

# Formeln und Tafeln

für die Schweizerischen Maturitätsprüfungen, Physik (Grundlagenfach)

Neue Richtlinien, Version Dezember 2008 (Revisionen vorbehalten)

Spezielle Daten, die hier nicht vorkommen und die nicht als Allgemeinwissen vorausgesetzt werden können, werden im Rahmen der Aufgaben angegeben.

**Tabelle I: Grössen, ihre Formelzeichen und ihre Einheiten**

Formelzeichen werden kursiv, Einheiten gerade gedruckt.

| Grösse                    | Formelzeichen   | Einheit<br>(falls eigene Einheit) | Einheit<br>kurz        | Basis-<br>grösse<br>des SI |
|---------------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|
| Arbeit                    | $W$             | Joule, Kilowattstunde             | J, kWh                 |                            |
| Beschleunigung            | $a$             |                                   | $\text{m/s}^2$         |                            |
| Dichte                    | $\rho$          |                                   | $\text{kg/m}^3$        |                            |
| Druck                     | $p$             | Pascal, Bar                       | Pa, bar                |                            |
| Elektrische Feldkonstante | $\epsilon_0$    |                                   | $\text{C}/(\text{Vm})$ |                            |
| Elektrische Ladung        | $Q$             | Coulomb                           | C                      |                            |
| Elektrische Spannung      | $U$             | Volt                              | V                      |                            |
| Elektrische Stromstärke   | $I$             | Ampere                            | A                      | +                          |
| Energie                   | $E$             | Joule, Kilowattstunde             | J, kWh                 |                            |
| Federkonstante            | $D$             |                                   | N/m                    |                            |
| Fläche                    | $A$             | Quadratmeter                      | $\text{m}^2$           |                            |
| Frequenz                  | $f$             | Hertz                             | Hz                     |                            |
| Geschwindigkeit           | $v$             |                                   | m/s, km/h              |                            |
| Kraft                     | $F$             | Newton                            | N                      |                            |
| Leistung                  | $P$             | Watt                              | W                      |                            |
| Masse                     | $m$             | Kilogramm                         | kg                     | +                          |
| Ohmscher Widerstand       | $R$             | Ohm                               | $\Omega$               |                            |
| Periodendauer             | $T$             | Sekunde                           | s                      |                            |
| Stoffmenge                | $n$             | mol                               | mol                    | +                          |
| Strecke                   | $s, \ell$       | Meter                             | m                      | +                          |
| Temperatur                | $T (\vartheta)$ | Kelvin, Grad Celsius              | K, $^{\circ}\text{C}$  | +                          |
| Volumen                   | $V$             | Kubikmeter                        | $\text{m}^3$           |                            |
| Wellengeschwindigkeit     | $c$             |                                   | m/s                    |                            |
| Winkelgeschwindigkeit     | $\omega$        | $(\text{Sekunde})^{-1}$           | $\text{s}^{-1}$        |                            |
| Zeit                      | $t$             | Sekunde                           | s                      | +                          |

## Formales

### Verwendung eckiger Klammern

Eckige Klammern [ ] werden gelesen als „Einheit von“.

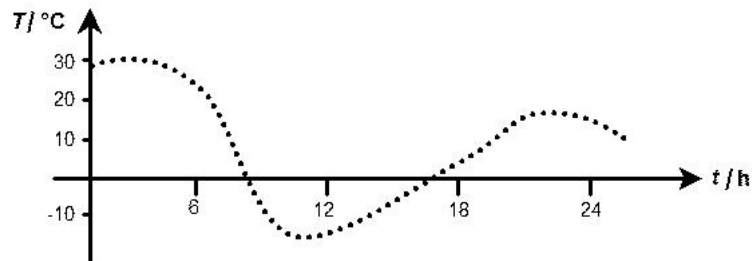
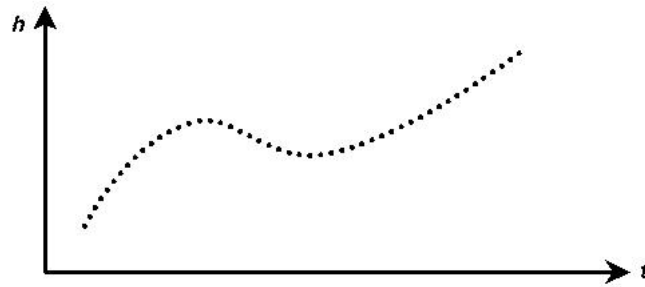
Beispiele:

$[F] = \text{N}$  bedeutet: Die Einheit der Kraft ist Newton.

