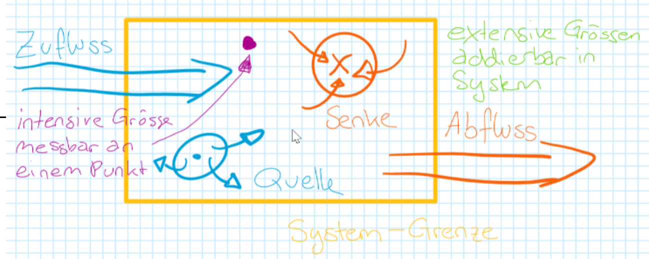
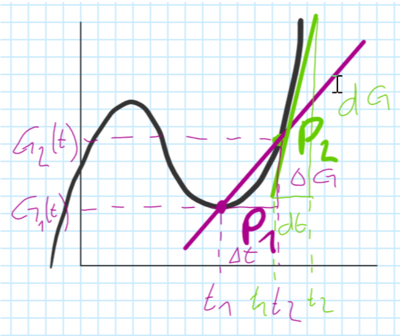
Formelblatt Physik 1:

SW01 Bilanzieren



Extensive Grösse	Intensive Grösse	
• Addiert - Masse - Vollumen - Elektrische Ladung - Energie	• Addiert nicht - Temperatur - Geschwindigkeit - Druck - Elektrische Spannung	Bilanzgleichung = Summer extensiver Grossen im System

Tranportierte extensive Grösse	Symbol e. G.	Symbol zugehöriger Strom	Symbol zugehörige Produktionsrate	$(Volumen) - Bilanzgleichung:$
Volumen	V	Volumenstrom I_v	Volume Produktionsrate π_v	$\dot{V} = I_{vin} + I_{vout} + \pi_{vin} + \pi_{vout} = \sum_i I_{vi} + \sum_j \pi_{vj}$
Elektrische Ladung	Q	Ladungsstrom I_Q	Weder erzeugbar noch vernichtbar (nicht Produzierbar)	
Impuls	p	Impulsstrom I_p		
Energie	W	Energiestrom I_W		

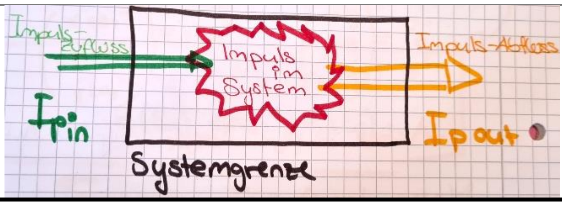


Tangente = momentane Änderungsrate	Sekante = mittlere Änderungsrate
$\frac{dG}{dt}(t_1) = \lim_{t_2 - t_1} \frac{G(t_2) - G(t_1)}{t_2 - t_1} = \dot{G}$	$\frac{\Delta G_{t_1 - t_2}}{\Delta t} = \frac{G(t_2) - G(t_1)}{t_2 - t_1}$
$\dot{G}(t) = \sum_i I_{G,i}(t) + \sum_j \pi_{G,j(t)}$	**Bilanzgleichung** für eine belibige **extensive Grösse G(t)** (IG,i(t) die Zu- und Abflüsse über die Systemgrenzen & ΠG,j(t) die Produktionsraten der Quellen und Senken innerhalb der Systemgrenzen darstellen)
$\Delta G_{t1 \to t2} = \int_{t1}^{t2} \dot{G}(t)dt$	**Bestimmung der Änderung von G(t) durch Integration der Bilanzgleichung**

SW02 Impuls und Kraft

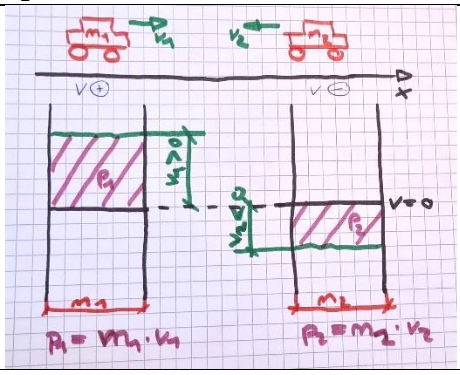
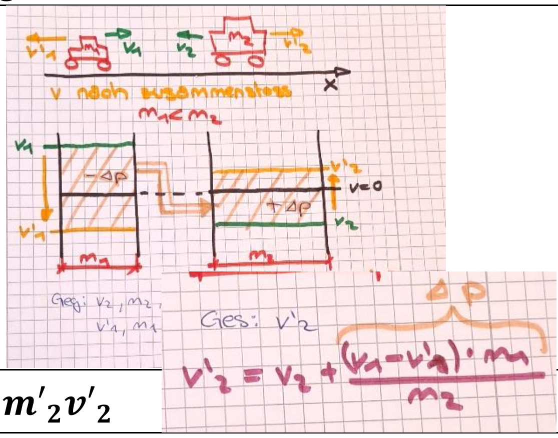
1. Newtonsche Gesetz	Keine Kräfte wirken = keine Impulsänderung (bei Konstanter Masse)
2. Newtonsche Gesetz	$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}_{res} = \begin{pmatrix} F_{resx} \\ F_{resy} \\ F_{resz} \end{pmatrix} = m\vec{a} = \dot{\vec{p}} = \begin{pmatrix} \dot{p}_x \\ \dot{p}_y \\ \dot{p}_z \end{pmatrix}$
3. Newtonsche Gesettz	$\vec{F}_{2\to1}(t) = -\vec{F}_{1\to2}(t)$ / actio = reaction / Impuls = Erhaltungsgrösse
Impuls	$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \left[\frac{kg \cdot m}{s} oder\ N \cdot s\right]$

