



HIGHLIGHTS 2020

NEUE PHYSIK, NEUE WEGE

AUF EINEN BLICK

Der Blick zu den kleinsten Bausteinen der Materie und in die unendlichen Weiten des Universums – für diese Physik der Extreme steht das Exzellenzcluster PRISMA+. Auf der Suche nach „neuer Physik“ loten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Grenzen des Wissens immer wieder aufs Neue aus.



2019 – 2025

Förderzeitraum



52 Mio.

Fördersumme (in Euro)



47 leitende
Wissenschaftlerinnen und
Wissenschaftler,
116 Doktorandinnen und
Doktoranden, 64 Postdocs,
11 neue Forschungsgruppen
seit 2012
(Stand 01/2021)



Beteiligte Institute:
Institut für Physik, JGU; Institut für Kern-
physik, JGU; Department Chemie, JGU;
Helmholtz-Institut Mainz (HIM)



PRISMA+ (Präzisionsphysik, fundamentale
Wechselwirkungen und Struktur der
Materie) wird gefördert durch die Exzellenz-
strategie des Bundes und der Länder.

INHALT

04 Vorwort

06 Woran forschen Sie gerade?

- Dr. Joanna Sobczyk – Fasziniert von Neutrinos
- Dr. Raphael Haas/Anna Viatkina – Taktisch klug: Ein Testlabor für neue Physik
- Dr. Martin Rongen – Das Eis verstehen
- Marvin Schnubel – Vom Leben und Sterben des Higgs-Teilchens

14 NEU bei PRISMA+

16 Wissen weitergeben –
Großes Kino trotz Corona

18 Forschung braucht (Frei)räume –
Ein Haus für MESA

20 Entwicklung fördern –
Fit für Forschung

22 Status Report

- Mu3e-Experiment – Eine Idee wird Realität
- Neuer Trigger für ATLAS – Bereit zur Installation

30 Chronik 2020

37 Ausblick auf 2021

38 Unsere Forschung

40 Wir über uns

42 Impressum

LIEBE LESERINNEN UND LESER,



Hand aufs Herz: Wer hätte sich Anfang 2020 ausmalen können, was dieses Jahr an Herausforderungen und Umstellungen für uns alle mit sich bringt? Konfrontiert mit der COVID-19-Pandemie und einer ersten Vollbremsung im März mussten wir Bewährtes über Bord werfen und unter völlig neuen Bedingungen forschen und lehren. Doch aus jeder Herausforderung erwachsen kreative Ideen.

So hat der digitale Umgang miteinander viele neue Ansätze, Arbeitsweisen und Formate hervorgebracht: Führungen durch den Beschleuniger MAMI finden derzeit virtuell statt, viele internationale Großexperimente in der Teilchenphysik, an denen wir beteiligt sind, werden überwiegend aus der Ferne gesteuert.

Apropos Großexperimente: Ihnen wollen wir uns künftig im Jahresbericht verstärkt und kontinuierlich widmen. Sie spielen eine entscheidende Rolle im Forschungsprogramm von PRISMA+, denn die fundamentalen Fragen der Physik kann ein Standort nicht alleine beantworten. In der neuen Rubrik „Status Report“ werfen wir einen Blick hinter die Kulissen großer Kollaborationen und zeigen auf, was Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von PRISMA+ rund um den Globus leisten.

Doch es gibt noch mehr zu berichten: Die Mainz Physics Academy (MPA) ist 2020 richtig durchgestartet, und wir konnten bereits 19 talentierte junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler als MPA-Fellows gewinnen. Der Bau des „Centrums für fundamentale Physik (CFP)“ macht große Fortschritte, und die wichtigsten Komponenten für den neuen Beschleuniger MESA, die Kryomodule, haben alle Tests erfolgreich bestanden.

Während die Pandemie weiterhin unser berufliches und privates Leben prägt, ist es umso wichtiger, auf diese Fortschritte und Erfolge hinzuweisen. Wie im letzten Jahr haben wir sie in dieser Broschüre für Sie zusammengestellt. Der Titel „Neue Physik, neue Wege“ kombiniert unser übergeordnetes Ziel – die Suche nach neuer Physik – mit unserer aktuellen Antwort auf Corona, nämlich neue Wege aufzuzeigen und zu verfolgen.

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre.

Bleiben Sie neugierig!



PROF. DR. HARTMUT WITTIG

PROF. DR. MATTHIAS NEUBERT

SPRECHER DES EXZELLENZCLUSTERS PRISMA+

WORAN FORSCHEN SIE GERADE?

Dr. Joanna Sobczyk

Dr. Joanna Sobczyk forscht seit Januar 2020 in Mainz als Postdoc. Sie wurde zunächst durch das von PRISMA+ initiierte Irène Joliot-Curie Programm mit einem Fellowship für Übergangsphasen gefördert. Inzwischen hat sie ein Humboldt-Forschungsstipendium und ein Marie Curie Fellowship erhalten.



Fasziniert von Neutrinos

„Neutrinos sind meine Faszination – jene geisterhaften Teilchen, die milliardenfach unsere Erde durchdringen und trotzdem nur sehr schwer nachzuweisen und zu verstehen sind. Mit neuen geplanten Experimenten – wie dem DUNE Experiment in den USA – wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einige fundamentale Neutrino-Eigenschaften genauer untersuchen: zum Beispiel das Phänomen, dass sich die drei Neutrino-Arten ständig ineinander umwandeln – im Fachjargon Neutrino-Oszillation. Hierfür brauchen sie wichtige Informationen aus theoretischen Berechnungen: Und hier komme ich ins Spiel.

Ich beschäftige mich konkret mit der Frage, wie Neutrinos mit Atomkernen wechselwirken. Hier treffen sozusagen zwei Forschungsgebiete von PRISMA+ aufeinander: die Hochenergiephysik und die Kernphysik. Ich möchte von Grund auf – also ausgehend von den fundamentalen Theorien, die wir haben – sehr präzise berechnen, was passiert, wenn ein Neutrino auf einen Atomkern trifft.

Daraus können wir Modelle entwickeln und Prozesse simulieren, die wiederum für die experimentellen Kolleginnen und Kollegen bei der Durchführung und Interpretation ihrer Experimente unverzichtbar sind. In Mainz, in der Gruppe von Sonia Bacca, finde ich ideale Voraussetzungen für meine theoretischen Forschungen: Die Gruppe beschäftigt sich sehr erfolgreich mit der Vorhersage von Eigenschaften des Atomkerns, die sich aus den Kräften zwischen den Kernbestandteilen – den Nukleonen – und ihren Wechselwirkungen herleiten lassen. Konkret möchte ich die Wechselwirkung der Neutrinos mit Atomkernen der Elemente Sauerstoff (^{16}O) und Argon (^{40}Ar) berechnen – beide werden in späteren Neutrino-Experimenten eine wichtige Rolle spielen. Ein schönes Beispiel für das unverzichtbare Wechselspiel von Theorie und Experiment.“

WORAN FORSCHEN SIE GERADE?

Dr. Raphael Haas /
Anna Viatkina

Dr. Raphael Haas ist Kernchemiker in der Gruppe von Prof. Dr. Christoph Düllmann, Anna Viatkina hat in Russland studiert und arbeitet als theoretische Physikerin in der Gruppe von Prof. Dr. Dmitry Budker an ihrer Doktorarbeit. Das TACTICa Projekt wird im Rahmen eines „Helmholtz-Exzellenznetzwerks“ im Bereich „Materie und Universum“ gefördert.



Taktisch klug: Ein Testlabor für neue Physik

„Wir haben ein gemeinsames Ziel: Wir wollen das Isotop Thorium-229 nutzen, um das Standardmodell der Teilchenphysik zu testen. Im TACTICa Projekt arbeiten wir dazu Hand in Hand mit unseren Kollegen und Kolleginnen aus der experimentellen Atomphysik. Der Name TACTICa (Trapped And Cooled Thorium Ion spectroscopy via Calcium) ist Programm: Wir fangen einzelne Thorium-229-Ionen in einer speziellen Ionenfalle, um sie mittels Laserspektroskopie untersuchen zu können. Dafür müssen wir die Thorium-Ionen zunächst abbremsen – oder kühlen, wie wir sagen. Hierbei hilft uns Calcium, das mit an Bord ist. Wir nennen diese Methode Quantenlogikspektroskopie: Eigentlich wollen wir etwas über das Thorium herausfinden, brauchen aber, um dieses zu manipulieren, Calcium als Helfer, als Logik-Ion.

Was macht Thorium-229 so besonders? Es besitzt mit dem metastabilen Zustand Thorium-229m das bei Weitem niedrigste angeregte Energieniveau aller derzeit bekannten etwa 3.800 Atomkerne. Es ist deshalb der einzige Kernübergang, der potenziell mit Lasern abgefragt werden kann. Die extrem präzise Vermessung dieses Übergangs und der beiden Kernzustände eröffnet spannende Perspektiven. Insbesondere wird Thorium für uns zu einem Testlabor für neue Physik. Wir wollen zum Beispiel die Frage beantworten, ob bestimmte Naturkonstanten vielleicht gar nicht so konstant sind, sondern sich mit der Zeit oder mit dem Ort ändern. Dies wiederum sagen einige Theorien zur Dunklen Materie vorher, die über das Standardmodell hinausgehen.

Aktuell arbeiten wir in der Kernchemie daran, geeignete Uran-233-Quellen herzustellen und die Thorium-229-Töchter aus dem radioaktiven Zerfall des Urans in unsere Falle zu leiten – während wir von der theoretischen Seite Modelle dafür entwickeln, was kleinste Abweichungen zwischen gemessenen und erwarteten Ergebnissen über neue Physik verraten können. Dass die Methode prinzipiell funktioniert, konnten wir bereits zeigen.“

WORAN FORSCHEN SIE GERADE?

Dr. Martin Rongen

Dr. Martin Rongen ist Postdoc in der Gruppe von Prof. Dr. Sebastian Böser und arbeitet am IceCube-Experiment. Vor Ort in der Antarktis mit dabei zu sein, ist für ihn eine sehr prägende Erfahrung, die er bereits zwei Mal erleben durfte.



Das Eis verstehen

„Mit dem IceCube-Experiment am Südpol fangen wir mithilfe eines Kubikkilometers Gletschereis Signale von Neutrinos auf, die aus den Tiefen des Weltalls kommen. Wenn eines dieser Neutrinos auf ein Eismolekül trifft, senden die dabei entstehenden Teilchen auf ihrem Weg durch das Eis ein besonderes bläuliches Licht aus. 5.160 Lichtsensoren, die in Glaskugeln an langen Kabeln bis zu 2,45 Kilometer tief ins Eis reichen, fangen dieses Cherenkov-Licht auf.

