

VON MENSCHEN UND MAGNETEN

TEXT **BARBARA URBAN**
FOTOS **DAVID AUSSERHOFER**

Wer zu den Forschern der Ultrahochfeld Magnetresonanztomographie (MRT) möchte, der braucht eine Chipkarte oder muss klingeln. Unangemeldeter Besuch könnte unter Umständen riskant sein. Warum? Im MRT-Gebäude gibt es drei Magnete (3-Tesla; 7-Tesla; 9,4-Tesla), von denen der stärkste eine Magnetfeldstärke erzeugen kann, die fast 200.000 Mal so groß wie die der Erde ist. Trotz Hochfeld-Abschirmung durch 230 Tonnen Stahlschirme existiert im Gebäude eine magnetische Streustrahlung, die sich stark abgeschwächt auch außerhalb der Messeinheiten bemerkbar macht. Und das könnte für Besucher, die einen Herzschrittmacher tragen, gefährlich werden. Die 3- und 7-Tesla-Geräte werden für Untersuchungen am Menschen

genutzt, während der stärkste Magnet-Resonanztomograph (9,4-Tesla) ein kleinerer Tierscanner ist. In ihm können z.B. narkotisierte Ratten und Mäuse untersucht werden.

MAGNETE VERSETZEN INS STAUNEN

Wer eine Führung durch das Haus bekommt, wird überrascht sein, wie magnetisch es einen trotz Vorsichtsmaßnahmen anziehen kann. Erst

nachdem man in einem dem Messraum vorgelegten Beobachtungsraum sämtliche magnetischen Dinge wie Uhren, Schmuck, Gürtel etc. abgelegt hat, darf man den Messraum betreten. Mitten im Raum steht der größte MRT auf dem Campus, ein 7-Tesla-Gerät. Es ist etwa 2,5 m hoch und 3,5 m lang. Der 7-Tesla-Magnet in Ringform umschließt eine Röhre, in die ein Proband geschoben werden kann. Im Zentrum des Gerätes ist das Magnetfeld am stärksten und die Magnetfeldlinien verlaufen in der Röhre parallel zu ihren Wänden. An Ein- und Ausgang der Röhre biegen sie wie in einer Haarnadelkurve als Streustrahlung ab. Wer direkt am Eingang der Röhre steht und vielleicht Schuhe anhat, deren Absätze genagelt sind, der wird staunen, wie groß die Anziehungskraft des magnetischen Feldes ist. Ein Gefühl von Bleifüßen stellt sich ein, die sich nur schwer vom MRT wegbewegen lassen.

Als Prof. Thoralf Niendorf, Leiter der Abteilung Experimentelle Ultrahochfeld-Magnetresonanztomographie, eine Aluminiumplatte im rechten Winkel zu den Magnetfeldlinien vor die Röhre stellt und loslässt, bleibt sie erst ganz allein stehen und kippt später wie in Zeitlupe um. Währenddessen hat er genug Zeit, dieses Phänomen zu erklären: „Das Magnetfeld durchdringt die Platte und während des Kippvorgangs weg vom magnetischen Zentrum ändert sich das Magnetfeld. Gemäß der Lenz'schen Regel werden dadurch in der Aluminiumplatte Ströme erzeugt, die der zeitlichen Änderung des Magnetdurchflusses entgegen wirken. Die Ströme versuchen alles, um zu verhindern, dass die Aluminiumplatte weiter umfällt, weil sich dadurch das Magnetfeld noch mehr verändern würde.“

SENDER UND EMPFÄNGER IN EINEM

Sobald ein Lebewesen in ein Magnetfeld gerät, richten sich die Spins der Atomkerne in seinem Körper aus. Das kann man sich vorstellen, wie eine Kompassnadel, die sich im Magnetfeld der Erde nach Nord-Süd orientiert. Diese Ausrichtung der Spins der Atomkerne kann durch einen Impuls gestört werden. „Wenn wir z.B. eine Kompassnadel anstoßen, dann fällt sie nach der Auslenkung wieder auf ihre ursprüngliche Position



