

# Formelsammlung Physik BMT 14a

Lukas Dörig, Michelle Meyer, Yan Poblete

May 13, 2018  
v1.2

## Contents

<b>1</b>	<b>Kräftegleichgewicht, statisches Gleichgewicht</b>	<b>3</b>
1.1	Koordinaten . . . . .	3
1.2	Kräfte . . . . .	3
1.3	Drehmoment . . . . .	4
1.4	Flaschenzug und Hebelgesetz . . . . .	5
1.5	Hooksches Gesetz . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Kinematik, Dynamik (Kraft)</b>	<b>6</b>
2.1	Kinematik . . . . .	6
2.2	Drehung . . . . .	6
2.3	Keplersche Gesetze . . . . .	6
2.4	Bremsweg . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Arbeit, Energie, Leistung</b>	<b>7</b>
3.1	Energieerhaltungssatz . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Wärme</b>	<b>8</b>
4.1	Im Allgemeinen . . . . .	8
4.2	Änderung Wärme anhand der Temperatur . . . . .	8
4.3	Ausdehnung . . . . .	9
4.4	Wärmeleitfähigkeit . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Hydrostatik, Druck, Dichte</b>	<b>10</b>
5.1	Im Allgemeinen . . . . .	10
5.2	Hydrostatischer Druck . . . . .	10
5.3	Zugspannung . . . . .	11
<b>6</b>	<b>Elektrizität</b>	<b>11</b>
6.1	Im Allgemeinen . . . . .	11
6.2	Schaltungen . . . . .	12
6.3	Spezifischer Widerstand . . . . .	12
6.4	Spezifischer Leitwert . . . . .	12
6.5	Widerstandsänderung bei Temperatur . . . . .	12

# Intro: Geometrie

## Trigonometrie

### Generell

Variable	Beschreibung
H	Hypotenuse
GK	Gegenkathete
AK	Ankathete

### Sinus

$$\sin \alpha = \frac{GK}{H} \quad ; \quad H = \frac{GK}{\sin \alpha} \quad ; \quad GK = \sin \alpha \times H \quad (1)$$

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} \quad (2)$$

### Cosinus

$$\cos \alpha = \frac{AK}{H} \quad ; \quad H = \frac{AK}{\cos \alpha} \quad ; \quad AK = \cos \alpha \times H \quad (3)$$

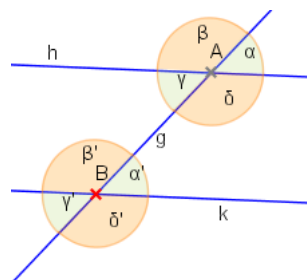
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \times \cos \alpha \quad ; \quad b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \times \cos \beta \quad (4)$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \times \cos \gamma \quad (5)$$

### Tangens

$$\tan \alpha = \frac{GK}{AK} \quad ; \quad AK = \frac{GK}{\tan \alpha} \quad ; \quad GK = \tan \alpha \times AK \quad (6)$$

### Wechsel- und Stufenwinkel



Wenn  $h \parallel k$ .  $\alpha$  und  $\alpha'$  sind Stufenwinkel,  $\gamma$  und  $\gamma'$  sind Wechselwinkel.

# 1 Kräftegleichgewicht, statisches Gleichgewicht

## 1.1 Koordinaten

Polarform  $(Betrag[F]|Winkel[\alpha])$   
Kartesische Form  $(F_x|F_y)$

### Polar zu Kartesisch

$$F_x = F \times \cos \alpha \quad ; \quad F_y = F \times \sin \alpha \quad (7)$$

### Kartesisch zu Polar

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad ; \quad \alpha = \arctan \frac{F_y}{F_x} + Sektor \quad (8)$$

Für den Sektor muss jeweils addiert werden:

Sektor	X Positiv?	Y Positiv?	Wert
1.	Ja	Ja	0°
2.	Nein	Ja	90°
3.	Nein	Nein	180°
4.	Ja	Nein	270°

### Vektoren zusammenrechnen (Kartesisch)

$F_1$	$F_1x$	$F_1y$
$F_2$	$F_2x$	$F_2y$
$F_3$	$F_3x$	$F_3y$
$F_{res}$	$F_{res}x$	$F_{res}y$

## 1.2 Kräfte

- I | Alle Kräfte heben sich auf
- II | Alle Drehmomente heben sich auf

### Im Allgemeinen

$$F = m \times a \quad ; \quad [N] = [kg] \times [\frac{m}{s^2}] = [\frac{kg \times m}{s^2}] \quad (9)$$

