

## Vorträge im Physikalischen Kolloquium Sommersemester 2014

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

**23.04.14**     **Prof. Dr. Hannah Petersen**, Goethe-Universität, Institut für Theoretische Physik,  
Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS),  
Helmholtz International Center for FAIR (HIC for FAIR)

Antrittsvorlesung

*Eigenschaften von QCD-Materie bei hohen Temperaturen und Dichten*

Wenige Mikrosekunden nach dem Urknall befand sich die gesamte Materie des Universums in einem Zustand extremer Dichten und Temperaturen, dem Quark Gluon Plasma. Dieser Zustand kann in Kollisionen schwerer Ionen, Gold- oder Bleikerne, die fast auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden, an modernen Teilchenbeschleunigern wieder hergestellt werden. Hier wird auf sehr kleinem Raum und für sehr kurze Zeit stark wechselwirkende Materie bei extrem hohen Energiedichten erzeugt. Um nun aus experimentell messbaren Teilchen, die bei diesen Kollisionen entstehen, etwas über die fundamentalen Eigenschaften von stark wechselwirkender Materie zu lernen, wird eine theoretische Beschreibung der Dynamik benötigt. In meinem Vortrag stelle ich sogenannte Hybridmodelle vor, die auf einer Kombination von Transportrechnungen und relativistischer Hydrodynamik beruhen und sehr erfolgreich zur dynamischen Modellierung von Schwerionenkollisionen angewendet werden. Insbesondere werden hier auch Fluktuationen im Anfangszustand berücksichtigt, die kürzlich durch komplexe Korrelationsmessungen im Impulsraum nachgewiesen wurden. Der kollektive Fluss ist besonders sensitiv auf die Transporteigenschaften heißer und dichter QCD Materie und war eine Schlüssel-Observable für die Feststellung, dass das Quark Gluon Plasma sich wie eine ideale Flüssigkeit verhält. Der Vortrag endet mit einem Ausblick auf die Herausforderungen für die theoretische Schwerionenphysik bei FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research).

---

**30.04.14**     **Prof. Dr. Renato Renner**, Institut für Theoretische Physik, Eidgenössische Technische  
Hochschule, Zürich

*A quantum information perspective on Maxwell's demon*

Maxwell's demon is a hypothetical nanoscale device able to distinguish fast from slow gas molecules and (without noticeable energy expenditure) "sort" them into separate chambers of a vessel. This would create a

temperature difference from which usable work could be extracted, in apparent defiance of the second law of thermodynamics. However, as shown by Bennett in the 1980s, the paradox can be resolved using information-theoretic arguments.

In this talk, I will review Bennett's reasoning from a modern quantum information-theoretic perspective. In the quantum regime, certain thermodynamic laws (while keeping their validity) take on a somewhat unexpected form. This, in turn, has consequences for Maxwell's demon. As an example, I will demonstrate that a quantum Maxwell's demon could indeed transform heat into usable work, but would consume entanglement in doing so.

---

**14.05.14**      **Prof. Dr. Roland Roth**, Institut für Theoretische Physik, Eberhard Karls Universität, Tübingen

*Statistical Physics of Soft and Biological Matter: Interplay between Physics and Geometry*

In many systems of soft matter physics, such as fluids confined in narrow pores or colloidal suspended in a solvent, as well as in biological matter, like proteins in solution, highly confined liquids are of great importance. In these systems the boundary of the system and the liquid, which can be characterized by an interaction potential and the shape of the boundary, result in an interesting and rich interplay between physics and geometry.

In this talk I will first address the question of how thermodynamic quantities of highly confined fluids depend on the shape of the confining boundary. I then apply these ideas to complex problems of soft and biological matter.

---

**21.05.14**      **Prof. Dr. Michael Wibral**, Brain Imaging Center Frankfurt, Goethe-Universität

*Neural Information Dynamics*

Information theoretic quantities separate and measure key elements of distributed computation in neural systems, such as the storage, transfer, and modification of information. This way, they help to better understand the computational algorithm implemented in a neural system under investigation. This understanding cannot be reached by detailed biophysical modeling alone, as already pointed out by David Marr in his classic tri-level hypothesis. In other words, we may biophysically well understand why the brain signals look the way they do, but not what these signals are worth in terms of information processing proper; this will also be demonstrated explicitly in a simply toy model.

