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

HFHF

Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR

NEWS

AUSGABE **2022.01 / FEBRUAR**

Leibniz-Preisträger Gabriel Martínez-Pinedo

GABRIEL MARTÍNEZ-PINEDO ERHÄLT LEIBNIZ-PREIS

Der HFHF-Wissenschaftler Gabriel Martínez-Pinedo erhält einen Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis 2022 der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), verbunden mit einem Preisgeld in Höhe von 2,5 Millionen Euro. Der wichtigste und höchstdotierte deutsche Forschungspreis geht damit an einen herausragenden Wissenschaftler an der Schnittstelle zwischen Astro-, Kern- und Neutrinophysik. Martínez-Pinedo lehrt und forscht am Institut für Kernphysik der TU Darmstadt und am GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt und ist einer der Direktoren der Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR.

„Wir gratulieren Gabriel Martínez-Pinedo zum Leibniz-Preis“, so Marcus Bleicher, Geschäftsführender Direktor der Akademie. „Mit seiner Forschung hat er dazu beigetragen ein großes Rätsel der Physik zu lösen. Gemeinsam mit anderen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, unter anderem der HFHF-Wissenschaftlerin Almudena Arcones, ist er dem Ursprung der schweren Elemente im Universum einen riesigen Schritt näher gekommen.”

Zusammen mit Wissenschaftlern aus den USA zeigte Martínez-Pinedo, dass diese Elemente bei der Verschmelzung von Neutronensternen entstehen und dass bei diesem Prozess ein eindeutiges elektromagnetisches Signal, eine Lichtkurve, erzeugt wird, für das Martínez-Pinedo und Kollegen den Begriff „Kilonova“ prägten. 2017 wurde erstmals eine solche Kilonova beobachtet, und zwar gleichzeitig im Lichtkanal und im Bereich der Gravitationswellen. Dieser wissenschaftliche Meilenstein, an dem Martínez-Pinedo beteiligt war, gilt als Geburtsstunde der Multi-Messenger-Astronomie, die ganz neue wissenschaftliche Möglichkeiten eröffnet.

„Ich bin außerordentlich erfreut über diese Entscheidung der DFG und die damit verbundene große Würdigung der exzellenten wissenschaftlichen Arbeit von Gabriel Martínez-Pinedo“, freut sich Paolo Giubellino, Wissenschaftlicher Geschäftsführer von GSI und FAIR.

Der Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis wird seit 1986 jährlich von der DFG an in Deutschland arbeitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedenster Disziplinen verliehen. Pro Jahr können bis zu zehn Preise mit einer Preissumme von jeweils 2,5 Millionen Euro verliehen werden.

„Die Investition in Spitzenforschung in Hessen zahlt sich aus. Die Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR ist froh, hier einen wichtigen Beitrag zu leisten“, so Marcus Bleicher abschließend.

NEUARTIGE NACHWEIS-METHODEN FÜR CORONAVIREN

Der einfache und schnelle Nachweis von Viren ist in einer Pandemie entscheidend. In einem internationalen Team hat die HFHF-Wissenschaftlerin Christina Trautmann auf der Basis von Single-Nanopor-Membranen ein Testverfahren entwickelt, das SARS-CoV-2 mit der gleichen Empfindlichkeit wie ein qPCR-Test nachweist. Besonders spannend ist hier, dass das Ergebnis nach zwei Stunden das Virus im Speichel aufweist und ohne, dass die Probe vorbehandelt werden muss. Darüber hinaus kann der Sensor infektiöse von nicht-infektiösen Coronaviren unterscheiden – eine entscheidende Innovation.