### Gravitationskraft

$$F_{grav} = \frac{G \times m_1 \times m_2}{r^2} \quad (10)$$

### Gewichtskraft

$$g = g_{Erde} = 9.81 \frac{m}{s^2} \quad ; \quad F_G = m \times g \quad (11)$$

### Hangabtriebskraft

$$F_H = F_G \times \sin \alpha \quad (12)$$

### Normalkraft

$$F_N = F_G \times \cos \alpha \quad (13)$$

### Reibungskraft

$$\mu = [Zahl, 0 - 1] \quad ; \quad F_R = \mu \times F_N \quad (14)$$

### Federkraft

$$F_D = k \times x \quad ; \quad F_D = D \times \Delta s \quad ; \quad [N] = \left[ \frac{N}{cm} \right] \times [cm] \quad (15)$$

### Fadenspannung

$$T = F_G + F \text{ (Bei hängender Masse)} \quad (16)$$

$$F = T - F_R \text{ (Bei Masse auf Schiefer Ebene)} \quad (17)$$

## 1.3 Drehmoment

### Generell

Variable	Beschreibung	Einheit
M	Drehmoment	[Nm]
$F_{\perp}$	Kraft, die senkrecht auf die Drehachse wirkt	[N]

$$M = F_{\perp} \times l \quad (18)$$

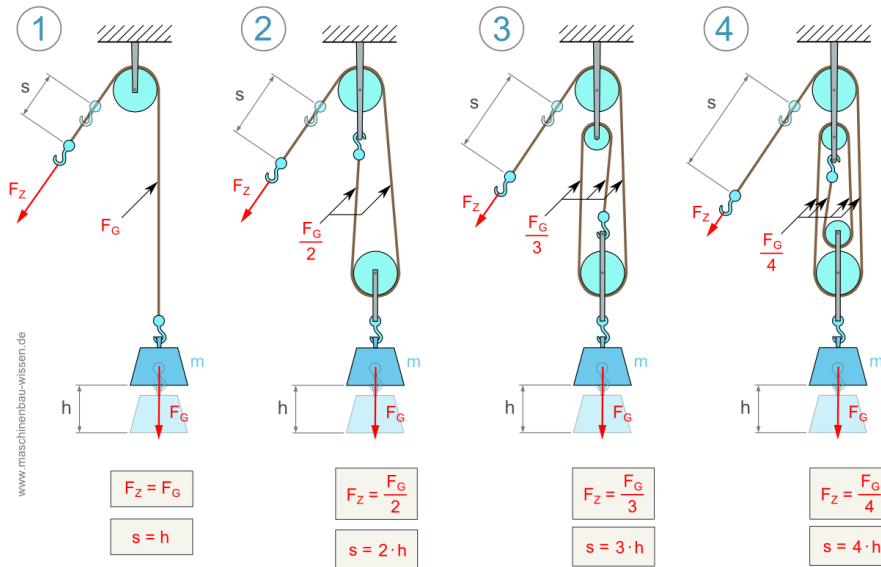
### Statisch

$$F_{1\perp} \times l_1 = F_{2\perp} \times l_2 \quad (19)$$

## In Bewegung

$$M_{Res} = M_{Uhrzeigersinn} - M_{Gegenuhrzeigersinn} \quad (20)$$

### 1.4 Flaschenzug und Hebelgesetz



### 1.5 Hooksches Gesetz

#### Parallel

Diese Formeln basieren auf der Annahme, dass parallele Federn sich um dieselbe Distanz strecken.

$$F = F_1 + F_2 \quad (21)$$

$$D \times s = D_1 \times s + D_2 \times s \quad | \quad \times \frac{1}{s} \quad (22)$$

$$D = D_1 + D_2 \quad (23)$$

#### Seriell

$$F = F_1 = F_2 \quad ; \quad k = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}} = \frac{k_1 \times k_2}{k_1 + k_2} \quad (24)$$

## 2 Kinematik, Dynamik (Kraft)

### 2.1 Kinematik

Hinweis:  $v[\frac{km}{h}] = 3.6 \times v[\frac{m}{s}]$

Variable	Formeln...		
$\bar{v}$	$\frac{s}{t}$	$\frac{v_0+v}{2}$	
s	$\bar{v} \times t$	$\frac{v_0+v}{2} \times t$	$s_0 + v_0 \times t + \frac{1}{2}a \times t^2$
a	$\frac{v-v_0}{t}$		
$v^2$	$v_0^2 + 2as$		
v	$v_0 + at$		

