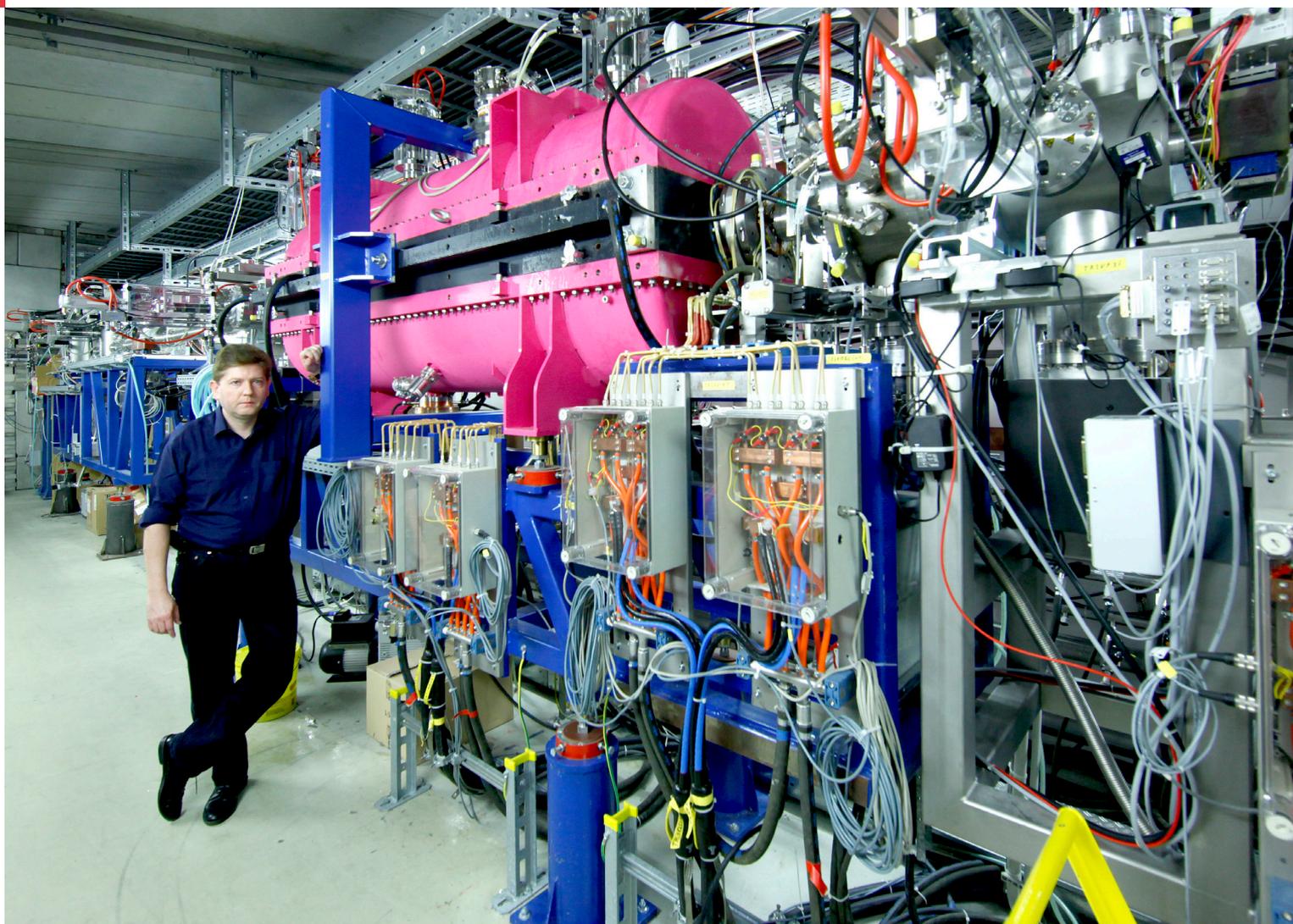




# LOEWE

## ABSCHLUSSBERICHT



**LOEWE-Zentrum  
HIC for FAIR – Helmholtz International  
Center for FAIR**

# Inhalt

- 2 Statement des Koordinators
- 3 Projektinhalte
- 3 Wissenschaftlich-technische Ausgangslage
- 4 Im Rahmen des LOEWE-Projekts erreichte Erkenntnisse und getätigte Entwicklungen
- 6 Erreichte Strukturentwicklung
- 6 Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld
- 7 Wichtigste Meilensteine des Projekts
- 9 Weitere Informationsmöglichkeiten
- 10 Zahlen und Fakten
- 11 Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und außeruniversitären Forschungsinstitute
- 13 Impressum

Das Helmholtz International Center for FAIR, bekannt als HIC for FAIR, ist ein LOEWE-Zentrum. Es wurde im Rahmen der LOEWE-Initiative des Bundeslandes Hessen im Juli 2008 gegründet. Der Fokus von HIC for FAIR ist der Auf- und Ausbau der Expertise der beteiligten Partner in Vorbereitung auf das wissenschaftliche Großprojekt FAIR. Die „Facility for Antiproton and Ion Research“ (FAIR) ist ein internationales Beschleunigerzentrum, das in den kommenden Jahren in der Nähe von Darmstadt entsteht. Es ist eines der größten Forschungsvorhaben weltweit. An FAIR wird eine nie dagewesene Vielfalt an Experimenten möglich sein, durch die Physiker aus aller Welt neue Einblicke in den Aufbau der Materie und die Entwicklung des Universums, vom Urknall bis heute, erwarten.



