

RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN

WAS DIE WELT ZUSAMMENHÄLT

Brücken: Zwischen
Stahl und Beton

Rechtsextremismus: Zwischen
Wahrnehmung und Wirklichkeit

Korallen: Zwischen
Mond und Meer

DER KLEBER, DER MATERIE ZUSAMMENHÄLT

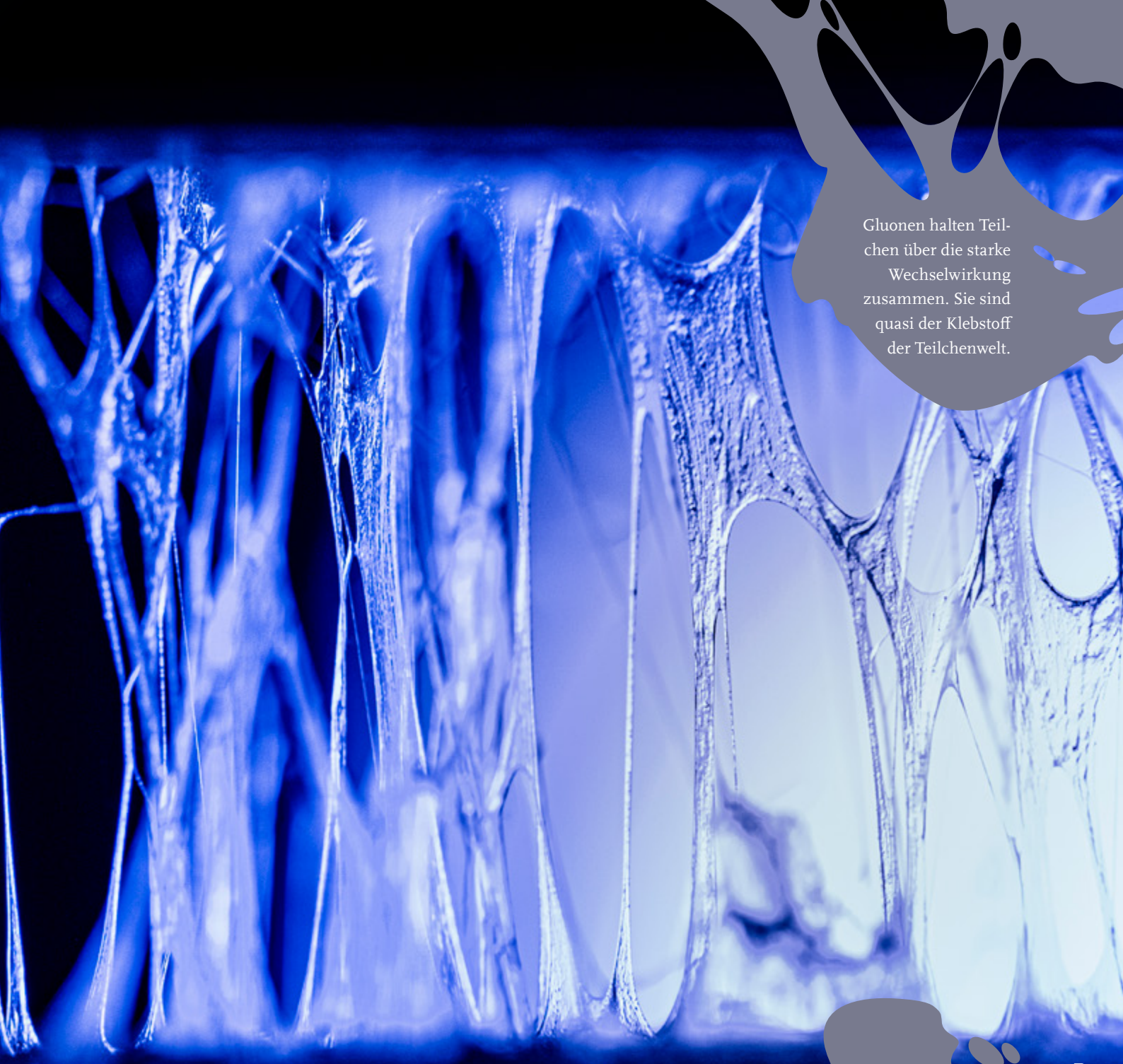
Forschende aus aller Welt suchen mit aufwendigen Experimenten nach den mysteriösen Gluebällen: Teilchen, die nur aus der Kraft bestehen, die Materie zusammenhält. Möglicherweise haben sie schon einen gesehen.

