

## Vorträge im Physikalischen Kolloquium Sommersemester 2013

Mittwochs 16 Uhr c.t., Hörsaal \_111 (EG), Max-von-Laue-Str. 1

**17.04.13 Prof. Dr. Alexander Pukhov**, Institut für Theoretische Physik, Universität Düsseldorf

*Laser-plasma particle acceleration and sources of short wavelength radiation*

The major regimes of plasma-based particle acceleration and novel sources of radiation will be discussed. The ion acceleration occurs either via the TNSA (Target Normal Sheath Acceleration), or directly by the light pressure of the intense laser pulse (light sail acceleration). Electrons can be accelerated in laser-driven plasma wake fields. The so called bubble regime, the most successful regime of high amplitude relativistic wake, is stable, scalable and naturally produces quasi-monoenergetic electron bunches. The laser accelerated 100 MeV – 10 GeV electrons emit synchrotron-like radiation with photon energy in a range from a few keV to MeV.

As the laser technology continues its spectacular development, ever higher field intensities and power levels become accessible in laboratories. The projects ELI, IZEST and ICAN open new horizons for laser applications in high energy and fundamental physics.

---

**24.04.13 Prof. Dr. Mischa Bonn**, Molecular Spectroscopy Group, Max Planck Institute for Polymer Research, Mainz

*Fundamentals of Charge Carrier Dynamics in Photovoltaic Materials*

The conversion of light into free electron-hole pairs in the conduction band of semiconductors underlies both photodetectors and photovoltaic applications. In most semiconductors, the excess photon energy, i.e. the photon energy in excess of the band gap, is lost as heat, i.e. transferred to lattice degrees of freedom. For photon energies exceeding twice the band gap energy, a modest amount of excess energy can end up in electronic degrees of freedom through a process called impact ionization, or carrier multiplication, where a photo-excited, „hot“ electron relaxes by exciting additional electron-hole pairs across the band gap. Such a process is of high technological interest, as it provides multiple charge carriers for the ‘price’ of one photon. We use Terahertz (THz) spectroscopy to quantify the carrier density and mobility following optical excitation, with different photon energies, of semiconductors and semiconductor nanostructures. THz spectroscopy uniquely provides ultrafast, contact-free measurements of the (local) photoconductivity

We report a THz study of carrier multiplication in several semiconductors and nanostructures, including graphene. While for most materials carrier multiplication is remarkably inefficient, graphene is an exception, and shows very efficient coupling of photon energy into the electronic system. While of interest for photo-detectors, the bandgap-less nature of graphene makes it less useful for photovoltaic applications. Here, the bandgap that appears due to confinement in graphene nanoribbons may be useful. The question that immediately arises, is whether charge transport in graphene ribbons is as efficient as in extended graphene.

---

**08.05.13**      **Prof. Dr. Markus W. Sigrist**, Institut für Quantenelektronik,  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

*Infrarot-Laserspektroskopie für chemische Analytik in biomedizinischen Anwendungen*

Die Infrarot-Laserspektroskopie gewinnt zunehmend an Bedeutung in verschiedenen Anwendungsbereichen dank der Verfügbarkeit von durchstimmbaren Laserquellen wie Quantenkaskadenlasern oder Differenzfrequenz-Erzeugung (DFG) und empfindlichen Nachweismethoden. Dazu gehören der photoakustische und der photothermische Nachweis, Multipass-Absorptionszellen oder "Cavity ringdown" Methoden. Im Vortrag werden verschiedene Sensorsysteme diskutiert und die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten werden anhand von ausgewählten Beispielen aus unserem Labor illustriert. Diese umfassen Atemluftdiagnostik [1], Analyse von chirurgischem Rauch [2], Glukosenachweis im Gewebe [3] und Drogennachweis im Speichel [4].

