

Ausgabe Nr. 17

target



Dezember 2018



ESA und FAIR schließen Kooperation

Die Europäische Weltraumorganisation ESA und FAIR wollen künftig eng bei der Erforschung kosmischer Strahlen zusammenarbeiten. Mehr über ihre Auswirkungen auf Menschen, Elektronik und Material zu erfahren, gehört zu den entscheidenden Fragestellungen in der astronautischen und der robotischen Raumfahrt.

■ **Lesen Sie mehr auf Seite 2**



Liebe Leserinnen und Leser,

das Erreichen der strategischen Ziele von GSI und FAIR schreitet insgesamt konzentriert voran. Neben der wissenschaftlichen Attraktivität von GSI und FAIR gibt es beim FAIR-Bauprojekt entscheidende Fortschritte. Nach der sehr guten Entwicklung des nördlichen Baubereichs steht als nächster großer Schritt die Ausschreibung des Baubereichs Süd an.

Zahlreiche Komponenten für die Anlage sind bereits in der Herstellung oder soweit fertiggestellt, dass sie umfangreichen Funktionstests unterzogen werden können. Dazu haben wir zahlreiche Kooperationen mit unseren Partnern im In- und Ausland geschlossen.

Die bestehende Beschleunigeranlage wurde in den vergangenen zwei Jahren für ihre zukünftige Rolle als Vorbeschleuniger für FAIR vorbereitet und umfangreichen Verbesserungsmaßnahmen unterzogen. Die nächste Nutzung im Rahmen von wissenschaftlichen Experimenten ist nun für das nächste Jahr geplant.

Unsere Forschung liefert währenddessen weiterhin exzellente Ergebnisse, wie die hochkarätigen Veröffentlichungen zeigen, über die wir Sie auch dieses Mal in unserem Magazin informieren möchten.

Viel Spaß beim Lesen wünscht

Paolo Giubellino
Wissenschaftlicher Geschäftsführer
von FAIR und GSI
im Namen der Geschäftsführung

ESA und FAIR schließen Kooperation zur Erforschung kosmischer Strahlung

Mehr über die Auswirkungen von kosmischer Strahlung auf Menschen, Elektronik und Material zu erfahren, gehört zu den entscheidenden Fragestellungen der Zukunft in der astronautischen, aber auch der robotischen Raumfahrt. Die genauere Erforschung ist eine der zentralen Aufgaben zum effektiven Schutz von Astronauten und Raumfahrtssystemen. Um dies zu erreichen, werden die Europäische Weltraumorganisation ESA und FAIR künftig eng zusammenarbeiten. Eine entsprechende Kooperationsvereinbarung haben die beiden Partner auf dem GSI- und FAIR-Campus in Darmstadt unterzeichnet.

ESA-Generaldirektor Professor Johann-Dietrich Wörner und die FAIR-Geschäftsführung, bestehend aus dem Wissenschaftlichen Geschäftsführer Professor Paolo Giubellino, der Administrativen Geschäftsführerin Ursula Weyrich sowie dem Technischen Geschäftsführer Jörg Blaurock, besiegelten mit der Vereinbarung eine internationale Kooperation, die weitreichende Perspektiven für neue wissenschaftliche Erkenntnisse bietet. Strahlung ist ein limitierender Faktor beispielsweise für astronautische Missionen zum Mond

und zum Mars, wie auch für wissenschaftliche Missionen in die Tiefen des Weltraums. Ebenfalls anwesend war ESA-Astronaut Thomas Reiter, einer der Initiatoren der Kooperation.

Einmalige Forschungsmöglichkeiten

„Die Kooperation von FAIR und ESA eröffnet einmalige Möglichkeiten für exzellente Forschung im Bereich der kosmischen Strahlung und ihrer Auswirkungen“, sagte Professor Paolo Giubellino. „FAIR wird eine weltweit einzigartige Einrichtung sein. Mit ihr können Forscherinnen und Forscher die Vielfalt des Universums gleichsam ins Labor holen, um fundamentale Fragen wie die Entstehung der chemischen Elemente im Kosmos zu untersuchen, aber auch, um Erkenntnisse über die Wirkung von Strahlen in Zellen und Festkörpern zu gewinnen und Anwendungen zum Beispiel in der Biophysik und der Materialforschung voranzutreiben. Wir freuen uns sehr auf die vertiefte Zusammenarbeit mit der ESA.“

Professor Johann-Dietrich Wörner unterstrich ebenfalls die Bedeutung der neuen Kooperation zwischen den bei-



Außerhalb der schützenden Erdatmosphäre und des Erdmagnetfelds sind Astronauten und Satelliten kosmischer Strahlung ausgesetzt, im Bild der Erdbeobachtungssatellit Sentinel 3.



V.l.n.r.: Technischer Geschäftsführer von GSI/FAIR Jörg Blaurock, Wissenschaftlicher Geschäftsführer von GSI/FAIR Professor Paolo Giubellino, ESA-Generaldirektor Professor Johann-Dietrich Wörner, Administrative Geschäftsführerin von GSI/FAIR Ursula Weyrich, ESA-Astronaut Thomas Reiter.

den internationalen Einrichtungen: „GSI ist die einzige Einrichtung in Europa, die in der Lage ist, hochenergetische schwere Kerne zu simulieren, die in der kosmischen Strahlung vorkommen. Mit FAIR werden bald Experimente mit einem noch größeren Spektrum an Teilchenenergien und -intensitäten möglich sein. Diese Reproduktion der kosmischen Strahlenumgebung kann uns in vielen Bereichen unterstützen, von der Materialforschung für Satellitenmissionen bis zur Radiobiologie, die sich mit den Auswirkungen der kosmischen Strahlung auf den menschlichen Organismus befasst und eine wichtige Vorbereitung für langfristig geplante astronautische Missionen zum Mond und darüber hinaus ist.“

Außerhalb der schützenden Erdatmosphäre und des Erdmagnetfelds sind Astronauten, Satelliten und Raumsonden kosmischer Strahlung ausgesetzt. Eine wesentliche Komponente der kosmischen Strahlung sind schnelle Teil-

chen, die bei Sternexplosionen ins All geschleudert oder von der Sonne und von fernen Galaxien ausgesendet werden. Wie wirkt sich die Strahlung bei einem langen Raumflug, etwa zum Mars, auf Menschen und Raumfahrzeuge aus? Was passiert mit der sensiblen Elektronik an Bord? Welche Materialien eignen sich in welcher Stärke als Schutzschild zur Abschirmung? Lassen sich gezielt strahlenresistente Materialien und elektronische Bauteile entwickeln? Das sind einige grundlegende Fragen, die entscheidend für die Umsetzung solcher Raumfahrtmissionen sind, damit Menschen und Materialien im Weltall die bestmöglichen Bedingungen erhalten und Gesundheitsrisiken minimiert werden.

Am Beschleunigerzentrum FAIR kann künftig Teilchenstrahlung, wie sie im Weltall herrscht, erzeugt und den Wissenschaftlern für ihre Experimente zur Verfügung gestellt werden. Sie können

beispielsweise untersuchen, wie sich Zellen und menschliches Erbgut unter kosmischer Strahlung verändern oder geschädigt werden und wie gut Mikrochips die extremen Bedingungen im Weltall aushalten.

Zu den zentralen Punkten, die in der Kooperationsvereinbarung zwischen ESA und FAIR festgehalten sind, gehören die Forschungsfelder Strahlenbiologie, elektronische Komponenten, Materialforschung, Abschirmmaterialien und Kalibrierung von Instrumenten. Dazu werden die künftige FAIR-Anlage sowie die bestehenden GSI-Beschleunigereinrichtungen genutzt, die mit wichtigen Upgrade-Maßnahmen verbessert und für ihren späteren Einsatz als Vorbeschleuniger für FAIR vorbereitet worden sind. Außerdem haben die beiden Partner Zusammenarbeit bei Technologie- und Software-Entwicklungen vereinbart sowie weitere gemeinsame Aktivitäten etwa im Innovationsmanagement.

Vielfalt an Strahlenuntersuchungen

Die neue Kooperation baut dabei auf einer seit Jahren sehr erfolgreichen und verlässlichen Basis der Zusammenarbeit zwischen ESA und GSI in mehreren Forschungsprojekten auf. So läuft beispielsweise seit 2008 das Forschungsprojekt IBER (Investigations into Biological Effects of Radiation). Das Projekt ermöglicht Forschergruppen, an den bestehenden GSI-Beschleunigeranlagen biologische Effekte von Weltraumstrahlung zu untersuchen.

Bereits die Beschleunigeranlage von GSI ist die einzige in Europa, mit der alle in unserem Sonnensystem auftretenden Ionenstrahlen – vom Wasserstoff, dem leichtesten, bis zum Uran, dem schwersten – hergestellt werden können. Am künftigen Beschleunigerzentrum FAIR werden die Möglichkeiten noch erheblich erweitert: FAIR wird mit seinem Herzstück, dem 1100 Meter umfassenden Beschleunigerring SIS100, Experimente mit einem noch größeren Spektrum an Teilchenenergien und -intensitäten erlauben und die Zusammensetzung der kosmischen Strahlung so genau simulieren können wie keine andere Beschleunigeranlage.

Hinter den grundlegenden Forschungsfragen stehen komplexe Beziehungen, Strahlung ist nicht gleich Strahlung. Je nachdem, welche Teilchen mit welchen

Energien wie lange auf Raumfahrzeug und Insassen wirken, können ganz unterschiedliche Effekte auftreten. Außerdem gibt es die sekundäre, durch Wechselwirkungen mit Materie – etwa beim Auftreffen auf einen Schutzschild – veränderte kosmische Strahlung, die ganz andere Auswirkungen haben und biologisches Gewebe oder empfindliche Elektronik sogar mehr schädigen kann als die ursprüngliche kosmische Strahlung.

Optimierte Instrumente, Vorteile für Missionsplanung

Ziel der neuen Kooperation ist es, solche komplexen Zusammenhänge zu konkretisieren und noch fundierter zu erforschen. Die neuen Erkenntnisse können beispielsweise helfen, empfindliche Instrumente speziell für den Gebrauch im Weltraum anzupassen. Auch für das ESA-Satellitenkontrollzentrum ESOC in Darmstadt

sind solche Forschungen interessant. Dort werden Satellitenmissionen gesteuert und deren Flugbahnen berechnet. Für die Missionsplanung sind detaillierte Erkenntnisse über Strahlenquellen und -wirkungen hilfreich, um Flugvarianten zu wählen, bei denen die Gesamtbelastung mit Strahlung gering ist. Sowohl FAIR als auch ESOC freuen sich sehr auf die Möglichkeiten einer erweiterten Zusammenarbeit zwischen den beiden Darmstädter Institutionen, die dazu beitragen, die Stadt als international etablierte Wissenschaftsstadt weiter zu stärken. ■



Professor Paolo Giubellino, Wissenschaftlicher Geschäftsführer von FAIR und GSI (links) und ESA-Generaldirektor Professor Johann-Dietrich Wörner präsentieren die Kooperationsvereinbarung.

Physik zum Frühstück – Saturday Morning Physics bei FAIR und GSI



Es ist eine Erfolgsgeschichte mit Tradition und diesmal zugleich ein Jubiläum: Bereits zum 20. Mal hatten gut 260 Oberstufenschüler aus ganz Hessen die Gelegenheit, einen Einblick in die aktuelle

des GSI- und FAIR-Campus, außerdem konnten sie sich über den Bau der internationalen Beschleunigeranlage FAIR informieren. Zu Beginn gab es traditionell ein gemeinsames kleines Frühstück. Die

physikalische Forschung bei FAIR und GSI zu erhalten. Bei Rundgängen durch die Forschungsanlagen erkundeten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Teilchenbeschleuniger und Experimente auf

Veranstaltungsreihe „Saturday Morning Physics“ ist ein Projekt der Physikalischen Fakultät der TU Darmstadt. Sie findet jährlich statt und hat zum Ziel, das Interesse junger Menschen an Physik zu stärken. In Vorträgen und Experimenten an sechs aufeinanderfolgenden Samstagen erfahren die Schüler Aktuelles aus der physikalischen Forschung an der Universität. Wer an allen sechs Veranstaltungen teilnimmt, erhält das „Saturday Morning Physics“-Diplom. Der Besuch bei FAIR und GSI findet als Exkursion innerhalb der Reihe statt. GSI zählt bereits seit dem Start der Veranstaltungsreihe zu den Sponsoren und Unterstützern dieses Projektes. ■

■ Magnete im Kalttest: Erste Quadrupoleinheiten für großen FAIR-Ringbeschleuniger geprüft



Serientesteinrichtung für supraleitende Magnete am Joint Institute for Nuclear Research (JINR) in Dubna für die beiden Beschleunigerzentren FAIR und NICA.

Hunderte von leistungsstarken Magneten sind nötig, um die Teilchen im künftigen Beschleuniger FAIR in einem präzisen Strahl bei nahezu Lichtgeschwindigkeit zu führen. Ganz unterschiedliche Arten und Systeme von Magneten werden dafür verwendet. Dazu gehören auch Quadrupol-Magneteinheiten, die im großen Ringbeschleuniger SIS100 eingesetzt und von Russland als wichtiger Sachbeitrag zum FAIR-Projekt hergestellt und getestet werden. Die beiden ersten (FoS, First of Series) der 168 Quadrupoleinheiten wurden im vergangenen Jahr gefertigt und erfolgreich den Kalttests bis nahe an den absoluten Nullpunkt (kryogenes Testen) unterzogen. Damit ist ein weiterer wichtiger Schritt in der Entwicklung und Errichtung des SIS100 erfolgt.

Die tonnenschweren Quadrupoleinheiten bestehen jeweils aus einem supraleitenden Quadrupolmagnet, kombiniert in verschiedenen Zusammensetzungen mit supraleitenden Sextupol- und Steerer-Magneten (Korrekturmagneten). Supraleitung bedeutet, dass der Strom, anders als in den üblichen Kupferkabeln, ohne jeglichen elektrischen Widerstand fließt. Um Supraleitung herzustellen, werden die Einheiten im Betrieb auf 4,5 Kelvin (das entspricht 4,5 Grad Celsius über dem absoluten Nullpunkt bei rund minus 273 Grad) abgekühlt.

Bei den Leistungstests während der Abnahme in Russland zeigten die Quadrupolmagnete ein einwandfreies Verhalten im schnellen Pulsbetrieb mit 23 000

Ampere pro Sekunde bis deutlich über den angestrebten maximalen Betriebsstrom von etwa 12 000 Ampere. Erste Auswertungen der gemessenen Magnetfelder weisen auf eine ausreichend gute Qualität hin, die im Rahmen der definierten Anforderungen liegt.

Mit der Abnahme und dem Versand der FoS-Einheiten an FAIR wird die Freigabe der Serienfertigung angestrebt. Die beiden Einheiten durchlaufen bei GSI einen ersten Integrationstest und werden dabei gemeinsam mit weiteren Einbauten auf einem Trägersystem montiert.

Für die Durchführung der Kalttests der Serieneinheiten wurde in den vergangenen vier Jahren gemeinsam von GSI und dem Joint Institute for Nuclear Research (JINR) eine leistungsfähige Testanlage in Dubna, Russland, errichtet. Sie dient dem Testen supraleitender Magnete für die beiden künftigen Beschleunigerzentren FAIR und NICA (Nuclotron-based Ion Collider Facility), die derzeit in Darmstadt bei GSI und in Dubna am JINR entstehen. Die Anlage wird gemeinschaftlich für die Magnete des NICA-Projektes und die FAIR-Magnete des SIS100 verwendet werden. ■



Kalttest an der neuen Testeinrichtung im russischen Dubna. Wegen des besonderen Designs der Quadrupoleinheiten musste eigens ein spezielles Kühlgerät, der Testkryostat (blau), entwickelt und gefertigt werden.

Umspannanlage auf dem FAIR-Baufeld geht in Betrieb



Umspannanlage Nord auf dem FAIR-Baufeld.

Dieses Jahr wurde die erste von zwei Umspannanlagen auf dem Baufeld der zukünftigen FAIR-Beschleunigeranlage in Funktion genommen. Damit ging die erste Anlage auf dem FAIR-Gelände in Betrieb. Sie ist für die Energieversorgung des bestehenden Ringbeschleunigers SIS18 und des zukünftigen Ring-

beschleunigers SIS100 zuständig. Die Transformatoren waren im Herbst 2017 auf dem FAIR-Baufeld angeliefert, abschließend installiert und planmäßig in Betrieb genommen worden.

In der Umspannanlage FAIR Nord wurden zwei Transformatoren zu GSI durchge-

schaltet, die nun Teile von GSI mit Strom versorgen. Zuvor war GSI ausschließlich über die Umspannanlage an der Leonhardstanne versorgt worden. Die neuen Transformatoren werden in Zukunft eine leistungsgesteigerte Pulslastversorgung ermöglichen, die für den Betrieb der Teilchenbeschleuniger SIS18 und SIS100 benötigt wird.