HIC for FAIR ist ein Gemeinschaftsprojekt des Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS), des GSI Helmholtzzentrums für Schwerionenforschung GmbH, der Goethe-Universität Frankfurt, der Justus-Liebig-Universität Gießen sowie der Technischen Universität Darmstadt. Die Geschäftsstelle ist an der Goethe-Universität Frankfurt als federführende Partnerinstitution angesiedelt. Im Rahmen des neu geschaffenen Formats der „Helmholtz Academy“ ist eine Verstetigung ab dem Jahr 2020 vorgesehen.

HIC for FAIR war und ist Denkfabrik und Motor hinter den meisten wissenschaftlichen Entwicklungen, die in den letzten Jahren in Vorbereitung auf FAIR vorangetrieben wurden. Mit dem Spatenstich für den neuen Ringbeschleuniger im Juli 2017 begann die Phase der großen Baumaschinen. Ab 2025 wird die Anlage im Vollbetrieb laufen. Dieser straffe Zeitplan bedeutet allerdings auch, dass die vielen kleinen und großen Präzisionsinstrumente im Inneren der Gebäude sowie die Analyse und Interpretation der Daten jetzt schon entwickelt und getestet werden müssen.

Die eindrucksvollen Ergebnisse dieses Prozesses sind auf den folgenden Seiten dargelegt und ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre.

Herzlich

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'R' followed by a flourish.

Prof Dr. René Reifarth  
Wissenschaftlicher Direktor des LOEWE-Zentrums HIC for FAIR  
Goethe-Universität Frankfurt am Main



Die Bedingungen während des Urknalls bestimmen die Entwicklung des Universums und können mit FAIR untersucht werden.

## Projekthalte

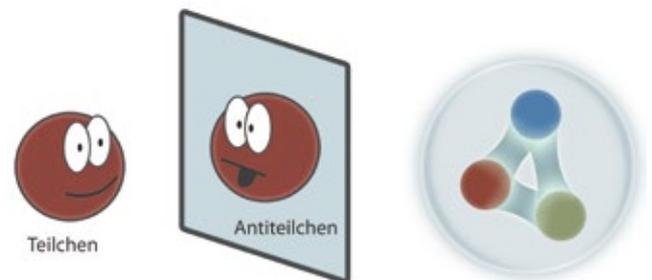
### Wissenschaftlich-technische Ausgangslage

Die ersten Minuten des Universums sind gekennzeichnet durch extreme Dichte und Temperaturen. Die dort dominierenden Kräfte spielen in unserer Alltagserfahrung praktisch keine Rolle. In dieser Phase werden jedoch die Weichen für die weitere Entwicklung gestellt, hin zum Universum, wie wir es heute kennen.

Entscheidende Aspekte sind heute jedoch entweder tief im Inneren von Atomkernen versteckt oder nur noch in ihren Auswirkungen nachweisbar. Ein Beispiel sind winzige Unterschiede in der Symmetrie zwischen Materie und Antimaterie, die dazu führte, dass die uns umgebende Welt nicht ausschließlich aus Licht besteht, sondern auch aus Materie, aus der auch wir selbst aufgebaut sind.

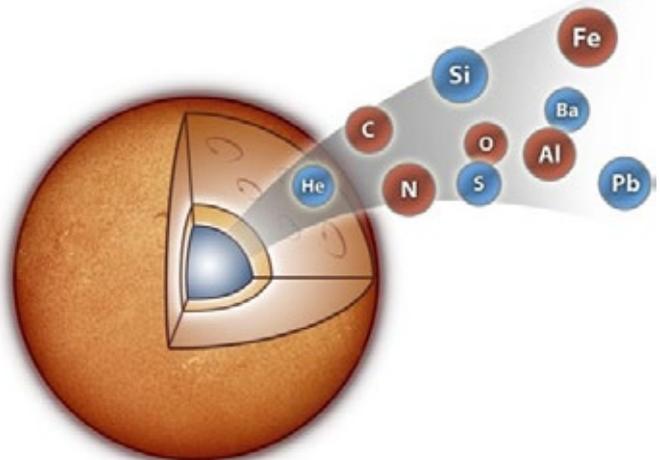
Eine Untersuchung ist nur möglich, wenn es gelingt, Materie zumindest für sehr kurze Zeit in ähnliche Zustände wie zu den Anfangszeiten unseres Universums zu bringen. Dann lassen sich die Bedingungen im Inneren der Atomkerne untersuchen und daraus lassen sich die Bedingungen unmittelbar nach dem Urknall ableiten.

