News und Infos auch unter **hfhf-hessen.de**

HFHF

Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR

NEWS

AUSGABE **2025.02 / OKTOBER**

Thomas Nilsson,
Wissenschaftlicher Direktor GSI
Foto: G. Otto / GSI

„FAIR KOMMT – UND JETZT WOLLEN WIR PHYSIK MACHEN“

Ein Gespräch mit Thomas Nilsson, Direktor der GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung
Geführt von Sascha Vogel und Frank Nerling

Herr Nilsson, Sie waren schon als Doktorand an der damaligen TH Darmstadt – viele junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler kennen Sie gar nicht mehr – und an der GSI. Welche Erinnerungen verbinden Sie mit dieser Zeit? Ich habe mich sowohl an der damaligen TH als auch später an der TU Darmstadt immer sehr willkommen gefühlt. Auch bei der GSI war der Umgang stets freundlich und produktiv. Besonders in Erinnerung geblieben ist mir mein erster längerer Aufenthalt 1989 – ein halbes Jahr voller intensiver Arbeit und historischer Umbrüche. Die Berliner Mauer fiel in dieser Zeit, und auch wenn ich es bereue, damals nicht selbst nach Berlin gefahren zu sein, war die Atmosphäre hier von den politischen Entwicklungen spürbar geprägt. Auch bis heute anhaltende Freundschaften wurden dort geknüpft.

Wie hat sich die GSI in den letzten Jahrzehnten verändert – insbesondere mit dem FAIR-Projekt? Die GSI hat sich stark gewandelt – FAIR hat alles auf eine neue Ebene gehoben. Aus einer nationalen Einrichtung mit internationalen Gästen ist ein echtes internationales Großforschungszentrum geworden. Die Dimensionen, die Internationalität, die Infrastruktur – alles ist heute eine Nummer größer. FAIR ist inzwischen eine Weltanlage.

Was ist Ihre Vision für FAIR in den kommenden 15 Jahren? Ich wünsche mir, dass FAIR zu einem Hotspot für wissenschaftliche Talente weltweit wird – ein Ort, an dem junge, kluge Köpfe forschen wollen, weil hier die spannendsten Fragen gestellt und beantwortet werden. Das Ziel ist, dass FAIR eine ähnliche Anziehungskraft wie das CERN entwickelt: ein Zentrum voller Leben, Konferenzen, Workshops, Innovationen und Technologietransfer. FAIR soll nicht nur Grundlagenforschung ermöglichen, sondern auch Anwendungen hervorbringen – inklusive Patente und Kooperationen mit Industrie und Universitäten.

Wie wollen Sie FAIR noch stärker in die internationale Forschungslandschaft integrieren? Wir müssen FAIR nicht nur als Infrastruktur begreifen, sondern auch als etwas, das den beteiligten Ländern gehört. Es muss zur polnischen, schwedischen, französischen, (etc.) FAIR-Anlage werden – mit echter Teilhabe. Dazu gehören gemeinsame Programme, Fellowships, formale Anbindungen von Universitäten. Die Idee ist, die Identifikation mit FAIR zu stärken – bei den Institutionen und bei den Forschenden.

Welche Rolle spielt die Helmholtz-Forschungsakademie Hessen für FAIR (HFHF)? Die HFHF ist wie ein Schnellboot im Vergleich zum großen Tanker GSI/FAIR – flexibel, agil, mit direktem Draht zu den Universitäten. Sie bringt frische Impulse, reagiert schnell auf Entwicklungen und kann vor allem junge Forschende unkompliziert fördern. Das ist enorm wichtig für die Dynamik des gesamten Projekts.

Wie kann FAIR insbesondere für den wissenschaftlichen Nachwuchs attraktiver werden? Neben exzellenter Forschung braucht es eine Kultur der Zugehörigkeit. Junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sollen sich hier willkommen fühlen – auch wenn sie nicht direkt bei der GSI angestellt sind. Das beginnt bei kleinen Dingen wie Kantinenmarken oder Reiseabrechnungen und reicht bis hin zu E-Mail-Adressen und Arbeitsplätzen. Zugehörigkeit darf keine Frage des Vertragsstatus sein. Wir müssen FAIR zu einem Ort machen, an dem man gerne arbeitet – mit Sichtbarkeit, Perspektiven und Wertschätzung.

Was sind die großen Herausforderungen in den kommenden Jahren? Kurzfristig steht natürlich die Fertigstellung der Anlage im Vordergrund – „First Science“ und „First Science Plus“ müssen umgesetzt werden. Der Rohbau ist abgeschlossen, jetzt laufen die Installationen. Herausforderungen gibt es bei den Lieferketten, insbesondere durch die geopolitische Lage. Gleichzeitig fehlen für einige Experimente, etwa PANDA, aktuell die finanziellen Ressourcen zur Fertigstellung.

