

Pressemitteilung

Karlsruher Institut für Technologie

Monika Landgraf

14.04.2020

<http://idw-online.de/de/news744687>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Elektrotechnik, Informationstechnik, Physik / Astronomie
überregional



Karlsruher Institut für Technologie

Auf der Suche nach dem Z'-Boson

Im japanischen Forschungszentrum für Teilchenphysik KEK in Tsukuba, etwa 50 Kilometer nördlich von Tokio, ist seit etwa einem Jahr das Belle II-Experiment in Betrieb. Hier sucht ein internationales Forscherteam unter Beteiligung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) nach exotischen Teilchen, die unser Verständnis der Dunklen Materie im Universum voranbringen sollen. Für eines dieser Teilchen, das sogenannte Z'-Boson, konnten nun die Masse und die Stärke seiner Wechselwirkung mit bisher unerreichbarer Genauigkeit eingegrenzt werden. Die Ergebnisse sind soeben im renommierten Wissenschaftsjournal *Physical Review Letters* erschienen.

Seit etwa einem Jahr nimmt das Belle II-Experiment Daten für physikalische Messungen. Sowohl der Elektron-Positron-Beschleuniger SuperKEKB als auch der Detektor Belle II waren in mehrjährigen Umbauarbeiten gegenüber den Vorgängern verbessert worden, um eine 40 Mal höhere Rate an Daten zu erzielen.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus zwölf Instituten in Deutschland sind maßgeblich am Bau und Betrieb des Detektors, der Entwicklung von Auswertungsalgorithmen und der Analyse der Daten beteiligt. Das KIT hat für Belle II Software zur Rekonstruktion der Teilchenspuren entwickelt, anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASICs) für die Auslese der Daten entwickelt und produziert, Hardware mit modernen Machine-Learning-Algorithmen zum Aufspüren von Teilchenspuren konstruiert und Berechnungen durchgeführt, die die künftigen Belle II-Daten mit fundamentalen Theorien verknüpfen. „Eine Besonderheit des KIT ist, dass dabei Physiker und Elektroingenieure eng zusammengearbeitet haben“, erklärt Professor Ulrich Nierste aus dem Institut für Theoretische Teilchenphysik des KIT, dessen Arbeitsgruppe theoretische Studien für das Experiment durchführt.

Mit Belle II suchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nach Spuren neuer Physik, mit der sich zum Beispiel das ungleiche Vorkommen von Materie und Antimaterie oder die mysteriöse Dunkle Materie erklären lassen. Eines der bisher unentdeckten Teilchen, nach dem der Belle II-Detektor Ausschau hält, ist das Z'-Boson – eine Variante des bereits nachgewiesenen Z-Bosons. Letzteres agiert als Austauscheteilchen für die schwache Wechselwirkung.

Soweit wir wissen, besteht etwa 25 Prozent des Universums aus Dunkler Materie, wohingegen die sichtbare Materie knappe 5 Prozent des Energiebudgets ausmacht. Beide Materieformen ziehen sich gegenseitig über die Schwerkraft an. Die Dunkle Materie bildet so eine Art Schablone für die Verteilung der sichtbaren Materie, was sich zum Beispiel in der Anordnung von Galaxien im Universum zeigt.

Bindeglied zwischen Dunkler und normaler Materie

Das Z' -Boson könnte eine interessante Rolle beim Zusammenspiel von Dunkler und normaler, sichtbarer Materie spielen, also eine Art Vermittler zwischen den beiden Materieformen sein. Das Z' kann – zumindest theoretisch – aus der Kollision von Elektronen (Materie) und Positronen (Antimaterie) im SuperKEKB hervorgehen und dann in unsichtbare Dunkle-Materie-Teilchen zerfallen. „Somit kann das Z' -Boson helfen, das Verhalten von Dunkler Materie zu verstehen – und nicht nur das: Mit der Entdeckung des Z' ließen sich auch andere Beobachtungen erklären, die nicht mit dem Standardmodell, der grundlegenden Theorie der Teilchenphysik, in Einklang stehen“, erläutert Ulrich Nierste die Untersuchungen.

