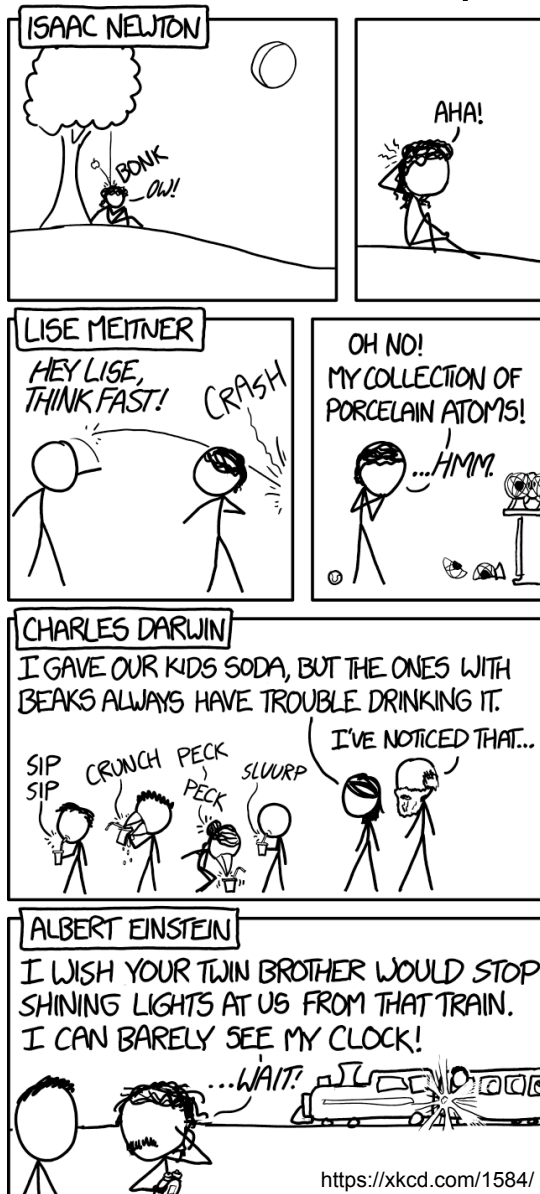


„The end of the world as we know it“

Physik 1 für Chemiker und Biologen Besprechung der 12. Vorlesung



Spezielle Relativitätstheorie:

- Lorentz-Transformation
- Zeitdilatation
- Längenkontraktion
- Impuls und Masse, relativistisch
- Kernspaltung und Kernfusion

