

# 1 Grundlagen

## 2 Kinematik

### 2.1 Eindimensionale Bewegungen

#### 2.1.1 Gleichförmige Translation

$$v = \frac{s}{t} \quad (1)$$

Umrechnung von Geschwindigkeiten: *siehe Seite: 69*

Geschwindigkeiten in der Natur und Technik *siehe Seite: 70*

#### 2.1.2 Gleichmäßig beschleunigte Translation

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2)$$

Beschleunigungen in Natur und Technik: *siehe Seite: 71*

**Ohne Anfangsgeschwindigkeit**

$$s = \frac{v_{end} * t}{2} \quad (3)$$

$$a = \frac{a * t^2}{2} \quad (4)$$

$$v = a * t \quad (5)$$

$$\bar{v} = \frac{a * t}{2} = \frac{s}{t} \quad (6)$$

**Mit Anfangsgeschwindigkeit**

$$s = \frac{v_0 + v_{end}}{2} * t \quad (7)$$

$$s = v_0 * t + \frac{a * t^2}{2} \quad (8)$$

$$v = v_0 + a * t \quad (9)$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2as} \quad (10)$$

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v_{end}}{2} = v_0 + \frac{a * t}{2} = \frac{s}{t} \quad (11)$$

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \quad (12)$$

$$s = s_0 + \frac{v_0 + v_{end}}{2} * t = s_0 + v_0 * t + \frac{a * t^2}{2} \quad (13)$$

## Ungleichmäßig beschleunigte Translation

$$v = \frac{ds}{dt} = \dot{s} \quad (14)$$

$$s = \int_{t_1}^{t_2} v dt \quad (15)$$

$$\bar{v} = \frac{s}{t} \quad (16)$$

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \quad (17)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \ddot{s} \quad (18)$$

$$v = \int_{t_1}^{t_2} a dt \quad (19)$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{end} - v_0}{t} \quad (20)$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad (21)$$

### 2.1.3 Fall und Wurf

$$h = \frac{v * t}{2} = \frac{g * t^2}{2} \quad (22)$$

$$v = g * t = \sqrt{2 * g * h} \quad (23)$$

$$(24)$$

### Senkrechter Wurf:

$$h = \frac{v_0 + v_{end}}{2} * t = v_0 * t + \frac{g * t^2}{2} \quad (25)$$

$$v = v_0 + g * t = \sqrt{v_0^2 + 2g * h} \quad (26)$$

$$h_{max} = \frac{v_0}{2 * g} \quad (27)$$

$$t_{max} = \frac{v_0}{g} \quad (28)$$

### 2.1.4 Zusammengesetzte Bewegung

$$v_R = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2 * v_1 * v_2 * \cos \gamma} \quad (29)$$

## 2.2 Zweidimensionale Bewegungen

### 2.2.1 Waagrechter Wurf

$$y = \frac{g}{2 * v_0} * x^2 \quad (30)$$

$$\vec{r} = \vec{v}_0 * t + \frac{\vec{g} * t^2}{2} \quad (31)$$

$$\vec{v}_B = \vec{v}_0 + \vec{g} * t \quad (32)$$

$$\tan \gamma = \frac{g * t}{v_0} \quad (33)$$

$$v_B = \sqrt{v_0^2 + g^2 * t^2} \quad (34)$$

$$s = v_0 * t = v_0 \sqrt{\frac{2 * h}{g}} \quad (35)$$

$$h = \frac{g * t^2}{2} \quad (36)$$

### 2.2.2 Schräger Wurf

$$y = x * \tan \gamma - \frac{g}{2 * v_0^2 * \cos^2 \gamma} * x^2 \quad (37)$$

$$\vec{v}_x = \vec{v}_0 * \cos \gamma \quad (38)$$

$$\vec{v}_y = \vec{v}_0 * \sin \gamma - \vec{g} * t \quad (39)$$

$$v_B = \sqrt{v_0^2 - 2 * g * h} \quad (40)$$

$$s = v_0 * t * \sin \gamma - \frac{g * t^2}{2} \quad (41)$$

$$t_{hmax} = \frac{v_0 * \sin \gamma}{g} \quad (42)$$

$$t_{sm} = 2 * t_{hmax} = 2 * \frac{v_0 * \sin \gamma}{g} \quad (43)$$

$$h_{max} = \frac{v_0^2 * \sin^2 \gamma}{2 * g} \quad (44)$$

$$s_{max} = \frac{v_0^2 * \sin \gamma * \cos \gamma}{g} \quad (45)$$

Höhenunterschied:

