

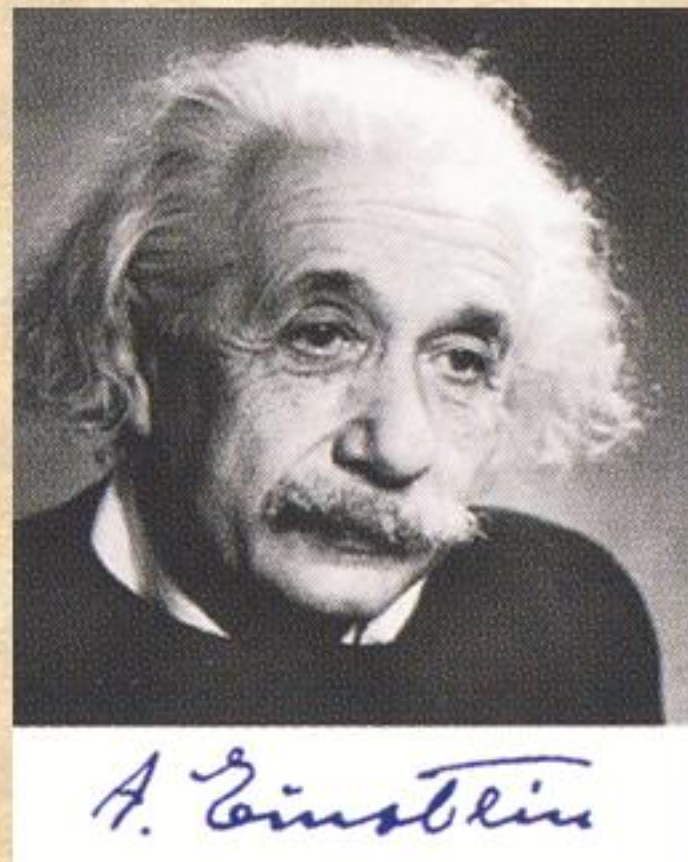
Mit Überlichtgeschwindigkeit in die Vergangenheit?

Zeitreise zu Einstein – Realität oder Fiktion?

von

Prof. Dr.-Ing. Klaus W. Kark

Vortrag im
Mittwochseminar der
Hochschule Ravensburg-
Weingarten
am 07.12.2005



Albert Einstein (1879-1955)

1900 Fachlehrer-Diplom an ETH Zürich

1902 Patentbeamter in Bern

1905 Wunderjahr (annus mirabilis) 

1909 Professor an Uni Zürich


1911 Professor an Uni Prag

1912 Professor an ETH Zürich

1914 Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts in Berlin

1915 ART → **Gravitation**  (Raumzeitkrümmung) 

1921 Nobelpreis zum Photoeffekt

1933 Professor in Princeton 

Wunderjahr 1905 (Promotion und 4 Artikel in den "Annalen der Physik")

Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt
(Lichtquantenhypothese und Photoeffekt --> Nobelpreis 1921)

Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen
(Brownische Molekularbewegung und statistisches Verhalten von Molekülen)

Zur Elektrodynamik bewegter Körper
(Spezielle Relativitätstheorie)

Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?
(Äquivalenz von Masse und Energie)

Einsteins Relativitätstheorien

SRT	ART
Bewegte Uhren gehen langsamer (als ruhende).	Unter Einwirkung der Schwerkraft gehen Uhren langsamer.
Bewegte Körper schrumpfen (in Bewegungsrichtung).	Körper schrumpfen unter Einwirkung der Schwerkraft.
Die Masse bewegter Körper wächst. $m = \frac{E}{c^2} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$	Die Schwerkraft bewirkt eine Krümmung der Raumzeit (Lichtbeugung und Periheldrehung)

Lorentz-Transformation

$$\beta = \frac{v}{c} = \frac{4}{5} \quad \text{und} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{5}{3}$$

$$\begin{aligned} x' &= \gamma (x - \beta ct) \\ ct' &= \gamma (ct - \beta x) \end{aligned}$$