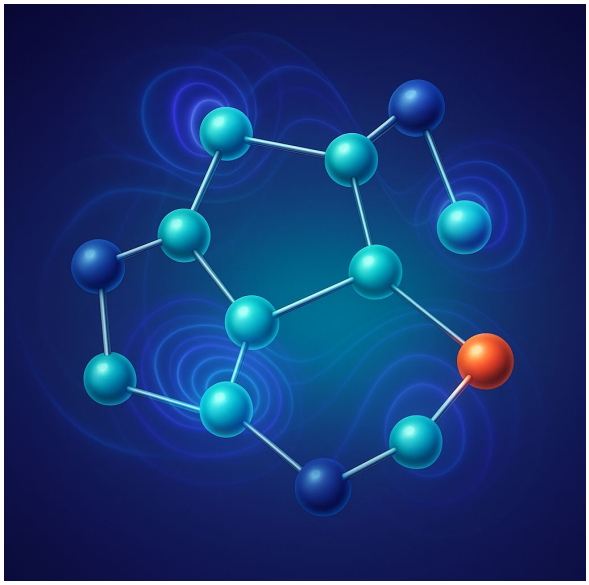
Welche Rolle spielt die Hadronenphysik bei FAIR? Eine sehr wichtige. Hadronenphysik ist natürlich eng mit PANDA verknüpft, aber auch CBM bietet enormes Potenzial. Obwohl sich PANDA durch finanzielle Einschränkungen verzögert, arbeitet die Community bereits intensiv an Alternativen, um Hadronenphysik zeitnah bei FAIR zu ermöglichen. So entsteht gerade ein White Paper zur Entwicklung eines eigenständigen Hadronenphysik-Programms auf Basis der bestehenden Infrastruktur. In Kombination mit bestehenden Komponenten aus PANDA könnten erste Experimente etwa in Cave C und insbesondere mit CBM realisiert werden. Das ist besonders spannend, weil hier ein Brückenschlag gelingt: Einerseits wird die Vielfalt der FAIR-Experimente erhalten, andererseits binden wir die QCD-Community enger ein – das Programm QCD at FAIR wird damit konkret und greifbar.

Ich sehe darin eine große Chance, FAIR als Zentrum für moderne Hadronenphysik zu etablieren und gleichzeitig Synergien mit anderen Bereichen wie CBM oder NUSTAR zu schaffen.

Und wie sieht Ihre wissenschaftliche Vision für die ersten Jahre FAIR aus? Ein möglicher erster großer Meilenstein wäre die Untersuchung der Equation-of-State bei neutronenreichen Kernen – ein Beitrag zur Frage, wie Materie in Neutronensternen funktioniert. Das ist ein wunderschöner, interdisziplinärer Zugang, der viele FAIR-Komponenten einbindet: von CBM über NUSTAR bis hin zur Theorie und sogar zur Astronomie. Es wäre ein Traum, FAIR als Ort zu sehen, der solche Fragen beantwortet.

Nehmen wir mal an, wir sind auf den Konferenzen nach den ersten Strahlzeiten und die ersten Resultate sind veröffentlicht. Was wünschen Sie sich für diese Vorträge? Die ersten Konferenzvorträge mit FAIR-Daten werden ein sichtbares Signal an die wissenschaftliche Welt senden: Wir sind bereit, es geht los. Selbst erste, vergleichsweise einfache Messungen – neue Isotope, Präzisionsdaten oder instrumentelle Benchmarks – haben große Bedeutung, weil sie zeigen, dass die Anlage funktioniert. Die ersten Beiträge sind natürlich erstmal zu Strahlparametern, Inbetriebnahmeergebnissen oder Proof-of-Principle-Experimenten, etwa bei NUSTAR oder CBM. Das wird ein Auftakt sein – mit einer klaren Botschaft an die Community: FAIR ist jetzt Realität. Diese frühen Ergebnisse werden auch strategisch wichtig sein, um weitere Partner zu gewinnen und das internationale Interesse zu verstärken. Danach geht es an die großen physikalischen Fragen.

Was ist Ihre zentrale Botschaft an die wissenschaftliche Community? Nach all den Jahren und Herausforderungen: FAIR kommt! Jetzt ist der Moment, sich vorzubereiten. Wir brauchen die Community – lokal wie international – um die ersten Experimente zum Erfolg zu führen. Es dauert nicht mehr lange, bis es losgeht. Die Zeit zu handeln ist jetzt.



Molekülbewegungen, schematisch
Foto: KI-generiert, Sascha Vogel

QUANTENBEWEGUNGEN VON MOLEKÜLEN SICHTBAR GEMACHT

In der klassischen Physik gibt es einen absoluten Stillstand: Wenn ein System im energetisch tiefsten Zustand ist, kommt jede Bewegung zum Erliegen. In der Quantenwelt dagegen gilt eine andere Regel. Selbst bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt verharren Atome nicht an einem festen Ort, sondern führen unaufhörlich kleinste Bewegungen aus. Der Grund hierfür ist die sogenannte quantenmechanische Nullpunktsenergie. Ein internationales Forschungsteam, darunter HFHF-Wissenschaftler Reinhard Dörner der Goethe-Universität Frankfurt, hat diesen „ewigen Tanz“ nun erstmals in einem komplexeren Molekül direkt sichtbar gemacht. Die Ergebnisse erschienen in Science.