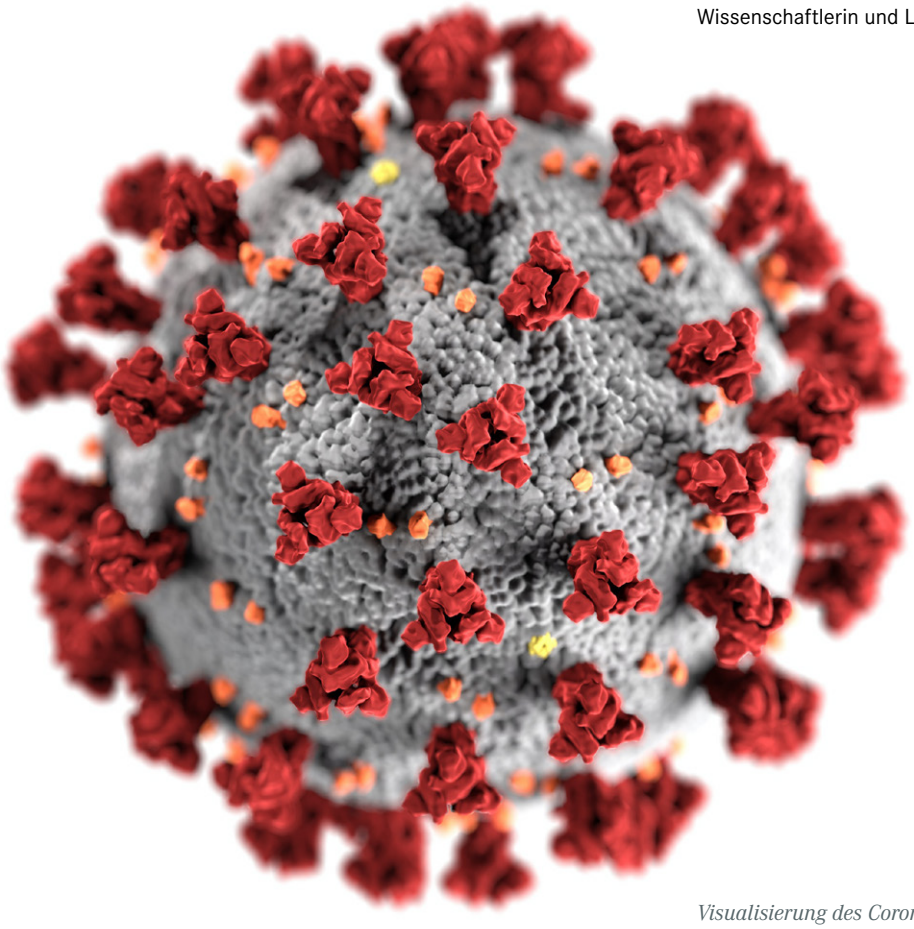
Durch die Verknüpfung verschiedener Technologien hat ein interdisziplinäres Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Materialforschung des GSI Helmholtzzentrums für Schwerionenforschung, des Nationalen Wissenschaftlichen und Technischen Forschungsrates (CONICET) in Argentinien und der University of Illinois in den USA einen hochempfindlichen Nanoporen-Sensor entwickelt, der gezielt SARS-CoV-2-Viren und humane Adenoviren in verschiedensten Proben wie Speichel, Serum oder Umweltproben wie Abwasser nachweist.

Der Sensor kombiniert zwei Schlüsselkomponenten: einen empfindlichen Nanokanal und hochspezifische DNA-Moleküle, die an der Kanaloberfläche angebracht sind. Nach Angaben der Forschungsgruppen ist die Methode genauso präzise wie PCR-Tests, aber einfacher und liefert Ergebnisse in weniger als zwei Stunden. Die Ergebnisse wurden in der renommierten Fachzeitschrift Science Advances veröffentlicht.

Die Technologie zur Herstellung von Membranen mit einzelnen Nanoporen wurde über viele Jahre entwickelt. Dünne Polymerfilme werden am Linearbeschleuniger UNILAC mit einem einzelnen hochenergetischen Schwerionenprojektil (z.B. 1 GeV Goldion) beschossen. Dort, wo das Ion die Folie passiert, erzeugt es eine nanoskopische Schadensspur, die durch chemisches Ätzen in einen offenen Nanokanal umgewandelt wird. Der Durchmesser und die Form des Kanals werden durch die Ätzparameter eingestellt. Die geringe Größe und die spezifische Geometrie gewährleisten eine besonders hohe Empfindlichkeit für Transportprozesse durch den Kanal. Durch das Einbauen von bestimmten Molekülen (sogenannte Aptamere) kann man das Virus nachweisen.

