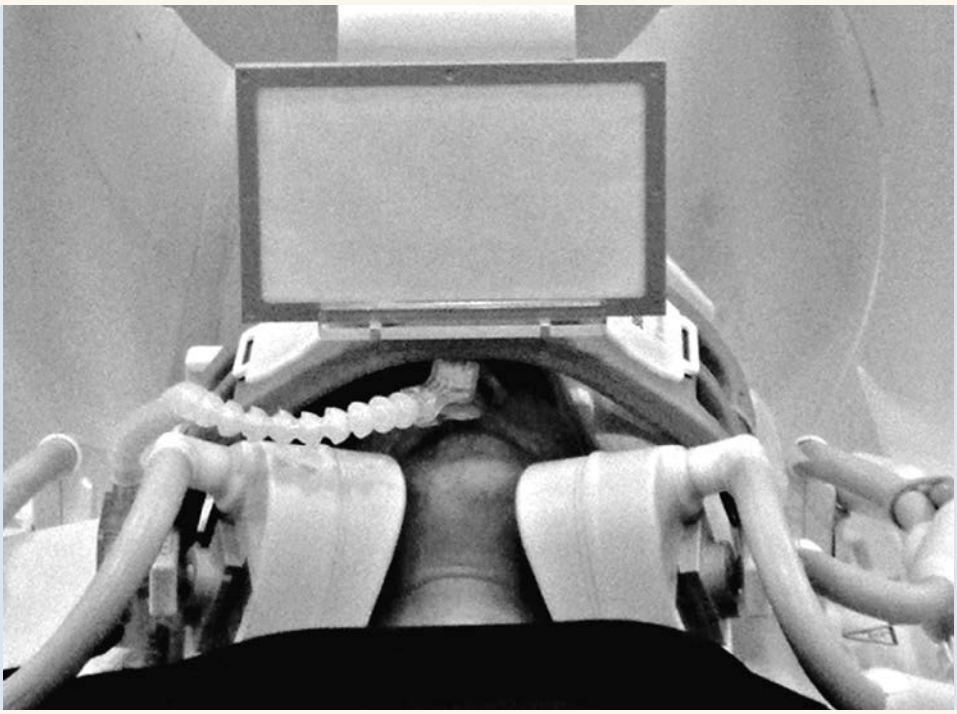
KINO AUS DEM KÖRPER

Göttinger Forscher entwickeln eine Kamera, die Medizinern bald sensationelle Diagnosemöglichkeiten eröffnen könnte. Sie schießt **Live-Bilder** von der Arbeit unserer Organe

TEXT: KRISTINA VAILLANT

Kaum ein unvoreingenommener Betrachter ahnt, dass er eine wissenschaftliche Sensation vor sich hat, wenn er den Kernspintomografen in Jens Frahms Göttinger Forschungsinstitut erblickt. Er sieht aus wie die üblichen Großgeräte in Krankenhäusern: eine dicke, übermannshohe Tonne mit einer kreisrunden Öffnung in der Mitte, die breit genug ist, dass ein Patient auf einem Schlitten liegend hineingleiten kann. Doch der Göttinger Tomograf ist in Wirklichkeit eine Kamera der besonderen Art: Er liefert bewegte Bilder aus dem Körperinneren – und das als Live-Aufzeichnung.

Forschungsgruppenleiter Jens Frahm ist seit 25 Jahren Pionier auf diesem Gebiet. Er entwickelte das Standardverfahren für die Kernspintomografie (auch Magnetresonanztomografie, kurz MRT genannt), mit dem heute fast alle gebräuchlichen MRT-Geräte arbeiten. Mit ihnen können Ärzte ins Körperinnere schauen, ohne den Patienten wie bei Computertomografie oder Röntgenaufnahme mit Strahlen zu belasten. Außerdem zeigen MRT-Bilder Details, die beim Röntgen unsichtbar bleiben.



In die Röhre sprechen: Hier filmt der Kernspintomograf, wie Töne im Mund- und Rachenraum entstehen. Die Testperson liest dazu vom Display Anweisungen ab

Werden Personen zur Untersuchung in die Röhre geschoben, müssen sie zuvor alle metallischen Gegenstände ablegen. Denn im Inneren des Geräts wirkt ein extrem starkes Magnetfeld von 3 Tesla, das bis zu 100 000-mal so stark ist wie das natürliche Erdmagnetfeld. Schon eine vergessene Gürtelschnalle würde die Versuchspersonen an den Innenwänden der Röhre festkleben lassen. Zudem müssen die Probanden einen Ohrenschutz tragen. Um das gewaltige Magnetfeld zu generieren und zu manipulieren, erzeugt der Tomograf nämlich ein gewaltiges Rauschen und Pfeifen.