SW02 Impulsstrom und Impulsstrombilanz



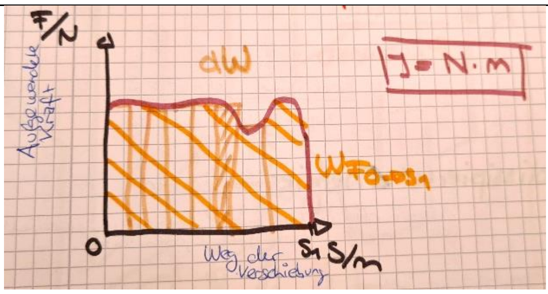
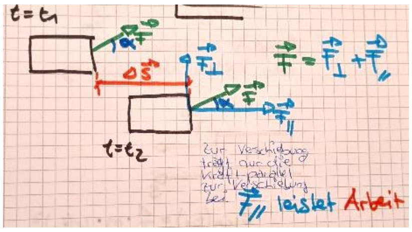
Impulsbilanz: $\dot{\vec{p}} = \begin{pmatrix} \dot{p}_x \\ \dot{p}_y \\ \dot{p}_z \end{pmatrix} = \sum_i \vec{I}_{p,i} = \begin{pmatrix} \sum_i \vec{I}_{px,i} \\ \sum_i \vec{I}_{py,i} \\ \sum_i \vec{I}_{pz,i} \end{pmatrix}$

Gesamtimpuls des Systems = Summer der Impulse aller Teilsysteme

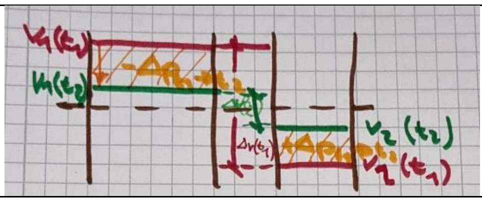
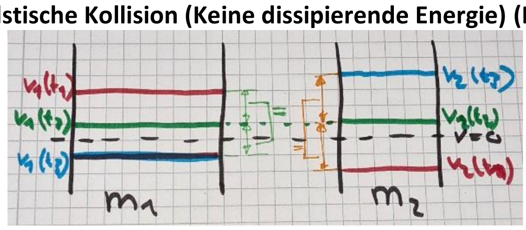
Flüssigkeitsmodell vor Zusammenstoss	Flüssigkeitsmodell nach Zusammenstoss
	

$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 = m'_1 v'_1 + m'_2 v'_2$$

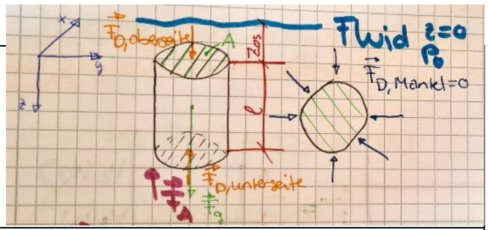
SW03 Arbeit[J] = W, Leistung[W] = P und Energie[J] = E

 Arbeit (Krafft parallel zur Verschiebung): $W_{F,0\to s_2} = \int_0^{s_2} dW_F = \int_0^{s_2} F(s)\cdot ds$	 $W_F = F\cdot\Delta s\cdot cos\alpha = \vec{F}\cdot\Delta\vec{s}$ **Arbeit einer Kraft entlang eines Pfades:** $\boldsymbol{W_{F,s_1\to s_2} = \int_{s_1}^{s_2}\vec{F}(s)\cdot d\vec{s}}$
$P_F(t) = \vec{F}(t)\cdot\vec{v}(t)$	**Leistung einer Kraft entlang eines Pfads**
$\eta = \frac{P_{nutzen}}{P_{aufwand}}$	Wirkungsgrad
$W_{F,t_1\to t_2} = \int_{t_1}^{t_2} P_F(t)dt = \int_{t_1}^{t_2}\vec{F}(t)\cdot\vec{v}(t)dt$	**Arbeit einer Kraft bei bekannter Leistung**
$E_{kin}(t_1) = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v(t_1)^2$	Kinetische Energie
$\Delta E_{kin t_1\to t_2} = W_{F,t_1\to t_2}$	**Änderung der Kinetischen Energie ist gleich am Körper geleistet Arbeit**

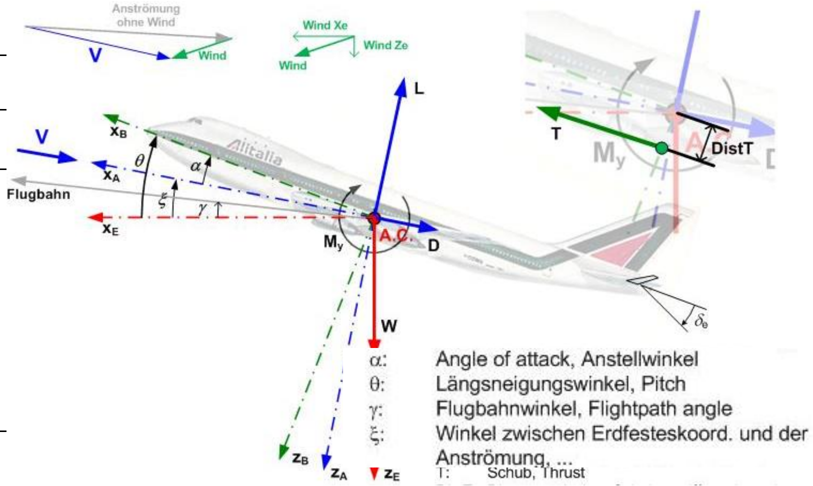
SW03 Impuls und Energie im Flüssigkeitsmodell