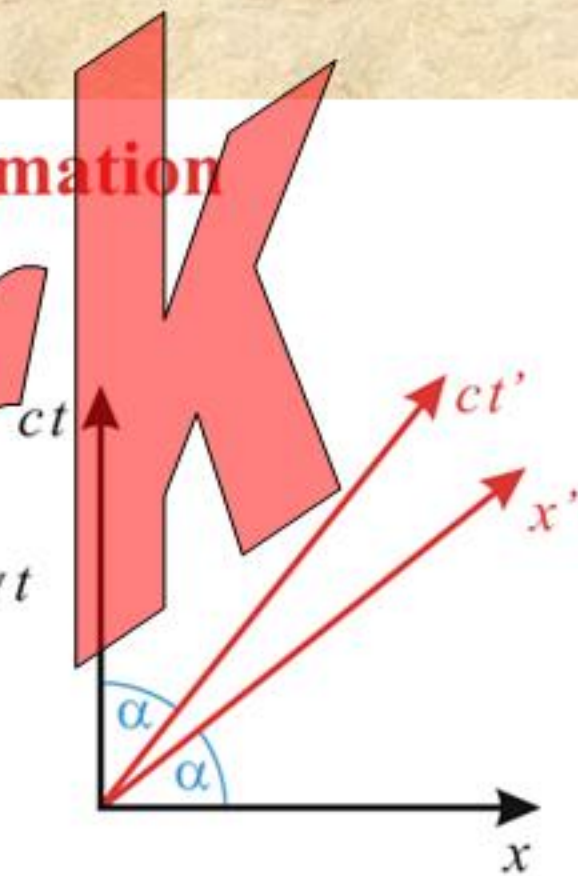
Galilei



$$\begin{aligned} x' &= x - vt \\ t' &= t \end{aligned}$$

$$x' \text{- Achse: } ct' = 0 \Rightarrow ct = \beta x$$

$$ct' \text{- Achse: } x' = 0 \Rightarrow ct = \beta^{-1} x$$



$$\alpha = \arctan \beta = 38,7^\circ$$

Zeitdilatation

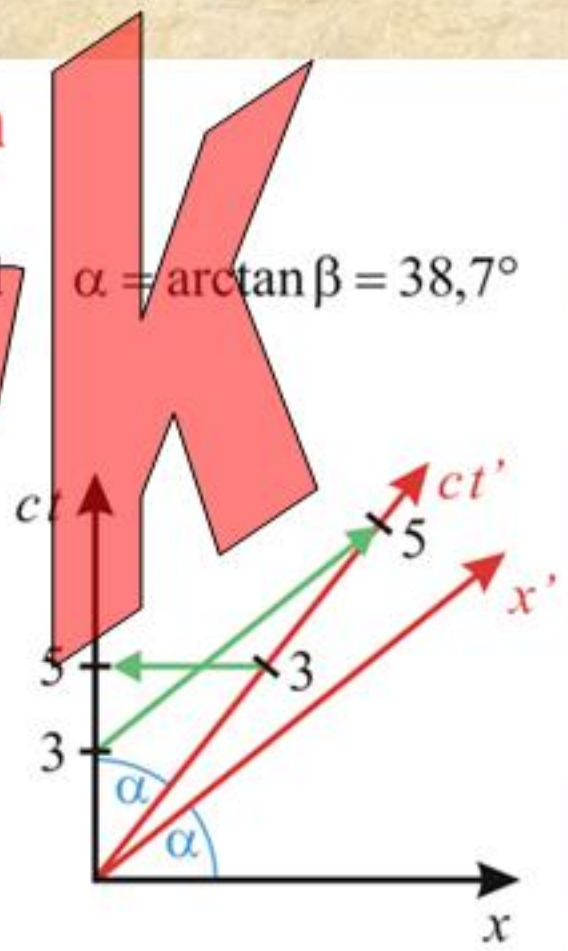
$$\beta = \frac{v}{c} = \frac{4}{5} \quad \text{und} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{5}{3} \quad \text{und} \quad \alpha = \arctan \beta = 38,7^\circ$$

$$\begin{aligned} ct' &= \gamma (ct - \beta x) \\ ct &= \gamma (ct' + \beta x') \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x=0 &\Rightarrow \Delta t' = \gamma \Delta t \\ x'=0 &\Rightarrow \Delta t = \gamma \Delta t' \end{aligned}$$

Eigenzeit im Ruhesystem ist minimal!

$$\text{Maßstab: } L = \frac{\sqrt{1+\beta^2}}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{\cos 2\alpha}} = 2,13$$



Der Lauf der Zeit



1896



1905



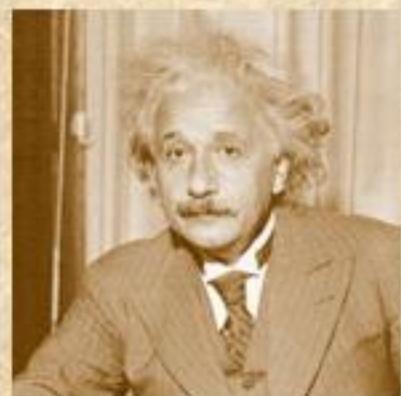
1909



1914



1920



1933



1947



1950

Den Lauf der Zeit beeinflussen?

1) Durch Bewegung (SRT)

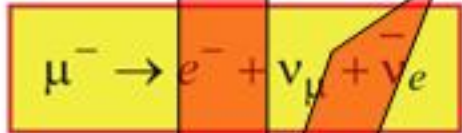
Uhren gehen in bewegten Systemen **langsamer**
(Myonen-Experiment ■, Zwillingsparadoxon) ■

2) Durch Gravitation (ART)

Uhren gehen in Gravitationsfeldern **langsamer**
(Experimente in Flugzeugen und Satelliten) ■

⇒ Zeitdilatation ermöglicht Reisen in die **Zukunft**

Myonenzerfall:

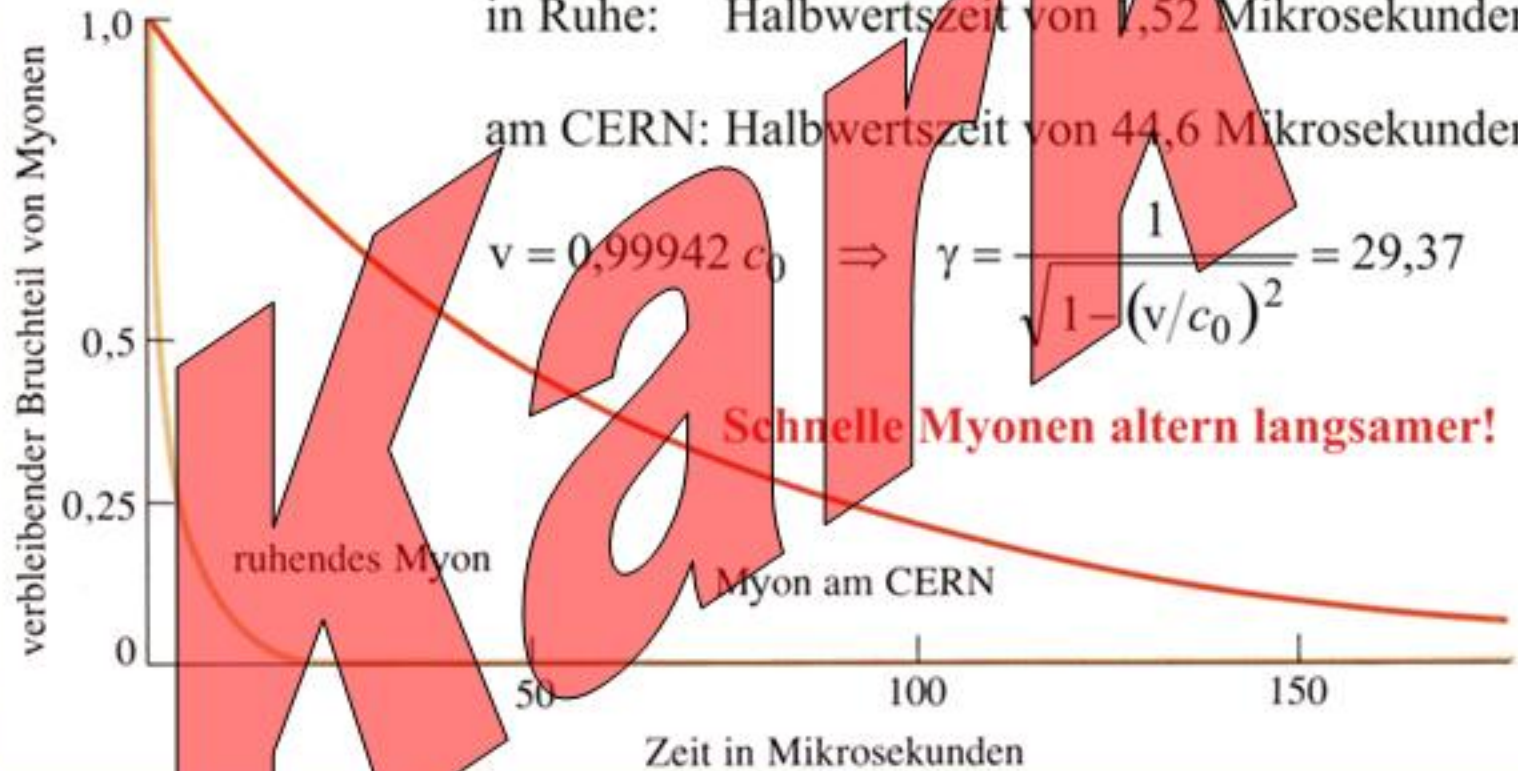


in Ruhe: Halbwertszeit von 1,52 Mikrosekunden

am CERN: Halbwertszeit von 44,6 Mikrosekunden

$$v = 0,99942 c_0 \Rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c_0)^2}} = 29,37$$

Schnelle Myonen altern langsamer!

