

# Physik–Formelsammlung

Version 1.01

Michael „Serpdon“ Walz

Schuljahr 2003/2004 & 2004/2005

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Elektrische Felder</b>	<b>1</b>
1.1	elektrische Feldstärke $E$	1
1.2	Potenzial $\varphi$ :	1
1.3	Spannung $U$	1
1.4	Flächenladungsdichte $\sigma$	1
1.5	Kapazität $C$	2
1.6	Ersatzkapazität von Kondensatoren	2
1.6.1	Parallelschaltung	2
1.6.2	Reihenschaltung	2
1.7	Energie $W$	2
1.8	Energiedichte $\rho_{\text{el}}$	2
1.9	Das Radialfeld	2
<b>2</b>	<b>Magnetische Felder</b>	<b>3</b>
2.1	Magnetische Flussdichte $B$	3
2.2	Kraft $F$	3
2.3	Magnetische Feldstärke $H$	3
2.4	Energie $W$	3
<b>3</b>	<b>Elektromagnetische Induktion</b>	<b>4</b>
3.1	Magnetischer Fluss $\Phi$	4
3.2	Eigeninduktivität $L$	4
3.3	Induktionsspannung $U_{\text{ind}}$	4
3.4	Energie $W$	4
<b>4</b>	<b>Wechselspannung</b>	<b>5</b>
4.1	Effektivspannung $U_{\text{eff}}$	5
4.2	kapazitiver Blindwiderstand $X_C$	5
4.3	induktiver Blindwiderstand $X_L$	5
4.4	Scheinwiderstand $Z$	5
4.5	Wirkleistung $\bar{P}$	5
4.6	Unbelasteter Transformator	5
4.7	Belasteter Transformator	5
<b>5</b>	<b>Mechanische Schwingungen</b>	<b>6</b>
5.1	Lineares Kraftgesetz für harmonische Schwingung	6
5.2	Periodendauer $T$	6
5.3	Schwingungsgesetze	6
5.4	Energien	6
5.5	Erzwungene Schwingung mit $f > f_0$	6

<b>6</b>	<b>Mechanische Wellen</b>	<b>7</b>
6.1	Ausbreitungsgeschwindigkeit $c$ von Wellen . . . . .	7
6.2	Gangunterschied $d$ (auch $\delta$ ) . . . . .	7
6.3	Schallstärke $I$ . . . . .	7
6.4	Schallstärkepegel in $dB$ bzw. <i>phon</i> . . . . .	7
6.5	Reflexionsgesetz . . . . .	7
6.6	Brechungsgesetz . . . . .	8
6.7	Dopplereffekt (Quelle bewegt — Empfänger in Ruhe) . . . . .	8
6.8	Dopplereffekt (Quelle in Ruhe — Empfänger bewegt) . . . . .	8
<b>7</b>	<b>Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</b>	<b>9</b>
7.1	Periodendauer $T$ . . . . .	9
7.2	Schwingungsgesetze . . . . .	9
7.3	Geschwindigkeit $c$ einer elektromagnetischen Welle . . . . .	9
7.4	Brechungszahl $n$ . . . . .	9
7.5	Wellenlänge $\lambda$ in Materie . . . . .	9
7.6	Doppelspalt, Mehrfachspalt, Gitter . . . . .	9
7.7	Einfachspalt . . . . .	10
7.8	Intensität $I$ . . . . .	10
7.9	Maxima bei der Bragg-Reflexion . . . . .	10
<b>8</b>	<b>Quantenphysik</b>	<b>11</b>
8.1	Energie von Photonen . . . . .	11
8.2	Strahlungsleistung $P$ . . . . .	11
8.3	Bestrahlungsstärke $S$ . . . . .	11
8.4	Spezielle Relativitätstheorie . . . . .	11
8.5	Abhängigkeit von Wellenlänge $\lambda$ und Impuls $p$ . . . . .	11
8.6	Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation . . . . .	11

Alle Formeln, die mit dem Symbol  $\diamond$  bezeichnet sind, stehen in der Formelsammlung Mathematik von Krank und Sewerin vom Verlag wittwer.

