

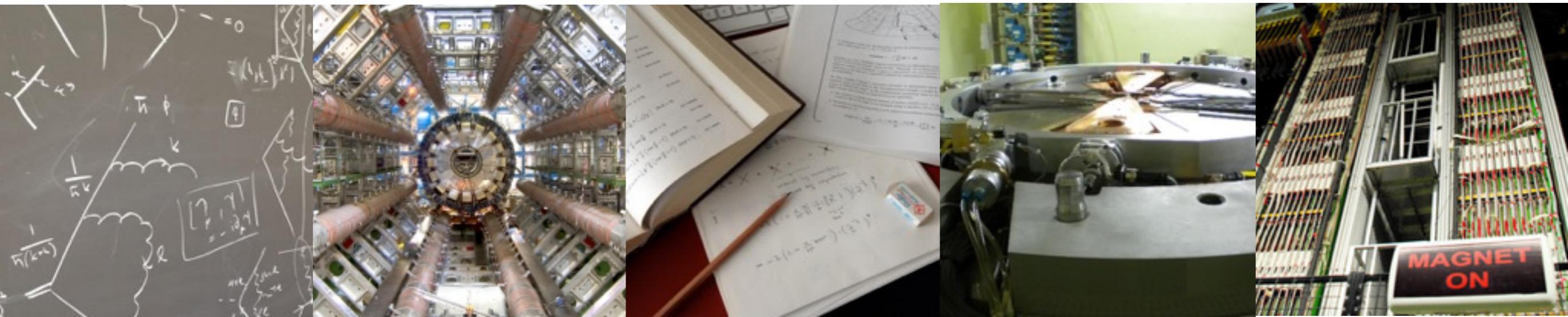
u^b

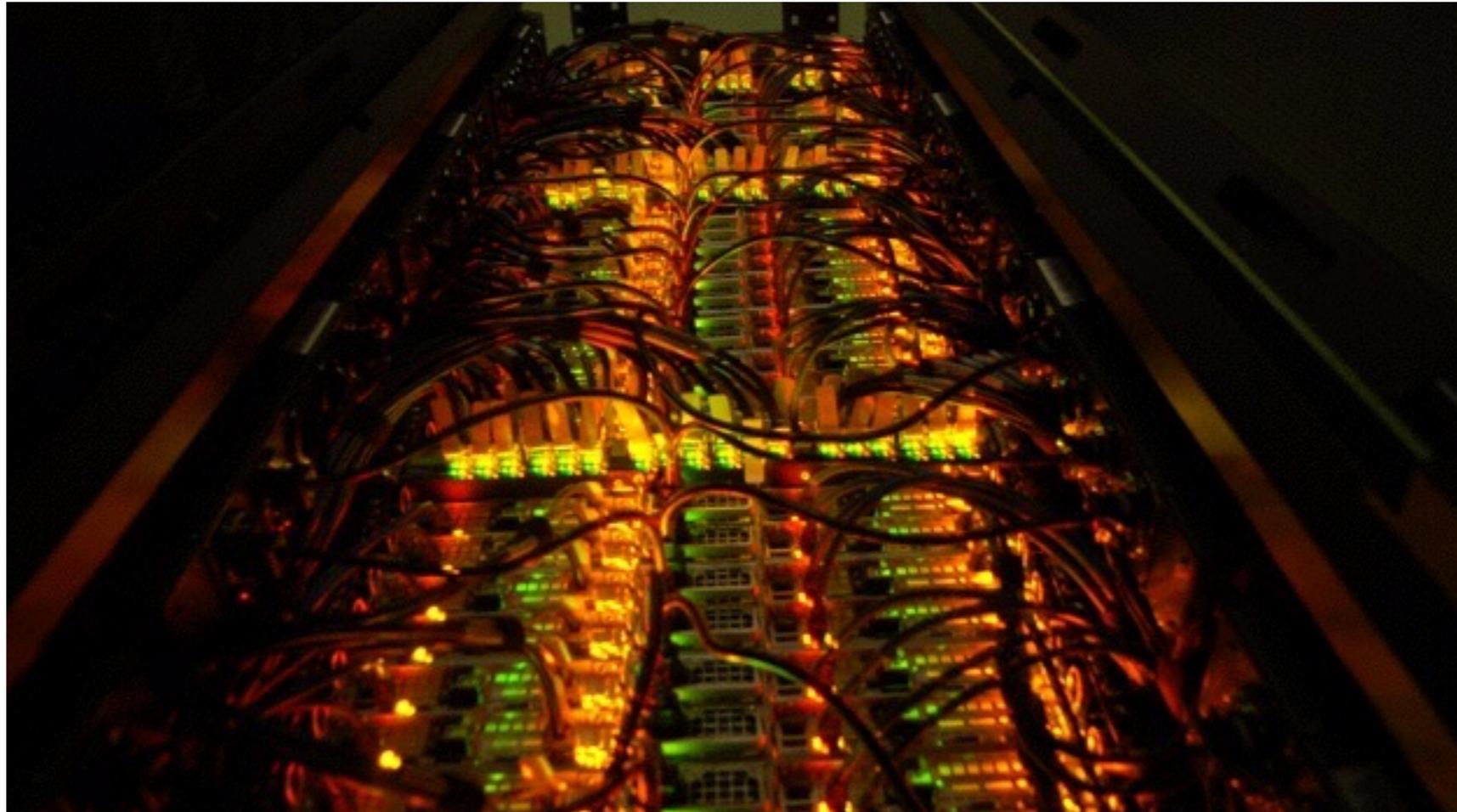
**UNIVERSITÄT
BERN**

AEC
ALBERT EINSTEIN CENTER
FOR FUNDAMENTAL PHYSICS

Institut für theoretische Physik

http://www.itp.unibe.ch/studies/bachelor_topics/



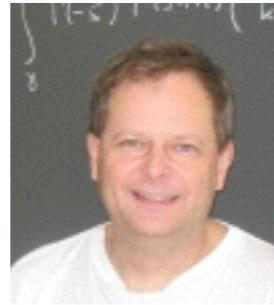


Theorie

Professoren am ITP



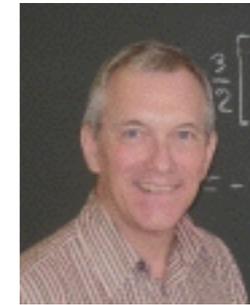
G. Colangelo



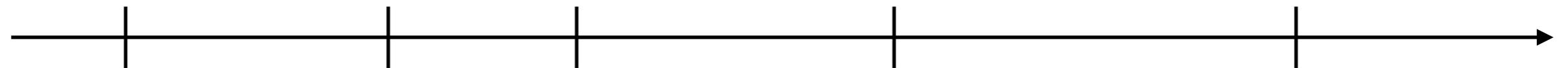
C. Greub



M. Laine



J.-P. Derendinger



M_π

M_p

m_b

M_Z, M_H

M_{pl}

E

U.-J. Wiese



U. Wenger



T. Becher



M. Blau



S. Reffert



Quanten-Chromo-Dynamik



