

Tagungsnachlese Heidelberg und Gießen

Fachverbände Gravitation und Relativitätstheorie, Teilchenphysik, Mathematische Grundlagen der Physik, Hadronen und Kerne, Arbeitskreis Philosophie der Physik

Gravitation und Relativitätstheorie

Der Fachverband „Gravitation und Relativitätstheorie“ hat sich auch dieses Jahr mit einem ansprechenden Programm an der Jahrestagung in Heidelberg beteiligt. Mit einem Plenarvortrag, einem gemeinsam veranstalteten Symposium sowie sieben eingeladenen Vorträgen gelang ein Überblick über die verschiedenen aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet der Gravitationsphysik. Die Themenvielfalt reichte von mathematischen Untersuchungen zum Gravitationskollaps und kosmologischen Modellen über beeindruckende Fortschritte bei der numerischen Modellierung von binären Schwarzsloch-Raumzeiten bis hin zu Anwendungen der Relativitätstheorie in der Astronomie.

Die Formulierung der Quantengravitation, die Gravitation und Quantentheorie konsistent beschreibt, ist eine zentrale Herausforderung der heutigen theoretischen Physik. In seinem Plenarvortrag stellte Herrmann Nicolai (MPI Potsdam) die aktuellen Zugänge zur Quantengravitation vor. Er beschrieb die Stringtheorie – eine Entwicklung aus der Teilchenphysik, deren Anspruch es ist, eine umfassende „theory of everything“ zu liefern, die aber von experimentell nachprüfbareren Voraussagen noch weit entfernt ist. Dies trifft auch auf die sog. Schleifenformulierung der Quantengravitation (Loop Quantum Gravity) zu, die auf den Ideen der Gravitationstheorie aufbaut. Auch intrinsische Ungereimtheiten bereiten beiden Theorien Probleme. So scheint der Zeitpunkt gekommen zu sein, wo nur noch harte experimentelle Fakten weiterhelfen, wie sie z. B. der Large Hadron Collider am CERN liefern wird.

Martin Reuter (Uni Mainz) widmete sich in seinem Vortrag der Quanten-Einstein-Gravitation (QEG). Bei diesem von S. Weinberg initiierten Zugang handelt es sich um einen weiteren Kandidaten für eine mikroskopische Quantentheorie der Gravitation, die in einem gewissen Sinn renormierbar ist. Reuter erläuterte diesen Zugang und zeigte erste Konsequenzen auf, nach denen z. B. eine Raumzeit auf ihren kleinsten Skalen fraktale Strukturen besitzen sollte.

Sergei Klioner (TU Dresden) stellte ein faszinierendes Zukunftprojekt der ESA vor. Der Satellit Gaia soll im Jahr 2011 gestartet werden, um Positionen, Eigenbewegungen und Parallaxen von Himmelsobjekten mit einer Genauigkeit von wenigen Millionstel Bogensekunden zu messen. Dieser Satellit wird es ermöglichen, relativistische Effekte wesentlich genauer zu bestimmen als bisher. Dies betrifft insbesondere die gravitative Rotverschiebung im Gravitationsfeld der Erde, die gravitative Lichtablenkung und die Periheldrehung von Asteroidenbahnen.

Die übrigen Vorträge befassten sich z. B. mit Themen wie der strengen Behandlung der Methode des Doppler-Trackings oder mit der Bestimmung des Drehimpulses eines Schwarzen Lochs.

Jörg Frauendiener

Teilchenphysik

Mit den vielfältigen Beziehungen zwischen Teilchenphysik, Kosmologie und Gravitation beschäftigten sich einige Plenarvorträge, ein Symposium des Arbeitskreises Philosophie (vgl. S. 107) sowie ein Fachsymposium aller Fachverbände mit dem Titel „Kosmologie und Gravitation“. Das neue Interesse an ge-

meinsamen Tagungen folgt aus der stürmischen Entwicklung von Kosmologie und Astroteilchenphysik, die auf die Zusammenarbeit der Fachgebiete angewiesen sind.