Das Team nutzte den weltgrößten Röntgenlaser, den European XFEL in Schenefeld bei Hamburg, um das Molekül Iodpyridin, bestehend aus elf Atomen, in den Blick zu nehmen. In seiner klassischen Beschreibung wäre das Molekül vollkommen planar, alle Atome lägen in einer Ebene. Doch im Experiment zeigte sich ein anderes Bild: Manche Atomkerne befanden sich außerhalb der erwarteten Ebene – ein klarer Hinweis auf die allgegenwärtigen Quantenfluktuationen. Erstmals konnte zudem das korrelierte Verhalten der Atome nachgewiesen werden: Die Teilchen bewegen sich nicht unabhängig voneinander, sondern in genau abgestimmten Mustern, den sogenannten Vibrationsmoden.

Erreicht wurde dieser Einblick mit einer besonderen Methode, dem „Coulomb Explosion Imaging“. Dabei entreißt ein ultrakurzer, intensiver Röntgenpuls den Atomen viele Elektronen. Zurück bleiben positiv geladene Atomkerne, die sich gegenseitig abstoßen und im Bruchteil einer Billionstel Sekunde auseinanderfliegen – ein kontrollierter, mikroskopischer Knall. Aus den Flugrichtungen und -geschwindigkeiten der Bruchstücke lässt sich die ursprüngliche Struktur des Moleküls rekonstruieren. Entscheidend für den Erfolg war das in Frankfurt entwickelte COLTRIMS-Reaktionsmikroskop, das diese Daten mit hoher Präzision aufzeichnet und so eine dreidimensionale Rekonstruktion ermöglicht.

Die Messungen wurden durch detaillierte Simulationen und neue Analysemethoden möglich gemacht, bei denen auch maschinelles Lernen zum Einsatz kam. Diese zeigten, dass nur durch die explizite Berücksichtigung der Nullpunktbewegung die experimentellen Daten korrekt reproduziert werden konnten. Die Forscherinnen und Forscher konnten so nicht nur die Positionen der Atome bestimmen, sondern auch die feinen quantenmechanischen Fluktuationen sichtbar machen – ein Meilenstein für die Molekülphysik. Die Arbeit eröffnet neue Perspektiven für die Untersuchung komplexer quantenmechanischer Systeme. Die Methode erlaubt nicht nur statische „Schnappschüsse“, sondern bietet künftig die Möglichkeit, zeitaufgelöste Filme über die inneren Bewegungen von Molekülen zu drehen – mit einer zeitlichen Auflösung im Femtosekundenbereich. Damit rückt das Ziel in greifbare Nähe, nicht nur den Tanz der Atomkerne, sondern auch die noch schnellere Choreografie der Elektronen zu erfassen. Was bislang der Theorie vorbehalten war, wird so Schritt für Schritt experimentell zugänglich.

Originalpublikation: https://www.science.org/doi/10.1126/science.adu2637

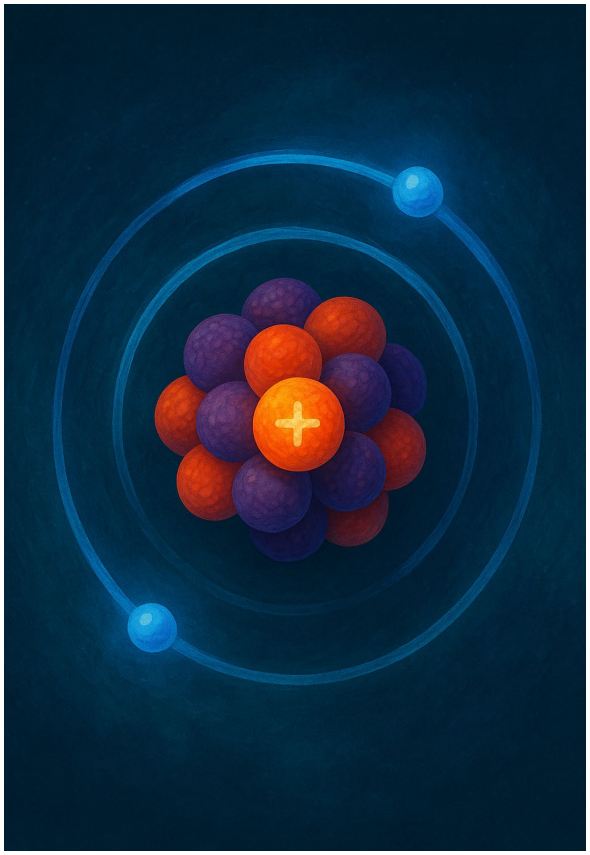
NEUER BLICK INS HERZ DES KOHLENSTOFFS: PRÄZISESTE MESSUNG DES KERNRADIUS VON ^{13}C

Wie groß ist ein Atomkern? Diese scheinbar einfache Frage beschäftigt die Kernphysik seit Jahrzehnten und sorgt bis heute für Überraschungen. Bekannt ist etwa das „Protonenradius-Puzzle“, bei dem Messungen mit Elektronen und Myonen widersprüchliche Ergebnisse lieferten. Nun ist einem Team der TU Darmstadt in Zusammenarbeit mit GSI/FAIR, der Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR (HFHF) und weiteren Partnern ein Durchbruch gelungen: Mit einer neuen Laser-Spektroskopiemethode haben sie den Ladungsradius des Kohlenstoffisotops ^{13}C so präzise bestimmt wie nie zuvor.

