, T. Kobus, A. Heerschap, T.W. Scheenen (2014): Phosphorus magnetic resonance spectroscopic imaging at 7 T in patients with prostate cancer. *Invest Radiol*. 49, 363–372.
- Rosenthal-von der Pütten, A.M., F.P. Schulte, S.C. Eimler, S. Sobiera, L. Hoffmann, S. Maderwald, M. Brand, N.C. Krämer (2014): Investigations on empathy towards humans and robots using fMRI. *Computers in Human Behavior* 33, 201–212.
- Rietsch, S.H., H.H. Quick, S. Orzada (2015): Impact of different meander sizes on the RF transmit performance and coupling of microstrip line elements at 7 T. *Med Phys*. 42, 4542–4552.
- Stefanescu, M.R., M. Dohnalek, S. Maderwald, M. Thürling, M. Minnerop, A. Beck, M. Schlamann, J. Diedrichsen, M.E. Ladd, D. Timmann (2015): Structural and functional MRI abnormalities of cerebellar cortex and nuclei in SCA3, SCA6 and Friedreich’s ataxia. *Brain* 138, 1182–1197.
- Thürling, M., F. Kahl, S. Maderwald, R.M. Stefanescu, M. Schlamann, H.J. Boele, C.I. De Zeeuw, J. Diedrichsen, M.E. Ladd, S.K. Koekkoek, D. Timmann (2015): Cerebellar cortex and cerebellar nuclei are concomitantly activated during eyeblink conditioning: a 7T fMRI study in humans. *J Neurosci*. 35, 1228–1239.
- Theysohn, J.M., O. Kraff, N. Theysohn, S. Orzada, S. Landgraber, M.E. Ladd, T.C. Lauenstein (2014): Hip imaging of avascular necrosis at 7 Tesla compared with 3 Tesla. *Skeletal Radiol* 43(5), 623–632.
- Van de Bank, B.L., U.E. Emir, V.O. Boer, J.J. van Asten, M.C. Maas, J.P. Wijnen, H.E. Kan, G. Oz, D.W. Klomp, T.W. Scheenen (2015): Multi-center reproducibility of neurochemical profiles in the human brain at 7 T. *NMR Biomed*. 28, 306–316.

MRT am Erwin L. Hahn Institut ermöglicht es, aufgrund der hohen Magnetfeldstärke und damit einhergehend der guten räumlichen Auflösung, auch eine Binnendifferenzierung in einzelnen Hirnstrukturen, wie beispielsweise der Amygdala oder dem ventralen Striatum, vorzunehmen. Zudem ermöglicht die Nutzung des 7-Tesla MRT-Systems für die skizzierte fMRT-Forschung auch das Sichtbarmachen von Aktivierungen in kleinen Strukturen, die mittels 1,5- oder 3,0-Tesla MRT gar nicht oder nur mühsam darstellbar sind.

Funktionsweise des Kleinhirns

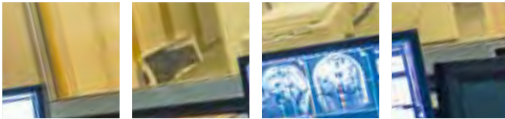
Auch die Untersuchung der in der Tiefe des Kleinhirns gelegenen Kleinhirnkerne wird erst bei der Nutzung der 7-Tesla UHF-MRT möglich. Das Kleinhirn steht zunehmend im Interesse in den Neurowissenschaften, weil es anders als viele

functions and connectivity patterns. Thanks to the high spatial resolution achieved in fMRI, interaction between brain regions and the individual layers can now be investigated in greater detail.

David Norris’s group has further implemented techniques for 7 Tesla MRI spectroscopy which permit detection of gamma amino butyric acid (GABA), the most important inhibitory neurotransmitter in the brain. The researchers have shown the tonal level of GABA in brain regions that are associated with memory formation to be an indicator for memory performance.