Am Bildschirm sehen die Forscher, wie sich die Zunge beim Sprechen bewegt

Aber anders als herkömmliche MRT-Geräte erlaubt es die Göttinger Anlage den Forschern, live am Bildschirm zu verfolgen, was im Inneren des Körpers passiert – wie das Herz regelmäßig schlägt, wie sich Leber und Zwerchfell im Rhythmus der Atemzüge auf und ab bewegen, wie die Zunge beim Sprechen arbeitet. Wenn man heranzoomt, erkennt man sogar die Wirbel, die das Blut bildet, wenn es in das Innere der Herzkammern einströmt.

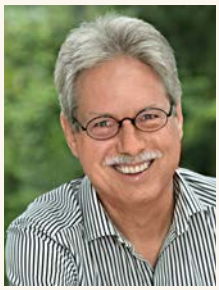
Um diese erstaunlichen Leistungen zu erbringen, macht sich die Magnetresonanztomografie einen physikalischen Effekt zunutze: den Magnetismus von Wasserstoffatomen. Sie sind die häufigsten Atome in unserem Körper, der zu einem Großteil aus Wasser besteht. (Jedes Wassermolekül trägt zwei Wasserstoffatome.)

Die Kerne der Wasserstoffatome richten sich wie kleine Stabmagneten an dem extremen Magnetfeld in der MRT-Röhre aus. Ein zusätzlicher elektromagnetischer Impuls, den das Gerät aussendet, bringt die Atomkerne dann dazu, ein Signal abzugeben, das aufgezeichnet und per Computer ausgewertet wird. Im zweiten Schritt werden die Messwerte in Bilder umgewandelt.

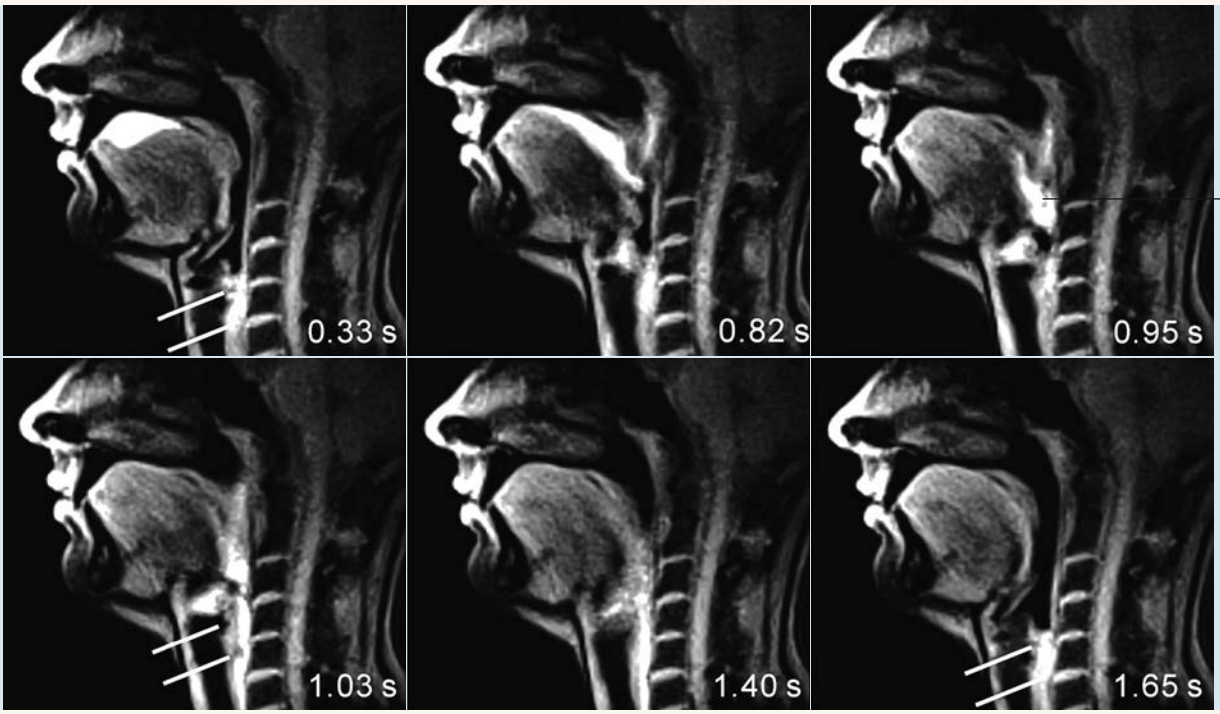
Die Weiterentwicklung der Echtzeit-MRT begann vor vier Jahren. Die Göttinger Forschergruppe verbesserte dafür nicht nur das Messverfahren, sondern auch die Bild-Berechnung: Statt wie üblich zeilenweise zu rastern, verwenden sie eine sogenannte radiale Methode. „Bei der gängigen Methode ist das Bild bei Bewegungen verschwommen – genau deshalb müssen die Patienten stillhalten, wenn sie in der MRT-Röhre untersucht werden“, erläutert Frahm. Das neue Verfahren sei dagegen nicht nur unempfindlich gegenüber Bewegung, es biete einen weiteren entscheidenden Vorteil: Daten können wegfallen, ohne dass wichtige Bildinformationen verloren gehen.

