

## Pfingstübung zur Allgemeinen Relativitätstheorie II

### **Abgabe: überhaupt nicht**

Die folgende Auflistung umfaßt einen Fragenkatalog zur Allgemeinen Relativitätstheorie - dieser kann zwangsläufig nicht vollständig sein! Wir hoffen jedoch, dass er Denjenigen, die planen die Prüfung abzulegen, eine gewisse Orientierung über die Dinge gibt, die man wissen könnte.

**Allen Teilnehmern wünschen wir schöne Pfingsten!**

### **Grundlagen**

- Wie verhalten sich Spezielle Relativitätstheorie und Newtonsche Gravitationstheorie zueinander?
- Was besagt das spezielle Relativitätsprinzip?
- Was ist ein Lichtkegel, welche verschiedenen Abstände gibt es?
- Wie sehen die Minkowski-Metrik und die Lorentz-Transformationen aus? Was sind Poincare- und Galilei-Transformationen und welche Symmetrien und Erhaltungssätze gehören dazu?
- Wie können Mechanik und Elektrodynamik in einer geeigneten Weise im Minkowski-Raum dargestellt werden (auch Eigenzeit und 4-er Impuls)? Was für Größen treten da auf und was gibts für Lösungen?
- Welche Energie-Impuls-Tensoren sind einem über den Weg gelaufen und was machen diese (ideale Flüssigkeit, EM-Feld), (Energie-Impuls-Bilanz und nicht relativistischer Limes)?
- Welche Rolle spielen beschleunigte Bezugssysteme in der Speziellen Relativitätstheorie und wie werden diese beschrieben?
- Welche verschiedenen Massebegriffe gibt es, und was besagt das Äquivalenzprinzip?

### **Riemannsche Geometrie und Grundlagen der Gravitationstheorie**

- Was ist ein Riemannscher Raum?
- Wie transformieren sich Tensoren im Riemannschen Raum?
- Wie sind Christoffelsymbole definiert und wie transformieren sich diese im Gegensatz zu Tensoren (wiederum Äquivalenzprinzip)?

- Wie ist die kovariante Ableitung definiert?
- Wie sehen die Geodätengleichung und der Paralleltransport aus (auch Fermi-Walker-Transport und Lieableitung)?
- Wie lauten die Definitionen des Krümmungstensors und wie läßt sich das veranschaulichen?
- Welche algebraischen und differenziellen Identitäten erfüllt der Krümmungstensor?
- Wie formuliert man (nicht gravitative) Grundgesetze kovariant?
- Wie vollzieht sich in etwa der Grenzübergang zur Newtonschen Gravitationstheorie?
- Welche Möglichkeiten sehen Sie zur Motivierung der Feldgleichungen?
- Wie lauten die Einsteinschen Feldgleichungen, was sind die auftretenden Größen (Eindeutigkeit etc.)?
- Was ist die Bedeutung der Divergenzfreiheit des Energie-Impuls-Tensors, woraus folgt diese und stellt sie Einschränkungen an den Riemannschen Raum?
- Gibt es in der ART im Allgemeinen Erhaltungsgrößen?
- Was sind Killingvektoren und was haben diese mit Erhaltungsgrößen zu tun?
- Wie kann man die Feldgleichungen aus einem Variationsprinzip ableiten? Welche Bedingungen müssen gefordert werden?
- Wie verhalten sich Variationsprinzip und Feldgleichungen bei Anwesenheit von Materie (metrischer Energie-Impuls-Tensor und Materiefeldgleichungen)?
- Was besagt die Deviationsgleichung (insbesondere ist das auch für Gravitationswellen wichtig)?

### **Spezielle Lösungen und Effekte**

- Wie gelangt man zu den linearisierten Feldgleichungen, wie ist ihr Verhältnis zur vollständigen Theorie? (Dies muss man natürlich auch besonders bei den Graviationswellen wissen!)
- Was beschreibt die Schwarzschildlösung und wie sieht sie aus?
- Wie wird diese Lösung motiviert und wie beschreibt man dann die klassischen Tests?
- Was sind Testkörper?
- Grundkenntnisse über die klassischen Tests der ART (theoretische Beschreibung und experimentelles Vorgehen)?

## Gravitationswellen

- Was sind Graviationswellen und welche Eigenschaften haben diese?
- Wie kommt man zu diesen Wellen überhaupt und was gibt es für allgemeine Lösungen?
- Was sind die Eichtransformationen und woher kommen diese?
- Was besagt der Energie-Impuls-Tensor einer Gravitationswelle, woher kommt er, was beschreibt er?
- Warum Monopol-, Dipol-, Quadrupolstrahlung auftreten oder auch nicht?
- Wie misst man Gravitationswellen?

## Kosmologie

- Was ist Ziel der Kosmologie?
- Welche Lösungen der Feldgleichungen benutzt man zur kosmologischen Beschreibung, welche Eigenschaften haben diese und welche Probleme lösen Sie und welche erzeugen Sie?
- Unter welchen Annahmen sind diese Gleichungen vollständig, Integrationsbedingungen, Friedmann-Gleichung?
- Einige kosmologische Modelle?
- Wie beobachtet man in etwa, was und warum?

## Quantengravitation

- Was möchte die Quantengravitation überhaupt beschreiben?
- Wie geht die kanonische Formulierung der Allgemeinen Relativitätstheorie von staten, welche zusätzlichen Annahmen muss man machen?
- Worin liegen die besonderen Probleme der kanonischen Formulierung der Allgemeinen Relativitätstheorie (Zwangsgleichungen)?
- Welches sind die Feldvariablen und die anderen Größen?
- Was ist die Wheeler-DeWitt-Gleichung?
- Wie kann man Theorien mit Zwangsgleichungen quantisieren (Dirac-Quantisierung)?

**Alles was zuvor vergessen worden ist!...**