

## 7. Spezielle Relativitätstheorie (Einstein 1905)

→ Beschreibung der Bewegung von Körpern und Feldern in Raum und Zeit.

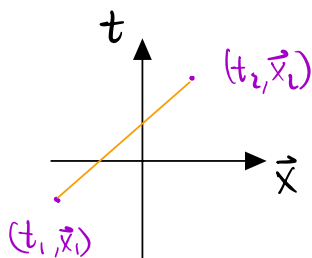
• Für "kleine" Geschwindigkeiten  $|v| \ll c = \text{Lichtgeschwindigkeit}$   
 $= 299\,792\,458 \text{ m/s}$

geht diese Beschreibung in die klassische Newtonsche Theorie über.

### 7.1. Einsteins Postulate

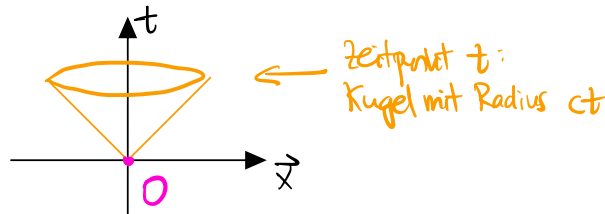
• Ursprung: Maxwell-Gleichungen des Elektromagnetismus (+ Optik).

Gemäss der Maxwell-Gleichungen breiten sich Lichtsignale im Vakuum mit der konstanten und richtungsunabhängigen Geschwindigkeit  $c$  aus.



⇒ Die Ereignisse  $(t_1, \vec{x}_1)$ ,  $(t_2, \vec{x}_2)$  können durch ein Lichtsignal verbunden werden genau dann, wenn  $c^2(t_1 - t_2)^2 = |\vec{x}_1 - \vec{x}_2|^2$ .

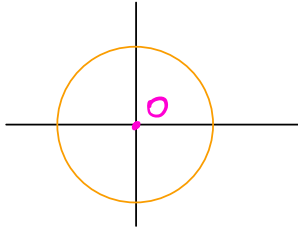
• z.B. beschreibt  $|\vec{x}| = ct$  die Front einer Lichtwelle, die von  $O = (0, \vec{0})$  ausgeht:



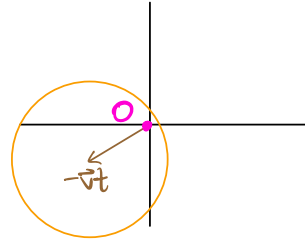
Das ist bereits inkompatibel mit Galilei-Invarianz: denn unter der Galilei-Transformation  $\begin{cases} t' = t \\ \vec{x}' = \vec{x} - \vec{v}t \end{cases}$  ist immer noch  $O = (0, \vec{0})$ ,

aber die Wellenfront zur Zeit  $t' = t$  ist  $|\vec{x}' + \vec{v}t| = ct$ :

$\vec{x}$ :



$\vec{x}'$ :



- Erklärungsversuch: **Äther**. Licht propagiert in einem Medium ("Äther"), das nur in einem einzigen Inertialsystem ruht. (Vgl. Wellenausbreitung in elastischen Medien: das System, in dem das Medium ruht, ist natürlich bevorzugt!)

Experimentell **widerlegt** (Michelson-Morley),

- **Einstein**: müssen Forminvarianz der Gesetze der Physik unter **Galilei-Transformationen** fallen lassen. Stattdessen:

### 1. Postulat: (Spezielles) Relativitätsprinzip.

Naturgesetze haben in allen Inertialsystemen dieselbe Form.

(Zwei Inertialsysteme bewegen sich dabei (per Definition) mit konstanter Geschwindigkeit relativ zueinander; aber die Koordinatentransformationen zwischen zwei solchen Systemen sind **nicht** durch **Galilei-Transformationen** gegeben — wir werden die richtige Transformationsregel später herleiten.)

### 2. Postulat: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

Die Lichtgeschwindigkeit ist in allen Inertialsystemen gleich.

(Also ist sie unabhängig von der Geschwindigkeit der Quelle.)