Alle Formeln, die mit dem Symbol  $\star$  bezeichnet wurden, gehören zu den Wahlthemen der 4-stündigen Physik in Baden-Württemberg und sollten deshalb im Abitur nicht dran kommen können. (Oder es gibt andere Gründe, warum sie nicht dran kommen sollten.)

# 1 Elektrische Felder

## 1.1 elektrische Feldstärke $E$

$$\diamond E = \frac{F}{q} \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{C}}\right] = \frac{[\text{N}]}{[\text{C}]}$$

$$\diamond E = \frac{U}{d} \quad \left[\frac{\text{V}}{\text{m}}\right] = \frac{[\text{V}]}{[\text{m}]}$$

$\diamond q$ : Probeladung

•  $d$ : Abstand zwischen den Platten

$\diamond F$ : Kraft

$\diamond U$ : Spannung

## 1.2 Potenzial $\varphi$ :

$$\bullet \varphi = \frac{W}{q} \quad [\text{V}] = \frac{[\text{J}]}{[\text{C}]}$$

•  $W$ : Arbeit, Energie

## 1.3 Spannung $U$

$$\bullet U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 \quad [\text{V}] = [\text{V}] - [\text{V}]$$

$$\bullet U_{12} = \int_1^2 E \cdot ds$$

## 1.4 Flächenladungsdichte $\sigma$

$$\bullet \sigma = \frac{Q}{A} \quad \left[\frac{\text{C}}{\text{m}^2}\right] = \frac{[\text{C}]}{[\text{m}^2]}$$

$$\bullet \sigma = \varepsilon_0 \cdot E \quad \left[\frac{\text{C}}{\text{m}^2}\right] = \left[\frac{\text{C}}{\text{Vm}}\right] \cdot \left[\frac{\text{V}}{\text{m}}\right]$$

$\diamond Q$ : Ladung

$\diamond A$ : Fläche (des Kondensators)

$\diamond \varepsilon_0$ : elektrische Feldkonstante:  $\varepsilon_0 = 8,855419 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{Vm}}$

## 1.5 Kapazität $C$

$$\diamond C = \frac{Q}{U} \quad [F] = \frac{[C]}{[V]}$$

$$\bullet C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d} \quad [F] = \left[ \frac{C}{Vm} \right] \cdot [1] \cdot \frac{[m^2]}{[m]}$$

- $\varepsilon_r$ : Dielektrizitätszahl ( $\varepsilon_r \geq 1$ )

## 1.6 Ersatzkapazität von Kondensatoren

### 1.6.1 Parallelschaltung

$$\star C_{\text{Ers}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

### 1.6.2 Reihenschaltung

$$\star \frac{1}{C_{\text{Ers}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

## 1.7 Energie $W$

$$\bullet W = \frac{1}{2} CU^2 \quad [J] = [1] \cdot \left[ \frac{C}{V} \right] \cdot [V]^2$$

$$\bullet W = \rho_{\text{el}} \cdot V \quad [J] = \left[ \frac{J}{m^3} \right] \cdot [m^3]$$

- $\rho_{\text{el}}$ : Energiedichte

## 1.8 Energiedichte $\rho_{\text{el}}$

$$\bullet \rho_{\text{el}} = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot E^2 \quad \left[ \frac{J}{m^3} \right] = [1] \cdot \left[ \frac{C}{Vm} \right] \cdot [1] \cdot \left[ \frac{V}{m} \right]^2$$

## 1.9 Das Radialfeld

$$\star E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \quad \left[ \frac{V}{m} \right] = \frac{[1]}{[1][1] \left[ \frac{C}{Vm} \right]} \cdot \frac{[C]}{[m]^2}$$