Kohlenstoff spielt insbesondere in der nuklearen Astrophysik eine besondere Rolle. Das stabile Isotop ^{12}C ist durch den Hoyle-Zustand zentral für die Elemententstehung in Sternen, das um ein Neutron schwerere Isotop ^{13}C dient als Prüfstein für Theorien zur Kernstruktur und zur Clusterbildung. Bisherige Daten aus Elektronenstreuexperimenten und Messungen an myonischen Atomen wiesen jedoch große Unsicherheiten und teils auch Widersprüche auf.

Die Wissenschaftler nutzten im eigens entwickelten COALA-Aufbau (COllinear Apparatus for Laser spectroscopy and Applied sciences) in Darmstadt hochpräzise Laser-Spektroskopie an mehrfach geladenen Kohlenstoffionen. $^{13}C^{4+}$-Ionen wurden erzeugt, mit extrem stabilen Lasern bestrahlt und ihre Resonanzfrequenzen mithilfe von Frequenzkämmen mit einer Genauigkeit von besser als zwei Megahertz bestimmt. Durch den Vergleich mit ^{12}C ließ sich die winzige Differenz im Kernradius ermitteln. Das Ergebnis bestätigt im Trend ältere Elektronenmessungen, ist aber sechsmal genauer und offenbart eine deutliche Abweichung zu den Resultaten mit Myonen. Damit ist das Puzzle nicht gelöst, sondern wird noch spannender: Offenbar gibt es systematische Unterschiede je nach Art der verwendeten Sonden, ähnlich wie beim Protonenradius.

^{13}C, schematisch
Foto: KI-generiert, Sascha Vogel



Parallel wurden modernste ab-initio-Berechnungen durchgeführt, unter anderem mit der in-medium Similarity Renormalization Group und dem No-Core Shell Model, basierend auf Wechselwirkungen aus der chiralen effektiven Feldtheorie. Das klingt nicht nur kompliziert, sondern ist es auch. Diese Rechnungen zeigen, dass heutige Modelle viele Details korrekt beschreiben, die feinen Unterschiede zwischen ^{12}C und ^{13}C aber noch nicht exakt treffen. Die neuen Daten bilden damit einen unverzichtbaren Referenzpunkt, um die Theorien weiterzuentwickeln. Darüber hinaus demonstriert die Arbeit, wie groß das Potenzial der Laser-Spektroskopie von Ionen ist – eine Technik, die auch bei FAIR entscheidend sein wird, wo künftig nicht nur stabile, sondern auch exotische, kurzlebige Kerne untersucht werden. Mit der neuen Bestimmung des Ladungsradius von ^{13}C ist den Wissenschaftlern ein Referenzwert von bisher unerreichter Präzision gelungen, der zugleich neue Fragen aufwirft und eindrucksvoll zeigt, wie experimentelle Innovationskraft und theoretische Modellierung zusammenspielen.

Originalpublikation: https://www.nature.com/articles/s41467-025-60280-9

AUSZEICHNUNG FÜR JONAS OHLAND

Mit einem klaren Ziel vor Augen, einem visionären Konzept in der Tasche und einer ordentlichen Portion Lasererfahrung startete Dr. Jonas Ohland am 1. Juni offiziell seine neue Rolle als Leiter der Nachwuchsgruppe ALADIN – und das mit kräftigem Rückenwind: 2,8 Millionen Euro stellt das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt über das Programm „Fusionstalente“ für die kommenden fünf Jahre zur Verfügung. Das Ziel: Die Entwicklung intelligenter Lasersysteme, die eines Tages die Zündung von Fusionsreaktionen in Zukunftskraftwerken ermöglichen könnten.

Das Projekt von Ohland, der aus der Forschungsabteilung „Plasmaphysik/PHELIX“ von HFHF-Wissenschaftler Vincent Bagnoud kommt, trägt den klangvollen Titel ALADIN, kurz für „Adaptive Laser Architecture Development and INtegration“. Hinter dem Akronym verbirgt sich ein ambitioniertes Vorhaben: Die Laserarchitektur für die sogenannte Trägheitsfusion soll grundlegend neu gedacht werden. In der Trägheitsfusion wird eine winzige Brennstoffkapsel durch extrem schnelle, hochenergetische Laserpulse so stark verdichtet, dass sich Wasserstoffkerne zu Helium verschmelzen – eine Reaktion, die enorme Energiemengen freisetzt. Doch damit das funktioniert, müssen hunderte Lasersysteme punktgenau und nahezu gleichzeitig feuern – eine enorme Herausforderung, sowohl technologisch als auch steuerungstechnisch.