Sobald sich der Großteil der verbleibenden Materie in Form von Atomen zusammengefügt hat, führen winzige Störungen in der Verteilung dazu, dass sich Gaswolken bilden, aus denen später Sterne entstehen. Diese agieren als Brutstätten für die Elemente, die nach unseren Vorstellungen zum Leben notwendig sind – Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff.



Links: Winzige Unterschiede in der Symmetrie zwischen Teilchen und deren Antiteilchen sind nach heutigem Verständnis der Grund für die Existenz von Materie im Universum.

Rechts: Das Innere von Atomkernen besteht aus Protonen und Neutronen und diese wiederum aus Quarks und Gluonen. Die dort herrschenden Kräfte sind Gegenstand der Forschung an FAIR.



Sterne beziehen ihre Energie aus der Verschmelzung leichter Elemente zu schwereren. Diese frisch gebildeten Elemente bilden die Grundlage für Sterne der nächsten Generation – wir sind alle Sternenstaub.

Auch die zukünftige Entwicklung ist eng mit den Wechselwirkungen der kleinsten Teilchen verknüpft. Die Frage nach dem Wesen von dunkler Materie oder dunkler Energie ist bisher noch weitgehend unbeantwortet. Eine genaue Untersuchung der bekannten Materie unter verschiedensten Bedingungen könnte hier zur Klärung beitragen. Dies wiederum ist die Voraussetzung für eine Prognose über das Schicksal unseres Universums.

## Im Rahmen des LOEWE-Projekts erreichte Erkenntnisse und getätigte Entwicklungen

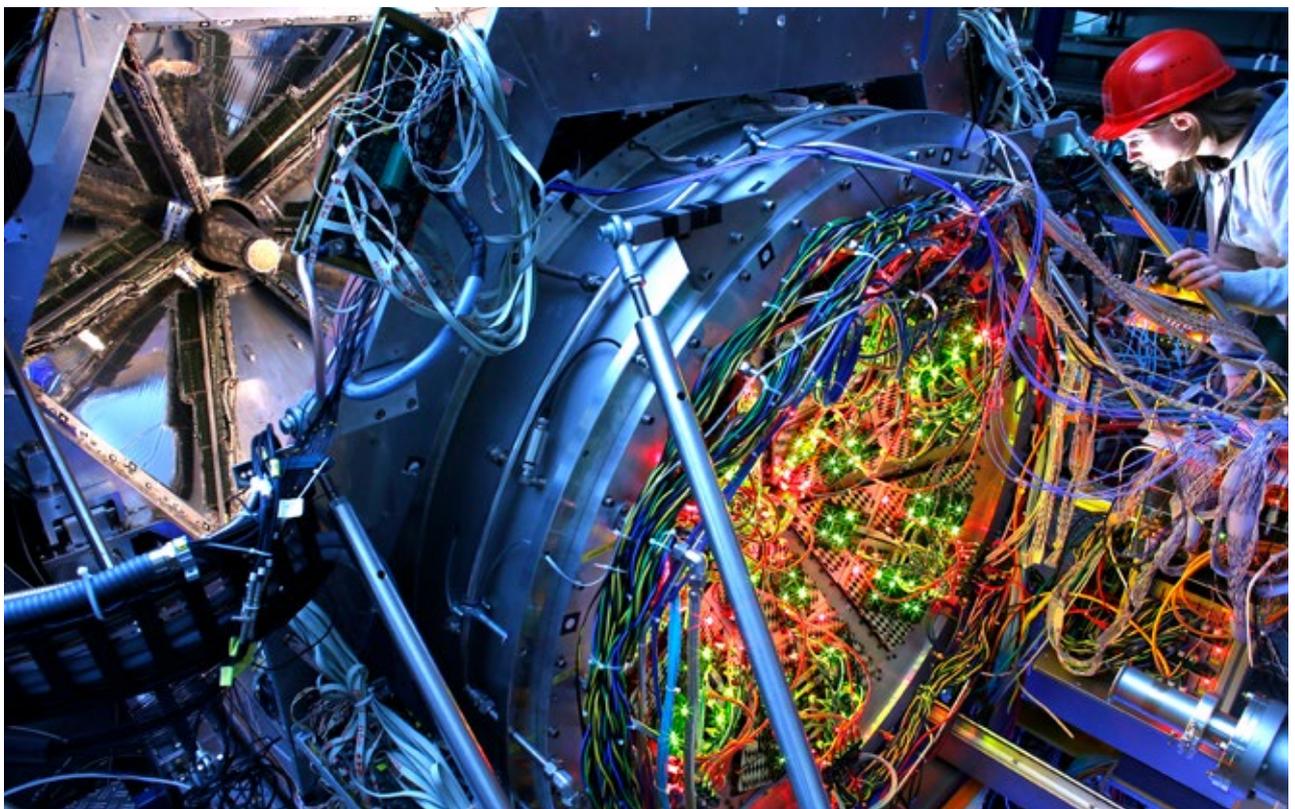
Um die beschriebenen Szenarien im Labor zu untersuchen, ist es zunächst notwendig, Atomkerne verschiedener Größe auf hohe Energien zu beschleunigen. Im Rahmen von HIC for FAIR wurden dafür wichtige Entwicklungsarbeiten geleistet. Da sehr seltene Prozesse beobachtet werden sollen, besteht die Herausforderung darin, eine möglichst hohe Anzahl von Teilchen gleichzeitig zu beschleunigen. Dafür ist es notwendig, die gegenseitige Beeinflussung der Teilchen während des Beschleunigungsvorganges genau zu simulieren, um die Strahlverluste gering zu halten und somit auch Beschädigungen der Einrichtung zu minimieren. Das Titelbild zeigt einen Teil der jetzt schon optimierten Beschleunigeranlage, die bald als erste Stufe der FAIR-Anlage agieren wird.