$$\text{nach max:} \quad h = h_{max} + \Delta h; t_f = \sqrt{\frac{2 * h}{g}}; v_y = \sqrt{2 * g * h} \quad (47)$$

$$\text{vor max:} \quad h = v_0 * t * \sin \gamma - \frac{g * t^2}{2} \Rightarrow t; v_y = v_0 * \sin \gamma - g * t \quad (48)$$

## 2.3 Rotation:

### 2.3.1 Grundlage

$$\phi = \frac{s}{r} \quad (49)$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{n} \quad (50)$$

$$\phi = 2\pi * N \quad (51)$$

$$\omega = 2\pi * f = \frac{2\pi}{T} \quad (52)$$

Übersicht Winkel Rad/Grad: *siehe Seite: 85*

### 2.3.2 Gleichfrmige Rotation

$$\omega = \frac{\phi}{t} \quad (53)$$

### 2.3.3 Gleichmäßig beschleunigte Rotation

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (54)$$

**Ohne Anfangswinkelgeschwindigkeit**

$$\phi = \frac{\omega * t}{2} = \frac{\alpha * t^2}{2} \quad (55)$$

$$\omega = \alpha * t = \sqrt{2\alpha * \phi} \quad (56)$$

$$\bar{\omega} = \frac{\alpha * t}{2} = \frac{\phi}{t} \quad (57)$$

**Mit Anfangswinkelgeschwindigkeit**

$$\phi = \frac{\omega_0 + \omega}{2} * t = \omega_0 * t + \frac{\alpha * t^2}{2} \quad (58)$$

$$\phi_{ges} = \phi_0 + \frac{\omega_0 + \omega}{2} * t = \phi_0 + \omega_0 * t + \frac{\alpha * t^2}{2} \quad (59)$$

### 2.3.4 Gleichmäßig beschleunigte Rotation

$$\omega = \frac{d\phi}{dt} \quad (60)$$

$$\phi = \int_{t_1}^{t_2} \omega dt \quad (61)$$

$$\bar{\omega} = \frac{\phi}{t} = \frac{\phi_2 - \phi_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (62)$$

$$\bar{n} = \bar{f} = \frac{\bar{\omega}}{2\pi} \quad (63)$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \dot{\omega} = \ddot{\phi} \quad (64)$$

$$\omega = \int_{t_1}^{t_2} \alpha dt \quad (65)$$

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} \quad (66)$$

### Bewegung auf der Kreisbahn

$$s_B = \phi * r \quad (67)$$

$$v_B = \omega * r = d * \pi * f \quad (68)$$

$$a_B = \alpha * r \quad (69)$$

$$\vec{v}_B = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad (70)$$

$$\vec{a}_B = \vec{\alpha} \times \vec{r} \quad (71)$$

$$a_r = \frac{v_B^2}{r} = \omega^2 * r \quad (72)$$

## 3 Dynamik

### 3.1 Masse und Kraft

#### 3.1.1 Newton'sche Axiome

*siehe Seite: 98*

#### 3.1.2 Grundlagen

$$\vec{F} = \vec{a} * m \quad (73)$$

$$F_G = m * g \quad (74)$$

$$(75)$$

Umrechnung in SI Fremde Krafteinheiten: *siehe Seite: 100*

**Dichte:**

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (76)$$

$$\rho_m = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i * V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (77)$$