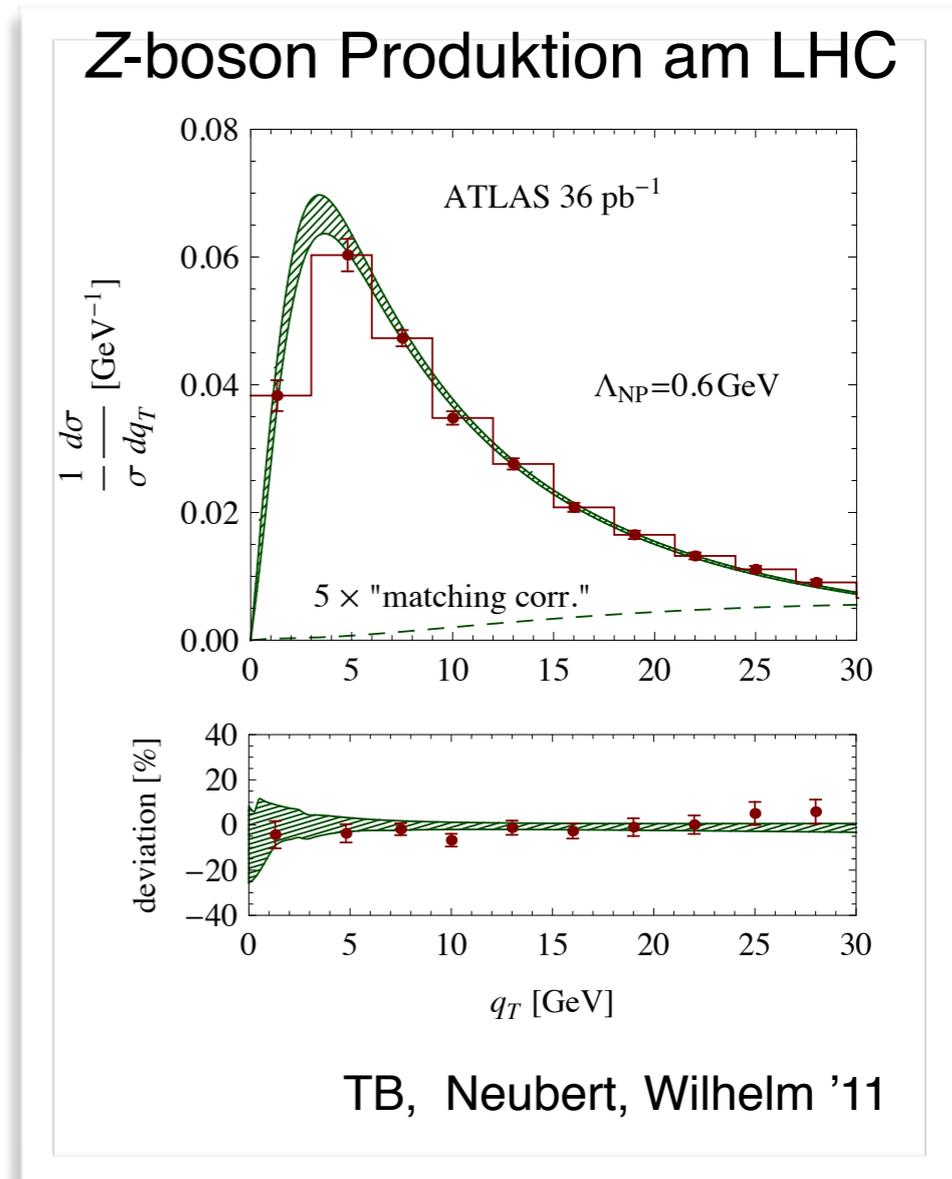
Starke Wechselwirkung bei tiefen Energien ist sehr komplex. Quarks und Gluon sind in Hadronen gebunden.

- Lattice **QCD**: Numerische Lösung nach Diskretisierung. **Wenger, Wiese**
- Chirale Störungsrechnung: Effektive Theorie der Hadronen, basierend auf Symmetrien der QCD. **Colangelo**
- Andere nicht-perturbative Feldtheorien (z.B. in der Festkörperphysik); Quantensimulatoren. **Wiese**

Collider-Physik und Kosmologie

QCD bei hohen Energien kann in Störungsrechnung behandelt werden (“asymptotic freedom”)

- Physik an Teilchenbeschleunigern **TB, Greub**
