Herzen im Techno-Beat

Es schlägt 60 Mal in der Minute, jahrzehntelang und zuverlässig. Doch viele Krankheiten hinterlassen ihre Spuren am Herzen. Neue Bildgebungsverfahren sollen sie frühzeitig sichtbar machen.

Bild mit Symbolkraft: Das Modell-Herz, das sich Thoralf Niendorf vor die Brust hält, steht für die Nähe zur Anatomie, die Zeichnungen an der Wand für die Nähe zur Öffentlichkeit.

von Sascha Karberg

UMPF... UMPF... UMPF... Ein lauter, eingängiger Rhythmus erfüllt den fensterlosen Raum. Ein ununterbrochen dumpf pumpender Bass, der Erinnerungen an Techno-Musik und die Love Parade weckt. Doch um Liebe geht es hier nicht. Im Herzen der Berliner Ultrahochfeld-Anlage (englisch: Berlin Ultra High Field Facility, kurz B.U.F.F.) am Max-Delbrück-Centrum geht es nur um das Organ, das mit diesem Gefühl in Verbindung gebracht wird – das Herz. In diesem Fall meins. Und es schlägt tatsächlich etwas schneller. In ein paar Minuten soll es durchleuchtet werden von einer Maschine, von der es nur wenige auf der Welt gibt. Sie liefert detailreiche Aufnahmen aus dem Körper und nennt sich Ultrahochfeld-Magnetresonanz-Tomograf.

Der Ultrahochfeld-Scanner ist einer von drei Tomografen, die es Thoralf Niendorf, Physiker und Leiter der B.U.F.F., ermöglichen, die Brücke zu schlagen zwischen der molekularbiologischen Grundlagenforschung am Max-Delbrück-Centrum und der Anwendung an Kliniken wie der Berliner Charité.

Vor dem Gebäude am Rande des Berlin-Bucher MDC-Campus – einem weißen, bunkerartigen Quader – war von den Techno-Rhythmen noch nichts zu hören. Ein 350 Tonnen schwerer Stahlcontainer, versteckt hinter mit Comics bemalten Wänden, schluckt den Schall. Vor allem aber schirmt er das starke Magnetfeld ab, das von dem Tomografen erzeugt wird, genauer: der 35 Tonnen schweren Magnetspule darin, die mit flüssigem Helium, fast minus 270 Grad kalt, gekühlt wird. Und es ist die Helium-Pumpe, die den eingängigen Techno-Beat erzeugt, der auch unterm Dach zu hören ist. Denn Niendorfs Anlage hat drei Etagen und in jedem Stock einen Scanner.

Im Erdgeschoss liegt der Schwerpunkt auf der Erforschung der technischen Möglichkeiten der den sogenannten Spin der Atome nutzenden Magnetresonanz-Tomografie (MRT). Die Entwicklung neuer Techniken für noch bessere, fast mikroskopische Bilder aus dem Inneren des Körpers wird mit dem Kronjuwel des Instituts ermöglicht: einem Ultrahochfeld-MRT mit 7 Tesla Magnetfeldstärke. Das Gerät ist so groß ist wie ein kleiner LKW. „Hier werden wir Sie gleich reinlegen“, sagt Niendorf.

Ein Stockwerk höher zeigt Niendorf auf eine Bonsai-Version eines MRT-Geräts: „Hier werden die Mäuse der Kollegen vom MDC-Campus untersucht.“ Die Mäuse stehen Modell für menschliche Krankheiten und sie können mit der MRT-Technik berührungslos untersucht werden. Aber je kleiner die Tiere, umso schwieriger ist es, noch detailreiche Aufnahmen machen zu können. „Das Herz einer Maus ist so groß wie ein Tic-Tac-Bonbon, und es schlägt mit 600 Schlägen pro Minute statt 60 wie beim Menschen“, sagt Niendorf. Deshalb hat der Tierscanner eine größere Feldstärke als die besten MRTs für Menschen: 9,4 Tesla. Denn je stärker das Magnetfeld, umso schärfere Bilder sind möglich.

Einer Maus ins Gehirn schauen können Wissenschaftler des MDC mit einem kleinen, aber magnetstarken MRT-Scanner. Die Untersuchung dauert nur 10 Minuten.