Vieles in der Welt um uns herum nehmen wir für gegeben hin. Wenn wir an einem Frühlingmorgen auf den Balkon hinaustreten, wundern wir uns nicht darüber, dass der Boden unter unseren Füßen fest ist. Wir atmen selbstverständlich die gasförmige Luft und können bei Bedarf die Blumen mit Wasser gießen. Nichts davon kommt uns außergewöhnlich vor. Wenn man aber ganz tief hineinschaut in die Materie, die uns umgibt, findet sich allerhand Erstaunliches. Beispielsweise die Tatsache, dass die Gießkanne so schwer ist, wie sie ist.

Nicht direkt mit Gießkanne, aber mit erstaunlichen Phänomenen der Teilchenphysik befasst sich Prof. Dr. Ulrich Wiedner – unter anderem mit der Frage, wie Masse entsteht.

Der Experimentalphysiker ist seit vielen Jahren Mitglied großer Forschungskollaborationen und auf der Suche nach exotischen Teilchen. Dabei interessiert er sich besonders für die sogenannten Gluonen. Diese Teilchen sind die Träger der starken Wechselwirkung, sozusagen der Kleber im Inneren der Materie. Atomkerne bestehen aus positiv geladenen Protonen und ungeladenen Neutronen. Diese wiederum sind aus kleineren Teilchen zusammengesetzt, den Quarks. Die Gluonen sorgen dafür, dass die Quarks zusammenhalten. Dabei entstehen einige merkwürdige Phänomene.

Drei Quarks bilden zusammen ein Proton. Aber die Masse des Protons ist rund zehnmal schwerer als die Massen der Quarks zusammengenommen. Wie entsteht diese zusätzli-



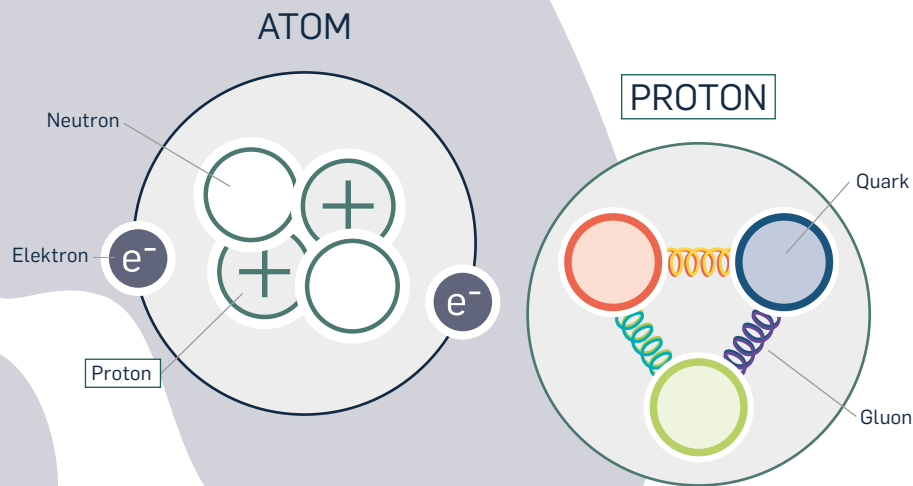
Gluonen halten Teilchen über die starke Wechselwirkung zusammen. Sie sind quasi der Klebstoff der Teilchenwelt.

che Masse? „Sie muss aus der starken Wechselwirkung kommen, in der sehr viel Energie steckt“, ist Wiedner überzeugt.