Prof. Dr. Ralf Jungmann

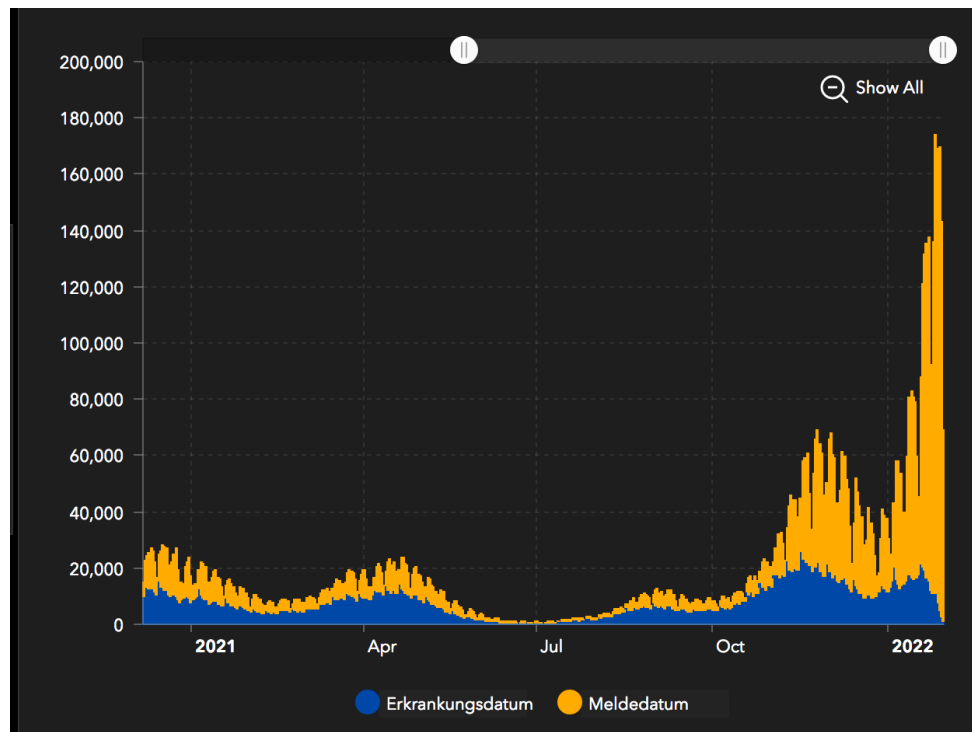
Jungmann@physik.lmu.de

Prof. Dr. Jan Lipfert

Jan.Lipfert@lmu.de

Administratives: Klausur

- **Klausurtermine:**
 1. Klausur: Mittwoch, 23.2.2022 von 13:00-15:00 Uhr
 2. Klausur: Montag, 11.4.2022 von 13:00-15:00 Uhr
- **Klausurformat:** Die Klausuren finden als "open book" Prüfung komplett online statt!
- **Gemeldete Corona-Infektionen pro Tag**



- Aktuelle Inzidenz in München: ~1700 pro Woche und 100.000 Einwohner

Quelle: RKI

Administratives: Klausur

- **Klausurtermine:**
 1. Klausur: Mittwoch, 23.2.2022 von 13:00-15:00 Uhr
 2. Klausur: Montag, 11.4.2022 von 13:00-15:00 Uhr
- **Klausurformat:** Die Klausuren finden als "open book" Prüfung komplett online statt!
 - Die Klausur wird als PDF Dokument mit Fragen im multiple choice Format auf der Moodle Seite des Kurses bei Klausurbeginn freigeschaltet.
 - Bitte bearbeiten Sie das Dokument ausschließlich mit dem **Adobe Reader**, den es kostenfrei für alle möglichen Betriebssysteme und Endgeräte gibt.
 - Speichern Sie die Klausur lokal mit dem Dateinamen „matrikelnummer_name.pdf“.
 - Bei Klausurende (voraussichtlich bis 15:30 Uhr) laden Sie die Datei im Moodle hoch.
 - Sie können bei der Bearbeitung alle Aufzeichnungen zum Kurs, Lehrbücher und auch das Internet verwenden, aber sich nicht mit anderen Personen austauschen.

Verständnisfrage: Galilei-Transformation 1

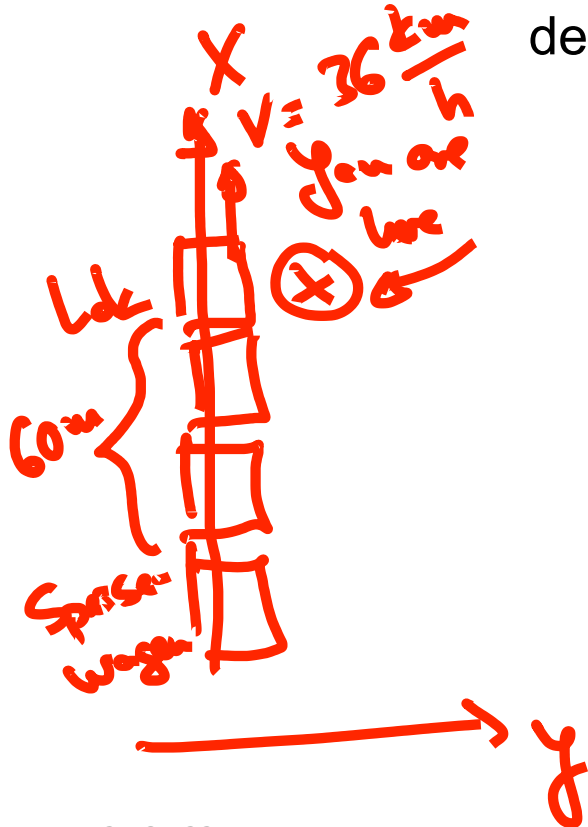


<https://de.wikipedia.org/wiki/Intercity-Express>

Sie stehen neben einer geraden Zugstrecke in x-Richtung, auf der ein Zug mit konstanter Geschwindigkeit von 36 km/h an Ihnen vorbeifährt.