$I_{E,in}(t) + I_{E,out}(t) = \dot{E}(t)$	**Allgemeine Energiebilanz für ein System**
$I_W(t) = I_p(t)\cdot v(t)$	**Zu Impulsstrom zugeordneter Energiestrom** (Work)
$P(t) = I_p(t)\cdot\Delta v(t)$	**Prozessleistung bei Impulsübertragung zwischen Körpern mit Geschwindigkeitsdifferenz Δv**
	**Energieänderung zwischen zwei Zuständen eines Zweikörpersystems bei Impulsübertragung:** $\boldsymbol{\Delta W_{sys,t_1\to t_2} = \Delta p_{t_1\to t_2}\cdot\frac{1}{2}(\Delta v(t_1) + \Delta v(t_2))}$
Vollelstische Kollision (Keine dissipierende Energie) (Feder) 	**Inelastische Kollision:** Wagen verbinden sich und bewegen sich mit Gemeinsamer Geschwindigkeit fort. t_3 entfällt. (ganze Energie dissipiert)
	Teilelastische Kollision (Puffer): Teil Energie gespeichert wie bei Vollelastischen Kollision. Teil dissipiert wie bei inelastischer Kollision.

SW04 Auftrieb und Luftwiderstand



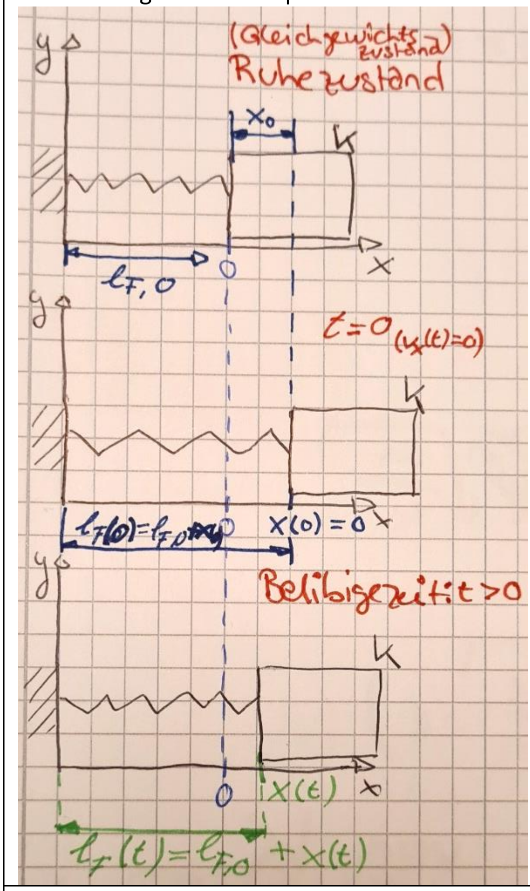
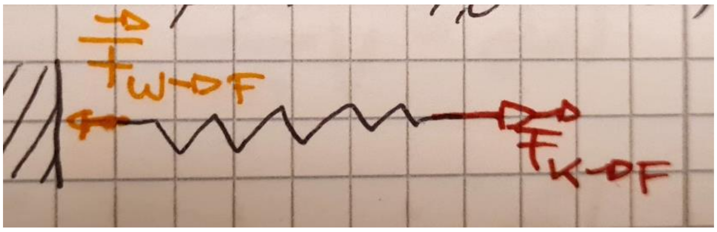
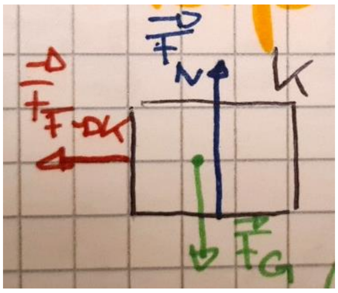
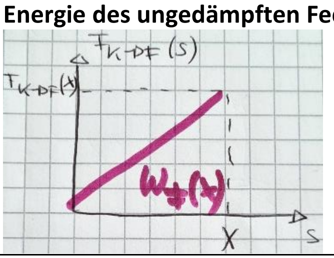
$\vec{F_A} = -m_{Fl}\cdot\vec{g} = -p\cdot l\cdot A\cdot\vec{g} =$ $Dichte\cdot Volumen\cdot Gravitationskraft$	**Statische Auftriebskraft**
$F_D = \frac{1}{2}\rho_\infty v^2{}_\infty\cdot c_D\cdot A$ $F_L = \frac{1}{2}\rho_\infty v^2{}_\infty\cdot c_L\cdot A$	**Auftriebskraft und Luftwiderstand**
$\frac{c_D}{c_L} = \tan\gamma\ (Anströmung\ und\ Erdoberfläche)$ $c_D = \frac{F_D}{q_\infty\cdot A} / c_L = \frac{F_L}{q_\infty\cdot A}$	**Gleitverhältnis der Widerstand und Auftriebswerte**
$\vec{F}_{Aero} = \vec{F}_L \perp v_\infty + \vec{F}_D \parallel v_\infty$	**Zerlegung der Aerodynamischen Kraft**