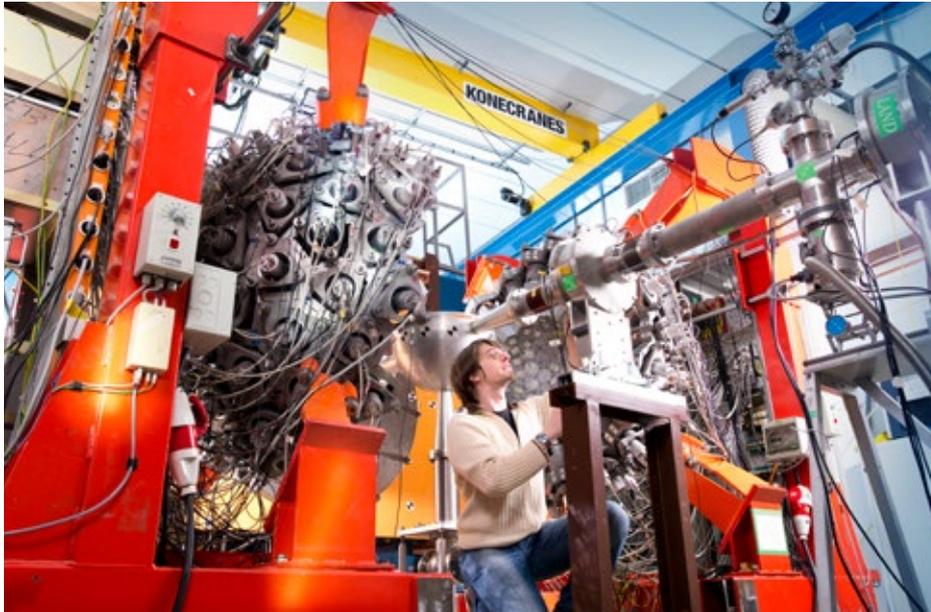
Die Untersuchung von Materie unter sehr dichten und heißen Bedingungen ist eine große Herausforderung. Im Labor lassen sich solche Zustände nur durch Stöße von Atomkernen auf andere Atomkerne erreichen. Die Folge davon ist, dass die meisten dabei entstehenden Teilchen nach kürzester Zeit schon wieder in

andere Teilchen zerfallen sind. Es müssen deshalb Detektoren entwickelt, gebaut und getestet werden, die in der Lage sind, die Vielzahl von Zerfallsprodukten so genau zu vermessen, dass auf die Bedingungen während des Stoßes geschlossen werden kann. Ein Beispiel dafür ist das HADES-Experiment, bei dem insbesondere Stöße von Goldatomen auf Gold untersucht wurden.