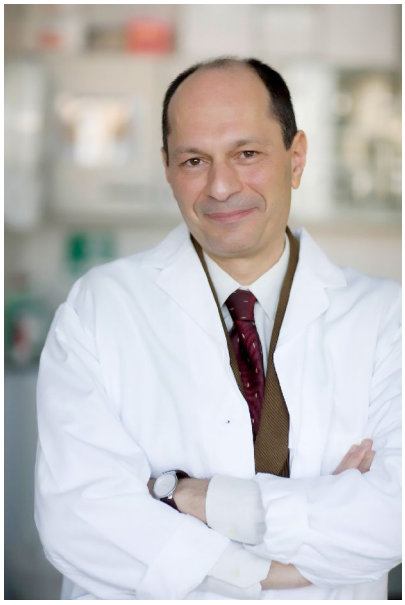
Hier setzt ALADIN an. Das Projekt will eine neue Art von Steuerung entwickeln: sogenannte Adaptive Laserarchitekturen (ALA), bei denen alle wesentlichen Steuerelemente in ein intelligentes System eingebettet sind. Ziel ist es, die manuelle Kontrolle zu minimieren und gleichzeitig die Robustheit und Effizienz der Lasersysteme zu erhöhen. ALA soll nicht nur Einzelkomponenten verbessern, sondern gleich ganze Systemverbünde kontrollierbar machen – eine Schlüsselvoraussetzung für künftige Großanlagen.

Für Ohland ist diese Förderung ein wichtiger Meilenstein. „Mit ALADIN wollen wir die Hochleistungslaser der nächsten Generation robuster und praxistauglicher machen – besonders mit Blick auf die Trägheitsfusion“, sagt er. „Unser Ziel ist es, die Kluft zwischen Forschung und realen Anwendungen in diesem sich schnell entwickelnden Bereich zu überbrücken.“

Auch der HFHF-Wissenschaftler Vincent Bagnoud, Leiter der Forschungsabteilung, hebt hervor, dass nicht nur die Fusionsforschung von den Ergebnissen profitieren wird. Auch wissenschaftliche Großanlagen und die Laserindustrie könnten von adaptiven Steuerungslösungen wie denen, die ALADIN entwickelt, erheblich profitieren – etwa im Betrieb des PHELIX-Systems, des hauseigenen Petawatt-Lasers von GSI.

Die Perspektive reicht dabei über die Forschungsförderung hinaus: Langfristig soll ALADIN in Kooperation mit Industriepartnern wie der Focused Energy GmbH aus Darmstadt sowie weiteren wissenschaftlichen Einrichtungen in eine eigenständige „Community Competence Group“ überführt werden – eine Plattform für offene Forschung, Industriekooperationen und Ausbildung, finanziert über Drittmittel und Lizenzmodelle.

Jonas Ohland bei der Arbeit am Laser Foto: Johannes Hornung, GSI



Marco Durante Foto: GSI

ERC GRANT FÜR MARCO DURANTE

Marco Durante, Leiter der Abteilung Biophysik am GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung und FAIR und Mitglied der Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR, wurde mit einem ERC Advanced Grant des Europäischen Forschungsrats ausgezeichnet. Der Grant zählt zu den renommiertesten Förderinstrumenten für exzellente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Europa und unterstützt in den kommenden fünf Jahren das Forschungsprojekt „HI-FLASH“, das neue Wege in der Krebstherapie mit Schwerionenstrahlung eröffnet.

Im Zentrum des Projekts steht das sogenannte FLASH-Phänomen, bei dem eine extrem schnelle Bestrahlung – innerhalb von weniger als einer Sekunde – zu einer signifikant geringeren Schädigung von gesundem Gewebe führen kann, während gleichzeitig Tumorzellen effektiv zerstört werden. Bisher wurde der Effekt vor allem mit Elektronen- oder Protonenstrahlung untersucht. Im Rahmen von HI-FLASH soll nun zum ersten Mal systematisch getestet werden, ob dieser schonende Effekt auch bei deutlich schwereren Ionen – insbesondere Neon – beobachtet werden kann. Dies wäre ein bedeutender Fortschritt für die Strahlentherapie, insbesondere bei besonders resistenten und schwer zu behandelnden (Hirn-)Tumoren wie Glioblastomen.

Neben dem therapeutischen Potenzial ist das Projekt auch in wissenschaftlicher Hinsicht höchst relevant. Denn um den FLASH-Effekt zu verstehen, müssen die biologischen Mechanismen der Zellschädigung und -reparatur bei extremer Strahlungsdosis untersucht werden – ebenso wie die physikalischen Parameter der Strahlung selbst. HI-FLASH verbindet daher modernste Beschleunigerphysik mit Strahlenbiologie und Medizintechnik. Die geplanten Experimente wären ohne die Infrastruktur bei GSI/FAIR nicht möglich. Dort gibt es derzeit weltweit die einzige Einrichtung, an der FLASH-Experimente mit Ionen schwerer als Kohlenstoff durchgeführt werden können. Insbesondere die hohe Energie und Intensität der Strahlen, die an den bestehenden und künftigen Anlagen verfügbar sind, eröffnen einzigartige experimentelle Möglichkeiten.

