

Allgemeine Relativitätstheorie (und Kosmologie) -V3Ü1-

Dozent: R. Hentschke



Die Entstehung und Entwicklung des Universums ist ein Thema, das Wissenschaftler und Laien gleichermaßen fasziniert. Innerhalb des Physikstudiums ist es aber nur Eines unter vielen. Insbesondere werden die meisten Studierenden andere berufliche Wege einschlagen. Trotzdem ist Relativitätstheorie und Kosmologie ein „Muss“ in jedem Physikstudium. Das Ziel dieser Veranstaltung ist die Schaffung der theoretischen Grundlagen, die zur selbstständigen Vertiefung des Themas anhand von Fachartikeln notwendig sind. Teil der theoretischen Grundlagen sind gewisse mathematische Werkzeuge. Im Vordergrund stehen jedoch die physikalischen Phänomene und ihre Erklärung. Wir werden daher versuchen, diese Ziele auf möglichst kurzen Wegen anzusteuern. Mein spezielles Vorbild sind zwei Vorlesungen, „General Relativity“ und „Cosmology“, von Leonard Susskind (Stanford University), die auf YouTube abgerufen werden können. Zusätzlich werde ich auf folgende Texte zurückgreifen:

S. Weinberg, Gravitation and Cosmology

S. Weinberg, Cosmology

L.D. Landau & E.M. Lifschitz, Klassische Feldtheorie (2. Band des Lehrbuchs zur Theoretischen Physik)

Die Vorlesung ist als V3Ü1 im Modulhandbuch festgelegt. Allerdings werde ich zu Beginn einige der Übungen als zusätzliche Vorlesungsstunden verwenden (siehe nachfolgenden Plan).

Woche 1	Wiederholung: Spezielle Relativitätstheorie, Prinzip der kleinsten Wirkung
	Wiederholung: Newton-Gravitation
Woche 2	Äquivalenzprinzip
	Ko- und Kontravariante Vektoren bzw. Tensoren
Woche 3	Metrischer Tensor
	Kovariante Ableitung
Woche 4	
	Geodäten
Woche 5	Paralleltransport und Krümmung
	Riemanntensor und Kontraktionen
Woche 6	Energie-Impuls-Tensor und Einstein-Feldgleichungen
	Kosmologische Konstante
Woche 7	Schwarzschild-Schwarzes Loch
	Übung
Woche 8	Der Skalenfaktor in der Raumzeit und das Hubble-Gesetz
	Übung
Woche 9	Friedmann-Robertson-Walker Gleichungen
	Übung
Woche 10	Zeit- und Temperaturabhängigkeit des Skalenfaktors für unterschiedliche Formen von „Materie“
	Übung
Woche 11	Beziehungen zwischen Druck, Energiedichte und Skalenfaktor
	Übung
Woche 12	Friedmann-Robertson-Walker Metrik
	Übung
Woche 13	Teilchenentwicklung im frühen Universum
	Übung
Woche 14	Inflation und das Potenzial des Vakuumsfeldes
	Übung
Woche 15	Fluktuationen des Vakuumsfeldes, Anisotropie der kosmischen Hintergrundstrahlung und die Materieverteilung im Universum

Literatur:

R. Hentschke [General Relativity and Space-Time Cosmology](#)



The development of the universe from its earliest moment to its distant future is something that fascinates both scientist and laymen alike. Within the physics curriculum this topic is one of many. In addition, most physics students will choose career paths which have nothing to do with general relativity or cosmology. In other words, it will not be a disadvantage to not have taken a class in this field. And yet, most students choose to invest the time and energy required for at least a one-semester

course. It is my goal to use this investment to lay a foundation. This foundation should enable the student to read and understand the textbooks and many of the scientific papers on the subject.

There are unavoidable mathematical concepts and tools. I try to be as straightforward as possible. The path to a basic understanding of a physical concept and its experimental validation should never be longer than absolutely necessary. An exceptional example in this respect are the lectures on 'General Relativity' and 'Cosmology' by Leonard Susskind (Stanford University) available on YouTube - which I highly recommend. Their content in fact forms the backbone of this course. Textbooks I have used in preparing these notes include:

S. Weinberg Gravitation and Cosmology. (1972) B. F. Schutz A First Course in General Relativity. (1985)

S. Weinberg Cosmology. (2008)

L. D. Landau & E. M. Lifschitz Klassische Feldtheorie. (1981)

A very well written entry-level textbook on cosmology is Introduction to Cosmology (2017) by B. Ryden.

For all the details see R. Hentschke [General Relativity and Space-Time Cosmology](#)