Der geplante Start des Large Hadron Collider (LHC) 2008 gab Anlass, den Stand unseres jetzigen Wissens zusammenzufassen und die Erwartungen an die LHC-Experimente aufzuzeigen (z. B. Siegfried Bethke, MPI München). Dirk Zerwas (LAL Orsay) diskutierte die Physik, die am LHC im ersten Betriebsjahr untersucht werden kann, wie z. B. Tests des Standardmodells. Zahlreiche Vorträge befassten sich mit den Vorarbeiten für den LHC in den Bereichen Instrumentierung, Software, Vorbereitung von Physikanalysen und Phänomenologie. Für die Suche nach neuer Physik und deren Interpretation ist es notwendig, die Vorhersagen des Standardmodells für die Physik am LHC gut zu verstehen. Hierzu sind Präzisionsrechnungen der QCD erforderlich, um die Effekte der starken Wechselwirkung zuverlässig vorherzusagen (Thomas Gehrmann, ETH Zürich). Wichtige experimentelle Untersuchungen hierzu lieferten die HERA-Experimente (Victor Lendermann, Uni Heidelberg), die auch die für die Vorhersagen erforderlichen Partondichten im Proton geliefert haben. Die Leistungen der HERA-Experimente auf diesen Gebieten wurden insbesondere im Preisträgervortrag von Alan Martin¹⁾ (Uni Durham) thematisiert.

Die Existenz Dunkler Materie im Universum treibt die Teilchenphysiker weiter um. Erweiterungen des Standardmodells bieten denkbare Kandidaten für sog. WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles), die dieses Problem lösen könnten. In mehreren Vorträgen wurde diskutiert, wie sich diese Teilchen durch direkte Erzeugung (u. a.

1) vgl. den Preisträgerartikel von Alan Martin auf Seite 73.

Prof. Dr. Jörg Frauendiener, Institut für Astronomie und Astrophysik, Abteilung Theoretische Astrophysik, Universität Tübingen

Manuel Drees, Uni Bonn) bzw. durch den Nachweis ihrer Wechselwirkung mit Kryodetektoren (Wolfgang Rau, TU München) am LHC experimentell untersuchen ließen. Die Suche nach dem Ursprung der Masse (Higgs-Boson) und nach Kandidaten für Dunkle Materie und Supersymmetrie macht einen großen Teil der Faszination der LHC-Physik aus. Experimente am LHC können auch wichtige Messungen zum Standardmodell machen und dieses im Bereich der Quarkmischung, CP-Verletzung und in der starken Wechselwirkung verbessern.

Flavourphysik und die Analyse der CP-Verletzung standen in den letzten Jahren im Zentrum experimenteller Hochenergiephysik. Die B-Fabriken am SLAC (Stanford) und KEK (Japan) sowie Experimente am Tevatron haben hervorragende Ergebnisse erzielt, die nach wie vor alle mit dem Standardmodell kompatibel sind (Heiko Lacker, TU Dresden und Stephanie Hausmann-Menzeimer, Uni Heidelberg).

Die Neutrino-physik hat mit der Entdeckung der Neutrinooszillationen und der endlichen Masse der Neutrinos einen neuen Aufschwung genommen. Stand der Wissenschaft und zukünftige Entwicklungen wurden in zwei Vorträgen (Tobias Lachenmaier,

Uni Tübingen und Walter Winter, Uni Würzburg) sowie in vielen Parallelsitzungen diskutiert. In Europa konzentrieren sich die Anstrengungen auf Niederenergieexperimente zur direkten Messung der Neutrinomassen und zur Suche nach dem neutrinolosen Doppelbetazerfall sowie auf Reaktorexperimente zur Messung des dritten (kleinsten) Mischungswinkels.

Highlights der Astroteilchenphysik waren die Entdeckung und präzise Vermessung hochenergetischer Punktquellen und erste Ergebnisse des AUGER-Arrays in Argentinien (Jörg Hörandl, Uni und FZ Karlsruhe). Besonderer Höhepunkt war der Hauptvortrag von Hans-Thomas Janka (MPI Garching) aus Anlass des 20-jährigen Jubiläums der Supernovaexplosion von 1987.

