

Pressemitteilung

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Kathrin Voigt

11.03.2021

<http://idw-online.de/de/news764797>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Elektrotechnik, Medizin, Physik / Astronomie
überregional



Hyperpolarisierte Protonen-Bildgebung zur Beobachtung von Stoffwechselprozessen in Echtzeit

Neue Technik ermöglicht weitere Fortschritte auf dem Gebiet der Kernspintomografie mithilfe der Hyperpolarisation von Wasserstoff-Kernspins

Die Magnetresonanztomografie (MRT) ist in der Medizin ein weitverbreitetes bildgebendes Verfahren. Ein neues Feld, sowohl für die Forschung als auch für die Anwendung, ist die hyperpolarisierte Magnetresonanztomografie. Wissenschaftler der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU) und des Helmholtz-Instituts Mainz (HIM) haben eine neue Technik vorgestellt, mit der Stoffwechselprozesse im Körper beobachtet werden können. Die Singulett-Kontrast-Magnetresonanztomografie nutzt dabei einfach herzustellenden Parawasserstoff, um biochemische Prozesse in Echtzeit zu verfolgen. Die Arbeit wurde in der Wissenschaftszeitschrift *Angewandte Chemie* veröffentlicht und von den Herausgebern als "Hot Paper" ausgewählt – als wichtige Veröffentlichung auf einem sich schnell entwickelnden Gebiet von großer Bedeutung.

Die MRT oder Kernspintomografie hat sich in den vergangenen Jahrzehnten zu einer Standardmethode für medizinische Untersuchungen entwickelt. Mit ihr lassen sich Weichteile des Körpers wie das Gehirn, Bandscheiben oder auch die Bildung von Tumoren untersuchen. "Die MRT-Aufnahmen zeigen uns zum Beispiel die Struktur des Gehirns, aber sie sagen uns nichts über die biomolekularen Vorgänge im Körper, auch weil die Empfindlichkeit der MRT so gering ist", erklärt Dr. James Eills, Erstautor der Veröffentlichung und Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Dmitry Budker an der JGU und dem HIM.

Wasserstoffatome anstelle von Kohlenstoff- oder Stickstoffisotopen verwendet

Eine Möglichkeit, die MRT-Signale erheblich zu verbessern, ist die Hyperpolarisation – eine Methode, um die einheitliche Ausrichtung der signalgebenden Kernspins in einem äußeren Magnetfeld zu erhöhen. Die hyperpolarisationsverstärkte Kernspintomografie wird bereits zur Untersuchung biomolekularer Prozesse im Körper eingesetzt, allerdings unter Verwendung des Kohlenstoffisotops C-13 oder des Stickstoffisotops N-15, womit gewisse Nachteile verbunden sind. "Es wäre daher von großem Vorteil, wenn wir direkt Wasserstoffatome einsetzen könnten. Wasserstoff hat eine bessere Empfindlichkeit, kommt häufiger vor und die Geräte zur Detektion sind ohne Weiteres verfügbar", so Eills. Gegen Wasserstoff spricht jedoch seine schnelle Relaxation. Das heißt die hyperpolarisierten Atome gehen so schnell in ihren ursprünglichen Zustand zurück, dass es auf dieser Basis schwierig ist, Bilder zu erstellen.

Dieses Problem gingen Eills und seine Forscherkollegen an, indem sie Wasserstoffmoleküle im Singulett-Zustand, sogenannten Parawasserstoff, verwendeten. "Damit können wir die Nachteile überwinden, insbesondere die schnelle Relaxation", so Eills. Während Wasserstoff normalerweise eine Relaxationszeit von wenigen Sekunden hat, kann sie bei Parawasserstoff minutenlang anhalten. Der Singulett-Zustand ist außerdem nicht magnetisch und damit nicht beobachtbar. Erst wenn die Symmetrie des Moleküls gebrochen wird, lässt es sich beobachten.

Beispiel Fumarat: Hyperpolarisation wird durch den Metabolismus freigesetzt

In der vorliegenden Studie haben die Forschungspartner die Singulett-Kontrast-MRT mit Fumarat demonstriert, einem Biomolekül, das als Zwischenprodukt im Stoffwechsel vorkommt. Zunächst wird Fumarat aus einem Vorläufermolekül und Parawasserstoff hergestellt. Das hyperpolarisierte Fumarat wird dann zu Malat umgewandelt, indem ein Wassermolekül zugefügt wird. Bei dieser Umwandlung wird die Symmetrie des Moleküls gebrochen, es wird magnetisch und kann beobachtet werden. "Diese magnetischen Signale können wir für die Bildgebung verwenden", erklärt Eills.