Die 110-Kilovolt-Hochspannung, die über erdverlegte Hochspannungskabel bei GSI und FAIR ankommt, wird von den neuen Transformatoren auf 20 Kilovolt umgewandelt, so dass der Strom bedarfsgerecht zu den Verbrauchern auf dem Campus geliefert wird.

Die zweite Umspannanlage FAIR Süd ist im Juli 2018 ebenfalls in Betrieb gegangen und hat die Stromversorgung für die Baustelle übernommen. ■

Besuch in Aserbaidschan: Wissenschaftliche Zusammenarbeit soll intensiviert werden

Perspektiven und Möglichkeiten der künftigen Zusammenarbeit standen im Mittelpunkt eines Besuchs des wissenschaftlichen Geschäftsführers von FAIR und GSI, Professor Paolo Giubellino, in der Republik Aserbaidschan. Ziel ist, den wissenschaftlichen Austausch von deutschen und aserbaidischen Forschern zu intensivieren. Zur Förderung der wissenschaftlichen und technologischen Kooperationen zwischen FAIR und aserbaidischen Forschungseinrichtungen wurde in der Hauptstadt

Baku am Kaspischen Meer ein „Memorandum of Understanding (MoU)“ als Grundsatzerklärung unterzeichnet.

Paolo Giubellino führte sehr produktive Gespräche unter anderem mit Minister Ramin Guluzade vom Ministerium für Transport, Kommunikation und Hochtechnologie (MTCHT) der Republik Aserbaidschan und Professor Abel Maharramov, Rektor der Staatliche Universität Baku (BSU), einer der größten Hochschulen des Landes. Außerdem

informierte er sich bei seinem Besuch über aktuelle Forschungen und Infrastrukturen in Aserbaidschan.

Das „Memorandum of Understanding“ sieht eine wissenschaftliche und technologische Zusammenarbeit sowie gemeinsa-

me Projekte von Wissenschaftlern von BSU, MTCHT und FAIR vor. Festgehalten wurden unter anderem Möglichkeiten zur Zusammenarbeit und zum Wissensaustausch, etwa Seminare, Symposien und Wissenschaftstreffen, aber auch die Förderung der Kooperation durch gemeinsame Forschungsprojekte und Austauschaktivitäten von Professoren und Wissenschaftlern, vor allem Nachwuchsforschern und Studenten. Die Aktivitäten werden von Professor Paolo Giubellino und Dr. Anar Rustamov, stellvertretender Direktor am Institut für physikalische Fragestellungen an der BSU, koordiniert.

Universitätsrektor Abel Maharramov unterstrich die Bedeutung einer Zusammenarbeit bei Wissenschaft und Technologie, durch die die Verbindungen zwischen den wissenschaftlichen Communities beider Länder gestärkt werden. Minister Ramin Guluzade kündigte zudem an, man werde eine Roadmap für einen möglichen Beitritt Aserbaidschans zur internationalen FAIR GmbH entwickeln. ■



In feierlichem Rahmen wurde das „Memorandum of Understanding“ in Baku unterzeichnet.

Delegation aus Thailand informiert sich über FAIR und GSI



Gruppenbild der thailändischen Delegation.

Eine 15 Teilnehmer umfassende hochrangige Delegation aus Thailand besuchte im Sommer die Anlagen von FAIR- und GSI. Zu der Gruppe gehörten unter anderem Professor Soranit Siltharm, Staatssekretär des thailändischen Ministeriums für Wissenschaft und Technologie, und Professor Sara-

wut Sujitjorn, Direktor des Synchrotron Light Research Institute (SLRI) in Nakhon Ratchasima, Thailand.

Professor Paolo Giubellino, wissenschaftlicher Geschäftsführer von FAIR und GSI, begrüßte die Teilnehmer und informierte sie über die Forschungsak-

tivitäten. Im Anschluss gab Jörg Blau-rock, Technischer Geschäftsführer von FAIR und GSI, einen Überblick über das FAIR-Projekt und den Baufortschritt, der mit einer Busrundfahrt über die FAIR-Baustelle vertieft wurde.

In weiteren Gesprächen erfuhren die Gäste mehr über die biophysikalische Forschung und das Studentenprogramm GET_involved. In einem Rundgang besuchten die thailändischen Gäste die bestehende Forschungsanlage: Im Hauptkontrollraum konnten sie die Inbetriebnahme des Beschleunigers beobachten. Des Weiteren besuchten sie den Experimentierspeicherring ESR, den Therapieplatz zur Behandlung von Tumoren mit Kohlenstoffionen sowie den Großdetektor HADES. Im besonders energieeffizienten Hochleistungs-Computerzentrum Green IT Cube erfuhren sie mehr über die Datenverarbeitung von FAIR und GSI. ■

„Ich hätte mir kein schöneres Praktikum wünschen können“ – Lilly Schönherr erhält Preis für Praktikumsbericht

Für ihren hervorragenden Praktikumsbericht hat Lilly Schönherr einen Preis vom Arbeitskreis Schule Wirtschaft Osthessen erhalten. Lilly Schönherr ist Schülerin der neunten Klasse an der Geschwister-Scholl-Schule in Rodgau. Sie absolvierte ein zweiwöchiges Betriebspraktikum in der GSI-Forschungsabteilung „Atomphysik“. Mit ihrem Preis für den zweitbesten Praktikumsbericht im Gymnasium, Sekundarstufe I, ist sie somit auch für die nächsthöhere Bewertungsebene (Osthessen) qualifiziert. Die Übergabe der Auszeichnung fand im Juni 2018 in der Sparkasse Langen-Seligenstadt statt. Neben den Preisträgern erhielten bei der Siegerehrung auch die betreuenden Lehrkräfte und die Praktikumsbetriebe eine Dankesurkunde.

Das Praktikum von Lilly Schönherr wurde von Dr. Wolfgang Quint und seinem Team aus der GSI-Atomphysik betreut. Sie war hauptsächlich an den Experimenten ARTEMIS und HILITE der Ionenfalle HITRAP tätig, die an den Experimentierspeicherring ESR angeschlossen

ist. Während ihrer Arbeit konnte Lilly unter anderem Detektoren einbauen, Vakuum-Bauteile auf ihre Dichtigkeit prüfen oder ein thermisches Schild mit einer mehrschichtigen Folie ausstatten. Auch Fräsen in der Werkstatt, die Arbeit mit elektronischen Bauteilen und das Design von mechanischen Komponenten mit einem CAD-Programm gehörten dazu. Lilly möchte Physikerin werden und zieht in ihrem Praktikumsbericht das Fazit: „Ich hätte mir kein schöneres Praktikum wünschen können.“

Zum Arbeitskreis Schule Wirtschaft Osthessen gehören die sechs Unterarbeitskreise Schlüchtern, Gelnhausen, Hanau, Offenbach Stadt und Offenbach Land-



Zu den Aufgaben während Lilly Schönherrs Praktikum in der Atomphysik gehörte auch das Fräsen von Bauteilen in der Werkstatt.

kreis Ost und West. Die Geschwister-Scholl-Schule gehört zum Arbeitskreis Offenbach Ost. Der Wettbewerb wird in sechs Schulformen durchgeführt. Eine Jury aus regionalen Repräsentanten von Schulen und Betrieben bewertet die Berichte nach ihrer formalen Struktur, ihrem Inhalt, ihrer Gestaltung und Originalität und nach dem Gesamteindruck. Die Gewinner der jeweiligen Schulformen erhalten Preise, die von Sponsoren zur Verfügung gestellt werden, sowie ein Siegerzertifikat. ■

„FAIR ist ein Grund zu kommen“ – Dr. Alexandre Obertelli erhält Humboldt-Proffessur an der TU Darmstadt



Dr. Alexandre Obertelli ist der erste Humboldt-Professor in Hessen.

Die Technische Universität Darmstadt hat erstmals eine Alexander von Humboldt-Professur erhalten; es ist dies zugleich die erste im Land Hessen. Als Humboldt-Professor soll Dr. Alexandre Obertelli den Bereich der Physik der seltenen Isotope zu einem weltweit herausragenden Forschungsstandort ausbauen. Zudem soll Obertelli die Entwicklung der FAIR-Teilchenbeschleunigeranlage bei GSI mitprägen, die derzeit in Bau ist. Der von der TU Darmstadt nominierte Kernphysiker zählt zu den insgesamt fünf Wissenschaftlern aus dem Ausland, die in diesem Jahr für den höchstdotierten internationalen Forschungspreis Deutschlands ausgewählt worden sind.

„Die internationale FAIR-Beschleunigeranlage mit ihren einzigartigen Experimentiermöglichkeiten für Forscherinnen und Forscher aus der ganzen Welt ist einer der Gründe für mein Kommen“, erklärt Obertelli. „Ich freue mich darauf, an FAIR zu arbeiten und durch meine Forschung zu den wissenschaftlichen Ergebnissen beizutragen. Dies wird auch die Kooperation zwischen der TU Darmstadt und FAIR stärken, und somit die Wissenschaftsstadt Darmstadt als Forschungsstandort weiter etablieren.“

Mit der Alexander von Humboldt-Professur, die mit jeweils bis zu fünf Millionen Euro dotiert ist, werden weltweit

führende und bislang im Ausland tätige Forscher aller Disziplinen ausgezeichnet. Sie sollen langfristig zukunftsweisende Forschung an deutschen Hochschulen durchführen. Die Auszeichnung wird von der Alexander von Humboldt-Stiftung vergeben und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert.

Die Humboldt-Professur eröffnet deutschen Hochschulen die Chance, Spitzenkräften international konkurrenzfähige Rahmenbedingungen zu bieten und ihr eigenes Profil im weltweiten Wettbewerb zu schärfen. Der Preis beinhaltet zugleich die Verpflichtung, den neuen Humboldt-Professoren eine langfristige Perspektive für ihre Forschungen in Deutschland zu bieten. Bislang wurden insgesamt 68 Wissenschaftler, darunter zwölf Frauen, auf eine Humboldt-Professur berufen, um mit dem Preis aus dem Ausland nach Deutschland zu wechseln.

Der in Frankreich geborene Wissenschaftler Obertelli war zuletzt als Senior Researcher am Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (IRFU) des Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) in Paris-Saclay, Frankreich, tätig. Zwischenzeitlich forschte er am National Superconducting Cyclotron Laboratory (NSCL) der Michigan State University, USA, und am Forschungsinstitut RIKEN in Japan. Für seine

Arbeiten wurde er unter anderem mit einem ERC Starting Grant sowie einem ERC Consolidator Grant des Europäischen Forschungsrats ausgezeichnet. Er ist Mitglied in Programmbeiräten von verschiedenen renommierten Forschungseinrichtungen wie dem CERN in der Schweiz, sowie dem Research Center for Nuclear Physics (RCNP) und dem RIKEN in Japan. Im Zusammenhang mit FAIR und GSI hat Obertelli bereits einige konkrete Projektvorschläge zur Erweiterung der wissenschaftlichen Reichweite der R3B- und HISPEC-Experimente, die zu NUSTAR (Nuclear Structure, Astrophysics and Reactions), einer der vier experimentellen Säulen der Forschung an FAIR, gehören.

Wie sind die chemischen Elemente, die Bausteine unserer Welt, einst entstanden? Welche Prozesse stecken dahinter? Im Zusammenhang mit diesen grundlegenden Fragen der Kern- und Atomphysik untersucht Alexandre Obertelli sogenannte exotische Kerne, Atomkerne mit im Verhältnis übergroßer Protonen- oder Neutronenanzahl. Sie sind in der Kernphysik bislang weitgehend unerforscht. Ein tieferes Verständnis ihrer Eigenschaften könnte unter anderem Aufschluss über die Elemententwicklung im Universum geben, da neutronenreiche Atomkerne eine zentrale Rolle bei der Entstehung von schweren Elementen haben. Obertelli leitete in diesem Zusammenhang experimentelle Untersuchungen zu Reaktionen und Strukturen von exotischen Kernen, die heute als Benchmark in der Kernphysik gelten. Daneben hat er etwa neue spektroskopische Messverfahren zur Charakterisierung extrem neutronenreicher Isotope entwickelt und implementiert, deren Weiterentwicklung bei FAIR eingesetzt werden soll. Im Rahmen seiner Humboldt-Professur plant er neue Projekte zur Erweiterung der R3B-Anlage anzugehen, um neue Forschungsmöglichkeiten mit exotischen Ionenstrahlen bei FAIR zu eröffnen, wie etwa zum Studium von neutronenreichen Hyperkernen, oder zur Erforschung der Eigenschaften von neutronenreicher Kernmaterie wie sie in Neutronensternen vorkommt. ■

■ Zum 38. Mal Summer Student Program bei FAIR und GSI

36 Studierende aus 24 Ländern nahmen dieses Jahr am Summer Student Program bei GSI und FAIR teil. Während ihres achtwöchigen Aufenthalts auf dem Campus arbeiteten die Nachwuchswissenschaftler jeweils an einem eigenen Forschungsprojekt, lernten dabei die Experimente und Forschungsbereiche von GSI und FAIR kennen und erlebten den Arbeitsalltag an einem Beschleunigerinstitut.

Von Plasmaphysik über Tumorthera- pie bis hin zur Kern- und Astrophysik: Jeder Sommerstudierende arbeitete an einer Fragestellung aus dem echten Forschungsbetrieb. Im Mittelpunkt standen Entwicklungen und Tests von technischen und experimentellen Komponenten für die FAIR-Beschleunigeranlage, die gerade bei GSI gebaut wird, und deren zukünftige Experimente.

Aber auch das Knüpfen von Kontakten und der internationale Austausch kamen durch Grillpartys, ein Fußball-Turnier und Unternehmungen in der Region nicht zu kurz. In begleitenden Vorlesungen wurden das breite Forschungsspektrum von GSI und FAIR und die dabei erzielten wissenschaftlichen Resultate vorgestellt.

Für viele Studierende, die vor allem aus europäischen Ländern, aber auch aus Asien oder Mittelamerika kommen, ist



Teilnehmer des Summer Student Program.

das Summer Student Program der erste Schritt zu einer Master- oder Doktorarbeit bei GSI und FAIR. Das Summer Student Program, das bereits zum 38. Mal stattfand, wird gemeinsam mit der Doktorandenschule HGS-HiRe organisiert. ■

■ Masterclass 2018 – Einen Tag lang Teilchenphysiker sein

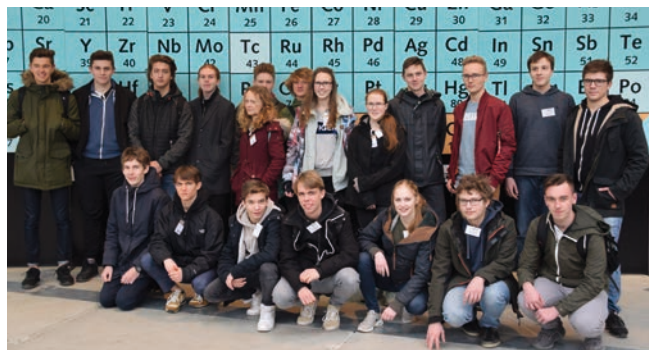
Dieses Jahr fand zum achten Mal die International Masterclass bei FAIR und GSI statt. 20 Oberstufenschüler waren eingeladen, für einen Tag in die Rolle des Wissenschaftlers zu schlüpfen und Daten des ALICE-Experiments am Beschleuniger LHC des CERN in Genf zu analysieren. GSI hat von Anfang an eine führende Rolle beim Bau und beim wissenschaftlichen Programm von ALICE gespielt.

Die Jugendlichen waren aufgerufen, Daten des ALICE-Experiments auszuwerten

und zu interpretieren. Unter fachgerechter Anleitung von Wissenschaftlern analysierten sie eigenhändig aktuelle Daten, die in Proton-Proton-Kollisionen und in Kollisionen von Blei-Atomkernen aufgenommen wurden. Bei den Blei-Kollisionen entsteht für sehr kurze Zeit ein sogenanntes Quark-Gluon-Plasma – ein Materiezustand, der im Universum kurz nach dem Urknall vorhanden war. Dieses Plasma wandelt sich in Bruchteilen von Sekunden wieder in normale Materie um. Die dabei produzierten Teilchen geben Aufschluss über die Eigenschaften des Quark-Gluon-Plasmas.

außerdem das Großexperiment HADES, eines der laufenden Experimente an der GSI-Beschleunigeranlage, das auch ein Teil des zukünftigen FAIR-Beschleunigers werden wird. Danach starteten sie mit der Datenanalyse.

Grundidee des Programms ist, dass die Schüler weitgehend selbst wie Forscher arbeiten. Dazu gehört auch eine Videokonferenz zum Abschluss des Tages. In einer Konferenzschaltung mit Schülergruppen aus Frankfurt, Münster und Padua (Italien) sowie dem CERN präsentierten und diskutierten die Jugendlichen ihre Messergebnisse.



Die 20 Teilnehmer der Masterclass 2018 werteten Originaldaten aus dem ALICE-Experiment aus.