Franz Eisele

Mathematische Physik

In seinem Plenarvortrag zur Quantengravitation diskutierte Hermann Nicolai (MPI Gravitationsphysik, Potsdam) die Schwierigkeiten bei der Quantisierung der Gravitation und die verschiedenen Lösungsansätze dazu. Am Beginn stand dabei die Beobachtung, dass die linke Seite der Einsteinschen Gleichung der Allgemeinen Relativitätstheo-

rie einen klassisch-geometrischen Charakter habe, während die rechte Seite mit dem Energie-Impuls-Tensor quantenfeldtheoretisch zu sehen sei. Er stellte anschließend dar, wie sich aus diesen beiden Sichtweisen Ansätze zur Quantisierung der Gravitation entwickelt haben.

Die Hauptvorträge des Fachverbands waren im Bereich der Quantenmechanik und der Quantenfeldtheorie breit gestreut. Walter Pedra (Uni Mainz) berichtete über Resultate zur Konstruktion von Gleichgewichts-(KMS)-Zuständen für wechselwirkende Fermionensysteme. Durch eine Kombination von operator-algebraischen Argumenten und einem Renormierungsgruppenfluss gelingt es ihm, die Korrelationsfunktionen dieses KMS-Zustands vollständig zu kontrollieren und mithin auch seine Eindeutigkeit zu beweisen, sofern die Temperatur nicht zu klein ist.

Peter Müller (Uni Göttingen) gab einen Überblick über das mathematische Wissen im Bereich ungeordneter Quantensysteme. Ausgehend vom Anderson-Modell stellte er verschiedene Modelle für ungeordnete Systeme vor, für die man jeweils den Grad der Lokalisierung der modellierten Elektronen spektral, dynamisch oder durch Transporteigenschaften charakterisieren kann.

Prof. Dr. Franz Eisele, Physikalisches Institut der Universität Heidelberg

Rainer Verch (Uni Leipzig) erläuterte verschiedene Zugänge zur Quantisierung der Raumzeit im Rahmen der nichtkommutativen Geometrie. Dabei erweiterte er den Connesschen Begriff des spektralen Tripels auf eine Lorentz-Signatur der Metrik. Dies soll die Formulierung von Quantenfeldtheorien auf einer gekrümmten, nichtkommutativen Raumzeit ermöglichen.

Heinz Siedentop (LMU München) präziserte mit einem neuen Resultat den Zusammenhang zwischen der relativistischen und der nichtrelativistischen Quantenmechanik im Limes unendlicher Lichtgeschwindigkeit $c \rightarrow \infty$, insbesondere in Hinblick auf den Limes großer neutraler Atome mit Kernladung $z \gg 1$.

Thomas Chen (Princeton University) gab in seinem Vortrag einen Überblick über jüngere Ergebnisse der nichtrelativistischen QED, d. h. der Spektraltheorie nichtrelativistischer Materie, die an das quantisierte Strahlungsfeld gekoppelt ist. Außerdem berichtete er über ein gemeinsames Projekt mit Fröhlich und Pizzo, das die Konstruktion von Streuzuständen für minimal gekoppelte Modelle beinhaltet.

Lars Jonsson (Royal Institute of Technology, Stockholm) stellte eine Analyse der pseudo-relativistischen nichtlinearen, attraktiven Hartree-Evolution vor, mit der sich Bosonen-Sterne beschreiben lassen. Zentral ist dabei eine geometrische Zerlegung in den Wellenanteil in Richtung des und senkrecht zum Soliton, wobei Orthogonalität im Sinne der symplektischen Form der Hamiltonschen Struktur der Dynamik zu verstehen ist.

Gero Friesecke (TU München) Vortrag behandelte die quantenmechanische Begründung der van-der-Waals-Kräfte zwischen Molekülen. Nach einem historischen Abriss hob er hervor, dass die quantitative Erfassung der van-der-Waals-Kräfte nach wie vor im Rahmen der N -Teilchen Quantenmechanik eine große mathematische Herausforderung darstellt.