Der Zeitpunkt, an dem die Lokomotive an Ihnen vorbeifährt, sei $t = 0$. Der Speisewagen befindet sich im Zug 60 m hinter der Lokomotive. Was ist die x-Position der Speisewagens in Ihrem Bezugssystem?

- A) 60 m
- B) -60 m
- C) $36 \text{ m/s} \cdot t$
- D) $10 \text{ m/s} \cdot t - 60 \text{ m}$ ✓
- E) $-10 \text{ m/s} \cdot t - 60 \text{ m}$



$$x = x' + v t'$$
$$= -60 \text{ m} + 10 \text{ m/s} \cdot t$$

$$t = t'$$

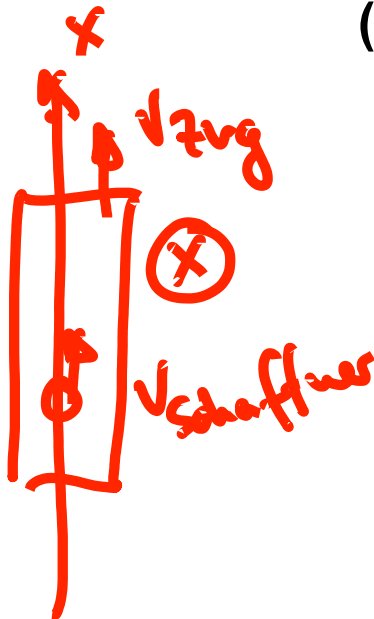
Verständnisfrage: Galilei-Transformation 2



<https://de.wikipedia.org/wiki/Intercity-Express>

Sie stehen neben einer geraden Zugstrecke in x-Richtung, auf der ein Zug mit konstanter Geschwindigkeit von 36 km/h an Ihnen vorbeifährt.

Der Zeitpunkt, an dem die Lokomotive an Ihnen vorbeifährt, sei $t = 0$. Ein Schaffner geht im Zug mit 3,6 km/h in Fahrtrichtung. Was ist seine Geschwindigkeit (in x-Richtung) in Ihrem Bezugssystem?



- A) 3,6 km/h
- B) 36 km/h
- C) 11 m/s ✓
- D) -11 m/s
- E) $10 \text{ m/s} \cdot t + 1 \text{ m/s}$

$$v_x = v_x' + v$$
$$= 1 \text{ m/s} + 10 \text{ m/s} = 11 \text{ m/s}$$

Verständnisfrage: Relativistische Transformation 1



<https://de.wikipedia.org/wiki/Intercity-Express>

Wie schnell müsste der Zug aus den letzten Aufgaben an Ihnen vorbeifahren, damit die relativistische Korrektur der Formel für die x-Position 1% ausmacht?

- A) 100 km/h
- B) 10.000 km/h
- C) 100 km/s
- D) $4 \cdot 10^7$ m/s ✓**
- E) $3 \cdot 10^8$ m/s

$$x = \gamma (x' + vt')$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 1,01$$

$$\Rightarrow \left(\frac{1}{1,01}\right)^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{1,01}\right)^2} c \approx 0,14c = 4,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