Um die gemessenen Signale korrekt auszuwerten, müssen wir die Sensoren und das Eis als Detektionsmedium so genau wie möglich kalibrieren und vor allem simulieren, wie sich das Cherenkov-Licht ausbreitet. Dabei müssen wir mittlerweile nicht nur Verunreinigungen im Eis, sondern auch dessen Mikrostruktur als doppelbrechenden Polykristall und damit die an jedem Übergang zwischen zwei Kristallen auftretenden Brechungen berücksichtigen. Als definierte Lichtquelle nutzen wir LEDs, die sich gemeinsam mit den Lichtsensoren in einer Glaskugel befinden. Deren definierte Lichtpulse werden von den Sensoren anderer Kugeln registriert.

Aktuell arbeiten wir am Ausbau unseres Neutrino-Teleskops: Im IceCube Upgrade wollen wir 700 neue Detektorkomponenten ins Eis bringen und die Kalibrationsmethoden zum Beispiel mithilfe neuer LED Flasher weiter verbessern. Jeder Flasher ist eine kleine Platine, die alles enthält, um eine einzelne LED für wenige Nanosekunden genau definiert aufleuchten zu lassen. Der Clou: Wir konzipieren die Flasher nicht nur, sondern testen und produzieren sie in großer Zahl im PRISMA Detektorlabor. Die Generalprobe in 2020 ist mit 220 Flashern sehr gut gelungen. Für die Produktion von 4.500 Flashern stehen wir in den Startlöchern. Die vorintegrierten Detektorkomponenten mit „unseren“ Flashern werden voraussichtlich 2022/23 in sieben neuen Bohrlöchern im Eis der Antarktis installiert.“

WORAN FORSCHEN SIE GERADE?

Marvin Schnubel

Marvin Schnubel ist Doktorand in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Matthias Neubert und hat ein PhD-Fellowship der Mainz Physics Academy inne. Ihn fasziniert die Idee, Prozesse, die um uns herum allgegenwärtig sind, theoretisch zu verstehen.



Vom Leben und Sterben des Higgs-Teilchens

„Als das Higgs-Teilchen im Juli 2012 am CERN entdeckt wurde, war dies eine wissenschaftliche Sensation. Seitdem ist es gelungen, seine Eigenschaften weiter zu studieren – aber noch immer gibt es uns viele Rätsel auf.

In meiner Forschung nutze ich ein neues Theoriemodell, um zu verstehen, wie Higgs-Teilchen aus zwei Gluonen entstehen oder wieder in diese zerfallen. Das theoretische Verständnis dieser und anderer Prozesse hilft uns wiederum, entsprechende Experimente an großen Beschleunigern zu simulieren und zu interpretieren. Die große Frage, die dahintersteckt: Verhält das Higgs-Teilchen sich so wie es das Standardmodell der Teilchenphysik vorhersagt? Oder zeigt es Auffälligkeiten, die auf eine bisher unbekannte Physik hindeuten?

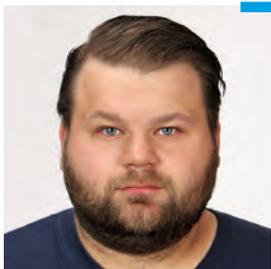
Was wie ein einfacher Produktions- oder Zerfallsprozess klingt, ist theoretisch nicht leicht zu beschreiben, da Effekte der starken Wechselwirkung eine Rolle spielen. So entstehen in einem Zwischenschritt „virtuelle Quarks“, die nur während des Prozesses existieren, aber nicht experimentell messbar sind.

Ich nutze hierzu einen neuartigen Ansatz, der auf einer effektiven Feldtheorie basiert: die sogenannte Soft Collinear Effective Theory. Mit der SCET kann ich den Prozess in einzelne Anteile zerlegen. Diese Faktoren wiederum lassen sich auf einer bestimmten Energieskala jeweils am einfachsten berechnen, wobei diese Skala von Faktor zu Faktor unterschiedlich ist. Am Ende werden alle Faktoren wieder zusammengeführt.

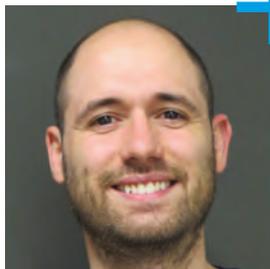
Obwohl wir wissen, dass es in unserem Fall ein solches Faktorisierungstheorem geben muss, kennen wir die einzelnen Anteile nicht und genau diese gilt es herauszufinden. Die SCET Methode ist hierbei die erste, die ausreichend genaue analytische Berechnungen erlaubt. Ein hochaktuelles Forschungsthema, das aufgrund seiner Komplexität erst in den letzten Jahren so richtig an Fahrt aufgenommen hat. Hier ganz vorne mit dabei zu sein, ist ungemein spannend.“

NEU BEI PRISMA+

Mehr als 350 Menschen tragen mit ihren vielfältigen Qualifikationen und Profilen zum Erfolg von PRISMA+ bei. In jedem Jahr können wir neue Kolleginnen und Kollegen im großen PRISMA+ Team begrüßen. Sie bringen ihre Ideen ein und sorgen in verschiedensten Bereichen für Verstärkung – als Wissenschaftlerin oder Wissenschaftler, Ingenieurin oder Ingenieur, im technischen wie im Verwaltungsbereich. Auf dieser Doppelseite stellen wir die „Neuen“ schlaglichtartig vor.



DR. HANS STEIGER
forscht als Inhaber des „Detector Innovation Fellowship“ im PRISMA Detektorlabor. Er bringt ein neues spannendes Projekt mit nach Mainz: TAO steht für „Taishan Antineutrino Observatory“ und ist Teil des geplanten Neutrino-Experiments JUNO in Südchina.



DR. JAVIER FUENTES MARTIN
hat am MITP ein dreijähriges „Senior Postdoctoral Fellowship“ inne. Sein Forschungsgebiet ist die Flavour Physik mit ihren vielen offenen Fragen. Er betrachtet diese aus theoretischer und phänomenologischer Sicht und entwirft Modelle, die Antworten liefern können.



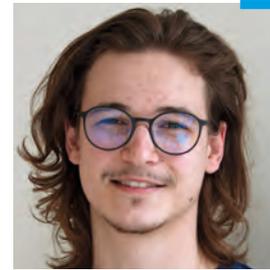
DR. CHRISTIAN SMORRA
ist neues Mitglied bei PRISMA+ und sucht nach Symmetrieverletzungen zwischen Materie und Antimaterie. In hochpräzisen Messungen vergleicht er beide „Welten“ und entwickelt dazu spezielle Fallen, um Antiteilchen einzusperren, aber auch zu transportieren.



PATRICIA THEOBALD ist Elektronikerin im Detektorlabor. Mit einer Pick and Place Maschine bestückt sie selbst entwickelte Platinen verschiedener Arbeitsgruppen mit (Hightech-) Bauteilen. Dabei entstehen Prototypen und Kleinserien – und zukünftig auch Großserien.



STEFFEN SCHÖNFELDER stellt im Detektorlabor mechanische Bauteile und Detektorkomponenten für diverse PRISMA+-Forschungsprojekte her und beteiligt sich am mechanischen Aufbau der Detektorsysteme. Aktuell betreut der Maschinenbautechniker zudem die 3D-Druckwerkstatt.



FELIX ACHTMANN unterstützt PRISMA+, MITP und das Detektorlabor als first-level-support in allen wichtigen IT-Belangen und löst Hard- und Softwareprobleme. Für das MITP bearbeitet er Aufzeichnungen wissenschaftlicher Workshops und stellt diese der Community zur Verfügung.



DR. MARIE-CHRISTIN WEDEL ist neue Koordinatorin der Mainz Physics Academy (MPA). Bei ihr laufen alle Fäden in Sachen Nachwuchsförderung und Graduiertenausbildung organisatorisch zusammen – das betrifft neue Studienangebote ebenso wie Stipendien-Ausschreibungen und Workshop-Programme.



OLGA ZEEH-SOURLI hat die Geschäftsführung am MITP übernommen. Als internationales Zentrum für theoretische Physik begrüßt das MITP mehr als 600 Gäste im Jahr – zurzeit überwiegend virtuell. Für einen reibungslosen Ablauf und professionellen Service sorgt Olga Zeeh-Sourli mit ihrem Team.

Ob wissenschaftliche, technische oder administrative Position: Aktuelle Stellenausschreibungen finden Sie auf unserer Homepage. Initiativbewerbungen für Postdoktoranden- oder PhD-Stellen sind jederzeit möglich.

<https://prisma.uni-mainz.de/jobs>

Lennart Adam forscht zum W-Boson – auf der Science-Slam-Bühne erklärt er mithilfe von Gemüse und Spielzeugbausteinen, wie er diesem Elementarteilchen auf die Spur kommt.



WISSEN WEITERGEBEN

GROSSES KINO

TROTZ CORONA +++

Not macht bekanntlich erfinderisch – und aus jeder Herausforderung erwachsen kreative Ideen. So haben physikinteressierte Laien ebenso wie physikbegeisterte Schülerinnen und Schüler auch 2020 die Gelegenheit, sich aus erster Hand über aktuelle und spannende Physik-Forschung in Mainz zu informieren.

Das Jahr startet – noch in Präsenz – mit einem neuen Format: In der „Campus Mainz Talkshow“ erfährt das Publikum von namhaften Interviewgästen auf unterhaltsame Art und Weise, was sie dorthin geführt hat, wo sie heute sind.

Ab da geht es virtuell weiter: Die erste Masterclass@home, eine Art Intensivkurs, in dem es gilt, selbst zu forschen und den Geheimnissen der Teilchenphysik auf die Spur zu kommen, geht im Juli auf Sendung. Das etablierte Präsenz-Format in die virtuelle Welt zu übertragen, ist ein voller Erfolg – und zugleich ist das neue Angebot nun dauerhaft für Schulen verfügbar, deren Standort zu weit von Mainz entfernt liegt.

Ebenfalls an Schülerinnen und Schüler richten sich die Streubretter, ein neues didaktisches Angebot, das im Lauf des Jahres entwickelt wird. Mittels dieses besonderen Hands-on-Experiments sollen Streuversuche anschaulich werden. Sie finden in zahlreichen Gebieten der Physik statt, etwa in Teilchenbeschleunigern wie dem Mainzer Mikrotron MAMI.

Apropos MAMI: Da der Beschleuniger aktuell geschlossen ist, nimmt eine neu konzipierte virtuelle MAMI-Führung das Online-Publikum mit auf eine Reise durch die unterirdischen Hallen des Instituts für Kernphysik. „Physik im Theater“ findet hingegen im Hybridformat statt. Auf Sofas im kleinen Haus des Staatstheaters Mainz und per Livestream auf der heimischen Couch können die Zuhörerinnen und Zuhörer dem Vortrag von Prof. Dr. Pedro Schwaller über Gravitationswellen lauschen.

Am 5. November schließlich öffnet sich der Vorhang für ein besonderes Event: Bei der Premiere des Big!Bang!Slam! – unserem physikalischen Science Slam Special – rocken fünf Mainzer Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler die Bühne. Kreativ, unterhaltsam und verständlich präsentieren sie im Livestream ihr Forschungsthema. Die einhellige Meinung: Das war ganz großes Kino und macht Lust auf mehr! +



Die neuen Streubretter in Aktion.