Volker Bach

Hadronen und Kerne

Die diesjährige Frühjahrstagung des Fachverbandes Hadronen und Kerne in Gießen zeugte mit 20 Plenar- und Hauptvorträgen, 308 Kurzvorträgen und 43 Postern von der großen Aktivität auf diesem Gebiet. Dabei wurde inhaltlich ein weites Spektrum abgedeckt mit experimentellen Ergebnissen und theoretischen Untersuchungen zur Hadronen-Physik, der Kernstruktur- und nuklearen Astrophysik, der Schwerionenphysik bis hin zur Instrumentierung kern- und teilchenphysikalischer Experimente.

Höhepunkte waren die Plenar- und Hauptvorträge über „Spinstruktur des Nukleons“, „In-Medium Modifikation von Mesonen“, „Kernstruktur und nukleare Astrophysik“, „neue instrumentelle Entwicklungen“ und „fundamentale Fragen der Teilchenphysik“.

Eines der faszinierendsten Forschungsgebiete der Hadronen-Physik betrifft zurzeit die Bestimmung der Spinbeiträge von Quarks und Gluonen und deren Bahndrehimpulse zum Spin des Nukleons, sowohl im longitudinal als auch im transversal polarisierten Nukleon.

Experimentelle Resultate von COMPASS und HERMES zu neuen, spinabhängigen Fragmentationfunktionen und insbesondere zum Spinbeitrag der Gluonen wurden durch theoretische Untersuchungen basierend auf der Gitter-QCD und auf effektiven Feldtheorien untermauert.

Eine herausragende Fragestellung der Hadronen-Physik befasst sich mit dem Einfluss des nuklearen Mediums auf die Eigenschaften (z. B. Masse und Lebensdauer) von Mesonen. Neueste Ergebnisse von CBELSA/TAPS lassen auf eine Reduzierung der Masse des Omega-Mesons schließen, was sich mittels chiraler Symmetriebrechung verstehen lässt.

In der Kernphysik wurden viele neue Resultate zur Kernstruktur und zur nuklearen Astrophysik vorgestellt. Die Untersuchung kol-

lektiver Zustände im Kern weist einen Weg, das subtile Zusammenspiel der Proton-Neutron-Wechselwirkung zu verstehen. Die am S-DALINAC (Darmstadt) und in Groningen beobachtete Aufspaltung der Pygmy-Resonanz ist noch unverstanden. Neueste Ergebnisse vom ELBE-Beschleuniger und von RISING spielen eine wichtige Rolle für ein detailliertes Verständnis der Nukleosynthese.

Besonderes Interesse rief der Bericht über die Beschleunigung von Elektronen und Ionen mittels starker Laserimpulse in Plasmen hervor. Auch die Möglichkeit, einen laserbasierten Freien-Elektronen Laser in München zu realisieren, rückt in greifbare Nähe. Eine neue, in Frankfurt im Aufbau befindliche Neutronenquelle wird erstmals Messungen an kleinsten Probenmengen und mit kurzlebigen Isotopen erlauben.

Die Theorie unterstützt all diese Experimente mit Methoden, die sich direkt an der starken Wechselwirkung orientieren, wie z. B. Gitter-QCD-Rechnungen, effektive Feldtheorien und die chirale Störungstheorie. Die Theorie liefert Vorhersagen über Eigenschaften von Hadronen, generalisierte Parton-Verteilungen und kernphysikalische Vielkörper-Probleme. Hier zeigt sich zunehmend eine Hinwendung auf Fragestellungen, die am GSI-FAIR-Projekt bearbeitet werden sollen.

Auch die zwei Abendvorträge von Gerhard Kraft (GSI, Darmstadt) und Albrecht Beutelspacher (Gießen) wurden von den Zuhörern mit Spannung verfolgt. Gerhard Kraft berichtete über eine neue, hochpräzise Form der Krebstherapie mit schweren Ionen, die in den neuen Kliniken in Heidelberg und Marburg angewandt werden soll. Albrecht Beutelspacher präsentierte seine weltweit einzigartige Ausstellung „Mathematische Experimente“, die allen die Möglichkeit bot, mathematische Phänomene spielerisch zu erleben.