Das Projekt konzentriert sich auf die Anwendung bei Hirntumoren, insbesondere Glioblastomen. Ziel ist es, die Wirkung von Ne-Ionen unter FLASH-Bedingungen mit konventionellen Ionen wie Protonen oder Kohlenstoff zu vergleichen. Dabei sollen nicht nur biologische Endpunkte wie Zellüberleben oder DNA-Schäden analysiert werden, sondern auch die makroskopischen Auswirkungen auf Tumorwachstum und Gewebeschädigung. Die Kombination aus präklinischer Forschung, Hochpräzisionsdiagnostik und simulationsgestützter Therapieplanung macht HI-FLASH zu einem interdisziplinären Projekt von hoher gesellschaftlicher Relevanz.

Die Auszeichnung mit dem ERC Advanced Grant würdigt nicht nur die bisherigen wissenschaftlichen Leistungen von Marco Durante, sondern unterstreicht auch die internationale Sichtbarkeit der Forschung, die in Darmstadt im Umfeld von GSI, FAIR und der Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR geleistet wird. Prof. Durante selbst bezeichnet den Grant als außergewöhnliche Chance, die Brücke zwischen physikalischer Grundlagenforschung und konkretem medizinischem Fortschritt weiter auszubauen. Die Helmholtz Forschungsakademie gratuliert herzlich zu dieser verdienten Auszeichnung und blickt gespannt auf die kommenden Entwicklungen im Projekt HI-FLASH.

BRANCO WEISS FELLOWSHIP FÜR TOM REICHERT

Tom Reichert
Foto: Sascha Vogel

Große Auszeichnung für einen herausragenden jungen Wissenschaftler: Dr. Tom Reichert wurde mit dem renommierten Branco Weiss Fellowship – Society in Science ausgezeichnet. Damit zählt er zu einem kleinen Kreis internationaler Forschender, die nicht nur mit exzellenter wissenschaftlicher Leistung überzeugen, sondern auch mit dem Mut, neue Wege zu gehen und gesellschaftlich relevante Fragen auf originelle Weise zu stellen. Die Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR gratuliert sehr herzlich!

Die Forschung von Tom Reichert, ehemaliger Doktorand von HFHF-Direktor Marcus Bleicher, liegt an der Grenze zwischen Theorie und Experiment, zwischen Teilchenphysik und Astrophysik – und genau dort, wo Materie extreme Zustände annimmt: im Quark-Gluon-Plasma. Dieser exotische Zustand entsteht in hochenergetischen Schwerionenkollisionen, wie sie an Großforschungsanlagen wie RHIC, LHC oder künftig FAIR durchgeführt werden. Kurz nach dem Urknall war das gesamte Universum in einem solchen Zustand – Materie bestand nicht aus Protonen und Neutronen, sondern aus einem heißen, dichten Gemisch aus Quarks und Gluonen.

Was Tom Reichert nun besonders interessiert: Wie verhält sich diese Materie, wenn sie in Rotation versetzt wird? Was geschieht, wenn starke Magnetfelder hinzukommen? Und wie können wir das beobachten? Seine Antwort ist ein neuartiger theoretischer Ansatz, der sogenannte Multi-Fluid-Hydrodynamik mit elektromagnetischen Feldern kombiniert – also ein Modell, in dem verschiedene Arten von Flüssigkeiten (z. B. Quark- und Gluonkomponenten) miteinander wechselwirken und gemeinsam ein realistisches Bild des Plasmas zeichnen.

Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Spin-Polarisation – einem Phänomen, das es ermöglicht, mikroskopische Drehimpulse sichtbar zu machen. Wenn in einer Kollision winzige Wirbel entstehen, drehen sich viele der erzeugten Teilchen in eine bevorzugte Richtung. Genau das kann heute in Detektoren gemessen werden – eine neue, sehr empfindliche Observable, um das Verhalten des Quark-Gluon-Plasmas zu untersuchen. Mit seinem Modell will Reichert erklären, wie diese Wirbel entstehen und sich wieder auflösen, und welche Rolle elektrische Ströme und Magnetfelder dabei spielen.

Die Themen sind hochkomplex, die Methoden anspruchsvoll – doch Reichert gelingt es, sie mit Klarheit und Weitblick anzugehen. Dass er sich dabei nicht nur auf die Theorie verlässt, sondern den engen Austausch mit den Experimenten sucht, macht seine Arbeit besonders wertvoll. Gerade an FAIR, wo künftig hochpräzise Daten zur Zustandsgleichung dichter Kernmaterie gewonnen werden, ist seine Perspektive von großer Bedeutung. Seine Forschung schlägt eine Brücke: zwischen den Bedingungen im frühen Universum, wie sie in Kollisionen erzeugt werden, und denen in Neutronensternen oder Kilonovae – den schwersten bekannten Objekten des Kosmos.

