

# Allgemeine Relativitätstheorie

---

Der Grund dieses Kurses ist, das theoretische Minimum zum Verständnis der allgemeinen Relativitätstheorie zu vermitteln. Mit diesem Wissen sollte man technisch in der Lage sein, den nächsten Schritt zu machen, z.B. Kosmologie zu studieren.

- **Inhaltsverzeichnis AR**
- **Grundlagen der Gravitation**
- **Grundlagen der Tensor-Rechnung**
- **Rechnen mit Tensoren**

## Voraussetzungen

---

Dieser Kurs setzt mathematische und physikalische Grundkenntnisse voraus, wie sie z.B. in einem Ingenieurs-Studium vermittelt werden. Manche Konzepte der allgemeinen Relativitätstheorie sind ziemlich kompliziert, abstrakt und schwer verständlich und erfordern einigen mathematischen Aufwand. Man braucht jedoch keine höhere Mathematik, sondern nur etwas Geduld, um durch die Berechnungen zu gehen.

Hier werden nicht bloss die Ergebnisse der Theorie aufgeführt, sondern wirklich das mathematische Minimum behandelt, um diese Ergebnisse verstehen zu können.

## Quellen und Kurse

---

Mein Wissen stammt hauptsächlich von den Kursen von Prof. Leonard Susskind, welche unter Youtube in voller Länge betrachtet werden können:

- [1] Leonard Susskind - General Relativity; Kurs 1; Stanford University; Youtube  
[www.youtube.com/playlist?list=PL02EC2EE6A42F70E2](http://www.youtube.com/playlist?list=PL02EC2EE6A42F70E2)
- [2] Leonard Susskind - General Relativity; Kurs 2; Herbst 2012; Stanford University; Youtube  
[www.youtube.com/playlist?list=PLpGHT1n4-mAvcXwzOlz3dHnGZaQP1LEib](http://www.youtube.com/playlist?list=PLpGHT1n4-mAvcXwzOlz3dHnGZaQP1LEib)
- [3] Leonard Susskind - Special Relativity; Stanford University; Youtube  
[www.youtube.com/playlist?list=PLBBF200ED31074808](http://www.youtube.com/playlist?list=PLBBF200ED31074808)
- [4] Leonard Susskind - Cosmology; Stanford University; Youtube  
[www.youtube.com/playlist?list=PL501F0D503005FF0B](http://www.youtube.com/playlist?list=PL501F0D503005FF0B)

# Inhaltsverzeichnis AR

---

## ➤ Inhaltsverzeichnis AR

### ➤ Grundlagen der Gravitation

- Wirkung dunkler Energie
- Nabla-Operator
- Gravitationsfeld nach Newton
- Gauss-Gesetz der Gravitation
- Divergenzsatze
- Divergenz des Gravitationsfeldes im Vakuum
- Gravitationsfeld eines Planeten
- Äquivalenzprinzip
- Lichtkrümmung
- Gezeitenkräfte
- Euklidische Geometrie

### ➤ Grundlagen der Tensor-Rechnung

- Was sind Tensoren?
- Differentialrechnung mit mehreren Variablen
- Einsteinsche Summenkonvention
- Koordinatentransformation
- Transformation von Ableitungen
- Kovariante und Kontravariante Komponenten
- Transformation kontravarianter Tensoren
- Transformation kovarianter Tensoren
- Vergleich der Transformation ko- und kontravarianter Tensoren
- Metrik-Tensor
- Metrik-Tensor eines 2D-Polarkoordinatensystems
- Metrik-Tensor einer Kugeloberfläche
- Vergleich verschiedener 2D-Metrik-Tensoren
- Inverse des Metrik-Tensors

## ➤ Rechnen mit Tensoren

- Tensor-Arithmetik
- Tensor-Kontraktion
- Index-Manipulation per Metrik-Tensor
- Raumzeit-Tensoren