- $r$ : Abstand zum Ladungsmittelpunkt

## 2 Magnetische Felder

### 2.1 Magnetische Flussdichte $B$

- $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n}{l} \cdot I_{\text{err}}$      $[\text{T}] = \left[\frac{\text{Tm}}{\text{A}}\right] \cdot [1] \cdot \left[\frac{[1]}{\text{m}}\right] \cdot [\text{A}]$
- ◇  $B$ : Magnetische Flussdichte     $[\text{T}] = \left[\frac{\text{N}}{\text{Am}}\right]$
- ◇  $\mu_0$ : magnetische Feldkonstante:  $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}$
- $\mu_r$ : Permeabilitätszahl ( $\mu_r \geq 1$ )
- $\frac{n}{l}$ : Windungsdichte (Windungen pro Strecke)
- $I_{\text{err}}$ : Erregerstrom

### 2.2 Kraft $F$

- ◇  $F = B \cdot I \cdot s$      $[\text{N}] = [\text{T}] \cdot [\text{A}] \cdot [\text{m}]$
- $F_L = B \cdot e \cdot v_s$      $[\text{N}] = [\text{T}] \cdot [\text{C}] \cdot \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$
- ◇  $e$ : Elementarladung:  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{C}$
- ◇  $v_s$ : Geschwindigkeit senkrecht zum Magnetfeld
- $F_L$ : Lorentzkraft; wirkt senkrecht zu  $B$  und  $v_s$

### 2.3 Magnetische Feldstärke $H$

★  $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$      $[\text{T}] = \left[\frac{\text{Tm}}{\text{A}}\right] \cdot [1] \cdot \left[\frac{\text{A}}{\text{m}}\right]$

### 2.4 Energie $W$

•  $W = \frac{1}{2}mv^2 = e \cdot U$      $[\text{eV}] = [1] \cdot [\text{kg}] \cdot \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]^2 = [\text{e}] \cdot [\text{V}]$

### 3 Elektromagnetische Induktion

#### 3.1 Magnetischer Fluss $\Phi$

$$\diamond \Phi = B \cdot A_s \quad [\text{Vs}] = [\text{T}] \cdot [\text{m}^2]$$

$$\bullet \left( B = \frac{\Phi}{A_s} \quad \text{magn. Flussdichte} = \frac{\text{Anzahl der Feldlinien}}{\text{Fläche}} \right)$$

#### 3.2 Eigeninduktivität $L$

$$\bullet L = n \cdot A_s \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n}{l} \quad [\text{H}] = [1] \cdot [\text{m}^2] \cdot \left[ \frac{\text{Tm}}{\text{A}} \right] \cdot [1] \cdot \left[ \frac{1}{\text{m}} \right]$$

#### 3.3 Induktionsspannung $U_{\text{ind}}$

$$\diamond U_{\text{ind}} = B \cdot d \cdot v_s \quad [\text{V}] = [\text{T}] \cdot [\text{m}] \cdot \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\diamond U_{\text{ind}} = -n \cdot \dot{\Phi} \quad [\text{V}] = [1] \cdot [\text{V}]$$

$$\diamond U_{\text{ind}} = -L \cdot \dot{I} \quad [\text{V}] = [\text{H}] \cdot \left[ \frac{\text{A}}{\text{s}} \right]$$

- $d$ : Länge des Leiterstückes, das sich mit  $v_s$  im Magnetfeld  $B$  bewegt
- $n$ : Anzahl der Windungen
- $\dot{X}$ : Die Ableitung der Funktion  $X(t)$

#### 3.4 Energie $W$

$$\bullet W_{\text{mag}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \quad [\text{J}] = [1] \cdot [\text{H}] \cdot [\text{A}]^2$$

## 4 Wechselspannung

### 4.1 Effektivspannung $U_{\text{eff}}$

$$\star U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \quad [\text{V}] = \frac{[\text{V}]}{[\text{I}]} \quad \text{bei Sinusförmigen Wechselspannungen}$$

$$\star U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T U(t)^2 dt} \quad \text{Allgemein}$$

### 4.2 kapazitiver Blindwiderstand $X_C$

$$\star X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad [\Omega] = \frac{[\text{I}]}{[\frac{1}{\text{s}}] \cdot [\frac{\text{C}}{\text{V}}]}$$