**Federkraft**

$$k = \frac{F}{s} \quad (78)$$

$$F = -k * s \quad (79)$$

$$(80)$$

**Reibungskraft**

$$F_R = \mu * F_N \quad (81)$$

**Trägheit:**

$$\vec{F}_T = -m * \vec{a} \quad (82)$$

### 3.1.3 Spezialfälle

$$\vec{F}_{zH} = \cos \gamma * F_z; F_{zV} = \sin \gamma * F_z \quad (83)$$

$$\vec{F}_N = F_g - F_z \vec{V}; \vec{F}_R = \mu * \vec{F}_n \quad (84)$$

$$\vec{F}_H = \cos 90^\circ - \gamma; \vec{F}_n = \cos \gamma * (F_g - F_{z\perp\gamma}) \quad (85)$$

$$\text{Tendenz nach oben: } F_{z\parallel\gamma} = F_{R-H/G} + \vec{F}_H \quad (86)$$

$$\text{Tendenz nach unten: } F_{z\parallel\gamma} = \vec{F}_H \quad (87)$$

$$\text{Wenn } \vec{F}_z = \vec{F}_{gk} \quad (88)$$

$$\text{Tendenz nach oben: } m_k = m * (\mu_{G/H} * \cos \gamma + \cos(90^\circ - \gamma)) \quad (89)$$

$$\text{Tendenz nach unten: } m_k = m * (\cos(90^\circ - \gamma) - \mu_{G/H} * \cos \gamma) \quad (90)$$



## 3.2 Arbeit, Energie und Leistung

### 3.2.1 Arbeit

Umrechnung in SI-fremde Einheiten: *siehe Seite: 106*

$$W = F * s \quad (91)$$

$$W = F * s * \cos \gamma \quad (92)$$

$$W = \vec{F} * \vec{s} \quad (93)$$

$$W = \int_{s_1}^{s_2} F * \cos \gamma ds \quad (94)$$

$$W = \int_{s_1}^{s_2} \vec{F} * d\vec{s} \quad (95)$$

#### Hubarbeit

$$W_H = F_G * h = m * g * h \quad (96)$$

#### Reibungsarbeit

$$W_R = F_R * s = \mu * F_N * s \quad (97)$$

$$W = m * g * s + (\sin \gamma + \mu * \cos \gamma) \quad (98)$$

#### Beschleunigungsarbeit

$$W_B = m * a * s = \frac{m * v^2}{2} \quad (99)$$

$$W_B = m * a * s = \frac{m}{2}(v^2 - v_0^2) \quad (100)$$

#### Verformungsarbeit

$$W_F = \frac{k * s^2}{s} \quad (101)$$

### 3.2.2 Energie

#### Potentielle

$$E_p = F_G * h = m * g * h \quad (102)$$

$$E_P = m * \int_{h_1}^{h_2} g dh \quad (103)$$

#### Kinetische

$$E_k = \frac{m * v^2}{2} \quad (104)$$

$$\Delta E_k = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2) \quad (105)$$

$$(106)$$

#### Energieerhaltung

$$E_{ges} = E_p + E_k + E_r = \textit{konstant} \quad (107)$$

### 3.2.3 Leistung

Umrechnung in SI-fremde Einheiten: *siehe Seite: 114*

$$\overline{P} = \frac{W}{t} \quad (108)$$

$$P = \frac{dW}{dt} = \dot{W} \quad (109)$$

$$P = F * v \quad (110)$$

$$(111)$$

#### Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_{zu} - P_{verlust}}{P_{zu}} = 1 - \frac{P_{verlust}}{P_{zu}} \quad (112)$$

### 3.3 Impuls und Stoß

#### 3.3.1 Impuls

$$\vec{p} = m * \vec{v} \quad (113)$$

#### 3.3.2 Kraftstoß

$$\Delta \vec{p} = m * \Delta \vec{v} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt \quad (114)$$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m * \vec{v})}{dt} = \dot{\vec{p}} \quad (115)$$

$$(116)$$

#### 3.3.3 Impulssatz

$$p_g \vec{e}_s = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i = \textit{konstant} \quad (117)$$

#### 3.3.4 Stoß

##### Elastischer Stoß

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2) * v_1 + 2 * m_2 * v_2}{m_1 + m_2} \quad (118)$$

$$v'_2 = \frac{(m_2 - m_1) * v_2 + 2 * m_1 * v_1}{m_1 + m_2} \quad (119)$$

##### Unelastischer Stoß

$$v = \frac{m_1 * v_1 + m_2 * v_2}{m_1 + m_2} \quad (120)$$

$$W = E_1 - E_2 = \frac{m_1 * m_2}{2 * (m_1 + m_2)(v_1 - v_2)^2} \quad (121)$$

##### Teilelastischer Stoß

$$\Delta E = \frac{m_1 * m_2}{2 * (m_1 + m_2)} (v_1 - v_2)^2 (1 - k^2) \quad (122)$$