Zwei Einführungsvorträge über das Quark-Gluon-Plasma und die Untersuchung von Schwerionenkollisionen am ALICE-Experiment stimmten die Schüler auf die Auswertung ein. Sie besuchten

Dieses Jahr nahmen 215 Universitäten und Forschungsinstitute in 52 Ländern an den International Masterclasses teil. Veranstalter ist die International Particle Physics Outreach Group (IPPOG). Alle Veranstaltungen in Deutschland finden in Zusammenarbeit mit dem Netzwerk Teilchenwelt, dem bundesweiten Netzwerk zur Vermittlung von Teilchenphysik an Jugendliche und Lehrkräfte, statt. Ziel ist es, die Teilchenphysik einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen. ■

■ Magnettests für FAIR: GSI und CERN schließen Kooperationsvertrag

Zahlreiche wichtige Komponenten für die zukünftige Teilchenbeschleunigeranlage FAIR sind derzeit in der Entwicklung und Herstellung. Doch nicht nur die Produktion ist ein entscheidender Schritt, sondern auch das Testen der einzelnen Teile in Bezug auf ihre Qualität. Die Europäische Organisation für Kernforschung CERN in der Schweiz und GSI, wo FAIR derzeit entsteht, haben nun einen Kooperationsvertrag geschlossen, um mehr als 50 tonnen-schwere Magnete vor ihrem Einsatz im supraleitenden Fragmentseparator (Super-FRS), einem Teil der FAIR-Anlage, zuverlässig zu testen.

Im Rahmen der Kollaboration ist eine Testanlage mit drei Magnettestständen errichtet worden. Im Laufe der zweiten Jahreshälfte 2018 sollen die ersten Tests starten. Zunächst werden sogenannte Multipletts, supraleitende Magneteinheiten mit Korrekturlinsen, intensiven

Leistungstests unterzogen und nach hohen Qualitätsstandards auf ihr einwandfreies Verhalten im Betrieb untersucht. Supraleitung bedeutet, dass der Strom, anders als in den üblichen Kupferkabeln, ohne elektrischen Widerstand fließt. Um Supraleitung herzustellen, werden die Einheiten im Betrieb auf minus 270 Grad Celsius abgekühlt.

Die jeweils bis zu 60 Tonnen schweren Multipletts dienen später im Super-FRS von FAIR der Strahlkorrektur, um einen hochpräzisen Teilchenstrahl zu erreichen. In diesem Teil des künftigen Beschleunigerzentrums FAIR geht es um Experimente zur Kernstruktur extrem seltener exotischer Kerne. Dafür werden Ionen der schwersten Elemente zunächst auf ein Hindernis geschossen und durch den Aufprall zertrümmert. Unter den so entstandenen Fragmenten sind auch exotische Kerne, die am Super-FRS den Wissenschaftlern für

ihre Experimente zur Verfügung gestellt werden können. Mit Hilfe des Super-FRS können exotische Kerne bis hin zu Uran bei relativistischen Energien produziert und isotonenrein separiert werden. Da dieser Vorgang nur wenige Hundert Nanosekunden dauert, ermöglicht er den Zugang zu sehr kurzlebigen Kernen.

Die Multipletts, die im italienischen Genua hergestellt wurden, sind ebenso wie das anschließende Testverfahren ein wichtiger Sachbeitrag (Inkind) von GSI zum FAIR-Projekt. GSI ist der deutsche Gesellschafter in der internationalen FAIR GmbH. Alle supraleitenden Magnete, die für den Super-FRS benötigt werden, sollen in der neuen Testanlage am CERN geprüft werden, zunächst die insgesamt 33 Multiplett-Einheiten, danach noch 24 supraleitende Dipolmagnete, die für die Umlenkung des Teilchenstrahls benötigt werden. ■



Die Testanlage für Magnete am CERN wird genutzt, um die Multipletts für den Super-FRS zu testen.

■ Französischer Hochkommissar Yves Bréchet besucht FAIR und GSI

Professor Yves Bréchet, der französische Hochkommissar für Atomenergie, besuchte dieses Jahr die Forschungsanlagen von FAIR und GSI. In einem einführenden Vortrag wurde er vom Wissenschaftlichen Geschäftsführer von FAIR und GSI, Professor Paolo Giubellino, über die laufenden Forschungsaktivitäten an der be-

stehenden Anlage und die Planungen für das FAIR-Projekt informiert.

Im Anschluss erläuterte ihm der Technische Geschäftsführer von FAIR und GSI, Jörg Blaurock, auf einer Rundfahrt über die FAIR-Baustelle den aktuellen Baufortschritt des SIS100-Beschleuni-

gertunnels und der weiteren Baumaßnahmen. In einem Rundgang durch die existierende Beschleunigeranlage besuchte Yves Bréchet des Weiteren die Materialforschung, den Experimentierplatz zur Erzeugung superschwerer Elemente SHIP, den PHELIX-Laser, den Therapieplatz zur Tumorbehand-



Professorin Christina Trautmann, Leiterin der Forschungsabteilung für Materialforschung, zeigte Professor Bréchet ihren Experimentierplatz und erläuterte die Forschungsaktivitäten in der Materialforschung.

lung mit Kohlenstoffionen, den FAIR-Speicherring CRYRING und das Großexperiment R3B, welches einen französischen Beitrag zu FAIR, den sogenannten GLAD-Magnet, beherbergt.

Yves Bréchet ist der wissen-

schaftliche Regierungsberater für die Aufgaben des französischen Kommissariats für Atomenergie und alternative Energien (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, CEA). Die staatliche Einrichtung untersteht den französischen Ministerien für Forschung, Energie, Verteidigung sowie Industrie. Gemeinsam mit dem Nationalen Zentrum für wissenschaftliche Forschung (Centre national de la recherche scientifique, CNRS) hält CEA die Hälfte der französischen Geschäftsanteile an FAIR. ■

■ GSI und FAIR präsentierten sich auf der „Wissenswerte“ in Darmstadt

Spitzenforschung rund um die Physik an Teilchenbeschleunigern präsentierten GSI und FAIR während des Dialogforums „Wissenswerte“ unlängst im Darmstädter Kongresszentrum „Darmstadtium“. An dem Forum, Deutschlands wichtigster Konferenz für Wissenschaftsjournalisten, nahmen mehrere Hundert Fachjournalisten, Wissenschaftskommunikatoren und Forscher teil. GSI und FAIR waren mit Fachbeiträgen im Kongressprogramm, außerdem als Gastgeber einer großen Exkursion sowie als Messeaussteller mit einem eigenen Stand vertreten. Auch das breite Publikum hatte am Nachmittag des zweiten Veranstaltungstages Gelegenheit, den GSI- und FAIR-Stand auf der „Wissenswerte“ zu besuchen.

GSI und FAIR stellten unter anderem die Forschungsmöglichkeiten am derzeit bei GSI entstehenden Beschleunigerzentrum FAIR und das Bauprojekt selbst vor. Auch die bekanntesten Resultate der Wissenschaft bei GSI, zu denen die Entwicklung einer neuartigen Krebstherapie mit Ionen und die Entdeckung von sechs neuen chemischen Elementen des Periodensystems gehören, waren ein Schwerpunkt des Messeauftritts. Die Teilnehmer hatten bei ihrem Standbesuch unter anderem die Möglichkeit, an einem großformatigen Modell selbst die Erzeugung eines Elements zu simulieren und so die Geburtsstunde des bei GSI entdeckten Elements „Darmstadtium“

– namensgebend für den Veranstaltungsort der „Wissenswerte“ – nachzuvollziehen.

Auch im Kongressprogramm der „Wissenswerte“, bei dem das bundesweite Fachpublikum neueste Einblicke in die Forschungspraxis erhält, waren GSI und FAIR präsent: In einem Gespräch berichtete Physiker Dr. Ingo Peter über das Thema „Das Universum im Labor – Mit Beschleunigern zur kosmischen Materie“. Außerdem gab die junge Spitzenforscherin Professorin Tetyana Galatyuk beim „Forum Junger Forscher“ Einblicke in ihre wissenschaftliche Arbeit am Großdetektor HADES bei GSI.

Am dritten Veranstaltungstag schließlich waren GSI und FAIR Gastgeber einer Exkursion. Die Exkursionsteilnehmer erwartete ein Rundgang über den Forschungscampus und eine Bustour hinaus auf das 20-Hektar-Baufeld für die neue Beschleunigeranlage FAIR. Das Bauprojekt ist eines der größten Bauvorhaben für die Grundlagenforschung weltweit und derzeit eine der spannendsten Baustellen der Region. Rund 3 000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt werden zukünftig an FAIR in herausragenden Experimenten grundlegend neue Erkenntnisse über den Aufbau der Materie und die Entwicklung des Universums gewinnen. ■



Am Stand von GSI und FAIR konnten die Besucher die Erzeugung eines Elements simulieren.

Erste Veranstaltung bei GSI und FAIR im Rahmen von Netzwerk Teilchenwelt

In diesem Jahr fand die erste Veranstaltung von GSI und FAIR im Rahmen von Netzwerk Teilchenwelt statt. Rund 20 Schüler vom Schuldorf Bergstraße lernten in einer Unterrichtseinheit Grundlagen der Schwerionen- und der Teilchenphysik kennen und machten anschließend einen ganztägigen Ausflug zu GSI und FAIR.

Dort besichtigten sie die Forschungsanlagen und analysierten echte Experimentdaten. Die Mitgliedschaft im Netzwerk Teilchenwelt eröffnet GSI neue Optionen in der Nachwuchsförderung.

GSI ist seit 2017 Mitglied des Netzwerks Teilchenwelt, zu dem insgesamt

30 Standorte gehören. Das Netzwerk Teilchenwelt unterstützt Teilchenphysik-Institute aus ganz Deutschland dabei, Workshops zu den Themen Astro- und Teilchenphysik an Schulen, Schülerlaboren oder Museen für Jugendliche und Lehrkräfte anzubieten. Nun hat der erste zweitägige Workshop

auf dem Campus von GSI und FAIR und im Schuldorf Bergstraße stattgefunden. Ein GSI-Wissenschaftler und zwei GSI-Doktoranden, die sich im Netzwerk Teilchenwelt engagieren, leiteten die Veranstaltung mit Unterstützung der Lehrkraft. Mithilfe von echten Daten aus der Wissenschaft bekamen die Jugendlichen einen Eindruck, wie Forschung an großen Beschleuniger-Experimenten funktioniert. Sie werteten Daten des CERN-Experiments ALICE aus, an dem auch GSI-Forschende beteiligt sind. Bei einem Rundgang durch die Forschungsanlagen von GSI und FAIR konnten sie Teilchenbeschleuniger und Großdetektoren besichtigen.

Seit acht Jahren findet bei GSI und FAIR bereits die International Masterclass statt, bei der ebenfalls echte Experimentdaten ausgewertet werden. Mithilfe von Netzwerk Teilchenwelt soll das Angebot jetzt aber ausgeweitet werden. Weitere Veranstaltungen für Schülerinnen, Schüler und Lehrkräfte sind in Planung. ■



Schuldorf Bergstraße zu Gast auf dem Campus von GSI und FAIR.

Über 40 Mädchen erkunden Forschung und Technik am Girls'Day

Insgesamt 43 Schülerinnen – so viele Mädchen wie noch nie – aus den Klassenstufen 5 bis 9 hatten Anfang des Jahres beim Girls'Day die Gelegenheit, die Arbeit bei FAIR und GSI kennenzulernen. Sie nutzten den Zukunftstag für Mädchen, um einen Einblick in die vielfältigen Tätigkeiten in einer internationalen Forschungseinrichtung zu erhalten, vor allem in Berufe, in denen Frauen bisher eher selten vertreten sind.

Nach der Begrüßung nahmen die Teilnehmerinnen an einem Rundgang durch die Beschleuniger- und Experimentieranlagen auf dem Forschungscampus teil. Anschließend konnten die Schülerinnen in Werkstätten, Technologielaboren und Forschungsabteilungen ganz praktische Erfahrungen in unterschiedlichen technischen und wissenschaftlichen Arbeitsgebieten sammeln. Zahlreiche Abteilungen

hatten sich mit einem speziellen Programm auf den Besuch der Mädchen vorbereitet und kümmerten sich intensiv um die jungen Besucherinnen. So durften die Schülerinnen beispielsweise selbst in der Werkstatt arbeiten, Elektronik löten und mit Beton modellieren. Am Ende blickten die Mädchen auf einen spannenden Tag zurück und konnten sich zudem über viele praktische Ergebnisse freuen. So hatten sie beispielsweise Kerzenhalter hergestellt und Buttons zum Anstecken ge-

fräst, mit flüssigem Stickstoff Eis selbst gemacht, Fahrräder auf ihre vollständige Sicherheitsausrüstung überprüft oder in der Galvanik

kleine Bauteile mit einer Metallschicht überzogen.

Der Girls'Day ist ein bundesweiter Aktionstag. Unternehmen, Betriebe und Hochschulen in ganz Deutschland öffnen an diesem Tag ihre Türen für Schülerinnen ab der 5. Klasse. Die Mädchen lernen dort Ausbildungsberufe und Studiengänge in IT, Handwerk, Naturwissenschaften und Technik kennen, in denen Frauen bisher eher selten tätig sind. ■



Start-up Class 5 Photonics zweifach ausgezeichnet

Class 5 Photonics, eine auf Hochleistungslasersysteme spezialisierte Ausgründung des Helmholtz-Instituts Jena, einer Außenstelle von GSI, und des Deutschen Elektronen-Synchrotrons DESY, hat den diesjährigen PRISM AWARD in der Kategorie Laser gewonnen. Das Lasersystem „Supernova OPCPA“ hat die Jury der prestigeträchtigen Auszeichnung überzeugt. Des Weiteren wurde der „Supernova OPCPA“ mit dem Laser Focus World Innovators Award 2018 in Gold in der Laser-Kategorie ausgezeichnet. Diese Auszeichnung ist eine bedeutende Anerkennung herausragender Produkte der Photonics Industrie und wird jährlich auf der CLEO Konferenz und Messe im US-amerikanischen San Jose (Kalifornien) vergeben.

„Wir sind stolz darauf, diese begehrten Preise gewonnen zu haben, und darauf, dass uns einige der bekanntesten Forschungs- und Entwicklungslabore der Welt als Partner ausgewählt haben“,



V.l.n.r.: Klaus Schmidt, Robert Riedel und Michael Schulz von Class 5 Photonics mit Jeff Nichols von Laser Focus World.

freut sich Robert Riedel, Geschäftsführer und Mitgründer von Class 5 Photonics. „Es ist unser Ziel, mit unseren Produkten der Spitzenforschung die Möglichkeit zu geben, neue Erkenntnisse über Prozesse, Bausteine oder Abhängigkeiten in der Physik, Chemie und Biologie zu erlangen.“

Die PRISM AWARDS sind die weltweit wichtigste Preisverleihung der Laserbranche. Sie werden jedes Jahr auf der Konferenz Photonics West in San Francisco vergeben. In diesem Jahr gab es mehr als 150 Bewerber in insgesamt zehn Kategorien der begehrten Auszeichnung. Mit seinem Laser „Supernova OPCPA“ konnte sich Class 5 Photonics durchsetzen.

Das Spin-off war 2014 gegründet worden. Die Forscher vom Helmholtz-Institut Jena und vom DESY



Klaus Schmidt, Robert Riedel, Michael Schulz und Ivanka Grguras (v.l.n.r.) von Class 5 Photonics bei der Preisverleihung des PRISM AWARD.

entwickeln flexible Hochleistungslaser, die Pulse im Femtosekundenbereich erzeugen. Eine Femtosekunde entspricht einer milliardstel Sekunde. Derart kurze Laserpulse sind von großer Bedeutung für die Wissenschaft, eröffnen aber auch neue innovative Anwendungen, etwa zur 3D-Nanostrukturierung.

Die neuartigen Lasersysteme von Class 5 Photonics werden weltweit in zahlreichen Forschungslaboren eingesetzt. Der „Supernova OPCPA“ ist das Flaggschiffprodukt des Unternehmens und ermöglicht es Wissenschaftlern, ihre Experimente bis zu zehnmal schneller durchzuführen. ■

Lesen Sie ein Interview mit dem Gründer von Class 5 Photonics, Dr. Robert Riedel, auf der nächsten Seite

Gerhard Kraft ist Ehrenpräsident der ERRS



Professor Gerhard Kraft, der ehemalige Leiter der GSI-Abteilung Biophysik, ist zum Ehrenpräsidenten der Europäischen Strahlenforschungsgesellschaft (ERRS) ernannt worden. Kraft ist Initiator der Krebstherapie mit Ionenstrahlen und Begründer der biophysikalischen Forschungsabteilung bei GSI. Er wird mit der Ehrenfunktion für seine besonderen Verdienste vor allem in der Krebsforschung

und der Schwerionentherapie geehrt. Die ERRS ist eine 1959 gegründete europäische Non-Profit-Organisation zur Förderung der Strahlenforschung. Sie dient dem wissenschaftlichen Austausch vor allem auf europäischer Ebene durch persönliche Kontakte und in jährlichen Konferenzen, die auch schon zu Zeiten des kalten Krieges eine transeuropäische Verbindung schufen. ■



INTERVIEW

Der Physiker Dr. Robert Riedel kommt aus dem Forschungsbetrieb. Im Jahr 2014 wagte er mit einer Ausgründung des Deutschen Elektronensynchrotrons DESY und des Helmholtz-Instituts Jena, einer Außenstelle von GSI, den Schritt in die Selbstständigkeit.