Indeed, the missing link between neural dynamics that can be modeled at the biophysical level and the computational algorithms implemented by these dynamics can be provided by information theoretic methods. The use of two such information theoretic techniques, transfer entropy and local active information storage, specifically for MEG source data, local field potentials and voltage sensitive dye imaging data will be demonstrated by examples: In the first example, a time resolved analysis of information transfer between MEG sources in various perceptual closure tasks is used to test psychological theories about the algorithm our brains use to perceive objects when sensory information is incomplete or ambiguous. In the second example, we show that information storage is reduced in patients suffering from autism spectrum disorder. Last, we demonstrate how to understand information processing in the primary visual cortex using the local active information storage - a recently introduced variety of the information storage measure that is applicable locally in time and space.

---

**28.05.14**      **Prof. Dr. Luciano Rezzolla**, Institute for Theoretical Physics, Frankfurt and Max-Planck Institute for Gravitational Physics, Potsdam

## Antrittsvorlesung

### *The unbearable attraction of gravity*

The allusive title is to embody the deep fascination that gravity exerts on us both as human beings and as physicists through one of the most beautiful mathematical theories: general relativity. Despite its beauty this theory has always resisted analytical exploration of its most interesting regimes. I will review the considerable progress made recently in the numerical description of the dynamics of astrophysical compact objects such as black holes and neutron stars. I will also discuss how these studies have a profound impact in the detection of gravitational waves, in explaining some of the most catastrophic astrophysical events, but also in deepening our understanding of gravity in highly dynamical and nonlinear regimes.

---

**11.06.14**     **Prof. Dr. Andrew Mackenzie**, Max Planck Institute for Chemical Physics of Solids, Dresden and University of St Andrews, Scotland

### *Complex oxides: a new playground for physics and technology*

Bednorz and Müller's Nobel Prize winning 1986 paper on doped  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  is best known for the discovery of high temperature superconductivity, but I will argue that its influence was broader still. Prior to their work, research on oxides was largely the domain of fields like chemistry and earth sciences. Condensed matter physics still concentrated on compounds that were less complex from the materials science point of view. A quiet revolution has taken place over the past quarter of a century. Experiments performed in the past five years have shown the extent to which complex oxides are 'coming of age'. Various ingenious crystal growth and thin film preparation techniques mean that they can be prepared with mean free paths of thousands of lattice spacings, opening up a range of new possibilities for both fundamental and applied science.

---

**18.06.14**     **Prof. Dr. David Leitner**, University of Nevada, Reno, USA

### *Energy Transport in Molecular Systems*

Energy flow in molecules mediates numerous biological processes, including vision, olfaction, photosynthesis, to name a few, and controls thermal properties of many nanoscale materials. A description of energy transport in molecular systems also requires addressing the role of interfaces between individual molecules and their local environment. I will survey experimental and theoretical studies of thermal transport through molecular chains and films and discuss our recent work on thermal boundary conductance between molecules and solids. I then discuss energy transport in proteins and protein complexes, the molecular machines of the cell, and the connection to recent measurements of local temperature in the cell and thermogenesis.

---

**25.06.14**     **Prof. Dr. Sander Van Smaalen**, Lehrstuhl für Kristallographie, Universität Bayreuth

### *Phase transitions in the magnetic materials $\text{MOCl}$ ( $M = \text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Fe}$ )*

Isostructural compounds  $\text{MOCl}$  ( $M = \text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Fe}$ ) are magnetic compounds with different numbers of unpaired 3d electrons on the trivalent metal atoms:  $3d^1$  for  $\text{Ti}^{3+}$  ( $S = 1/2$ ),  $3d^2$  for  $\text{V}^{3+}$  ( $S = 1$ ),  $3d^3$  for  $\text{Cr}^{3+}$  ( $S = 3/2$ ) and  $3d^5$  for  $\text{Fe}^{3+}$  ( $S = 5/2$ ). Orbital order and frustrated magnetic interactions are responsible for a diverse low-temperature behavior of these compounds. They include the formation of a spin-Peierls state in  $\text{TiOCl}$ , simple antiferromagnetic order in  $\text{VOCl}$  and commensurate and incommensurate magnetic order in  $\text{CrOCl}$  and  $\text{FeOCl}$ .

