

## Algebro-geometric methods in fundamental physics

### 515. WE-Heraeus-Seminar

Das Hauptziel dieses Seminar war es, eine Brücke zwischen der Mathematik und ihren Anwendungen in der Physik zu schlagen. Speziell ging es um neue Entwicklungen in algebro-geometrischen Methoden sowie der Integrabilität partieller Differentialgleichungen und ihrer Anwendungen in der Eichtheorie, Stringtheorie, Quantenmechanik und Allgemeinen Relativitätstheorie. Etwas allgemeiner ausgedrückt ging es um die vom Fields-Medaillen-Gewinner Sir Michael Atiyah (Edinburgh) gestellte Frage: „The Future of Physics: Algebra or Geometry?“, was letztlich wieder in dem großen Problem der heutigen theoretischen Physik, der Vereinbarkeit von Allgemeiner Relativitätstheorie und Quantentheorie, mündete.

In all diesen Überlegungen spielt die Zahlentheorie eine entscheidende Rolle. Dies wurde in dem Vortrag von Don Zagier (Bonn) deutlich, der neue auf Ramanujan zurückgehende Konzepte einführte und auf die Quantenmechanik Schwarzer Löcher, auf die AdS/CFT-Korrespondenz und die Stringtheorie anwendete. Weiter ging es auf der mathematischen Seite um analytische Lösungen integrierbarer partieller Differentialgleichungen sowie um die Konstruktion und Eigenschaften verschiedener spezieller Funktionen wie Theta-Funktionen oder multivariabler Sigma-Funktionen und deren Verallgemeinerungen. Auch die Knotentheorie spielt in diesem Zusammenhang eine Rolle.

Damit war der Rahmen dieser Tagung definiert. Es ging dann im Folgenden um (i) Lösungen mechanischer Systeme wie Kirchhoff-Gleichungen oder Euler-Frahm-Kreisel, (ii) solitäre Lösungen der Einsteinschen Feldgleichungen und Lösungen der Geodätengleichung in verschiedenen Raumzeiten, (iii) Lösungen des Skyrme-Modells für Nukleonen und Kerne und der Yang-Mills-Gleichungen für magnetische Monopole, (iv) Lösungen von weiteren speziellen Gleichungen wie der nichtlinearen Wärmeleitungsgleichung oder der Gross-Pitaevskii-Gleichung, (v) konform-invariante Feldtheorien, (vi) Stringtheorie, sowie um (viii) festkörpertheoretische Fragestellungen.

Zum Schluss gab es einen Ausblick auf eine Verallgemeinerung des gesamten Formalismus, nämlich die „tropische Geometrie“, für die es aber noch nicht so viele physikrelevante Anwendungen gibt. Abgerundet wurde das Seminar durch einen Abendvortrag von M. Kramer (Bonn) über die Methoden der genauen Ausmessung von Binärsystemen, einer physikalischen Fragestellung, in der dieses Gebiet der Mathematik seinen Ursprung hat.

Wir danken den vielen Rednerinnen und Rednern für ihre engagierten Vorträge bei einem insgesamt recht intensiven

Programm. Auch war das Seminar sehr gut besucht, so dass wir daran denken, dieses in ähnlicher Form zu wiederholen. Wir danken der WE-Heraeus-Stiftung ganz herzlich für ihre Unterstützung und dem Physikzentrum Bad Honnef für die Gastfreundschaft.

Claus Lämmerzahl

## Quantum Chromodynamics: History and Prospects

### 516. WE-Heraeus-Seminar

Von 3. bis 8. September 2012 trafen sich in Oberwölz, Österreich, über 50 Physiker und Physikerinnen beim 516. WE-Heraeus-Seminar. Wesentlicher Anlass war, dass vor 40 Jahren, im Herbst 1972, auf der Hochenergiephysik-Konferenz in Chicago die Quantenchromodynamik (QCD) als grundlegende Theorie der starken Wechselwirkung vorgeschlagen wurde. Die Theorie wurde schließlich mit allen Details im Frühjahr 1973 von H. Fritzsch, M. Gell-Mann und H. Leutwyler publiziert. Sie bildet seither die Basis für die starke Wechselwirkung der Hadronen. Auf Grundlage der QCD sollten nicht nur der Aufbau und die Reaktionen sämtlicher Hadronen, sondern darüber hinaus auch die starken Kräfte in und zwischen den Atomkernen beschreibbar sein. Obwohl die QCD seit nunmehr fast 40 Jahren vorliegt, gelang es bis dato nicht, eine umfassende Lösung zu erzielen, vielmehr steht eine solche als Millenniumsproblem, wie vom Clay Mathematics Institute mit einer Belohnung von einer Million US Dollar ausgeschrieben, immer noch aus.

In Oberwölz waren nicht nur die Gründungsväter der Theorie, H. Fritzsch und H. Leutwyler, anwesend (M. Gell-Mann musste seine Teilnahme kurzfristig absagen), sondern auch einige wesentliche Forscher aus den Anfängen der QCD, wie etwa M. Bander, J. M. Cornwall, P. Minkowski, F. Ravndal, G. Zweig u. a. Der erste Tag war daher den Ursprüngen der QCD und ihrer frühen Entwicklung gewidmet, wobei T. Cao von der Boston University auch eine wissenschaftstheoretisch motivierte Präsentation über die Teilchenphysik Anfang der 1970er-Jahre bot.

An den folgenden vier Tagen wurde versucht, die aktuelle Situation darzustellen. Angefangen von perturbativer QCD, die eine gute Übereinstimmung mit Hochenergie-Experimenten erzielt, wurden die meisten derzeit verfolgten Methoden zur Lösung bzw. zur Modellierung der QCD in Hauptvorträgen behandelt. Insbesondere wurde die Gitter-QCD mit dem Blick auf bisher Erreichtes und zukünftige Anwendungsfelder dargestellt, funktionale, holographische und Hamiltonsche Zugänge zur QCD diskutiert, relativistische Konstituenten-Quarkmodelle