$[v] = \text{m/s}$  bedeutet: Die Einheit der Geschwindigkeit ist Meter pro Sekunde.

Eckige Klammern rahmen also stets ein Formelzeichen ein, nie eine Einheit.

## Bezeichnung von Achsen in grafischen Darstellungen



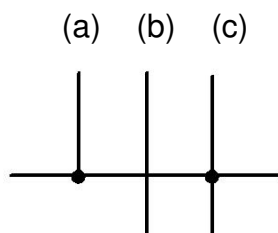
Die Achsen werden mit dem *Formelzeichen* der gemessenen Grösse bezeichnet.  
Abgetrennt durch einen Bruchstrich wird die verwendete Einheit angegeben.  
Um Unklarheiten zu vermeiden, kann eine zusammengesetzte Einheit, z.B. m/s

auch so geschrieben werden:  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ , also  $v / \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,

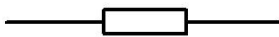
Oberes Beispiel: Hier ist eine Höhe  $h$  als Funktion der Zeit  $t$  qualitativ dargestellt.  
Eine Angabe von Einheiten erübrigt sich.

Unteres Beispiel: Hier ist ein zeitlicher Temperaturverlauf quantitativ dargestellt. Als Temperatureinheit werden  $^{\circ}\text{C}$  verwendet, als Zeiteinheit Stunden. Die Skalen gestatten ein genaues Abmessen einzelner Kurvenpunkte.

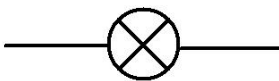
## Symbole für elektrische Stromkreise



Elektrische Leitungen  
(a) Abzweigung  
(b) Kreuzung ohne Berührung  
(c) Kreuzung mit Berührung



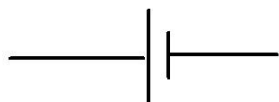
Widerstand, Verbraucher



Lampe



Schalter



Spannungsquelle

**Tabelle II: Wichtige chemische Elemente**

| Element     | Ordnungszahl<br>Z | Massenzahl<br>A |
|-------------|-------------------|-----------------|
| Helium      | 2                 | 4               |
| Kohlenstoff | 6                 | 12              |
| Sauerstoff  | 8                 | 16              |
| Stickstoff  | 7                 | 14              |
| Wasserstoff | 1                 | 1               |

**Tabelle III: Wichtige Konstanten**

| Konstante                   | Formelzeichen  | Wert   |
|-----------------------------|----------------|--|
| Atomare Masseneinheit       | $u$            | $1.66 \cdot 10^{-27}$ kg                                   |
| Avogadro-Konstante          | $N_A$          | $6.02 \cdot 10^{23}$ mol <sup>-1</sup>                     |
| Boltzmann-Konstante         | $k$            | $1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K                                  |
| Elektrische Feldkonstante   | $\epsilon_0$   | $8.85 \cdot 10^{-12}$ C/(V·m)                              |
| Elementarladung             | $e$            | $1.60 \cdot 10^{-19}$ C                                    |
| Gravitationskonstante       | $G, f, \gamma$ | $6.67 \cdot 10^{-11}$ m <sup>3</sup> /(kg·s <sup>2</sup> ) |
| Plancksches Wirkungsquantum | $h$            | $6.63 \cdot 10^{-34}$ J·s                                  |
| Universelle Gaskonstante    | $R$            | 8.31 J/(mol·K)   |
| Vakuumlichtgeschwindigkeit* | $c_0$          | $3.0 \cdot 10^8$ m/s                                       |

\* Die Lichtgeschwindigkeit in Luft weicht nur geringfügig von der Vakuumlichtgeschwindigkeit ab, so dass zwischen den beiden Werten normalerweise nicht unterschieden werden muss.

**Tabelle IV: Häufig benutzte Zahlenwerte**

| Grösse                        | Formelzeichen | Wert  |
|-------------------------------|---------------|---|
| Fallbeschleunigung            | $g$           | $9.81$ m/s <sup>2</sup> $\approx$ $10$ m/s <sup>2</sup> |
| Schallgeschwindigkeit in Luft | $c_L$         | 340 m/s   |
| Normdruck                     | $p_0$         | 1.0 bar = $1.0 \cdot 10^5$ Pa                           |
| Absoluter Nullpunkt           | $T_0$         | 0 K = -273°C *)   |

\*) Temperaturmessungen sind oft recht ungenau. Deshalb ist es sinnlos, hier Kommastellen anzugeben.