### 2.2 Drehung

#### Variablendefinitionen

Variable	Beschreibung	Einheit	Weitere Einheiten
f	Drehfrequenz	Hz	$[\frac{1}{s}]$
T	Umlaufzeit	[s]	
n	Anzahl Umdrehungen	[Zahl]	
b	Bogenlänge	[m]	
$\theta$	Drehwinkel	[Radiant]	
$\omega$	Winkelgeschwindigkeit	$[\frac{1}{s}]$	$[\frac{Radiant}{s}]$
$a_z$	Zentripetalbeschleunigung	$[\frac{m}{s^2}]$	
$F_z$	Zentripetalkraf (=Zentrifugalkraft)	[N]	

#### Formeln

Variable	Formeln...		
f	$\frac{1}{T}$	$\frac{n}{\Delta t}$	
$\theta$	$\frac{b}{r}$	$\frac{2\pi \times \alpha}{360^\circ}$	$\omega \times t$
$\alpha$	$\frac{360^\circ \times \theta}{2\pi}$		
$\omega$	$\frac{\theta}{t}$	$\frac{v}{r}$	$2\pi \times f$
v	$\frac{b}{t}$	$\omega \times r$	
b	$v \times t$	$\omega \times rt$	$\theta \times r$
$a_z$	$\frac{v^2}{r}$	$\frac{(\omega \times r)^2}{r}$	$\omega^2 \times r$
$F_z$	$a_z \times m$		

### 2.3 Keplersche Gesetze

**I** Die Planeten beschreiben ellipsenförmige Bahnen, in deren Brennpunkt die Sonne steht.

**II** Der Radiusvektor  $\vec{r}$  überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.  $\Rightarrow \vec{L} = m \times \vec{r} \times \vec{v} = \text{konstant}$

**III** Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben der grossen Ellipsenhalbachsen:

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} \quad (25)$$

## 2.4 Bremsweg

$$s_b = \frac{V_0^2}{2g\mu} = \frac{v^2 - v_0^2}{-2ab} \quad (26)$$

# 3 Arbeit, Energie, Leistung

## 3.1 Energieerhaltungssatz

### Variablendefinitionen

Variable	Beschreibung	Einheit	Weitere Einheiten
W	Arbeit	[J]	[Nm]
E	Energie (gespeicherte Arbeit)	[J]	[Nm]
P	Leistung	[W]	$[\frac{J}{s}] = [\frac{Nm}{s}]$

### Satz

$$\begin{array}{llll} E_{tot1} & -E_{Verlust} & +E_{Zu} & = E_{tot2} \\ E_{kin1} + E_{pot1} + E_{D1} & -E_R & +E_{Zu} & = E_{kin2} + E_{pot2} + E_{D2} \end{array} \quad (27)$$

### Kinetische Energie

$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 \quad (28)$$

### Potentielle Energie

$$E_{pot} = mgh \quad (29)$$

### Federenergie Deformationsenergie

D: Federkonstante  $[\frac{N}{cm}]$

$$E_D = \frac{1}{2}Ds^2 \quad (30)$$

### Reibungsenergie

Horizontale:

$$E_R = F_R \times s = \mu \times mg \times s \quad (31)$$

Schiefe Ebene:

$$E_R = F_R \times s = \mu \times m g \times \cos \alpha \times s \quad (32)$$

## 4 Wärme

### 4.1 Im Allgemeinen

#### Variablendefinitionen

Variable	Beschreibung	Einheit	Weitere Einheiten
U	Innere Energie	[J]	
Q	Wärme	[J]	
c	spezifische Wärmekapazität	$[\frac{J}{kg \times K}]$	
$L_f$	spezifische Schmelz-/Erstarrungswärme	$[\frac{J}{kg}]$	
$L_v$	spezifische Verdampfungs-/Kondensationswärme	$[\frac{J}{kg}]$	
p	Druck	[Pa]	$[Bar] = 10^5 [Pa], [\frac{N}{m^2}]$
$\vartheta$	Temperatur in Celsius	$[^{\circ}C]$	
T	Temperatur in Kelvin	[K]	