Will man all die Phänomene erklären können, die sich um die starke Wechselwirkung ranken, so muss man die starke Wechselwirkung selbst verstehen, das heißt die Natur der Gluonen ergründen. Aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften (siehe „Die Farben der Gluonen“) ist davon auszugehen, dass Gluonen nicht nur als einzelne Wechselwirkungsteilchen zwischen Quarks existieren, sondern auch Zusammenschlüsse bilden, also untereinander wechselwirken können. Die Theorie sagt voraus, dass Teilchen aus mehreren Gluonen existieren müssten: die sogenannten Gluebälle. Sie würden nur aus der starken Wechselwirkung bestehen, also nur aus ▶

i ANTITEILCHEN

Nach dem Standardmodell der Teilchenphysik gibt es zu jedem bekannten Elementarteilchen auch ein Antiteilchen. Ein Teilchen hat stets die gleiche Masse, die gleiche Lebensdauer und den gleichen Spin wie sein Antiteilchen. Auch einige andere Eigenschaften sind identisch. Ein paar Charakteristika sind allerdings genau entgegengesetzt, etwa das magnetische Moment oder die Ladung. Hat das Teilchen, zum Beispiel ein Elektron, negative Ladung, so hat das Antiteilchen, in diesem Fall das Positron, eine positive Ladung.



DER AUFBAU DER MATERIE

Ein Atomkern (links) besteht aus positiv geladenen Protonen und elektrisch neutralen Neutronen. Die Atomhülle besteht aus negativ geladenen Elektronen. Protonen und Neutronen wiederum sind aus noch kleineren Teilchen zusammengesetzt, den Quarks (rechts). Diese werden durch die starke Wechselwirkung zusammengehalten, deren Vermittler die Gluonen sind.

dem Kleber, der Materie zusammenhält. „Gluebälle nachweisen zu können, wäre ein Traum“, schwärmt Wiedner. Allerdings ist dieser Nachweis eine besondere Herausforderung, wie der Experimentalphysiker aus jahrelangen Versuchen an Teilchenbeschleunigern weiß.

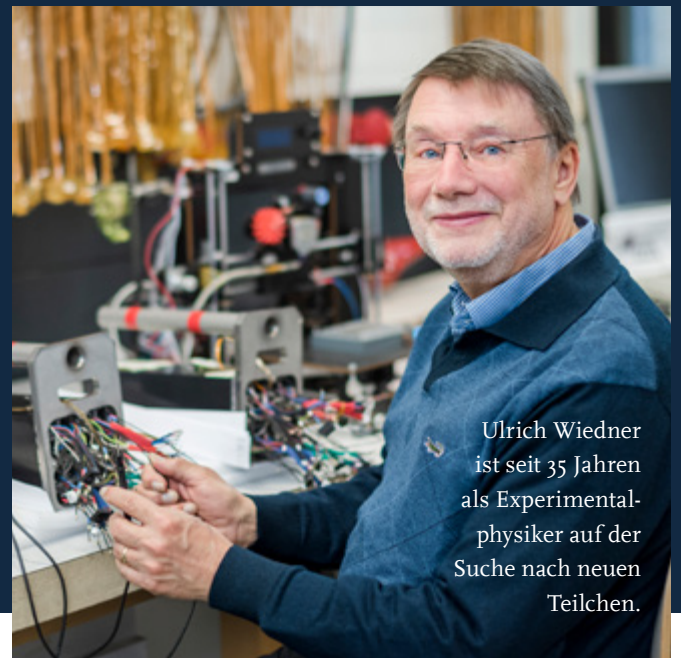
Wiedner und sein Team sind am BESIII-Experiment in China beteiligt, das am „Beijing Electron Positron Collider“ angesiedelt ist. Wie der Name sagt, lässt dieser Teilchenbeschleuniger Elektronen und ihre Antiteilchen, die Positronen, miteinander kollidieren. Bei den Kollisionen wandeln sich Elektron und Positron in andere Teilchen um, wobei das Ergebnis nicht immer das gleiche ist. Die Forschenden untersuchen, welche Teilchen aus der Energie der Kollision entstehen, und vor allem suchen sie in den Zerfällen der entstandenen Teilchen nach neuen Teilchen, die bislang noch nie nachgewiesen wurden. Zum Beispiel Gluebälle. „Allerdings tragen die kein Fähnchen mit sich rum, auf dem steht: ‚Ich bin ein Glueball‘“, veranschaulicht Wiedner das Dilemma.

