

Thomas Weatherby

Theo III: 4. Vierer Vektoren und Rapidität



11. November 2025

1

Verständnischeck

1. **Zeichne** frei Hand am Minkowski-Diagramm:
 - a. Lichtkegel
 - b. ruhende Weltlinie
 - c. Weltlinie für $\beta = 0,75$
2. Richtig oder Falsch? „Ob zwei raumartig getrennte Ereignisse gleichzeitig sind, hängt vom Bezugssystem ab.“
 - a. **Erkläre** diese Aussage am Minkowski Diagramm.
3. **Markiere** am Minkowski-Diagramm, eine $t' = \text{konstant}$ -Linie.
 - a. Was liest man daran ab?



11. November 2025

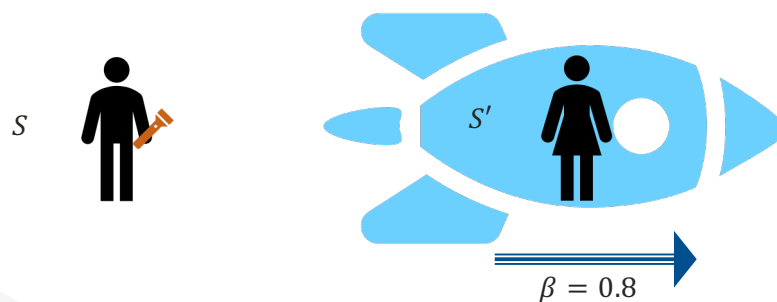
Theo III: 4. Vierer Vektoren und Rapidität

2

2

Wiederholung

1. **Zeichne** das Koordinatensystem für S' aus dem Bezugssystem S .
 2. **Zeichne** das Koordinatensystem für S aus dem Bezugssystem S' .
- **Erkläre** jeweils die wichtigsten Eigenschaften von den Skizzen.



11. November 2025

Theo III: 12. Vierer Vektoren und Rapidität

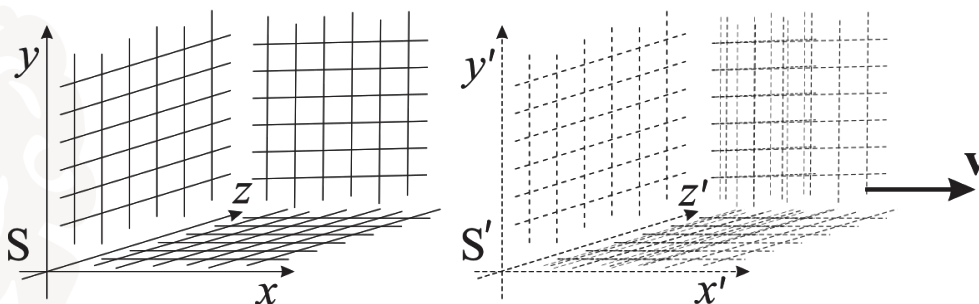
3

3

Bezugssystemwechsel formalisiert: Galilei-Transformation

$$\begin{aligned}
 t' &= t, \\
 x' &= x - vt, \\
 y' &= y, \\
 z' &= z.
 \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} t' \\ x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -v & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$



Abbildungen von A. Steane und geändert

11. November 2025

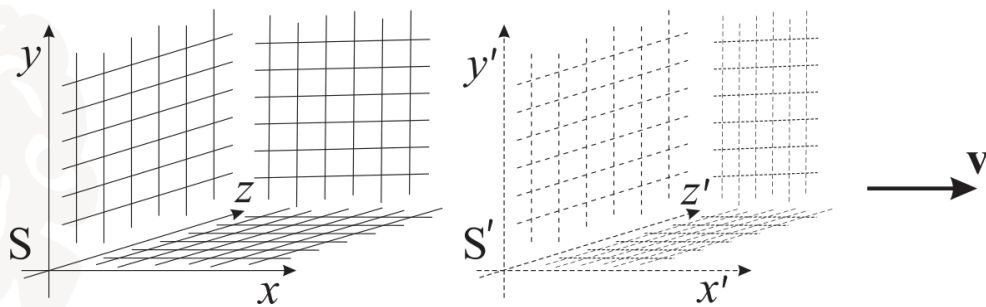
Theo III: 4. Vierer Vektoren und Rapidität

6

6

Bezugssystemwechsel formalisiert: Lorentz-Transformation

$$\begin{aligned}
 ct' &= \gamma(ct - \beta x), \\
 x' &= \gamma(x - \beta ct), \\
 y' &= y, \\
 z' &= z.
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{pmatrix} ct' \\ x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\beta & 0 & 0 \\ -\gamma\beta & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ct \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$



Abbildungen von A. Steane und geändert

11. November 2025

Theo III: 4. Vierer Vektoren und Rapidität

7

Andere Vierervektoren

symbol	definition	components	name(s)	invariant
$\rightarrow X$	X	$(ct, \mathbf{r})$	4-displacement, interval	$-c^2\tau^2$
U	$dX/d\tau$	$(\gamma c, \gamma \mathbf{u})$	4-velocity	$-c^2$
$\rightarrow P$	$m_0 U$	$(E/c, \mathbf{p})$	energy-momentum, 4-momentum	$-m_0^2 c^2$
F	$dP/d\tau$	$(\gamma W/c, \gamma \mathbf{f})$	4-force, work-force	
J	$\rho_0 U$	$(c\rho, \mathbf{j})$	4-current density	$-c^2\rho_0^2$
A	A	$(\varphi/c, \mathbf{A})$	4-vector potential	
A	$dU/d\tau$	$\gamma(\dot{\gamma}c, \dot{\gamma}\mathbf{u} + \gamma\mathbf{a})$	4-acceleration	a_0^2
K	$\square\phi$	$(\omega/c, \mathbf{k})$	wave vector	

Tabelle von A. Steane

11. November 2025

Theo III: 12. Vierer Vektoren und Rapidität

8

Minkowski-Norm

Mathematiker*innen und Generelle Relativitätsforscher*innen :

$$\chi' \cdot \chi = \chi'^T g \chi = (ct' \quad x' \quad y' \quad z') \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ct \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Teilchen Physiker*innen:

$$\chi' \cdot \chi = \chi'^T g \chi = (ct' \quad x' \quad y' \quad z') \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ct \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$