

# Formelsammlung

## Physik IV

<Marco.Moeller@macrolab.de>

Stand: 27.04.2006 - Version: 0.0.3

ERHÄLTlich UNTER [HTTP://PRIVAT.MACROLAB.DE](http://privat.macrolab.de)

Diese Formelsammlung basiert auf der Vorlesung "Physik IV" von Prof. Dr. Thomas Walther an der Technischen Universität Darmstadt im Sommersemester 2006.

Die folgende Formelsammlung steht zum kostenlosen Download zur Verfügung. Das Urheberrecht und sonstige Rechte an dem Text verbleiben beim Verfasser, der keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte übernehmen kann.

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Relativitätstheorie</b>	<b>1</b>
1.1	Zeitdilatation . . . . .	1
1.2	Kineamtik . . . . .	1
1.2.1	Gallileotransformation . . . . .	1
1.2.2	Minkowsky Diagramm . . . . .	1
1.2.3	Lorenztransformation . . . . .	1
1.2.4	Längenkontraktion . . . . .	2
1.2.5	Lichtkegel, Zukunft, Gegenwart, Vergangenheit . . . . .	2
1.3	Doppler Effekt . . . . .	2
1.3.1	Bewegte Quelle / Empfänger . . . . .	2
1.3.2	Geschwindigkeitsaddition . . . . .	2
1.4	Dynamik . . . . .	2
1.4.1	nicht relativistisch . . . . .	2
1.4.2	Weltlinien . . . . .	2
1.4.3	Vierervektoren . . . . .	2
1.4.4	Masse . . . . .	2
1.4.5	Energie . . . . .	2
1.4.6	Impuls . . . . .	2
1.5	Transformation elektrischer und magnetischer Felder . . . . .	2

## 1 Relativitätstheorie

### 1.1 Zeitdilatation

$$t = t_r \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

### 1.2 Kineamtik

#### 1.2.1 Gallileotransformation

ruhendes Bezugssystem  $t, x, y, z$

bewegtes Bezugssystem  $v_x t', x', y', z'$

#### 1 transformation

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

#### 1.2.2 Minkowsky Diagramm

Ist ein  $x, t$  Diagramm in dem Orte und Zeiten eines Objektes eingetragen werden.

**Transformation** wird durch Neigung der Achsen um den Winkel  $\tan \theta = \frac{v}{c}$ . Auf diese Neuen Achsen wird dann entsprechend (schief) projiziert

#### 1.2.3 Lorenztransformation

$$\begin{aligned} t' &= k \left( t - \frac{v}{c^2} x \right) \\ x' &= k (x - vt) \\ y' &= y \\ z' &= z \end{aligned}$$

• mit  $k = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$

• ruhendes Bezugssystem  $t, x, y, z$

• bewegtes Bezugssystem  $t', x', y', z'$

• bei Bewegung in  $x$  Richtung mit Geschwindigkeit  $v$

### 1.2.4 Längenkontraktion

$$l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

### 1.2.5 Lichtkegel, Zukunft, Gegenwart, Vergangenheit

- Ein Signal kann ein anderes nur dann beeinflussen, wenn es in dessen Lichtkegel liegt.
- Signale können sich nur mit  $v < c$  bewegen, sonst: Problem mit der Kausalität

## 1.3 Doppler Effekt

### 1.3.1 Bewegte Quelle / Empfänger

$$T' = T \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$$

- ist durch Berücksichtigung der Zeitdilatation für Bewegte Quelle / Empfänge gleich!!

### 1.3.2 Geschwindigkeitsaddition

- System  $I'$   $x$ -Richtung  $u'$
- System  $I'$   $y$ -Richtung  $w'$
- System  $I'$  relativ zu  $I$ :  $v$  (in  $x$ -Richtung)
- in  $I$ :

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{u'v}{c^2}}$$

$$w = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}{1 + \frac{u'v}{c^2}}$$

## 1.4 Dynamik

### 1.4.1 nicht relativistisch

- $dl = \sqrt{dx^2 + dy^2}$
- $l$  ist invariant gegen die Wahl des Koordinatensystems

### 1.4.2 Weltlinien

- mitbewegte Uhr auf Objekt misst Eigenzeit  $dt'$
- $ds = dt' \Rightarrow$  Länge der Weltlinie
- $ds = dt \sqrt{1 - \left(\frac{v'}{c}\right)^2}$
- $s = \int ds = \int dt \sqrt{1 - \left(\frac{v'}{c}\right)^2}$
- $ds^2 = dt^2 - \frac{d\vec{x}^2}{c^2}$
- $ds$ : Eigenzeit, Zeit für das Objekt während es von  $a \rightarrow b$  auf einer Weltlinie ist

### 1.4.3 Vierervektoren

$$\vec{X} = \begin{pmatrix} ct \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

- Besonderes Skalarprodukt

$$\vec{X}_1 \vec{X}_2 = c^2 t_1 t_2 - x_1 x_2 - y_1 y_2 - z_1 z_2$$

- Hiermit

$$ds^2 = \frac{d\vec{X}^2}{c^2}$$

- Geschwindigkeit  $\vec{V} = \frac{d}{ds} \vec{X}$   
Beschleunigung  $\vec{A} = \frac{d^2}{ds^2} \vec{X}$

- Für  $v \ll c$   
 $\vec{V} = (c, \vec{v})$   
 $\vec{A} = (0, \vec{a})$

### 1.4.4 Masse

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

### 1.4.5 Energie

- $E = mc^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} c^2$
- Ruheenergie  
 $E_{ruhe} = m_0 c^2$
- für  $v \ll c$  gilt  $E - E_{ruhe} = \frac{1}{2} m_0 v^2$

### 1.4.6 Impuls

$$\vec{P} = m \frac{d}{ds} \vec{X}$$

$$= \left( \frac{E}{c}, m\vec{v} \right)$$

## 1.5 Transformation elektrischer und magnetischer Felder

- Elektromagnetische Kraft  
 $\vec{F} = q \left( \vec{E} + \vec{u} \times \vec{B} \right)$
- $\vec{u}$  Bewegung (3-dim) des Teilchens im System  $I$
- $q$  sind Lorentzinvariant

$$E'_x = E_x$$

$$E'_y = k(E_y - vB_z)$$

$$E'_z = k(E_z + vB_y)$$

$$B'_x = B_x$$

$$B'_y = k\left(B_y + \frac{v}{c^2} E_z\right)$$

$$B'_z = k\left(B_z - \frac{v}{c^2} E_y\right)$$

# Index

Beschleunigung, 2

Doppler Effekt, 2

Dynamik, 2

Eigenzeit, 2

Elektromagnetische Kraft, 2

Energie, 2

Gegenwart, 2

Geschwindigkeit, 2

Geschwindigkeitsaddition, 2

Impuls, 2

Längenkontraktion, 2

Lichtkegel, 2

Lorenztransformation, 1

Masse, 2

Minkowsky Diagramm, 1

Relativitätstheorie, 1

Ruheenergie, 2

Vergangenheit, 2

Vierervektoren, 2

Weltlinien, 2

Zeitdilatation, 1

Zukunft, 2