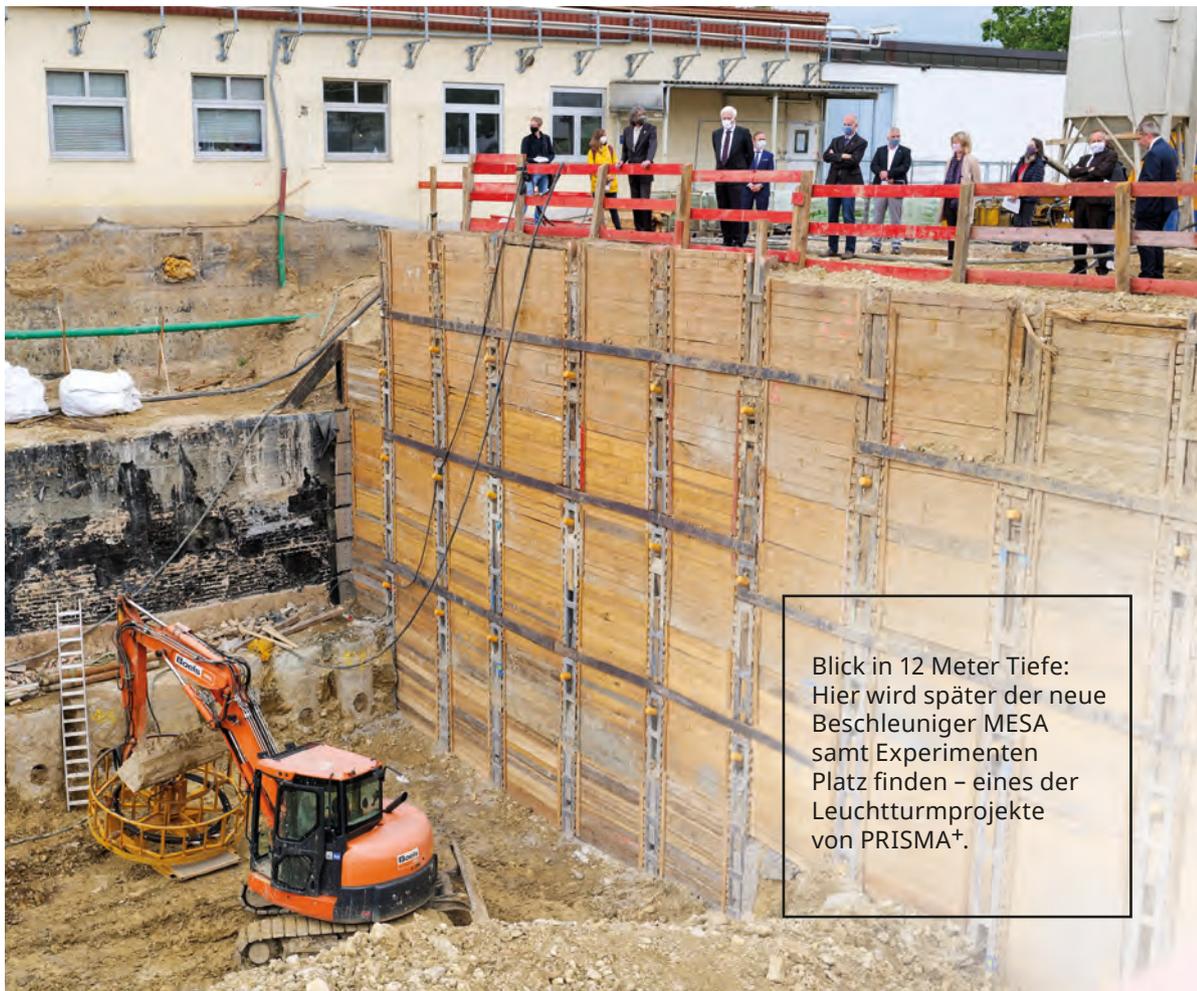


„Physik im Theater“ vor ungewohnter Kulisse.



Am 5. November heißt es im KUZ: Bühne frei für den Big!Bang!Slam!

FORSCHUNG BRAUCHT (FREI)RÄUME EIN HAUS FÜR MESA +++



Das neue „Centrum für Fundamentale Physik (CFP)“, welches gerade auf dem Gutenberg-Campus entsteht, bildet den baulichen Rahmen für zentrale Projekte des PRISMA+-Forschungsprogramms – insbesondere die Durchführung von Präzisionsexperimenten mit dem neuen Beschleuniger MESA und die Erforschung des schwach wechselwirkenden Universums. Der Bau des CFP macht 2020 große Fortschritte.

Startklar für den Baubeginn ist das CFP II, das als Büro- und Laborgebäude konzipiert ist. Neben Flächen für neue Arbeitsgruppen, Büros sowie einem großen Konferenzraum wird es vor allem Speziallabore für die Detektorentwicklung einschließlich Montage-Halle beherbergen. In den ersten Monaten des Jahres wird die Baustelle eingerichtet, Ende April kann es losgehen. Nachdem ein Großdrehbohrgerät zahlreiche Gründungspfähle tief ins Erdreich eingebracht hat, beginnen die Arbeiten am Untergeschoss. Dabei fließt jede Menge Beton – und am Ende des Jahres ist in Teilen der Baugrube schon der Boden des Erdgeschosses zu sehen.

Im zweiten Gebäudeteil, dem CFP I, werden der Beschleuniger MESA und die zugehörigen Experimente in einer neuen, unterirdischen Experimentierhalle Platz finden. Hier wird im Mai die Baugrubensohle für die Bodenplatte in 12 Metern Tiefe erreicht. Der Start der Rohbauphase steht unmittelbar bevor. Finanz- und Bauministerin Doris Ahnen, Wissenschaftsminister Prof. Dr. Konrad Wolf, JGU-Präsident Prof. Dr. Georg Krausch und LBB-Geschäftsführer Holger Basten nehmen dies zum Anlass, sich vor Ort über den Baufortschritt zu informieren. Im Lauf des Jahres werden in der Grube mehr und mehr Strukturen erkennbar – bevor im März 2021 spektakulär die Decke betoniert wird (s. Ausblick auf S. 37).

Auf dem Mainzer Campus tut sich aber noch mehr: Der erste Spatenstich für den Ersatzneubau Kernchemie erfolgt im Juli – es entsteht ein neues Labor- und Bürogebäude für die Kernchemie mit ihrem Forschungsreaktor TRIGA Mainz. Dieser spielt auch in der PRISMA+-Forschung eine große Rolle – etwa beim τ SPECT-Experiment, mit dem die Lebensdauer des Neutrons bestimmt werden soll. +



Schauen Sie den neuen Gebäuden beim Wachsen zu!
www.prisma.uni-mainz.de/cfp

Nachwuchsförderung
als Kernaufgabe:
Studierenden und Pro-
movierenden bietet
PRISMA+ ein exzellentes
Ausbildungs- und
Forschungsumfeld.



ENTWICKLUNG FÖRDERN

FIT FÜR FORSCHUNG +++

PRISMA+ hat sich der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in allen Phasen der akademischen Laufbahn verpflichtet – von Bachelor-Studierenden bis zu Postdocs. Die Mainz Physics Academy (MPA) bildet das gemeinsame Dach für alle diese Aktivitäten.

Mit der neuen Koordinatorin, Dr. Marie-Christin Wedel, nimmt die MPA in 2020 mächtig Fahrt auf. Im Frühjahr stößt die Ausschreibung der MPA-Fellowships für Doktorandinnen und Doktoranden auf große Resonanz. Aus über einhundert Bewerbungen – davon fast 90 Prozent von internationalen Interessenten – erhalten schließlich vier junge talentierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein Fellowship. Sie bekommen ein attraktives Gehalt sowie individuelle Reise- und Forschungsmittel. Ferner können sie an allen MPA-Aktivitäten teilnehmen, darunter Vorlesungen, Seminare, Retreats, Summer Schools und Workshops. Der Kreis der MPA-Fellows wird im Lauf des Jahres noch größer – sechs Doktorandinnen und Doktoranden werden als assoziierte Fellows aufgenommen.

Premiere haben das 3-tägige MPA Retreat im September und ein Semestermeeting im Dezember: Während es beim Retreat vor allem um Forschungsthemen und weitere Aspekte des wissenschaftlichen Arbeitens geht, stehen beim Semestertreffen das gegenseitige Kennenlernen und der Austausch der MPA-Fellows im Fokus.

Auch die Vorbereitungen für ein besonderes neues Studienangebot, den Excellence Track, laufen auf Hochtouren: Hochqualifizierte Physikstudierende erhalten hier die Möglichkeit, schon während ihres Masterstudiums frühzeitig in die aktuelle Forschung einzusteigen. Mit Blick auf eine zukünftige Promotion sind sie von Beginn an in die Themen der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen an den Instituten für Physik und Kernphysik eingebunden. Mehr noch: Sie lernen nicht nur zu forschen, sondern erwerben auch wichtige Zusatzqualifikationen zum Beispiel im Bereich Soft Skills. Im Jahr 2020 erarbeiten die Verantwortlichen ein Konzept für den Excellence Track, diskutieren dieses in den akademischen Gremien und verankern es im Studienangebot der JGU als Erweiterung des existierenden Masterstudiengangs. 2021 kann es losgehen! +

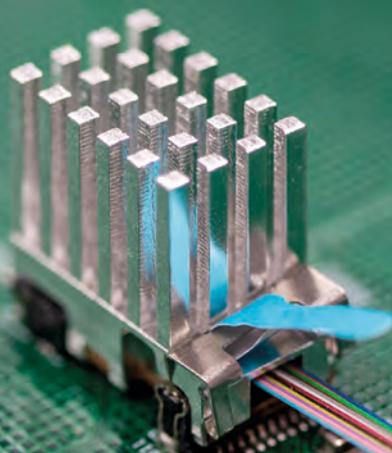


Informationen zur MPA:
<https://prisma.uni-mainz.de/mpa/>



STATUS REPORT

Vielseitig einsetzbar:
Dieser Sender und Empfänger sorgt an vielen Stellen im Mu3e-Experiment für eine schnelle Datenübertragung auf optischen Fasern – zum Beispiel, um Messdaten aus dem Detektor zu transportieren.



MU3E-EXPERIMENT EINE IDEE WIRD REALITÄT

Der große Magnet ist angeliefert und getestet, der 120 Seiten starke Design-Report – eine Art Bauanleitung – geschrieben und veröffentlicht und die ultradünnen Pixel-Detektoren sind bereit zur Produktion: Es tut sich gerade sehr viel beim geplanten Mu3e-Experiment. „Von der Entwicklungsphase geht es nun in die Bauphase: Aus einer Idee wird Realität“, so beschreibt Prof. Dr. Niklaus Berger, der mit seiner PRISMA+-Arbeitsgruppe am Experiment beteiligt ist, den aktuellen Status.