Prof. Thoralf Niendorf (Foto privat)

zurück“, erläutert Thoralf Niendorf. „Die gleiche Wirkung hätte ein Radiowellenimpuls auf im Magnetfeld ausgerichtete Spins. Zu Beginn der Messung ist jeder Spin ein Empfänger, der durch die Energie des Impulses ‚Radiowelle‘ ausgelenkt wird. Wird der Impulsgeber ausgeschaltet, fällt der Spin automatisch wieder in seine Ausgangslage im Magnetfeld zurück. Dabei wird ein Spin selbst zum Sender, weil er Energie in Form von Radiowellen aussendet.“ Bei der klinischen Magnetfeldstärke von 1,5 Tesla senden etwa 6 Spins von einer Million ein recht schwaches Signal als Antwort auf den Impuls. Je höher die Feldstärke jedoch ist, desto größer ist die Anzahl an Spins die zum Signal beitragen. Das ist auch der Grund dafür, warum immer höhere Magnetfeldstärken in der Forschung genutzt werden. Denn, je stärker die Signalantwort, umso besser die Bildqualität in der Magnetresonanztomographie.



VON BAYERN NACH BUCH



Christof Thalhammer

Als Christof Thalhammer noch als Student die Berlin Ultrahigh Field Facility (B.U.F.F.) in Berlin-Buch besuchte, war er sehr beeindruckt. Allerdings nicht nur von den physikalischen Phänomenen, die die zahlreichen Besuchergruppen des MRT faszinieren, sondern insbesondere von den exzellenten Arbeits- und Forschungsbedingungen. Er hatte im Laufe seines Physikstudiums an der Universität Regensburg Wahlpflichtvorlesungen in Medizinphysik gehört, die ihn über Strahlentherapie, Lasermedizin-Anwendungen sowie verschiedene bildgebende Verfahren informierten. Sein Interesse für eine Diplomarbeit auf dem Gebiet der MRT war geweckt. „Ich wollte nicht an der Uni diplomieren, sondern lieber in einem Forschungsinstitut oder in der Industrie“, erinnert er sich. „Über eine Kooperation mit Siemens landete meine Bewerbung letztlich auf dem Schreibtisch von Prof. Niendorf. Nach einem Gespräch mit ihm entschied ich mich für Berlin und konnte im November 2009 mit meiner Diplomarbeit beginnen.“