Fumarat gilt – allerdings mit dem Isotop C-13 – als wichtiges Molekül für die hyperpolarisierte Bildgebung. Die jetzige Arbeit eröffnet die Möglichkeit, die Fumarat-Bildgebung mit allen Vorteilen durchzuführen, die sich aus der Beobachtung von Wasserstoff anstelle von Kohlenstoff-13 ergeben. Parawasserstoff wäre jedoch auch wegen seiner einfachen Herstellung vorteilhaft: Wasserstoffgas wird dazu in Anwesenheit eines Katalysators abgekühlt, der Katalysator wird entfernt und der entstandene Parawasserstoff kann dann aufgewärmt werden – und bleibt im Para-Zustand monatelang stabil.

"Die hyperpolarisierte Kernspintomografie ist noch in einem frühen Stadium ihrer Entwicklung und wir steuern hier eine spannende neue MRT-Variante bei", erklärt Eills. Dadurch kann man auf einfache Weise Bilder des hyperpolarisierten Signals zu verschiedenen Zeitpunkten aufnehmen, was eine Echtzeitverfolgung von Stoffwechselprozessen ermöglicht.

"Die Kombination der Parawasserstoff-induzierten Kernspinpolarisation mit langlebigen Spin-Zuständen und enzymatischer Umwandlung bricht endlich die Tür zu einer kosteneffizienten Magnetresonanz-Bildgebung von Fumarat und verwandten Tumormarkern im Krebsstoffwechsel auf", sagt Prof. Dr. Gerd Buntkowsky, Co-Autor der Arbeit von der TU Darmstadt.

An der internationalen Zusammenarbeit für dieses Projekt waren außer der JGU und der TU Darmstadt auch Partner der TU Kaiserslautern sowie von Forschungseinrichtungen in Turin, Italien, und Nowosibirsk, Russland, sowie der Universität Southampton in Großbritannien beteiligt.

Bildmaterial:

https://download.uni-mainz.de/presse/o8_physik_quantum_him_mrt_singulett.jpg

Installation für die hyperpolarisierte Protonen-Bildgebung und die erhaltenen Aufnahmen

Foto/©: Laurynas Dagys / Universität Southampton

Weiterführende Links:

<https://budker.uni-mainz.de/> - Arbeitsgruppe Dmitry Budker ;

<https://www.hi-mainz.de/> - Helmholtz-Institut Mainz ;

<https://prisma.uni-mainz.de/> - Exzellenzcluster Prisma+ an der JGU ;

<https://zulf.eu/> - Zero- to Ultralow-Field NMR, ITN-Website ;

<https://blog.zulf.eu/> - Zero- to Ultralow-Field NMR, ITN-Blog ;

https://www.chemie.tu-darmstadt.de/buntkowsky/research_group/index.en.jsp - Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Gerd Buntkowsky an der TU Darmstadt

Lesen Sie mehr:

https://www.uni-mainz.de/presse/aktuell/13025_DEU_HTML.php – Pressemitteilung "Venusfliegenfalle erzeugt magnetische Felder" (27.01.2021) ;

https://www.uni-mainz.de/presse/aktuell/12355_DEU_HTML.php - Pressemitteilung "Dmitry Budker erhält Norman F. Ramsey-Preis der American Physical Society" (21.10.2020) ;
https://www.uni-mainz.de/presse/aktuell/11825_DEU_HTML.php - Pressemitteilung "Neue NMR-Methode ermöglicht Beobachtung chemischer Reaktionen in Metallbehältnissen" (15.07.2020) ;
https://www.uni-mainz.de/presse/aktuell/11370_DEU_HTML.php - Pressemitteilung "Zustand von Lithium-Ionen-Akkus kann mit einfacher Methode gemessen werden" (07.05.2020)