Eine internationale Forschungskollaboration möchte mit dem Mu3e-Experiment am schweizerischen Paul Scherrer Institut (PSI) nach dem Zerfall eines Myons (μ) in drei Elektronen ($3e$) suchen. Nach dem Standardmodell wäre dieser Zerfall extrem unwahrscheinlich – und sein Nachweis damit ein starker Hinweis auf eine bisher unbekannte Physik. Für diese Suche nach der Nadel im Heuhaufen kann das Mu3e-Experiment gleich mit mehreren Superlativen aufwarten: Am PSI gibt es einen der intensivsten Myonen-Strahlen der Welt. Darüber hinaus ist es gelungen, einen Detektor mit 300 Millionen Pixeln zu konzipieren, der nicht dicker ist als ein Haar.

Das Herzstück dieses Wunderwerks der Technik heißt MuPix: Der finale Prototyp für den Pixelsensor hat alle Tests, unter anderem am Mainzer Teilchenbeschleuniger MAMI, mit Bravour bestanden. 2.844 solcher Sensoren können nun produziert und am Ende in dem finalen Detektor verbaut werden.



Hier erreicht der Mu3e-Magnet das PSI:
<https://www.youtube.com/watch?v=IIC8ioxToZg>

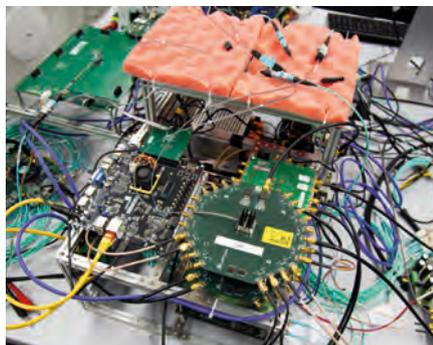


Weitere Informationen zum Mu3e-Experiment:
<https://www.psi.ch/en/mu3e/introduction>

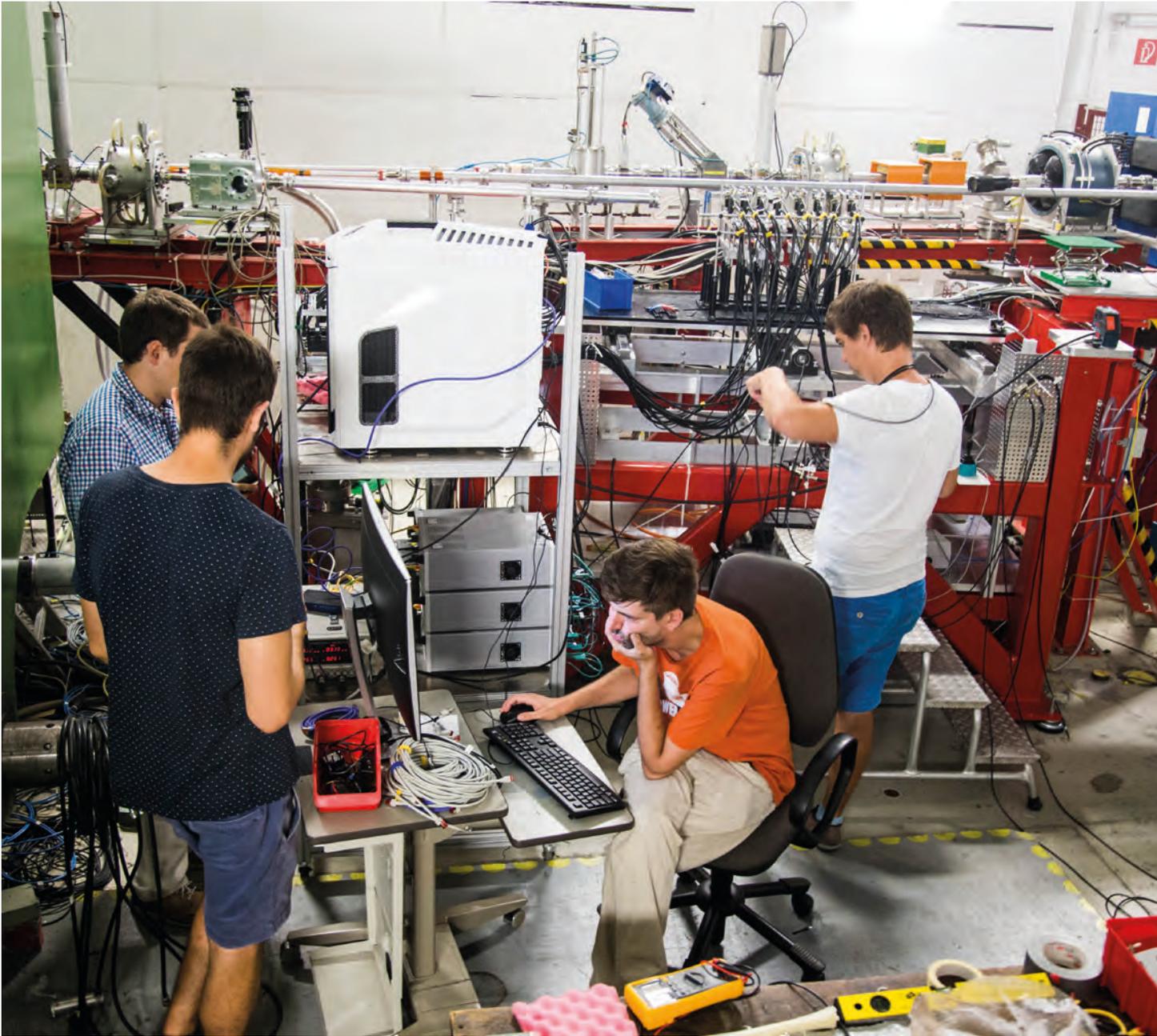
Zur Auslese des Detektors wird ein schnelles Netzwerk benötigt, das die vielen Milliarden Pixel-Treffer aus dem Detektor heraustransportiert, sortiert und sammelt. Dieses System ebenso wie die anspruchsvolle Stromversorgung für den kompletten Detektor sind Mainzer Entwicklungen. Dabei profitieren Niklaus Berger und sein Team vor allem von der Infrastruktur des PRISMA Detektorlabors: „Wir konnten als eine der ersten Gruppen die hochmoderne PCB-Bestückungs-Anlage nutzen, um die winzigen Boards voller Hightech-Elektronik herzustellen.“

Im Sommer 2021 wollen die Forscherinnen und Forscher einen Teil des Detektors aufbauen, mit dem Myonen-Strahl am PSI beschießen und dabei ein Sechstel der späteren Datenmenge auslesen. „Das wäre schon ein anständiger Anteil des finalen Experiments“, freut sich Niklaus Berger. +

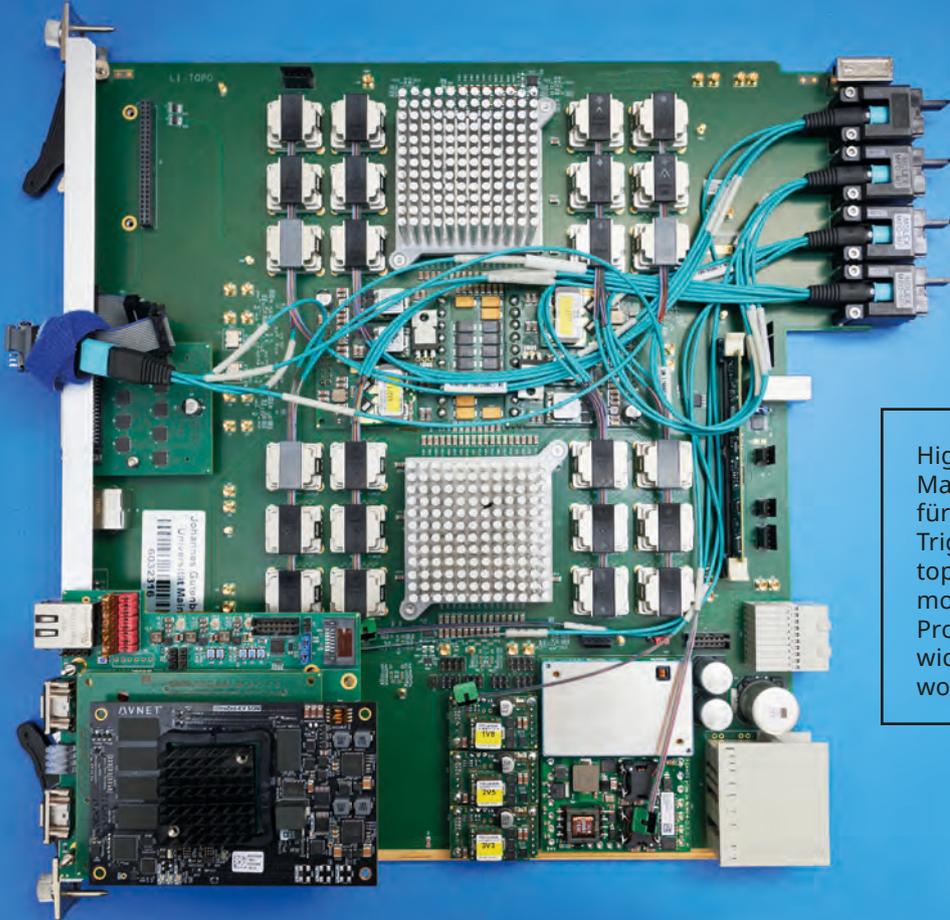
„ Wir wissen bereits, dass der Zerfall, den wir suchen, seltener als einmal in 10^{12} (tausend Milliarden) Zerfällen auftritt. Mit Mu3e wollen wir ihn finden, oder ausschließen, dass er häufiger als einmal in 10^{16} (zehn Millionen Milliarden) Zerfällen auftritt. Prof. Dr. Niklaus Berger



Das Datenerfassungssystem (DAQ) wird geplant (l.) und testweise ausgelesen (M.). Mitglieder der Gruppe von Niklaus Berger testen Pixelsensoren am MAMI Beschleuniger.



STATUS REPORT



Hightech made in Mainz: Dieses Bauteil für das neue ATLAS Trigger-System, das topologische Triggermodul, ist zu 100 Prozent in Mainz entwickelt und gebaut worden.

NEUER TRIGGER FÜR ATLAS BEREIT ZUR INSTALLATION

Während der aktuellen Wartungsphase des Large Hadron Collider (LHC) am CERN erfährt auch der ATLAS Detektor ein Upgrade – zentrale neue Komponenten hierfür stammen aus den PRISMA+-Arbeitsgruppen von Prof. Dr. Volker Büscher und Prof. Dr. Stefan Tapprogge. Sie konzentrieren sich vor allem auf die sogenannten Trigger-Systeme, die bei ATLAS eine wichtige Rolle bei der Echtzeitanalyse der Daten spielen. „Unser Detektor ist im Grunde genommen eine riesige Kamera, die viele Millionen Teilchenkollisionen pro Sekunde ‚fotografiert‘“, veranschaulicht Volker Büscher. Es ist aber unmöglich, all diese Bilder zu speichern. Das Trigger-System schaut jedes Bild an und entscheidet in Echtzeit, ob es interessant ist oder nicht, also gespeichert werden soll oder nicht.

