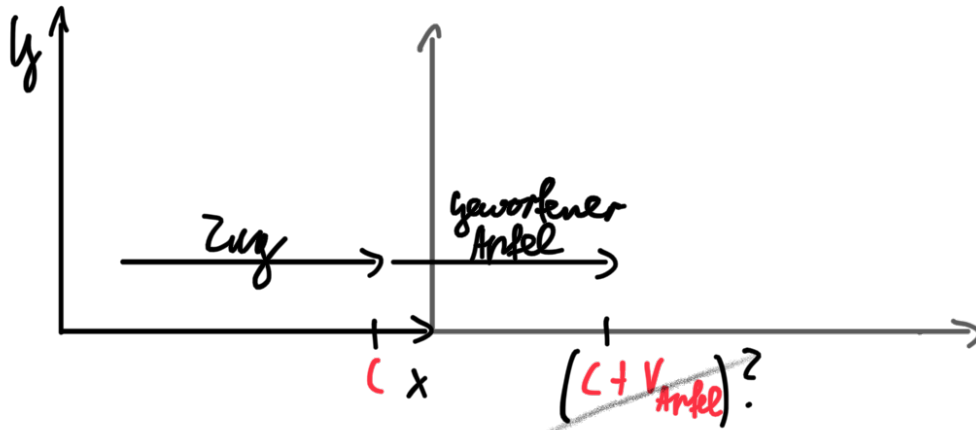


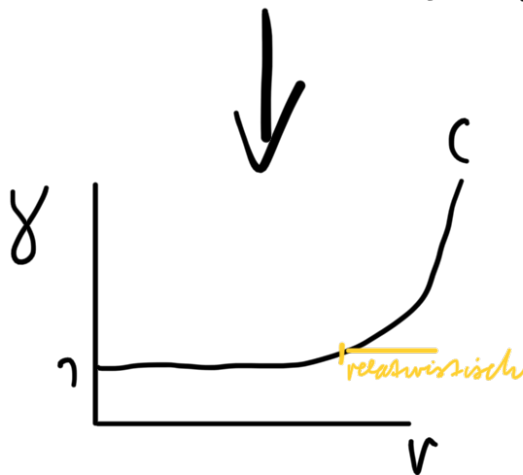
# Physik

# 1. Spezielle Relativitätstheorie



$$c = \text{const}$$

Transformation von  $v_{\text{Zug} + \text{Apfel}}$   $\Rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  (Lorenz-Faktor)



Linearisierung des Lorentzfaktors  $\rightarrow$  Impulserhaltung

$$\gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\gamma = (1-x)^{-\frac{1}{2}} \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{v}{c^2}$$

Asteroid würde zwar langsamer  
fliegen, aber er muss trotzdem die gleiche  
Wirkung entfalten. ...

Konsequenz

Masse (Impuls) muss  
größer werden

$$\hat{m} = \gamma \cdot m_0: \hat{m} = m_0 + m_0 \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} \cdot c^2$$

↑  
Ruhemasse

Linearisierung

$$mc^2 = mc^2 + m_0 \frac{1}{2} v^2$$

$$E = mc^2$$

$$E^2 = m_0^2 c^4 + p^2 \cdot c^2$$

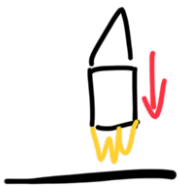
Korrekte Form mit  
hoch relativistischem  
Anteil

Herleitung (Mathe Trickeye (nicht erklärt))

$$\begin{aligned} E^2 &= \gamma^2 m^2 c^4 = \gamma^2 m^2 c^4 \left(1 - \frac{v^2}{c^2} + \frac{v^2}{c^2}\right) \\ &= m_0^2 c^4 + \gamma^2 m^2 c^4 \frac{v^2}{c^2} \\ E^2 &= m_0^2 c^4 + p^2 \cdot c^2 \end{aligned}$$

Das aber nur die linearisierte  
Form. Das also nur für geringe  
Geschwindigkeiten korrekt!

## 2. Allgemeine Relativitätstheorie



Beschleunigung



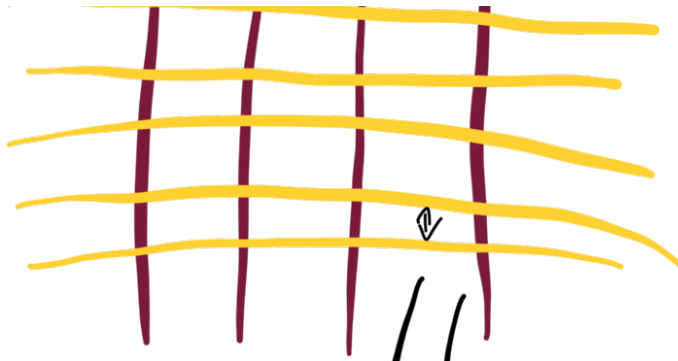
(Ununter-  
scheidbar.  
Relativistisch  
auch)