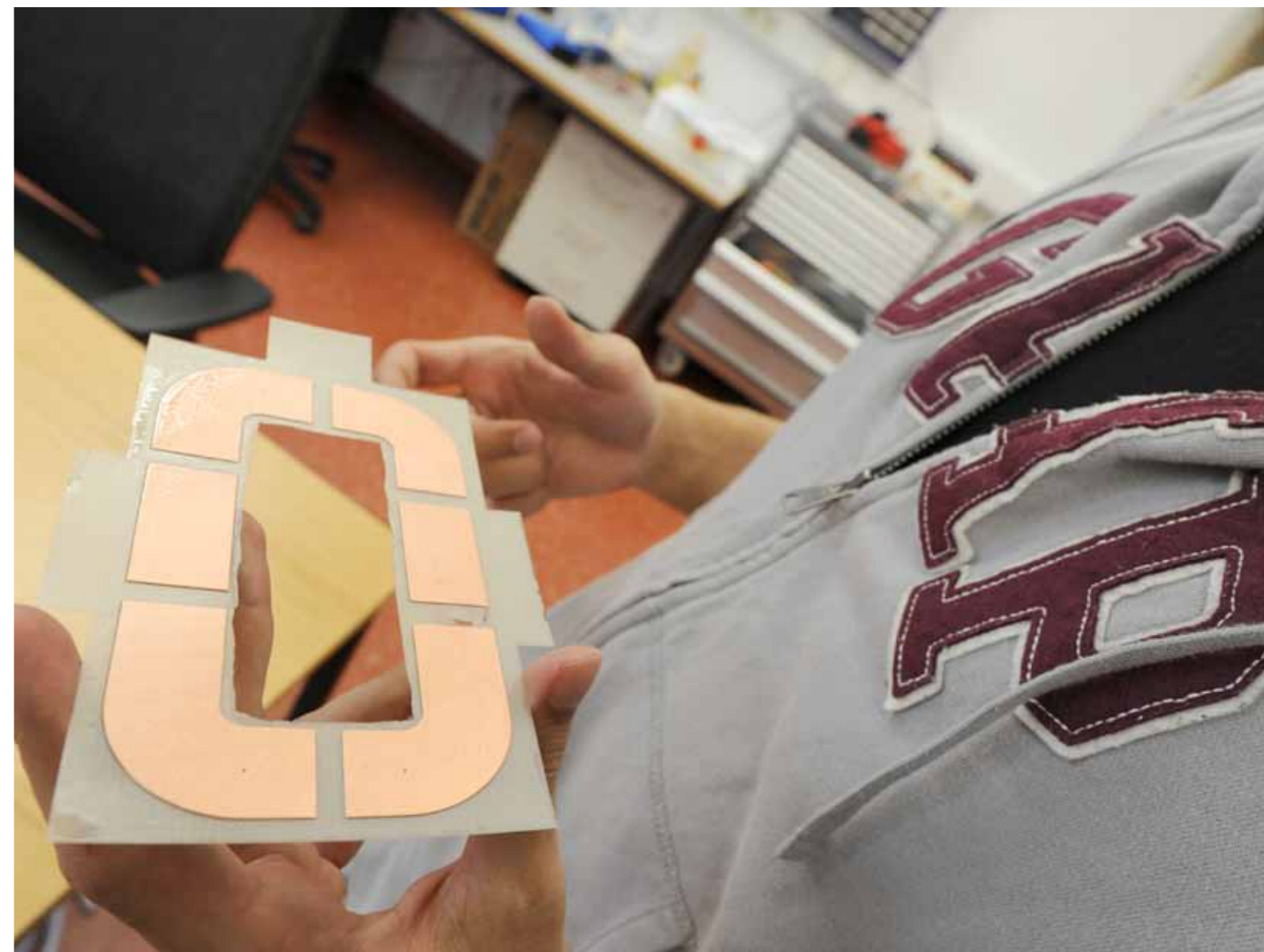
Christof Thalhammer entwickelte in seinem Diplomjahr eine 16-Kanal-Spule zum Senden und Empfangen des MR-Signals für die Herz-Bildgebung am 7-Tesla-Gerät. „Von der Skizze über die genaue Leiterstruktur, die Lötarbeit bis zum Gehäuse, das wir mit unserem 3D-Drucker machen können, haben wir alles selbst gebaut“, sagt er. „Und das alles war nur möglich, durch die gute Unterstützung des Beschaffungsteams um Herrn Groll, Frau Luft und Frau Pflaume sowie die fruchtbare Zusammenarbeit mit meinem Mentor Dr. Wolfgang Renz und allen anderen Kollegen aus Prof. Niendorf's Team sowie den Kollegen von der Physikalisch-Technischen-Bundesanstalt.“