#### STP (Standard Temperature Pressure)

$$p_0 = 1.0133 \quad ; \quad T_0 = 0^{\circ}C = 273.15K \quad (33)$$

### 4.2 Änderung Wärme anhand der Temperatur

#### Wärmemenge

$$\Delta Q = m \times c \times \Delta T \quad (34)$$

#### Schmelzwärme

$$Q_f = L_f \times m \quad (35)$$

#### Verdampfungswärme

$$Q_v = L_v \times m \quad (36)$$

[??] TODO: Diagramm

#### Wärmeausgleich

$$\Delta Q_1 + Q_{v1} + Q_{f1} = \Delta Q_2 + Q_{v2} + Q_{f2} \quad (37)$$

Die untenstehende Formel gilt für  $\vartheta_1 < \vartheta_2$ . Die Formel rechnet keine Massenänderungen durch Verdampfung und keine Schmelzwärme ein.



$$c_1 \times m_1 \times (\vartheta_M - \vartheta_1) + Q_v = c_2 \times m_2 \times (\vartheta_2 - \vartheta_M) \quad (38)$$

$$\vartheta_M = \frac{c_2 \times m_2 \times \vartheta_2 + c_1 \times m_1 \times \vartheta_1 - Q_v}{c_1 \times m_1 + c_2 \times m_2} \quad (39)$$

### 4.3 Ausdehnung

#### Bei Gas (Zustandsgleichung ideales Gas)

Achtung: Nur auf Gase anwenden. Bei Verwendung von STP  $p_0...$  anstatt  $p_2...$  verwenden.

$$\frac{p_1 \times V_1}{T_1} = \frac{p_2 \times V_2}{T_2} \quad (40)$$

#### Ausdehnung bei festen oder flüssigen Stoffen

$$\alpha, \beta, \gamma = \left[ \frac{1}{K} \right]$$

$$\beta \approx 2 \times \alpha \quad ; \quad \gamma \approx 3 \times \alpha \quad (41)$$

$$\Delta l = l_1 - l_0 = \alpha \times l_0 \times \Delta T \quad ; \quad l_1 = l_0(1 + \alpha \times \Delta T) \quad (42)$$

$$\Delta A = A_1 - A_0 = \beta \times A_0 \times \Delta T \quad ; \quad A_1 = A_0(1 + \beta \times \Delta T) \quad (43)$$

$$\Delta V = V_1 - V_0 = \gamma \times V_0 \times \Delta T \quad ; \quad V_1 = V_0(1 + \gamma \times \Delta T) \quad (44)$$

#### Massstab

Eine Messung ist ein Vergleich einer Länge  $l$  mit einer Einheit  $e$ . Wenn nun sowohl das gemessene Material und der Massstab sich ausdehnen muss für beide die Ausdehnung einberechnet werden, um die Originale Masseinheit zu erhalten.

$$\frac{l[m]}{1[m]} = \frac{l'}{e'} = \frac{l(1 + \alpha_l \times \Delta T)}{e(1 + \alpha_e \times \Delta T)} \quad (45)$$

### 4.4 Wärmeleitfähigkeit

#### Variablendefinitionen

Variable	Beschreibung	Einheit	Weitere Einheiten
$P_{Th}$	Thermische Leistung	[W]	$\left[ \frac{J}{s} \right]$
$k$	Wärmeleitfähigkeit	$\left[ \frac{W}{m \times K} \right]$	
$A$	Querschnittfläche Leiter	$[m^2]$	
$l$	Länge Leiter	[m]	

#### Satz

$$P_{Th} = k \times A \times \frac{\vartheta - \vartheta_0}{l} \quad (46)$$

## 5 Hydrostatik, Druck, Dichte

### 5.1 Im Allgemeinen

#### Variablendefinitionen

Variable	Beschreibung	Einheit	Weitere Einheiten
$\rho$	Dichte	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	
$p$	Druck	$[Pa]$	$[Bar] = 10^5 [Pa], \left[\frac{N}{m^2}\right]$
$\rho_{Fl}$	Dichte Flüssigkeit	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	
$\rho_K$	Dichte Körper	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	
$V_E$	Eingetauchtes Volumen	$[m^3]$	
$V_K$	Volumen Körper	$[m^3]$	