Cognitive psychology

The research group of Prof. Dr. Matthias Brand explores neural correlates of cognitive and emotional processes using fMRI, investigating in



Jahre gedacht, nicht nur motorische Prozesse und Lernen unterstützt, sondern als Modulator in sehr vielen anderen Bereichen einschließlich bestimmten kognitiven Funktionen, Emotionsverarbeitung und Schmerz eine Rolle spielt. Die Arbeitsgruppe Experimentelle Neurologie unter Leitung von Prof. Timmann-Braun nutzt die UHF-MRT zum einen zur strukturellen Darstellung der Kleinhirnerkerne bei Gesunden und ihren Veränderungen bei Patient*innen mit bestimmten Erkrankungen des Kleinhirns (sogenannten Ataxien), und zum anderen für funktionelle MRT-Untersuchungen. Im Rahmen einer durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft geförderten Forschergruppe stehen aktuell Untersuchungen zu assoziativen Lernvorgängen im Vordergrund. Die Fähigkeit zum Verlernen (Extinktion) spielt eine große Rolle bei Angsterkrankungen. Dagmar Timmann-Braun überprüft mittels UHF-MRT die Hypothese, dass das Kleinhirn im an der Extinktion beteiligten neuronalen Netzwerk eine wichtige Rolle spielt.

Schmerzforschung

Die Arbeitsgruppe von Prof. Ulrike Bingel nutzt die hochaufgelöste MRT-Bildgebung des Hirnstamms und des Rückenmarks, um die Zusammenhänge zwischen bestimmten subkortikalen Arealen und der weiteren Schmerzverarbeitung im Rückenmark zu untersuchen. Ziel ist die Erforschung der Schnittstelle zwischen Schmerzverarbeitung im zentralen Nervensystem und den kognitiven Neurowissenschaften. Hierzu werden die Mechanismen der individuellen Schmerzempfindung, der Anfälligkeit gegenüber der Chronifizierung von Schmerz, sowie die Fähigkeit zur Schmerzmodulation unter bestimmten kontextuellen Umständen untersucht. Methodisch kommt hierbei die strukturelle und funktionelle MRT-Bildgebung in Kombination mit pharmakologischen und psychophysikalischen Ansätzen zum Einsatz. Die Untersuchungen erfolgen an gesunden Probanden und an Patientengruppen, die unter chronischen Schmerzen oder neurologischen Erkrankungen wie beispielsweise unter Parkinson leiden. Gegenwärtige Untersu-

particular the neural mechanisms involved in decision making and their interaction with control processes. Research topics include the ability to influence decisions by means of emotional processing, human-technology interaction, and the neurobiological and neuropsychological principles of addictive behaviours, such as internet or shopping addiction. The main focus in this area is on brain responses to confrontation with stimuli associated with addiction and their significance for subjectively perceived craving. Because of its high magnetic field strength and good spatial resolution, UHF MRI at the Erwin L. Hahn Institute also permits internal differentiation in individual brain structures, such as the amygdala or the ventral striatum. For the fMRI research outlined, the 7 Tesla MRI system furthermore allows visualization of activation in small structures, which is not possible or only with great difficulty in 1.5 or 3.0 Tesla MRI.

Function of the cerebellum

Another area that can only be investigated with the aid of 7 Tesla UHF MRI is the cerebellar nuclei located deep in the cerebellum. The cerebellum is attracting increasing interest in neuroscience because, contrary to previous belief, it not only supports motor processes and learning but also plays a role as a modulator in very many areas, including certain cognitive functions, emotional processing, and pain. The Experimental Neurology group led by Prof. Dr. Timmann-Braun uses UHF MRI for structural visualization of the cerebellar nuclei in healthy subjects and the changes they undergo in patients with certain conditions affecting the cerebellum (known as ataxias), as well as for functional MRI studies. Associative learning processes are a main focus of present studies being undertaken as part of a research unit funded by the German Research Foundation (DFG). The capacity to unlearn (extinction) plays a major role in anxiety disorders. In this area, Prof. Timmann-Braun uses UHF MRI to test the hypothesis that the cerebellum plays an important role in the neuronal network involved in extinction.

chungen dienen dem Verständnis von interindividuellen Unterschieden in dem Ansprechen auf Placebo-Effekte bei pharmakologischen Therapien, um das Therapiemanagement weiter zu verbessern.