Gravitation

Aquivalenz-Prinzip





Raum-Zeit

Grav != Kraft

Grav = Krümmung von Raumzeit

## Lorenzfaktor der Gravitation

$\phi$  = Gravitations Potential

Transformation von  $T, M$  an Ort mit

Gravitationspot:  $\left( \sqrt{1 + \frac{2\phi}{c^2}} \right)$  linearisiert



Schwarzschild Radius  $R_s$ :  $T_s = \frac{2GM}{c^2}$



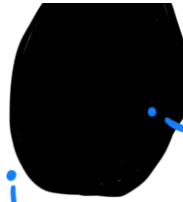
Nicht linearisierte Transformation:  $T = \sqrt{1 - \frac{R_s}{r}}$

## Schwarzschild Metrik

$c \cdot \text{mech} / \text{zeit}^2$

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{R_s}{r}\right) c^2 dt^2 + \frac{1}{1 - \frac{R_s}{r}} dr^2$$

$\uparrow$  gilt nur für eine Dimension.  
 $\nwarrow$  Abstand zum Schwarzen Loch.



- Es gibt keine Raumfreiheit mehr. Körper können sich nur noch Richtung S.W. bewegen.
- Es herrscht zeitliche Freiheit

- Zeit bleibt stehen
- Raumkoordinaten werden unendlich groß. Raumfreiheit gegeben

# Shapiro-Effekt



gravitation wird größer



- die Wellenlänge verändert sich
- Krümmung der Welle im Raum

# Allgemeine Relativitätstheorie

## Prinzip der Maximalen Eigenzeit

Alt: - Prinzip der Minimalen Wirkung

Lagrange Funktion

$$S = \int \left( \frac{1}{2} m v^2 - V \right) dt \rightarrow \text{MIN}$$

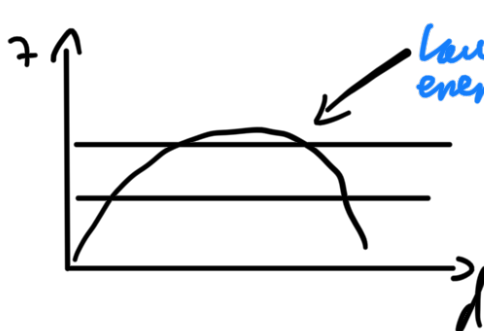


Neu: - Prinzip der maximalen Eigenzeit

$$\int \left( + \frac{m v^2}{c^2} - m \cdot \phi \right) dt \rightarrow \text{MAX}$$



Es gibt keine „Kräfte“ im Universum mehr, es geht darum, die Eigenzeit zu maximieren

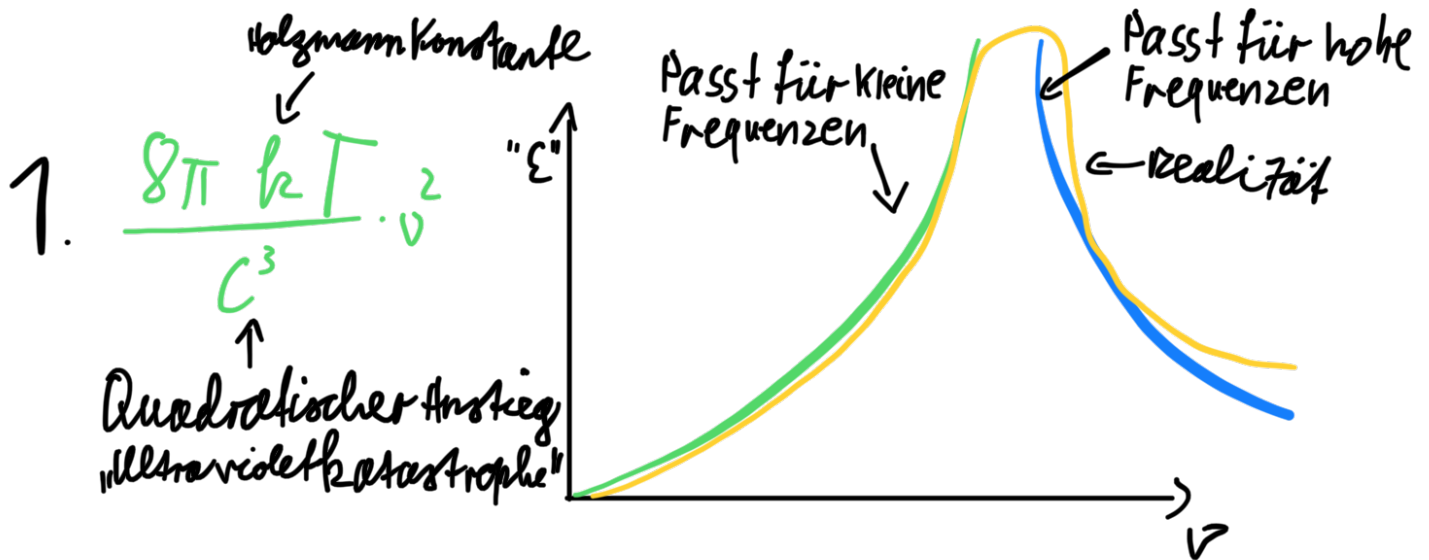


Laufbahn eines geworfenen Objekts.