1. R. Bartlome and M.W. Sigrist: "Laser-based human breath analysis: D/H isotope ratio increase following heavy water intake", Opt. Letters 34, 866-868 (2009)
  2. M. Gianella and M.W. Sigrist: "Chemical Analysis of Surgical Smoke by Infrared Laser Spectroscopy", Appl. Phys. B 109, 485-496 (2012)
  3. J. Kottmann, J.M. Rey, J. Luginbühl, E. Reichmann and M.W. Sigrist: "Glucose sensing in human epidermis using mid-infrared photoacoustic detection" Biomed. Opt. Express 3, 667-680 (2012)
  4. K.M.-C. Hans, S. Müller and M.W. Sigrist: "Infrared Attenuated Total Reflection (IR-ATR) Spectroscopy for Detecting Drugs in Human Saliva", Drug Testing and Anal. 4, 420-429 (2012)
- 

**15.05.13**      **PD Dr. Francesco Giacosa**, Institut für Theoretische Physik,  
Goethe-Universität Frankfurt

Antrittsvorlesung

*Genesis einer hadronischen Theorie: von Quarks und Gluonen zu Mesonen und Baryonen*

Die Protonmasse wird zu 95% durch die nicht-störungstheoretische Wechselwirkung der Quarks und Gluonen, der elementaren Freiheitsgrade der fundamentalen Theorie der Starken Wechselwirkung, der Quantenchromodynamik (QCD), erzeugt. Dieser Mechanismus, verantwortlich für den Großteil der sichtbaren Masse des Universums, kann mit Hilfe von hadronischen Quantenfeldtheorien verstanden werden. Im Vortrag wird eine solche hadronische Theorie vorgestellt, die so vollständig wie möglich ist: sie enthält sowohl die üblichen Mesonen (gebundene Zustände aus Quarks und Antiquarks, wie das Pion und das Rho-Meson) und Baryonen (gebundene Zustände aus drei Quarks, wie das Proton), als auch sog. Gluebälle, d.h. Zustände, die aus Gluonen bestehen. Letztere sind eine Konsequenz der besonderen mathematischen Struktur der QCD. Die Prinzipien, die den Aufbau der hadronischen Theorie ermöglichen, folgen ebenfalls aus der QCD: chirale Symmetrie, ihre spontane Brechung, und die sog. Spuranomalie. Diese Konzepte, die hier ausführlich präsentiert werden, erlauben es, die Massen und die Wechselwirkungen der Hadronen, insbesondere ihre Zerfälle, zu berechnen. Viele Experimente wurden unternommen und künftige sind geplant, um die Eigenschaften von Hadronen zu messen: die entwickelte Theorie kann somit mit zahlreichen experimentellen Daten verglichen werden. Es wird gezeigt, dass dies mit erstaunlicher Präzision möglich ist - ein Beweis für die Bedeutung der Symmetrien der QCD für die Naturbeschreibung. Unsere theoretische Studie ist nicht auf die Physik des Vakuums beschränkt; sie kann

zu endlicher Temperatur und Dichte erweitert werden. Im Vortrag wird die Beschreibung von Kernmaterie im Grundzustand und die Wiederherstellung der chiralen Symmetrie bei wachsender Dichte präsentiert, und zuletzt wird die interessante Möglichkeit der Entstehung inhomogener Phasen diskutiert.

---

**22.05.13**      **PD Dr. Jochen Rau**, Institut für Theoretische Physik, Goethe-Universität Frankfurt

Antrittsvorlesung  
*Wahrscheinlichkeit in der Physik*

Unsicherheit und Wahrscheinlichkeiten sind allgegenwärtig, auch in der vermeintlich so präzisen Physik. Sie begegnen uns in der Analyse fehlerbehafteter experimenteller Daten sowie auf fundamentaler Ebene in der statistischen Mechanik und der Quantentheorie. Eine zentrale Rolle nehmen Wahrscheinlichkeiten auch in der Quanteninformationsverarbeitung ein, jenem aktuellen Forschungsgebiet, welches den engen Zusammenhang zwischen Quantentheorie und neuen Formen der Informationsverarbeitung untersucht. Informationsverarbeitung ist mit Wahrscheinlichkeit aufs Engste verknüpft: denn mathematischer Ausdruck eines Zu- oder Abflusses von Information ist gerade die Änderung von Wahrscheinlichkeiten. In konzeptioneller Hinsicht erlauben die neuen Erkenntnisse über die Quanteninformationsverarbeitung einen frischen Blick auf einige grundlegende, wahrscheinlichkeitstheoretische Aspekte der Quantentheorie. Unter anderem geben sie Hinweise darauf, welches tiefere physikalische Prinzip dem mathematischen Apparat der Quantentheorie zugrunde liegen könnte. In praktischer Hinsicht bergen die neuen Erkenntnisse ein enormes Potential für effiziente Quantenrechner. Um Letztere im Labor konstruieren zu können, müssen Quantenzustände und deren Dynamik genau kontrolliert und verifiziert werden können, oft auf der Basis unvollständiger oder verrauschter Daten. Dies stellt nicht nur hohe Anforderungen an das Experiment, sondern erfordert auch anspruchsvolle, auf die Besonderheiten kleiner Quantensysteme abgestimmte statistische Schätzverfahren. In meinem Vortrag führe ich zunächst in die Wahrscheinlichkeitstheorie und die Quanteninformationsverarbeitung ein und beleuchte sodann einige der genannten aktuellen Probleme.