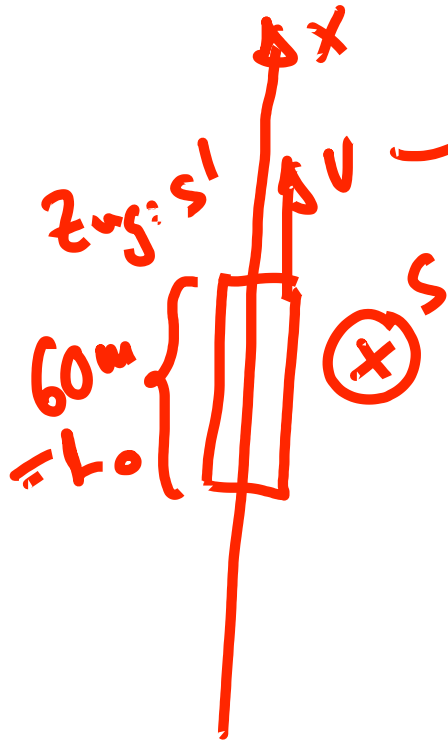
Verständnisfrage: Relativistische Transformation 2



<https://de.wikipedia.org/wiki/Intercity-Express>

Angenommen der Zug aus den letzten Aufgaben fährt an Ihnen mit 100.000 km/s vorbei. Wie weit wäre die Strecke von der Lokomotive zum Speisewagen, in Ihrem Bezugssystem? (Erinnerung: Im System des Zug beträgt der Abstand 60 m .)

- A) 60 m
- B) $56,6 \text{ m}$ ✓
- C) $63,7 \text{ m}$
- D) $49,0 \text{ m}$
- E) $73,5 \text{ m}$



$$v = 100\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}} \approx \frac{1}{3} \cdot c$$
$$L = \frac{L_0}{\gamma} = \frac{60 \text{ m}}{\frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{1}{3})^2}}} \approx \underline{\underline{56,6 \text{ m}}}$$
$$\gamma \approx 1,061$$

Frage: Kernfusion

Wie wird die Fusionsreaktion in einer Wasserstoffbombe „gezündet“?

- A) Mit hochexplosivem **Sprengstoff**
- B) Mit einem **elektromagnetischen Puls**
- C) Mit **Lasern**
- D) Mit einer **Atombombe**



https://en.wikipedia.org/wiki/Ivy_Mike

„Ivy Mike“ Test der
1. Wasserstoffbombe
(1. November 1952)

Frage: Kernfusion

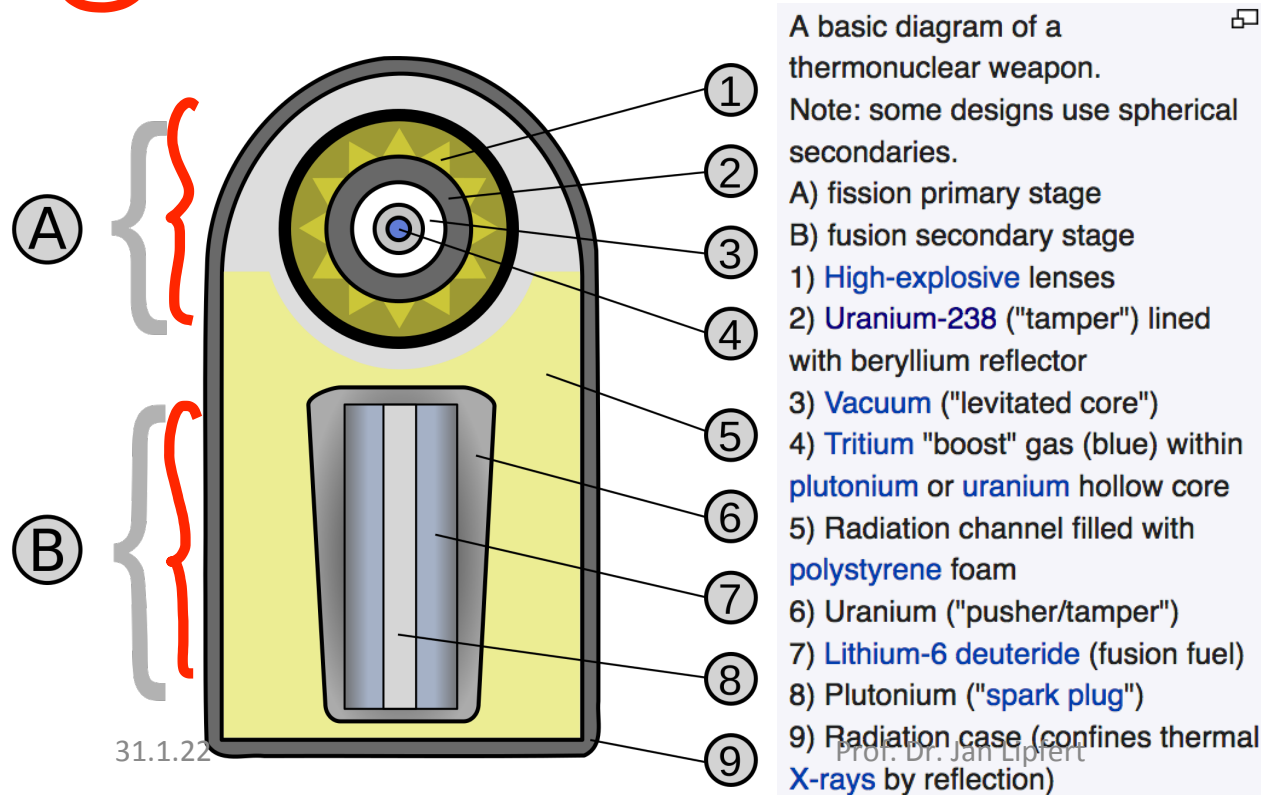
Wie wird die Fusionsreaktion in einer Wasserstoffbombe „gezündet“?