Herr Dr. Riedel, gemeinsam mit Dr. Michael Schulz gründeten Sie die Firma Class 5 Photonics? Was verkaufen Sie?

Wir produzieren den ersten Hochleistungs-Femtosekundenlaser. Eine Femtosekunde entspricht 10^{-15} Sekunden, er erzeugt also extrem kurze Lichtpulse. Der Laser zeichnet sich durch hohe Zuverlässigkeit und hohe Leistung aus. Er liefert zwischen zehn und hundert Mal mehr Leistung im Femtosekundenbereich als bisher verfügbare Systeme. So etwas gab es vorher noch nicht, ich würde es einen „game changer“ nennen. Unsere Kunden kommen hauptsächlich aus dem Forschungsbetrieb. Sie können dank der hohen Leistung ihre Experimente sehr viel schneller durchführen. Was vorher Wochen gedauert hat, braucht nun nur noch Stunden.

Was ist das Geheimnis hinter der Technik?

Die Zuverlässigkeit erreichen wir, indem wir industrielle Materialbearbeitungslaser als Pumplaser und damit als Energielieferanten nutzen. Das sind kompakte, robuste Systeme, in der Regel mit Picosekunden-Pulsdauern und Leistungen bis in den Kilowattbereich. Weiterhin nutzen wir transparente nicht-lineare Kristalle in einem neuartigen Verstärkerprinzip. Der Energieüberschuss verlässt den Kristall als optische Strahlung, so dass keine Wärme im Laserverstärker entsteht und höhere Leistungen erzielt werden können. Statt eines traditionellen Laseroszillators erzeugen wir sogenanntes „White Light“. Im Kristall entsteht ein Lichtspektrum, aus dem wir uns dann aussuchen, was verstärkt wird.

Wie lief die Gründung Ihrer Firma ab?

Wir haben während unserer Forschungsarbeit die Nachfrage nach Femtosekundenlasern in der Forschungsgemeinschaft erkannt. Das führte zu unserer Ausgründung, bei der uns DESY und das Helmholtz-Institut Jena – und somit GSI – unterstützt haben. Wir sind im Jahr 2014 mit zwei Personen gestartet und haben eine Förderung von Helmholtz Enterprise eingeworben. Mit der Technologie haben wir mehrere Preise gewonnen, etwa den Prism Award 2018 (Anm. d. Red.: siehe auch Bericht auf Seite 13). Heute sind wir fünf Mitarbeiter,

sind profitabel und tragen uns selbst. Wir erwarten dieses Jahr ca. zwei Millionen Euro Umsatz.

Was unterscheidet die Tätigkeit als selbständiger Unternehmer von der Arbeit im Forschungsbetrieb?

Die Arbeit in der Firma ist sehr spannend auf strategischer Seite. Genauso wie man sich in der Forschungswelt, etwa über Publikationen, platzieren muss, geschieht das auch in der Unternehmerwelt. Es gibt Partner und Konkurrenten. Man hat Zulieferer, arbeitet in Netzwerken und muss seinen Platz finden. Durch das Unternehmertum hat man weitere Verpflichtungen, man trägt verschiedene Hüte: mal den Finanzhut, mal den Sales-Hut, mal den Personalhut. Man erlebt die Bewerbungsgespräche von der anderen Seite des Tisches. Das sind neue Erfahrungen über die wissenschaftliche Karriere hinaus.

Würden Sie den Schritt in die Selbstständigkeit wieder machen?

Ja, ich würde es auf jeden Fall wieder machen. Als Wissenschaftler bringt man in der Regel die nötige Resilienz mit, um so lange gegen die Wand zu laufen, bis sie bricht und man sein Ziel erreicht hat. Natürlich gibt es Höhen und Tiefen und auch Momente, in denen man es bereut. Aber dem steht die Freude gegenüber, wenn man etwas erreicht. Manchmal vermisse ich das Experimentieren. Andererseits stehen Michael Schulz und ich als „Herren der Technologie“ auch noch selbst beim Kunden und installieren die Systeme. So eine Firma ist auch ein Experiment, da kommt keine Langeweile auf.

Haben Sie eine Empfehlung für andere Firmengründer aus der Forschung? Was würden Sie ihnen raten?

Erfolg hängt viel von Glück und richtigem Timing ab. Man sollte nicht zu sehr auf die Risiken, sondern lieber vorwärts schauen. Wenn man als Forscher nur einen Zeitvertrag hat, gibt es oft weniger zu verlieren, als man denkt. Grundsätzlich sollte man immer offen dafür sein, sich Rat von anderen einzuholen. Da muss man auch mal über seinen Schatten springen, Fragen stellen, aktiv kommunizieren. Es gibt viele hochkarätige Berater, die man beispielsweise auf Gründertagen bei Vorträgen oder Veranstaltungen treffen kann. Einfach mal ansprechen und die eigenen Fragen loswerden. Bei uns hat sich auch ein gut durchmischtes Team bewährt. Physiker denken ja oft, sie könnten schon alles, aber irgendwann fehlen einem die Ressourcen. Im Sales-Bereich beispielsweise kann man sich ruhig jemanden holen, der auch schon mal was anderes gesehen hat.

Und womit verbringen Sie Zeit, wenn Sie nicht an Lasern arbeiten? Haben Sie Hobbys?

Neben der Arbeit habe ich es auch noch geschafft, eine Familie zu gründen. Meine Freizeit verbringe ich am liebsten mit meiner Frau und meinen zwei Kindern, das ist das Wichtigste.



Wissenschaftlern gelang die Messung von flüssigem Wasser bei minus 42,6 Grad Celsius.

SPEKTAKULÄRE TIEFSTTEMPERATUR

■ Forscherteam misst flüssiges Wasser bei minus 42,6 Grad

Es ist eine spektakuläre Tiefsttemperatur: Einem Forscherteam um Robert Grisenti von GSI ist es gelungen, flüssiges Wasser weit unterhalb des Gefrierpunkts bei einer Temperatur von minus 42,6 Grad Celsius nachzuweisen. Dies ist ein Ergebnis von Entwicklungsarbeiten für Experimente am künftigen Beschleunigerzentrum FAIR, könnte aber auch große Fortschritte beim Verständnis unseres Klimas bringen.

Zwar ist bekannt, dass reines Wasser in flüssigem Zustand auch weit unter null Grad Celsius vorhanden sein kann, ohne zu gefrieren. Dies hängt von der Probengröße ab. Die schnelle Verdunstungskühlung kleinster Wassertropfchen im Vakuum bietet eine gute Möglichkeit, um unterkühltes Wasser – unterhalb des Gefrierpunkts, aber dennoch flüssig – zu untersuchen. Jedoch ist es schwierig, unter solchen extremen experimentellen Bedingungen einen verlässlichen Wert der Tropfentemperatur zu erhalten. Dieser aber spielt für weitere Untersuchungen eine entscheidende Rolle. Die zuverlässige und exakte Messung der Temperatur des unterkühlten Wassers ist somit eine Herausforderung.

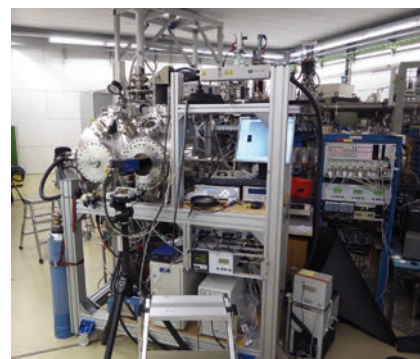
Bei ihren Arbeiten konnten die Forscherinnen und Forscher eine neue Technik mit nie dagewesener Präzision zur Messung der Temperatur kleinster Wassertropfen demonstrieren. Dahinter stand der Ansatz, die Temperatur der Tropfen

über ihren Durchmesser zu bestimmen. Dazu werden warme Wassertropfen, nur wenige Tausendstel Millimeter groß, gleichmäßig und ultrarein, in Form eines gerichteten Flüssigkeitsstrahls in eine Vakuumkammer gesprüht. Die oberen Schichten verdunsten, das Innere kühlt stark ab, die Tröpfchen werden kleiner. Mit optischen Methoden kann diese Größenveränderungen exakt gemessen und anhand der Schrumpfung die Temperatur bestimmt werden. Zentral bei dieser hochpräzisen Messung ist die einzigartige Messinfrastruktur, die bei GSI für die Raman-Spektroskopie verfügbar ist: Die Tröpfchen werden mit einem Laserstrahl beleuchtet, das Spektrum des gestreuten Lichts und seine Form lassen zu, den Tröpfchendurchmesser zu ermitteln.

Das Forscherteam kann dabei auf die jahrelange Expertise bei GSI und des derzeit entstehenden internationalen Beschleunigerzentrums FAIR vor allem bei der Target-Entwicklung für Atom- und Kernphysikexperimente aufbauen. Die Teilchenstrahlen werden in der Beschleunigeranlage zu den Experimentierplätzen gelenkt, wo sie wie auf eine Zielscheibe auf die Materialproben, die Targets, treffen. Auch Targets bestehend aus kleinsten Flüssigkeitsstrahlen müssen für solche Untersuchungen in der Targethalle und in den Experimentierspeicherringen von GSI und FAIR maßgeschneidert entwickelt werden.

Mit FAIR entsteht ein weltweit einzigartiges Beschleunigerzentrum mit großem Erkenntnispotenzial. Die aktuellen Forschungen zum unterkühlten Wasser, die im Rahmen der Target-Entwicklung für FAIR stehen, sind somit zugleich auch ein Beispiel für die Innovationskraft, die in FAIR steckt.

Tropfen von unterkühltem Wasser kommen aber auch natürlich in der oberen Erdatmosphäre vor – in ähnlichen Bedingungen, wie sie jetzt experimentell von dem Forscherteam geschaffen worden sind. Die Arbeit der Wissenschaftler um Robert Grisenti kann deshalb auch das Verständnis der Eisbildung in der Atmosphäre verbessern und damit ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Entwicklung zuverlässigerer Klimamodelle sein. ■



Experimenteller Aufbau bei GSI, mit dem ein Forscherteam flüssiges Wasser weit unterhalb des Gefrierpunkts bei einer Temperatur von minus 42,6 Grad Celsius nachgewiesen hat.

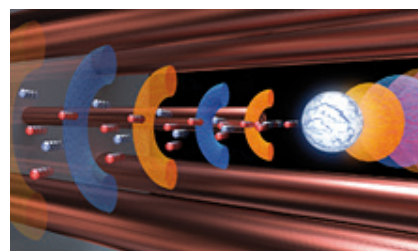
Billard mit Licht – Protonenbeschleunigung mit dem Hochleistungslaser PHELIX

Ein Team unter der Leitung von Physikern der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) in München revolutioniert die lasergetriebene Beschleunigung von Protonen durch winzige Plastikkügelchen. Die erzeugten Protonenstrahlen besitzen einzigartige Eigenschaften, von denen zukünftige Anwendungen profitieren können. Die Experimente wurden am PHELIX-Laser auf dem FAIR/GSI-Campus durchgeführt. Darüber berichten die Forscher in der Fachzeitschrift Nature Communications.

Eine neue Entwicklung in der Beschleunigertechnologie sind lasergetriebene Plasmabeschleuniger. Dabei werden Elektronen oder Protonen mit Hilfe starker Laser nahezu auf Lichtgeschwindigkeit gebracht. Als Quelle für die Proto-

nen dient meist eine dünne Folie, die mit einem starken Laserpuls beschossen wird. Die Forscher haben nun diese Folie durch schwebende Plastikkügelchen ersetzt. Der Durchmesser dieser Kugeln beträgt nur einen Millionstel Meter. Die Mikrokugeln sind so klein, dass man sie weder aufhängen noch aufspießen kann.

Die Forscher ließen die Kugeln mit hoher Präzision schweben. Durch den Aufprall von starken Laserpuls auf die winzigen Plastikkügelchen schleuderten die Forscher Protonen aus den Kügelchen und beschleunigten sie auf nahezu Lichtgeschwindigkeit. Vereinfacht, kann man sich das Experiment wie beim Billardspiel vorstellen, wobei die eine Kugel aus Licht besteht und die andere eine mikroskopisch kleine schwebende Kugel ist. Der



Der Laser kommt von links, trifft auf das in der elektrodynamischen Falle schwebende Plastikkügelchen und beschleunigt hierbei Elektronen und Protonen.

produzierte Protonenstrahl unterscheidet sich grundlegend von den bisher mit Folien erzeugten Strahlen: Er weist eine deutlich geringere Geschwindigkeitsverteilung auf. Die neuen Protonenstrahlen werden Experimente ermöglichen, die früher als undurchführbar galten. ■

Detaillierte Fusion: Die Visualisierung von Clusterbildung in Kernkollisionen

Lässt man Atomkerne miteinander kollidieren, können sie fusionieren und einen neuen Kern bilden. Manchmal ist diese Fusion nur vorübergehend – der neu gebildete Kern befindet sich in einem angeregten Zustand und zerfällt in einen stabilen Zustand oder bricht ganz auseinander. Einen derartigen kurzlebigen Kern nennt man auch einen Pre-Compound-Kern. In einer Veröffentlichung des Fachmagazins Physical Review C beschäftigen sich die beiden Forscher Dr. Bastian Schütrumpf von GSI und Dr. Witold Nazarewicz von der Michigan

State University, USA, mit dem inneren Aufbau solcher Pre-Compounds.

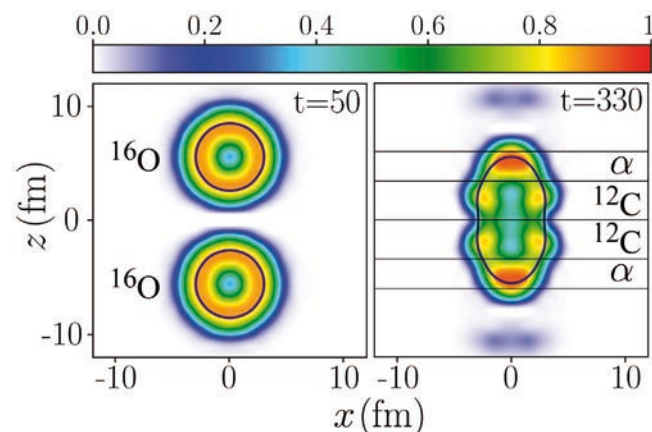
Atomkerne bestehen aus zwei Unterbausteinen, den Protonen und Neutronen. Schütrumpf und Nazarewicz haben ein Modell entwickelt, mit dem das Verhalten der Kernbausteine vorhergesagt und visualisiert werden kann. Die neue Technik zeigt, dass Gruppen von Protonen und Neutronen vorübergehend Cluster bilden, die kleineren, stabilen Kernen innerhalb des größeren, in der Kollision produzierten Kerns entsprechen. Diese Cluster sind

veränderlich und können zwischen verschiedenen Zuständen wechseln.

Die Forscher analysierten Reaktionen verschiedener Kernkollisionen der Elemente Sauerstoff, Kalzium und Kohlenstoff, die, abhängig von der Kollisionsenergie, entweder in einer Fusion oder in einer Spaltung

enden. Die Berechnungen zeigen Cluster, die Helium-4-Kernen, Kohlenstoff-12-Kernen, Magnesium-24-Kernen oder Argon-36-Kernen entsprechen. Beispielsweise bilden zwei Sauerstoff-16-Kerne in ihrer Kollision bei einer Energie von 20 Megaelektronenvolt einen Pre-Compound, in dem zwei Kohlenstoff-12-Cluster gegen zwei Helium-4-Kerne (Alpha-Teilchen) oszillieren.

„Solche flüchtigen Kernzustände kommen häufig in Sternen und anderen Phänomenen im All vor, weshalb sie für die Forscher besonders interessant sind und oft in Kollisionsexperimenten untersucht werden“, erklärt Dr. Bastian Schütrumpf, der als Postdoc in der Forschungsabteilung „Theorie“ bei GSI arbeitet. „Aufgrund vorheriger theoretischer Berechnungen und von Experimenten konnte bereits auf die Clusterbildung in Pre-Compounds geschlossen werden. Bisherige Modelle konnten ihre detaillierte Natur aber nicht darstellen.“ Um dieses Problem zu lösen, verwendeten Schütrumpf und Nazarewicz eine mathematische Methode, die ursprünglich dafür genutzt wurde, Elektronenanordnungen in Atomen und Molekülen zu beschreiben, und wendeten sie auf die Kernbausteine an. ■



Clusterbildung bei der Kollision zweier Sauerstoff-Atomkerne.