Immerhin hat das BESIII-Experiment bereits einen Kandidaten für einen Glueball identifiziert. „Wir wissen, dass es sich um ein neues Teilchen handelt, aber wir können nicht zweifelsfrei beweisen, dass es ein Glueball ist“, erklärt der Physiker. Konkret sieht das Forschungsteam drei Teilchen mit bestimmten Eigenschaften, obwohl nach theoretischen Vorhersagen eigentlich nur zwei Teilchen erklärbar sind. „Dieses dritte Teilchen muss etwas Neues sein, etwas, das nicht vom Standardmodell der Teilchenphysik vorhergesagt wird. Ein Glueball ist die wahrscheinlichste Erklärung“, so Wiedner.

Das Problem ist: Andere Teilchen versperren den klaren Blick auf den vermeintlichen Glueball. Die drei Teilchen, die in dem beobachteten Zerfall entstehen, leben nur sehr kurz. Sie können weiter zerfallen und sich dabei ineinander umwandeln. So kann ein Glueball auch zu einem der anderen Teilchen werden, das ursprünglich mit ihm im Zerfall entstanden war. Um die komplexen Daten besser auswerten zu können, hat das Bochumer Team ein Programm namens PA-

„GLUEBÄLLE
NACHWEISEN ZU
KÖNNEN, WÄRE
EIN TRAUM.“

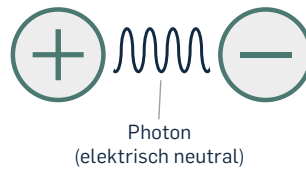
Ulrich Wiedner



DIE FARBEN DER GLUONEN

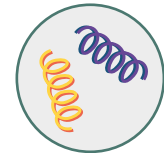
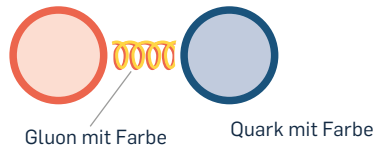
Manche Teilchen tragen elektrische Ladungen, nämlich plus und minus. Zwischen ihnen wirkt die elektromagnetische Wechselwirkung, die durch Photonen vermittelt wird und die dafür sorgt, dass sich positiv und negativ geladene Teilchen anziehen. Die Vermittlerpartikel selbst, die Photonen, sind dabei ungeladen. Sie können also nicht mit anderen Photonen wechselwirken; somit gibt es keine Teilchen, die nur aus Photonen bestehen. Anders ist die Lage bei einer anderen Form von Ladung, der sogenannten Farbladung, die aber nichts mit Farbe im eigentlichen Sinne zu tun hat. Alle Quarks tragen eine Farbladung. Auf ihr beruht die starke Wechselwirkung, die von den Gluonen vermittelt wird. Anders als Photonen sind Gluonen aber auch selbst geladen, sie tragen Farbe. Somit können Gluonen über die Farbladung auch untereinander wechselwirken. Daher müssten Teilchen existieren, die nur aus Gluonen zusammengesetzt sind: die Gluebälle.