---

**29.05.13**      **Dr. Tilman Sauer**, Einstein Papers Project, Caltech & Institute for Theoretical Physics, University of Bern

*Einstein, the Stern-Gerlach Experiment, and the Foundations of Quantum Mechanics*

Albert Einstein and Paul Ehrenfest were among the first to realize the profound difficulties which the experiment on space quantization by Walther Gerlach and Otto Stern of 1922 implied for a theoretical understanding of quantum measurements. Drawing on publications and correspondence published recently in volume 13 of the Collected Papers of Albert Einstein I will review early attempts at understanding the results of the Stern-Gerlach experiment. I will also discuss some later manuscripts by Einstein in which the Einstein-Podolsky-Rosen (EPR) paradox is discussed in terms of spin variables, i.e. in terms of a Stern-Gerlach experimental setup. Einstein's later manuscript poses some problems of interpretation which, I will argue, indicate that Einstein may have had a somewhat different understanding of the fundamental significance of the EPR paradox than commonly assumed.

---

**05.06.13**      **Dr. Dirk Gericke**, Centre for Fusion, Space and Astrophysics,  
The University of Warwick

*Warm Dense Matter – States with Complex Physics between Solids and Plasmas*

The term Warm Dense Matter (WDM) describes states with roughly solid densities and temperatures of a few electronvolts. To understand the complex physics of WDM, it might be more informative to define WDM by its characteristics: WDM is (at least) partially ionised, its thermal excitation is comparable to the Fermi energy and the interaction between the particles are strong but not dominant. These comparable energy scales make the usual techniques developed for gas-like plasmas as well as for cold solids inapplicable. Indeed, WDM can often be modelled best as a fluid of charged (quantum) particles. It is the combination of partial ionisation, partially degenerate electrons and strong forces in a liquid that gives WDM its exotic properties.

One motivation to investigate WDM is the wish to model planetary and stellar evolution as WDM dominates the interior of giant planets and the envelopes of stars such as white and brown dwarfs. In such objects, the high pressure of WDM is stabilised by gravity whilst the long evolution allows for sufficient cooling. WDM also occurs in technical applications that require the fast deposition of energy in matter such as inertial confinement fusion or material processing by laser ablation. Here, WDM is created as a transient state and its behaviour depends mostly on its nonequilibrium response to the excitation.

The talk will first give examples of WDM important for astrophysics and fusion research. Then the basic properties and the progress in modelling WDM states will be discussed. One important property is the microscopic ion structure as this quantity allows for a close connection to experimental investigations applying x-ray scattering techniques. Examples for the successful combinations of scattering experiments, quantum simulations and theory will be presented in the main part. A discussion how the recent progress in understanding WDM benefits astrophysics and fusion research will conclude the talk.

---

**12.06.13**      **Prof. Dr. Michael Klasen**, Institut für Theoretische Physik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

*Wohin steuert die Teilchenphysik?*

Große Aufregung in der Teilchenphysik: Wurde am Tevatron eine fünfte Kraft entdeckt, welches Higgs-Boson wurde am Large Hadron Collider (LHC) gesehen? In immer kürzeren Abständen entstehen Gerüchte, immer häufiger finden sie ihren Weg sogar in die Tagespresse. Nach dem langen Warten auf den Start der größten jemals von Menschen gebauten Maschine sind die Erwartungen naturgemäß hoch. Tatsächlich sind jedoch sorgfältige experimentelle Analysen und genaueste theoretische Berechnungen erforderlich, bevor man mit Sicherheit sagen kann: Wir haben neue Physik entdeckt! Und selbst dann ist noch lange nicht klar, welches Modell die neuen Phänomene am besten beschreibt. Eine Reise in die Welt der kleinsten Teilchen und der großen Zusammenhänge.