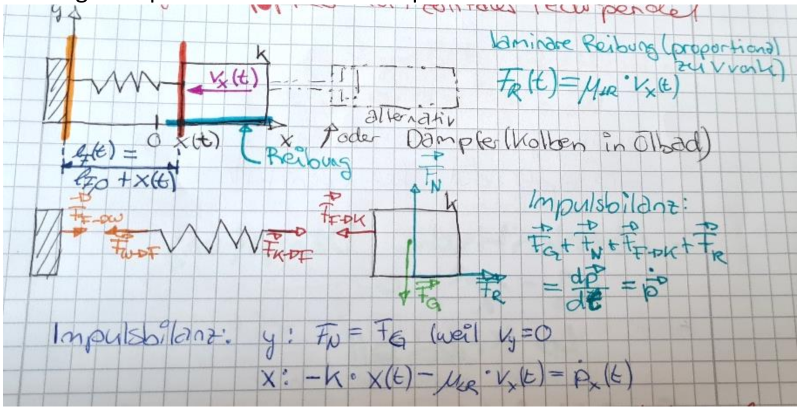
Lösungsvorgehen

1. Freischneiden (Skizze)
2. Kräfte identifizieren
3. Impulsbilanz vektoriell
4. Bezugssystem (Rechtssystem)
5. Vektorkomponenten (Auf Achsen aufteilen)
6. Impulsbilanz Komponentenform
7. Randbedingungen (Geg.)
8. Lösen eines Gleichungssystems

SW05 Mechanische Schwingungen

Freier harmonischer Oszillator Frei schwingendes Federpendel 	$k = Federkonstante$ $l_{F,0} = entspannte\ Federlänge$ $m = Masse\ vom\ Körper$ $K = Körper$ $w_0 = Kreisfrequenz$ $T = Periode$ $\hat{x} = Aplitude\ (maximale\ Auslenkung)$ $\delta = Phasenverschiebung$ $x_0 = Anfangsauslenkung$ **Feder:** $\vec{F}_{W\to F} = -\vec{F}_{K\to F} = \begin{pmatrix} -k \cdot x(t) \\ 0 \end{pmatrix}$ **Körper:** $\vec{F}_G(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ -mg \end{pmatrix}$ $\vec{F}_N(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ \vec{F}_N(t) \end{pmatrix}$ $\vec{F}_{F\to K}(t) = \begin{pmatrix} -k \cdot x(t) \\ 0 \end{pmatrix}$ $\vec{F}_G + \vec{F}_N + \vec{F}_{F\to K} = \dot{\vec{p}}$
$w_0 = \sqrt{k/m}$	**Kreisfrequenz**
$\ddot{x} + w_0^2 \cdot x(t) = 0$	**Bewegungsgleichung**
$x(t) = \hat{x}\cos(w_0 \cdot t + \delta)$ $v(t) = \dot{x}(t) = -\hat{x} \cdot w_0 \cdot \sin(w_0 \cdot t + \delta)$ $s(t) = \ddot{x}(t) = -\hat{x} \cdot w_0^2 \cdot \cos(w_0 \cdot t + \delta)$	**Allgemeine Lösung der Bewegungsgleichung** Geschwindigkeit Beschleunigung
$T = \frac{2\pi}{w_0} = 2\pi\sqrt{m/k}$	**Periode der ungedämpften Federpendels**
$x(t) = x_0 \cdot \cos(w_0 \cdot t)$	**Ortsfunktion des ungedämpften Federpendels**
$W_{Sys} = W_{kin}(t) + W_F(t) = 1/2 \cdot k \cdot x_0^2$ $W_{kin}(t) = 1/2 \cdot m \cdot v_x^2(t)$ $W_F(t) = 1/2 \cdot k \cdot x(t)^2$	**Energie des ungedämpften Federpendels** 

Linear gedämpfter Oszillator
Linear gedämpftes horizontales Federpendel



Reibungskraft minus weil entgegen Geschwindigkeit
$e^{-\gamma t}$ → exponentielle Abnahme der Amplitude

Bewegungsgleichung des linear gedämpften Oszillator:

$$\ddot{x}(t) + \frac{\mu_{LR}}{m} \cdot \dot{x}(t) + \frac{k}{m} \cdot x(t) = 0$$

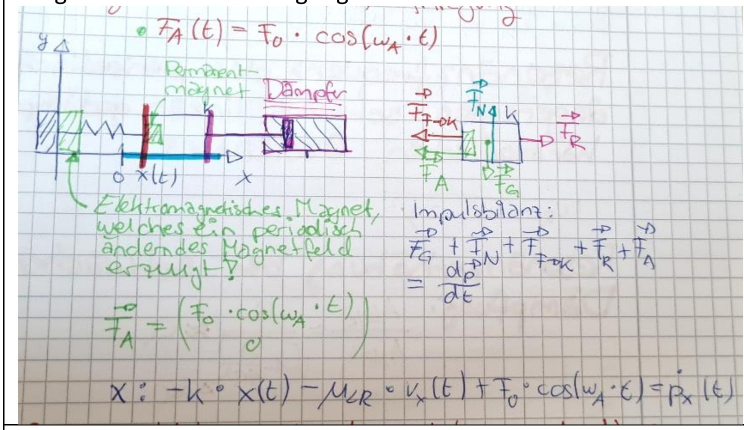
$\frac{\mu_{LR}}{m} = \gamma$	**Kreisfrequenz** gedämpfter harmonischer Oszillator: $w_d = \sqrt{w_0^2 - \gamma^2}$