### 4.3 induktiver Blindwiderstand $X_L$

$$\star X_L = \omega \cdot L \quad [\Omega] = [\frac{1}{\text{s}}] \cdot [\text{H}]$$

### 4.4 Scheinwiderstand $Z$

$$\star Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

### 4.5 Wirkleistung $\bar{P}$

$$\star \bar{P} = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos \varphi$$

$\star \varphi$ : Winkel der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung

### 4.6 Unbelasteter Transformator

$$\star \frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} = \ddot{u}$$

$\star \ddot{u}$ : Übersetzungsverhältnis

### 4.7 Belasteter Transformator

$$\star \frac{U_{2\text{eff}}}{U_{1\text{eff}}} = \frac{I_{1\text{eff}}}{I_{2\text{eff}}}$$



## 5 Mechanische Schwingungen

### 5.1 Lineares Kraftgesetz für harmonische Schwingung

- $F = -k \cdot s$
- $k$ : Konstanter Faktor, Schwingungsabhängig
- $s$ : Elongation

### 5.2 Periodendauer $T$

- $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$
- $\omega = \frac{2\pi}{T}$

### 5.3 Schwingungsgesetze

- $s = \hat{s} \sin \omega t$
- $v = \dot{s} = \hat{s} \omega \cos \omega t$
- $a = \ddot{s} = -\hat{s} \omega^2 \sin \omega t$

### 5.4 Energien

- $W_{\text{ges}} = W_{\text{kin}} + W_{\text{pot}} = \frac{1}{2} m \hat{v}^2 = \frac{1}{2} k \hat{s}^2$
- $W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$
- $W_{\text{pot}} = \frac{1}{2} k s^2$

### 5.5 Erzwungene Schwingung mit $f > f_0$

$$\star \quad \hat{s} = \frac{\hat{F}_1}{m} \cdot \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2} = \frac{\hat{F}_1^2}{2\pi^2 m} \cdot \frac{1}{f_0^2 - f^2}$$

- $f, \omega$ : Erzwungene Frequenz, Winkelgeschwindigkeit
- $f_0, \omega_0$ : Eigenfrequenz, Winkelgeschwindigkeit
- $F_1 = \hat{F}_1 \cdot \sin \omega t$

## 6 Mechanische Wellen

### 6.1 Ausbreitungsgeschwindigkeit $c$ von Wellen

$$\diamond c = \lambda \cdot f = \frac{s}{t}$$

$\diamond \lambda$ : Wellenlänge

### 6.2 Gangunterschied $d$ (auch $\delta$ )

**Definition:** Differenz der Abstände zur jeweiligen Quelle

- $d = k \cdot \lambda$  für  $k \in \mathbb{N}_0$   
Gleichphasige Überlagerung  $\Rightarrow$  Maximum
- $d = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$  für  $k \in \mathbb{N}_0$   
Gegenphasige Überlagerung  $\Rightarrow$  Minimum

### 6.3 Schallstärke $I$

- $I = \frac{P}{A}$
- $P$ : Leistung der Quelle
- $A$ : Fläche der Wellenfront

### 6.4 Schallstärkepegel in $dB$ bzw. $phon$

- Schallstärkepegel( $I$ ) =  $10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}$
- $I_0 = 1 \cdot 10^{-12} \frac{W}{m^2}$  Hörschwelle

### 6.5 Reflexionsgesetz

- $\alpha = \beta$
- $\alpha$ : Einfallswinkel
- $\beta$ : Ausfallswinkel

## 6.6 Brechungsgesetz

- $$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_\alpha}{c_\beta} \left[ = \frac{n_\beta}{n_\alpha} \right]$$
- $c_x$ : Wellengeschwindigkeit im entsprechenden Stoff
- $n$ : Brechungszahl (dies gilt nur bei EM-Wellen)

## 6.7 Dopplereffekt (Quelle bewegt — Empfänger in Ruhe)

- ★  $f_v = \frac{f}{1 - \frac{v}{c}}$
- ★  $f_h = \frac{f}{1 + \frac{v}{c}}$
- ★  $f_v$ : Frequenz vor der Quelle
- ★  $f_h$ : Frequenz hinter der Quelle
- ★ für  $v > c$ :  
Öffnungswinkel des Mach'schen Kegels  
$$\alpha = 2 \cdot \arcsin \left( \frac{c}{v} \right)$$