In seiner dritten Laufzeit wird der LHC noch höhere Raten an Teilchenkollisionen – und damit noch mehr Daten pro Sekunde – produzieren als bisher. Auch das neue Trigger-System muss damit Schritt halten können. „Die große Kunst ist demnach, noch mehr Daten innerhalb weniger Mikrosekunden auszusortieren, ohne dabei interessante Physik zu verlieren“, beschreibt Volker Büscher. All das passiert mithilfe vollautomatischer Elektronik – die verwendeten Logik-Bausteine nutzen neueste Entwicklungen und arbeiten an der Grenze des technisch Machbaren.

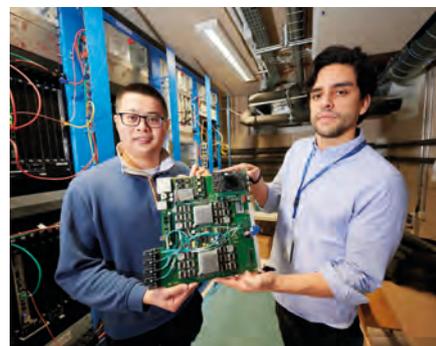
Das Herzstück des Triggers ist ein Mainzer Eigenprodukt – in der zentralen Elektronik-Komponente, die die Bruchstücke aus den Teilchencrashes anschaut, stecken sechs



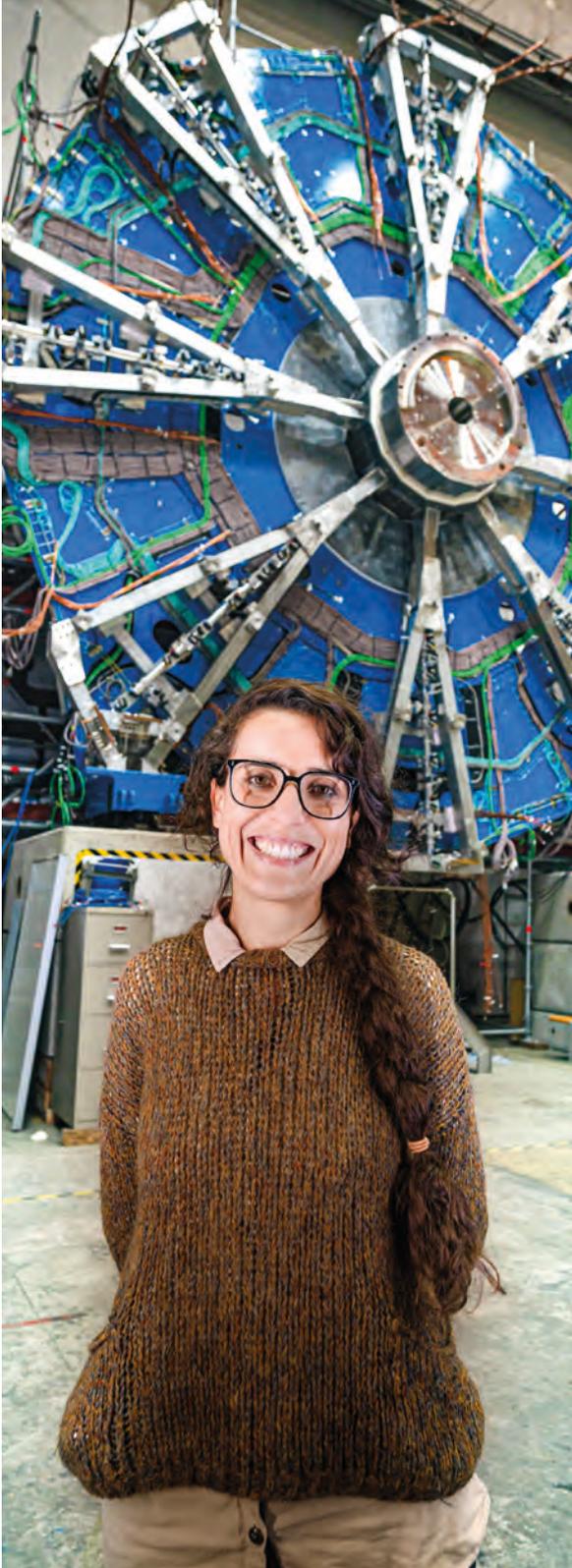
Der Detektor, die Physik, die Kollaboration: Jede Menge Informationen zum ATLAS Detektor gibt es hier: <https://atlas.cern/>

bis sieben Jahre Entwicklungsarbeit. Hinzu kommen weitere Komponenten und Bauteile für das Trigger-System, die Partner aus der ganzen Welt – darunter USA, Schweden und Großbritannien – beisteuern.

In 2020 haben Forschende vor Ort am CERN, darunter auch zwei Wissenschaftler der Mainzer Arbeitsgruppe, die dort dauerhaft arbeiten, etwa zehn verschiedene Komponenten in einer ganzen Reihe von Elektronikschränken eingebaut und getestet, ob alles zusammenpasst, wie die Schnittstellen funktionieren und ob alle Bauteile richtig miteinander sprechen. „Unsere Tests sind sehr erfolgreich verlaufen – ein wichtiger Meilenstein ist erreicht“, freut sich Volker Büscher. „Jetzt sind wir bereit für die Installation im eigentlichen Detektor.“ 2021 wird es also richtig spannend. +



Dr. Julio Viera de Souza und Renjie Wang bauen am CERN neu entwickelte Trigger-Elektronik in eine ganze Reihe von Elektronikschränken ein und testen sie.



AUSBAU DES ATLAS MYON-SPEKTROMETERS

Ein weiteres Projekt mit Mainzer Beteiligung ist der Ausbau des ATLAS Myon-Spektrometers: Als eines der größten laufenden Projekte innerhalb des ATLAS Experiments sieht es den Neubau der innersten Myon-Detektoren, dem New Small Wheel (NSW), vor. Um die hohen Datenraten während der dritten Laufzeit des LHC verarbeiten zu können, kommen im NSW zwei unterschiedliche Detektortechnologien zum Einsatz: Die einzelnen Elemente bestehen aus jeweils acht Schichten von Micromegas-Detektoren und Small-Strip Thin Gap Chambers (sTGC) mit einer aktiven Gesamtfläche von mehr als 2.500 Quadratmetern. Die Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Matthias Schott beteiligt sich seit Jahren am NSW Projekt und konstruierte im PRISMA Detektorlabor mehr als 100 ultraplanare Detektorlagen, welche seit dem Jahr 2020 sukzessive am Forschungszentrum CERN in das NSW System integriert werden: Hier übernehmen die Mainzer Forscherinnen Dr. Melike Akbiyik und Olivera Vujinovic federführende Aufgaben und leisten einen entscheidenden Beitrag dazu, dass das NSW vor Beginn der neuen Datennahmen am LHC einsatzbereit ist.

Das NSW, vor dem Melike Akbiyik steht, identifiziert und vermisst Myonen, die zum Beispiel beim Zerfall des Higgs-Teilchens entstehen können.

+ CHRONIK 2020

Ein in vielerlei Hinsicht bewegtes Jahr liegt hinter uns – und an Themen mangelt es wahrlich nicht. Deshalb darf in den „Highlights 2020“ auch die bewährte Jahreschronik nicht fehlen. Auf den folgenden Seiten nehmen wir Sie mit auf eine Zeitreise durch das vergangene Jahr – und veraten zugleich in einem kurzen Ausblick bereits einige Highlights aus 2021. Sie werden sehen: Es bleibt spannend!

JANUAR



1. Januar:

In neuer Funktion: Prof. Dr. Uwe Oberlack wird zum dritten Chair des XENON Collaboration Boards gewählt. In dieser wichtigen Funktion bereitet er wissenschaftliche und strategische Entscheidungen für das XENON-Experiment vor und begleitet deren Umsetzung. Die XENON-Kollaboration betreibt im unterirdischen Gran Sasso Labor in Italien den weltweit größten und empfindlichsten Detektor für die direkte Suche nach dunkler Materie in Form von WIMPs. Aktuell arbeiten die Forscher mit Hochdruck an der Realisierung eines großen Upgrades mit dem Namen XENONnT. Herzstück ist ein zylinderförmiger Detektor von 2,6 Kubikmetern Volumen, gefüllt mit knapp 9 Tonnen flüssigem, minus 95 Grad Celsius kaltem Xenon. Völlig neu ist der umgebende Neutronendetektor mit Gadolinium-dotiertem ultrareinem Wasser.



21. Januar:

Die Borexino-Kollaboration, an der PRISMA+-Forscher um Prof. Dr. Michael Wurm beteiligt sind, legt neue Ergebnisse zur Messung von Neutrinos vor, die aus dem Innern der Erde stammen: Die sogenannten Geoneutrinos geben einen exklusiven Einblick in jene Prozesse und Verhältnisse im Erdinneren, die die Wissenschaft seit über 200 Jahren beschäftigen. Radioaktive Prozesse in der Erde stellen demnach einen nicht zu vernachlässigenden Teil der Energie bereit, die Vulkane, Erdbeben und das Erdmagnetfeld antreibt. Die Hypothese, dass in der Tiefe keine Radioaktivität mehr vorhanden ist, kann jetzt mit 99-prozentiger Sicherheit ausgeschlossen werden, berichtet die Kollaboration in *Physical Review D*.

FEBRUAR



21. Februar:

Das Rätsel der Neutrino-Massenordnung könnte bereits in den nächsten drei bis sieben Jahren gelöst sein. Das zeigt eine aktuelle Studie, an der PRISMA+-Physikerinnen und Physiker federführend beteiligt sind. Der Clou der in *Physical Review D* veröffentlichten Analyse: Mit der kombinierten Leistungsfähigkeit zweier neuer Neutrino-Experimente am Horizont – dem Upgrade des IceCube-Experiments am Südpol und dem Jiangmen Underground Neutrino Observatory (JUNO) in China – werden die Physiker bald Zugang zu sehr viel empfindlicheren und sich ergänzenden Messungen der Neutrino-Massenordnung haben. Beide Großexperimente nutzen sehr unterschiedliche und komplementäre Wege, um das Rätsel der Neutrino-Massenordnung zu lösen.



28. Februar:

Eine internationale Kollaboration unter Beteiligung von PRISMA+ vermisst mithilfe der Quelle für ultrakalte Neutronen am Paul Scherrer Institut (PSI) das elektrische Dipolmoment des Neutrons (nEDM) so genau wie noch nie. Ihr Resultat: Das Dipolmoment ist deutlich kleiner, als bisher bekannt. Ihre Schlussfolgerung: Der wahre Wert ist zu klein ist, um ihn mit der bislang erreichten Messgenauigkeit zu erfassen – er ist also weiter hin zur Null gerückt. Es bleibt dennoch spannend, mit noch genaueren Experimenten ein endliches nEDM aufzuspüren. Denn möglicherweise lässt sich darüber auch erklären, warum es im Universum so viel mehr Materie als Antimaterie gibt, schreibt das Forscherteam, zu dem auch Prof. Dr. Dieter Ries gehört, in *Physical Review Letters*.