- A) Mit hochexplosivem **Sprengstoff**
- B) Mit einem **elektromagnetischen Puls**
- C) Mit **Lasern**
- D) Mit einer Atombombe**



https://en.wikipedia.org/wiki/Ivy_Mike

„Ivy Mike“ Test der
1. Wasserstoffbombe
(1. November 1952)



Frage: Energiegehalt

Was ist das Verhältnis des Energiegehalts bei vollständiger Verbrennung bzw. Spaltung von Uran zu Steinkohle?

- A) 1
- B) 3
- C) 300
- D) 3,000
- E) 3,000,000



<https://de.wikipedia.org/wiki/Kernkraftwerk>

Atomkraftwerk
(Grafenrheinfeld)

Frage: Energiegehalt

Was ist das Verhältnis des Energiegehalts bei vollständiger Verbrennung bzw. Spaltung von Uran zu Steinkohle?

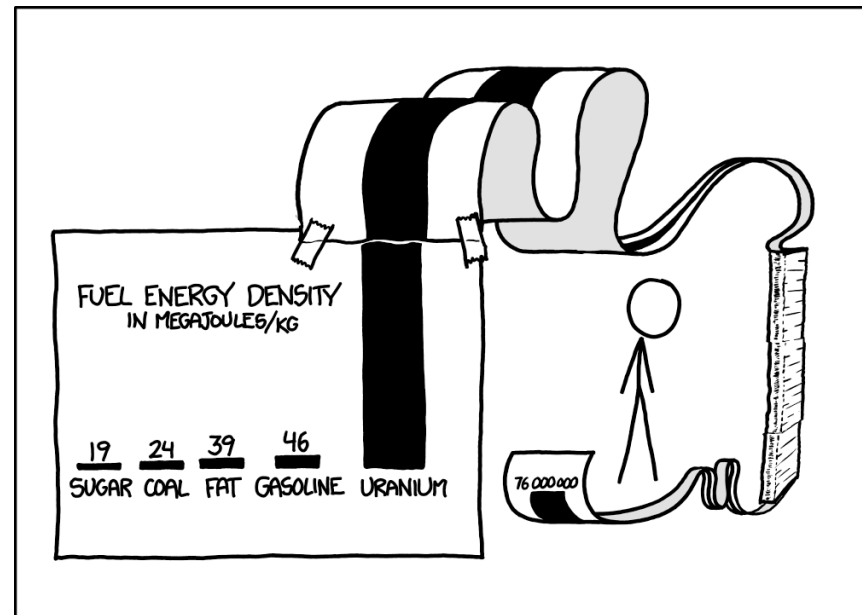
- A) 1
- B) 3
- C) 300
- D) 3,000
- E) 3,000,000**

Kernprozesse \sim MeV
Prozesse der Elek. Netze \sim eV



<https://de.wikipedia.org/wiki/Kernkraftwerk>

Atomkraftwerk
(Grafenrheinfeld)



SCIENCE TIP: LOG SCALES ARE FOR QUITTERS WHO CAN'T FIND ENOUGH PAPER TO MAKE THEIR POINT PROPERLY.