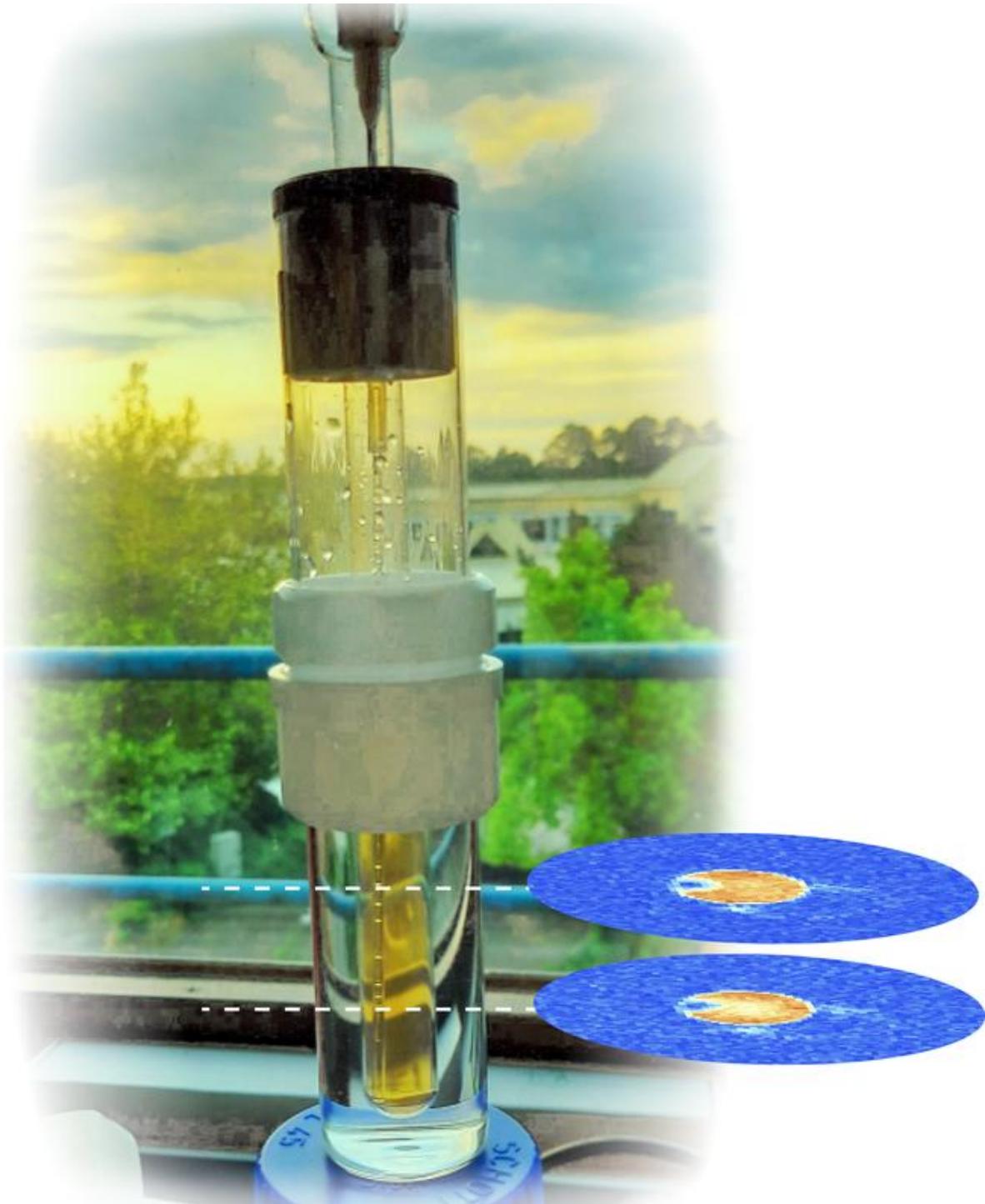
wissenschaftliche Ansprechpartner:

Dr. James Eills
Quanten-, Atom- und Neutronenphysik (QUANTUM)
Institut für Physik
Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU)
und Helmholtz-Institut Mainz (HIM)
55099 Mainz
Tel. +49 6131 39-29632
E-Mail: eills@uni-mainz.de
https://budker.uni-mainz.de/?page_id=70

Originalpublikation:

J. Eills et al., Singlet-Contrast Magnetic Resonance Imaging: Unlocking Hyperpolarization with Metabolism, *Angewandte Chemie International Edition*, 19. Dezember 2020,
DOI: 10.1002/anie.202006266
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.202014933>

J. Eills et al., Singulett-Kontrast-Magnetresonanztomographie: Freisetzung der Hyperpolarisation durch den Metabolismus, *Angewandte Chemie*, 19. Dezember 2020,
DOI: 10.1002/ange.202014933
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ange.202014933>



Installation für die hyperpolarisierte Protonen-Bildgebung und die erhaltenen Aufnahmen
Foto/©: Laurynas Dagsys / Universität Southampton