---

**19.06.13**      **Prof. Dr. Ulf-G. Meißner**, Institut für Kernphysik, Universität Bonn und Forschungszentrum Jülich

*The Hoyle state and the fate of carbon-based life*

Life on earth is based on carbon and oxygen. To have a sufficient production of these elements in stars requires an excited state in carbon-12 that is located very close to the triple-alpha threshold. This so-called Hoyle state has been an enigma to nuclear theory for half a century.

I present the first ab initio calculation of this elusive excited state in the spectrum of carbon-12 and discuss its structure. Simulated worlds with different quark masses and fine structure constants are also considered and the role of the Hoyle state in our anthropic view of the universe is elucidated

---

**26.06.13 Prof. Dr. Johan Messchendorp**, Kernfysisch Versneller Instituut (KVI),  
Universität Groningen

*Charmonium: from discovery to precision, and beyond!*

The physics of the strong interaction is undoubtedly one of the most challenging areas of modern science. Quantum ChromoDynamics (QCD) is reproducing successfully the physics phenomena at distances much shorter than the size of the nucleon, where perturbation theory can be used yielding results of high precision and predictive power. At larger distance scales, however, perturbative methods cannot be applied anymore, although spectacular phenomena – such as the generation of hadron masses and quark confinement – occur. Quantum systems composed of a charm quark and an anti-charm quark (charmonium) are ideal laboratories to shed light on the dynamics of the strong interaction from the perturbative to the non-perturbative energy region with a large potential to discover new forms of hadronic matter.

Charmonium states, first discovered in November 1974 by Ting and Richter, are now-a-days copiously produced via the annihilation of matter with antimatter. Hadronic and electromagnetic transitions between charmonium states and their decays have been measured with a world-record in precision with the BESIII spectrometer at the electron-positron collider at IHEP Beijing, China. Moreover, unconventional narrow charmonium-rich states have been discovered recently in an energy regime above the open-charm threshold, thereby, possibly initiating a new era in charmonium spectroscopy. The near future experiment, PANDA, at the research facility FAIR in Germany, Darmstadt, will exploit the annihilation of cooled anti-protons with protons to perform charmonium spectroscopy with an incredible precision.

A review will be given of the highlights in the field of charmonium spectroscopy: from the discovery of the charm quark in 1974 till today's precision studies at electron-positron collider experiments and tomorrow's discovery potentials at future facilities such as FAIR.

---

**03.07.13 Prof. Dr. Cornelius Krellner**, Physikalisches Institut, Goethe-Universität Frankfurt

Antrittsvorlesung

*Elektronisch stark korrelierte Systeme: Erkenntnisse von neuen Materialien*

In der Festkörperphysik sind viele bahnbrechende Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der elektronisch stark korrelierten Systeme eng mit einer Reihe von Materialien verknüpft, in denen faszinierende neue Zustände der Materie, wie z.B. unkonventionelle Supraleitung mit hohen Übergangstemperaturen auftreten. Auch unverstandene Quantenphänomene, wie Nicht-Fermi-Flüssigkeitsverhalten, Spin-Flüssigkeiten und andere ungewöhnliche magnetische Grundzustände sind für die Forschung faszinierend. Diese Entdeckungen waren oft nur möglich, wenn sowohl die Herstellung der neuen Materialien als auch die Charakterisierung des neuen physikalischen Phänomens gemeinsam vorangetrieben wurden. Die Herstellung von hochwertigen Einkristallen spielt dabei eine entscheidende Rolle, da diese neuartigen Phänomene oft nur zu verstehen und zu identifizieren sind, wenn Unordnungsphänomene ausgeschlossen werden können und wenn eine systematische Untersuchung der zugrunde liegenden physikalischen Anisotropie möglich ist.

In diesem Vortrag werde ich auf die thermodynamischen Grundlagen der Kristallzucht und einige gängige Methoden eingehen. Weiterhin gebe ich einen Überblick über meine aktuellen Arbeiten auf dem Gebiet der Kristallzucht und Materialentwicklung von elektronisch stark korrelierten Systemen.