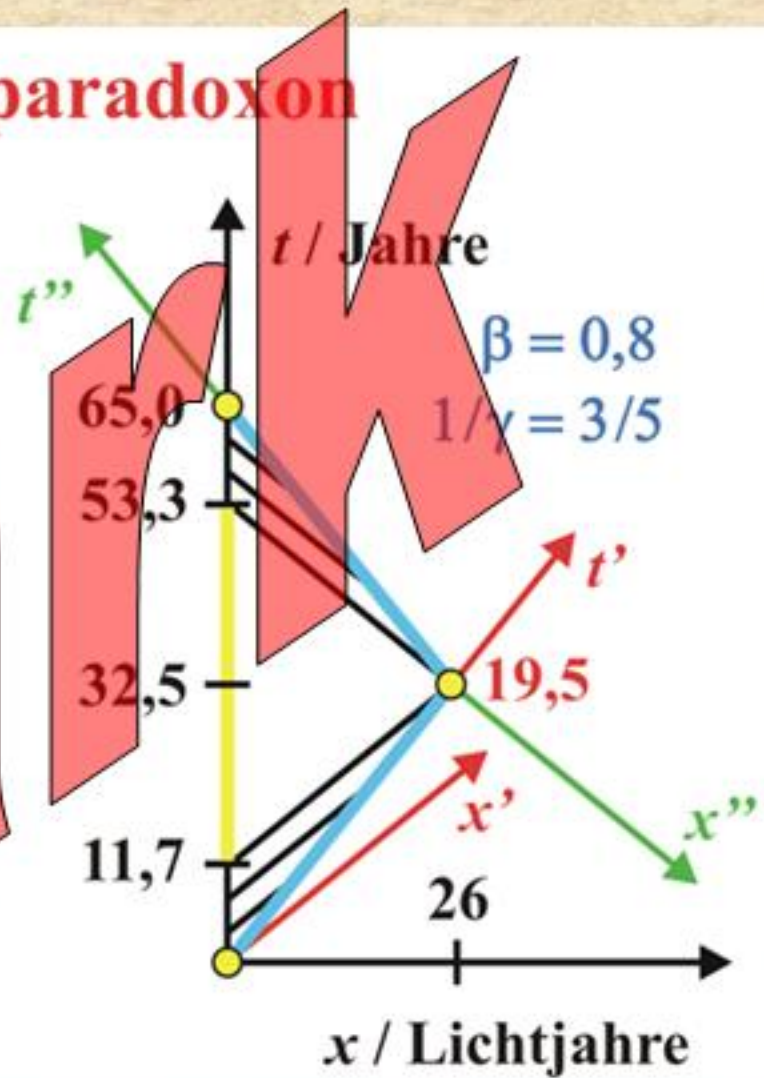


Zwillingsparadoxon

Bis zum Wendepunkt
sieht jeder den anderen
langsamer altern!

Nach dem Wenden
aber auch!

“Lücke” von
 $53,3 - 11,7 = 41,6$ Jahren!



Die allgemeine Relativitätstheorie – ART

Metrik:

Euklid

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 \geq 0$$

Minkowski

$$ds^2 = c_0^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 \geq 0$$

Riemann

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu = c_0^2 d\tau^2 \geq 0$$

Einsteinsche Feldgleichungen: 10 nichtlineare, gekoppelte Dgln.

$$G_{\mu\nu}(g''_{\mu\nu}, (g'_{\mu\nu})^2, g_{\mu\nu}) = -\frac{8\pi G}{c_0^4} T_{\mu\nu}$$

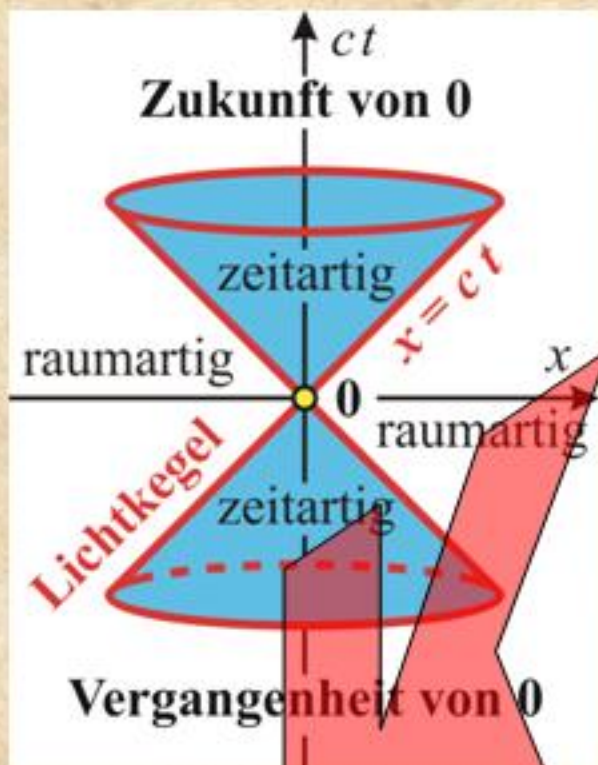
Die Massenverteilung bestimmt die **Krümmung** der Raumzeit. 

Bewegungsgleichung:

$$\frac{d^2 x^\mu}{d\tau^2} + \Gamma_{\kappa\lambda}^\mu \frac{dx^\kappa}{d\tau} \frac{dx^\lambda}{d\tau} = 0$$

Die Raumzeitkrümmung bestimmt die **Bewegung** der Materie.