Laufende Drittmittelprojekte und Kooperationen

In den Jahren 2014 und 2015 eingeworbene Drittmittelprojekte

- *Contribution of the human cerebellum to extinction learning and renewal*
2014–2016: Timmann, D., Ladd, M. E.
Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- *Cooperation agreement 7T High Field MR imaging*
2015–2018: Quick, H. H., Norris, D. G.
SIEMENS Healthcare GmbH
- *In vivo assessment of the cerebellum by novel MRI techniques and application to hereditary ataxias: morphological, pathoanatomical and clinical aspects*
2015–2018: Timmann, D., Ladd, M. E., Deistung, A., Reichenbach, J.
Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- *Language regions in Interaction: An investigation of directional connectivity in the human language system using laminar fMRI*
2014–2018: Norris, D. G.
The Netherlands Organisation for Scientific Research (NWO)
- *Multi-parametric MRI of the prostate cancer: the next level*
2014–2017: Philips, B., Scheenen, T. W.
Dutch Cancer Society
- *Nanotechnology at ultra-high magnetic field: towards in vivo detection of small lymph node metastases with MRI*
2016–2020: Scheenen, T. W., Quick, H. H., Barentsz, J. O.
Radboudumc
- *Neural correlates of craving in patients with pathological buying – an fMRI study with a cue-reactivity paradigm*
2015–2017: Brand, M.
Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- *Untersuchung von Electronic Band Gap (EBG) HF-Spulen für die 7T MRT*

Pain research

The research group of Prof. Dr. Ulrike Bingel uses high-resolution MR imaging of the brainstem and spinal column to investigate the connections between certain subcortical areas and pain processing in the spinal column. The aim of the research is to learn more about the intersection between pain processing in the central nervous system and cognitive neuroscience. In order to do this, the researchers investigate the mechanisms of individual sensitivity to pain, susceptibility to chronification of pain, and the capacity for pain modulation under certain contextual conditions. Methodologically, they use structural and functional MRI in combination with pharmacological and psychophysical approaches. The studies are conducted on healthy subjects and groups of patients suffering from chronic pain or neurological conditions such as Parkinson's disease. Current studies aim to advance understanding of interindividual differences in response to placebo effects in pharmacological treatments in order to further improve therapy management.

New Externally Funded Projects in 2014 and 2015

- *Contribution of the human cerebellum to extinction learning and renewal*
2014–2016: Timmann, D., Ladd, M. E.
German Research Foundation (DFG)
- *Cooperation agreement 7T High Field MR imaging*
2015–2018: Quick, H. H., Norris, D. G.
SIEMENS Healthcare GmbH
- *In vivo assessment of the cerebellum by novel MRI techniques and application to hereditary ataxias: morphological, pathoanatomical and clinical aspects*
2015–2018: Timmann, D., Ladd, M. E., Deistung, A., Reichenbach, J.
German Research Foundation (DFG)
- *Language regions in Interaction: An investigation of directional connectivity in the human language system using laminar fMRI*
2014–2018: Norris, D. G.
The Netherlands Organisation for Scientific Research (NWO)



2015–2016: Rennings, A., Solbach, K., Quick, H. H.

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

- *User centred social media – decision support in social media*

2015–2019: Brand, M.

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Kooperationen und Internationales

Das Erwin L. Hahn Institut wurde 2005 durch einen Kooperationsvertrag zwischen der Universität Duisburg-Essen und der Radboud Universität Nijmegen (Niederlande) gegründet. Diese deutsch-niederländische Zusammenarbeit wird weiterhin aktiv gelebt. Eine besonders enge Zusammenarbeit besteht an der Universität Duisburg-Essen mit der Fakultät für Ingenieurwissenschaften und dem Universitätsklinikum Essen sowie auf niederländischer Seite mit der Radiologie und Nuklearen Medizin des Universitätsklinikums der Radboud Universität und dem Donders Centre for Cognitive Neuroimaging, Nijmegen. Dauerhafte Kooperationspartner sind weiterhin das Deutsche Krebsforschungszentrum in Heidelberg sowie als Technologiepartner von industrieller Seite Siemens Healthcare, Erlangen.