STARKE MAGNETFELDER

Unterm Dach zeigt Niendorf dann den 3-Tesla-MRT-Scanner, in dem die klinischen Studien an Patienten und Probanden durchgeführt werden. Donnerstags kommen die Herzinfarkt-Patienten und Probanden für kardiologische Studien, freitags die Multiple-Sklerose-Patienten. „Die Techniken, die wir im Erdgeschoss am 7-Tesla-Gerät entwickeln, können wir hier oben gleich in der klinischen Anwendung testen“, sagt Niendorf. „Von solch einer Konstellation war das MDC bei seiner Gründung vor 20 Jahren noch weit entfernt.“

Als der Physiker 2009 seine Professur an der Charité antrat und die B.U.F.F. am MDC aufbauen sollte, betrat er Neuland. Denn ein „Imaging“-Institut für das Erforschen, Weiterentwickeln und Nutzen bildgebender Verfahren hatte es in Buch bis dahin nicht gegeben. Also ging Niendorf auf Tour durch die Labore und erklärte seinen Forscherkollegen, meist Biologen oder Chemiker, wie hilfreich die MRTs in dem weißen Quader für ihre Forschungen sein könnten.

Die „Andockstelle für die Grundlagenwissenschaften am MDC“ nennt Niendorf seinen Tierscanner. Hier können die MDC-Forscher ihre gentechnisch veränderten Mäuse buchstäblich auf Herz und Nieren testen. Um zum Beispiel zu verstehen, wie sich Nieren nach einer Ischämie, einer plötzlichen Unterversorgung mit Blut, verhalten, mussten Nephrologen früher die Versuchsmäuse operieren und Sonden in der Niere verankern, die Blutfluss und Sauerstoffgehalt messen konnten. Mit neuen MRT-Bildgebungsverfahren, die Niendorfs Team entwickelt hat, können Sauerstoffsättigung des Mäuseblutes und Nierenschädigungen nun ohne jede Operation beobachtet werden – und zwar sofort nach einer Ischämie. Andere Forscher des MDC können per MRT verfolgen, wo sich welches Fett

Fotos: D. Gust für bdw (6)

Eine Filmaufnahme des schlagenden Menschenherzens lässt sich mit dem 7-Tesla-Scanner erzeugen. Informatiker Fabian Hezel (links) und Ingenieur Lukas Winter wirken dabei mit.

Die Sensoren für die Bildgebung des schlagenden Herzens wurden an der Berliner Ultrahochfeld-Anlage entwickelt. Mit den 32 Dipol-Antennen kann das Organ von allen Seiten erfasst werden.

in künstlich fettleibigen Mäusen ansammelt – auch in Langzeitstudien, da die Tiere nicht getötet werden müssen. „Mit solchen Projekten kann ich den Scanner 24 Stunden am Tag auslasten."

Niendorf macht sich die BOLD-Technik (blood oxygenation level dependent) zunutze, mit der im MRT unterschiedliche Sauerstoffkonzentrationen im Blut gemessen werden können. „Die Möglichkeiten der BOLD-Technik sind vielfältig", erklärt Niendorf, und das nicht nur in der Forschung. In der Herzmedizin seien zum Beispiel derzeit Koronar-Angiographien Standard, bei denen ein Kontrastmittel im Blut die Durchlässigkeit der Herzkranzgefäße anzeigt, um indirekt zu bestimmen, wie gut oder schlecht das Herz mit Sauerstoff versorgt wird. Mit der BOLD-Technik kann man den Sauerstoffgehalt im Muskel direkt untersuchen – noch dazu berührungslos. Seien es der Fettanteil im Herzen oder die Geschwindigkeit und Verwirbelung des Blutes im Herzen nach der Transplantation einer Schweineherzklappe – Niendorfs MRTs bieten unzählige Anwendungsmöglichkeiten.

Denn während MRTs bislang vor allem die Reaktion von Wasserstoff-Kernen (Protonen) im menschlichen Körper für die Bildgebung nutzen, kann mit dem 7-Tesla-MRT im Erdgeschoss auch der Kernspin anderer Elemente gemessen werden: Natrium, Phosphor, Kohlenstoff, Fluor. „Und damit ist man sofort bei der Darstellung von Stoffwechselvorgängen", sagt Niendorf. Beispielsweise wies der Forscher über die Natrium-Messung Ablagerungen blutdruckverändernder Salze in der Haut und im Muskel nach.