Zusammenfassung: Einsteins Postulate und Lorentz-Transformation

Einsteins Postulate:

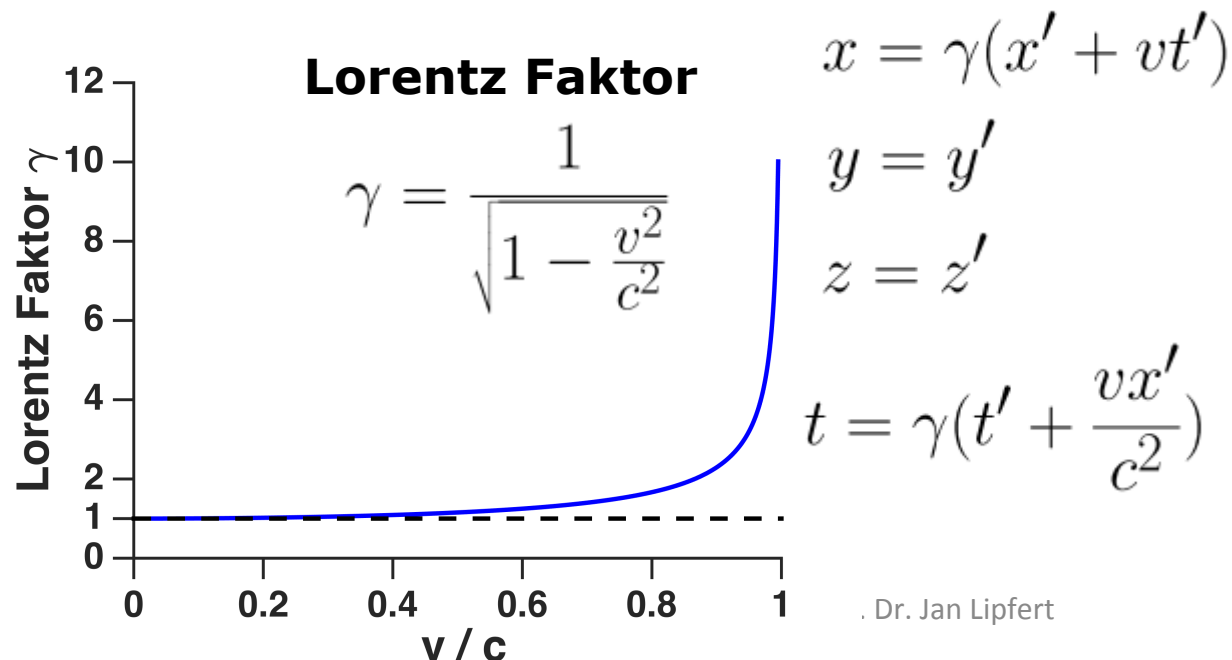
1. Die Naturgesetze sind invariant, d.h. die sind in allen Inertialsystemen gleich.
2. Jeder Beobachter misst für die Lichtgeschwindigkeit c im Vakuum denselben Wert.



http://adfc-blog.de/2014/01/tempo-30/beginn_der_zone_30/

Lorentz-Transformation

(S und S' bewegend sich relativ entlang x)



Zusammenfassung: Effekte der Speziellen Relativitätstheorie

- **Längenkontraktion**

L_0 *Eigenlänge (= Länge eines Objektes, in dem es in Ruhe ist)*

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

- **Zeitdilatation**

Δt_0 *Eigenzeit (= Zeit im Inertialsystem, in dem die „Uhr in Ruhe ist“)*

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

- **Relativistischer Impuls:** $p = \gamma m_0 v$

- **Relativistische Masse** $m = \gamma m_0$
und Energie:

$$E_{\text{ges}} = \gamma m_0 c^2$$