Dass mit dieser Methode infektiöse und nicht infektiöse Viren unterschieden werden können, ist laut den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern eine wesentliche Neuerung. Die bekannten PCR-Tests weisen virales Erbgut nach, können aber nicht unterscheiden, ob eine Probe infektiös ist oder ob eine Person ansteckend ist. Die einzigen Tests, die derzeit infektiöse Viren nachweisen können, sind Plaque-Tests. Sie erfordern eine spezielle Vorbereitung und tagelange Inkubation, bevor sie Ergebnisse liefern, während der neue Nanoporen-Sensor Ergebnisse innerhalb von 30 Minuten bis zu zwei Stunden liefert und keine Vorbehandlung der Probe nötig ist.

Die Nanoporen-Sensortechnologie hat auch über die Corona-Pandemie hinaus großes Potenzial. In den letzten Jahren wurden in Zusammenarbeit mit den internationalen Kollegen mehrere hochempfindliche Nanoporen-Sensorplattformen entwickelt. „Unsere Vision ist es, die funktionalisierte Nanoporenmembran in ein tragbares Gerät zum schnellen und effizienten Nachweis und zur Diagnose von Viren zu integrieren“, sagt Christina Trautmann, HFHF-Wissenschaftlerin und Leiterin der GSI-Abteilung Materialforschung.



Visualisierung des Corona-Virus

Der Elektronenbeschleuniger S-DALINAC an der TU Darmstadt

ENERGIE-EFFIZIENTE TEILCHEN-BESCHLEUNIGER MADE IN HESSEN

Forscherinnen und Forschern der TU Darmstadt und der Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR ist der weltweit erste Betrieb eines supraleitenden Linearbeschleunigers mit zweifacher Energie-Rückgewinnung gelungen. Das Experiment am Elektronen-Linearbeschleuniger der Universität (S-DALINAC) wies nach, dass eine extreme Einsparung von Beschleunigerleistung möglich ist.

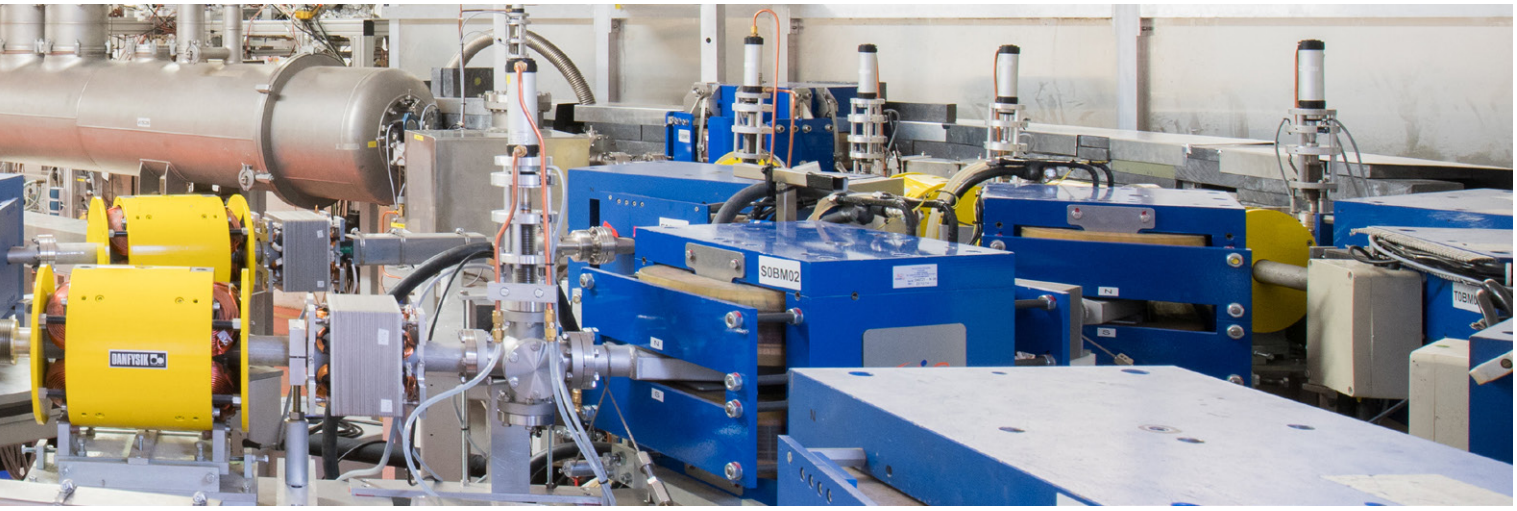
Hochkomplexe Anlagen zur Beschleunigung elektrisch geladener Teilchen sind für die physikalische Grundlagenforschung und technische Anwendungen von großer Bedeutung. Die für viele Forschungsfelder notwendige Entwicklung von Anlagen mit höheren Strahlströmen und verbesserter Strahlqualität stößt inzwischen an technologische und ökonomische Grenzen. Einen Ausweg bietet das Konzept einer Energierückgewinnung bei Linearbeschleunigern, die sogenannte ERL-Technologie (Energy Recovery Linac).