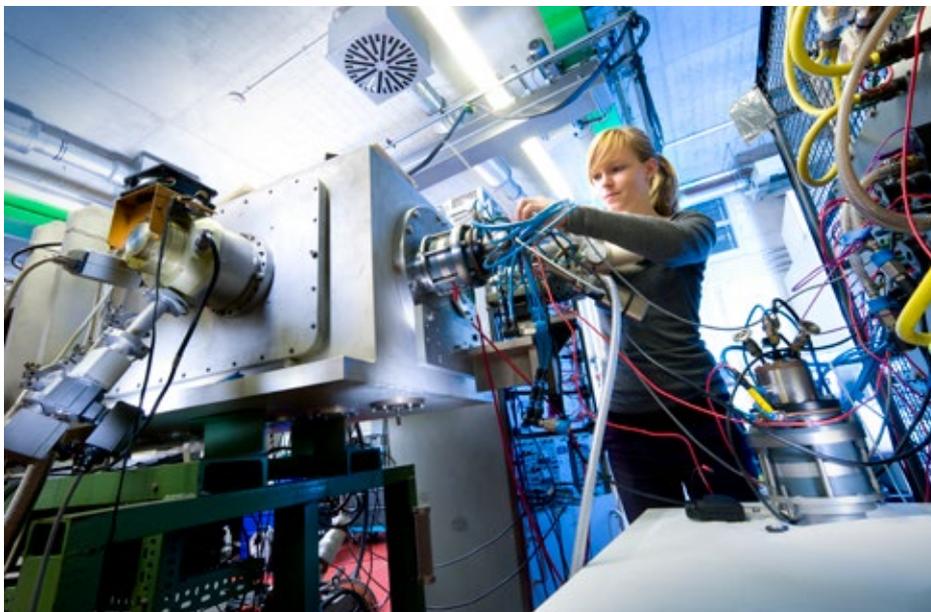
Alle Elemente ab Kohlenstoff können nur in den Spätphasen der Sternentwicklung gebildet werden. Dies geschieht zum Teil während längerer Brennphasen, in denen Sterne als solche am Nachthimmel erscheinen. Zum anderen Teil geschieht es während oder unmittelbar vor einer Sternexplosion, die sich als sogenannte Supernova bemerkbar macht. Dabei werden kurzlebige Atomkerne gebildet, die in stabile Kerne zerfallen, ehe sie neue Sterne und Planeten bilden. Eine Untersuchung dieser Vorgänge erfordert deshalb die Möglichkeit, instabile Atomkerne in großer Zahl zu produzieren und deren Reaktionen mit anderen Kernen zu untersuchen. Das ist eine Forschungssäule von FAIR. Die notwendigen experimentellen Aufbauten wurden innerhalb von HIC for FAIR vorangetrieben, wie zum Beispiel innerhalb der R<sup>3</sup>B-Kollaboration.

*Mit dem HADES-Experiment untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Eigenschaften von sehr dichter Materie, die in der Folge von Zusammenstößen von großen Atomkernen kurzzeitig existiert.*





*Dieser Detektor wird zum Nachweis hoch energetischer Photonen im R<sup>3</sup>B-Experiment benutzt. Der Detektor ist in aufgefahretem Zustand gezeigt und man sieht die Vakuumkammer, die weitere Teilchendetektoren enthält.*



*Viele Entwicklungen sind nötig, um die hohen Teilchenzahlen und Energien an der FAIR-Anlage mit hinreichender Genauigkeit zu untersuchen. Viele dieser Entwicklungen wurden von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern im Rahmen von HIC for FAIR vorangetrieben.*

Die Anzahl der Detektoren, aus denen die Großexperimente an FAIR aufgebaut sind, wird sich im Vergleich zu den Vorgängerexperimenten um einen Faktor 10-100 vergrößern. Das bedeutet, dass viel größere Datenmengen in kürzester Zeit verarbeitet werden müssen als bisher. Außerdem erfordert die wissenschaftliche Interpretation der gewonnenen Daten die Simulation der Wechselwirkungen von sehr vielen Teilchen, was ganz erheblichen Rechenaufwand bedeutet.

Diesen Herausforderungen muss schon jetzt begegnet werden, indem modernste Rechnerinfrastruktur zur Verfügung gestellt wird und hoch optimierte Auswertungsalgorithmen entwickelt werden. Ein Beispiel dafür ist die Entwicklung und Inbetriebnahme des LOEWE-CSC und des Green Cube. Hier wurde im

Rahmen von HIC for FAIR Neuland betreten, indem nicht nur höchste Leistung, sondern auch höchste Energieeffizienz im Vordergrund standen.

*Der Green Cube enthält eines der weltweit sparsamsten Kühlsysteme für Großrechner. So werden jährlich hohe Kosten eingespart und die Umwelt geschont.*



## Erreichte Strukturentwicklung

Im Rahmen von HIC for FAIR wurden 27 neue Professuren mit einer wissenschaftlichen Ausrichtung entsprechend den Forschungsmöglichkeiten an FAIR dauerhaft eingerichtet. Damit ist ein nachhaltiger Aufbau von Know-how in Hessen sichergestellt und die führende Rolle der hessischen Universitäten bei der Forschung an FAIR dauerhaft gesichert.