**Tabelle V: Vorsätze**

Beachten Sie die Gross- und Kleinschreibung!

| Pico       | Nano      | Mikro     | Milli     | Zenti     | Dezi      | Deka   | Hekto  | Kilo   | Mega   | Giga   | Tera      |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| p          | n         | $\mu$     | m         | c         | d         | da     | h      | k      | M      | G      | T         |
| $10^{-12}$ | $10^{-9}$ | $10^{-6}$ | $10^{-3}$ | $10^{-2}$ | $10^{-1}$ | $10^1$ | $10^2$ | $10^3$ | $10^6$ | $10^9$ | $10^{12}$ |

**Tabelle VI: Häufig gebrauchte griechische Buchstaben**

| Aussprache | klein         | Verwendung z.B. für                     | gross    | Verwendung z.B. für |
|------------|---------------|---|----------|---------------------|
| Alpha      | $\alpha$      | Winkel, linearer Ausdehnungskoeffizient |          |                     |
| Beta       | $\beta$       | Winkel                                  |          |                     |
| Gamma      | $\gamma$      | Volumen-Ausdehnungskoeffizient          |          |                     |
| Delta      | $\delta$      | Differenz, Zuwachs                      | $\Delta$ | Differenz, Zuwachs  |
| Epsilon    | $\varepsilon$ | Elektrostatik: Feldkonstante            |          |                     |
| Eta        | $\eta$        | Wirkungsgrad                            |          |                     |
| Lambda     | $\lambda$     | Wellenlänge                             |          |                     |
| Mü         | $\mu$ $\mu$   | Mikro, Reibungskoeffizient              |          |                     |
| Omega      | $\omega$      | Winkelgeschwindigkeit                   | $\Omega$ | Einheit Ohm         |
| Phi        | $\varphi$     | Drehwinkel                              |          |                     |
| Pi         | $\pi$         | 3.14...                                 |          |                     |
| Rho        | $\rho$        | Dichte, spez. Widerstand                |          |                     |
| Theta      | $\vartheta$   | Formelzeichen für Celsius-Temperatur    |          |                     |

**Tabelle VII: Materialgrössen**

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Spezifische Wärmekapazität von Wasser | $c_W = 4.18 \text{ kJ/kgK}$              |
| Spezifische Wärmekapazität von Eis    | $c_E = 2.10 \text{ kJ/kgK}$              |
| Schmelzwärme von Eis                  | $L_f = 334 \text{ kJ/kg}$                |
| Verdampfungswärme von Wasser          | $L_v = 2257 \text{ kJ/kg}$               |
| Dichte von Wasser                     | $\rho_W = 1.0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ |

### Formeln und Definitionen

Die Formelzeichen werden nicht einzeln erklärt. Sie entsprechen den allgemeinen Gepflogenheiten und sind grossenteils in der Tabelle I definiert.

#### Grundlagen

Definition: Dichte  $\rho = \frac{m}{V}$

#### Mechanik

Definition: Geschwindigkeit  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  ; Beschleunigung  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Formeln für gleichmässig beschleunigte Bewegung:

$$v(t) = v_0 + a \cdot t \quad ; \quad s(t) = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad ; \quad 2 \cdot a \cdot s = v_E^2 - v_0^2$$

Zentripetalbeschleunigung:  $a_z = \frac{v^2}{r} = r \cdot \omega^2 = r \cdot (2\pi \cdot f)^2 = r \cdot \frac{4\pi^2}{T^2}$

Kraft:  $F = m \cdot a$  ; Arbeit:  $W = F_s \cdot s$  ; Leistung:  $P = W / t = F_s \cdot v$

Normalkraft:  $F_{\perp} = m \cdot g \cdot \cos \alpha$  Hangabtriebskraft:  $F_{\parallel} = m \cdot g \cdot \sin \alpha$

Reibungskraft:  $F_R = \mu \cdot F_{\perp}$

Federkraft:  $F_F = -D \cdot \Delta \ell$

Hubarbeit:  $W = m \cdot g \cdot \Delta h$  ; Beschleunigungsarbeit:  $W = \frac{m}{2} \cdot (v_2^2 - v_1^2)$

Arbeit beim Spannen einer Feder:  $W_F = \frac{D \cdot \Delta \ell^2}{2}$

potentielle Energie:  $E_p = m \cdot g \cdot h$  ; kinetische Energie:  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

potentielle Energie einer gespannten Feder:  $E_F = \frac{D \cdot \Delta \ell^2}{2}$

Gravitation:  $F_G = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$

Impuls:  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

Druck (Definition):  $p = \frac{F}{A}$  ; Schweredruck:  $p = \rho_{Fl} \cdot g \cdot h$