Wichtiges Indiz: Nachweis von Myonenpaaren

Doch wie lässt sich das Z' -Boson im Belle II-Detektor aufspüren? Nicht auf direktem Weg, so viel ist sicher. Theoretische Modelle und Simulationsrechnungen sagen voraus, dass sich das Z' durch Wechselwirkungen mit Myonen, schwereren Verwandten der Elektronen, verraten könnte: Wenn Wissenschaftler nach den Elektron-/Positron-Zusammenstößen eine ungewöhnliche hohe Anzahl an Myonen-Paaren mit gegensätzlicher Ladung sowie unerwartete Abweichungen bei Energie- und Impulserhaltung entdecken, wäre das ein wichtiges Indiz für das Z' .

Allerdings lieferten die neuen Belle II-Daten noch keine Anzeichen für das Z' -Boson. Jedoch können die Wissenschaftler mit den neuen Daten die Masse und Kopplungsstärken des Z' -Bosons mit einer bisher unerreichbaren Genauigkeit einschränken.

Mehr Daten, genauere Analysen

Diese ersten Ergebnisse stammen aus der Analyse einer kleinen Menge an Daten, die noch in der Anlaufphase von SuperKEKB im Jahr 2018 gewonnen wurden. Seinen Vollbetrieb nahm Belle II am 25. März 2019 auf. Seither sammelt das Experiment Daten, während gleichzeitig die Kollisionsrate von Elektronen und Positronen stetig verbessert wird. Wenn das Experiment perfekt eingestellt ist, wird es ein Vielfaches der Daten liefern, die in die aktuell veröffentlichten Analysen eingeflossen sind. Die Physiker*innen hoffen so, neue Erkenntnisse über die Natur der Dunklen Materie und andere ungeklärte Fragen zu erzielen. „Mit mehr Daten eröffnen sich neue Möglichkeiten, die Dunkle Materie zu erforschen: In Zerfällen schwerer Mesonen könnten Z' -Bosonen oder andere „dunkle“ Austauschteilchen entstehen, die den Detektor verlassen, aber als Defizit in der Energiebilanz des Zerfalls dennoch bemerkt werden“ erläutert Dr. Goldenzweig, dessen Arbeitsgruppe am Institut für Experimentelle Teilchenphysik des KIT auf solche Messungen spezialisiert ist.

Die deutschen Arbeitsgruppen im Belle II-Experiment werden mit Finanzmitteln folgender Einrichtungen und Programme gefördert:

- Bundesministerium für Bildung und Forschung: Rahmenprogramm Erforschung von Universum und Materie (ErUM)
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder:
„ORIGINS“: EXC-2094 – 390783311
„Quantum Universe“: EXC-2121 – 390833306
- European Research Council
- European Union's Horizon 2020 – grant agreement No 822070
- Helmholtz-Gemeinschaft
- JENNIFER im Rahmen von Horizon 2020 der Europäischen Kommission
- Max-Planck-Gesellschaft