Eine qualitativ hochwertige Doktorandenausbildung bildet das Rückgrat von HIC for FAIR. Die Helmholtz Graduate School for Hadron and Ion Research (HGS-HIRe for FAIR) – 2008 im Zuge der Gründung von HIC for FAIR in einer gemeinsamen Initiative des GSI Helmholtzzentrums für Schwerionenforschung GmbH und des Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS) mit den hessischen Universitäten in Darmstadt, Frankfurt, Gießen sowie den Universitäten in Heidelberg und Mainz ins Leben gerufen – fördert die strukturierte Doktorandenausbildung auf dem Gebiet der Hadronen- und Ionenforschung. Zudem unterstützt die Graduiertenschule maßgeblich die Administration der erfolgreichen Promotionsstipendienprogramme von HIC for FAIR und GSI/FAIR.

Ursprünglich gefördert aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft erfolgt seit 2015 die verstetigte Finanzierung von HGS-HIRe durch das GSI Helmholtzzentrum, wodurch der große Zuspruch zur Graduiertenschule unterstrichen wird. Mehr als 370 Doktorandinnen und Doktoranden aus den für GSI und FAIR relevanten Forschungsgebieten nehmen aktuell am Programm von HGS-HIRe teil, wovon 120 Teilnehmende von HIC for FAIR finanziert werden. Ebenso eindrucksvoll ist die Anzahl von 244 HGS-HIRe Alumni (davon 112 Absolventen, die von HIC for FAIR finanziert wurden), die bisher Ende 2015 ihre Promotion erfolgreich abgeschlossen haben. Mehr als 50 von ihnen wurden allein 2015 promoviert. Insgesamt fast 200 gegenwärtige Teilnehmende sowie Absolventinnen und Absolventen von HGS-HIRe sind internationaler Herkunft.

Das strukturierte Aus- und Weiterbildungsprogramm der Graduiertenschule wurde seit ihrer Gründung stetig entwickelt und ausgebaut. Dies zeigt sich insbesondere an den 49 lecture weeks, 21 power weeks, 66 transferable (soft) skills seminars und zahlreichen Spezialveranstaltungen, wie z. B. dem jährlich stattfindenden HGS-HIRe Sommerstudentenprogramm bei GSI und den jährlichen Graduiertentagen sowie Helmholtz-Rosatom-Schulen, die bisher (Stand 2015) von HGS-HIRe geplant, organisiert und durchgeführt wurden.

Im Förderzeitraum wurden erfolgreich Investitionsmittel in Höhe von 8,26 Mio. Euro zur Beschaffung von drei Großgeräten eingeworben: ein Hochfrequenzleistungsverstärker (250 kW/175MHz), ein High Performance-Computerzentrum (LOEWE-CSC) sowie eine Apparatur zur chemischen Analyse von Oberflächen mittels Röntgen-Photoelektronenspektroskopie.

## Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld

Mitglieder von HIC for FAIR sind in Führungsebenen der internationalen Kollaborationen an FAIR vertreten. Insgesamt 202 Konferenzen, davon 165 internationale sowie Workshops wurden im Rahmen von HIC for FAIR finanziert bzw. kofinanziert. Beides unterstreicht die hohe Anerkennung, die die beteiligten Forschenden erhalten.

Im Zuge des äußerst erfolgreichen Besuchsprogrammes verbrachten 1.143 international renommierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler längere Forschungsaufenthalte in Hessen.

Mit knapp 2.000 Publikationen in hochrangigen internationalen Fachzeitschriften und weit über 3.000 wissenschaftlichen Vorträgen innerhalb weniger Jahre gehören die HIC for FAIR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler ganz klar zu den richtungsweisenden Forschenden auf ihrem Gebiet.

Der große Erfolg von HIC for FAIR läßt sich auch anhand der zusätzlich eingeworbenen finanziellen Mittel ablesen. Bei einem Fördervolumen von etwa 43,1 Mio. Euro konnten mehr als 100 Mio. Euro zusätzlich auf nationaler und internationaler Ebene eingeworben werden. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler müssen sich dafür im starken Wettbewerb mit anderen Antragsstellern beweisen.

Die im Jahre 2013 an die Goethe-Universität Frankfurt am Main berufene Professorin Dr. Hannah Petersen erhielt den Heinz Maier-Leibnitz-Preis 2016 – der wichtigste Preis für den wissenschaftlichen Nachwuchs in Deutschland. Die mit 20.000 Euro dotierte Auszeichnung der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurde am 18. Mai 2016 in Berlin vergeben.

## Wichtigste Meilensteine des Projekts



30.10.2008: Übergabe der Förderurkunden durch Staatsministerin Silke Lautenschläger an die HIC for FAIR-Partner Frankfurt Institute for Advanced Studies, Goethe-Universität Frankfurt am Main, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Justus-Liebig-Universität Gießen und Technische Universität Darmstadt.



24.11.2010: Feierliche Inbetriebnahme des neuen Supercomputers LOEWE-CSC im Industriepark Höchst in Frankfurt am Main.



17.03.2014: Wissenschaftsminister Boris Rhein eröffnet die Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, die vom 17. – 21.03.2014 an der Goethe-Universität Frankfurt von HIC for FAIR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftlern ausgerichtet wurde.