- Teilchen-Physik bei hohen Temperaturen (frühes Universum, Schwerionen-Kollisionen) **Laine**



Supersymmetrie, String-Theorie

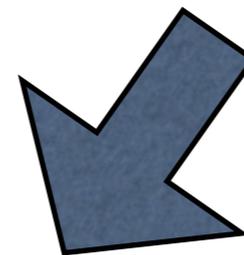
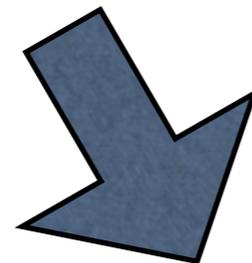
Ziele:

- Quantisierung der Gravitation
- Besseres Verständnis von Quantenfeldtheorien, insbesondere von Eichtheorien wie der QCD.
- Konstruktion von neuen Theorien, jenseits des Standard Modells.

Blau, Derendinger und Reffert

Quantenmechanik

Einsteins
Relativitätstheorie



Quantenfeldtheorie (QFT)

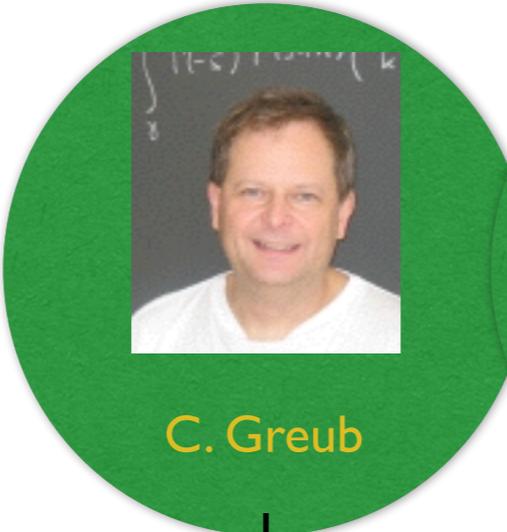
Bachelor-Themen typischerweise am Übergang QM/QFT:

