

## Gravitation und Relativitätstheorie

Das Thema „Relativität und Gravitation“ war eines der hervorragenden Themen auf der DPG-Frühjahrstagung in Freiburg. Dies spiegelte sich sowohl in den Plenarvorträgen als auch in den gemeinsam mit den anderen Fachverbänden organisierten Symposien „Emergent Time“ und „Raum, Zeit, Gravitation“ wider. Darüber hinaus gab es sieben eingeladene Hauptvorträge zu aktuellen Themen der Gravitationsphysik. Als thematische Schwerpunkte bildeten sich dabei die eventuelle Erzeugung Schwarzer Löcher am LHC (Large Hadron Collider am CERN) sowie die Erzeugung und Detektion von Gravitationswellen heraus.

Während G. Dvali (New York/CERN) in einem Symposiumsvortrag die Vision von der Erzeugung mikroskopischer Schwarzer Löcher ausmalte und deren Bedeutung für eine Quantengravitationstheorie darstellte, wies M. Choptuik (Vancouver/AEI Potsdam) in seinem Hauptvortrag mittels numerischer Simulationen auf mögliche Schwierigkeiten bei dem Versuch hin, durch Teilchenstöße Schwarze Löcher zu erzeugen. Wir dürfen also weiterhin gespannt darauf sein, was der LHC uns beschert.

Im Rahmen des zweiten Themenschwerpunktes berichtete B. Brügmann (Jena) über neue spannende Ergebnisse numerischer Simulationen des Verschmelzens zweier Schwarzer Löcher und die damit verbundene Erzeugung von Gravitationswellen. Es stellte sich heraus, dass rotierende Schwarze Löcher sich auf hohe Geschwindigkeiten beschleunigen und z. B. aus Galaxien herausgeschleudert werden können, wofür man vor Kurzem auch Hinweise aus astronomischen Beobachtungen fand. Über den Stand der erdgebundenen sowie der geplanten weltraumgestützten Suche nach Gravitationswellen berichtete K. Danzmann (AEI Hannover). Diese Thematik wurde in Hauptvorträgen von K. Kokkotas (Tübingen) über die Erzeugung von Gravitationswellen

durch oszillierende Neutronensterne und G. Schäfer (Jena) über die Dynamik von Binärsystemen aus zwei rotierenden Schwarzen Löchern oder Sternen, die Gravitationswellen erzeugen, komplettiert.

Ebenfalls aus dem Bereich der experimentellen Gravitation stammte der Plenarvortrag von J. Wambsganss (Heidelberg) über die Suche nach Dunkler Materie, von der wiederum Verknüpfungspunkte zum LHC bestehen, an dem auch Teilchen gesucht werden, die als Kandidaten für die Dunkle Materie gelten. Des Weiteren berichtete J. Müller (Hannover) über neue Möglichkeiten von Hochpräzisionstests mittels Lunar Laser Ranging und H. Dittus (Bremen) über ein Bose-Einstein-Kondensat im freien Fall am Fallturm Bremen, womit sowohl neue Bereiche der Quantenmechanik speziell im Zusammenspiel mit der Gravitation erschlossen als auch neue technologische Anwendungen von ultrakalten Atomen erprobt werden sollen.

Theoretisch-konzeptionelle Beiträge lieferten die Vorträge von C. Kiefer (Köln) im Symposium „Emergent Time“ zum Thema der Zeit in der Quantengravitation, von G. Huisken (AEI Potsdam) zur Definition der Masse in der Allgemeinen Relativitätstheorie sowie von D. Giulini (AEI Potsdam) über die Abbildungen von Cauchy-Flächen in der kanonischen Quantengravitation.

Alles in allem gab es ein sehr attraktives Programm zum Thema Gravitation, was auch auf die hervorragende Kooperation mit den anderen beteiligten Fachverbänden zurückzuführen ist.

Claus Lämmerzahl

## Mathematische Physik

Der Fachverband Mathematische Physik hat sich auf der Freiburger Tagung mit einem vielfältigen Programm präsentiert; hier seien einige Höhepunkte dargestellt. Als besonders bedeutender Beitrag ist vor allem der Preisträgervortrag von D. Buchholz (Göttingen), der in diesem Jahr mit der Max-

Planck-Medaille ausgezeichnet wurde, zu nennen. Er berichtete eindrucksvoll über Methoden und neuere Entwicklungen seines Arbeitsgebietes, den Grundlagen der Quantenfeldtheorie, und wies auch auf einige spannende neue Resultate zur Konstruktion von Quantenfeldtheorien hin, die zur Klasse der integrierbaren Modelle gehören. In einem sehr bemerkenswerten Fachvortrag von G. Lechner (Wien) wurden diese von ihm gemeinsam mit D. Buchholz erzielten Resultate weiter ausgeführt.

Weitere Höhepunkte waren die Hauptvorträge. Zunächst gab S. Waldmann (Freiburg) einen interessanten Einblick in die geometrischen Aspekte nicht-kommutativer Feldtheorien. Besonders herauszustreichen ist auch der Hauptvortrag von B. Schlein (LMU München), der über seine Resultate zur Beschreibung der Dynamik von Bose-Einstein-Kondensaten mit der Gross-Pitaevskii-Gleichung berichtete. Für diese wegweisenden Arbeiten wurde B. Schlein mit dem S.-Kowalevskaja-Preis der Alexander von Humboldt-Stiftung ausgezeichnet. In einem weiteren Hauptvortrag diskutierte M. Keyl (Turin) die mathematischen Grundlagen und Resultate zum Begriff der Verschränktheit in großen Quantensystemen. Den Abschluss der Hauptvorträge bildete der eindrucksvolle Bericht von H. Grosse (Wien) über nicht-kommutative Quantenfeldtheorien und die aktuellen Fortschritte auf diesem Gebiet, an denen der Vortragende maßgeblich beteiligt war.