Nobelium im Laserlicht – Erfolgreiche Experimente liefern Informationen über Größe und Form des Atomkerns von Element 102

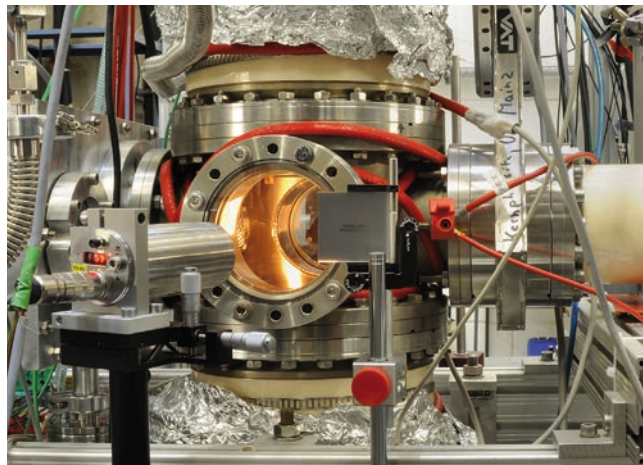
Die Größe und Form künstlich hergestellter Atomkerne mit mehr als 100 Protonen war experimentell bisher nicht direkt zugänglich. Laserspektroskopie ist eine etablierte Technik, um solche Eigenschaften exotischer Atomkerne zu untersuchen. Einem internationalen Forschungsteam unter der Federführung von GSI ist es nun erstmals gelungen, mithilfe von Lasern die optische Anregung von Energieniveaus in der Atomhülle des schweren synthetischen Elements Nobelium mit 102 Protonen im Kern detailliert zu vermessen. Atomkerne der schwersten Elemente können in Kernfusionsreaktionen mithilfe von Beschleunigern in Raten von wenigen Atomen pro Sekunde hergestellt werden. Die erzielten Resultate werden sehr gut durch theoretische Kernmodelle beschrieben, die etwa eine reduzierte Dichte im Zentrum von schweren Atomkernen vorhersagen. Die Ergebnisse sind in der Fachzeitschrift *Physical Review Letters* erschienen.

Atome bestehen aus einem Atomkern und der umgebenden Elektronenhülle. Kernnahe Elektronen durchdringen den Atomkern, sodass sich aus der genauen laserbasierten Vermessung von Energieniveaus in der Hülle die Form und die Größe von Atomkernen bestimmen lassen. Ein Größenunterschied zweier Atomkerne, die sich beispielsweise in der Anzahl der Neutronen unterscheiden, führt zu einer messbaren Verschiebung der Frequenz und entsprechend der Farbe des Laserlichts, mit dem Elektronen im Atom angeregt, also auf höhere Energieniveaus gebracht werden. Bisher konnte diese Methode nur auf Atomkerne leichterer Elemente angewandt werden, die in vergleichsweise hohen Raten hergestellt werden können und zudem eine bekannte Atomstruktur besitzen. Atomkerne von Elementen jenseits von Fermium ($Z=100$) können in geringen Mengen von wenigen Atomen pro Sekunde in Fusionsreaktionen hergestellt werden und existieren meist nur für wenige Sekunden. Ihre atomare Struktur war daher bisher für eine Untersuchung

mit dieser Methode unzugänglich.

Für die Experimente wurden Nobelium-Isotope am Geschwindigkeitsfilter SHIP der GSI-Beschleunigeranlage durch die Fusion von Kalzium-Ionen mit Blei erzeugt und in einer mit Argongas gefüllten Zelle für die laserspektroskopischen Untersuchungen abgestoppt. Die Ergebnisse bauen auf einem vorangegangenen, bei GSI durchgeführten Experiment auf, in dem erstmals atomare Übergänge in Nobelium (No) identifiziert wurden. Das vor etwa 60 Jahren entdeckte Element hat die Ordnungszahl 102. Nun konnten mittels Laserspektroskopie die Nobelium-Isotope No-254, No-253 und No-252, bei denen sich die Anzahl der Neutronen jeweils um eins unterscheidet, untersucht werden. Die verfügbaren Ionenraten am Experiment betrugen im Maximum vier Ionen je Sekunde für No-254 und weniger als ein Ion je Sekunde für das Isotop No-252.

Aus den Messungen der Anregungsfrequenzen für die einzelnen Isotope wurde die Verschiebung der Farbe des zur Anregung benötigten Laserlichts bestimmt, während zusätzlich für das Isotop No-253 die sogenannte Hyperfeinstruktur aufgelöst wurde. In Zusammenarbeit mit Gruppen aus dem Helmholtz-Institut Jena, der Universität Groningen in den Niederlanden und der University of New South Wales in Sydney in Australien wurden theoretische Berechnungen für atomare Eigenschaften im Nobelium durchgeführt, aus denen die Größe und die Form des Atomkerns abgeleitet werden können. Die Resultate bestätigen, dass die Nobelium-Isotope keine Kugelgestalt haben, sondern oval deformiert sind. Die gemessene Änderung der Größen steht



Die gasgefüllte optische Zelle zur Laserspektroskopie an Nobelium-Isotopen: Die Zelle wurde hinter dem Geschwindigkeitsfilter SHIP (links) aufgebaut. Das glühende Filament dient der Freisetzung von Nobelium-Atomen zur Laserspektroskopie.

im Einklang mit kernphysikalischen Berechnungen einer Gruppe von theoretischen Wissenschaftlern von GSI und von der Michigan State University in den USA. Die Berechnungen sagen vorher, dass die schweren Atomkerne nicht massiv sind, sondern eine hohle Struktur durch eine deutlich reduzierte Ladungsdichte im Zentrum des Atomkerns entwickeln.

Mit der laserspektroskopischen Methode können zukünftig weitere schwere Nuklide untersucht werden, um die Änderung der Form und Größe in der Region der schwersten Elemente systematisch zu untersuchen. Solche Messungen sind bisher nur bei GSI möglich und vertiefen das Verständnis des Atom- und Kernaufbaus der schwersten Elemente. Die Ergebnisse spielen auch für die zukünftige Anlage FAIR eine Rolle, die aktuell bei GSI gebaut wird. Die gleichen Techniken und Methoden könnten auch am Niedrigenergiezweig des Super-Fragmentseparators von FAIR Anwendung finden.

Die Experimente wurden durchgeführt von einem internationalen Team von Wissenschaftler von GSI, der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, dem Helmholtz-Institut Mainz, der TU Darmstadt, der KU Leuven (Belgien), der Universität von Liverpool (UK) und TRIUMF (Vancouver, Kanada). ■



Experimentieren im PHELIX-Laserlabor.

HOCHLEISTUNGSLASER

■ Heiße Plasmen und schnelle Ionen: PHELIX feiert 10-jähriges Jubiläum

Der Hochleistungslaser PHELIX bei GSI ist seit zehn Jahren in Betrieb. Wissenschaftler aus aller Welt haben mit PHELIX die weltweit einzigartige Möglichkeit, Laserstrahlen und Ionenstrahlen, die in der bestehenden Beschleunigeranlage produziert werden, in Experimenten miteinander zu kombinieren. So lässt sich beispielsweise Materie im Extremzustand erforschen, wie sie in Sternen oder im Inneren von großen Planeten vorkommt.

PHELIX (Petawatt High-Energy Laser for Ion Experiments) gehört zu den stärksten Lasern weltweit. Er kann Laserpulse mit Energien bis zu 1 000 Joule und Laserpulse mit Leistungen bis zu einem halben Petawatt liefern. Die Leistung ist Trillionen Mal, das heißt Milliarden mal Milliarden Mal, höher als bei einem Laserpointer oder einem Laser in einem CD-Spieler.

PHELIX hat solche Ausmaße, dass er in einem eigenen Gebäude von der Größe eines zweistöckigen Wohnhauses unter Reinraumatmosphäre untergebracht ist. Der Laserstrahl, der einen Durchmesser von 30 Zentimetern besitzt, wird mit Spezial-Spiegeln zum Experimentierplatz geleitet und dort auf einen Punkt fokussiert. Nur etwa alle 90 Minuten kann ein Laserpuls erzeugt werden.

Seit der ersten Inbetriebnahme im Jahr 2008 hat PHELIX insgesamt 115 Be-

triebszeiträume, sogenannte Strahlzeiten, absolviert. Über 100 Experimente wurden dabei erfolgreich durchgeführt, daraus resultieren mehr als 70 wissenschaftliche Publikationen. Die Nachfrage aus den Forschungscommunitys nach Strahlzeit an PHELIX ist seit Jahren groß, regelmäßig wird mehr Strahlzeit angefragt als bedient werden kann. Daher gibt es ein festgelegtes Auswahlverfahren, um Forschergruppen zu ermöglichen, an PHELIX ihre Fragestellungen zu untersuchen. Nach den jeweiligen Aufrufen zur Einreichung von Vorschläge werden diese von einem internationalen Komitee begutachtet und nach wissenschaftlicher Relevanz und Machbarkeit ausgewählt.

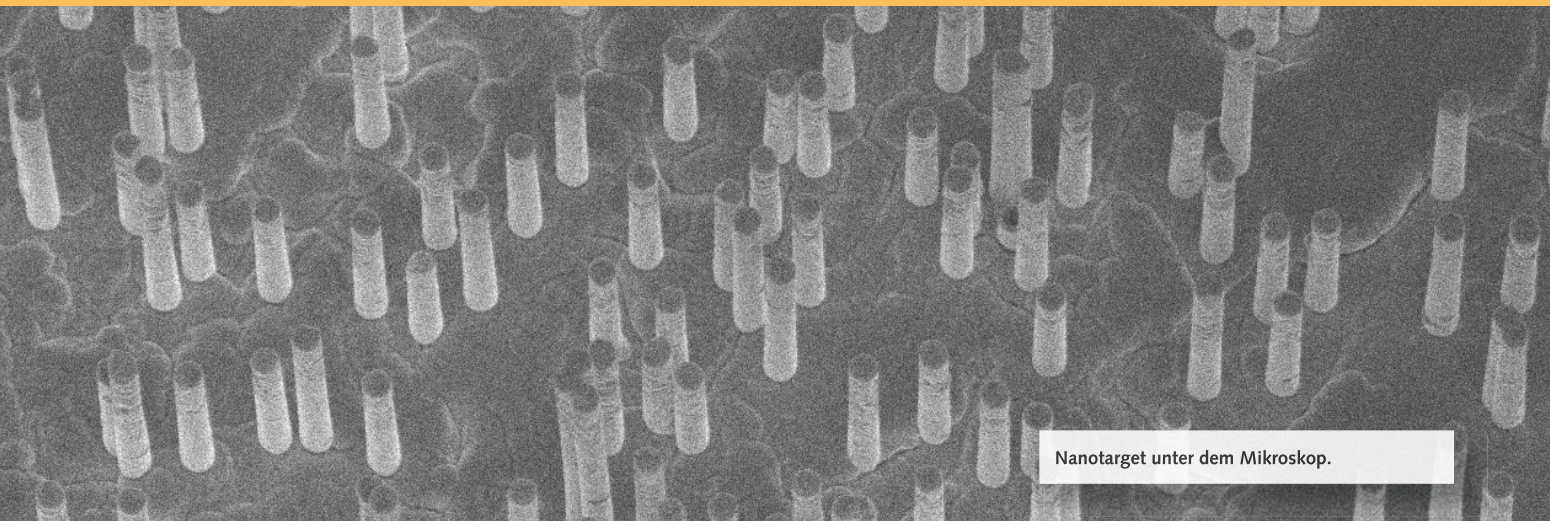
„Mit PHELIX können in Kombination mit der GSI-Beschleunigeranlage für Ionen weltweit einzigartige Experimente durchgeführt werden“, sagt Dr. Vincent Bagnoud, Leiter der Forschungsabteilung „Plasmaphysik/PHELIX“ bei GSI. „Ziel ist es, Materie zu erforschen, wenn sie als sogenanntes Plasma vorliegt. Dabei ist die Atomhülle ganz oder teilweise von den Atomkernen getrennt. Dies ist nur unter Extrembedingungen, das heißt vor allem hohen Temperaturen möglich, wie sie in Sternen oder im Inneren von großen Planeten, zum Beispiel dem Jupiter, vorherrschen.“ Plasma ist einer der vier Aggregatzustände, die Materie

annehmen kann – neben den bekannteren Aggregatzuständen fest, flüssig und gasförmig. Aus dem Alltag sind uns weniger energiereiche Plasmen bekannt, etwa eine Kerzenflamme oder Blitze bei einem Gewitter.

In ihren Experimenten bestrahlen die Forscher Materialproben. Sie können durch den Laserstrahl so stark aufgeheizt werden, dass sich ein Plasma bildet. Nur Bruchteile von Sekunden später können sie mit Ionen beschossen werden. Die Analyse der dabei auftretenden Reaktionen erlaubt es, die Eigenschaften des Plasmas zu erforschen.

Ebenfalls wird die Möglichkeit untersucht, mithilfe des Laserstrahls Ionen zu beschleunigen und sie dann in feststehende konventionelle Beschleunigerstrukturen zu überführen. Die Kombination aus Laser und Ionenbeschleuniger ist in dieser Form einmalig und erlaubt es, besonders kurze Ionenpulse mit hohen Teilchenzahlen zu erzeugen.

Für die Zukunft, insbesondere für die Nutzung an der Beschleunigeranlage FAIR, sind weitere Verbesserungen angedacht: Langfristig streben die Forscher bei der Ionenbeschleunigung mit dem Laser verschiedene Ionensorten, höhere Energien und höhere Intensitäten an. Auch eine Erhöhung der Wiederholrate des Lasers ist geplant. ■



Nanotarget unter dem Mikroskop.

NEUE ZIELSCHEIBEN

■ Laserbeschleunigung dank Kooperation von Materialforschung und Plasmaphysik verbessert

Durch den Einsatz nanostrukturierter Targets können am PHELIX-Laser wesentlich mehr Teilchen auf deutlich höhere Energien beschleunigt werden. Das Experiment führten Forscher von GSI und FAIR, der Goethe-Universität Frankfurt und dem Helmholtz-Institut Jena auf dem GSI/FAIR-Campus durch. Das neuartige Nano-Target wurde in der GSI-Materialforschung hergestellt. Die Ergebnisse sind für die Laser-Beschleunigung ein Fortschritt, bieten aber auch für die zukünftige Plasmaforschung an der Beschleunigeranlage FAIR großes Potential.

Bei GSI und FAIR steht mit PHELIX einer der stärksten Laser der Welt. Durch Fokussierung der gesamten Lichtenergie auf Haaresbreite können Plasmaphysiker Materiezustände bei Bedingungen untersuchen, die mit denen im Inneren von Sternen und Riesenplaneten vergleichbar sind. Es werden aber auch mögliche Anwendungen wie etwa die Laser-Teilchenbeschleunigung getestet. Hierbei schießen die Wissenschaftler auf eine Zielscheibe, das sogenannte Target, und untersuchen, wie der ultrastarke Lichtpuls auf das Material wirkt. Nun wurde erstmals statt eines Targets mit glatter Oberfläche ein Target mit einer Nanodraht-Oberfläche getestet. „Hierbei stehen lange, extrem dünne Nanodrähte nah nebeneinander, ähnlich wie ein dichter Wald aus hohen Baumstämmen, der von oben mit dem Laser be-

schossen wird“, erklärt Paul Neumayer, Plasmaphysiker bei GSI und Leiter des Experiments. Nanotargets sind extrem fragile Strukturen. Bis vor kurzem hätte der Laserpuls sie zerstört, bevor er sie richtig erreicht hätte. Nun konnte der zeitliche Kontrast des PHELIX-Lasers in Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Institut Jena erheblich verbessert werden. Das heißt, dass der Lichtpuls nun zeitlich extrem „sauber“ abgegrenzt ist. So werden die Drähte sofort mit voller Energiedichte getroffen und den Target-Atomen auf einen Schlag die Elektronen entrissen. Dadurch wird ein elektrostatisches Feld erzeugt, das wiederum leichte Teilchen beschleunigen kann.

„Mit dem neuen Target konnten wir 30-mal mehr Teilchen beschleunigen als bei gleichen Bedingungen mit den normalerweise verwendeten glatten Folientargets“, sagt Neumayer. „Und die Energie der beschleunigten Teilchen konnten wir um das zwei- bis 2,5-fache steigern.“ Für diese Verbesserung gibt es zwei Erklärungen. Erstens hat ein Nanotarget eine wesentlich höhere Oberfläche, wodurch die Wechselwirkung des Lasers mit dem Material verstärkt wird. Zweitens kann der Laserpuls in den Zwischenräumen zwischen den Drähten bis tief in die Struktur eindringen. So kann die Laserenergie bei deutlich höheren Dichten deponiert werden, als sie dem Laserlicht sonst zugänglich wären.