- Dirac-Gleichung,
- Supersymmetrische QM,
- Thermodynamik im frühen Universum

Bachelorthemen



G. Colangelo



C. Greub



M. Laine



J.-P. Derendinger



M_π

M_p

m_b

M_Z, M_H

M_{pl}

E

U.-J. Wiese



U. Wenger



T. Becher



M. Blau



S. Reffert

Atome (Ionen) in der Diractheorie mit schwerem Kern

Kurzbeschreibung

Die Dirac Gleichung entstand 1928 aus einem Versuch, eine relativistische Wellengleichung für das Elektron zu konstruieren. In dieser Gleichung wird das Elektron durch eine vierkomponentige Wellenfunktion beschrieben. Der in dieser Gleichung vorkommende Differentialoperator, in welchem sowohl die Orts- als auch die Zeitableitung linear vorkommen, enthält 4×4 Matrizen. Man kann zeigen, dass die Lösungen dieser Gleichung Spin-1/2 Teilchen beschreiben.

Die Wechselwirkung des Elektrons mit elektromagnetischen Feldern kann man durch die sogenannte minimale Ersetzung in die Diracgleichung einbauen. Insbesondere kann man nach diesem Schritt den Hamiltonoperator bestimmen für ein Elektron (oder ein Muon), das sich im elektrischen Feld eines (sehr schweren) Kerns befindet. Die Hauptaufgabe ist die Herleitung der Dirac Wellenfunktionen im Impulsraum und der Vergleich mit den entsprechenden Schrödingerwellenfunktionen.

Ideal wäre, wenn das Thema von zwei Studierenden bearbeitet wird.

Bachelor-Themen 2017

„zur statistischen Physik im kosmologischen Umfeld“

- (1) Die Boltzmann-Gleichung und die Entstehung der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung
- (2) Die Boltzmann-Gleichung und die Entstehung der dunklen Materie
- (3) Hydrodynamik von Phasenübergängen
- (4) Das Lithiumproblem in der primordialen Nukleosynthese
- (5) Die Verbreitung von elektromagnetischen Wellen in ionisierter Materie
- (6) Könnten galaktische Magnetfelder einen kosmischen Ursprung haben?

1. **Magnetic monopoles**

If electric charges certainly exist, no one has ever seen a magnetic (monopole) charge. Discuss how electromagnetism (and Maxwell equations) would be modified if both electric and magnetic charges would exist. Discuss how quantum mechanics implies in this case the quantization of both charges. Discuss Dirac's monopole.

Prerequisites are classical electromagnetism and quantum mechanics.

2. **Cosmology: Helium abundance in the Universe**

The Standard Big-Bang cosmology describes the evolution of the Universe in terms of relatively simple differential equations (Friedmann equations, derived from Einstein's general relativity) relating the size of the Universe to its content. This approach gives a simple and surprisingly successful prediction of the amount of He^4 present in the Universe. Discuss the use of the equations and derive the prediction of the He^4 abundance.

Prerequisites: some knowledge of cosmology will have to be developed in the first part of the work. Einstein general relativity is not necessary.

J.-P. Derendinger

GEOMETRISCHE ASPEKTE DER SUPERSYMMETRISCHEN QUANTENMECHANIK

**Kontakt: Susanne Reffert, ExWi B69,
sreffert@itp.unibe.ch**

Die Supersymmetrie ist eine Symmetrie, welche Bosonen und Fermionen ineinander überführt. Wir betrachten hier den einfachsten Fall einer supersymmetrischen Theorie, nämlich den der supersymmetrischen Quantenmechanik, welche wir als eindimensionalen Spezialfall der Quantenfeldtheorie einführen und eine eher formelle, mathematische Betrachtungsweise wählen. Wir erarbeiten die Konzepte des Pfadintegrals, des Hilbertraums und des supersymmetrischen Index, sowie die Auswertung des Pfadintegrals mittels Lokalisierung.

Im Rahmen einer geometrischen Betrachtungsweise studieren wir des weiteren sogenannte Sigma-Modelle, wo die physikalischen Felder Abbildungen auf eine Zielmannigfaltigkeit sind.

S. Reffert