

# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*EVA - Konzepte der speziellen Relativitätstheorie*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](https://www.school-scout.de)



---

## KOMPETENZPROFIL

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Klassenstufe:</b> | 11, 12   |
| <b>Dauer:</b>        | 8–10 Unterrichtsstunden  |
| <b>Kompetenzen:</b>  | Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz   |
| <b>Methoden:</b>     | Übung, Brainstorming, Diskussion, Kooperatives Lernen, Recherche                                     |
| <b>Inhalt:</b>       | Spezielle Relativitätstheorie, Längenkontraktion, Zeitdilatation, Superposition, Einsteins Postulate |

---

## Didaktisch-methodische Hinweise

### Lernvoraussetzungen:

Die Heranwachsenden kennen den Begriff Bezugssystem und können gleichförmige, beschleunigte und rotierende Bewegungen voneinander unterscheiden. Sie haben sich bereits mit dem freien Fall, waagerechten Wurf- und Kreisbewegungen auseinandergesetzt. Ihre Klasse kann mit Gleichungen umgehen, diese nach bestimmten Variablen umstellen und im Sachzusammenhang interpretieren.

### Methodische Hinweise:

Die Materialien erarbeiten sich die Jugendlichen selbständig in Kleingruppen und präsentieren ihre Ergebnisse schrittweise (z. B. nach jedem Material) vor der Klasse. Auch von den Schülerinnen und Schülern neu entwickelte Fragestellungen und Lösungsansätze sind ausdrücklich erwünscht. Betonen Sie vor der Bearbeitung, dass der Einsatz von digitalen Endgeräten zur Recherche erlaubt ist.

Die Klasse diskutiert und vergleicht nach den Vorträgen die verschiedenen Denk- und Lösungsansätze. Sie als Lehrkraft übernehmen während dieser Arbeitsphasen lediglich eine moderierende Rolle. Zum Abschluss jedes Materials ziehen Sie die Lösung heran, tragen diese vor oder teilen sie aus.

### Zusatzmaterialien

Sie finden alle Grafiken auch zum Download. Außerdem finden Sie in Ihrem Downloadbereich auch eine PowerPoint Präsentation, die Sie zur Gestaltung Ihres Unterrichts nutzen können. Sie können einige der Aufgaben auch interaktiv in der LearningApp zur Verfügung stellen. Sie finden an den entsprechenden Aufgaben einen QR-Code und Link. Beachten Sie, dass die Lernenden bei der Bearbeitung der interaktiven Materialien direkt Feedback zu ihrer Lösung erhalten.



## Aufgaben (M 1)

1. **Entscheiden** Sie, welche **Bezugssysteme** (fett geschrieben) Inertialsysteme bezüglich der Erde sind. Nehmen Sie dabei die Erde als Inertialsystem an.
  - a) Ein **Zug** fährt mit konstanter Geschwindigkeit geradlinig an einem Bahnübergang vorbei.
  - b) In einem anfahrenden **Aufzug** steht eine Frau.
  - c) Eine Motorradfahrerin durchfährt mit ihrem **Motorrad** eine Kurve.
  - d) In einem bremsenden **Lkw** sitzen drei Männer.
  - e) Ein **Auto** fährt mit gleichbleibendem Geschwindigkeitsbetrag im Kreisverkehr.
  - f) Eine **Kiste** mit einem Ball im Inneren wird senkrecht nach oben geworfen.
  - g) Eine Familie fährt in einer **Gondel** Riesenrad.
  - h) In einem **Zimmer** fällt ein Buch aus einem Regal.
  - i) Ein Ball wird auf einem **Fußballfeld** geradlinig Richtung Tor geschossen.
  - j) In einer ruhenden **Schachtel** läuft eine Ameise in Schlangenlinien.
  - k) Auf einem in einem Kreis galoppierenden **Pferd** turnt eine Voltgiererin einen Handstand.



Alternativ online bearbeiten: <https://raabe.click/phy-inertialsysteme>

2. **Entscheiden** Sie, welche **Bezugssysteme** (fett geschrieben) Inertialsysteme bezüglich des angegebenen Bezugssystems (kursiv) sind. Nehmen Sie dabei die Erde als Inertialsystem an.
  - a) In einem anfahrenden *Zug* rollt ein **Kinderwagen** mit konstanter Geschwindigkeit geradeaus.
  - b) In einem mit gleichbleibender Geschwindigkeit fahrenden *Aufzug* hüpfet ein **Mann** senkrecht nach oben.
  - c) In einem *Flugzeug*, das sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit geradlinig fortbewegt, beschleunigt ein Steward einen **Flugzeug-Trolley**.
  - d) Ein **Kind** läuft mit konstanter Geschwindigkeit geradeaus in einem *Zug*, der geradlinig an einem Bahnhof anfährt.