Die Laufbahn entspricht einer Parabel. Sie ist der beste Kompromiss zwischen der (maximalen) Eigenzeit

(maximieren) Eigenzeit  
und der Strecke.

# Quantenmechanik



unbekannt

2.  $e^{\frac{\text{consta} \cdot \nu^3}{h \cdot \nu}}$

$\frac{h \cdot \nu}{kT} - 1$

↓ linearisiert

3.  $e^{\frac{h\nu}{kT}} \approx 1 + \frac{h\nu}{kT}$

↓

$\frac{8\pi}{c^3} : \frac{h \nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$

↓

$\frac{8\pi}{c^3} \nu^3 h kT$

$\hbar$



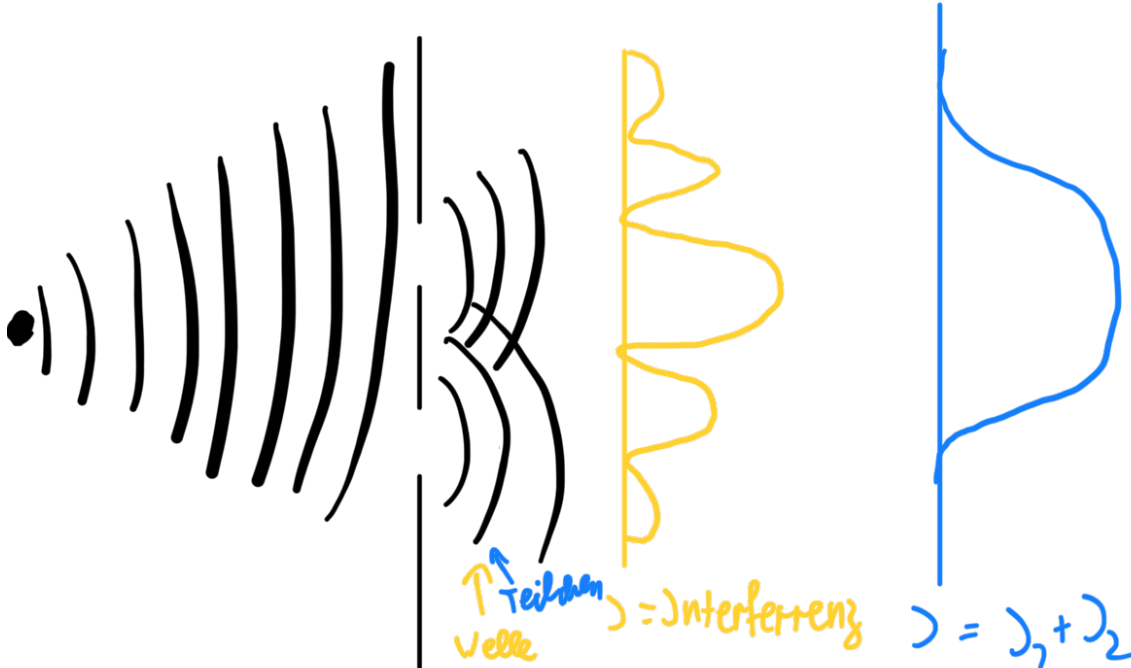
Durch die Einführung des Wirkungs-  
quantums  $\hbar$  wird die Energie quantisiert  
und es gibt eine Untergrenze .....

# Doppelspalt

Welle

Teilchen

Statistische Wahrs





# Photoeffekt

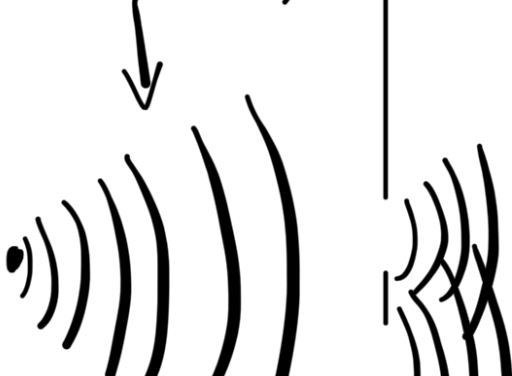


Kinetische ausgeschoagener Elektronen ist nicht von der Helligkeit sonder von der Frequenz Abhängig.

Spricht dafür das licht ein Teilchen ist und in verschieden große Paketen (Quanten) kommt deren Größe von der Frequenz abhängt. (Deswegen ist die Intensität, Quantität, irrelevant)

# Quantenmechanik

Wahrscheinlichkeitsverteilung ("Welle")



statistische Verteilung



Messung



· / | )))

P

|

$$|\psi_{\text{oben}} + \psi_{\text{unten}}|^2 = P$$

$$P = 100\%$$