Mit dem Prototyp dieser Spuleneinheit können sehr gute Bilder erzeugt werden. Ihr Weg in die klinische Praxis ist jedoch noch weit, denn zum einen ist die Feldstärke 7 Tesla noch nicht für die klinische Anwendung und Diagnostik, sondern nur für klinische Studien zugelassen. Und zum anderen müsste die neue 16-Kanal-Spule zuerst einmal einen zeit- und kostenaufwendigen Zertifizierungs- und Produktprozess nach dem Medizinproduktegesetz durchlaufen. Im Moment wird die Spule zur Forschung und zum Vergleich mit Ergebnissen aus den 3-Tesla-Untersuchungen genutzt. In Patientenstudien sollen dann in enger Kooperation mit Prof. Jeanette Schulz-Menger und anderen klinischen Partnern aus der Charité mit dem 7-Tesla-Scanner und der neuen 16-Kanal-Spule geprüft werden, welchen klinischen Mehrwert die neue Technologie hinsichtlich der Diagnose oder auch der Bildauflösung, der Kontraste oder der Optimierung der Messung liefern kann.

DIPLOM ALS SPRUNGBRETT

Mit seiner Diplomarbeit bei Prof. Niendorf gelang Christof Thalhammer ein großer Coup. Er schaffte es mit seiner Arbeit in die weltweit größte Konferenz innerhalb der MRT-Gemeinschaft - dem jährlichen Treffen der International Society for Magnetic Resonance in Medicine (www.ismrm.org). „Ich hatte mein Abstract eingereicht und dachte, vielleicht wird es als Poster angenommen“, erzählt er. „Und plötzlich erhielt ich eine Einladung als Sprecher, weil ich nach der Begutachtung zu den ersten fünf Prozent aller eingereichten Arbeiten gehörte. Letztes Jahr in Stockholm war ich noch als Zuhörer dabei und dieses Jahr durfte ich in Montreal selbst einen Vortrag auf der Konferenz halten. Darüber bin ich sehr glücklich!“

Seit Februar 2011 promoviert Christof Thalhammer bei Siemens Corporate Technology in München, bleibt aber dem MDC verbunden, da er weiterhin durch Prof. Niendorf betreut wird. Viel Erfolg!



Leiterplatte

In der Werkstatt



OF MEN AND MAGNETS

TRANSLATION **FINBARR MORIN**

If you would like to meet the researchers from the ultrahigh field magnetic resonance imaging (MRI) department you need a smart card – or you have to ring the bell. An unannounced visit could prove risky. Why? The MRI building is home to three magnets (3 Tesla, 7 Tesla, 9.4 Tesla), the strongest of which can generate a magnetic field strength 200,000 times greater than that of the Earth. Despite its 230 ton high field steel shielding, scattered radiation remains in the building which is greatly reduced but still noticeable, even outside the MRI measurement units. And that can be dangerous for visitors who have a pacemaker. The 3 and 7 Tesla devices are used to perform examinations on humans, while the strongest magnet resonance imaging system (9.4 Tesla) is a smaller animal scanner. It can be used for instance to study anaesthetised rats and mice.

Magnets to Amaze

Anyone who takes a tour of the building can be drawn to it magnetically, despite all the safety measures. Only after all magnetic items such as watches, jewellery, belts, etc., have been removed in the observation room before it, are you allowed to enter the MRI measurement room. Standing in the middle of the room is the largest MRI device on the campus, a 7-T MRI Scanner. It is about 2.5 m high and 3.5 m long. The proband or patient lies down on a table which passes through a tube encasing the 7 Tesla magnet. The magnetic field is strongest in the centre of the machine and the magnetic field lines run parallel to the walls of the tube. At the entrance and exit of the tube they turn away in the shape of a hairpin curve as radiation scatter. Anyone standing directly at the entrance to the tube and wearing shoes with nailed heels for instance will be stunned at just how strong the attractive force of the magnetic field is. Your feet begin to feel like lead and attempting to move away from the MRI scanner is difficult.