MÄRZ



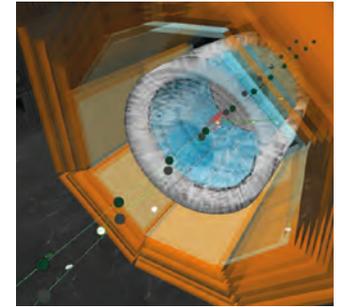
2. März:

Auf die Ausschreibung von PhD-Fellowships unter dem Dach der Mainz Physics Academy (MPA) bewerben sich mehr als hundert Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler – ein großer Erfolg, der für die Attraktivität der Forschung bei PRISMA+ spricht. Die MPA versteht sich als Plattform für die Karriereentwicklung aller an PRISMA+ beteiligten Nachwuchsforscherinnen und Nachwuchsforscher. Promovierende etwa sollen die Chance bekommen, in einem attraktiven Umfeld mit renommierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vor Ort in Mainz zu forschen oder als Teil einer großen Forschergruppe an weltweiten Großexperimenten mitzuwirken. Die MPA-Fellowships bieten hierfür hervorragende Bedingungen.



Lesen Sie auch auf S. 20/21: „Fit für Forschung“

APRIL



6. April:

Das Belle II-Experiment in Japan liefert erste Ergebnisse auf der Suche nach dem Z'-Boson – einer Variante des bereits nachgewiesenen Z-Bosons, welches als Austauschteilchen der schwachen Wechselwirkung agiert. Das Z'-Boson wiederum könnte eine Art Vermittler zwischen dunkler und normaler, sichtbarer Materie sein. Im Belle II-Experiment könnte sich Z' durch Wechselwirkungen mit Myonen, den schwereren Verwandten der Elektronen, verraten, so die Theorie. Zwar liefern die neuen Daten noch keine Anzeichen für das Z'-Boson. Jedoch können die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, darunter auch JGU-Physikerin Prof. Dr. Concettina Sfienti, mit den neuen Daten die Masse und Kopplungsstärken des Z'-Bosons mit bisher unerreichter Genauigkeit einschränken.

MAI



4. Mai:

Diese Baugrube lässt tief blicken: In rund 12 Metern Tiefe wird die Baugrubensohle für die Bodenplatte der ersten Teilbaumaßnahme des neuen Centrums für Fundamentale Physik (CFP I) fertiggestellt. Die bestehenden unterirdischen Experimentierhallen des Instituts für Kernphysik werden teilweise umgebaut und um eine Halle mit 600 Quadratmetern erweitert. Sie soll künftig den neuen Teilchenbeschleuniger MESA (Mainz Energy-Recovering Superconducting Accelerator) aufnehmen, eines der Leuchtturmprojekte von PRISMA+. Die CFP I-Gesamtbaukosten sind mit 28,67 Millionen Euro veranschlagt.



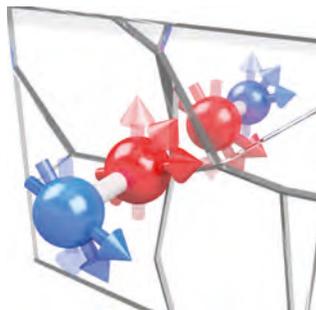
Lesen Sie auch auf S. 18:
„Ein Haus für MESA“



28. Mai

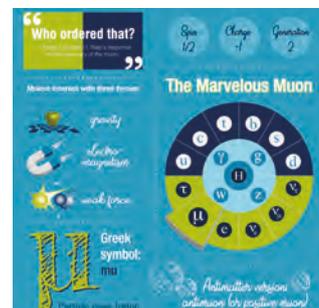
Der theoretische Physiker Prof. Dr. Gilad Perez vom Weizmann Institute of Science, Israel, erhält den Friedrich Wilhelm Bessel-Forschungspreis. Er wird mit Unterstützung der Alexander von Humboldt-Stiftung zusammen mit seinem wissenschaftlichen Gastgeber Prof. Dr. Dmitry Budker zu Dunkler Materie forschen – und sich insbesondere der so genannten Relaxion-Theorie widmen. Perez entwickelte die ursprüngliche Theorie weiter und nun verfügt sein Modell über eine Reihe von zusätzlichen Merkmalen: So könnte die Dichte an Dunkler Materie in der Nähe großer Objekte wie der Sonne oder der Erde größer sein als andere Modelle erwarten lassen. Kopplungseffekte an normale Materie wären deshalb einfacher zu beobachten und im Labor aufzuspüren.

JUNI



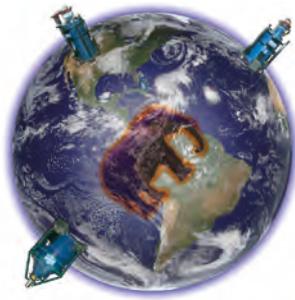
1. Juni:

Eine neue Arbeit unter Federführung einer PRISMA+-Forschungsgruppe zeigt erstmals einen realistischen Weg auf, um eine bestimmte Symmetrieeigenschaft der schwachen Wechselwirkung, die sogenannte Paritätsverletzung, in Molekülen experimentell nachzuweisen. Dabei nehmen die Forscher um Dr. John W. Blanchard und Prof. Dr. Dmitry Budker einfache zweiatomige Moleküle in den Blick, identifizieren zunächst eine spezielle NMR-Messgröße, anhand derer sich die Paritätsverletzung zeigt, und berechnen den zu erwartenden Effekt. Darauf aufbauend schlagen sie ein spezielles Experiment, die sogenannte ZULF (zero to ultra low field) NMR-Methode vor, das empfindlich genug sein sollte, um die berechneten Signale zu detektieren. Nachzulesen in *Physical Review Research*.



8. Juni:

Das anomale magnetische Moment des Myons verhält sich nicht so wie vom Standardmodell der Teilchenphysik vorhergesagt – der experimentelle Wert weicht von der Theorie ab. Ziel weltweiter Forschungen ist es herauszufinden, ob diese Abweichung „echt“ ist oder „lediglich“ Folge systematischer Unsicherheiten in Theorie und Experiment. Für die theoretische Vorhersage haben mehr als 130 Physikerinnen und Physiker weltweit nun erstmals einen gemeinsamen Standard gesetzt und sich auf einen neuen theoretischen Wert verständigt. Von Mainzer Seite sind an der 2017 gegründeten „Muon g-2 Theory-Initiative“ Prof. Dr. Achim Denig, Prof. Dr. Harvey Meyer, Prof. Dr. Marc Vanderhaeghen und Prof. Dr. Hartmut Wittig sowie weitere Mitglieder ihrer jeweiligen Arbeitsgruppen beteiligt.



11. Juni:

Einen neuen Ansatz zur Suche nach Dunkler Materie beschreibt ein interdisziplinäres Forschungsteam um Prof. Dr. Dmitry Budker und Nataniel Figueroa im *European Physics Journal*. Die Gruppe wertet Daten aus dem globalen Netzwerk von Gravimetern des International Geodynamics and Earth Tide Service (IGETS) aus, um nach bisher unbekanntem Signalen zu suchen, die möglicherweise einer neuen Materieform zuzuschreiben sind. Ihre Überlegung: Wenn ein Teil der Dunklen Materie in der Erde durch Schwerkraft gebunden wäre, könnte man sie durch empfindliche Messungen der Gravitationsbeschleunigung an der Erdoberfläche nachweisen. Bisher sind sie nicht fündig geworden, haben aber bereits Pläne, ihren Ansatz in einem nächsten Schritt zu verfeinern.



17. Juni:

Daten von XENON1T, dem weltweit empfindlichsten Dunkle-Materie-Detektor, enthalten einen überraschenden Signalüberschuss, berichtet die XENON-Kollaboration. Die Quelle dieses unerwarteten Signals ist noch nicht vollständig verstanden. Es könnte von einer winzigen Menge Tritium (überschwerer Wasserstoff) stammen, aber auch ein Hinweis auf etwas wesentlich Spannenderes sein: die Existenz neuer Teilchen, den theoretisch vorhergesagten solaren Axionen, oder eine bisher unbekannte Eigenschaft von Neutrinos. XENON1T war von 2016 bis Ende 2018 in Betrieb und dient primär der Suche nach so genannten WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles), die zu den theoretisch bevorzugten Kandidaten für Dunkle Materie gehören. Inzwischen ist die Arbeit in *Physical Reviews D* veröffentlicht und hat zu einer großen Anzahl an Theorie-Publikationen geführt.



26. Juni:

Rückenwind für die Suche nach seltenen Teilchenzerfällen am Belle II-Experiment: Der japanische Beschleuniger SuperKEKB erzielt die höchste je gemessene Luminosität – und stellt damit einen neuen Weltrekord auf. In SuperKEKB werden Elektronen und Positronen auf hohe Energien beschleunigt und im Belle II-Detektor zur Kollision gebracht. Die Luminosität sagt aus, wie viele Teilchen pro Sekunde auf einem Quadratzentimeter aufeinandertreffen. Damit ist sie eine wichtige Stellgröße für die Anzahl von Kollisionen, die im Belle II-Detektor erzeugt und ausgewertet werden können: je mehr Messdaten, umso höher die Wahrscheinlichkeit, auch sehr seltene Prozesse zu finden. Der deutsche Belle II-Forschungsverbund mit Mainzer Beteiligung war für die Entwicklung des zentralen Detektors in Belle II verantwortlich.



28. Juni:

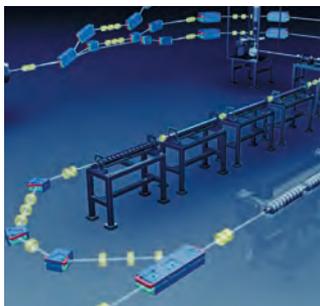
Saskia Plura und Lukas Mitternachts nehmen an den Online Science Days vom 28. Juni bis 1. Juli teil, einem Austausch zwischen Generationen, Disziplinen und Kulturen via Internet rund um den Globus. Die Online Science Days wurden ins Leben gerufen, da die 70. Lindauer Nobelpreisträgertagung, zu der die beiden PRISMA+-Nachwuchsforscher eigentlich eingeladen waren, aufgrund der Corona-Pandemie um ein Jahr verschoben werden musste. Lukas Mitternachts promoviert in theoretischer Physik. In der Arbeitsgruppe seines Doktorvaters Prof. Dr. Joachim Kopp beschäftigt er sich vor allem mit Phasenübergängen im frühen Universum. Saskia Plura studiert im Masterstudiengang Physik und spezialisiert sich am Institut für Kernphysik in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Achim Denig auf Teilchenphysik.