Das Branco Weiss Fellowship gibt Reichert nun die Möglichkeit, diese Ideen unabhängig weiterzuentwickeln – mit freier Wahl seiner Forschungsinstitutionen und Partner. In den kommenden Jahren wird er unter anderem am Lawrence Berkeley National Laboratory in Kalifornien forschen.

Dr. Tom Reichert hat bereits mit seiner Doktorarbeit und seiner Auszeichnung mit dem FAIR-GSI Promotionspreis 2024 gezeigt, dass er zu den vielversprechendsten Köpfen der jungen theoretischen Physik gehört. Mit dem Branco Weiss Fellowship erhält er nun den nötigen Raum, um seine Vision einer modernen, gesellschaftlich verankerten Grundlagenforschung weiterzuverfolgen.

Die Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR gratuliert sehr herzlich und freut sich auf die wissenschaftlichen Impulse, die von diesem außergewöhnlichen Projekt ausgehen werden – für FAIR, für die internationale Forschungsgemeinschaft und für unser Verständnis von Materie unter den extremsten Bedingungen.

QCD AT FAIR WORKSHOP 2025: WEICHEN-STELLUNG FÜR DAS HADRONENPROGRAMM

Ende Juni 2025 fand in Aci Castello auf Sizilien der „QCD at FAIR Workshop“ statt – ein Treffen, das für die künftige Hadronenphysik an GSI und FAIR von zentraler Bedeutung ist.

Organisiert von der Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR (HFHF) mit grosszügiger Unterstützung seitens des ExtreMe Matter Institute (EMMI), brachte die Tagung führende Expertinnen und Experten aus Experiment und Theorie zusammen. Ziel war es, das White Paper zum Hadronenphysik-Programm bei FAIR und GSI für die kommenden 10 Jahre zu finalisieren und damit den Grundstein für eine koordinierte, langfristige Forschungsstrategie zu legen.

Das Hadronenprogramm bei FAIR steht für die Erforschung der starken Wechselwirkung unter Einsatz von Protonen- und Pionenstrahlen. Diese eröffnen einzigartige Möglichkeiten, die fundamentalen Mechanismen der Hadronenproduktion und - struktur zu untersuchen. Im Fokus stehen exklusive Reaktionen, Hyperkerne und exotische Zustände der Materie, die auch als Referenz für die Schwerionen- und Kernphysik dienen und damit eine Brücke zwischen den Disziplinen schlagen. FAIR mit seinem neuen SIS100-Beschleuniger wird in den kommenden Jahren die Infrastruktur bereitstellen, um diese Fragen auf eine ganz neue Ebene zu heben.

Das Programm des Workshops war ebenso vielfältig wie hochkarätig. Plenarvorträge gaben einen Überblick über aktuelle Kapitel des White Papers, Break-out-Sessions erlaubten vertiefte Diskussionen zu Spezialthemen. Ein besonderer Schwerpunkt lag auf Hyperkernen und Hyperonen, die eine Schlüsselrolle im Verständnis der dichten Materie spielen. Auch Themen wie die Zustandsgleichung von Neutronensternen, Kaon- und Pionenstrahlen oder neueste Ergebnisse aus internationalen Experimenten (z.B. BESIII/IHEP in China, AMBER/CERN in der Schweiz) standen auf der Agenda.