Das Programm der Fachvorträge war vielfältig besetzt mit Themen aus der Quantisierungstheorie, Vielteilchentheorie, Quantenfeldtheorie, nicht-kommutativer Geometrie und Quanten-Informationstheorie. Als besonders erfreulich erwies sich dabei die rege Beteiligung jüngerer Vortragender und die durchweg hohe Qualität der Fachvorträge sowohl in Hinblick auf Darstellung wie auf Inhalt.

Wie auch in den Jahren zuvor war das gemeinsam mit der AG Philosophie und den FV Gravitation und Teilchenphysik veranstaltete

Symposium inhaltlich sehr interessant und publikumswirksam. Die Vortragenden der jeweiligen Fachverbände beleuchteten das übergeordnete Thema „emergente Zeit“ aus verschiedenen Perspektiven. Für den FV Mathematische Physik gelang dabei O. Dreyer (MIT) ein bemerkenswert klarer und mitreißender Vortrag über die Emergenz der Struktur von Raum und Zeit in Ansätzen zur Quantengravitation. Ein gemeinsames Symposium mit der AG Philosophie ist auch für das nächste Jahr geplant, unter dem Motto „Komplexität“.

Rainer Verch

## Philosophie der Physik

Der Arbeitskreis Philosophie (jetzt: Arbeitsgruppe) veranstaltete zusammen mit den Fachverbänden der Freiburger Tagung das Symposium „Emergent Time“. Manfred Stöckler (Bremen) behandelte „Die Zeit der Physik und die Zeit der Philosophie“. Von Aristoteles über Augustinus, Leibniz und Kant bis McTaggart stand die Frage im Zentrum, ob die Zeit primär im Bewusstsein oder aber in der Natur verankert ist. Aus subjektiver Sicht ist die Gegenwart ausgezeichnet, das Zeitbewusstsein bleibt perspektivisch und irreduzibel. Die objektive Sicht fordert aber eine physikalische Erklärung der Zeit. Schon zwischen Newton und Leibniz entspann sich die Debatte, ob die Zeit absolut ist, also unabhängig von allen materiellen Prozessen

verläuft, oder nicht. In der relativistischen Physik werden Gleichzeitigkeit, Gegenwart und Existenz abhängig vom Bezugssystem. Dies führt zur Vorstellung eines vierdimensionalen „block universe“. Aber wie lässt sich dann die Physik mit dem Alltagsverständnis der Zeit vereinbaren? Stöckler sprach der Philosophie die Aufgabe zu, den Zusammenhang der Physik mit dem Rest unseres Wissens zu klären, hob aber hervor, die Physik sei noch nicht so weit, dass die Philosophie dies für die Emergenz der Zeit könnte.

In seinem Vortrag über die Emergenz der Zeit ging Hartmann Römer (Freiburg) davon aus, dass die physikalische Zeit von der erlebten Qualität der subjektiven Zeit abstrahiert und einer verblassten Zeitvorstellung entspricht. Die verallgemeinerte Quantentheorie zielt darauf, die Konzepte der Komplementarität und Verschränkung für allgemeinere Begriffe von System, Observable und Messung zu definieren und die traditionelle Substanzontologie durch eine Prozessontologie zu ersetzen.

Claus Kiefer (Köln) gab einen Überblick darüber, wie man in der kanonischen Quantengravitation von der „zeitlosen“ Wheeler-de Witt-Gleichung mittels Quantenkosmologie, semi-klassischer Näherung und Dekohärenz zur raumzeitlichen Beschreibung des Universums gelangt. Dabei ist Everetts Vielwelten-Deutung der Quantentheorie vorausgesetzt; der Dekohärenz-Ansatz unterteilt das

Universum in globale Freiheitsgrade (Radius, Inflationsfeld) und lokale Umgebung (Dichtefluktuationen, Gravitationswellen, andere Felder); die Zeit entspringt aus einer Symmetriebrechung.

Einen alternativen Ansatz stellte Olaf Dreyer (MIT) vor. Ausgangspunkt ist ein prägeometrisches Spin-System, dessen Anregungen gebundene Zustände bilden können, wobei die Anziehung dieser Zustände die Gravitation erklärt. Der Ansatz weicht radikal von der bisherigen Kosmologie und ihrer Quantisierung ab. Er betrachtet die Gravitation als emergent und muss die Einsteinschen Feldgleichungen nicht quantisieren. Und er benötigt keine Inflation des frühen Universums, um die Homogenität der kosmischen Hintergrundstrahlung zu erklären; er löst das Horizont-Problem stattdessen durch einen Phasenübergang mit divergierender Korrelationslänge.

Im AK Phil-Kolloquium trug Domenico Giulini (AEI Potsdam) viel zur Klärung der Begriffe Kovarianz und Invarianz bei, während Jos Uffink (Utrecht) die Tücken des thermodynamischen Zeitpfeils und seiner Reduktion in einer stochastischen Dynamik deutlich machte. Der Plenarvortrag von Margaret Morrison (Toronto) diskutierte die Tragweite formaler Analogien an der Renormierungsgruppe und ihrer Anwendung auf das Verhalten verschiedenartiger Systeme am kritischen Punkt.

Brigitte Falkenburg

Prof. Dr. Rainer Verch, Universität Leipzig

Prof. Dr. Dr. Brigitte Falkenburg, Technische Universität Dortmund