09.05.2014: Der HIC for FAIR-Gebäudeteil im Giersch Science Center auf dem Campus Riedberg der Goethe-Universität Frankfurt gibt bis zu 250 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des Helmholtz International Center for FAIR, die zuvor auf verschiedene Standorte in Hessen verteilt waren, eine neue Heimat.



09.05.2014: Ministerpräsident Volker Bouffier und Senator E.h. Prof. Carlo Giersch betreten den Hörsaal anlässlich der Eröffnung des Giersch Science Center (GSC).



07.06.2014: Wissenschaftsminister Boris Rhein und Vertreter des HGWK lassen sich auf dem Hessentag in Bensheim die Magnetschwebbahn mit Supraleiter von dem Wissenschaftlichen Koordinator der Graduiertenschule HGS-HiRe, Dr. Sascha Vogel, erläutern.



19.06.2015: LOEWE-Matinee mit feierlicher Urkundenübergabe durch Staatsminister Boris Rhein und Präsentation von HIC for FAIR durch Prof. Dr. René Reifarth auf dem Campus Westend/Goethe-Universität.

## Weitere Informationsmöglichkeiten

- <https://hicforfair.de/>  
Überblick über die wissenschaftlichen Arbeiten im Helmholtz International Center for FAIR (HIC for FAIR)
- <http://www.proloewe.de/hicforfair>  
Darstellung des LOEWE-Zentrums HIC for FAIR im Portal des ProLOEWE-Netzwerks
- [www.fair-center.de/](http://www.fair-center.de/)  
Darstellung der Beschleunigeranlage „Facility for Antiproton and Ion Research in Europe GmbH“ (FAIR)
- <https://hgs-hire.de/>  
Darstellung der Helmholtz Graduate School for Hadron and Ion Research (HGS-HIRe), die 2008 im Zuge der Gründung von HIC for FAIR aufgebaut wurde
- <https://csc.uni-frankfurt.de/>  
Darstellung des LOEWE-Center for Scientific Computing (LOEWE-CSC)
- [http://www.dfg.de/service/presse/pressemitteilungen/2016/pressemitteilung\\_nr\\_12/index.html](http://www.dfg.de/service/presse/pressemitteilungen/2016/pressemitteilung_nr_12/index.html)  
Pressemitteilung der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Vergabe des Heinz Maier-Leibnitz-Preises 2016 an die 2013 im Rahmen von HIC for FAIR an die Goethe-Universität Frankfurt berufene Professorin Dr. Hannah Petersen

## Zahlen und Fakten

Förderzeitraum	01.07.2008 – 31.12.2015	Bemerkungen
bis Ende des Förderzeitraums verausgabte LOEWE-Mittel	43.082.497 Euro	Zusätzliche Baufinanzierung in Höhe von 7.650.000 Euro
bis Ende des Förderzeitraums verausgabte Drittmittel	60.533.820 Euro	
eingeworbene Drittmittel	100.052.574 Euro	mit Wirkung bis in das Jahr 2021
Anzahl der beteiligten Personen	ProfessorInnen: 83 wiss. MitarbeiterInnen: 563 techn.-admin. MitarbeiterInnen: 82	
Anzahl an innerhalb des Förderzeitraums abgeschlossenen Promotionen	112	darunter 20 Frauen darunter 38 Ausländer
Anzahl an Veröffentlichungen in Fachzeitschriften innerhalb des Förderzeitraums	1.986	
Anzahl an Fachvorträgen auf wissenschaftlichen Tagungen/ Konferenzen innerhalb des Förderzeitraums	> 3.000	
Anzahl an innerhalb des Förderzeitraums zugeteilten Patenten	1	

## Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und außeruniversitären Forschungsinstitute

### Goethe-Universität Frankfurt am Main

<http://www.uni-frankfurt.de>

Die Goethe-Universität ist eine forschungsstarke Hochschule in der europäischen Finanzmetropole Frankfurt. Lebendig, urban und welttoffen besitzt sie als Stiftungsuniversität ein hohes Maß an Eigenständigkeit. 1914 als erste Stiftungsuniversität Deutschlands von Frankfurter Bürgern gegründet, ist sie mit über 47.000 Studierenden (Stand WS 15/16) die drittgrößte Universität Deutschlands. Seit Anfang des letzten Jahrzehnts durchläuft die Goethe-Universität einen ungewöhnlich dynamischen Veränderungsprozess. Kennzeichen dafür sind die Rück-Umwandlung zur Stiftungsuniversität 2008, Qualitätsoffensiven in Lehre und Forschung, verstärkte Kooperationen mit externen Partnern und eine fast vollständige Erneuerung der gesamten baulichen Infrastruktur.