### 5.2 Hydrostatischer Druck

#### Hydrostatischer Druck

$$p = \rho_{Fl} \times g \times h \quad (47)$$

#### Auftriebskraft

$$F_A = \rho_{Fl} \times g \times V_E \quad (48)$$

#### Statisch schwimmender Körper

$$F_A = F_G \quad ; \quad \rho_{Fl} \times g \times V_E = \rho_K \times V_K \times g \quad (49)$$

$$V_E = \frac{\rho_K \times V_K}{\rho_{Fl}} \quad ; \quad \rho_K = \frac{V_E \times \rho_{Fl}}{V_K} \quad (50)$$

#### Körper unter Wasser in Bewegung

Die Richtung von  $F_{Res}$  ist nach unten. Negative Werte bedeuten eine Beschleunigung nach oben.

$$F_G - F_A = F_{Res} \quad (51)$$

$$\rho_K \times V \times g - \rho_{Fl} \times g \times V = \rho_K \times V \times a \quad ; \quad \rho_K \times g - \rho_{Fl} \times g = \rho_K \times a \quad (52)$$

$$a = \frac{g(\rho_K - \rho_{Fl})}{\rho_K} \quad (53)$$

### 5.3 Zugspannung

#### Variablendefinitionen

Variable	Beschreibung	Einheit	Weitere Einheiten
$\sigma_Z$	Zugspannung	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$	
$\sigma_{Zul}$	Zulässige Zugspannung	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$	
$R_M$	Zugfestigkeit	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$	
S	Sicherheit	Zahl	
$F_{Max}$	Maximale Zugkraft	[N]	

#### Satz

$$\sigma_Z = \frac{F}{A} \quad (54)$$

$$\sigma_{Zul} = \frac{R_M}{S} \quad (55)$$

$$F_{Max} = \sigma_{Zul} \times A \quad (56)$$

## 6 Elektrizität

### 6.1 Im Allgemeinen

#### Variablendefinitionen

Variable	Beschreibung	Einheit	Weitere Einheiten
U	Spannung	[V]	
R	Widerstand	[ $\Omega$ ]	
I	Stromstärke	[A]	
G	Leitwert	[S]	$\left[\frac{1}{\Omega}\right]$
P	Leistung	[W]	$\left[\frac{J}{s}\right]$
W	Arbeit	[J]	[Ws]
Q	Ladung	[C]	
$\rho$	Spezifischer Widerstand	$\left[\frac{\Omega mm^2}{m}\right]$	$[\Omega m]$
$\kappa$	Spezifischer Leitwert	$\left[\frac{mm^2}{\Omega m}\right]$	
$\alpha$	Temperaturbeiwert	$\left[\frac{1}{K}\right]$	

#### Ohm'sches Gesetz

$$U = R \times I \quad ; \quad R = \frac{U}{I} \quad ; \quad I = \frac{U}{R} \quad (57)$$

#### Leistung und Arbeit

$$P = U \times I = R \times I^2 = \frac{U^2}{R} \quad ; \quad W = U \times I \times t \quad (58)$$

$$1kWh = 3.6 \times 10^6 J \quad ; \quad 1J = \frac{1kWh}{3.6 \times 10^6} \quad (59)$$

## 6.2 Schaltungen

### Seriell

$$R_{tot} = R_1 + \dots + R_n \quad ; \quad I = \text{konstant} \quad ; \quad U = U_1 + \dots + U_n \quad (60)$$

### Parallel

$$R_{tot} = \left( \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)^{-1} = \frac{R_1 \times \dots \times R_n}{R_1 + \dots + R_n} \quad ; \quad I = I_1 + \dots + I_n \quad ; \quad U = \text{konstant} \quad (61)$$

Beispiel zum errechnen von  $I_1$  wenn  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $U$  und  $I$  gegeben sind.

$$U_1 = U_2 = U \quad (62)$$

$$R_1 \times I_1 = R_2 \times (I - I_1) \quad (63)$$

$$I_1 = \frac{R_2 \times I}{R_1 + R_2} \quad (64)$$

## 6.3 Spezifischer Widerstand

Die Einheit von  $\rho$  muss zu der Einheit von  $A$  passen:  $\rho[\frac{\Omega mm^2}{m}] \Rightarrow A[mm^2]$ ,  
 $\rho[\Omega m] \Rightarrow A[m^2]$ .

$$R = \frac{\rho \times l}{A} \quad (65)$$

## 6.4 Spezifischer Leitwert

$$R = \frac{l}{\kappa \times A} \quad (66)$$

## 6.5 Widerstandsänderung bei Temperatur

$$R = R \times \alpha \times \Delta T \quad (67)$$