Im Rahmen von Forschungsprojekten wurde in den letzten zwei Jahren zusätzlich mit den folgenden Partnern kooperiert:

- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
- Bayer Healthcare Leverkusen
- Biotronik SE & Co. KG, Berlin
- Bracco Imaging Deutschland GmbH, Konstanz
- Brainlab AG, Feldkirchen
- Charité, Berlin
- Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE), Bonn
- Eberhard Karls Universität Tübingen
- Erasmus Universiteit Rotterdam, The Netherlands
- Exzellenzzentrum für Hochfeld MR an der Medizinischen Universität Wien (MUW)
- Forschungszentrum Jülich
- Heinrich-Heine Universität Düsseldorf
- Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt

- *Multi-parametric MRI of the prostate cancer: the next level*

2014–2017: Philips, B., Scheenen, T. W.

Dutch Cancer Society

- *Nanotechnology at ultra-high magnetic field: towards in vivo detection of small lymph node metastases with MRI*

2016–2020: Scheenen, T. W., Quick, H. H.,

Barentsz, J. O.

Radboud university medical center

- *Neural correlates of craving in patients with pathological buying – an fMRI study with a cue-reactivity paradigm*

2015–2017: Brand, M.

German Research Foundation (DFG)

- *Untersuchung von Electronic Band Gap (EBG) HF-Spulen für die 7T MRT (Investigation of Electronic Band Gap [EBG] RF coils for 7T MRI)*

2015–2016: Rennings, A., Solbach, K., Quick, H. H.

German Research Foundation (DFG)

- *User centred social media – decision support in social media*

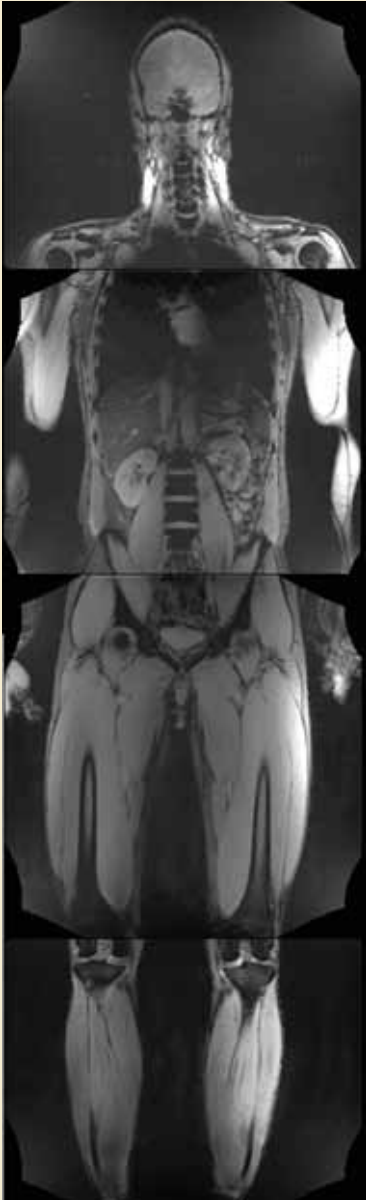
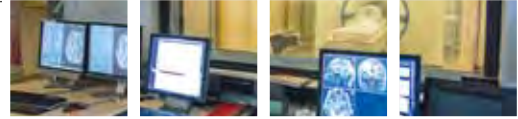
2015–2019: Brand, M.

German Research Foundation (DFG)

Cooperation and International News

The Erwin L. Hahn Institute was founded in 2005 under a cooperation agreement between the University of Duisburg-Essen and Radboud University Nijmegen (Netherlands). This German-Dutch collaboration has continued to flourish to the present day. Particularly close ties exist at the University of Duisburg-Essen with the Faculty of Engineering and University Hospital Essen and on the Dutch side with Radiology and Nuclear Medicine at Radboud University Hospital, and the Donders Centre for Cognitive Neuroimaging, Nijmegen. Long-standing cooperation partners continue to be the German Cancer Research Center (DKFZ) in Heidelberg and in industry Siemens Healthcare, Erlangen, as the technology partner.