ELEKTRISCHE LADUNG



keine Wechselwirkung zwischen mehreren Photonen möglich

FARBLADUNG



hypothetischer Glueball

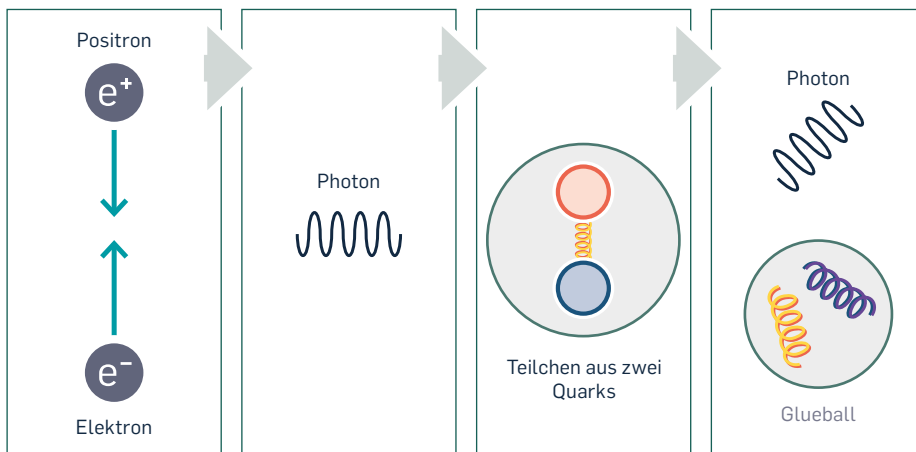
Wechselwirkung zwischen Gluonen aufgrund von Farbladung möglich

WIAN entwickelt. Die Bezeichnung leitet sich von der Methode der Partialwellenanalyse ab, ein mathematisches Verfahren, mit dem die Forschenden herausfinden wollen, welche Teilchen in den gemessenen Daten stecken könnten.

Für die Datenanalyse trägt Wiedners Team in Diagrammen die Anzahl der gemessenen Zerfälle bei bestimmten Energien auf. Die Peaks der so entstehenden Kurve repräsentieren dabei bestimmte Teilchensorten. Sind mehrere Peaks in einer Kurve sichtbar, sind auch mehrere Teilchensorten im Zerfallsprozess entstanden. Problematisch wird es, wenn die Peaks nah beieinanderliegen und sich gegenseitig überlagern. Mithilfe von PAWIAN vergleichen die Forschenden theoretische Vorhersagen mit gemessenen Daten. Sie sagen vor-

aus, wie eine Kurve aussehen müsste, wenn eine bestimmte Kombination von Teilchen in einem Zerfall entstanden wäre, und legen diese Kurve über die echten Daten. So können sie prüfen, welche Teilchen-Kombinationen die Messergebnisse am besten erklären können. Die Vorhersagen für einen Glueball passen dabei gut zu den Daten des BESIII-Experiments.