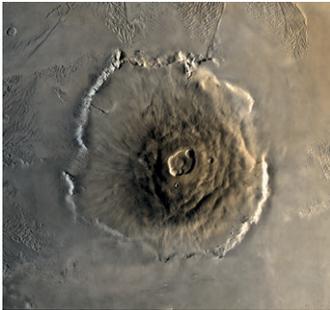
Alternativ online bearbeiten: <https://raabe.click/phy-inertialsysteme2>

3. **Beschreiben** Sie die Bewegung eines sitzenden Kindes in einem Zug, der mit konstanter Geschwindigkeit geradeaus unterwegs ist, relativ zu den **Bezugssystemen**.
  - a) Ein **Gleisarbeiter**, der hinter dem Zug auf den Gleisen steht.
  - b) Ein **Lkw**, der gleichauf neben dem Zug mitfährt.
  - c) Eine **Maus** auf den Gleisen vor dem Zug.
  - d) Eine **Frau**, die im Zug am Kind vorbeigeht.
  - e) Ein **Jugendlicher**, der neben dem Kind sitzt.
  - f) Ein **Auto**, das geradlinig neben dem Zug beschleunigt.
  - g) Ein unbewegter **Astronaut** im Weltall (falls er den Zug erkennen könnte).

## M 5 Längenkontraktion

Es wird noch unglaublicher. Nachdem Sie jetzt wissen, dass es nicht die „eine“ Zeit gibt, folgt schon die nächste Überraschung: Auch Längen sind nicht immer gleich, sondern hängen ebenfalls vom Bezugssystem ab. Diese Längenkontraktion („Zusammenziehen“) findet stets nur in Bewegungsrichtung statt.

### Gedankenexperiment: Flug zum Mars



© Wikipedia/NASA

In 150 Jahren fliegen die Menschen zum ersten Mal auf den rund  $3 \cdot 10^8$  km weit entfernten Mars. (Von der Erde aus gemessen). Das Raumschiff bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von  $v = 0,6 \cdot c$  geradlinig und gleichförmig auf den Mars zu.

Von der Erde aus berechnen Wissenschaftler die Geschwindigkeit des Raumschiffs mit  $v = \frac{\Delta s_E}{\Delta t_E}$ .

Die Personen im Raumschiff berechnen die gleiche Geschwindigkeit  $v$  auf der Grundlage ihrer eigenen Messergebnisse mit  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ .

### Aufgaben (M 5)

1. **Setzen** Sie die Formeln für die Geschwindigkeiten **gleich** und **lösen** Sie nach der Streckenlänge aus der Sicht der Astronautinnen bzw. Astronauten  $\Delta s$  **auf**.
2. **Setzen** Sie die gewonnene Formel aus M 4 für die Zeitdilatation für die Zeitspanne aus der Sicht der Personen des Raumschiffs  $\Delta t$  ein. **Vereinfachen** Sie den Term so weit wie möglich.
3. **Berechnen** Sie mit der Formel aus 2., wie sich die Strecke Erde-Mars für die Personen im Raumschiff bzw. bezüglich des Bezugssystems Raumschiff verändert.
4. **Leiten** Sie aus den Ergebnissen eine leicht verständliche Regel **ab**, die angibt, wie sich Strecken bezüglich bewegter Bezugssysteme verändern.
5. **Beschreiben** Sie kurz, welche Beobachtungen Romy bzw. Mustafa aus dem Gedankenexperiment M 4 machen würden, wenn sich das Photon in der Lichtuhr statt senkrecht zum Zug parallel zum Zug bewegen würde.

$$\Delta t_M = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{30^2}{(3 \cdot 10^8)^2}}} = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{9 \cdot 10^2}{9 \cdot 10^{16}}}} = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{1}{\underbrace{10^{14}}_{\approx 0}}}}} \approx \frac{\Delta t}{\sqrt{1}} = \Delta t$$

In diesem Beispiel spielt die Zeitdilatation keine Rolle. Der Bruch  $\frac{v^2}{c^2}$  ist so klein, weil die Lichtgeschwindigkeit  $c$  im Vergleich zur Geschwindigkeit  $v$  des Zuges um Größenordnungen schneller ist.

9. Die Satelliten bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von  $v = 3,9 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ,  $\Delta t$  entspricht der Satellitenzeit (bewegtes Bezugssystem) und  $\Delta t_M$  in diesem Fall der Erdenzeit bzw. der Zeitspanne auf der Erde. Einsetzen von  $v = 3,9 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 3,9 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  und  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  liefert:

$$\begin{aligned} \Delta t_M &= \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{(3,9 \cdot 10^3)^2}{(3 \cdot 10^8)^2}}} \\ &= \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{3,9^2 \cdot 10^6}{9 \cdot 10^{16}}}} \\ &= \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{0,43}{10^{10}}}} \end{aligned}$$

Ein Jahr hat  $60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \text{ s} = 31\,536\,000 \text{ s}$ , daher setzt man diesen Wert für  $\Delta t_M$ , also die Zeitspanne auf der Erde ein:

$$\begin{aligned} 31\,536\,000 &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{0,43}{10^{10}}}} \cdot \Delta t \\ 31\,536\,000 \cdot \sqrt{1 - \frac{0,43}{10^{10}}} &= \Delta t \\ 31\,535\,999,9993167\dots &= \Delta t. \end{aligned}$$

Auf dem bewegten Satelliten vergeht die Zeit also um etwa  $0,00068328 \text{ s}$  langsamer. Das sind ungefähr  $0,68 \text{ Millisekunden}$  oder  $68 \text{ Mikrosekunden}$ .

# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*EVA - Konzepte der speziellen Relativitätstheorie*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](https://www.school-scout.de)