Over the past two years, additional cooperation has also taken place on research projects with the following partners:



*Weltweit erste 7T UHF-MRT
Ganzkörper-Aufnahme eines
Probanden mittels des neu
entwickelten 32-Kanal HF-Sende-/
Empfangssystems.*

*The world's first 7T UHF MRI
whole-body image of a subject
using the newly developed
32-channel RF transmit/receive
system.*

- Albert Ludwig University of Freiburg
- Bayer Healthcare Leverkusen
- Biotronik SE & Co. KG, Berlin
- Bracco Imaging Deutschland GmbH, Konstanz
- Brainlab AG, Feldkirchen
- Charité, Berlin
- Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE), Bonn
- Eberhard Karls Universität Tübingen
- Erasmus University Rotterdam, The Netherlands
- Exzellenzzentrum für Hochfeld MR – High Field MR Centre at the Medical University of Vienna (MUW)
- Forschungszentrum Jülich
- Heinrich Heine University Düsseldorf
- Helmholtz Zentrum München – German Research Center for Environmental Health
- Institute of Medical Physics, Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nürnberg
- Leibniz Institute for Neurobiology, Magdeburg
- Maastricht Brain Imaging Center (M-BIC)
- Max Delbrück Center for Molecular Medicine (MDC) Berlin-Buch
- Max Planck Institute for Biological Cybernetics Tübingen
- Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences Leipzig
- MR Coils, Utrecht
- National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA
- Otto-von-Guericke University Magdeburg
- Rapid Biomedical GmbH Würzburg-Rimpar
- Ruhr University Bochum
- RWTH Aachen
- Sanofi-Aventis GmbH Frankfurt
- Technical University of Dortmund
- Technical University of Munich
- Università di Pisa
- University of Cologne
- University of Leipzig
- University Hospital Carl Gustav Carus Dresden
- Jena University Hospital
- UKSH University Medical Center Schleswig-Holstein, Lübeck
- University Medical Center Freiburg
- University Medical Center Utrecht
- University of Bath
- Institut für Medizinische Physik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Leibniz-Institut für Neurobiologie Magdeburg
- Maastricht Brain Imaging Center (M-BIC)
- Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch
- Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik Tübingen

- Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften Leipzig
- MR Coils, Utrecht
- National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA
- Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
- Rapid Biomedical GmbH Würzburg-Rimpar
- Ruhr-Universität Bochum
- RWTH Aachen
- Sanofi-Aventis GmbH Frankfurt
- Technische Universität Dortmund
- Technische Universität München
- Università di Pisa
- Universität Köln
- Universität Leipzig
- Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden
- Universitätsklinikum Jena
- Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck
- University Medical Center Freiburg
- University Medical Center Utrecht
- University of Bath
- University of Cambridge
- University of Nottingham
- University of Oxford
- Yale University

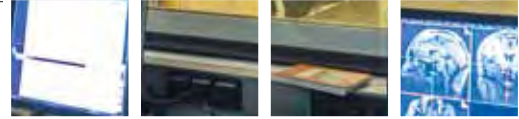
Preise und Auszeichnungen

- Prof. Dr. Harald H. Quick, Magnetic Resonance Imaging Award 2015, Auszeichnung für herausragende wissenschaftliche Leistungen insbesondere für die Ultrahochfeld-Magnetresonanz und die hybride PET/MR-Bildgebung
- Prof. Dr. Harald H. Quick, Amtierender Präsident (2012–2015) der Deutschen Sektion der International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) e. V.
- Prof. Dr. Mark E. Ladd, Wahl zum Direktorium des High Field Systems & Applications Study Group der International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) für den Zeitraum 2013–2017.
- Dr. Tom Scheenen, Chair and past-chair (2014 & 2015) of the MR spectroscopy study group of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM).