Hier wird die die nach der wissenschaftlichen oder technischen Nutzung im Strahl verbleibende Energie zurückgewonnen und zur Beschleunigung weiterer Teilchen verwendet. Die ERL-Technologie kann ökonomisch sinnvoll und ökologisch verantwortbar genutzt werden, um Elektronenstrahlen höchster Energie und Intensität bereitzustellen. Und genau dies wird für die zukünftige Forschung benötigt – etwa auf dem Gebiet der Teilchenphysik an der europäischen Großforschungseinrichtung CERN, dem FAIR-Projekt, aber auch um Innovationen in der Medizin und Industrie voranzutreiben.

Daher ist die jüngst erfolgreiche Demonstration dieses Prinzips ein Meilenstein: Erstmals wurde dort der supraleitende Elektronen-Linearbeschleuniger S-DALINAC im zweifach Energie-rückgewinnenden Modus betrieben.

Das Team um den HFHF-Wissenschaftler Norbert Pietralla konnte während des Betriebs auch technische Herausforderungen wie etwa „relativistischen Phasenschlupf“ meistern. Das klingt erstmal lustig, ist aber tatsächlich eine ernstzunehmende Schwierigkeit. Wenn die Teilstrahlen eine leicht unterschiedliche Geschwindigkeit haben, kommt es zu Problemen bei der Beschleunigung und Energie-Rückgewinnung.

Die Forschung auf diesem Gebiet wird zusätzlich gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Graduiertenkolleg „AccelencE“ und durch das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst im Rahmen des Clusterprojekts „ELEMENTS“.



AUSGABE **2022.01** / **FEBRUAR**

TECHNOLOGIE TRIFFT ÖKOLOGIE

Bei FAIR gibt es verschiedene Kompensationsmaßnahmen, um die Auswirkungen des Bauprozesses auf die Nachbarschaft und die Natur zu minimieren.

Zu diesem Zweck wurde ein städtebaulicher Vertrag zur Regelung der Ausgleichsmaßnahmen ausgearbeitet. Eine Umweltbaubegleitung begleitet die Planungs- und Bauprozesse, und es finden regelmäßig „Runde Tische“ mit Fachbehörden und Experten statt. So sind alle immer auf dem aktuellen Stand.

Zu den Ausgleichsmaßnahmen gehört auch die Aufforstung in der unmittelbaren Umgebung, insbesondere in den Stadtteilen Arheiligen und Wixhausen. Zum Schutz von Tieren wie Fledermäusen, Amphibien und Zauneidechsen wurden neue Lebensräume geschaffen und Umsiedlungen vorgenommen. Darüber hinaus wurden durch ökologische Maßnahmen neue natürliche Biotope für bedrohte und seltene Pflanzen sowie geschützte Tiere geschaffen. Hier sind insbesondere das Naturdenkmal Stahlberge und das Naturschutzgebiet Mörsbacher Grund zu nennen.