Jetzt läuft auf einem Computer-Bildschirm der Herzschlag einer Herzpatientin, die gerade – es ist Donnerstag – im 3-Tesla-MRT untersucht wurde. „Man sieht die Herzklappe, die am Herzausgang am Beginn der Aorta liegt",

zeigt Niendorf. „Die sieht geschlossen aus wie ein Mercedes-Stern und müsste beim Öffnen ein großes Loch in nahezu Dreiecksform zeigen.“ Doch im Film, der einen kompletten Herzzyklus zeigt, geben die Klappen nur eine schmale Öffnung frei. „Wir interessieren uns für die Funktionsbeeinträchtigung, die eine Verdickung des Herzmuskels nach sich zieht“, sagt Florian von Knobelsdorff, Kardiologe der Charité und einer der Kooperationspartner Niendorfs. „Wir versuchen, neue Techniken zu entwickeln, mit denen wir Fehlbildungen möglichst früh erkennen und therapieren können“, sagt Niendorf. 100 Patienten mit Herzklappen-Erkrankungen, Bluthochdruck oder genetisch bedingten Beeinträchtigungen der Herzfunktion würden derzeit in einer Studie verglichen mit 60 gesunden, freiwilligen Probanden. So wie ich mich nun freiwillig in den 7-Tesla-Tomografen legen werde.

Nicht ganz ohne Hintergedanken habe ich die Gelegenheit ergriffen, Bilder von meinem Herzen machen zu lassen. Meinte doch irgendein Internist der Bundeswehr vor Jahren, ein Herzgeräusch in meiner Brust gehört zu haben. Als ich mich umziehe und in weißen Patientenkittel und Plastikhausschuhe schlüpfe, beschleicht mich das mulmige Gefühl, lieber gar nicht wissen zu wollen, ob mein Herz ein Problem haben könnte.

32 SENDER UND EMPFÄNGER

Im Vorraum des Tomografen lege ich Brille, Handy und Kleingeld ab, denn nahe genug am Tomografen würde alles Metallische unweigerlich von den Magneten angezogen und in der Maschine verschwinden. Deren Form erinnert ein wenig an ein leeres Hotdog-Brötchen, das auf das Würstchen wartet. Also lege ich mich auf den Tisch, mit dem die Wurst ins Brötchen gefahren wird.

Doch bevor es losgeht, kommt das, was die Besonderheit des 7-Tesla-MRTs am MDC ausmacht. Mir werden spezielle Konstrukte auf die Brust gelegt: Antennen, die Niendorfs Team entwickelt hat. Sie enthalten sowohl Sender als auch Empfänger für Radiowellen. Sie können die Kreiselbewegung (den Spin) der Wasserstoff-Atome in meinem Herz beeinflussen. Da sich die Atome in ihrer Spin-Bewegung in dem starken Magnetfeld zunächst wie Eisenspäne alle in der gleichen Richtung ausrichten, bringen die Radiowellen den Kreisel ins Trudeln. Sobald das Radiosignal aber abgeschaltet wird, fallen die Atome wieder in die alte Position zurück – und geben dabei einen messbaren Energieimpuls ab, aus dem schlussendlich das Bild zusammengesetzt wird.

In den üblichen MRTs wird nur eine Antenne verwendet, die die Radiowellen sendet und empfängt. Niendorfs Team hat hingegen auf 32 Sender und Empfänger aufgerüstet, um das Herz als Ganzes abbilden zu können und „schwarze Flecken“ auf den Bildern zu verhindern. Denn mit steigender Magnetfeldstärke entstehen immer mehr

WALDNER

Ich erinnere mich sehr genau ...

... an das Jahr 1992: Unsere Niederlassung in Berlin war gerade gegründet worden und wir hatten den ausgeschriebenen Wettbewerb um den ersten Bauabschnitt zur Sanierung der Laboratorien im Haus 31 „so gut wie gewonnen“. In der Annahme, die äußerst anspruchsvolle Terminschiene noch verhandeln zu können, traf ich das erste Mal auf Prof. Detlev Ganten. Er war klar und ruhig: „Wenn sie diese Termine nicht halten können, so sind sie nicht unser Partner.“ Gesichtsausdruck und Körpersprache ließen an diesen Worten nicht den Hauch eines Zweifels aufkommen. Wir sind dann selbst über uns hinausgewachsen und haben den ersten Bauabschnitt am MDC realisiert.

Weitere Erfolge und Niederlagen sollten folgen – wir konnten dem Anspruch nicht immer gerecht werden.

Höchste Ansprüche an sich selbst und an seine Partner: Diesem Grundsatz ist das MDC immer treu geblieben und hat sich so zu einem international renommierten Forschungsstandort entwickelt. Forschungsergebnisse, Berufungen an das MDC und die dynamische Entwicklung des Campus sind klare Beweise dafür.