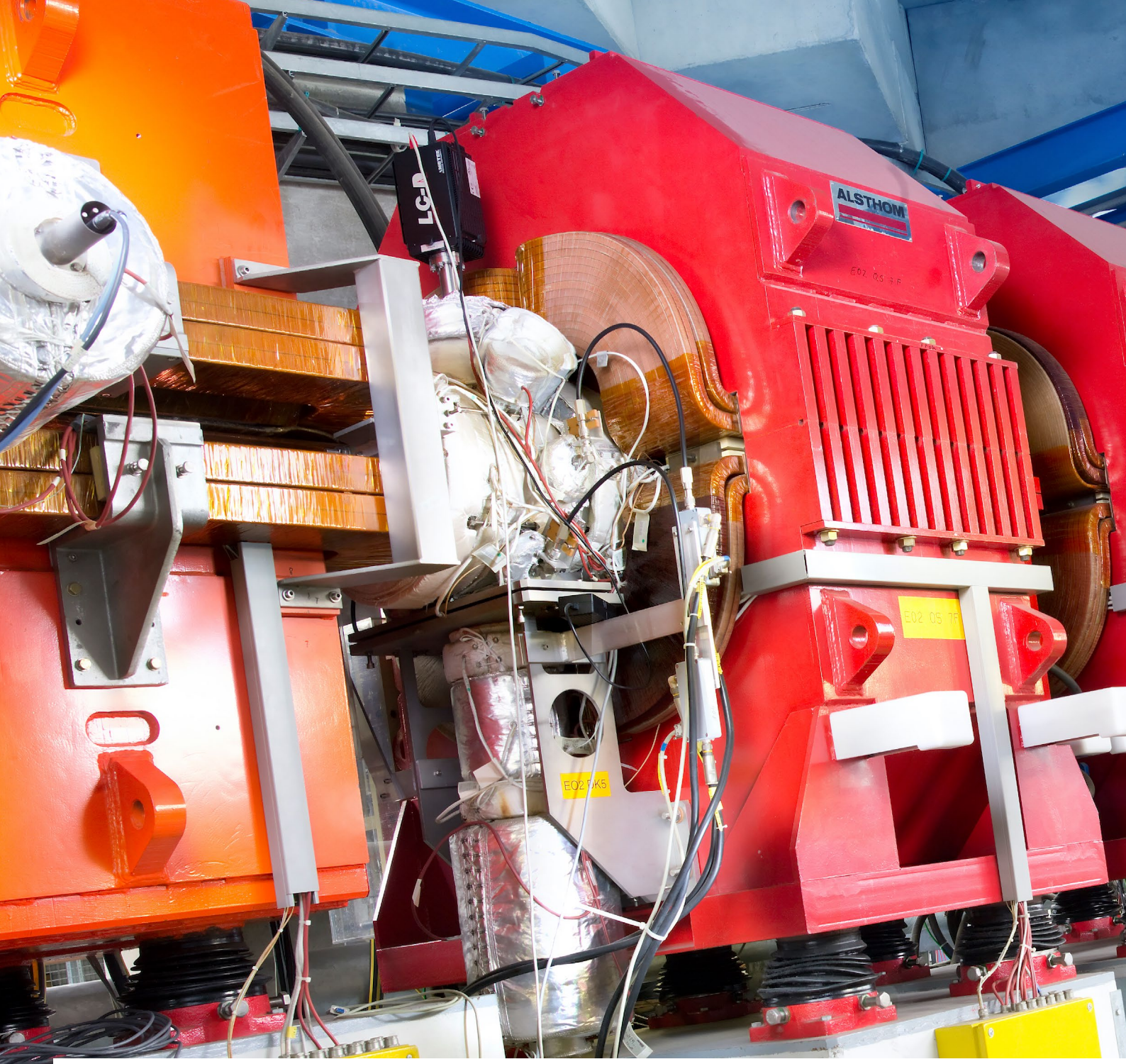
Stark vertreten waren Forscherinnen und Forscher aus der Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR (HFHF). So hat der Wissenschaftliche Koordinator der HFHF, Frank Nerling, den Workshop organisiert und wichtige Inputs zum Hadronenprogramm geliefert. Marcus Bleicher, Elena Bratkovskaya, Christian Fischer, Tetyana Galatyuk, Joachim Stroth und Christoph Blume leiteten Sitzungen, präsentierten zentrale Beiträge und prägten die Diskussionen entscheidend. Damit wurde einmal mehr deutlich, dass die hessischen Standorte Darmstadt, Frankfurt und Gießen wissenschaftlich tonangebend sind, wenn es um die Entwicklung des FAIR-Hadronenprogramms geht.

Das White Paper, das aus dieser Serie von Workshops hervorgeht, wird als gemeinsames Referenzdokument dienen – wissenschaftlich breit abgestützt, international anschlussfähig und strategisch wegweisend. Damit ist es mehr als eine Momentaufnahme: Es markiert den Fahrplan für die kommenden Jahre, in denen FAIR von einer Baustelle zu einem global führenden Forschungszentrum heranwachsen wird.

Die Resonanz auf den Workshop zeigt, dass die Community die Chance erkannt hat, die sich mit FAIR bietet. Durch die enge Verbindung von Theorie und Experiment, durch internationale Kollaborationen und die starke Einbindung der HFHF-Forschenden entsteht ein Physikprogramm zur Erforschung der Starken Wechselwirkung, das nicht nur die Hadron-, Kern-, Schwerionen- und (Nukleare) Astrophysik interdisziplinär verknüpft, sondern auch über Europa hinaus Strahlkraft entfalten wird. Damit wird FAIR nicht nur zum Ort für bahnbrechende Experimente, sondern auch zu einem Motor für die Nachwuchsförderung und die interdisziplinäre Vernetzung im Feld der Starken Wechselwirkung.

Der QCD at FAIR Workshop 2025 war hierfür ein entscheidender Meilenstein. Er demonstrierte, wie eng verknüpft die Arbeit der hessischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit der internationalen Gemeinschaft ist – und wie zentral ihre Beiträge für das Hadronenprogramm von FAIR sind. Mit der Fertigstellung des White Papers ist nun der Weg für eine Dekade spannender Forschung geebnet, die unser Verständnis der fundamentalen Bausteine der Materie maßgeblich vertiefen wird.

Gruppenfoto QCD at FAIR Foto: Frank Nerling



IMPRESSUM

Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR
Außenstelle vom GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH
Max-von-Laue-Str. 12 . 60438 Frankfurt am Main
+49 69-79 84 78 61 . www.hfhf-hessen.de . www.gsi.de

Verantwortlich: Priv.-Doz. Dr. habil. Frank Nerling . Gestaltung: designstübchen, Osnabrück
Druck: GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH

© Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR . Oktober 2025

ESR
Foto: Jan Hosan / GSI