Um das Gewerbegebiet Wixhausen und seine Bewohnerinnen und Bewohner vom Verkehr zu entlasten, wurde eine Umgehungsstraße für den Bauverkehr gebaut, die die B3 mit der Messeler-Park-Straße verbindet.

Der Bodenaushub für den Bau des unterirdischen Beschleunigertunnels wird auf baustellennahen Flächen gelagert und muss daher nicht über das öffentliche Straßennetz abtransportiert werden. Nach dem Bau des Tunnels wird das gesamte Erdreich wieder auf der Baustelle verwendet, so dass die Lagerflächen vollständig verschwinden werden. Gleichzeitig verschwindet so der Teilchenbeschleuniger unter der Erde.

Für den Bau des Tunnels wird unterdessen das Grundwasser lokal abgesaugt. Das abgepumpte Wasser wird an rund 50 Entnahme- oder Versickerungsbrunnen in unmittelbarer Nähe der Baustelle dem Grundwasser wieder zugeführt. Der Grundwasserspiegel wird an Messstellen, die rund um die Baustelle verteilt sind, kontinuierlich überwacht. Nach Beendigung der Baumaßnahmen wird das Grundwasser wieder normal fließen können. Rund um die FAIR-Baustelle sind an verschiedenen Stellen Messsäulen aufgestellt worden. Mit Hilfe dieses Vermessungsnetzes überwachen die Vermessungsingenieure die Baupläne auf der Baustelle, damit der Bau wie geplant realisiert werden kann.

Man sieht, bei FAIR gibt es hervorragende Wissenschaft kombiniert mit ökologischem Bewusstsein, sowohl im Bau als auch langfristig.

Die FAIR-Baustelle Stand Oktober 2021

Tetyana Galatyuk

HFHF PERSÖNLICH: TETYANA GALATYUK

Liebe Frau Galatyuk, Sie sind Professorin für Kernphysik an der TU Darmstadt. Wie sieht ein Arbeitstag bei Ihnen üblicherweise aus? Da gleicht kein Tag dem anderen. Aber die einzelnen Elemente sind immer sehr ähnlich. Ich analysiere Daten unserer Experimente, plane neue Experimente, betreue meine Studentinnen und Studenten, schreibe Anträge und bereite meine Lehrveranstaltungen vor. An manchen Tagen kommen noch Gremiensitzungen hinzu. Langweilig wird einem da sicherlich nicht. Die Suche nach der Wahrheit und das Verständnis der Naturgesetze sind meine treibende Kraft.

Dann fangen wir doch mit den Experimenten an. An welchen Experimenten arbeiten Sie gerade? Ich bin Mitglied der HADES, CBM und STAR-Kollaboration, hier widmen wir uns der Frage: Wie sieht Kernmaterie hoher Dichte und hoher Temperatur aus und was können wir über diese lernen? Was passiert, wenn Goldkerne, die auf etwa 90% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt wurden, auf ruhende Goldkerne treffen? Für eine extrem kurze Zeit, $t \sim 10^{-23}$ Sekunden, werden Materiezustände mit extremen Temperaturen ($>10^{12}$ K) und Dichten (>280 Mt/cm^3) erzeugt. Die Möglichkeit, im Labor stark wechselwirkende Materie unter solchen Bedingungen zu bilden und zu erforschen, ist wirklich faszinierend. Die Experimente darf man sich aber nicht so vorstellen, dass sie auf einem Tisch stehen und einzelne Physikerinnen und Physiker daran arbeiten - es sind haushohe Detektoren, die von internationalen Kollaborationen betrieben werden. Wir lieben echte Herausforderungen, bauen neuartige Detektoren und beschäftigen uns mit der Verarbeitung und Analyse großer Datenmengen. Wir sind erfolgreich, weil wir in einem perfekten Team von Experten aus vielen Bereichen zusammenarbeiten. Wir lernen, mit Unbekanntem umzugehen und „niemals aufzugeben“. Das HADES-Experiment läuft schon seit einiger Zeit und wir konnten schon einige spannende Dinge lernen. Das CBM-Experiment wird aktuell gebaut und hat so natürlich auch mit ganz anderen Herausforderungen zu kämpfen.

