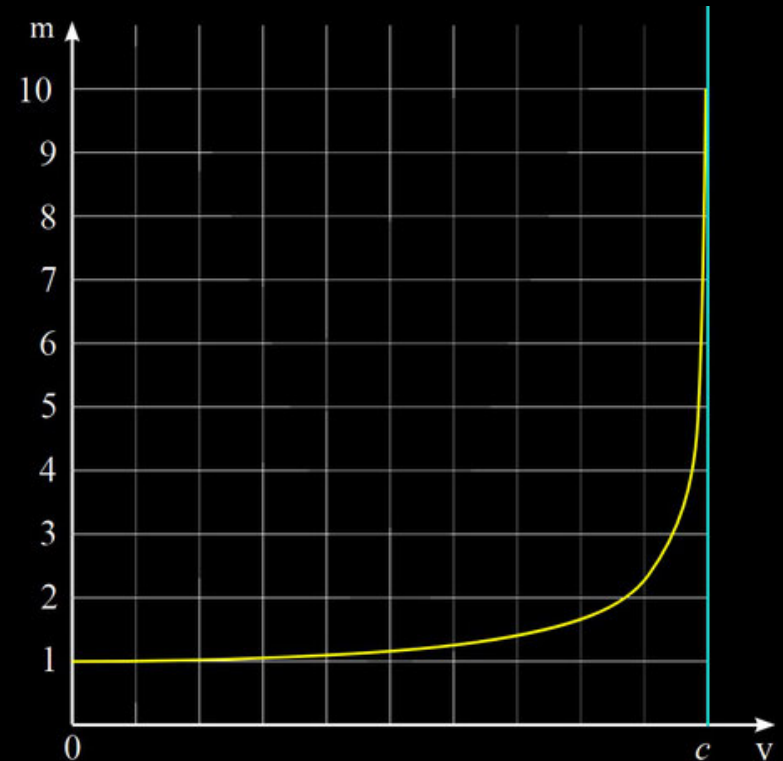


Weitere Effekte der Speziellen Relativitätstheorie

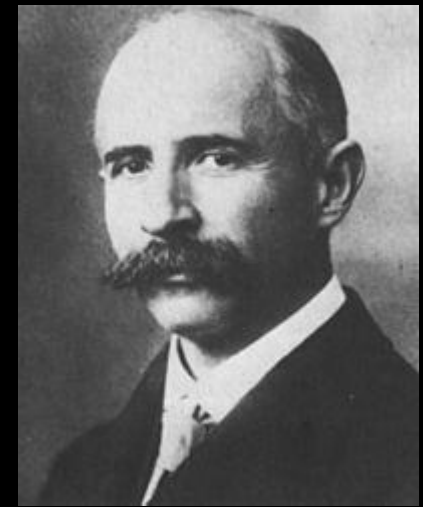
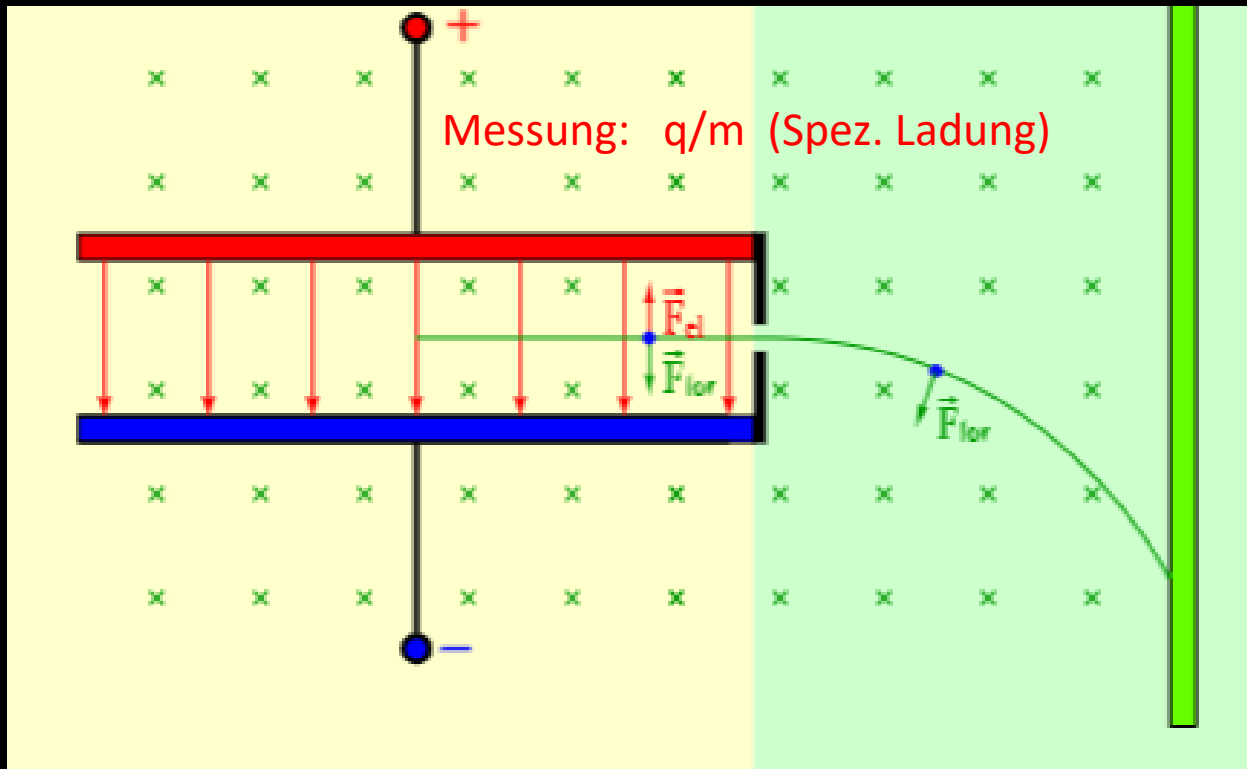
Relativistische Massenzunahme