When Professor Thoralf Niendorf, Head of the Department of Experimental Ultrahigh Field Magnet Resonance Imaging, holds a sheet of aluminium at a right angle to the magnetic field lines in front of the tube and then lets go, the sheet

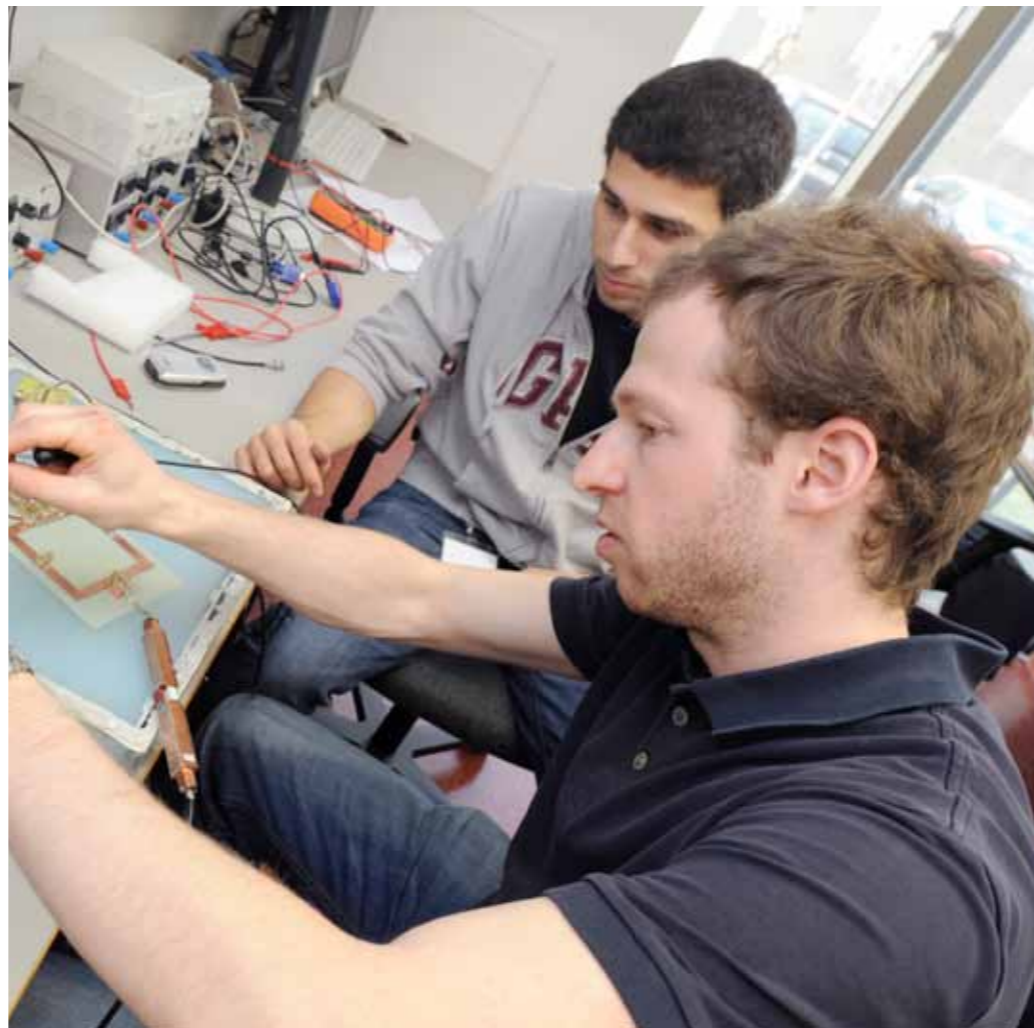
initially stands all by itself before it begins to tilt as if in slow motion. While this is happening he even has enough time to explain the phenomenon: “The magnetic field pierces the sheet and during the tilting process away from the magnetic centre, the magnetic field changes. According to Lenz’s law, this leads to the generation of currents in the aluminium sheet that counter the temporal change in the magnetic current. The currents do everything they can to prevent the aluminium sheet from tilting further because that would change the magnetic field even more.”