Was genau meinen Sie damit? Beim laufenden Experiment geht es hauptsächlich darum, möglichst viele Daten zu nehmen und dann zu analysieren. Beim Design eines neuen Experimentes gilt es natürlich erstmal sicher zu stellen, dass wir möglichst vielfältige Daten in einer guten Qualität aufzeichnen können. Da gibt es natürlich viel Arbeit an der Hardware, aber es geht auch sehr viel Hirnschmalz in die Analysemöglichkeiten.

Was haben wir denn aus dem HADES-Experiment bisher gelernt und welche Ergebnisse fließen in das CBM-Experiment mit ein? HADES hat entscheidende Beiträge dazu geleistet, wie Kernmaterie hoher Dichte aussieht. Durch die Fokussierung auf Elektron-Positron-Paare (Kommentar: daher auch der Name HADES – High Acceptance Di-Electron Spectrometer) können wir sehr tief in die dichte Kernmaterie hineinschauen – diese Teilchen verlassen die Kollisionszone nahezu unberührt und vermitteln uns unverzichtbare Informationen über Kollisionen. So haben wir zum Beispiel gelernt, wie sich das sogenannte rho-Meson in dichter Kernmaterie verhält – das war bis dato noch nahezu ungeklärt. Wir haben gezeigt, dass die sogenannten thermischen Elektron-Positron-Paare als Spektrometer, Thermometer, Chronometer, Barometer, Polarimeter und Amperemeter des Feuerballs dienen können. Darüber können wir etwas über Objekte mit hoher Dichte im Universum erfahren. Man vermutet, dass z. B. im Inneren von Neutronensternen oder bei der Verschmelzung von Neutronensternen solche hochdichte Kernmaterie vorhanden ist.

Das klingt spannend – aber wofür brauchen wir denn dann noch CBM, wenn HADES schon so viel gemessen hat? CBM setzt hier nochmal die Krone auf. Ein großer Nachteil von Elektronen, die wir bei HADES messen ist, dass sie sehr sehr selten sind. Das heißt, wir brauchen sehr viele Kollisionen, um überhaupt etwas zu messen. Hier spielt CBM seine Stärken aus. Mit einer extrem schnellen Auslese der Daten ist es möglich, sehr seltene Teilchen zu messen, was andere Detektoren nicht unbedingt können.

Ein kurzer Blick in die Zukunft – worauf freuen Sie sich am meisten? Es wäre fantastisch, die vollständige Anregungsfunktion der thermischen Elektron-Positron-Paare bei Kollisionsenergien von wenigen GeV bis zu einigen TeV zu messen. „You may say I am a dreamer, but I am not the only one“: umfangreiche Upgrade-Programme am RHIC und am LHC werden die Bedingungen der Materie bei kleinem chemischem Baryonenpotenzial untersuchen, die dem frühen Universum am ähnlichsten sind. Für niedrige Energien sind dagegen Dilepton-Programme in Europa (FAIR, NICA, SPS) und Asien (J-PARC) geplant, die auf die Untersuchung des QCD-Phasendiagramms bei hohen Baryonendichten und damit auf das Innere von kompakten stellaren Objekten ausgelegt sind. So könnte der Phasenübergang erster Ordnung erhebliche Auswirkungen auf die Verschmelzung von Neutronensternen haben und im Gravitationswellenspektrum dieser Verschmelzungsereignisse beobachtbar sein. Es wird also eine extrem spannende Zeit!