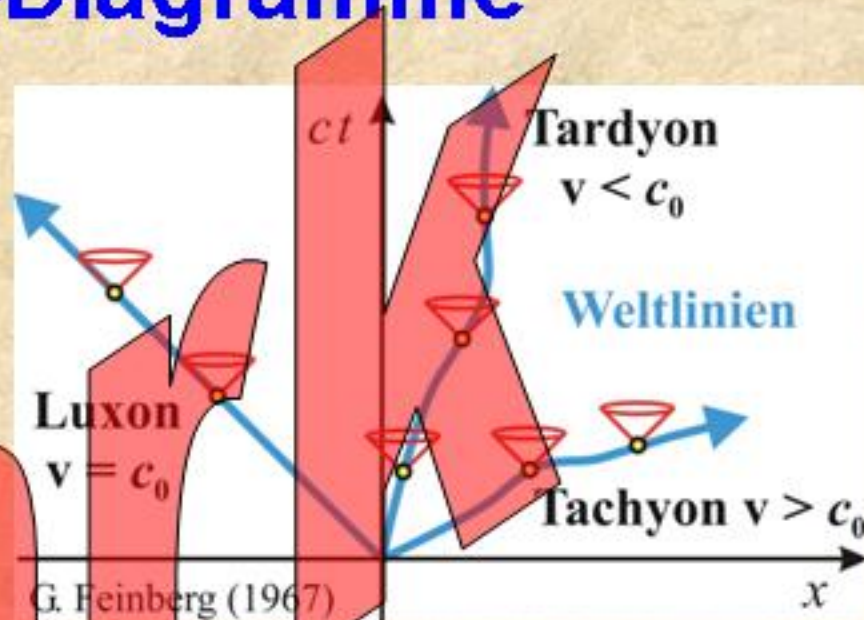
Raum-Zeit-Diagramme



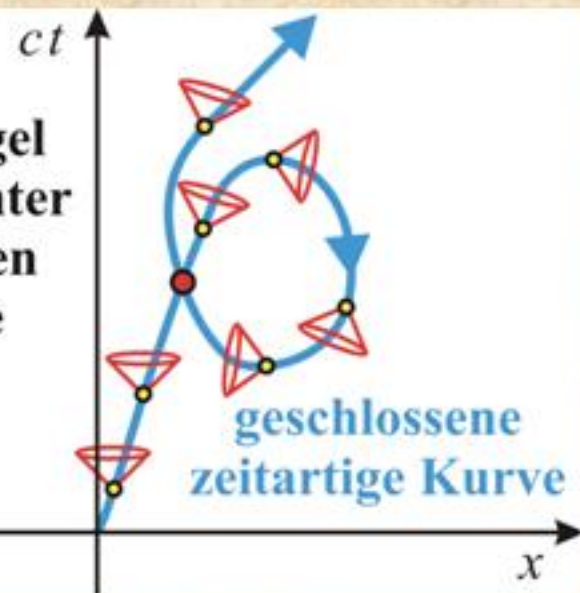
zeitartig: $ds^2 > 0$

lichtartig: $ds^2 = 0$

raumartig: $ds^2 < 0$



gekippte Lichtkegel bei stark gekrümmter Raumzeit erlauben Zeitreisen in die Vergangenheit mit $v < c_0$



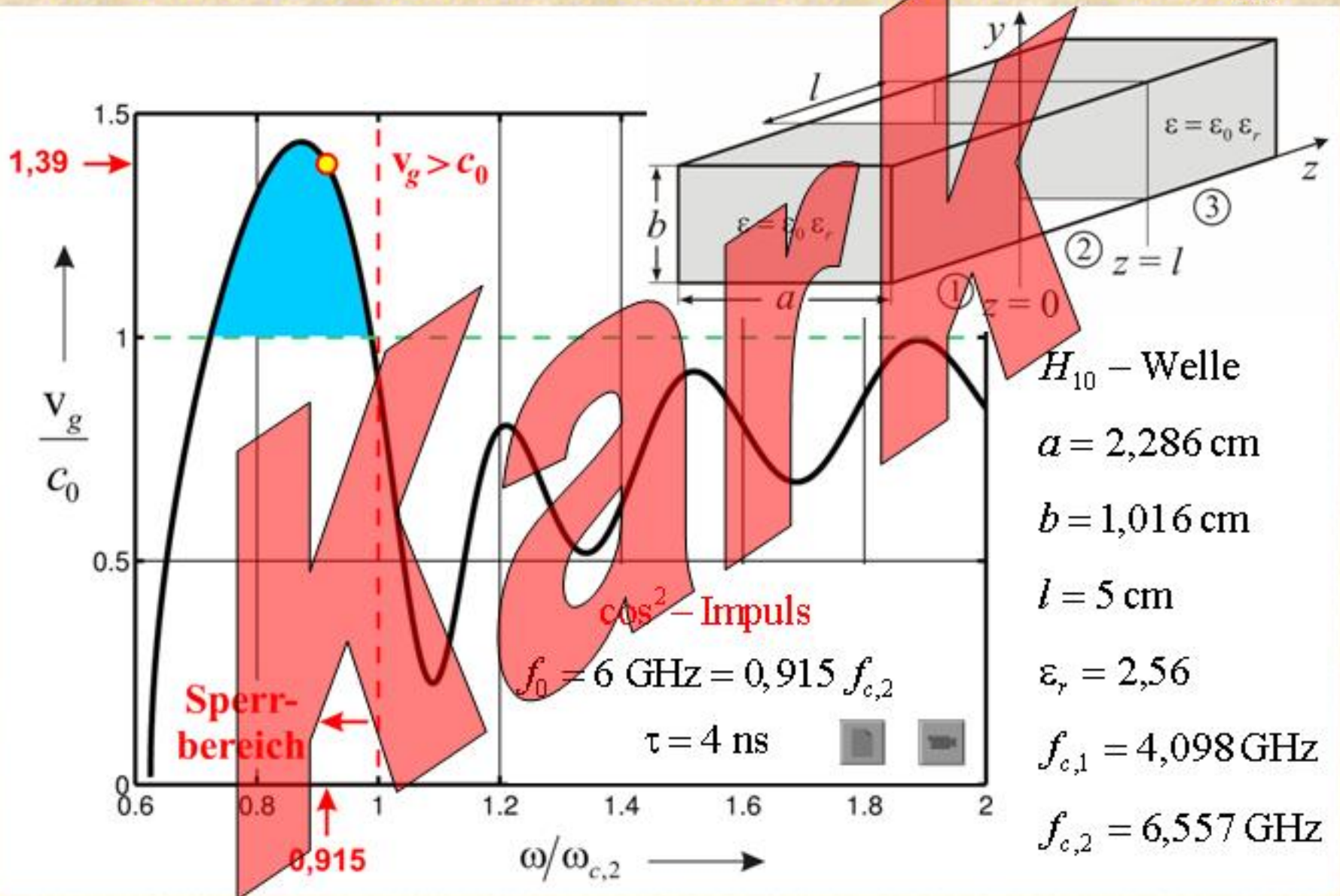
Zeitreisen im Rahmen der ART? Kosmische Zeitmaschinen?