All-in-one Transmitter and Receiver

As soon as any living organism enters a magnetic field, the spins of the atomic nuclei in its body align. Imagine it like the needle of a compass which orients north-south in the Earth’s magnetic field. This orientation of the spin of the atomic nuclei can be disturbed, e.g. by an impulse. “If for instance we jolt a compass needle, it will return to its original position after being displaced,” explains Thoralf Niendorf. “A radio wave impulse would have the same effect on spins oriented in a magnetic field. At the beginning of the measurement every spin is a receiver that is displaced by the energy of the radio wave impulse. If the impulse emitter is switched off the spin automatically falls back into its original position in the magnetic field. During this process the spin itself becomes a transmitter because it emits energy in the form of radio waves. “At a clinical magnetic field strength of 1.5 Tesla, about 6 spins in a million transmit a fairly weak signal in response to the impulse. However the higher the strength of the magnetic field, the greater the number of spins that contribute to the signal. This is the reason why increasingly high magnetic field strengths are being used in research. Because the higher the signal response, the better the quality of the images obtained by magnetic resonance imaging.

From Bavaria to Buch

When Christof Thalhammer came to the Berlin Ultrahigh Field Facility (B.U.F.F.) in Berlin Buch as a student he was highly impressed. Not just by the physical phenomena that fascinate numerous groups of visitors to the MRI building, but most of all by the excellent working and research conditions. While studying physics at the University of Regensburg he took elective courses in medical physics where he learned about radiotherapy and laser medicine applications as well as various



In the workshop

imaging techniques. His interest in writing his thesis in the area of MRI was awakened. “I didn’t want to graduate from the university, but rather from a research institute or in industry,” he recalls. “In the end due to a cooperation with Siemens, my application landed on Professor Niendorf’s desk. Following a meeting with him I decided to come to Berlin and in November 2009 I was able to start working on my thesis.”

During the year he completed his thesis, Christof Thalhammer developed a 16 channel coil for transmitting and receiving the MR signal for cardiac imaging with the 7 Tesla scanner. “We constructed everything ourselves – from the sketches to the exact structure of the conductor, the soldering work to the casing which we can make with our 3D printer,” he explains. “And none of this would have been possible without the support of our sourcing team led by Mr. Groll, Ms. Luft and Ms. Pflaume as well as the fruitful collaboration with my mentor Dr Wolfgang Renz and all the other colleagues from Professor Niendorf’s team as well

as the colleagues at the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).”

Excellent images can be generated with the prototype of this coil unit. However there is still a long way to go before it makes its way into clinical practice. On the one hand this is because a field strength of 7 Tesla has only been approved for clinical studies and not for clinical applications and diagnostics up to now. And on the other hand the new 16 channel coil has to go through a time-consuming and costly certification and product process in accordance with the German Medical Products Law. Right now the coil is being used for research purposes and for comparison with results from the 3 Tesla studies. The clinical added value that this new technology can deliver in terms of diagnostics as well as with regard to image resolution, contrast or measurement optimisation is to be determined in close cooperation with Professor Jeanette Schulz-Menger and other clinical partners from the Charité in patient studies with the 7 Tesla scanner and the new 16 channel coil.

The Thesis as a Springboard

Christof Thalhammer has pulled off a real coup with his thesis, which was supervised by Professor Niendorf. He has succeeded in having his work presented at the biggest conference worldwide within the MRI community – the Annual Meeting of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine (www.ismrm.org). “I’d submitted my abstract and thought it might get accepted as a poster,” he recounts. “And then suddenly I received an invitation to speak at the conference, because after its evaluation my thesis was counted among the top five percent of all the work submitted. Last year I was still just one of the delegates there and this year they’re even going to let me give a talk at the conference. Of course I’m really happy about that.”

Since February 2011 Christof Thalhammer has been working on his doctoral thesis at Siemens Corporate Technology in Munich, but as Professor Niendorf is still his supervisor, he remains closely connected to the MDC. We wish him every success.