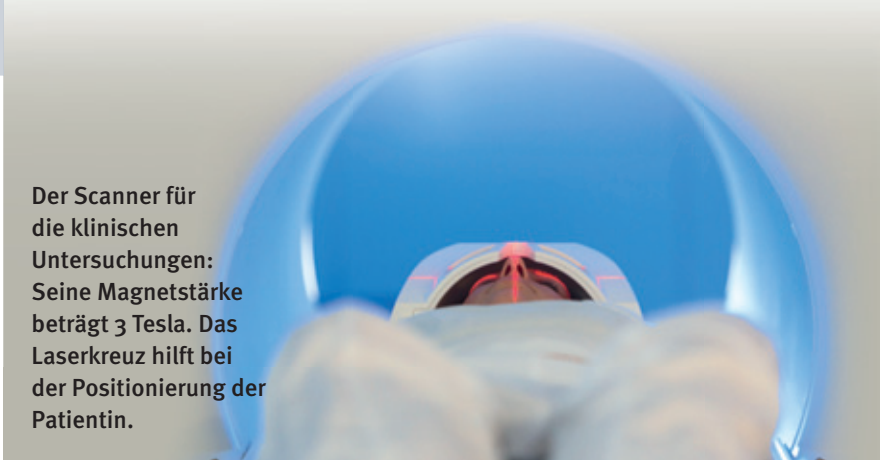
Die Würdigung der Forschungsergebnisse und den internationalen Ruf der Neubesetzungen am MDC können wir den Medien entnehmen. Die Einschätzung der großen Dynamik der Campusentwicklung können wir mit Blick auf die Welt selbst vornehmen.

Wir gratulieren allen Forschern und Mitarbeitern des MDC der vergangenen 20 Jahre zu ihren hervorragenden Leistungen und zum 20. Geburtstag und wünschen ihnen persönliches Wohlergehen.

Allen derzeit am MDC tätigen Forschern und Mitarbeitern wünschen wir Energie und Ausdauer in ihrer Arbeit und weitere so glänzende 20 Jahre.

Dr.-Ing. Gert Richter
Waldner Laboreinrichtungen GmbH & Co. KG

WALDNER



Der Scanner für die klinischen Untersuchungen: Seine Magnetstärke beträgt 3 Tesla. Das Laserkreuz hilft bei der Positionierung der Patientin.

Bildfehler. Mit 32 Sendern jedoch wird das zu untersuchende Organ von allen Seiten erfasst, so dass kein Detail verborgen bleibt – wie bei einem aus allen Perspektiven fotografierten Hollywood-Star.

„Beim Einfahren in die Röhre bitte nicht wundern, manchen Patienten wird dabei schwindlig“, warnt Andreas Gräßl, Diplom-Ingenieur und Doktorand in Niendorfs jungem Team. „Aber das geht gleich wieder vorbei.“ Nun fährt mich der Tisch langsam in die Röhre, die enger ist, als sie von außen aussieht. Das angekündigte Schwindelgefühl bleibt aus. Eine Weile lang passiert nichts, dann kommen die ersten Kommandos aus dem Kopfhörer, der mir aufgesetzt wurde. „So, jetzt einatmen, ausatmen, einatmen... und Luft anhalten.“

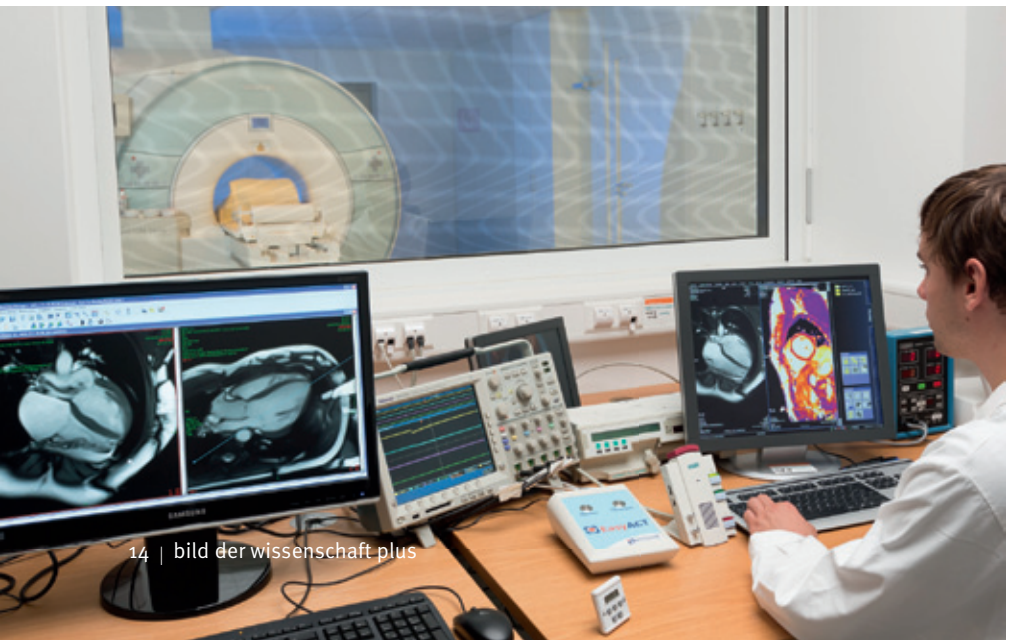
Ich weiß, dass die 32 Antennen auf meiner Brust jetzt senden und messen und unzählige Male die Richtung des Spins meiner Atome beeinflussen, damit sie die messbare Energie abgeben, sobald die Radiowellen abgeschaltet werden. Doch ich spüre nichts. Kein Blitzlicht, nichts ändert sich, noch immer ist nur das rhythmische Pumpen zu hören und das gedämpfte Surren und Klacken irgendwelcher Motoren. Mir wird langweilig, das Dämmerlicht macht schläfrig. „So, jetzt wieder einatmen“, meldet sich Gräßl. Netter Hinweis. Wäre mir auch gleich eingefallen. Nach dreimal Luftanhalten bin ich fast am Einschlafen, doch mein Aufenthalt in der Röhre ist schon beendet, der Tisch fährt heraus, rastet ein, und Gräßl befreit mich von den Antennen.