- W. J. **v. Stockum** (1937) rotierender Zylinder 
- Kurt **Gödel**  (1949) rotierendes Universum 
- Frank J. **Tipler** (1974) Neutronensternreihe 
- Kip **Thorne** (1986) Wurmlöcher  
- J. Richard **Gott**  (1991) kosmische Strings  
- Miguel **Alcubierre** (1994) Warp-Antrieb  

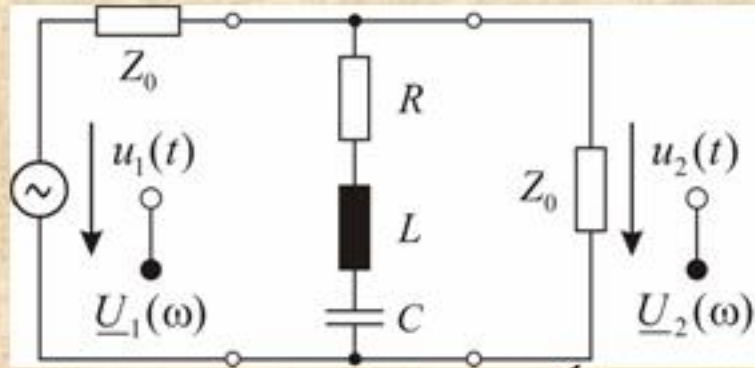
Kosmische Zeitmaschinen?

- **Reisen in die Vergangenheit:**
max. bis zum Konstruktionszeitpunkt der Maschine
- **Reisen in die Zukunft:** „unbegrenzt“
- Zum Bau einer endlich großen Zeitmaschine benötigt man **negative Energie**.
- Künftige Gesetze der **Quantengravitation** (Unschärferelation) ergänzen **ART** und verbieten möglicherweise Zeitmaschinen (Chronologieschutz)!
Selbstzerstörung durch **Vakuumfluktuationen**?