- University of Cambridge
- University of Nottingham
- University of Oxford
- Yale University

Awards and Distinctions

- Prof. Dr. Harald H. Quick, Magnetic Resonance Imaging Award 2015, distinction for outstanding scientific achievements, in particular in the field of ultra high field magnetic resonance and hybrid PET/MR imaging.
- Prof. Dr. Harald H. Quick, acting president (2012–2015) of the German Section of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) e. V.
- Prof. Dr. Mark E. Ladd, elected to the directorate of the High Field Systems & Applications Study Group of the International Society for Magnetic Resonance Medicine (ISMRM) for the period 2013–2017
- Dr. Tom Scheenen, chair and past-chair (2014 & 2015) of the MR spectroscopy study group of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM)
- Prof. Dr. Dagmar Timmann-Braun and Prof. Dr. Friedhelm Hummel, “The cerebellum and its role during learning and neurological diseases” symposium named as “Felgenhauer-Symposium 2015” by the Felgenhauer Foundation and the Deutsche Gesellschaft für Neurologie
- Prof. Dr. Dagmar Timmann-Braun, Teaching Awards (1st prize) 2014, Internat. Graduate Program Medical Neurosciences, Charité, Berlin
- Prof. Dr. Dagmar Timmann-Braun, Fellow 2015: Society for the Research on the Cerebellum
- Dr. Katarina Forkmann, EFIC-Grünenthal Grant 2015
- Nicolai Spicher, Bsc., advancement award of the German Society for Medical Informatics, Biometry and Epidemiology (GMDS) at its 60th Annual Meeting in 2015 in Krefeld for his final dissertation “Ultra High-Field MRI: Implementation and Evaluation of the Eulerian Video Magnification for peripheral pulse triggering”



- Prof. Dr. Dagmar Timmann-Braun und Prof. Dr. Friedhelm Hummel, Auszeichnung des Symposiums „The cerebellum and its role during learning and neurological diseases“ als Felgenhauer-Symposium 2015 durch die Stiftung Felgenhauer und die Deutsche Gesellschaft für Neurologie
- Prof. Dr. Dagmar Timmann-Braun, Teaching Awards (1st prize) 2014, Internat. Graduate Program Medical Neurosciences, Charite, Berlin
- Prof. Dr. Dagmar Timmann-Braun, Fellow 2015: Society for the Research on the Cerebellum
- Dr. Katarina Forkmann, EFIC-Grünenthal Grant 2015
- Nicolai Spicher, Bsc. Förderpreis der „Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie“ im Rahmen der 60. GMDS Jahrestagung 2015 in Krefeld für die Abschlussarbeit „Ultra High-Field MRI: Implementation and Evaluation of the Eulerian Video Magnification for peripheral pulse triggering“
- Dr. Gregor und Dr. Yasmin Eschrat Zaun, Promotionspreis 2015 der Medizinischen Fakultät der Universität Duisburg-Essen für herausragende Dissertationen: Dr. Gregor Zaun „Effekte starker statischer Magnetfelder auf die Spermatogenese und männliche Fertilität im Mausmodell“ und Dr. Yasmin Eschrat Zaun „Auswirkungen starker statischer Magnetfelder auf die weibliche Reproduktion und die Fertilität im Mausmodell“.
- Dr. Stephan Orzada, Erwin L. Hahn Institute Award for Young Scientists 2014 für die Dissertation “New Excitation Concepts for Ultra-High-Field Human MRI”.
- Dr. Sören Johst, Erwin L. Hahn Institute Award for Young Scientists 2015 für die Dissertation “Acquisition Methods for 7 Tesla MRI from Head to Toe”.
- Insgesamt 6 Mediziner (Dr. Maria Luise Hahnemann, Dr. Britta Hüning, Dr. Andrea Lazik, Dr. Juliane Göbel, Dr. Bixia Chen und Dr. Cornelius Deuschl) wurden mit einem internen einjährigen Forschungsstipendium (IFORES-Stipendium) der medizinischen Fakultät
- Dr. Gregor und Dr. Yasmin Eschrat Zaun, 2015 Doctoral Award of the Medical Faculty of the University of Duisburg-Essen for their outstanding dissertations: Dr. Gregor Zaun “Effekte starker statischer Magnetfelder auf die Spermatogenese und männliche Fertilität im Mausmodell” and Dr. Yasmin Eschrat Zaun “Auswirkungen starker statischer Magnetfelder auf die weibliche Reproduktion und die Fertilität im Mausmodell”
- Dr. Stephan Orzada, Erwin L. Hahn Institute Award for Young Scientists 2014 for his dissertation “New Excitation Concepts for Ultra-High-Field Human MRI”
- Dr. Sören Johst, Erwin L. Hahn Institute Award for Young Scientists 2015 for his dissertation “Acquisition Methods for 7 Tesla MRI from Head to Toe”
- A total of six physicians (Dr. Maria Luise Hahnemann, Dr. Britta Hüning, Dr. Andrea Lazik, Dr. Juliane Göbel, Dr. Bixia Chen and Dr. Cornelius Deuschl) were awarded an internal one-year research grant (IFORES stipend) by the Medical Faculty of the University of Duisburg-Essen to enable them to pursue their research activities at the ELH Institute.