$$m = \gamma \cdot m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



$$m = \frac{2000\text{kg}}{\sqrt{1 - \frac{(150.000.000 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{(300.000.000 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}} = 2309,4\text{kg}$$

Experiment von Kaufmann und Bucherer



Walter Kaufmann
(1871-1947)



Alfred Bucherer
(1863-1927)

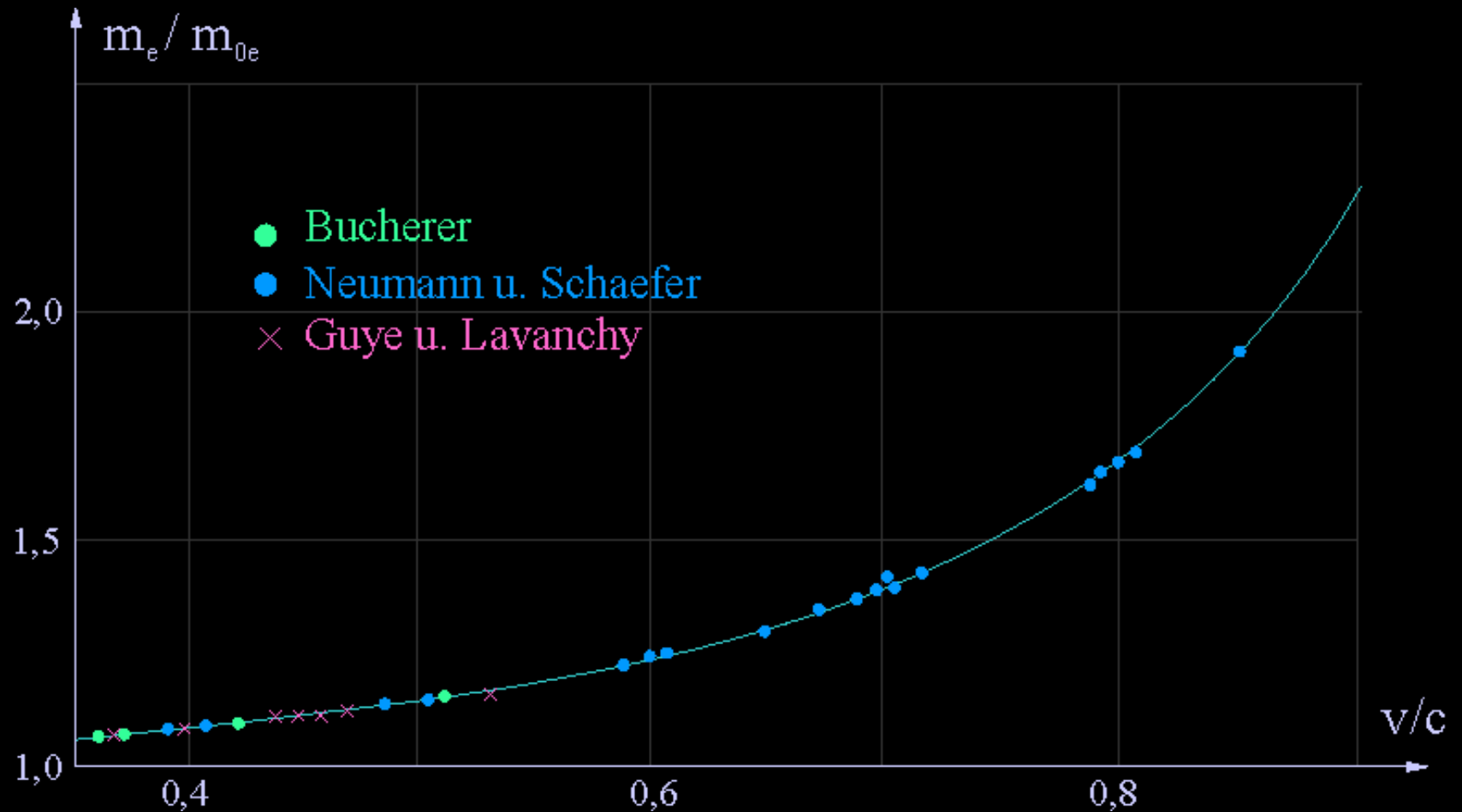
Hängt die träge Masse eines Elektrons von dessen Impuls
(Geschwindigkeit) ab?