VON DER DIAGNOSE ZUR THERAPIE

Während Niendorfs Mitarbeiter voll und ganz damit beschäftigt sind, die am 7-Tesla-MRT neu entwickelten Verfahren in die klinische Anwendung zu übersetzen, und dabei viele Stufen zwischen Erd- und drittem Geschoss zurücklegen, denkt der Professor schon in die Zukunft. Er will „lieber früher als später“ die 7- durch eine 11,7-Tesla-Maschine ergänzen, von denen es weltweit erst zwei gebe. Ein 12-Millionen-Projekt, das sich aber lohnen würde, meint der gebürtige Brandenburger. Denn mit einem solchen Gerät wäre ein Quantensprung möglich. „Mit ein paar Tricks können MRTs Gewebe nämlich nicht nur abbilden, sondern auch erwärmen“, erklärt der Physiker. Mit 1,5-Tesla-Geräten würde aber die ganze Brust, ein Areal von mindestens 55 Zentimetern Durchmesser, erwärmt. Bei 7 Tesla ließe sich die Hitze auf ein Areal von rund 10 Zentimetern eingrenzen. „Aber bei 11,7 Tesla können wir die Erwärmung auf ein, zwei Zentimeter beschränken“, sagt Niendorf. Und damit wäre es binnen einer Untersuchung möglich, „Tumore zu finden und sofort zu veröden“. Damit wäre das MRT nicht mehr nur ein Diagnose- sondern auch ein Therapie-Instrument. Vielleicht hätte ich mit meiner Brust-MRT noch ein paar Jahre warten sollen, denke ich, damit Niendorf und Kollegen im Fall des Falles auch gleich etwas hätten tun können.

Dann endlich zeigen mir Gräßl und Niendorf am Computerbildschirm die Aufnahmen meines Herzens. Keine unscharfen, vernebelten Schemen, wie ich es von den Ultraschallaufnahmen vor der Geburt meiner Kinder kenne, sondern ein gestochen scharfer Film von meiner ununterbrochen arbeitenden Blutpumpe. Einströmendes Blut, aufschlagende Herzklappen, pumpende Herzkammern, wieder aufschlagende Klappen, neuerliches Pumpen, immer so weiter...

Oder vielleicht doch nicht immer? Plötzlich erscheint das Schlagen des eigenen Herzens gar nicht mehr so selbstverständlich, sondern komplex und wie ein Wunder. Doch so wie es in dem kurzen Film schlägt und pumpt, scheint alles in Ordnung zu sein. „Das 7-Tesla-MRT hat für Diagnosen zwar noch keine Freigabe“, sagt Gräßl, „aber wir haben Ihr Herz an der richtigen Stelle gefunden, und es schlägt wie ein Schweizer Uhrwerk.“ Ich grinse erleichtert, lästere noch ein wenig über Bundeswehrärzte und verabschiede mich.

Am Parkautomaten fehlt mein Kleingeld. Es liegt noch im Vorraum zum Tomografen. Egal, das war der Blick ins eigene Herz wert. ■

Das menschliche Herz aus ärztlicher Sicht: Mit den MRT-Scannern ist der Einblick in die Herzkammern aus verschiedenen Blickwinkeln möglich.