## 6.8 Dopplereffekt (Quelle in Ruhe — Empfänger bewegt)

- ★  $f_v = f \cdot \left( 1 + \frac{v}{c} \right)$
- ★  $f_h = f \cdot \left( 1 - \frac{v}{c} \right)$
- ★  $f_v$ : Frequenz vor der Quelle
- ★  $f_h$ : Frequenz hinter der Quelle

## 7 Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

### 7.1 Periodendauer $T$

- $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$

### 7.2 Schwingungsgesetze

- $Q = \hat{Q} \cdot \sin \omega t$
- $\dot{Q} = I = \hat{Q} \cdot \omega \cdot \cos \omega t$
- $\ddot{Q} = \dot{I} = -\hat{Q} \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t$

### 7.3 Geschwindigkeit $c$ einer elektromagnetischen Welle

- $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \mu_r}}$
- ◇ Für Vakuum festgelegt:  $c = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

### 7.4 Brechungszahl $n$

- $n = \sqrt{\varepsilon_r \cdot \mu_r}$       $\mu_r \approx 1$  bei allen Stoffen bis auf ferromagnetische Stoffe

### 7.5 Wellenlänge $\lambda$ in Materie

- $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$

### 7.6 Doppelspalt, Mehrfachspalt, Gitter

- $\sin \alpha_k = \frac{\delta}{g}$
- $\tan \alpha_k = \frac{d_k}{a}$
- $\alpha$ : Winkel gegenüber der Einfallrichtung der Wellen
- $g$ : Abstand zwischen den Spalten
- $\delta$ : Gangunterschied
  - $\delta = k \cdot \lambda$ :  $k$ . Hauptmaximum     für  $k \in \mathbb{N}_0$
  - $\delta = k \cdot \lambda + 1 \cdot \frac{\lambda}{n}$ : 1. Minimum nach dem  $k$ . Hauptmaximum
- $n$ : Spaltanzahl
- $d$ : Abstand am Schirm zum Maximum 0. Ordnung
- $a$ : Abstand zwischen Schirm und Spalt

## 7.7 Einfachspalt

- $\sin \alpha_k = \frac{\delta}{b}$
- $\tan \alpha_k = \frac{d_k}{a}$
- $b$ : Spaltbreite
- $\delta = k \cdot \lambda$ 
  - $k \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$ : k. Minimum
  - $k = 0$ : Maximum 0. Ordnung

## 7.8 Intensität $I$

- $I \sim A^2$
- $A$ : Amplitude

## 7.9 Maxima bei der Bragg-Reflexion

- $k \lambda = 2 d \sin \varphi \quad k \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$
- $d$ : Abstand zwischen den Kristallschichten
- $\varphi$ : Einfallswinkel bzw. Reflexionswinkel (Achtung: Gegenüber der Horizontalen gemessen; nicht gegenüber dem Lot)

## 8 Quantenphysik

### 8.1 Energie von Photonen

- $W_{\text{phot}} = h \cdot f$
- ◊  $h$ : Planck'sches Wirkungsquantum

### 8.2 Strahlungsleistung $P$

- $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \dot{W}$

### 8.3 Bestrahlungsstärke $S$

- $S = \frac{P}{A} \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] = \frac{[\text{W}]}{[\text{m}^2]}$
- $A$ : bestrahlte Querschnittsfläche

### 8.4 Spezielle Relativitätstheorie

- $W = m c^2$
- ★  $m_{\text{rel}} = \frac{m_{\text{Ruhe}}}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$

### 8.5 Abhängigkeit von Wellenlänge $\lambda$ und Impuls $p$

- $\lambda = \frac{h}{p}$

### 8.6 Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation

- $\Delta x \cdot \Delta p \approx h$
- $\Delta W \cdot \Delta t \approx h$
- $\Delta f \cdot \Delta t \approx 1$