

# Einsteins allgemeine Relativitätstheorie

## Lektion 5

### Raum und Zeit vereinigen sich zur „Raumzeit“ (III)

Zeit und Raum sind „kausal“ miteinander verknüpft

*Frage: Sind die Weltlinien A-H möglich?*

Im Raumzeit-Diagramm der letzten Aufgabe sind einige **Weltlinien unmöglich**, da sie Reisen schneller als das Licht repräsentieren würden: B, C und H.

A und E sind **Weltlinien von Lichtsignalen**, da die zugehörige Geschwindigkeit gleich  $+c$  bzw.  $-c$  ist.

*Frage: Kann D eine Nachricht an G senden?*

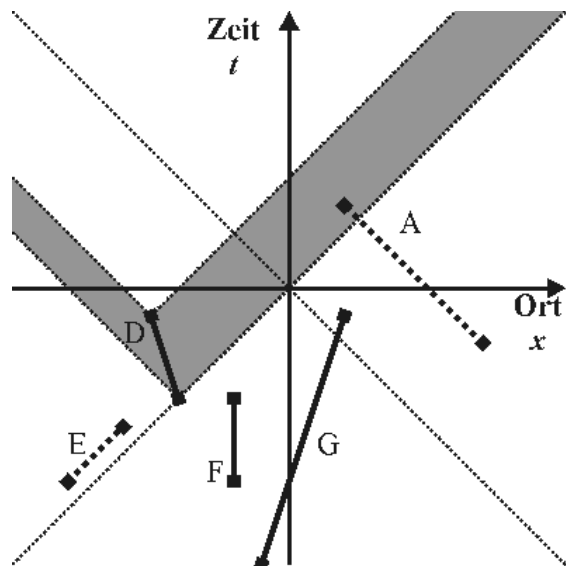
D kann während seiner Existenz Lichtsignale aussenden. Diese reisen mit Lichtgeschwindigkeit  $c$ . Folglich kann D mit Hilfe von Licht nur den **grau schraffierten Bereich** der Raumzeit erreichen.

D kann an G durch Lichtsignale nicht erreichen.

*Frage: Kann G eine Nachricht an D schicken?*

Eine analoge Überlegung zeigt sofort:

G kann D sehr wohl mit Hilfe von Lichtsignalen erreichen.



Die **Information** über ein Ereignis  $E$  kann sich in der Raumzeit höchstens mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten.

## Raum & Zeit sind „kausal“ miteinander verknüpft

Wir befinden uns in Gedanken auf der Erde. Die Bayern und die Berliner sollen synchronisierte Uhren besitzen. Damit wir die kausale Verknüpfung der Raumstruktur erkennen können, müssen wir die Lichtgeschwindigkeit vorübergehend auf  $3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  herabsetzen.

- **Ereignis A:** Um exakt 9.00 Uhr fordert jemand in Straubing, CDU, CSU und SPD sollen sich doch endlich auf eine große Koalition einigen.
- **Ereignis B:** Um exakt 9.02 Uhr setzen die Chefs von CDU, CSU und SPD in Berlin ihre Unterschrift unter den Koalitionsvertrag.

**Frage: Kann Ereignis A die Ursache von Ereignis B sein?**

Die schnellste Art, Informationen zu verbreiten, funktioniert über Licht. Da Berlin ca. 600km weit weg von Straubing entfernt ist, braucht Licht  $200 \text{ s}$  ( $c = 3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ !), um von Straubing nach Berlin zu gelangen. Um 9.02 Uhr können die Politikerinnen und Politiker in Berlin also keinerlei Kenntnis von Ereignis A haben.

Ereignis A kann Ereignis B nicht verursachen.

### Aufgabe 4 – Die „kausale Struktur“ der Raumzeit

Wir betrachten nun ein Ereignis A, das wir der Einfachheit halber in den **Orts-Ursprung zum Zeitpunkt  $t = 0$**  setzen.

➤ Schraffiere folgende drei Bereiche im Raumzeit-Diagramm unterscheidbar:

**Bereich Z („kausale Zukunft von A“):**

Wo liegen alle Punkte der Raumzeit, die Kenntnis davon haben können, dass A passiert ist?

**Bereich V („kausale Vergangenheit von A“):**

Wo liegen alle Punkte der Raumzeit, von denen A wissen kann, dass sie passiert sind?

**Bereich G („kausale Gegenwart von A“):**

Wo liegen die Punkte der Raumzeit mit den Eigenschaften: Sie können weder wissen, dass A passiert ist – noch kann A wissen, dass Ereignisse an diesen Punkten passiert sind?