JULI



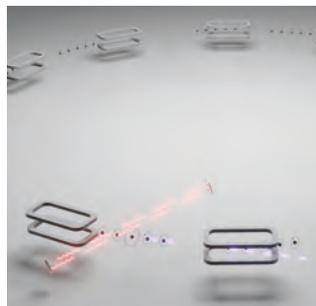
1. Juli

Prof. Dr. Michael Wurm wird zum Co-Sprecher des Neutrino-experiments ANNIE am Fermilab gewählt. Zur Kollaboration gehören Gruppen aus Deutschland, Großbritannien und den USA. Sie wollen mit dem beschleunigerbasierten Experiment Wirkungsquerschnitte von Neutrinos messen und zugleich neue Detektortechnologien für künftige Experimente erproben. Dazu zählen Gadolinium-dotiertes Wasser im Detektortank, neue ultraschnelle Lichtsensoren, die Teilchen mit einer Genauigkeit von mehr als 100 Billionstel Sekunden verfolgen können sowie wasser-basierte Szintillatoren als Detektionsmedium. Der ANNIE-Detektor befindet sich in einer etwa 10 Meter tiefen unterirdischen Halle auf dem Gelände des Fermilab und nutzt den im dortigen Beschleuniger erzeugten gepulsten Neutrinostrahl. Inzwischen ist ANNIE in Betrieb und hat bereits erste Neutrinos nachgewiesen.



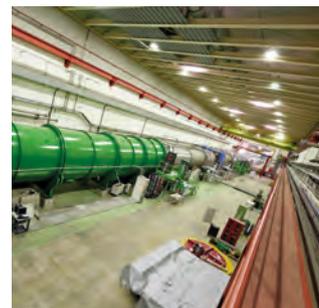
8. Juli:

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft verlängert die Förderung des Graduiertenkollegs „Accelerator Science and Technology for Energy Recovery Linacs“ an der TU Darmstadt. Die Universität Mainz ist als Kooperationspartner beteiligt. „Accelence“ wird bis März 2025 mit mehr als vier Millionen Euro ausgestattet. In der ersten Förderphase wurde der Darmstädter Elektronenlinearbeschleuniger „S-DALINAC“ erfolgreich zum ersten Teilchenbeschleuniger in Deutschland umgebaut, der es ermöglicht, die zur Beschleunigung des Teilchenstrahls notwendige Energie weitgehend zurückzugewinnen und zur Beschleunigung weiterer Teilchen zu nutzen. Der neue Elektronenbeschleuniger MESA, der im Rahmen von PRISMA+ auf dem Gutenberg-Campus entsteht, wird dieses Prinzip erstmals in der teilchenphysikalischen Grundlagenforschung einsetzen.



9. Juli:

Die Gamma Factory Initiative schlägt vor, eine Quelle von hochintensiven Gammastrahlen zu entwickeln und dazu Beschleunigeranlagen am CERN zu nutzen. In den SPS- und LHC-Speicherringen sollen später einmal spezielle Ionenstrahlen zirkulieren, die durch Laserlicht dazu angeregt werden, Photonen im Gammastrahlen-Bereich des elektromagnetischen Spektrums zu emittieren. Diese sind für die Spektroskopie von Atomkernen besonders interessant. Darüber hinaus soll die neue „Super-Lichtquelle“ eine viel höhere Intensität aufweisen als bisher verfügbar. Bahnbrechende Experimente in der Spektroskopie und neue Testmethoden für grundlegende Symmetrien der Natur wären so möglich, schreibt das internationale Forscherteam um den Mainzer Professor Dmitry Budker in den *Annalen der Physik*.



28. Juli:

Auf einer internationalen Konferenz werden neue Ergebnisse des NA62-Experiments vorgestellt. Dieses sucht nach einem extrem seltenen Zerfallsprozess, bei dem sich ein Kaon in ein Pion und ein Neutrino-Antineutrino-Paar verwandelt. Das Standardmodell sagt voraus, dass nur knapp eines von zehn Milliarden Kaonen auf diese Art zerfällt. Nun haben die Forscherinnen und Forscher in ihren 2018er-Daten 17 Kandidaten für diesen Prozess gefunden und ihn damit zusammen mit den Daten aus 2016 und 2017 erstmals mit einer statistischen Signifikanz von $3,5\sigma$ nachgewiesen. Diese gilt es nun durch weitere Messungen auf 5σ zu erhöhen, um sicher zu sein, dass es sich um den gesuchten Prozess handelt – und dann zu untersuchen, ob er in seiner Häufigkeit tatsächlich vom Standardmodell abweicht. „Das wäre unser Traum!“, sagt der Leiter der Mainzer NA62-Beteiligung, Dr. Rainer Wanke.

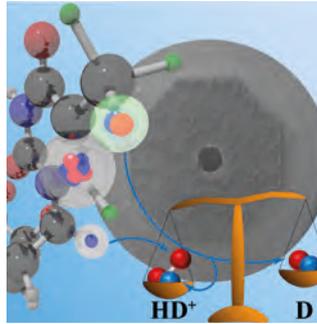
AUGUST



1. August:

Die wichtigsten Komponenten für den zukünftigen Beschleuniger MESA, die beiden supra-leitenden Kryomodule, sind einsatzbereit. Sie wurden im Teststand des Helmholtz-Instituts Mainz auf Herz und Nieren geprüft – nun hat auch das zweite Modul alle Tests bestanden und erfüllt die nötigen Spezifikationen. Jedes Kryomodul besteht aus zwei Hohlraumresonatoren mit jeweils neun Kavitäten. Sie sind aus dem Metall Niob hergestellt, das bei tiefen Temperaturen supraleitend wird. In den Kryomodulen werden die Elektronen durch hochfrequente elektrische Wechselfelder auf die gewünschte Energie beschleunigt. Nach dreimaligem Durchlauf der beiden Kryomodule gewinnen die Elektronen schließlich eine Bewegungsenergie von 155 Megaelektronenvolt (MeV).

SEPTEMBER



2. September:

Ein Forschungsteam aus Heidelberg, Mainz und Darmstadt hat die Masse des Deuterons sowie des HD^+ -Molekülions hochpräzise gemessen. Als Präzisionswaage nutzen die Wissenschaftler eine Penningfalle, in der sie einzelne geladene Teilchen mithilfe von elektrischen und magnetischen Feldern für lange Zeit einsperren und analysieren können. Die Mainzer Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Christoph Düllmann hat eine spezielle Deuterium-Probe passgenau für die verwendete Apparatur hergestellt. Im Ergebnis ist der neue Wert für die Masse des Deuterons der genaueste jemals gemessene. Er ist aber signifikant kleiner als der tabellierte Referenzwert. Das Ergebnis legt nahe, dass bestehende Referenzwerte korrigiert werden sollten, schreibt das Forschungsteam in *Nature*. Physiker benötigen möglichst genaue Werte dieser Massen, denn mit deren Kenntnis sind sehr sensitive Tests grundlegender physikalischer Theorien möglich.



3. September:

Dr. Dionysis Antypas erhält mit einem ERC Starting Grant eine der höchstdotierten Forschungsförderungen der EU. Der erfolgreiche Antrag zielt darauf ab, durch Messung der atomaren Paritätsverletzung (APV) in verschiedenen Isotopen eines Elements eine neuartige Plattform für fundamentale Tests in der Kern- und Teilchenphysik zu schaffen, die komplementär zu Hochenergie-Experimenten in großen Beschleunigeranlagen wäre. Der Europäische Forschungsrat (European Research Council – ERC) unterstützt das Projekt mit dem Namen „YbFUN“, wobei Yb für das Seltenerdmetall Ytterbium steht, mit einer Förderung in Höhe von 1,46 Millionen Euro für die kommenden fünf Jahre.

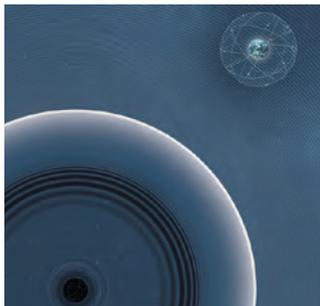
OKTOBER



21. Oktober:

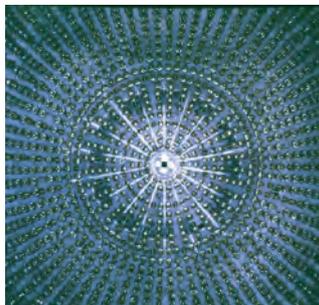
Mit dem Norman F. Ramsey-Preis verleiht die American Physical Society eine hoch angesehene Auszeichnung an Prof. Dr. Dmitry Budker. Der Physiker des Exzellenzclusters PRISMA+ und des Helmholtz-Instituts Mainz wird für bahnbrechende Arbeiten in der Präzisions-Spektroskopie von Atomen und Molekülen ausgezeichnet. Mit seiner Arbeitsgruppe erforscht Dmitry Budker grundlegende Symmetrien und Wechselwirkungen. Ein Schwerpunkt ist die Suche nach Dunkler Materie, wobei der Fokus auf extrem leichten Teilchen wie Axionen oder axionähnlichen Teilchen als potenzielle Bestandteile dieser allgegenwärtigen aber exotischen Materieform liegt.

NOVEMBER



2. November:

Gewaltige astrophysikalische Ereignisse wie die Verschmelzung schwarzer Löcher könnten Energie in unerwarteter Form freisetzen. Exotische ultraleichte Felder (ELFs) beispielsweise könnten sich durch den Weltraum ausbreiten und schwache Signale verursachen, die mit Quantensensornetzwerken, wie den Atomuhren des GPS-Netzwerks oder den Magnetometern des GNOME-Netzwerks, detektierbar sind. Das ist das Ergebnis theoretischer Berechnungen, die eine Forschungsgruppe um Dr. Arne Wickenbrock durchgeführt hat. Besonders interessant ist dieses Ergebnis mit Blick auf die Suche nach Dunkler Materie, denn ultraleichte Felder gelten als aussichtsreiche Kandidaten für diese Materieform. Das Thema schafft es bis auf die Titelseite der gedruckten Ausgabe von *Nature Astronomy*.



25. November:

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Borexino-Kollaboration haben den ersten experimentellen Beweis für das Auftreten des sogenannten CNO-Zyklus in der Sonne erbracht: Sie konnten charakteristische Neutrinos, die bei diesem Fusionsprozess entstehen, direkt beobachten. Dies ist ein wichtiger Meilenstein hin zu einem vollständigen Verständnis der Fusionsprozesse in der Sonne. Mehr noch: Während der CNO-Zyklus in der Sonne eine untergeordnete Rolle spielt, ist er in Sternen, die wesentlich schwerer und damit heißer sind als die Sonne, vermutlich der vorherrschende Weg, um Energie zu gewinnen. Die Ergebnisse der Borexino-Kollaboration, zu der auch die Mainzer Neutrinforscher Prof. Dr. Michael Wurm und Dr. Daniele Guffanti gehören, sind in *Nature* veröffentlicht.