$$v'_1 = \frac{m_1 * v_1 + m_2 * v_2 - (v_1 - v_2)m_2 * k}{m_1 + m_2} \quad (123)$$

$$v'_1 = \frac{m_1 * v_1 + m_2 * v_2 + (v_1 - v_2)m_1 * k}{m_1 + m_2} \quad (124)$$

$$k = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \quad (125)$$

### 3.3.5 Spezialfälle

#### Ballistisches Pendel

$$E_{pot} = E_{kin} \quad (126)$$

$$v_{kh} = \sqrt{2 * g * h} \quad (127)$$

$$v_{kh} = \frac{v_k * m_k}{m_k + m_h} = \sqrt{2 * g * h} \quad (128)$$

$$v_k = \frac{m_h + m_k}{m_k} * \sqrt{2 * g * h} \quad (129)$$

### 3.4 Drehbewegung

$$F_r = \frac{m * v^2}{r} = m * \omega^2 * r = p * \omega \quad (130)$$

$$F_Z = \frac{m * v^2}{r} = m * \omega^2 * r = p * \omega = -F_r \quad (131)$$

$$a_C = 2 * v * \omega \quad (132)$$

$$F_C = 2 * m * v * \omega \quad (133)$$

$$\vec{F}_C = 2 * m (\vec{v} \times \vec{\omega}) \quad (134)$$

$$F_C = 2 * m * v * \omega * \sin \phi \quad (135)$$

$$(136)$$

#### Arbeit bei der Rotation

$$W = M * \phi \quad (137)$$

$$W = \int_{\phi_1}^{\phi_2} M d\phi \quad (138)$$

$$(139)$$

#### Leistung bei der Rotation

$$P = M\omega \quad (140)$$

#### Rotationsenergie

$$E_{rot} = \frac{J * \omega^2}{2} \quad (141)$$

$$\Delta E_{rot} = \frac{J}{2} (\omega_2^2 - \omega_1^2) \quad (142)$$

#### Drehimpuls

$$\vec{L} = J\vec{\omega} \quad (143)$$

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = m * \vec{r} \times \vec{v} \quad (144)$$

$$\Delta \vec{L} = J \Delta \vec{\omega} = \vec{M} \Delta t = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M} dt \quad (145)$$

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(J\vec{\omega})}{dt} = \dot{\vec{L}} \quad (146)$$

$$L_{ges} = \sum_{i=1}^n \vec{L}_i \quad (147)$$

### 3.5 Trägheitsmoment

Trägheitsmoment  $J_s$  einiger Körper: *siehe Seite: 131*, *siehe Seite: 132*

$$M = J * \alpha \quad (148)$$

$$\vec{F} = J * \vec{\alpha} \quad (149)$$

$$J = r^2 \Delta m = \sum_{i=1}^n r_i^2 \Delta m_i \quad (150)$$

$$J = \int_0^{m_{ges}} r^2 dm = \rho \int_0^{V_{ges}} r^2 dV \quad (151)$$

$$J_S = m * r^2 \quad (152)$$

$$J_A = J_S + m * s^2 \quad (153)$$

$$m_{red} = \frac{J}{r^2} i = \sqrt{\frac{J}{m}} \quad (154)$$

$$m * D^2 = 4J \quad (155)$$

Reduzierte Masse einiger Körper: *siehe Seite: 134*

Trägheitsradien eigener Körper: *siehe Seite: 134*

## 4 Gravitation

Daten des Sonnensystem: *siehe Seite: 148, siehe Seite: 149*

$$F_G = \frac{m_1 * m_2}{r^2} \quad (156)$$

$$g = g_0 \frac{R^2}{r^2} = \frac{G * M}{r^2} \quad (157)$$

$$g_0 * R^2 = G * M \quad (158)$$

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (159)$$

$$W = G * M * m \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (160)$$

$$v_K = R \sqrt{\frac{g_0}{r}} = \sqrt{\frac{G * M}{r}} \quad (161)$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{R^2 * g_0 * T^2}{4 * \pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{G * M * T^2}{4 * \pi^2}} \quad (162)$$