Neben der effizienteren Laserbeschleunigung haben die neuen Targets noch einen weiteren Vorteil. Die Röntgen-Emission des heißen Plasmas ist um ein Vielfaches erhöht. „Dies ist nicht nur für die Vermessung von exotischen Plasmen von großem Vorteil, sondern bietet auch bei der Entwicklung intensivster Kurzpuls-Röntgenquellen für zukünftige FAIR-Experimente interessante Perspektiven“, erklärt Neumayer.

Die Nanotargets entwickelte Dimitri Khaghani von der Goethe-Universität in Frankfurt. Er arbeitete dafür eng mit der GSI-Materialforschung zusammen, die seit vielen Jahren Nanodrähte herstellt und erforscht. Nanodrähte wachsen in feinsten Kanälen in Kunststofffolien. Zur Erzeugung der Kanäle werden die Folien mit Schwerionen aus dem Linearbeschleuniger bestrahlt. Die entlang der Ionenbahn erzeugten Schadenszonen werden durch chemische Ätzung in offene Kanäle verwandelt, die anschließend elektrochemisch gefüllt werden. „Mit diesem Verfahren konnten wir Nanodrähte aus verschiedenen Materialien sowie unterschiedlichen Längen und Durchmessern testen, um herauszufinden, wann die Laserbeschleunigung am effizientesten ist“, sagt Khaghani. „Der Synergieeffekt durch die enge Kooperation zwischen Plasmaphysik und Materialforschung auf dem Campus war sicher mitentscheidend für den Erfolg der Experimente.“ ■



Johannes Thielking, Wissenschaftler bei der PTB, mit dem Laseraufbau zur Untersuchung des Thorium-229-Kerns.

OPTISCHE KERNUHR

■ Schwingungen im Atomkern von Thorium-229 sollen als Taktgeber für Atomkernuhr dienen

Exakte Zeitmessungen spielen in unserem Alltag eine bedeutende Rolle. Sie ermöglichen es uns, verlässlich zu navigieren, präzise zu experimentieren und sorgen für einen weltweiten synchronisierten Datenaustausch. Die von einem Forscherteam der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) Braunschweig, der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU), des Helmholtz-Instituts Mainz (HIM) und des GSI durchgeführten Experimente bilden einen entscheidenden Schritt vorwärts zur möglichen Entwicklung einer Kernuhr. Eine solche Kernuhr könnte die Präzision herkömmlicher Atomuhren deutlich übertreffen. Der Kern des Thorium-229 besitzt den einzigen bekannten, für diese Anwendung geeigneten Anregungszustand bei einer Energie, die so außerordentlich tief ist, dass sie für aktuelle optische Techniken, wie sie in Atomuhren verwendet werden, zugänglich ist. In ihren aktuellen Experimenten

geling es den Wissenschaftlern, erstmals grundlegende Eigenschaften dieses Kerns im angeregten, isomeren Zustand zu messen und damit wesentliche Merkmale einzugrenzen. Über ihre Ergebnisse berichten die Forscher im Fachmagazin Nature.

Schon vor etwa 15 Jahren wurde an der PTB in Braunschweig das Konzept einer neuen Atomuhr mit einzigartigen Eigenschaften entwickelt: Taktgeber der Uhr soll nicht eine Übergangsfrequenz zwischen zwei Zuständen in der Elektronenhülle von Atomen sein, wie es bei allen heutigen Atomuhren der Fall ist, sondern eine Übergangsfrequenz im Atomkern. Die Protonen und Neutronen im Atomkern sind um viele Größenordnungen dichter gepackt und fester gebunden, als die Elektronen in der Atomhülle, und damit weniger empfindlich gegen äußere Störungen, die ihre Übergangsfrequenzen ändern könnten; gute Bedingungen also für eine Uhr von hoher Genauigkeit.

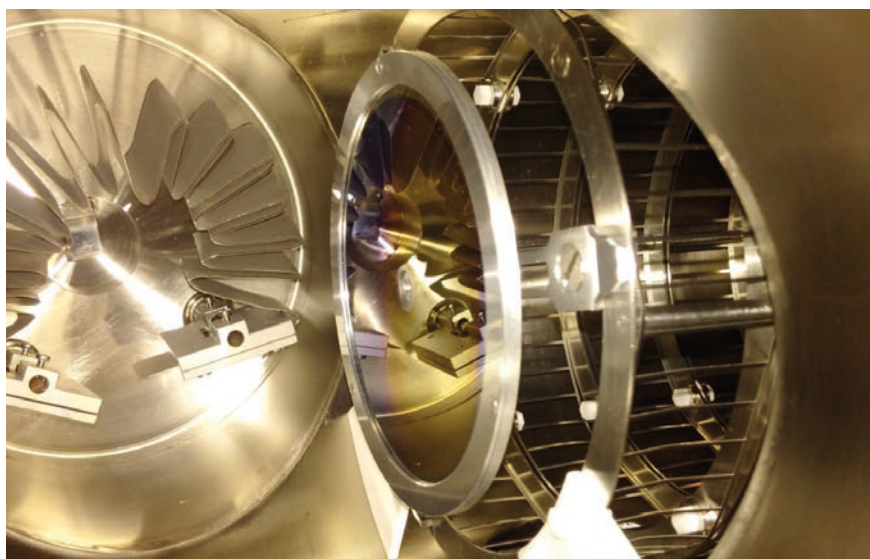
Normalerweise liegen die Frequenzen von Kernübergängen dafür aber auch viel höher als diejenigen von Hüllenübergängen – im Bereich von Röntgenstrahlung – und sie sind daher für Atomuhren, die bisher ausschließlich auf Mikrowellen oder Laserlicht basieren, nicht nutzbar.

Die einzige bekannte Ausnahme, und Grundlage des PTB-Vorschlags, ist der Kern Thorium-229. Dieser besitzt einen quasi-stabilen, sogenannt isomeren Kernzustand bei außerordentlich geringer Anregungsenergie. Damit existiert ein Übergang zwischen dem Grundzustand und diesem Isomer, der im Frequenzbereich von ultraviolett Licht liegt, noch erreichbar mit Lasertechnik wie sie ähnlich auch in heutigen optischen Atomuhren verwendet wird. Mehr als zehn Gruppen weltweit arbeiten derzeit an Forschungsprojekten zur Realisierbarkeit einer Thorium-229-Kernuhr. Dabei erwies sich die Fragestellung experimentell als äußerst schwierig. So ist

es bis heute nicht gelungen, den Kernübergang mit optischen Methoden zu beobachten, da die exakte Anregungsenergie des Isomers bisher nur grob bekannt ist. Wie für die Uhr erwünscht, ist die Resonanz des Übergangs extrem scharf und kann nur beobachtet werden, wenn die Frequenz des Laserlichts exakt zur Energiedifferenz der beiden Zustände passt. Das Problem gleicht damit der sprichwörtlichen Suche nach der Nadel im Heuhaufen.

Eigenschaften des Thorium-229-Kerns im isomeren Zustand vermessen

In einer Kooperation von Wissenschaftlern und Ingenieuren der PTB, der LMU, der JGU, des HIM und des GSI ist jetzt ein wichtiger Durchbruch erzielt worden: Es konnten erstmals grundlegende Eigenschaften wie Größe und Form der Verteilung der Protonen im isomeren Zustand des Th-229-Kerns gemessen werden. Dafür wurden die Th-229-Kerne nicht, wie zukünftig in der Uhr, vom Grundzustand aus mittels Laserlicht angeregt, sondern in einer von der LMU entwickelten Apparatur im angeregten Zustand aus dem Alpha-Zerfall von Uran-233 gewonnen, abgebremst und in einer Ionenfalle als Th^{2+} -Ionen gespeichert. Eine hierfür geeignete Uran-233-Quelle wurde von den Gruppen in Mainz und Darmstadt hergestellt. Dazu wurde Uran-233 chemisch aufgereinigt.



Die an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz hergestellte Uran-233-Quelle (große Scheibe in der Bildmitte) wurde in die Experimentiereinrichtung an der LMU München eingebaut. In der perfekt glatten Oberfläche spiegeln sich Komponenten der Apparatur.

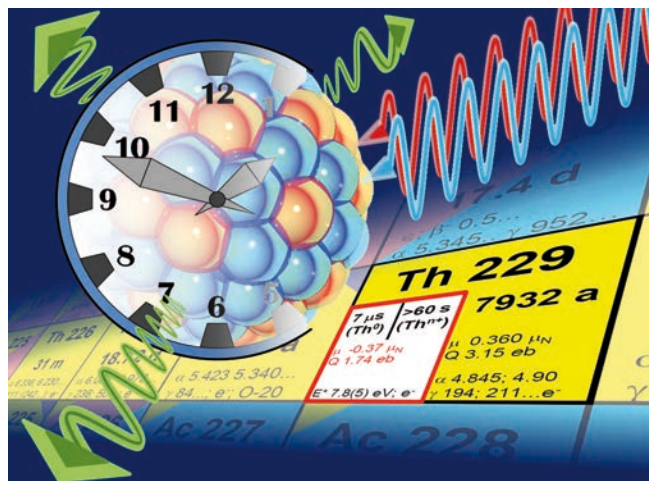
Die Tochterprodukte wurden entfernt, um einen Einfluss auf die Messung zu verhindern. Anschließend wurden in einem elektrochemischen Verfahren passgenaue Quellen als homogene Dünnschicht auf einer Siliziumunterlage für die PTB-Laserexperimente in der LMU-Apparatur abgeschieden. Christoph Düllmann, Professor am Institut für Kernchemie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und Leiter der beteiligten Gruppen an HIM und GSI, sagt: „Unsere Beiträge in diesem interdisziplinären Team aus Physikern und Chemikern

Spektroskopie dieser Ionen an der PTB entwickelt wurden, konnte man Übergangsfrequenzen in der Elektronenhülle der Th^{2+} -Ionen präzise vermessen. Da diese Frequenzen von den Kerneigenschaften direkt beeinflusst werden, lassen sich daraus die Informationen über Eigenschaften des Kerns erhalten. Theoretische Modelle allein waren bisher nicht in der Lage vorherzusagen, wie sich die Struktur des Th-229-Kerns bei diesem ungewöhnlich niederenergetischen Übergang verhält.

zu einem Thema, das die Bereiche der Kernphysik und der Atomphysik verbindet, zeigt, dass kernchemische Expertise für die Bereitstellung geeigneter Proben für Experimente in verschiedensten Gebieten der aktuellen Forschung in Physik und Chemie unerlässlich ist.“

Mit Lasersystemen, die für die

Professor Thomas Stöhlker, stellvertretender Forschungsdirektor und Leiter des Bereichs Atomphysik von GSI, sagt: „Diese phantastischen neuen Ergebnisse sind sehr hilfreich, um in zukünftigen Experimenten an den Speicherringen von GSI und FAIR die Energiebestimmung des Übergangs in Th-229 vorzunehmen und diesen mit hoher Präzision zu vermessen.“ Ferner kann nun die laserspektroskopisch leichter messbare Struktur der Elektronenhülle genutzt werden, um eine Laseranregung des Kerns nachzuweisen. Die Suche nach der optischen Resonanzfrequenz des Th-229-Kerns als der Nadel im Heuhaufen ist damit noch nicht abgeschlossen, aber man weiß nun viel genauer, wie die versteckte Nadel eigentlich aussieht. ■



In der Thorium-basierten Kernuhr soll der Kern durch Laserlicht angeregt werden. Im Hintergrund ist ein Ausschnitt aus der Nuklidkarte um Thorium-229 zu sehen. Der Grundzustand ist mit seiner Halbwertszeit von 7932 Jahren eingetragen.

Radontherapie – Neues Projekt wird mit vier Millionen Euro gefördert



Das Kick-off-Meeting auf dem GSI/FAIR-Campus in Darmstadt markierte den Start des neuen Forschungsprojektes GREWIS alpha zur Radontherapie.

Die entzündungshemmende, therapeutische Wirkung und die Risiken einer Behandlung mit dem Edelgas Radon sind seit einigen Jahren in einem Forschungsprojekt unter Federführung von GSI untersucht worden. Vor Kurzem gab es grünes Licht, damit die Forschungen weitergehen können. Insgesamt vier Millionen Euro stehen dafür in den nächsten vier Jahren bereit. 1,9 Millionen Euro davon fließen zur GSI an die hier arbeitenden Gruppen.

Die Projektförderung kommt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. Das neue Vorhaben heißt GREWIS alpha und ist der Nachfolger des Projekts „Genetische Risiken und entzündungshemmende Wirkung ionisierender Strahlung“ (GREWIS). Das „alpha“ steht für die dichten Alpha-Teilchen, die beim Zerfall von Radon und dessen Tochterkernen emittiert werden. Der Wissenschaftliche Ge-

schäftsführer von GSI und FAIR, Professor Paolo Giubellino, äußerte sich sehr erfreut über die Forschungsförderung: „Die Entscheidung zeigt, dass der reiche Erfahrungsschatz bezüglich der biophysikalischen und biologischen Strahlenforschung hier bei GSI ein sehr zukunftssträchtiges Potenzial ist. Wir werden auch weiterhin derartige Forschung von höchster Qualität betreiben, um grundlegende Erkenntnisse zu gewinnen, aber auch um optimale Behandlungsmöglichkeiten und gezielte Prävention zu ermöglichen. Die Biophysik ist auch ein wichtiger Teil unserer strategischen Langzeitpläne für das künftige Beschleunigerzentrum FAIR.“

Die Gesamtkoordination des Verbundprojekts in Zusammenarbeit mit der TU Darmstadt, der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg liegt bei der Strahlenbiologin Professorin Claudia Fournier aus der Abteilung Biophysik bei GSI. Insgesamt arbeiten sieben Arbeitsgruppen aus vier Institutionen an dem Forschungsprojekt. Projektträger ist das Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Ein Kick-off-Meeting

auf dem GSI/FAIR-Campus in Darmstadt markierte den Start des neuen Projektes. Mehr als 30 Teilnehmerinnen und Teilnehmer von TU Darmstadt (Fachbereich Biologie), Goethe-Universität Frankfurt (Klinik für Strahlentherapie), Universitätsklinikum Erlangen und der GSI-Biophysik sowie Vertreter des KIT waren dabei.

In Heilbädern und -stollen wird das radioaktive Element Radon in Form von Bädern oder Inhalationen zur Therapie vieler Patienten eingesetzt und zeigt Erfolge. Die schmerzlindernden Effekte von niedrigdosierten Radon-Therapien bei Patienten mit schmerzhaften chronischen, entzündlichen Erkrankungen sind seit Jahrhunderten aus Erfahrung bekannt, und zwar sowohl bei Erkrankungen des Bewegungsapparates wie beispielsweise Rheuma und Arthrose als auch bei Erkrankungen der Atemwege und der Haut, etwa Neurodermitis und Schuppenflechte. Doch obwohl mittlerweile davon ausgegangen wird, dass niedrige Strahlendosen chronische Entzündungen abschwächen können, sind die zellulären und molekularen Wirkmechanismen, die der beobachteten Schmerzmilderung insbesondere im Falle einer Radontherapie zugrunde liegen, immer noch weitgehend unbekannt. Deshalb ist es Ziel der GREWIS-Forscher, die potentiell hilfreichen Aspekte, ebenso wie die Risiken niedrig dosierter Radon-Exposition noch genauer zu untersuchen und auf ein solides wissenschaftliches Fundament zu stellen. ■

Testergebnisse für neuartige Beschleunigerstruktur veröffentlicht

In Zusammenarbeit mit GSI haben Physiker und Ingenieure des Helmholtz-Instituts Mainz und der Goethe-Universität Frankfurt erfolgreiche Tests für eine neuartige Beschleunigerstruktur durchgeführt: Ein neues Design für eine supraleitende CH-Kavität (Crossbar H-Mode) wurde mittlerweile mit Ionenstrahl vom GSI-Hochladungsinjektor getestet.

Dies ist ein entscheidender Schritt hin zu dem vorgeschlagenen supraleitenden Dauerstrich-Linearbeschleuniger (oder

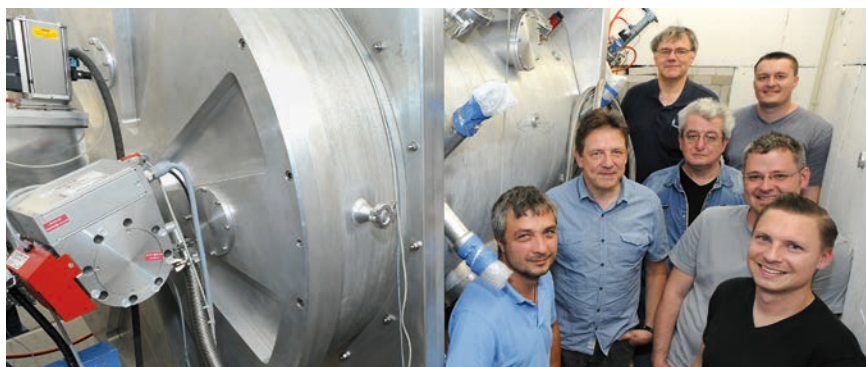
auch cw-Linac), der mit seinem kontinuierlichen Teilchenstrahl neue Möglichkeiten für die Forschung eröffnen kann. Über die Ergebnisse berichten die Forscher nun im Fachjournal *Physical Review Accelerators and Beams*.