Kay Königsmann

Prof. Dr. Volker Bach, Institut für Mathematik, FB Physik, Mathematik und Informatik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Prof. Dr. Kay Königsmann, Physikalisches Institut, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Prof. Dr. Brigitte Falkenburg, Institut für Philosophie, Universität Dortmund

Philosophie der Physik

Gemeinsam mit den Fachverbänden Teilchenphysik, Mathematische und Theoretische Grundlagen der Physik sowie Gravitation und Relativitätstheorie veranstaltete der AK Philosophie ein gut besuchtes Symposium zum Thema „Knowledge of the Early Universe“. Karl Mannheim (Uni Würzburg) berichtete unter dem Titel „Landscape of Universes“ zunächst über die empirischen Resultate zur Masse-Energie-Dichte des Universums. Die Messungen aus Galaxien-Clustern, Supernovae als „Standardkerzen“ und den Fluktuationen der kosmischen Hintergrundstrahlung stützen das Standardmodell der Kosmologie mit Urknall, inflationärer Phase und flacher Raumzeit; sie ergeben einen Dichteparameter $\Omega \approx 1$, mit Beitrag $\Omega_\Lambda \approx 0,7$ der Dunklen Energie. In krassm Widerspruch hierzu steht die Vorhersage von $\Omega_\Lambda \sim 10^{20}$ aus dem Standardmodell der Teilchenphysik. Die Versuche, das kosmologische Modell durch SUSY- und Superstring-Theorien mit der Teilchenphysik zu vereinheitlichen, führen allerdings in spekulative Landschaften von Multiversen. Thomas Thiemann (Albert Einstein Institut, Potsdam, und Perimeter Institute, Ontario) erläuterte den alternativen Ansatz der „Loop Quantum Gravity“, der die Raumzeit quantisiert. Die Anfangssingularität der klassischen Kosmologie wird so vermieden, die Zeit hat keinen Anfang. Der Preis dafür sind die „zeitlose“ Wheeler-de Witt-Gleichung und Probleme mit der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie, denen eine relationale Deutung nach C. Rovelli begegnen soll. Rainer Verch (Uni Leipzig) erklärte, unter welchen Bedingungen die Quantenfeldtheorie Zustände negativer Energie erlaubt, die „Darker than Vacuum“ sind. Beispiele sind der Casimir-Effekt oder die „squeezed states“ der Quantenoptik. Für die gekrümmte Raumzeit der Gravitation lassen sich lokale dynamische Stabilitätsbedingungen ableiten, die kausale Anomalien wie Zeitmaschinen, Wurmlöcher oder den „warp“-An-

trieb verbieten. Für wechselwirkende Quantenfelder ist allerdings alles noch offen. Henrik Zinkernagel (Uni Granada) beschloss das Symposium mit dem Vortrag „Time and the Cosmic Measurement Problem“. Ausgehend von der alten Debatte um Newtons absoluten Raum und Leibniz' Kritik daran diskutierte er die Möglichkeiten, der Zeitskala durch Messverfahren und physikalische Gesetze eine physikalische Basis zu geben, und zeigte, dass für das frühe Universum die Zeitskala genauso spekulativ ist wie die Theorienbildung. Die Quantentheorie macht dies nicht besser. Sie wirft das kosmische Messproblem auf, d. h. die Frage, wie die klassische Welt aus einem Quantenuniversum entsteht. Der Dekohärenz-Ansatz kann sie nicht beantworten; er bringt vielmehr konzeptuelle Probleme mit sich, die eng mit der Deutung der Wheeler-de Witt-Gleichung zusammenhängen.

Das AK Philosophie-Kolloquium verfolgte die Themen des Symposiums weiter. Christopher Smeenk (University of California) diskutierte, wie weit die empirische Basis der Theorie des inflationären Universums trägt. Michel Bitbol (CREA, Paris) untersuchte das philosophische Konzept der „Downward Causation“ und zeigte seine Grenzen für die Quantenmechanik auf. Thomas Görnitz (Uni Frankfurt) stellte eine Theorie vor, die kosmologische Ansätze wie das holographische Prinzip aufgreift und die Information als fundamental betrachtet. Insgesamt reichten die Themen von der Wissenschaftstheorie und -geschichte der Astroteilchenphysik bis zu den Grundlagen der klassischen Mechanik.

Brigitte Falkenburg