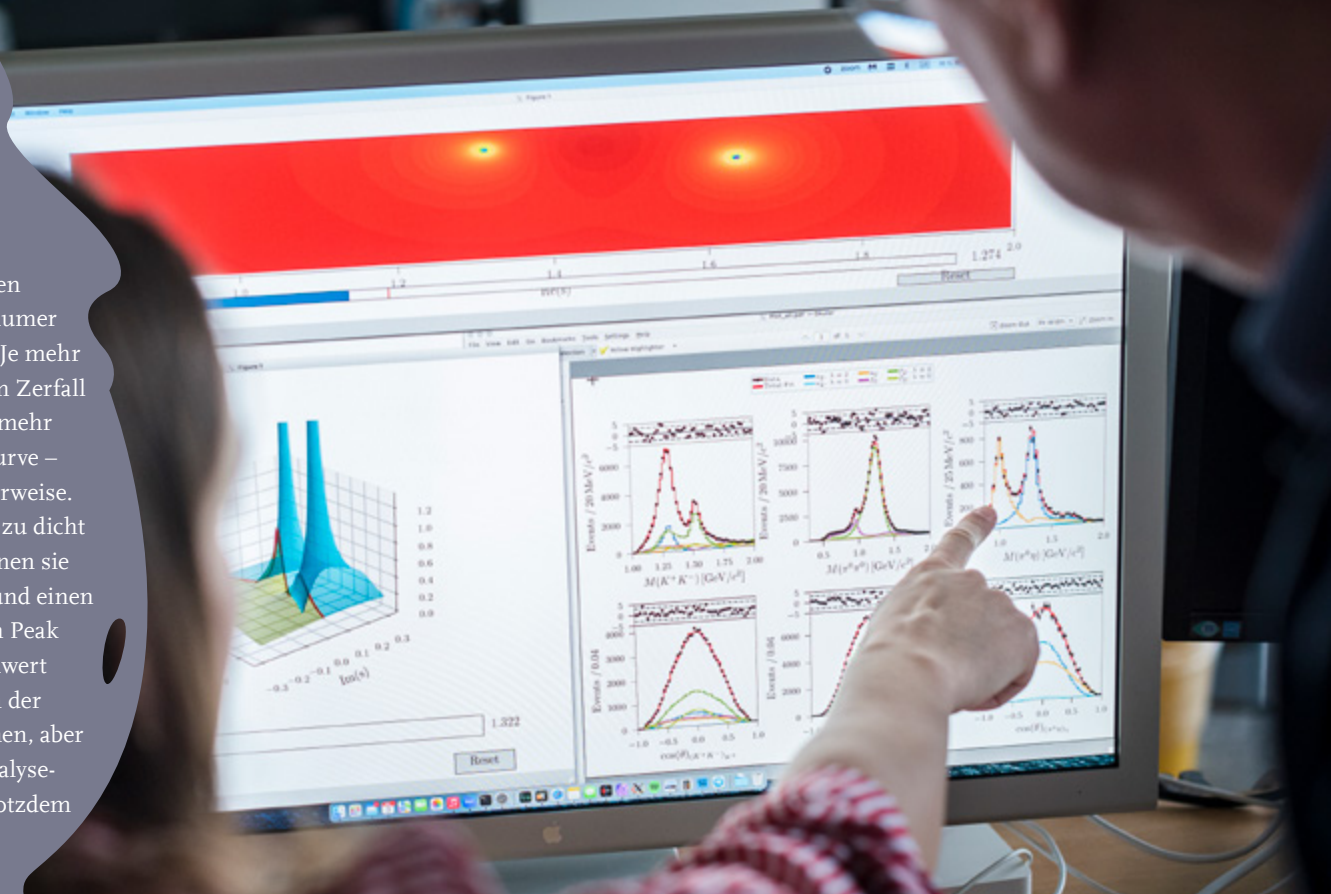
Die rätselhaften Teilchen aus dem BESIII-Experiment sind dabei sicher nicht die einzigen Kandidaten für Gluebälle. Denn theoretisch sollte es viele verschiedene Gluebälle geben, die zum Beispiel einen unterschiedlichen Spin haben müssten. Als Spin bezeichnet man den Eigendrehimpuls eines Teilchens. Das BESIII-Experiment kann nur Gluebälle mit niedrigem Spin hervorbringen. Denn in dem Beschleuniger ▶



BESIII-EXPERIMENT

Im BESIII-Experiment kollidieren Elektronen und Positronen mit hoher Energie. Die dabei entstehenden Teilchen zerfallen wiederum in andere Teilchen. Beispielsweise ist es denkbar, dass zunächst ein Photon entsteht, das sich in ein Teilchen aus zwei Quarks umwandelt, welches in ein Photon und einen Glueball zerfällt.