Ein schlagendes Herz eine Minute lang aufzuzeichnen, produziert mit der neuen Messmethode zwei Gigabyte Daten: viel weniger als bisher, aber immer noch zu viele, um daraus in der nötigen Geschwindigkeit Live-Bilder zu errechnen. Nun hätten die Forscher einfach abwarten können, bis sich das Rechenproblem durch schnellere Computer von selbst erledigt. Stattdessen setzen sie auf neue mathematische Verfahren bei der Bildrekonstruktion: Sie kalkulieren quasi rückwärts.

„Wir schätzen ein Bild und rechnen dazu die Daten aus“, erklärt Jens Frahm. Das Resultat „vergleichen



Professor Jens Frahm vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen ist ein Pionier der MRT-Forschung. Seit 25 Jahren entwickelt er das Verfahren weiter und ermöglicht so den Blick ins Körperinnere ohne schädliche Nebenwirkungen



Schluckexperiment: Dieser Film aus dem Körperinneren zeigt detailliert, wie Ananassaft (heller Fleck) vom Mund in die Speiseröhre wandert

ZU ERKENNEN SIND SOGAR DIE WIRBEL, DIE DAS STRÖMENDE BLUT IM HERZEN BILDET

Der weitläufige Campus des Max-Planck-Instituts liegt auf dem Faßberg in Göttingen

wir dann mit den echten Daten und ändern das Schätzbild so, dass es besser zu den Daten passt“. So gelingt es, einzelne Bilder in nur 20 Millisekunden zu generieren. Eine enorme Beschleunigung – und das bei verbesserter Bildqualität!

Was das neue Verfahren für die Diagnostik bedeutet, weiß Jeanette Schulz-Menger, Kardiologin am Berliner Universitätsklinikum Charité. „Wenn die MRT so weiterentwickelt wird, dass wir die Bewegung des Herzmuskels in Echtzeit verfolgen können und die Bilder dann noch mit Werten zum Blutfluss synchronisiert werden, dann wird es spannend“, sagt sie. „Dann könnten wir an den Verwirbelungen des Blutstroms erkennen, wie Blutflüsse auf das Gewebe der Herzwände wirken. Der eigentliche Schritt wird dann sein, dass gleichzeitig auch noch Schäden am Herzmuskel dargestellt werden.“ Für die Zukunft schwebt ihr eine Art „virtuelle Pathologie“ vor: der Blick in den lebendigen Organismus mit einem Instrument, das zusätzlich zur Live-Aufzeichnung auch noch Werte zu den Organfunktionen liefert.

Die Göttinger Röhre sieht aus wie ein normaler Kernspintomograf, doch sie kann wesentlich mehr

Strukturen von einem zehntel Millimeter Größe lassen sich im Film klar unterscheiden

Eckart Altenmüller, Neurologe an der Musikhochschule Hannover, lässt Hornisten in der Göttinger MRT-Röhre auf Mundstücken spielen. Er will verstehen, wie es zu Muskelverkrampfungen in der Mundhöhle kommt, die in einer Berufskrankheit enden können. „Es gibt keine andere Möglichkeit, das feine Zusammenspiel von Zunge, Gaumen und Rachenrückwand beim Musizieren zu beobachten“, sagt Altenmüller. Die MRT-Tonfilme spielt er den Musikern via Kopfhörer und Bildschirm zurück in die Röhre, damit sie trainieren können, Blockaden zu kontrollieren.

Auch in der Materialforschung hat die Echtzeit-MRT einen ersten Tauglichkeitstest bestanden – mit einem Experiment zum Zerfallsprozess von Tabletten. Dafür kam in Göttingen eine zweite MRT-Forschungsanlage mit einem dreimal so starken Magneten zum Einsatz. Der Düsseldorfer Pharmazie-Doktorand Julian Quodbach ließ mithilfe einer eigens konstruierten Vorrichtung im Inneren der Röhre Tabletten in einen Wasserbehälter fallen. Am Monitor beobachtete er, wie das Wasser in die Tablette eindringt und wie sie schließlich zerfällt.

„Der Mensch als Industriepalast“: So stellte sich der deutsche Arzt und Künstler Fritz Kahn um 1926 den Blick in den menschlichen Körper vor

Die Filmbilder sind dank des stärkeren Magneten so genau, dass Strukturen von einem zehntel Millimeter Größe unterscheidbar sind. Die Auswertung zeigte erstmals, wie verschiedene Zerfallsmittel wirken, die den Tabletten zugesetzt sind. Das sind wichtige Einsichten, denn von der Löslichkeit der Tabletten hängt ihre Wirksamkeit ab: Je kleiner die Partikel, die das Wasser aus der Tablette herauslöst, desto besser wird der Wirkstoff vom Organismus aufgenommen. Hätte eine Versuchsperson die Tablette geschluckt, hätten die Forscher beobachten können, wie sie in den Magen wandert und dort zerfällt. Das im lebenden Körper zu analysieren, könnte einer der nächsten Schritte dieser tief blickenden Technik sein.