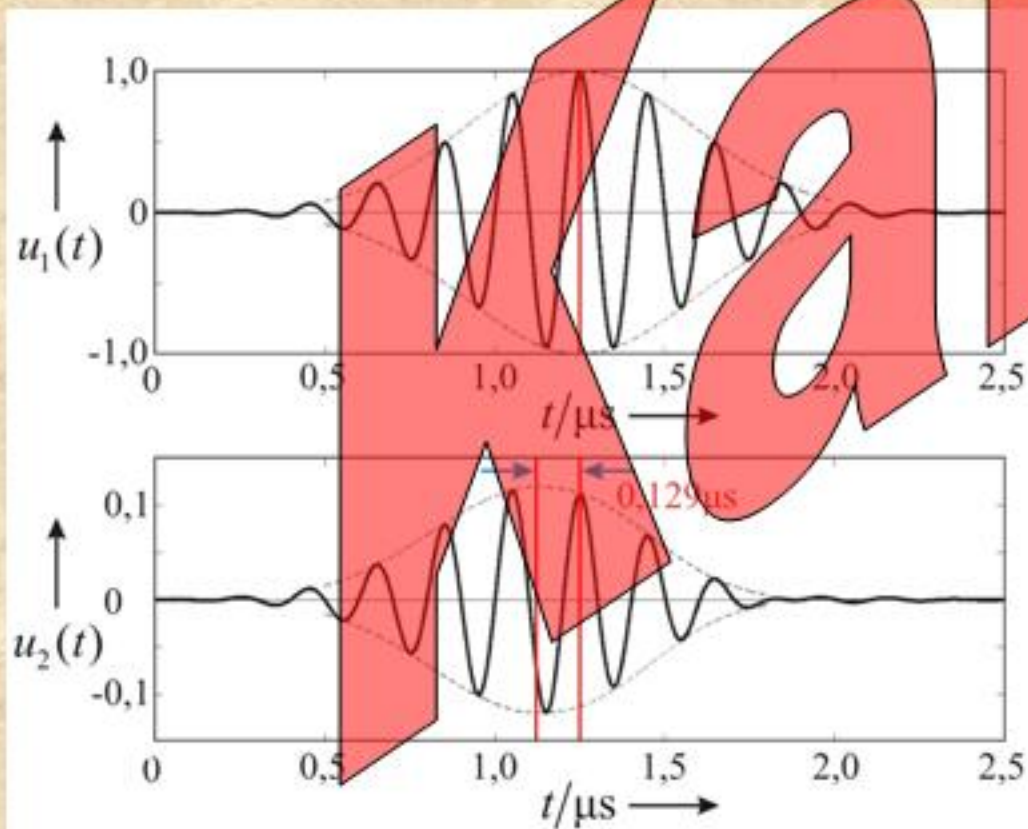
Hohlleiter mit dielektrischer Füllung



RLC-Filterschaltung (Bandsperre)



$Z_0 = 75 \Omega, R = 10 \Omega$
 $L = 1 \mu\text{H}$
 $C = 1 \text{nF}$ } $f_0 = 5,033 \text{ MHz}$



Negative Gruppenlaufzeit mit **Impulsverzerrung** und Bildung eines früheren Schwerpunktes, aber: **kausale Übertragung** (Rupprecht, 1961)