So sehen die Daten aus, die das Bochumer Team analysiert. Je mehr Teilchen in einem Zerfall entstehen, desto mehr Peaks hat eine Kurve – zumindest idealerweise. Liegen die Peaks zu dicht beieinander, können sie sich überlagern und einen einzelnen breiten Peak bilden. Das erschwert die Identifikation der beteiligten Teilchen, aber das PAWIAN-Analysepaket kann sie trotzdem separieren.



prallen zwei Teilchen – Elektron und Positron – aufeinander, die beide einen Spin von $\frac{1}{2}$ besitzen, zusammengenommen also 1. Diese Spinzahl muss nach der Kollision erhalten bleiben, was den Spin des Glueballs limitiert.

Auch wenn das BESIII-Experiment nur eingeschränkte Möglichkeiten bei der Glueball-Suche bietet, wird es Ulrich Wiedner nicht langweilig, in den Daten nach neuen Teilchen zu fahnden. „Das macht sehr viel Spaß – und in den Daten, die wir gerade analysieren, sehen wir Merkwürdigkeiten“, verrät der Physiker. „Wir wissen nur noch nicht, was sie bedeuten.“ Aber Merkwürdigkeiten sind oft der Anfang einer neuen Teilchenentdeckung.

Mit BESIII wird es wohl nicht gelingen, Gluebälle zweifelsfrei zu identifizieren. Aber die nächste Hoffnung steht schon in den Startlöchern. In Darmstadt läuft der Bau eines neuen Teilchenbeschleunigers, an dem das Experiment PANDA (antiProton ANnihilation at DARMstadt) laufen soll. Hier sollen sich künftig Protonen und ihre Antiteilchen, die Antiprotonen, gegenseitig vernichten – ein weltweit einzigartiges Experiment, das keinerlei Spin-Limitationen hätte.

Ulrich Wiedner hofft, dass hier der Nachweis verschiedener Gluebälle gelingen wird. Für ihn persönlich wird PANDA aber wohl zu spät kommen und erst nach seiner Pensionierung den Betrieb aufnehmen. Die Inflation hat die Preise für den Bau des Beschleunigers in unerwartete Höhe getrieben. Hinzu kommt, dass Russland sich mit 20 Prozent der Kosten beteiligen wollte, was durch den Angriffskrieg in der Ukraine und die damit verbundenen Sanktionen unrealistisch geworden ist. Der Bau der Anlage ist ins Stocken geraten.

Ganz bestimmt wird Ulrich Wiedner aber auch nach seiner Pensionierung weiterverfolgen, welche neuen Teilchen

PANDA in Zukunft zutage fördern wird. Und vielleicht werden die Gluebälle gefunden, wenn er an einem schönen Frühlingmorgen auf den Balkon hinaustritt und gerade ein wenig klarer geworden ist, wie Materie zusammenhält und warum der Boden unter seinen Füßen fest ist.

Text: jwe, Fotos: dg, Grafiken: Agentur für Markenkommunikation

Bochumer Forschungsteam: Fritz-Herbert Heinsius, Ulrich Wiedner und Meike Küßner bei der Datenanalyse (von links)



REDAKTIONSSCHLUSS

WELCHES DER BEIDEN GESICHTER IST ECHT?



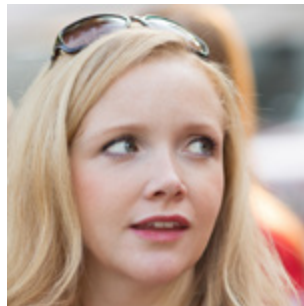
1 a



1 b



2 a



2 b

Nach Rubin ist vor Rubin – und dieses Mal kommt das nächste Heft schneller als erwartet. Denn bereits Anfang Juli 2023 erscheint eine Sonderausgabe zum Thema IT-Sicherheit, in der es unter anderem um die Sicherheit von Kryptowährungen, den Schutz im Zeitalter der Quantencomputer und die Rolle des Menschen für die IT-Sicherheit geht. Außerdem stehen computergenerierte Bilder im Fokus, die immer schwerer von echten Aufnahmen zu unterscheiden sind. Lust auf einen kleinen Test? Dann probieren Sie aus, ob Sie bei den hier abgedruckten Bildpaaren herausfinden können, welche jeweils die echte Person ist und welche nur die Fiktion eines Algorithmus. Die Lösung findet sich unter dem Impressum. Mehr Quiz-Pärchen wird es in der Sonderausgabe zur IT-Sicherheit geben.