DEZEMBER



31. Dezember:

In der englischen Ausgabe des Forschungsmagazins der Deutschen Forschungsgemeinschaft *german research* erscheint ein Artikel über die Forschung bei PRISMA+: Speziell geht es um den Bau des neuen Elektronenbeschleunigers MESA und darum, wie dieser mit neuartigen Präzisionsexperimenten in besonderer Weise die Dunkle Materie in den Fokus nimmt. Der Beitrag schafft es sogar auf den Titel der letzten Magazin-Ausgabe für das Jahr 2020. Die deutsche Version ist bereits im August im DFG-Magazin *forschung* erschienen. Ein schöner Erfolg zum Abschluss des Jahres!

Nachzulesen sind die Artikel hier:
https://www.dfg.de/dfg_magazin



ES BLEIBT SPANNEND

AUSBLICK AUF 2021 +++



+++ EXCELLENCE TRACK STARTET Koordiniert von der Mainz Physics Academy geht ein besonderes neues Studienangebot in der Physik an den Start: Als Erweiterung des Masterstudiengangs bietet der „Excellence Track“ Physikstudierenden die Möglichkeit, schon frühzeitig in die aktuelle Forschung einzusteigen – das ist besonders spannend mit Blick auf eine zukünftige Promotion. +++



+++ DICKE DECKE FÜR MESA Am 26. März wird die 2,25 Meter dicke Decke des Forschungsneubaus für MESA betoniert. Los geht es um 4 Uhr morgens. Über den Tag hinweg fahren rund 120 Betonmischfahrzeuge vor. Am frühen Abend sind rund 1.000 Kubikmeter Beton verarbeitet, die aus 12 Metern Tiefe aufragende MESA-Halle ist jetzt geschlossen. Eine bautechnische wie logistische Meisterleistung. +++



+++ NEUE PHYSIK AM HORIZONT Am 7. April ist es soweit: Die Myong-2-Kollaboration veröffentlicht erste Resultate ihrer Messungen zum anomalen magnetischen Moment des Myons. Mit dem neuen Wert verdichten sich Hinweise auf eine echte Abweichung zwischen Experiment und Theorie. Nichts ist bis zu diesem Tag nach außen gedrungen, doch jetzt ist das Medienecho gewaltig. Die Neue Zürcher Zeitung schreibt: „Vor zwei Wochen bekam das Standardmodell der Teilchenphysik nasse Füße. Heute steht ihm das Wasser bis zum Hals.“ +++

DAS IST UNSERE FORSCHUNG BEI PRISMA+



FORSCHUNGSBEREICH: Messungen mit extremer Präzision bei MESA

Die außergewöhnlich hohe Intensität von MESA bietet die Grundlage für extrem präzise Messungen von Naturkonstanten, aber auch der Struktur subatomarer Teilchen. Im Fokus unserer Arbeit stehen weiterhin die großen Unbekannten des Universums, wie zum Beispiel die mysteriöse Dunkle Materie.

Prof. Dr. Achim Denig



FORSCHUNGSBEREICH: Präzisionsphysik an der Niederenergiegrenze

Mit unseren Experimenten stellen wir das Standardmodell auf den Prüfstand. Dazu sind immer ausgeklügeltere Techniken nötig, die wir in Mainz sehr erfolgreich entwickeln. Wir stellen exotische Atome her oder fangen Teilchen in Fallen, um sie präziser als je zuvor studieren zu können.

Prof. Dr. Randolph Pohl



FORSCHUNGSBEREICH: Erforschung des schwach wechselwirkenden Universums

Neutrinos sind wahre Geisterteilchen: Jede Sekunde durchdringen Milliarden von ihnen unseren Körper, ohne dass wir das merken. In unseren tonnenschweren Detektoren können wir sie jedoch aufspüren. Dann erlauben sie uns einen unverhüllten Blick auf die Vorgänge im Sonneninneren. Vielleicht sind Neutrinos sogar Cousins der geheimnisvollen Dunklen Materie?

Prof. Dr. Michael Wurm



FORSCHUNGSBEREICH: Physik mit Hochenergie-Beschleunigern

Als Teil einer großen Forschergemeinde arbeiten wir an riesigen Teilchenbeschleunigern in aller Welt. Damit können wir im Labor studieren, was im frühen Universum passiert ist und wie dies die spätere Entwicklung bestimmt hat. Mit dem ATLAS-Detektor am CERN etwa erforschen wir das von uns mitentdeckte Higgs-Teilchen, mit Neutrino-Experimenten in den USA wollen wir klären, warum es im Universum so viel mehr Materie als Antimaterie gibt.

Prof. Dr. Volker Büscher





FORSCHUNGSBEREICH:
Theorie und Phänomenologie grundlegender Wechselwirkungen

Wir arbeiten daran, die innere Struktur der Materie, die uns umgibt, mit den Methoden der Theoretischen Physik besser zu erklären. Unsere Rechnungen führen wir mit riesigen Computern durch. Dabei erbringen wir wichtige theoretische Beiträge zu den Hauptforschungszielen unserer experimentell arbeitenden Kollegen.

Prof. Dr. Stefan Weinzierl



STRUKTUREINHEIT:
Mainzer Institut für Theoretische Physik (MITP)

Physik findet nur im Labor statt? Weit gefehlt! Gemeinsam mit Physikerinnen und Physikern aus aller Welt entwickeln wir die theoretischen Grundlagen unseres Faches weiter. Lohn der Arbeit: Das von der Theorie vorhergesagte Higgs-Teilchen wurde inzwischen nachgewiesen. Das zeigt, wie eng Theorie und Experiment bei PRISMA+ verzahnt sind.

Prof. Dr. Sonia Bacca



STRUKTUREINHEIT:
Detektorlabor

Im Detektorlabor entwickeln wir über Fachgrenzen hinweg gemeinsam innovative Strategien für den Detektorbau. Dabei können wir auch größere und sehr anspruchsvolle Komponenten bauen. Diese werden dann bei Experimenten rund um den Globus eingesetzt. Das stärkt die Sichtbarkeit des Standorts Mainz.

Prof. Dr. Uwe Oberlack



STRUKTUREINHEIT:
Elektronenbeschleuniger MESA

Mit dem Elektronenbeschleuniger MAMI arbeiten wir bereits auf höchstem Niveau. Mit MESA erkunden wir nun die Möglichkeiten, die die kürzlich etablierte Energy-Recovery-Linac (ERL) Beschleunigertechnologie bietet. So können wir Präzisionsexperimente durchführen, die bisher undenkbar waren.

Prof. Dr. Kurt Aulenbacher





WIR ÜBER UNS

Das Standardmodell der Teilchenphysik beschreibt die uns bekannten Grundbausteine der Materie mit beeindruckender Genauigkeit. Trotz seines großen Erfolgs lässt es grundlegende Fragen jedoch unbeantwortet. Vielmehr noch: Es gibt Erkenntnisse, die erste Anhaltspunkte für neue Teilchen und fundamentale Kräfte jenseits des Standardmodells liefern. Ziel von PRISMA+ ist die Suche nach dieser neuen Physik.

Was kommt jenseits des Standardmodells? Warum gibt es im Universum so viel mehr Materie als Antimaterie? Gibt es neue Teilchen und bisher unerforschte Kräfte? Woraus besteht die Dunkle Materie? Mit diesen fundamentalen Fragen beschäftigen sich mehr als 300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Exzellenzcluster PRISMA+ der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

IMPRESSUM

Herausgeber:

Exzellenzcluster PRISMA+
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Staudingerweg 9, 55128 Mainz
www.prisma.uni-mainz.de
prisma@uni-mainz.de

Konzeption, Redaktion, Text:

Dr. Renée Dillinger-Reiter,
Öffentlichkeitsarbeit PRISMA+

Gestaltung:

pure:design Mainz/www.pure-design.de

Druck:

Volkhardt Caruna Medien GmbH & Co. KG

Fotografie, Bildnachweis:

Prof. Dr. Niklaus Berger/JGU (Titel); Werner Feldmann/JGU (S. 4); Angelika Stehle/JGU (S.6, 8, 10, 12); privat, MITP (S. 14, 15), Peter Pulkowski/JGU (S. 16, 17); Dr. Jan-David Nicholas, Prof. Dr. Matthias Neubert (S. 17); Stefan F. Sämmer/LBB (S. 18); Fachbereich 08 – Physik, Mathematik und Informatik/JGU (S. 19); Torsten Zimmermann/JGU (S. 20); Prof. Dr. Niklaus Berger/JGU (S. 22, 23, 24, 25); Dr. Stefan Ritt/PSI (S. 23); Maximilien Brice/CERN (S. 26, 28); Noemi Caraban Gonzalez/CERN (S. 29); Peter Pulkowski/JGU, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (S. 30); Martin Wolf/IceCube/NSF, Mahir Dzambegovic/PSI, Torsten Zimmermann/JGU, Belle II (S. 31); Stefan F. Sämmer/LBB, privat, Dr. John W. Blanchard/JGU, Fermilab (S. 32); Nataniel L. Figueroa/JGU, XENON Collaboration, Shota Takahashi/KEK, Lindau Nobel Laureate Meetings (S.33); Sabrina Hopp, Niels Paul Bethe/PRISMA+, Dr. Alexey Petrenko/CERN, Julian Ordan/CERN (S. 34); Institut für Kernphysik/JGU, Dr. Raphael Haas/Prof. Dr. Christoph Düllmann/JGU, Nataniel L. Figueroa/JGU, Sabrina Hopp (S. 35); Sarah und Hannah Lilienthal, Borexino Collaboration, DFG (S. 36); Stefan F. Sämmer/LBB, Fermilab (S. 37); Sabrina Hopp, Peter Pulkowski/JGU (S. 38, 39); Getty Images/iStock (S.40)

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Aufnahme in Online-Dienste und Internet sowie Vervielfältigung auf Datenträgern nur mit Genehmigung des Herausgebers.

AT A GLANCE

What lies beyond the standard model? Why does the universe contain so much more matter than antimatter? Do new particles or new forces exist? What is the nature of dark matter? More than 300 scientists from the PRISMA⁺ Cluster of Excellence at Johannes Gutenberg University Mainz are working on these fundamental questions.

The construction and operation of innovative large-scale facilities on the Mainz campus, a leading participation in international large-scale experiments worldwide, and an excellently positioned and powerful research force in theoretical physics: This unique combination makes Mainz an important center of international particle, astroparticle and hadron physics.



2019 – 2025

Funding period



52 Mio.

Funding amount in EUR



47 senior researchers,
116 doctoral candidates,
64 postdoctoral researchers,
11 new research groups
since 2012
(Status 01/2021)



Institutes involved:
Institute of Physics, JGU; Institute of
Nuclear Physics, JGU;
Department of Chemistry, JGU;
Helmholtz Institute Mainz (HIM)



PRISMA⁺ (Precision Physics, Fundamental
Interactions and Structure of Matter) is
funded by the Excellence Strategy of the
German Federal and State Governments.