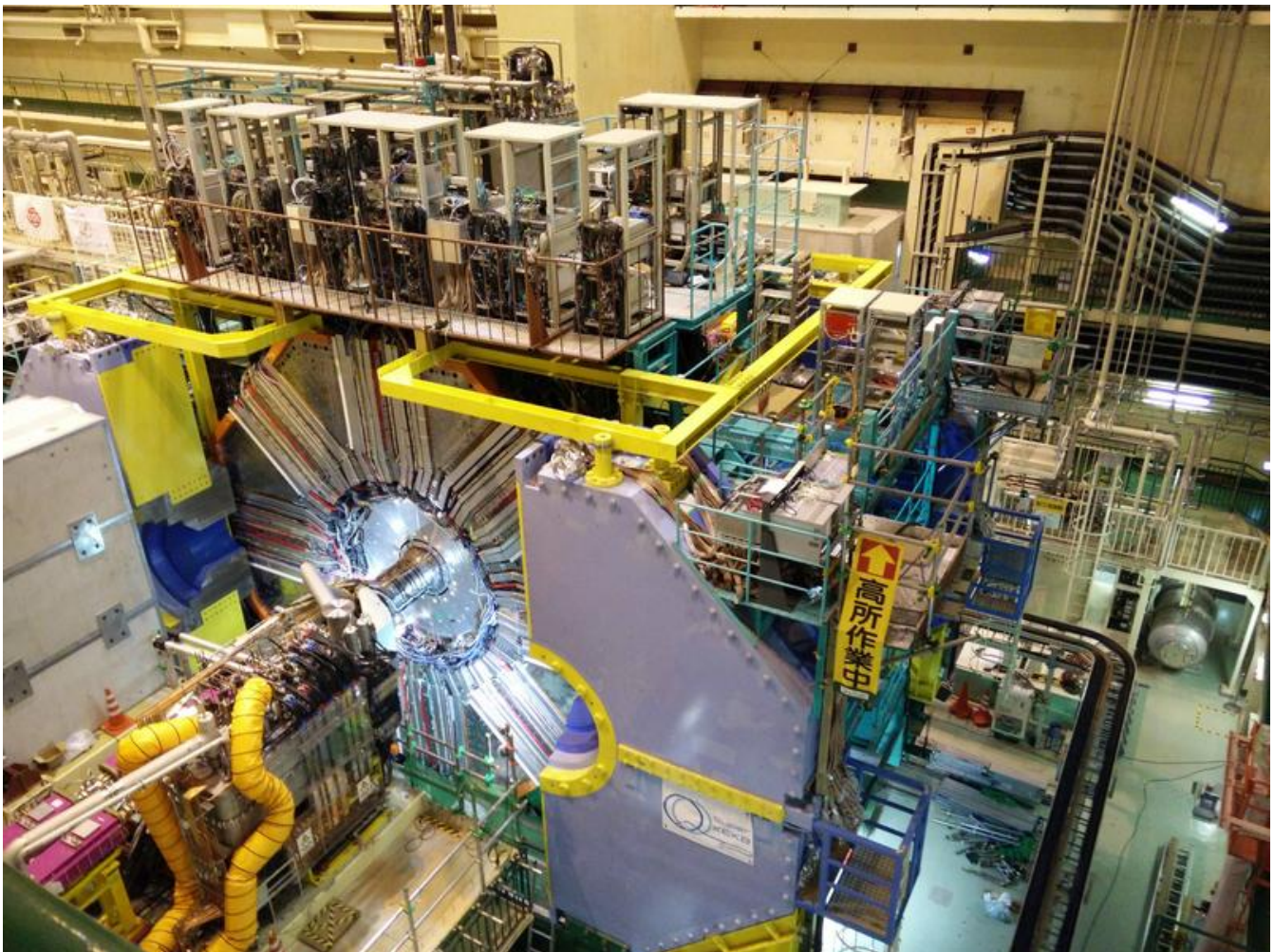
Originalveröffentlichung:

Search for an invisibly decaying Z' boson at Belle II in $e^+e^- \rightarrow \mu^+ \mu^- (e^+ - \mu^- +) + \text{missing energy}$ final states, The Belle II Collaboration, Physical Review Letters, DOI: 10.1103/PhysRevLett.124.141801

Weitere Materialien:

Zur Publikation in Physical Review Letters (Abstract):
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.124.141801>

Anhang Auf der Suche nach dem Z' -Boson <http://idw-online.de/de/attachment79717>



Das Teilchenbeschleuniger-Experiment Belle II ist auf der Suche nach den Ursprüngen des Universums. (Foto: Felix Metzner, KIT)