---

**10.07.13 Dr. Robert E. Grisenti**, GSI – Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung,  
Darmstadt & Institut für Kernphysik, Goethe  
Universität Frankfurt

## Antrittsvorlesung

### *Mikroskopische Flüssigkeitsstrahlen: ein einzigartiges Werkzeug zur Erforschung von Materie unter extremen Bedingungen*

Die Forschungsarbeit meiner Arbeitsgruppe am Institut für Kernphysik befasst sich mit der Erzeugung und Ausbreitung mikroskopischer, kryogener Flüssigkeitsstrahlen. Dabei wird ein besonderes Augenmerk darauf gelegt, die Technik zur Erzeugung der Strahlen so weiterzuentwickeln, dass sie in einem breiten Spektrum aktueller interdisziplinärer Forschungsfelder eingesetzt werden können. Bei dieser Technik entsteht durch Flüssigkeit, die durch eine winzige Öffnung in eine Hochvakuumkammer expandiert, ein einzigartiges Target in Form eines Tröpfchenstrahls. Aufgrund ihrer Eigenschaften haben Flüssigkeitsstrahlen mittlerweile eine sehr breite Anwendung gefunden, angefangen von eher praktisch orientierten Bereichen wie Mikrofluidik und Tintenstrahldruck bis hin zu Gebieten der Grundlagenforschung wie der Erzeugung von weicher Röntgenstrahlung, Photoelektronenspektroskopie, oder Röntgenstrukturanalyse. Hier werde ich ... In meiner Arbeitsgruppe streben wir vor allem die Erforschung von kryogen gekühlten Flüssigkeitsstrahlen an. In den letzten Jahren ist uns eine wesentliche Weiterentwicklung der mikroskopischen kryogenen Flüssigkeitsstrahlen gelungen, wodurch sie heute als einzigartiges und leistungsstarkes Werkzeug für ein breites Spektrum grundlegender Messungen in der Atom-, Plasma- und Festkörperphysik zur Verfügung stehen. Dass Flüssigkeitsstrahlen ein äußerst attraktives Target-System zur relativistischen Laser-Plasma Erzeugung dar, was die Untersuchung einer Vielzahl von spannenden Phänomenen erlaubt - von der Realisierung von kompakten Ionenbeschleunigern bis hin zur Nachbildung von astrophysikalischen Phänomenen in einem Labor. Darüber hinaus bietet die Verwendung von mikroskopischen Flüssigkeitsstrahlen einen völlig neuen Ansatz, um Phasenumwandlungsphänomene in stark unterkühlten Flüssigkeiten. Wenn eine Flüssigkeit unter ihren Schmelzpunkt unterkühlt wird, befindet sie sich in einer metastabilen Region in derlei Hinsicht, dass unter diesen Bedingungen der Kristall eine niedrigere freie Energie hat als die flüssige Phase. Ich werde zeigen, wie die Verwendung von Flüssigkeitsstrahlen eine einzigartige Möglichkeit darstellt, um komplexe Nicht-Gleichgewichts-Phasenphänomene in unterkühlten Flüssigkeiten mit einem beispiellosen Grad an Analyse zu untersuchen, und somit das Verständnis grundlegender Mechanismen zu vertiefen, die von zentraler Bedeutung in heutiger Physik kondensierter Materie sind, mit diversen Anwendungsmöglichkeiten von überragender Bedeutung in beispielsweise Materialwissenschaften oder Atmosphärenmodellierungen.

---

**17.07.13**      **Apl. Prof. Dr. Elena Bratkovskaya**, Institut für Theoretische Physik,  
Goethe Universität Frankfurt und FIAS

## Antrittsvorlesung

### *Strongly interacting partonic and hadronic matter in- and out-of equilibrium*

The intriguing problem of modern high energy and heavy-ion physics is to understand the nature of deconfinement and the phase transition from hadronic to partonic matter - the Quark-Gluon Plasma (QGP)- which occurs during heavy-ion collisions at relativistic energies. The latest experimental findings indicate that the QGP shows the properties of a strongly interacting liquid (sQGP) rather than - as expected initially - a weakly interacting gas of partons. An overview of experimental observables as well as theoretical models for the dynamical description of strongly interaction parton-hadron matter in- and out-of equilibrium will be presented.

---