Kathodenstrahlen: v bis $0.3c$

Beta-Strahlen: $v = 0.7c - 0.9c$ (Abhängig vom Isotop)

Ergebnis:

Da die Ladung konstant ist, muss die (Impuls-) Masse mit der Geschwindigkeit zunehmen



Masse – Energie - Äquivalenz

Energie und Massenänderung hängen untrennbar zusammen:

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

(Es handelt sich um eine Zuordnung. Sie darf nicht als Umwandlung von Masse in Energie und umgekehrt verstanden werden.)

Jedes physikalische System (Teilchen, Körper...) mit der Masse m_0 besitzt eine **Ruheenergie** $E_0 = m_0c^2$.

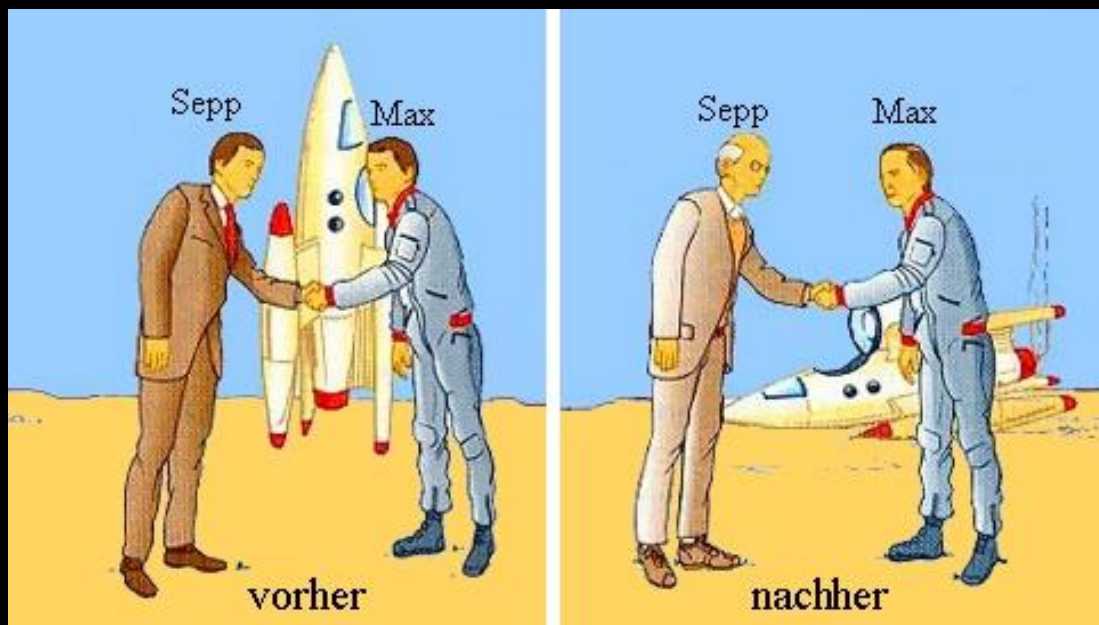
Die **Gesamtenergie** ist Ruheenergie + kinetische Energie: $E = E_0 + E_{kin}$

Beispiel: Massedefekt bei Kernfusion

$$E = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Das Zwillingsparadoxon

In einem **Gedankenexperiment** fliegt ein Zwilling mit nahezu Lichtgeschwindigkeit zu einem fernen Stern, während der andere Zwilling auf der Erde zurückbleibt. Anschließend kehrt der reisende Zwilling mit derselben Geschwindigkeit wieder zurück. Nach der Rückkehr auf der Erde stellt sich heraus, dass der dort zurückgebliebene Zwilling älter geworden ist als der gereiste - eine Folge der **Zeitdilatation**.



Problem:

Symmetrie des Problems

Man kann sowohl das Inertialsystem von Sepp als auch das Inertialsystem von Max als ruhend betrachten

Lösung des Problems:

Die Symmetrie wird dadurch gebrochen, dass der eine der Zwillinge erst eine Beschleunigungsphase durchmachen muss, um auf nahezu Lichtgeschwindigkeit zu kommen. Bei der Rückkehr muss er dagegen abbremsen (negative Beschleunigung), um sicher bei seinem Zwillingenbruder landen zu können. Und außerdem ist ein Richtungswechsel notwendig...

Die „Spezielle Relativitätstheorie“ gilt nur für Inertialsysteme (deshalb „speziell“). In beschleunigten Bezugssystemen ist sie nicht anwendbar.

Albert Einstein: Naturgesetze sollten aber in allen Bezugssystemen (d. h. auch beschleunigten) in gleicher Weise gelten. Oder anders ausgedrückt: Mathematisch sind Naturgesetze so zu formulieren, dass sie von einem gegebenen Bezugssystem unabhängig sind.



ALLGEMEINE RELATIVITÄTSTHEORIE