Der sogenannte Demonstrator des Dauerstrich-Linacs wurde an einer Testumgebung bei GSI untersucht. Dabei wurden Argon-Ionen in die neuartige Beschleunigungsstruktur injiziert und beschleunigt. Das Testmodul besteht aus einer CH-Ka-

vität, die von zwei supraleitenden Hochfeldmagneten umgeben ist. Dr. Winfried Barth, Leiter des Entwicklungsteams des cw-Linacs, bezeichnet das neue Design der CH-Kavität als zukunftsweisend und fasst den Erfolg des Tests zusammen: „Wir haben mit dem Demonstrator des cw-Linacs die vollständige Teilchenbeschleunigung bis hin zur angestrebten Strahlenergie erreicht. Mit einer Beschleunigungsspannung von vier Megavolt beschleunigte der Demonstrator auf einer Strecke von nur 70 Zentimeter ei-

nen Schwerionenstrahl mit einer Intensität von 1,5 Partikel-Mikroampere auf die Zielenergie.“ Damit sind die Funktion und die Leistungsfähigkeit des neuen Designs der CH-Kavität bestätigt.

Ein kontinuierlicher Teilchenstrahl aus dem vorgeschlagenen Dauerstrich-Linac ist beispielsweise für die Erzeugung und Untersuchung neuer chemischer Elemente interessant, aber auch für Experimente aus dem Bereich der Materialforschung, die von dem kontinuierlichen Strahl des vorgeschlagenen neuen Linac profitieren können. ■



Die Forscher vor dem Demonstrator des Dauerstrich-Linacs. V.l.: Maksym Miski-Oglu, Winfried Barth, Alexander Schnaase, Stephan Yarymyshev, Victor Gettmann, Manuel Heilmann und Florian Dziuba.

■ Simulationen werfen neues Licht auf die Rolle der Myonen in Supernova-Explosionen

Wenn ein Stern explodiert und zu einem Neutronenstern wird, spielen sich auf mikrophysikalischer Ebene komplexe Prozesse ab. Nach neuesten Erkenntnissen muss die Rolle von Myonen in diesen sogenannten Supernovae neu bewertet werden. Die bisher vernachlässigten Elementarteilchen haben einen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Kontraktion zu einem Neutronenstern und damit auf den neutrinogetriebenen Explosionsmechanismus. Dies fanden Wissenschaftler von GSI und FAIR, der TU Darmstadt, des Max-Planck-Instituts für Astrophysik in Garching und der Indiana University in den USA heraus.

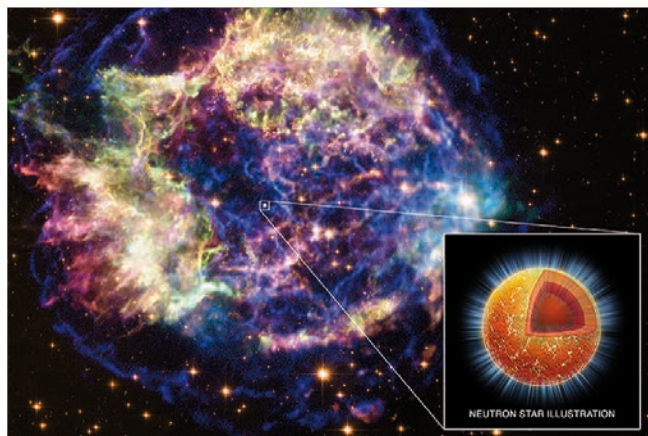
Was geschieht genau, wenn ein Stern explodiert und zu einem Neutronenstern wird? Das untersuchen Forscherinnen und Forscher mit komplexen Modell-

rechnungen. Simulationen von einer neutrinogetriebenen Supernova-Explosion haben nun Hinweise darauf geliefert, dass ein Elementarteilchen bisher zu Unrecht vernachlässigt wurde: das Myon. Dieses Ergebnis wurde im Fachjournal *Physical Review Letters* veröffentlicht.

Myonen wurden bisher in Simulationen von Supernova-Explosionen vernachlässigt, da man davon ausging, dass sie nicht in entscheidenden Mengen produziert würden. In ihrer Publikation zeigen die Wissenschaftler rund um Professor Gabriel Martínez Pinedo, theoretischer Physiker bei GSI/FAIR und der TU Darmstadt, dass die Temperatur und das elektrochemische Potential jedoch eine Produktion von Myonen möglich machen. „Das verändert die Teilchenzusammensetzung in der Stern-

neren des Neutronensterns wirken durch ihre gegenseitige Abstoßung aber der Gravitation entgegen und erzeugen Druck. Nun wandelt sich ein Teil der Elektronen in Myonen um. Da Myonen eine höhere Masse haben als Elektronen, erzeugen sie weniger Gegendruck im Inneren des entstehenden Neutronensterns. Dadurch wird die Kontraktion schneller. Durch die schnellere Kontraktion entsteht mehr Hitze, wodurch wieder mehr Neutrinos produziert und abgestrahlt werden. Das wirkt sich auf den Explosionsmechanismus aus. „Myonen müssen also in den Modellen berücksichtigt werden, weil sie den Explosionsmechanismus von Supernovae beeinflussen“, schlussfolgert Martínez Pinedo.

Theoretische Berechnungen liefern oft wichtige Anhaltspunkte für Experimente im Labor. So auch bei GSI und FAIR: Mit den Teilchenbeschleunigern in Darmstadt kann kosmische Materie im Labor erzeugt werden. Am Großexperiment HADES und am zukünftigen FAIR-Experiment CBM können zum Beispiel Temperaturen und Dichten erreicht werden, wie sie auch bei der Myon-Produktion in einem entstehenden Neutronenstern herrschen. Theoretische Vorhersagen können den Experimentalphysikern eine Orientierung bei der Auswertung ihrer Versuche geben. „Als nächstes planen wir Simulationen, die uns mehr über die Rolle der Pionen verraten sollen“, so Martínez Pinedo über das weitere Vorgehen. „Auch sie könnten eine wichtige Rolle spielen, die noch nicht ganz verstanden ist.“ ■



Supernova-Überrest Cassiopeia A mit entstehendem Neutronenstern.

Deep Learning als neues Werkzeug in der Schwerionenphysik

Deep Learning ist eine Methode des Maschinenlernens, bei der Computermodelle eigenständig mit Beispielen lernen. Wie Wissenschaftler von GSI, der Goethe-Universität und des Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS) in der aktuellen Ausgabe von Nature Communications zeigen, lässt sie sich verwenden, um Daten aus Schwerionenkollisionen, wie sie auch an den GSI-Beschleunigeranlagen und zukünftig an FAIR stattfinden, zu klassifizieren. Ihr Ziel ist es, die Veränderungen in der Teilchenmaterie direkt aus den experimentellen Daten zu bestimmen und damit künftig mehr über die Zustände im frühen Universum und in Neutronensternkollisionen zu erfahren.

„Im Frühjahr 2016 gewann Googles AlphaGo Computer mittels künstlicher Intelligenz gegen einen Profi-Spieler des Strategiespiels Go. Das hat uns so sehr begeistert, dass wir herausfinden wollten, ob auch wir einen Computer so trainieren könnten, dass er uns die Zustandsgleichungen von Teilchenkol-

lisionen in einem Schwerionenphysik-Experiment besser vorhersagen kann“, erklärt Dr. Long-Gang Pang, Erstautor der Studie und ehemals Postdoktorand des FIAS. Seit einigen Monaten arbeitet er an der University of California in Berkeley, USA.

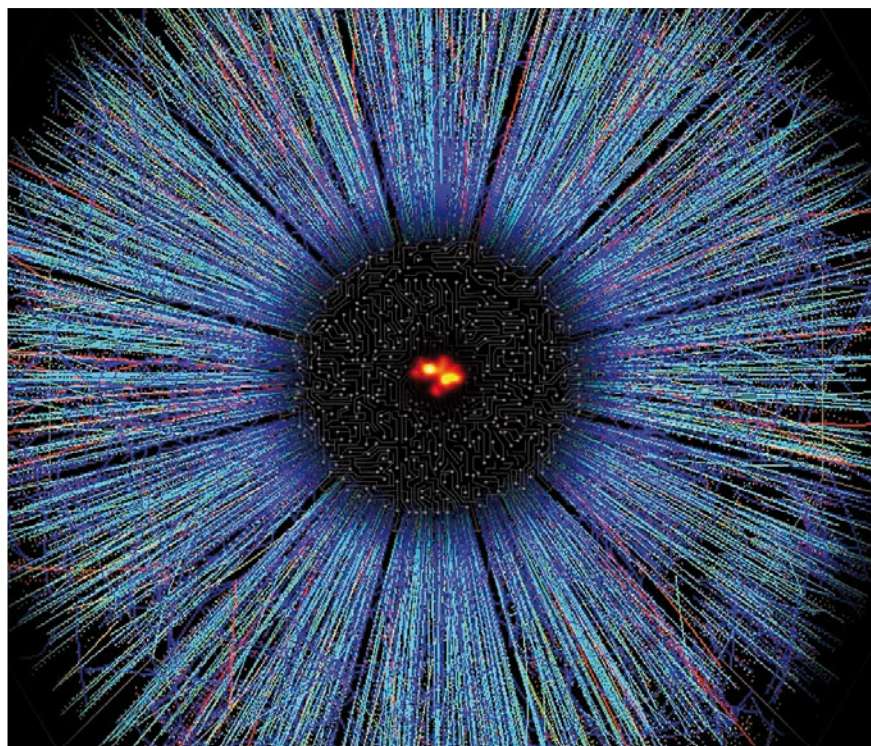
Gegenstand seiner Forschung zusammen mit Dr. Kai Zhou und Dr. Nan Su aus den Arbeitsgruppen von Professor Hannah Petersen und Professor Horst Stöcker, dem ehemaligen wissenschaftlichen Geschäftsführer von GSI, und Professor Wang Xin-Nian (Berkeley, USA) ist die Untersuchung und Vorhersage von Experimenten, bei denen Teilchen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit zusammenprallen. Zu den größten noch offenen Fragen gehört, ob dabei ein spezieller Materiezustand, das Quark-Gluon-Plasma, erzeugt wird, und wie der Übergang zu normaler Materie aussieht. Bisher können einige wichtige Informationen, wie der Druck oder der Übergang zwischen den Zuständen, nicht direkt aus den experimentellen Da-

ten abgelesen werden. Hierfür braucht man komplexe Computermodelle und riesige Rechnerleistungen. Gerade hier kann Deep Learning Prozesse effizienter gestalten und die Datenanalyse deutlich verbessern.

Der Begriff des „Deep Learning“ kam im Laufe der letzten Jahre immer wieder im Zusammenhang mit künstlicher Intelligenz, „Big Data“ oder modernen Analysealgorithmen auf. Inzwischen steckt Deep Learning hinter den meisten Spracherkennungssystemen in Smartphones oder intelligenten Haushaltshelfern, aber auch in der Technologie des autonomen Fahrens. Man versteht darunter eine Methode des Maschinenlernens, bei der Computermodelle eigenständig lernen, Klassifizierungen vorzunehmen. Dazu nehmen sie große Mengen an bekannten Bildern, Text, oder Geräuschen in eine Datenbank auf und vergleichen sie dann mit unbekannten Daten. Die Systeme können sogar aus ihren Fehlern lernen und einige Probleme inzwischen effizienter lösen als Menschen, z.B. das Bestimmen von Objekten auf Bildern.

Am interdisziplinären FIAS arbeiten Neurowissenschaftler schon lange daran, die Prozesse die in unserem Gehirn stattfinden, zu abstrahieren, um daraus künstliche neuronale Netze zu entwickeln. Dazu gehören auch Convolutional Neural Networks (neuronale Faltungsnetzwerke, kurz CNN), welche die Basis für Deep Learning darstellen. Durch die Arbeit der Kollegen am eigenen Institut inspiriert, haben Long-Gang Pang, Kai Zhou und Nan Su ein CNN mit über 20.000 Bildern von simulierten Schwerionenkollisionen trainiert und erfolgreich gezeigt, dass es in Zukunft möglich sein wird, diese Methode zu verwenden, um die Phasenstruktur und andere Ergebnisse direkt aus den experimentellen Daten abzulesen.

Damit die Wissenschaftler ihre Methode auch direkt bei experimentellen Daten anwenden können, liegt noch etwas Arbeit vor ihnen. Hierzu müssen sie unter anderem noch die Feinheiten der Detektoren in ihr Modell mit aufnehmen. ■



Aus Bildern von Schwerionenkollisionen können mittels Deep Learning zukünftig die Phasenstruktur und andere Ergebnisse direkt aus den experimentellen Daten abgelesen werden.

■ Helmholtz-Gemeinschaft nimmt CISPA im Saarland als 19. Forschungszentrum auf



Das CISPA – Helmholtz-Zentrum i.G. wird in Kürze zum Helmholtz-Zentrum für Informationssicherheit – CISPA.

Das Thema Informationssicherheit wird künftig eine deutlich größere Bedeutung in der Helmholtz-Gemeinschaft erhalten. Die Mitgliederversammlung der größten deutschen Forschungsorganisation hat die Aufnahme des Helmholtz-Zentrums für Informationssicherheit – CISPA zum 1. Januar 2019 beschlossen.

„Digitale Information spielt für viele Lebensbereiche eine immer wichtigere Rolle“, sagt Otmar D. Wiestler, Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft. „Die Verarbeitung von Daten und die Erfor-

schung von Datensicherheit sind damit eine große wissenschaftliche und gesellschaftliche Herausforderung, der sich alle Helmholtz-Forschungsbereiche stellen müssen. Ich freue mich sehr, dass wir uns diesem Thema künftig als größte deutsche Forschungsorganisation mit neuer

Schlagkraft widmen können.“

In Abstimmung mit einer Transferkommission hat die derzeitige CISPA – Helmholtz-Zentrum i.G. GmbH im Frühjahr 2018 eine wissenschaftliche Begutachtung erfolgreich durchlaufen. Das war eine entscheidende Voraussetzung für die Aufnahme in die Helmholtz-Gemeinschaft. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie das Saarland und die Helmholtz-Gemeinschaft haben einen soliden finanziellen Rahmen für den Aufbau des neuen Helmholtz-Zentrums geschaffen.

„Wir haben jetzt eine exzellente Basis, um die großen Herausforderungen im Bereich IT-Security anzugehen“, sagt Michael Backes, der CISPA-Gründungsleiter. „Wir freuen uns sehr, künftig ein Zentrum der Helmholtz-Gemeinschaft zu sein. Mit einer klaren wissenschaftlichen und finanziellen Perspektive können wir uns nun den großen Herausforderungen auf diesem Gebiet mit der erforderlichen kritischen Masse an Forschern stellen.“ Beispiele für aktuelle und künftige Forschungsbereiche sieht Backes unter anderem in der Sicherheit und Verlässlichkeit autonomer Verkehrssysteme, in der Entwicklung robuster IT-Infrastrukturen oder der Sicherheit personenbezogener Daten für die biomedizinische Forschung.

Das Saarbrücker Center for IT-Security, Privacy and Accountability (CISPA) ist im Jahr 2011 durch eine Projektfinanzierung des Bundes gegründet und Ende 2017 in die CISPA – Helmholtz-Zentrum i.G. GmbH überführt worden. Derzeit arbeiten dort rund 200 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Ab Januar 2019 wird es als Helmholtz-Zentrum für Informationssicherheit – CISPA Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft sein. ■

■ Helmholtz-Gemeinschaft fördert ATHENA-Projekt mit 29,99 Millionen Euro



ATHENA („Accelerator Technology Helmholtz iNfrAstructure“) heißt eine neue Forschungs- und Entwicklungsplattform für Beschleunigertechnologien, in der sich alle sechs Helmholtz-Beschleunigerzentren (GSI mit seiner Außenstelle, dem Helmholtz-Institut Jena, sowie DESY, Forschungszentrum Jülich, Helmholtz-Zentrum Berlin, Helm-

holtz-Zentrum Dresden-Rossendorf HZDR und KIT) zusammenschließen. Die Helmholtz-Gemeinschaft hat entschieden, dass sie ATHENA als strategische Ausbaumaßnahme mit 29,99 Millionen Euro fördert.

Gemeinsam wollen die Zentren zwei deutsche Leuchtturmprojekte der Beschleunigerforschung auf Grundlage innovativer plasmabasierter Teilchenbeschleuniger und hochmoderner Lasertechnologie aufbauen: bei DESY in Hamburg eine Elektronen- und am HZDR eine Hadronenbeschleunigeranlage. An beiden Anlagen sollen verschiedene Einsatzgebiete entwickelt werden, die von einem kompakten Freie-Elektronen-Laser über neuar-

tige medizinische Anwendungen bis hin zu neuen Einsatzmöglichkeiten in Kern- und Teilchenphysik reichen. Sobald die Nutzungsreife in einem Gebiet erreicht worden ist, könnten neue kompakte Nutzeranlagen in anderen Helmholtz-Zentren, aber auch in Universitäten und Krankenhäusern aufgebaut werden.