### Technische Universität Darmstadt

<https://www.tu-darmstadt.de/>

Die TU Darmstadt zählt zu den führenden Technischen Universitäten in Deutschland. Ihre rund 300 Professorinnen und Professoren, 4.310 wissenschaftlichen und administrativ-technischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie rund 26.360 Studierenden widmen sich entscheidenden Zukunftsfeldern wie Cybersecurity, Internet und Digitalisierung, Teilchenstrahlen und Materie, Thermofluids und Interfaces, Energiesysteme der Zukunft sowie Entwicklungsprozesse vom Material bis zur Produktinnovation. Mit der Goethe-Universität Frankfurt am Main und der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz bildet die TU Darmstadt die strategische Allianz der Rhein-Main-Universitäten.



### Justus-Liebig-Universität Gießen

[www.uni-giessen.de](http://www.uni-giessen.de)

Die Universität Gießen ist eine moderne Hochschule mit über 400-jähriger Geschichte. Sie hat rund 28.000 Studierende und ist für die Zukunft bestens aufgestellt. Neben einem breiten Lehrangebot – von den klassischen Naturwissenschaften über Rechts- und Wirtschaftswissenschaften – bietet sie ein lebenswissenschaftliches Fächerspektrum, das nicht nur in Hessen einmalig ist: Human- und Veterinärmedizin, Agrar-, Umwelt- und Ernährungswissenschaften sowie Lebensmittelchemie. Seit 2006 wird die JLU sowohl in der ersten als auch in der zweiten Förderlinie der Exzellenzinitiative gefördert (Excellence Cluster Cardio-Pulmonary System – ECCPS; International Graduate Centre for the Study of Culture – GCSC). Die JLU steht damit in den Kultur- und den Lebenswissenschaften bundesweit mit an der Spitze.



## Frankfurt Institute for Advanced Studies

<https://fias.uni-frankfurt.de>

Wissenschaftlicher Fortschritt findet heute nicht nur in den Tiefen spezieller Fachgebiete, sondern ganz besonders an den Grenzflächen der Disziplinen statt. Das Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS) führt hochqualifizierte Forschende aus den Bereichen Physik, Mathematik, Hirnforschung, Life Sciences und Computerwissenschaften zusammen. Als Plattform für die Vernetzung der Wissenschaften legt es Grundlagen für entscheidende Fortschritte der Forschung durch Zusammenarbeit, durch Gedankenaustausch und durch Überwinden von strukturellen Grenzen zwischen den Disziplinen. Fast 200 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 27 Ländern forschen am FIAS.



## GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung

<https://www.gsi.de/start/aktuelles.htm>

Das GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt betreibt eine der weltweit führenden Teilchenbeschleunigeranlagen für die Forschung. Etwa 1.350 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind bei GSI beschäftigt. Dazu kommen jährlich rund 1.000 internationale Nutzerinnen und Nutzer. Die bekanntesten Resultate der Forschung bei GSI sind die Entdeckung von sechs neuen chemischen Elementen des Periodensystems und die Entwicklung einer neuartigen Krebstherapie mit Ionen. In den nächsten Jahren wird bei GSI das neue internationale Beschleunigerzentrum FAIR entstehen. An FAIR werden Experimente möglich sein, durch die Physiker aus aller Welt neue Einblicke in den Aufbau der Materie und die Entwicklung des Universums, vom Urknall bis heute, erwarten.



# HESSEN



Das Forschungsförderungsprogramm LOEWE ist eine Förderinitiative des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst.

## Impressum

### Herausgeber:

Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst  
Rheinstraße 23 – 25  
65185 Wiesbaden

### Inhalt:

LOEWE-Zentrum HIC for FAIR – Helmholtz International Center for FAIR

### Redaktion:

LOEWE-Geschäftsstelle im  
Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst

### Layout:

Christiane Freitag, Idstein

### Fotos:

LOEWE-Zentrum HIC for FAIR – Helmholtz International Center for FAIR  
Titel, S. 2: © Uwe Dettmar/Frankfurt am Main; S. 3 Abb. 1 und 4: © Dr. Mario Weigand/  
Goethe-Universität Frankfurt am Main; S. 3 Abb. 2 und 3: © Dr. Kathrin Göbel/Goethe-Uni-  
versität Frankfurt am Main; S. 4 und S. 5 Abb. 3: © Thomas Ernsting/Hessen schafft Wissen;  
S. 5 Abb. 1 und 2: © Jan Michael Hosan/Hessen schafft Wissen; S. 7 Abb. 1 und S. 8 Abb. 4:  
© Jürgen Lecher/Goethe-Universität Frankfurt am Main; S. 7 Abb. 2: © Goethe-Universität  
Frankfurt am Main; S. 7 Abb. 3: © Claudia Freudenberger/Goethe-Universität Frankfurt  
am Main; S. 8 Abb. 1 und 2: © Gabi Otto/GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung  
GmbH; S. 8 Abb. 3: © Sascha Vogel/Frankfurt am Main