All magnetic phase transitions are accompanied by lattice distortions. I will discuss the magneto-elastic phase diagrams of MOCl and present in detail the effects of non-magnetic doping on the behavior of TiOCl.

---

**2.07.14**      **Prof. Dr. Joachim A. Maruhn**, Institut für Theoretische Physik,  
Goethe-Universität Frankfurt

Abschiedskolloquium

*Theorie niederenergetischer Schwerionenreaktionen*

Das Forschungsgebiet der Reaktionen zwischen schweren Atomkernen begann experimentell wie theoretisch in den 70'er Jahren. Es wurde bald klar, dass damit neue Herausforderungen an die Theorie verbunden waren, die es deutlich von der traditionellen Kernstruktur- und Kernspaltungsphysik abhoben, da Ideen aus anderen Gebieten der Physik wie Hydrodynamik und Transporttheorie wichtig wurden. Die Notwendigkeit, die Dynamik kleiner Systeme aus Fermionen weitab vom Gleichgewicht zu beschreiben, führte zur Entwicklung sehr verschiedener und teilweise im Widerspruch zueinander stehender Modellansätze, die auch heute noch dieses Forschungsgebiet charakterisieren. Ohne tiefere Kenntnisse der Kernphysik vorzusetzen, gebe ich einen Überblick über einige der theoretischen Ideen und ihre Entwicklung im Wechselspiel mit Fortschritten in der Computertechnik. Zum Schluss werden noch einige Ergebnisse zu exotischer Kernmaterie in astrophysikalischen Szenarien diskutiert.

---

**2.07.14**      **Prof. Dr. Bodo Ahrens**, Institut für Atmosphäre und Umwelt,  
Goethe-Universität Frankfurt

*Numerische Wettervorhersage am Limit*

Gute Wettervorhersagen rechnen sich. Aber was sind die Zutaten einer guten Berechnung des zukünftigen Wetters und welche Grenzen der Vorhersagbarkeit bestehen? Vor 110 Jahren hat V. Bjerknes in einer der klassischen Arbeiten der Meteorologie dargelegt, dass das Problem der Wettervorhersage zwei Komponenten hätte: (a) den Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt und (b) die Entwicklungsgleichungen der Zustandsvariablen in ausreichender Genauigkeit zu kennen. Im selben Jahr publizierte M. Margules allerdings eine Arbeit mit der Schlussfolgerung, dass Wettervorhersage "unmoralisch und zerstörerisch für den Charakter eines Meteorologen" wäre. Er wies nach, dass die Windgeschwindigkeiten mit einer unrealistischen Genauigkeit bekannt sein müssten, um aus der Kontinuitätsgleichung Luftdruckänderungen vorhersagen zu können. Dennoch werden seit ca. 60 Jahren numerische Wettervorhersagen durchgeführt und die Vorhersagbarkeit grobskaliger Phänomene wie Tief- und Hochdruckgebiete verbessert sich durch Weiterentwicklung laufend und beträgt derzeit einige Tage - je nach Wetterlage und geforderter Genauigkeit. Die Gründe sind die numerische Lösung geeigneter approximativer Gleichungssysteme, die atmosphärischen Lärm filtern, und die verbesserte Schätzung des Anfangszustandes der Vorhersage durch einerseits verbesserte Beobachtungssysteme und andererseits durch die inverse Modellierung mittels Datenassimilation. Heutige Vorhersagesysteme liefern nicht nur eine deterministische Vorhersage, bei der es nicht möglich ist eine wetterlagenabhängige Vorhersagegüte zu bewerten, sondern probabilistische Aussagen durch Ensemblevorhersagen, bei denen die Ensemblemitglieder Auskunft über mögliche Wetterentwicklungen und damit zusätzliche interpretierbare Information liefern. Dadurch werden Wettervorhersagen auch auf Skalen hilfreich, z.B. die 24-stündige Unwettervorhersage oder saisonale Vorhersagen, die früher als "unmoralisch" galten. Aber wo ist das Limit?

---