Die ATHENA-Arbeiten sind durch die EU-geförderte Designstudie EuPRAXIA mit ihren 40 Partnerinstituten, ebenfalls durch DESY koordiniert, eng in die europäische Forschungslandschaft eingebettet. Damit hat das deutsche Spitzenforschungsprojekt ATHENA von Beginn an auch eine klare europäische Perspektive und Ausrichtung. ■



Installation des neuen Meßaufbaus ECAL am Großdetektor HADES.

HADES 2.0

Verbesserte Teilchendetektion für die Erforschung von Materieformen in verschmelzenden Neutronensternen

In einem großen Umbau wurde ein neuer Messaufbau am HADES-Detektor installiert. Er enthält 16 Tonnen Bleiglas, die es Wissenschaftlern ermöglichen in Zukunft Photonen direkt nachzuweisen, statt wie bisher per Rekonstruktion. Diese Photonen tragen Informationen aus der heißen, dichten Materie, die in Beschleunigerexperimenten entsteht. So helfen die Photonen zu verstehen, was bei der Verschmelzung von Neutronensternen passiert.

Am Experimentierplatz HADES steht ein neuer großer Messaufbau. Das 4,5 Meter hohe und 4,5 Meter breite Elektromagnetische Kalorimeter (ECAL) wurde in den letzten Monaten hinter dem bisherigen Detektor aufgebaut. Für die gut 150 Wissenschaftler, die mit dem HADES-Detektor Materiezustände herstellen, wie sie bei der Verschmelzung von Neutronensternen entsteht, bietet das ECAL ganz neue Möglichkeiten. Vorhersagen von GSI-Wissenschaftlern darüber, dass in der Kollision von Neutronensternen schwere Elemente entstehen, waren in einer Beobachtung der Gravitationswellen-Detektoren LIGO und Virgo bestätigt worden. Mithilfe von HADES können Eigenschaften komprimierter Kernmaterie im Labor erforscht werden, die den Verlauf solcher Sternenkollisionen bestimmen.

„Bisher konnten wir wichtige Zerfallsteilchen, die Photonen, nicht direkt messen, weil sie keine Masse und keine Ladung haben“, erklärt Physiker und technischer Koordinator Jerzy Pietraszko. „Wir mussten sie rekonstruieren, was sehr aufwendig ist.“ Photonen entstehen in großer Anzahl, wenn Atomkerne aus dem Teilchenbeschleuniger aufeinanderprallen. Aber die Photonen haben ganz verschiedene Ursprünge. Sie sind ein Teil der Zerfallsprodukte größerer Teilchen aus der heißen, dichten Kernmaterie, die in der Kollision entsteht. „Viele Photonen sind für uns nicht interessant“, so Pietraszko, „aber ganz selten entstehen in der Kollision Teilchen, die besonders viele Informationen darüber liefern, wie es im Kollisionspunkt und damit auch wie die Materie bei der Verschmelzung von Neutronensternen aussieht. Diese Teilchen zerfallen über verschiedene Wege. Um

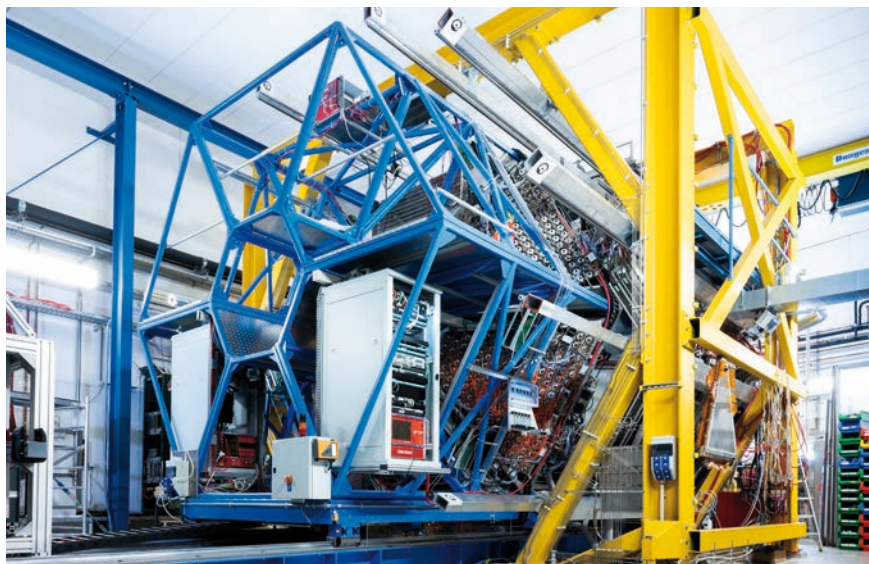
sie in den Daten ausfindig zu machen, ist es wichtig, die genaue Anzahl der Photonen zu kennen. Diese Information wird das ECAL liefern.“ In seinem blauen Tragwerk enthält es 16 Tonnen Bleiglas, die das möglich machen. Wenn die Photonen in das Bleiglas eindringen erzeugen sie Signale, über die ihre Energie direkt nachgewiesen werden kann. „Photonen liefern wichtige Informationen über die Erzeugung neutraler Bruchstücke in den Reaktionen. Durch sie erhalten wir ein wesentlich vollständigeres Bild darüber, welche Bedingungen in der heißen, dichten Kernmaterie herrschen“, erklärt Pietraszko. „Zusätzlich können wir dank des ECAL Pionen und Elektronen unterscheiden. Das erhöht die Sensitivität und Präzision des gesamten Experiments.“

Die 978 Bleiglas-Module stammen aus einem früheren Experiment am CERN

und können hier wiederverwendet werden, was Kosten in Millionenhöhe einspart. Nachdem die Module von Technikern und Physikern des Instituts für Kernforschung in Moskau, des Kernphysik-Instituts in Rez (Tschechien) und der Jagiellonian-Universität Krakau (Polen) überarbeitet wurden, werden sie jetzt eingebaut. Das gesamte Projekt ist bereits auf die zukünftige Forschung an FAIR ausgerichtet: Das blaue Tragwerk wurde in Polen konstruiert und gefertigt und ist ein Beitrag der Jagiellonian-Universität zum FAIR-Projekt. Es steht auf einem speziellen Schienensystem, damit die Detektorteile für Wartungszwecke auseinandergeschoben werden können. „Dieses Schienensystem soll später auch den deutlich größeren CBM-Detektor von FAIR tragen. Es ist auf bis zu 200 Tonnen ausgelegt“, sagt Michael Traxler, Technischer Koordinator von HADES. „Wir können hier auch testen, ob das System allen Anforder-

ungen entspricht.“ Gleiches gilt für die Ausleseelektronik. Sie wurde von GSI, der Technischen Universität Darmstadt und der Goethe-Universität Frankfurt in Synergie für die FAIR-Experimente PANDA, CBM und HADES und weitere entwickelt und kann bei HADES vorab in Strahlzeiten genutzt werden. Damit werden gleichzeitig wichtige Erfahrungen für den Betrieb an den zukünftigen Experimenten für FAIR erarbeitet.

In den kommenden Strahlzeiten der FAIR-Phase 0 wird der „HADES-Detektor 2.0“ seinen ersten Einsatz haben. Geplant ist der Start des Experiments mit ca. einem Monat Strahlzeit. „Wir beginnen mit vollständig ionisiertem Silber aus dem Beschleuniger“, sagt Traxler. „Danach können dann, wenn weitere Strahlzeit zur Verfügung steht, Experimente mit hohen primären Intensitäten für einen sekundären Pionenstrahl stattfinden.“ ■



Das ECAL auf dem Schienensystem ist an den bestehenden HADES-Detektor angeschlossen.

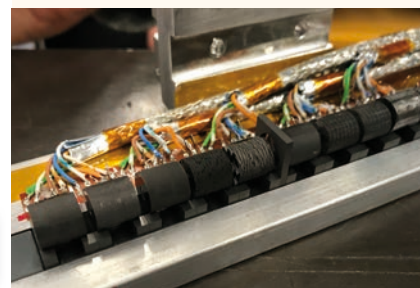
Targets bei GSI

In den GSI-Beschleunigerexperimenten ist eine Vielzahl von Targets im Einsatz. In jeder Ausgabe des Magazins stellen wir Ihnen ein Target genauer vor.

Kohlenstoff für FAIR

Die GSI-Materialforscher testen verschiedene Kompositmaterialien aus Kohlenstoff, die sich durch geringe Dichte und hohe Strahlenresistenz auszeichnen, auf ihre Einsatzfähigkeit an FAIR und anderen Beschleunigern mit hohen Strahlintensitäten. Wegen der geringen Dichte ist in Kohlenstoff die deponierte Energie relativ gering, und strahlinduzierte Druckwellen werden gut abgeschwächt. Kohlenstoff-Komposite könnten als Strahlfänger Einsatz finden, wenn am Super-FRS Primär- und Sekundärstrahlen separiert werden. Die Lebensdauer von Produktionstargets zur Erzeugung von Antiprotonen kann durch eine zusätzliche Hülle aus Kohlenstoff erhöht und die Anwendungstemperatur durch eine bessere thermische Leitfähigkeit erniedrigt werden.

Targets aus verschiedenen Kohlenstoffmaterialien mit einem Tantal-Kern im Testexperiment.



Impressum

Herausgeber und Copyright: GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH
Planckstraße 1, 64291 Darmstadt
E-Mail: target@gsi.de
Erschienen: Dezember 2018
Redaktion: Jutta Leroudier, Ingo Peter (verantwortlich), Berit Pafflik, Carola Pomplun, Lena Weitz
Weiterhin wirkten mit: R. Averbeck, W. Barth, M. Block, C. E. Düllmann, M. Durante, S. Götte, R. Grisenti, D. Khagani, C. Kausch, G. Martínez Pinedo, P. Neumayer, J. Pietraszko, W. Quint, S. Raeder, B. Schütrumpf, H. Simon, P. Spiller, M. Tolmut, C. Trautmann, M. Traxler, K.-H. Trumm

Fotos: ESA - S. 1, 2 u.; G. Otto - S. 2 o., 3, 4, 9, 11, 12, 13 u., 17, 22, 23 o., 28 m.o., m.2.v.o.; JINR - S. 5; L. Weitz - S. 6 o.; Baku State University - S. 6 u.; P. Ghosh - S. 7 o., D. Racano - S. 7 u.; S. Junker - S. 8; GSI - S. 10; DESY - S. 13 o.; Class 5 Photonics - S. 13 m.; Privat - S. 14, 28 l., m.2.v.u., m.u.; R. Grisenti - S. 15 u.; M. Menkel, LMU - S. 16 o.; B. Schütrumpf/W. Nazarewicz - S. 16 u.; J. Hosan - S. 18, 26, 27 l.; D. Khagani - S. 19; PTB - S. 20; L. von der Wense, LMU - S. 21 o.; C. Düllmann - S. 21 u.; X-ray: NASA/CXC/UNAM/loffe/D.Page, P. Shternin et al; Optical: NASA/STScI; Illustration: NASA/CXC/M. Weiss - S. 23 u.; FIAS - S. 24; CISPA - S. 25 o.; ATHENA - S. 25 u.; P.

Simon - S. 27 r.; U. Dettmar - S. 28 r.m.; Universität Groningen - S. 28 r.o.; E. Puzynina, JINR - S. 28. r.u.
Druck: EK Print, In den Wingerten 25, 64291 Darmstadt

Sie möchten immer die aktuelle Ausgabe von target erhalten? Zum kostenlosen Abonnement: www.gsi.de/target

GSI betreibt eine der weltweit führenden Beschleunigeranlagen, die Forscher aus aller Welt für Experimente über den Aufbau der Materie und die Entwicklung des Universums nutzen. Derzeit entsteht in internationaler Zusammenarbeit die Beschleunigeranlage FAIR.

PERSONALIA

Marcus Bleicher erneut Wissenschaftlicher Direktor von HIC for FAIR



Marcus Bleicher, Professor für Theoretische Physik an der Goethe-Universität Frankfurt und Senior Fellow am Frankfurt Institute for Advanced Studies wurde im Frühjahr vom Wissenschaftlichen Rat des Helmholtz International Center for FAIR (HIC for FAIR) erneut zum Wissenschaftlichen Direktor gewählt. Er tritt damit die Nachfolge von Professor Rene

Reifarh an, der das Amt von 2015 bis 2018 inne hatte. Marcus Bleicher hatte bereits von Anbeginn des Zentrums als Wissenschaftlicher Koordinator bei der Planung, der Beantragung beim Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst (HMWK), bei dem Aufbau des Zentrums und der konkreten Ausgestaltung des Programms in der ersten Förderperiode eine prägende Rolle inne. Von 2011 bis 2015 führte Bleicher bereits das erste Mal das Zentrum als Wissenschaftlicher Direktor.

FAIR und GSI in Social Media



Scannen Sie den QR-Code mit Ihrem Mobiltelefon, um den Link zu unserer Social-Media-Webseite zu öffnen.



Yusuke Tsunoda erhält den FAIR-GENCO-Preis



Dr. Yusuke Tsunoda (2. v. l.) vom Zentrum für Nukleare Forschung an der Universität Tokyo erhielt dieses Jahr den FAIR-GENCO-Preis für Nachwuchswissenschaftler. Der „Young Scientist Award“ wird von der GSI Exotic Nuclei Community (GENCO) vergeben und ist mit 1000 Euro dotiert. Tsunoda erhält den Preis für die Erfindung der sogenannten T-Plot-Methode, einer anschaulichen Darstellung zum Verständnis von komplexen Vielkörper-Quantensystemen.

Semenov-Medaille für Rudolf Bock



Die Semenov-Medaille in Gold wurde durch Professor Vladimir Fortov von der Russischen Akademie der Wissenschaften (RAS), Mitglied des FAIR-Council, an **Professor Rudolf Bock** verliehen. Bock erhält die hochrangige Auszeichnung für seine herausragenden Erfolge auf dem Gebiet der Schwerionenforschung.

Auszeichnung für Christian Graeff



Dr. Christian Graeff ist mit dem Günther-von-Pannwitz-Preis der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie (DEGRO) ausgezeichnet worden. Damit wird seine Forschung zur Behandlung von Herzrhythmusstörungen mit Ionenstrahlen gewürdigt. Der mit 1000 Euro dotierte Preis wird für hervorragende Forschungsarbeiten in der Strahlentherapie von nicht malignen Erkrankungen vergeben.

Theorie-PhD-Preis für Antje Peters



Dr. Antje Peters ist für ihre Promotionsarbeit über Lattice-QCD-Rechnungen für open-flavour Vier-Quark-Systeme an der Goethe-Universität Frankfurt mit dem PAN-

DA-Theorie-Doktorandenpreis 2018 ausgezeichnet worden. Die PANDA-Kollaboration verleiht den Theorie-PhD-Preis in diesem Jahr zum ersten Mal, um damit jährlich die beste Theorie-Dissertation im Zusammenhang mit dem PANDA-Physikprogramm zu würdigen. Er ist mit 200 Euro Preisgeld und einem Zertifikat dotiert.

Hohe Auszeichnung für Nasser Kalantar-Nayestanaki



Zum Ritter des Ordens vom Niederländischen Löwen wurde **Professor Nasser Kalantar-Nayestanaki** (l.) ernannt. Die Auszeichnung, den höchsten zivilen Verdienstorden in den Niederlanden, erhielt er für seine Leistungen in der kernphysikalischen Forschung und für sein gesellschaftliches Engagement. Kalantar-Nayestanaki ist unter anderem Mitglied und früherer Sprecher der internationalen NUSTAR-Kollaboration und Vizepräsident der GSI Exotic Nuclei Community (GENCO).

Zimanyi-Medaille für Hannah Petersen



Professorin Hannah Petersen ist mit der Zimanyi-Medaille der Ungarischen Akademie der Wissenschaften ausgezeichnet worden. Mit der Ehrung wird ihre Arbeit auf dem Gebiet der relativistischen Schwerionenkollisionen gewürdigt. Die junge Forscherin leitet seit 2012 eine Helmholtz-Nachwuchsgruppe bei GSI und lehrt als Professorin an der Frankfurter Goethe-Universität.

Björn Jonson erhält russische Lomonossow-Goldmedaille



Professor Björn Jonson (l.) wurde mit der höchsten Auszeichnung der Russischen Akademie der Wissenschaften (RAS), der Lomonossow-Goldmedaille, geehrt. Jonson ist Professor an der Chalmers-Universität, Schweden. Bei GSI/FAIR war er unter anderem Leiter der HALO-Kollaboration und Sprecher der NUSTAR-Kollaboration. Des Weiteren war er stellvertretender Sprecher der R3B-Kollaboration und ist aktuell Chair des R3B Scientific Board sowie des NUSTAR-Council.