

Tagungsbericht „Theoretische und mathematische Grundlagen der Physik“, München 2009

Das Programm des Fachverbandes „Theoretische und mathematische Grundlagen der Physik“ umfasste 10 Fachsitzungen zu verschiedenen Aspekten der Quantenmechanik und Quantenfeldtheorie, vier Hauptvorträge, sowie einen Plenarvortrag.

Im Plenarvortrag hat Stefan Hollands (Cardiff) die Problematik der Quantenfeldtheorie in Gravitationsfeldern diskutiert. Seine zentrale Botschaft war, dass die Techniken der Renormierung, die im flachen Raum zum Alltagsgeschäft gehören, in gekrümmten Raumzeiten völlig neu konzipiert werden müssen. Bekannte Phänomene wie der Unruh-Effekt oder die Hawking-Strahlung belegen, dass die Vorstellung eines „Vakuums“ mit dem Äquivalenzprinzip nicht vereinbar ist: beschleunigte oder freifallende Messgeräte „sehen“ in derselben physikalischen Situation unterschiedliche Teilchendichten. Und dass Energie „relativ“ ist, gilt in der Allgemeinen Relativitätstheorie erst recht. Diese beiden Tatsachen zeigen, dass schon die „Subtraktion der Vakuum-Energie“, die nötig ist, um zusammengesetzte Quantenfelder wie den Energie-Impuls-Tensor zu definieren, bevor man überhaupt mit der Quantenfeldtheorie beginnen kann, zwei undefinierte Begriffe enthält, gar nicht zu reden von der Renormierung im Impulsraum, wenn es im gekrümmten Raum gar keine Fourier-Transformationen gibt! Herr Hollands hat gezeigt, wie man mit Methoden der Mathematischen Physik mit solchen Herausforderungen fertig werden kann, sowie neue Ideen und Ergebnisse vorgestellt, die nicht zuletzt für die Kosmologie (z.B. die zeitliche Entwicklung der Quantenfluktuationen des frühen Universums bis zu ihrem „eingefrorenen Bild“ im heute beobachteten Spektrum der kosmischen Hintergrundstrahlung) von Interesse sind.

In den Hauptvorträgen hat zunächst Volker Meden (Aachen) über die Manipulation von Vielteilchensystemen (z.B. Halbleitern) durch mesoskopische Strukturen berichtet, wie etwa Quantendrähte, die nur wenige hundert Atome dick sind. Ein zuverlässiges Verständnis der dabei auftretenden Quanteneffekte kann mit Methoden der „Funktionalen Renormierungsgruppe“ erzielt werden. Nihat Ay (Leipzig) hat in einem interessanten Vortrag über „Komplexität“ die unterschiedlichen Ansätze zur Definition dieses schillernden Begriffes diskutiert. Die Grundidee „das Ganze ist mehr als seine Teile“ (dabei denke man an Netzwerke oder kognitive Systeme), muss natürlich präzisiert und in eine mathematische Definition gegossen werden, mit der man zu quantitativen Aussagen kommen kann. Peter Schupp (Bremen) hat über die modernen Ideen gesprochen, die Quantenstruktur der Raumzeit als eine „Nichtkommutative Geometrie“ zu beschreiben. Anders als bei diskreten Modellierungen, sind kontinuierliche Symmetrien in diesem Rahmen realisierbar. Die resultierenden Einstein-Gleichungen besitzen Schwarzschild-artige Lösungen, an denen man Effekte der Quantengravitation studieren kann. Im letzten Hauptvortrag hat Nicola Pinamonti (Hamburg) die Problematik der Vakuum-Erwartungswerte in gekrümmter Raumzeit (s.o.) aufgegriffen. Er stellte das bemerkenswerte Ergebnis vor, dass eine dem Prinzip der Allgemeinen Kovarianz unterliegende Renormierungsvorschrift einen krümmungsabhängigen Zusatzterm zur Energiedichte freier Felder produziert, der prinzipiell eine dynamische Expansion des Universums antreiben kann.

Die Sitzungen des Fachverbandes spiegelten die große Spannbreite der Fragestellungen der Mathematischen Physik wider; vor allem machten sie aber deutlich, dass das Nachdenken über das Spannungsverhältnis zwischen Quantentheorie und Gravitation zu einer Vielzahl von neuen Ideen und Entwicklungen Anlass gegeben hat, deren Potential für die Zukunft noch gar nicht abzusehen ist.