Inwieweit hilft die Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR bei Ihrer Forschung? Die HFHF ist ein wichtiger Baustein in der Vernetzung der hessischen Forschung. Viele gemeinsame Projekte wurden hier gestartet, die sonst nicht möglich gewesen wären. Wichtig ist natürlich, dass diese Projekte auch finanziert werden können, hier hat man mit der Akademie einen hervorragenden Partner.

Frau Galatyuk, vielen Dank für das Gespräch.

NACHHALTIGE HOCHLEISTUNGSRECHNER

Nahezu 100% der Online-Teilchenrekonstruktion des ALICE Experiments in der letzten Phase des Experiments (dem sogenannten run-3) lief energiesparend auf Grafikkarten. Es wurde eine riesige Hochleistungsrechner-Farm installiert, die aus 2000 Server GPUs und 16000 CPUs besteht, insgesamt 250 Server mit jeweils 512 GB Hauptspeicher und 100 Gb/s InfiniBand Netzwerk kamen zum Einsatz. Damit verbunden ist natürlich ein hoher Energieverbrauch. Dieser konnte dank der innovativen Kühltechnologie und dem Einsatz von Grafikkarten möglichst gering gehalten werden.

Verantwortlich hierfür ist Volker Lindenstruth, einer der Programmdirektoren der Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR. „Uns war es immer wichtig, die nötige Rechenpower mit Nachhaltigkeit zu verbinden und so nicht nur einen entscheidenden Beitrag zur Forschung, sondern auch einen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten", so Volker Lindenstruth.

Um hier auch in der Industrie Akzente zu setzen, hat er auch im Namen der ALICE Kollaboration einen „Industry Award" für die hervorragende Zusammenarbeit an AMD vergeben, die einen großen Teil der Hardware lieferten.

Die wegweisende Arbeit bei ALICE stellt auch einen wichtigen Meilenstein für das FAIR-Projekt dar. So kann die bisher gesammelten Erfahrung in die Online-Datenverarbeitung des CBM-Experiments und der sogenannten „First Level Event Selection" einfließen und dafür sorgen, dass auch in Zukunft möglichst schnell gerechnet wird – aber nachhaltig und grün!

PREISE UND EHRUNGEN

(Auswahl)

Dr. Giuliano Franchetti ist von der *American Physical Society (APS)* zum *Fellow 2021* ernannt worden.

Prof. Yuri Litvinov ist von der *American Physical Society (APS)* zum *Fellow 2021* ernannt worden.

Prof. Claudia Höhne hat einen *studentischen Lehrpreis der Universität Gießen* erhalten.

Prof. Hannah Elfner ist von der *Alfons und Gertrud Kassel-Stiftung* zum *"Scientist of the Year 2021"* der Universität Frankfurt ausgezeichnet worden.

Prof. Gabriel Martínez-Pinedo erhielt den *Leibniz-Preis*.

Prof. Marc Wagner erhielt von der *DFG* eine *Heisenberg-Professur* für weitere zwei Jahre.

Die **Doktoranden Patrick Müller** und **Thorsten Conrad** haben den *Giersch Excellence Award* erhalten.

Dr. Daria Kostyleva hat den *Giersch Award for Outstanding Doctoral Thesis 2021* sowie den *FAIR-GSI Doktorandenpreis 2021* erhalten.

Prof. Ivan Kisel ist *Partner* im *ANN4EUROPE* geworden, einem französisch-deutschen Projekt im Bereich der Künstlichen Intelligenz.

Volker Lindenstruth im Rechenzentrum

IMPRESSUM

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

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

Bildnachweis: Titel, Künstlerische Darstellung einer Neutronenstern-Kollision / University of Warwick / Mark Garlick
U2, F. Fernandes / IKP TU Darmstadt . S. 1, CDC / Pexels . S. 2, Jan-Christoph Hartung / TU Darmstadt
S. 3, D. Fehrenz / GSI . S. 4, Tetyana Galatyuk / TU Darmstadt . S. 5, Thomas Ernsting / Hessen schafft Wissen

© Helmholtz Forschungsakademie Hessen für FAIR . Februar 2022