Kepler'sche Gesetze: *siehe Seite: 147f*

## 5 Schwingungen

$$\phi = \omega * t + \phi_0 = 2\pi * f + t + \phi_0 \quad (163)$$

$$y = \hat{y} \sin \phi = \hat{y} \sin(\omega * t + \phi_0) \quad (164)$$

$$v = \hat{y}\omega \cos \phi = \hat{v} * \cos \phi \quad (165)$$

$$\hat{v} = \hat{y}\omega \quad (166)$$

$$a = -\hat{y}\omega^2 \sin \phi = \hat{a} \sin \phi = -y\omega^2 \quad (167)$$

$$\hat{a} = -\hat{y}\omega^2 \quad (168)$$

$$F_R = -m\omega^2 \hat{y} \sin \phi = m\hat{a} \sin \phi = -m\omega^2 y \quad (169)$$

$$k = m\omega^2 = -\frac{F_R}{y} \quad (170)$$

$$\ddot{y} + y\omega^2 = 0 \quad (171)$$

### Lineare Federschwingung

$$k = \frac{F}{\Delta l} \quad (172)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}; f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}; T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (173)$$

### Drehschwingung

$$\epsilon = \hat{\epsilon} \sin \phi = \hat{\epsilon} \sin(\omega t + \phi_0) \quad (174)$$

$$\dot{\epsilon} = \hat{\epsilon}\omega \cos \phi = \hat{\dot{\epsilon}} \cos \phi \quad (175)$$

$$\ddot{\epsilon} = -\hat{\epsilon}\omega^2 \sin \phi = -\hat{\ddot{\epsilon}} \sin \phi = -\epsilon\omega^2 \quad (176)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{D}{J}}; f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{J}}; T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D}} \quad (177)$$



## Pendelschwingungen

$$\text{Mathematisches Pendel} \quad (178)$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (179)$$

$$\text{Physisches Pendel} \quad (180)$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J_A}{m * g * s}} \quad (181)$$

$$\text{Reduzierte Pendellänge} \quad (182)$$

$$l' = \frac{J_A}{m * g * s} \quad (183)$$

$$J_S = m * s * \left( \frac{gT^2}{4\pi^2} - s \right) \quad (184)$$

## Flüssigkeitsschwingungen

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}} \quad (185)$$

### 5.1 Schwingungsenergie

$$E = \frac{k * \hat{y}^2}{2} = \frac{m * \hat{v}^2}{2} \quad (186)$$

Übersicht von Schwingungsenergi: *siehe Seite: 205*

## 5.2 Freie gedämpfte Schwingung

$$\ddot{y} + 2\delta\dot{y} + \omega_0^2 = 0 \quad (187)$$

$$y = \hat{y}_0 e^{-\delta t} \sin \phi \quad (188)$$

$$y = \frac{\hat{v}}{\omega_d} e^{-\delta t} \sin \omega_d * t \quad (189)$$

$$y = \hat{y}_0 e^{-\delta * t} \frac{\omega_0}{\omega_d} \cos(\omega_d * t - \arcsin \frac{\delta}{\omega_0}) \quad (190)$$

$$\hat{y}_{i+n} = \frac{\hat{y}_i}{q^n} \quad (191)$$

$$e^{\delta T_d * n} = \frac{\hat{y}_i}{\hat{y}_{i+n}} = q^n \quad (192)$$

$$\Lambda = \delta T_d = \ln \frac{\hat{y}_i}{\hat{y}_{i+1}} = \ln q \quad (193)$$

$$\tau = \frac{1}{\delta} \quad (194)$$

$$T_H = \frac{\ln 2}{\delta} \quad (195)$$

$$\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = \omega_0 \sqrt{1 - \vartheta^2} \quad (196)$$

$$T_d = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}} = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \vartheta^2}} \quad (197)$$

$$y = \frac{\hat{v}}{\omega'_d} e^{-\delta t} \sinh \omega'_d t \quad (198)$$

$$y = \hat{y}_0 e^{-\delta t} \cosh \omega'_d t \quad (199)$$

$$y = \hat{v} t e^{-\delta t} \quad (200)$$

$$y = \hat{y}_0 (1 + \delta t) e^{-\delta t} \quad (201)$$

Übersicht gedämpfte Schwingungen: *siehe Seite: 211*

### 5.3 Erzwungene Schwingung

$$\ddot{y} + 2\delta\dot{y} + \omega_0^2 y = \frac{\hat{F}_E}{m} \cos \omega * t \quad (202)$$