Auftriebskraft:  $F_A = \rho_{Fl} \cdot V_{Verd} \cdot g$

### Wärmelehre

Thermische Ausdehnung:

linear:  $\Delta \ell = \ell \cdot \alpha \cdot \Delta T$  ;

Volumen:  $\Delta V = V \cdot \gamma \cdot \Delta T$  (Flüssigkeiten) ;  $\Delta V = V \cdot 3\alpha \cdot \Delta T$  (feste Stoffe)

Energie:

Erwärmung/Abkühlung:  $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$  ; Schmelzen/Erstarren:  $\Delta Q = m \cdot L_f$

Verdampfen/Kondensieren:  $\Delta Q = m \cdot L_v$  ; Verbrennen:  $\Delta Q = m \cdot H$

ideales Gas:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

### Schwingungen und Wellen

Harmonische Schwingung:

$$y(t) = \hat{y} \cdot \sin(2\pi f t + \varphi_o) \quad v(t) = \hat{y} \cdot 2\pi f \cdot \cos(2\pi f t + \varphi_o) \quad a(t) = -\hat{y} \cdot (2\pi f)^2 \cdot \sin(2\pi f t + \varphi_o)$$

Zusammenhang Wellenlänge - Frequenz - Wellengeschwindigkeit:  $\lambda \cdot f = c$

$$\text{Dopplereffekt: } f_B = f_S \cdot \frac{c \pm v_B}{c \mp v_S}$$

$$\text{Brechungsgesetz: } \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\text{Abbildungsgleichungen: } \frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f} ; \quad \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

$$\text{Definition: Brechzahl eines Materials } n_M = \frac{c_o}{c_M}$$

### Elektrizitätslehre

$$\text{Coulomb-Gesetz: } F_c = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$\text{Ohmsches Gesetz: } \frac{U}{I} = R$$

$$\text{Parallelschaltung: } R_{Ers}^{-1} = \sum_{i=1}^n R_i^{-1} ; \quad \text{Serieschaltung: } R_{Ers.} = \sum_{i=1}^n R_i$$

$$\text{Elektrische Leistung: } P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

$$\text{Widerstand eines Drahtes: } R = \frac{\rho \cdot \ell}{A}$$

mit  $\rho$  = spez. Widerstand,  $\ell$  = Länge,  $A$  = Querschnittsfläche

### Moderne Physik

$$\text{Energie eines Lichtquants: } E = h \cdot f$$

$$\text{Äquivalenz Masse - Energie: } E = m \cdot c^2$$

### Geometrie

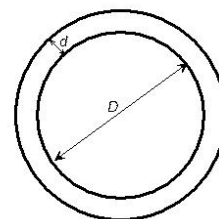
$$\text{Kreisumfang: } u = 2 \cdot \pi \cdot R = \pi \cdot D ; \quad \text{Kreisfläche: } A = R^2 \cdot \pi = \frac{D^2 \cdot \pi}{4}$$

$$\text{Kugeloberfläche: } A = 4 \cdot \pi \cdot R^2 = \pi \cdot D^2 ; \quad \text{Kugelvolumen: } V = \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot R^3 = \frac{\pi}{6} \cdot D^3$$

$$\text{dünner Ring } (d \ll D): \quad A \approx \pi \cdot D \cdot d$$

$$\text{dünnwandiger Zylinder } (d \ll D): \quad V \approx \pi \cdot D \cdot d \cdot h$$

$$\text{dünnwandige Hohlkugel } (d \ll D): \quad V \approx \pi \cdot D^2 \cdot d$$



$$\text{Kegel und Pyramide: } V = \frac{A \cdot h}{3}$$

Die Formeln für die Flächenberechnung von Dreiecken, Parallelogrammen und Trapezen sowie die Volumenberechnung von Quadern und Prismen werden als bekannt vorausgesetzt, ebenso der pythagoreische Lehrsatz sowie die Anwendung der Winkelfunktionen.

Die Zusammenhänge Frequenz – Winkelgeschwindigkeit oder Kreisfrequenz – Periodendauer ( $f - \omega - T$ ) werden als bekannt vorausgesetzt.

Die allgemein gebräuchlichen Formelzeichen sind in Tabelle 1 aufgelistet. Bei in der Formelsammlung vorkommenden speziellen Formelzeichen gehen wir davon aus, dass sie im Verlauf des Unterrichts vom Lehrer erklärt werden. Es soll damit vermieden werden, dass die Formelsammlung mit allzu viel Text zu belastet wird.

Diese letzte Seite wird an der Prüfung nicht abgegeben.