Auslenkfunktion schwach gedämpfter harmonischer Oszillator:

$$x(t) = \hat{x} \cdot e^{-\gamma t} \cdot \cos(w_d \cdot t + \delta)$$

Schwache Dämpfung	$w_0^2 - \gamma^2 > 0 \rightarrow w_0 > \gamma$
Kritische Dämpfung	$w_0^2 - \gamma^2 = 0 \rightarrow w_0 = \gamma$
Überkritische Dämpfung (nicht berechnen)	$w_0^2 - \gamma^2 < 0 \rightarrow Kriechfall$
Gütefaktor des gedämpften harmonischen Oszillators	$Q = w_d \cdot T$
Gütefaktor und relative Energieabnahme pro Periode	$Q = 2\pi \cdot \left(\frac{\Delta W_{Sys,k\rightarrow k+1}}{W_{Sys,k}}\right)^{-1} / \frac{\Delta W_{Sys,k\rightarrow k+1}}{W_{Sys,k}} = \frac{2\pi}{w_d \cdot T}$

Harmonisch angeregter, linear gedämpfter Oszillator
Wagen an Feder mit Anregung



Bewegungsgleichung des harmonischen angeregten linear gedämpften Oszillator:

$$\ddot{x}(t) + 2\gamma \cdot \dot{x}(t) + \omega_0^2 \cdot x(t) = s(t)$$

Störfunktion: $s(t) = \hat{s} \cdot \cos(w_A \cdot t)$

Ortsfunktion des harmonisch angeregten harmonischen Oszillator:

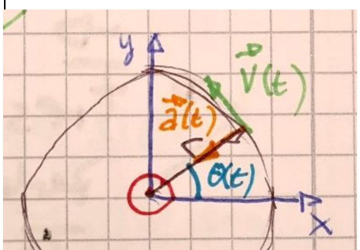
$$x(t) = A(w_A) \cdot \cos(w_0 \cdot t - \delta(w_A))$$

Amplitude des harmonisch angeregten, linear gedämpften Oszillators als Funktion der Anregungsfrequenz:

$$A(\omega_A) = \frac{\hat{s}}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_A^2)^2 + 4\gamma^2 \cdot \omega_A^2}}$$

Amplitude des harmonisch angeregten, linear gedämpften Federpendels als Funktion der Anregungsfrequenz	$A(\omega_A) = \frac{F_0}{\sqrt{m^2 \cdot (\omega_0^2 - \omega_A^2)^2 + (\mu_{LR} \cdot \omega_A)}}$
Phasenverschiebung des harmonisch angeregten harmonischen Oszillators:	$\delta(\omega_A) = tan^{-1}\left(\frac{2\gamma \cdot \omega_A}{\omega_0^2 - \omega_A^2}\right) = tan^{-1}\left(\frac{\mu_{LR} \cdot \omega_A}{m \cdot (\omega_0^2 - \omega_A^2)}\right)$
Resonanzfrequenz des periodisch angeregten schwach linear gedämpften harmonischen Oszillators	$\omega_R = \sqrt{\omega_0^2 - 2\gamma^2}$
Resonanzüberhöhung bei schwacher Dämpfung	$Q \approx \frac{A(\omega_R)}{A_{stat}}$

SW06 Kreisbewegung und Trägheitskräfte



Mittlere Winkelgeschwindigkeit: $\overline{\omega}_{t_1 \rightarrow t_2} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{t_1 - t_2} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

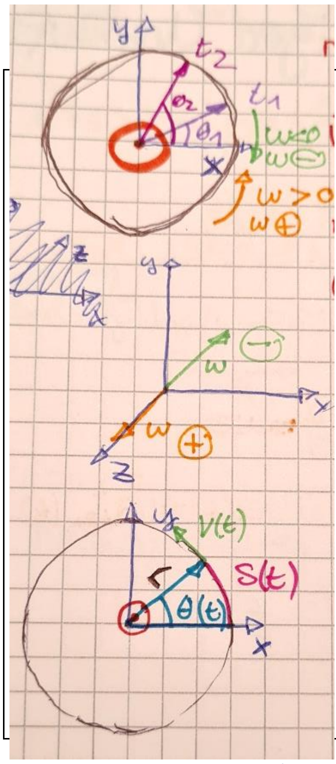
Momentanen Winkelgeschwindigkeit [rad/s]: $\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta(t)}{dt} = \dot{\theta}(t)$

Bogenlänge auf Kreis mit Radius r (Position): $s(t) = \theta(t)_{in\ Radiant} \cdot r$

Zusammenhang Bahngeschwindigkeit und Winkelgeschwindigkeit: $v(t) = \omega(t) \cdot r$