Bilder: whichfaceisreal.com

IMPRESSUM

HERAUSGEBER: Rektorat der Ruhr-Universität Bochum in Verbindung mit dem Dezernat Hochschulkommunikation der Ruhr-Universität Bochum (Hubert Hundt, v.i.S.d.P.)

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT: Prof. Dr. Christian Albert (Geowissenschaft), Prof. Dr. Thomas Bauer (Fakultät für Wirtschaftswissenschaft), Prof. Dr. Gabriele Bellenberg (Philosophie und Erziehungswissenschaften), Prof. Dr. Maren Lorenz (Geschichtswissenschaften), Prof. Dr. Astrid Deuber-Mankowsky (Philologie), Prof. Dr. Markus Kaltenborn (Jura), Prof. Dr. Achim von Keudell (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Günther Meschke (Prorektor für Forschung und Transfer), Prof. Dr. Martin Muhler (Chemie), Prof. Dr. Franz Narberhaus (Biologie), Prof. Dr. Markus Reichert (Sportwissenschaft), Prof. Dr. Gregor Schöner (Informatik), Prof. Dr. Sabine Seehagen (Psychologie), Prof. Dr. Roland Span (Maschinenbau), Prof. Dr. Martin Tegenthoff (Medizin), Prof. Dr. Marc Wichern (Bau- und Umweltingenieurwissenschaft), Prof. Dr. Peter Wick (Evangelische Theologie)

REDAKTIONSANSCHRIFT: Dezernat Hochschulkommunikation, Redaktion Rubin, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, rubin@rub.de, news.rub.de/rubin

REDAKTION: Dr. Julia Weiler (jwe, Redaktionsleitung); Meike Drießen (md); Lisa Bischoff (lb); Raffaella Römer (rr)

FOTOGRAFIE: Damian Gorczany (dg), Schiefersburger Weg 105, 50739 Köln, Tel.: 0176/29706008, damiangorczany@yahoo.de, www.damiangorczany.de; Roberto Schirdewahn (rs), Offerkämpfe 5, 48163 Münster, Tel.: 0172/4206216, post@people-fotograf.de, www.wasaufdieaugen.de

COVER: Damian Gorczany

BILDNACHWEISE INHALTSVERZEICHNIS: Teaserfotos für die Seiten 32, 36, 44: Roberto Schirdewahn; Teaserfoto für Seite 62: Damian Gorczany

GRAFIK, ILLUSTRATION, LAYOUT UND SATZ: Agentur für Markenkommunikation, Ruhr-Universität Bochum, www.einrichtungen.rub.de/de/agentur-fuer-markenkommunikation

DRUCK: LD Medienhaus GmbH & Co. KG, Feldbachacker 16, 44149 Dortmund, Tel.: 0231/90592000, info@ld-medienhaus.de, www.ld-medienhaus.de

ANZEIGEN: Dr. Julia Weiler, Dezernat Hochschulkommunikation, Redaktion Rubin, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, rubin@rub.de

AUFLAGE: 3.700

BEZUG: Rubin erscheint zweimal jährlich und ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation der Ruhr-Universität Bochum. Das Heft kann kostenlos abonniert werden unter news.rub.de/rubin/abo. Das Abonnement kann per E-Mail an rubin@rub.de gekündigt werden.

ISSN: 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren

Die Sonderausgabe „IT-Sicherheit“ von Rubin erscheint am 3. Juli 2023. Die nächste reguläre Ausgabe erscheint am 1. Dezember 2023.