$$y = \hat{y} \cos(\omega * t - \alpha) \quad (203)$$

$$\hat{y} = \frac{\hat{F}_E}{\sqrt{m^2(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \beta^2\omega^2}} \quad (204)$$

$$\alpha = \arctan \frac{\omega\beta}{m * (\omega_0^2 - \omega^2)} = \arctan \frac{2\omega\delta}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (205)$$

$$\hat{y}_{st} = \frac{\hat{F}_E}{m\omega_0^2} \quad (206)$$

$$\omega_R = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\beta^2}{2m^2}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2} \quad (207)$$

$$\hat{y} = \frac{\hat{F}_E}{\beta\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}} = \frac{\hat{F}_E}{\beta\omega_d} \quad (208)$$

$$\frac{\hat{y}_R}{\hat{y}_{st}} = \frac{\omega_0^2}{2\delta\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}} = \frac{\omega_0^2}{2\delta\omega_d} = \frac{\pi\omega_0^2}{\Lambda\omega_d^2} \quad (209)$$

$$Q \approx \frac{\pi}{\Lambda} \quad (210)$$

$$\frac{\hat{y}}{\hat{y}_{st}} = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2\delta\omega)^2}} \quad (211)$$

$$(212)$$

## 5.4 Überlagerung von Schwingungen

### 5.4.1 gleiche Richtung und Frequenz

$$y_R = \hat{y}_R \sin(\omega * t + \phi_{0R}) \quad (213)$$

$$\hat{y}_R = \sqrt{\hat{y}_1^2 + \hat{y}_2^2 + 2\hat{y}_1\hat{y}_2 \cos(\phi_{01} - \phi_{02})} \quad (214)$$

$$\phi_{0R} = \arctan \frac{\hat{y}_1 \sin \phi_{01} + \hat{y}_2 \sin \phi_{02}}{\hat{y}_1 \cos \phi_{01} + \hat{y}_2 \cos \phi_{02}} \quad (215)$$

$$\hat{y}_R = 2\hat{y}_1 \cos \frac{\phi_{01} - \phi_{02}}{2} \quad (216)$$

$$\phi_{0R} = \frac{\phi_{01} + \phi_{02}}{2} \quad (217)$$

$$(218)$$

### 5.4.2 gleiche Richtung ungleiche Frequenz

$$y_R = 2\hat{y} \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} * t\right) \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} * t\right) \quad (219)$$

$$f_s = f_1 - f_2 \quad (220)$$

$$T_s = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \quad (221)$$

$$f_R = \frac{f_1 + f_2}{2} = \bar{f} \quad (222)$$

$$T_R = \frac{2T_1 T_2}{T_1 + T_2} \quad (223)$$

### 5.4.3 ungleiche Richtung

siehe Seite: 222ff.

## 6 Elektrische und Magnetische Felder

### 6.1 Magentisches Feld

$$\text{Coulubsches Gesetz: } \vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} * \frac{Q_1 * Q_p}{r^2} \quad (224)$$

$$\text{Feldstärke auf Probeladung: } \vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} \quad (225)$$

$$\text{Gravitation: } F = y \frac{m_1 * m_2}{r^2} \quad (226)$$

$$\text{Spezifischer Widerstand: } R = \frac{1}{\kappa} * \frac{l}{A} \quad (227)$$

$$\text{Längssymetrie} \Rightarrow \text{mag. Quadrat bei U} \quad (228)$$

$$\text{FLächensymetrie} \Rightarrow \text{mag. Quadrat bei I} \quad (229)$$

$$\text{Grentflächen im Störfeld:} \quad (230)$$

$$\text{Reihenschaltung: } \frac{E_1}{E_2} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (231)$$

$$\text{Parallelschaltung: } \frac{J_1}{J_2} = \frac{\kappa_1}{\kappa_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad (232)$$

$$\text{Leistung im Strömungsfeld: } P = \int \vec{E} d\vec{s} * \int \int \kappa \vec{E} d\vec{A} \quad (233)$$