Outlook

The Erwin L. Hahn Institute for Magnetic Resonance Imaging has established itself in recent years as an international centre of excellence for research in ultra high field MRI. The intensive interdisciplinary collaboration at the ELH between engineers, natural scientists, psychologists and physicians opens up opportunities for unique scientific cooperation and research activities and is set to be extended further in the future.

Development of methods for systematic investigation of the principles of cognitive processes in the healthy brain, the physiology of the human cerebellum, and pain research by means of UHF MRI will continue as the research priorities of the Erwin L. Hahn Institute.

Installation of the new 32-channel RF transmit/receive coil and accompanying RF components directly in the 7-Tesla MRI system marks a

der Universität Duisburg-Essen zur Durchführung ihrer Forschungsaktivitäten am ELH-Institut bedacht.

Zukunftsperspektiven

Das Erwin L. Hahn Institut für MR-Bildgebung hat sich in den letzten Jahren als internationale Spitzenforschungsstätte im Bereich der Ultrahochfeld-MRT etabliert. Die intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit am ELH von Ingenieur*innen, Naturwissenschaftler*innen, Psycholog*innen und Ärzt*innen ermöglicht einzigartige wissenschaftliche Kooperationen und Forschungsaktivitäten und soll weiter ausgebaut werden.

Die Methodenentwicklung für die systematische Untersuchung der Grundlagen kognitiver Prozesse im gesunden Gehirn, der Physiologie des menschlichen Kleinhirns sowie der Schmerzforschung mittels UHF-MRT werden als Forschungsschwerpunkte des Erwin L. Hahn Instituts vorangetrieben.

Mit der Installation der neuen 32-Kanal HF-Sende/Empfangsspule und zugehöriger HF-Komponenten direkt im 7-Tesla MRT-System ist ein technologischer Durchbruch gelungen, der in der UHF-MRT ein weltweites Alleinstellungsmerkmal darstellt. Hiermit sind die Forscher*innen und Kooperationspartner am ELH nun in der Lage, die Vorteile der UHF-MRT über die Neuro-Bildgebung hinaus auch im gesamten menschlichen Körper einzusetzen. Insbesondere die Krebsdiagnostik mittels hochauflöser UHF-MRT-Bildgebung und unter Verwendung von Nano-MRT-Kontrastmitteln kann nun weiter verbessert und – ausgehend von den Erfahrungen der Prostatadiagnostik – auf weitere Organe und Tumorarten ausgedehnt werden.

technological breakthrough that puts the ELH in a unique position in UHF MRI worldwide. Thanks to this breakthrough, the Institute's researchers are able to also exploit the benefits of UHF MRI beyond neuroimaging in the entire human body. Especially cancer diagnosis with high-resolution UHF MRI and the use of nano-MRI contrast agents can now be improved further and, based on experience with prostate cancer diagnosis, extended to other organs and types of tumour.

Kontakt

Contact



Erwin L. Hahn Institut für Magnetresonanz (ELH)
[Erwin L. Hahn Institute for MRI](#)

Prof. Dr. Harald H. Quick

Geschäftsführender Direktor [Managing Director](#)

☎ +49 201 183 6071

@ harald.quick@uni-due.de

Dr. Corinna Heldt

Geschäftsführerin [Administrative Director](#)

☎ +49 201 183 6081

@ corinna.heldt@uni-due.de

UNESCO Weltkulturerbe Zollverein
Kokereiallee 7
D-45141 Essen

☎ +49 201 183 6070

@ elh@uni-due.de

🌐 www.hahn-institute.de