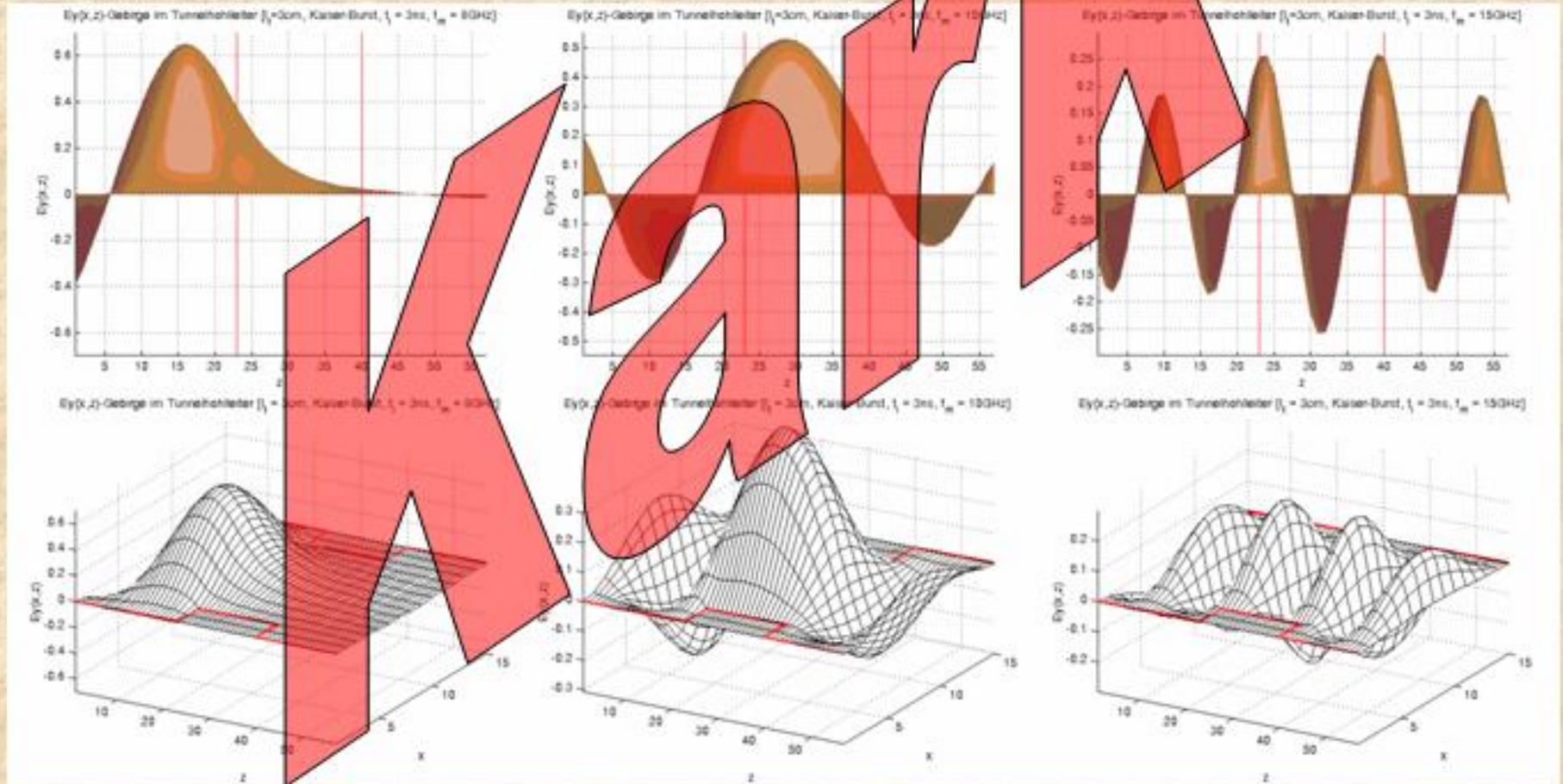
Kaiser-Bessel Burst im Tunnelhohlleiter

$\tau = 3 \text{ ns}$ und $l = 3 \text{ cm}$ (Sperrbereich 6,6 – 9,5 GHz)

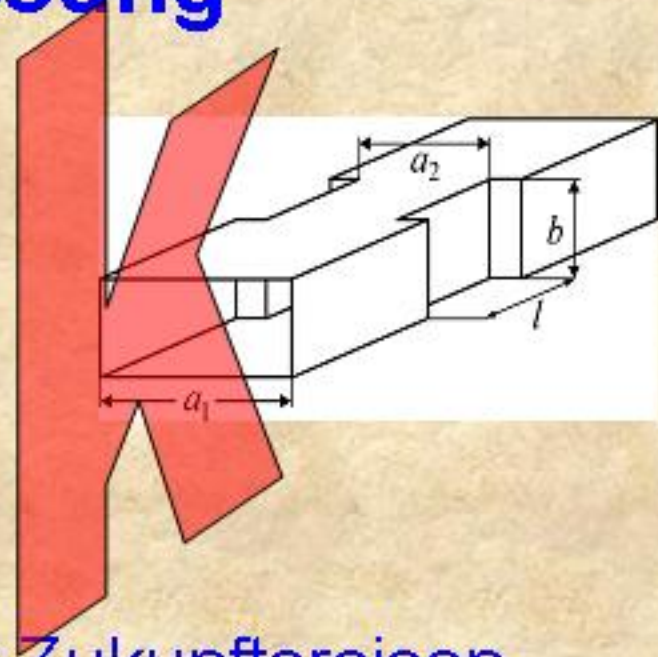
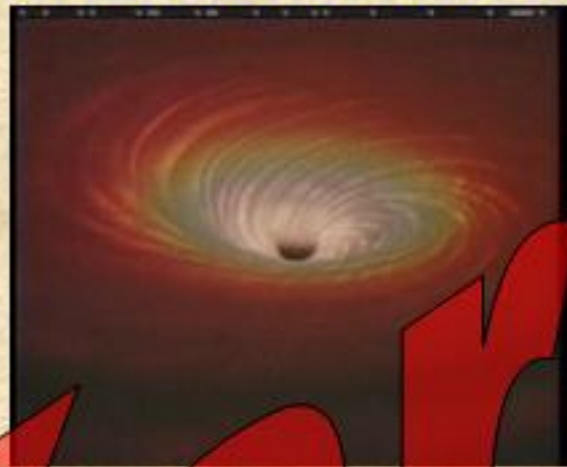
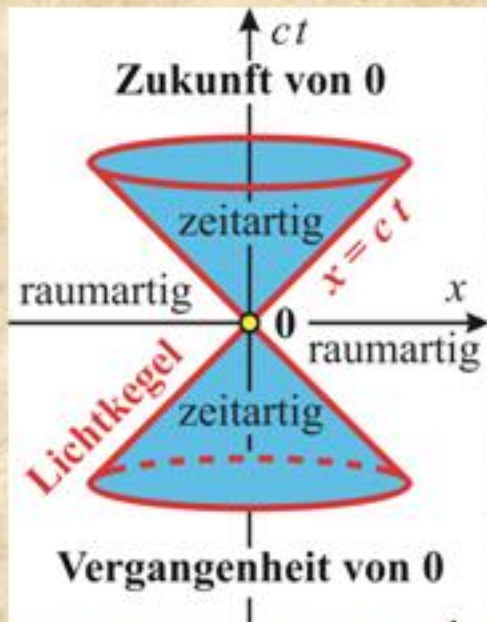
$$f_0 = 8 \text{ GHz}$$

$$f_0 = 10 \text{ GHz}$$

$$f_0 = 15 \text{ GHz}$$



Zusammenfassung



- **Zeitdilatation** der SRT ermöglicht Zukunftsreisen
- Echte **Überlichtgeschwindigkeit** ausgeschlossen
- **Kausale** Signalübertragung: $v_F = c_0$ und $v_E \leq c_0$
- **ART** toleriert Raumzeitverzerrungen mit **Zeitschleifen**
- **Quantengravitation** beseitigt Artefakte der ART?

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