$$\text{Leistungsdichte: } p = \frac{P}{V} \quad (234)$$

## 6.2 Elektrisches Feld

$$\text{Flussdichte: } D = \frac{\Psi}{A} = \epsilon E \quad (235)$$

$$\text{Gaußscher Satz der Elektrostatik: } \Psi = \iint \vec{D} d\vec{A} = \iint \epsilon \vec{E} d\vec{A} \quad (236)$$

$$\text{Kapazität: } C = \frac{\Psi}{U}; C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad (237)$$

$$\text{Zylinderkondensator geschichtet: } C = \frac{2\pi l}{\ln(\prod_{i=2}^n (\frac{r_i}{r_{i-1}})^{\frac{1}{\epsilon_{i-1}}})} \quad (238)$$

$$\text{Verbrauchergesetz des Kondensators: } i = C * \frac{du}{dt}; \quad (239)$$

$$\text{Spannungsträgheit } u = \Delta U = \frac{1}{C} \int_0^t i dt = \frac{q}{C} \quad (240)$$

$$\text{Reihenschaltung von Kondensatoren:} \quad (241)$$

$$\text{Verhalten sich wie Widerstände bei Parallelschaltung} \quad (242)$$

$$\text{Kapazitiver Spannungsteiler: } \frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1}; \frac{U_2}{U_{ges}} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \quad (243)$$

$$\text{Parallelschaltung von Kondensatoren:} \quad (244)$$

$$\text{Verhalten sich wie Widerstände in Reihe} \quad (245)$$

$$\text{Kapazitiver Stromteiler: } \frac{i_1}{i_2} = \frac{C_1}{C_2}; \frac{i_2}{i_{ges}} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \quad (246)$$

$$\text{Selbstenlatung: } \tau_{iso} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{k} \quad (247)$$

$$\text{Geschichtetes Dielektrikum: Reihenschaltung: } \frac{E_1}{E_2} = \frac{\epsilon_{r2}}{\epsilon_{r1}} \quad (248)$$

$$\text{Parallelschaltung: } \frac{D_1}{D_2} = \frac{\epsilon_{r1}}{\epsilon_{r2}} \quad (249)$$

$$\text{Gespeicherte Energie: } W = \frac{1}{2} * C * U^2 = \frac{1}{2} * \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} i_{max} * \tau * U \quad (250)$$

$$\text{Inhomogenes Feld: } W = \iint \epsilon \vec{E} d\vec{A} * \int \vec{E} d\vec{s} \quad (251)$$

$$\text{Kraft zwischen 2 Kondensatorplatten: } F_q = -\frac{1}{2} Q * E \quad (252)$$

$$\text{Spezielle Kondensatoren:} \quad (253)$$

$$\text{Sichtkondensator: } C = (n - 1) * \frac{A * s * \epsilon}{d} \quad (254)$$

$$\text{Wickelkondensator: } C = 2 * \frac{\epsilon A}{d}; A = l * b \quad (255)$$

$$\text{Drehkondensator: } C = (n - 1) * \frac{\alpha}{\pi} * \frac{A * \epsilon}{d} \quad (256)$$

### **Geladene Kondensatoren in Reihe**

Anfangswerte:  $U_{1\alpha} = \frac{Q_{1\alpha}}{C_1}$ ;

Gesamtspannung=Spannungszuwachs+Gesamtanfangsspannung:  $u_g = \frac{1}{C_e} * \int_0^t i dt = I_q * \Delta t$

Vorgehensweise bei einer Idealen Spannungsquelle:

- Brechung der Anfangsspannungen
- Berechnung von der verschobenen Ladung
- Entspannung am Kondensator
- Kontrolle über die obige Formel

Vorgehensweise bei idealer Spannungsquelle:

- Wirkspannung am geöffneten Schalter berechnen
- Verschobenen Ladung in dem Fall:  $\Delta Q = C_e * U_w$
- Spannung Kondensator:  $U_{ie} = \Delta U + U_{ia} = \frac{Q_v}{C_1} + U_{ia}$

### **Geladene Kondensatoren Parallel**

Spannung an den Kondensatoren:  $U_p = \frac{Q_{ges}}{C_{ges}}$ , Anschlieend neue Ladungsverteilung berechnen