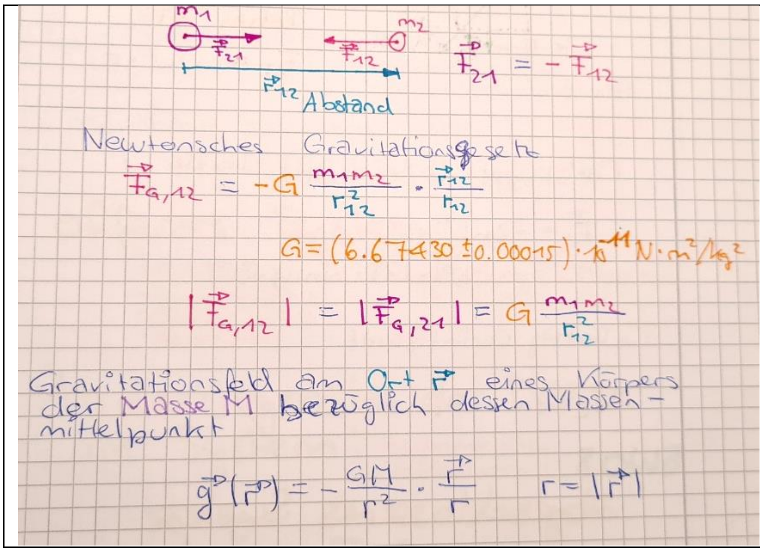
Gleichförmige Kreisbewegung:

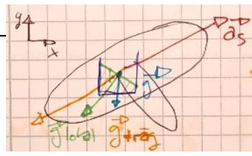
- Winkelgeschwindigkeit kontant w(t) = w



➢ Bahngeschwindigkeit Kontant v(t) = v ➢ Winkel Berechnung $\theta(t) = wt$	
Radialbeschleunigung bei gleichförmiger Kreisbewegung: $\vec{a_r}(t) = -\omega^2 \cdot \vec{r}(t)$	Betrag Radialbeschleunigung bei gleichförmiger Kreisbewegung: $\|\vec{a_r}\| = a_r = \omega^2 \cdot r = \frac{v^2}{r}$
Periode T bei gleichförmiger KB (Wiederholung) [s]	$T = \frac{2\pi}{\omega}$
Beschleunigungsvektor in tangentiale und radiale Komponenten	$\vec{a}(t) = \vec{a}_t(t) + \vec{a}_r(t)$ $\dot{v}(t) = \vec{a}_t(t) \perp \vec{a}_r(t) = \frac{v^2(t)}{r}$ Falls $\vec{v} = const$, dann $\vec{a}_t(t) = 0$
Zentripetalkraft **IMMER** eine resultierende Kraft	$\vec{F}_{res}(t) = \underbrace{\vec{F}_{res,t}(t)}_{tangential} + \underbrace{\vec{F}_{res,r}(t)}_{zentripetal} = m_{konst.} \cdot \vec{a}(t)$

SW07 Gravitation und Trägheitsfeld

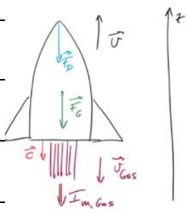




Trägheitsfeld im Innern eines beschleunigten Systems: $\vec{g}_{träg} = -\vec{a}$, $\vec{g}_{träg} = \vec{g_t}$ $\vec{g}_{lokal} = \vec{g} + \vec{g}_{träg}$ $\|\vec{g}_{lok}\| = g_{lok} = \sqrt{g_t{}^2 + g^2}$, falls $\vec{g}_t \perp \vec{g}$ = $g_{lok} = \sqrt{a^2 + g^2}$
Zentrifugalkraft: $\vec{F}_{ZF} = m\omega^2 r \cdot \frac{\vec{r}}{r}$ Betrag der Zentrifugalkraft: $F_{ZF} = m\omega^2 r$
Corioliskraft (z.B. Physiker Ball zu werfen auf drehende Scheibe): $\vec{F}_c = -2m(\vec{\omega} \times \vec{v})$
Betrag der Corioliskraft: $F_C = 2m \cdot \omega v \cdot sin\angle(\vec{\omega}, \vec{v})$

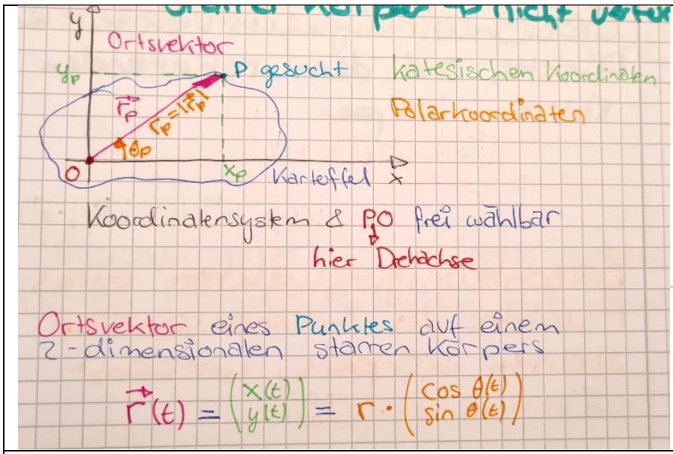
SW08 Impuls und Energiebilanz bei offenen Systemen

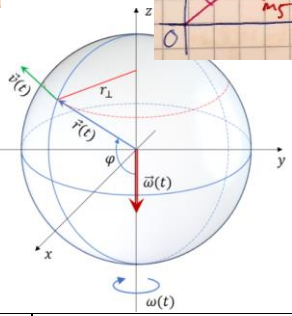
Impulsbilanz Offene Systeme	$\sum_i \vec{F}_{Ob,i} + \sum_i \vec{F}_{K,i} + \sum_i \vec{I}_{p,konv,i} = \frac{d\vec{p}}{dt}$
Konvektiver Impulsstrom und Massenstrom	$\vec{I}_{p,konv} = I_m \cdot \vec{v}_m$
Volumenstrom	$I_v = v \cdot A$
Massenbilanz offenes System	$\sum_i I_{m,i}(t) = \dot{m}(t)$
Zusammenhang Massestrom und Volumenstrom	$\vec{I}_m(t) = \rho \cdot I_V(t)$
Bewegungsgleichung Rakete (Gravitationsfeld vernachlässigt)	$v_z(m) = c \cdot \ln\frac{m_0}{m}$
Schubkraft Strahltriebwerk	$F_{Schub} = I_m \cdot (v_{out} - v_{in})$
Leistung Strahltriebwerk	$P = \frac{v_{out} + v_{in}}{2} \cdot F_{Schub}$
Schubkraft Mantelstromtriebwerk	$F_{Schub} = \underbrace{I_{m,K} \cdot (v_{out,K} - v_{in})}_{Schub\ Triebwerk\ allein} + \underbrace{I_{m,M} \cdot (v_{out,M} - v_{in})}_{Zusatzschub\ Mantel}$
Bernoulli'sche Gleichung	$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = const \rightarrow gleich\ Position\ 1\ und\ 2$
Ausflussgesetz von Torricelli	$v_3 = \sqrt{2gh_1}$

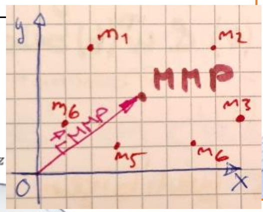


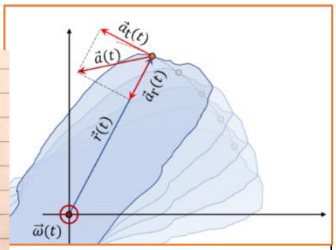
1. Systemanalyse und Freischneiden 2. Kräfte und konvektive Impulsströme identivizieren 3. Impulsbilanz in Vektorieller Form	4. Bezugssystem definieren und Komponenten der Vektoren ermitteln 5. Impulsbilant in skalarer Form 6. Bestimmung der Schubkraft

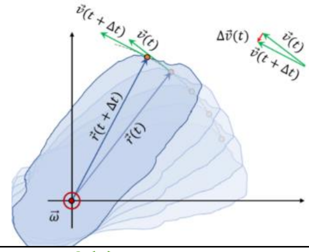
SW09 Kinematik starren Körpers & Massenmittelpunkt











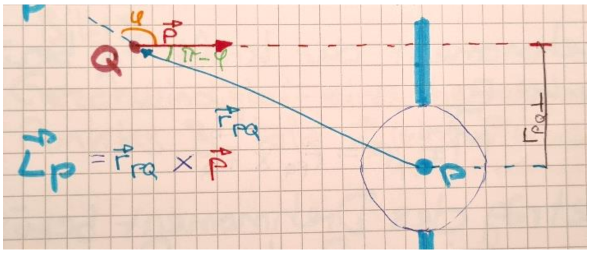
Geschwindigkeitsvektor eines Punkts des 2-dimensionalen starren Körpers	$\vec v(t) = r \cdot \omega(t) \cdot \begin{pmatrix} -\sin\theta(t) \\ \cos\theta(t) \end{pmatrix}$
Betrag des Geschwindigkeitsvektor eines Punkts des 2-dimensionalen starren Körper	$v(t) = \lVert \vec v(t) \rVert = r \cdot \lvert \omega(t) \rvert$
Momentane Winkelgeschwindigkeit eines Punkts des starren Körpers	$\omega(t) = \dot\theta(t)$
Geschwindigkeitsvektor eines Punkts auf dem rotieren starren Körper	$\vec v(t) = \vec\omega(t) \times \vec r(t)$
Beschleunigungsvektor eines Punkts des 2-dimensionalen starren Körpers, $\omega = const$	$\vec a(t) = -r \cdot \omega^2 \cdot \begin{pmatrix} \cos\theta(t) \\ \sin\theta(t) \end{pmatrix}$
Betrag des Beschleunigungsvektors eines Punkts des 2-dimensionalen starren Körpers, , $\omega = const$	$a(t) = \lVert \vec a(t) \rVert = r \cdot \omega^2$
Tangentialbeschleunigung	$\boldsymbol{a_t(t) = \lVert \vec a_t(t) \rVert = r \cdot \lvert \dot\omega(t) \rvert}$
Radialbeschleunigung	$\boldsymbol{a_r(t) = \lVert \vec a_r(t) \rVert = r \cdot \omega^2}$
Kreuzprodukt-Darstellung der Beschleunigung eines Punkts auf einem starren Körper	$\vec a(t) = \underbrace{\vec\omega(t) \times \vec r(t)}_{= \vec a_t(t)} + \underbrace{\vec\omega(t) \times (\vec\omega(t) \times \vec r(t))}_{= \vec a_r(t)}$
Massenmittelpunkt des Mehrteilchensystems	$\vec r_{MMP} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^{n} m_k \vec r_k$
Dynamik des Massenmittelpunkts	$\sum \vec F_{ext} = m \cdot \frac{d^2}{dt^2}(\vec r_{MMP}) = m \cdot \vec a_{MMP}$
Massenmittelpunkt einer kontinuierlichen Massenverteilung mit Dichte $\varrho(\vec r)$	$\vec r_{MMP} = \frac{1}{m} \int_V \vec r \cdot \varrho(\vec r) dV$
Massenmittelpunkt eines Systems starrer Körper mit Massen m_i und mit MMP $\vec r_{MMP,i}$	$\vec r_{MMP} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{n} m_i \cdot \vec r_{MMP,i}$

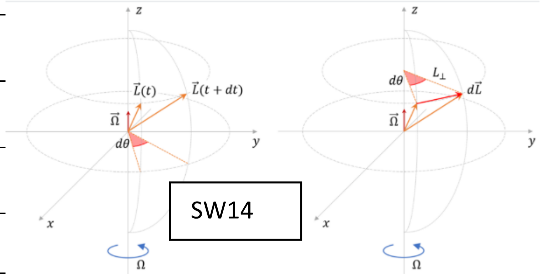
SW10 Kinematik des starren Körpers Allgemeine ebene Bewegung (Eigen Rotation + System Rotation)

Geschwindigkeit eines beliebigen Punktes B falls $\vec v_p(t)$ *und* $\vec\omega(t)$ bekannt	$\vec v_B(t) = \vec v_P(t) + \vec\omega(t) \times \vec r_{PB}(t)$
Beschleunigung eines beliebigen Punktes B falls $\vec a_P(t)$ und $\vec\omega(t)$ Mit $\vec a_p = \vec a_{p,t} + \vec a_{p,r}$	$\vec a_B(t) = \vec a_P(t) + \dot{\vec\omega}(t) \times \vec r_{PB}(t) + \vec\omega(t) \times (\vec\omega(t) \times \vec r_{PB}(t))$
Ort des Momentanpols M (v(t)=0) relativ zu P	$\vec r_{PM}(t) = \frac{\vec\omega(t) \times \vec v_p(t)}{\omega^2(t)}$
Bedingung für Rollen ohne Gleiten(=rutschen)	$v_A(t) = \frac{ds(t)}{dt} = \frac{r \cdot d\theta(t)}{dt} = r \cdot \omega(t)$

SW11 Das Drehmoment

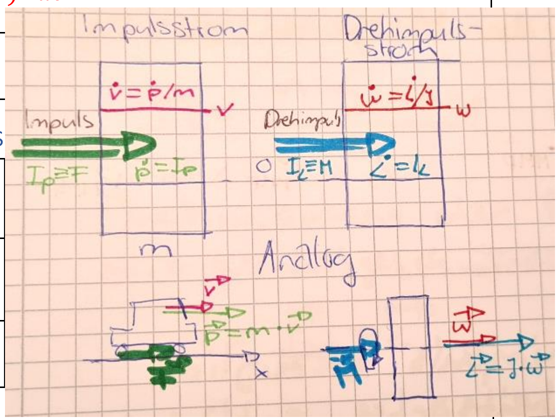
Drehmoment der Kraft $\vec F_Q$ die in Q angreift, bezüglich des Punkts P (Selber wählen) [Nm]	$\vec{\mathcal M}_{\vec F_Q,P} = \vec r_{PQ} \times \vec F_Q$
Betrag des **Drehmoments** von $\vec F_Q$bezüglich Punkt P	$\mathcal M_{\vec F_Q,P} = r_{PQ} \cdot F_Q \cdot \sin\angle(\vec r_{PQ}, \vec F_Q) = F_Q \cdot r_{PQ,\perp}$
Resultierendes **Drehmoment** bezüglich eines Punkts P	$\vec{\mathcal M}_{res,P} = \sum_i \vec{\mathcal M}_{i,P}$
Drehmoment eines Kräftepaares mit Angriffspunkten S und Q	$\vec{\mathcal M} = \vec r_{SQ} \times \vec F \rightarrow \vec F_S + \vec F_Q \rightarrow \vec F_S \parallel \vec F_Q$

Drehimpuls einer Punktmasse am Ort Q mit Impuls $\vec{p}$ bezüglich Punkt P 	**Drehimpuls** einer Punktmasse mit Massenträgheitsmoment J_P und Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$ um P: $\vec{L}_P = J_P \cdot \vec{\omega}$
	Drehimpulskomponente entlang der **Drehachse** definiert durch $\vec{\omega}$: $L_{\vec{\omega}} = J_{\vec{\omega}} \cdot \omega$
	Drehimpuls des starren Körpers bei Rotation um Hauptträgheitsachse: $\vec{L}_{HTA} = J_{HTA} \cdot \vec{\omega}$
Änderungsrate des **Drehimpulses** einer Punktmasse ist gleich Summe aller Drehmomente	$\frac{d}{dt}\vec{L}_P = \sum \vec{\mathcal{M}}_P = \sum \vec{\mathcal{M}}_{ext,P}$ Die zeitliche Drehimpulsänderungsrate eines Körpers ist = der Summe aller ext Drehmomente, die auf Körper wirken.
2tes Newton'sche Axiom Rotation J= const und bez. Fixpunkt oder MMP→ Summe der externen Drehmomente auf ein System = Null → der Drehimpuls des Systems erhalten.	$\sum \vec{\mathcal{M}}_{ext} = J \cdot \dot{\vec{\omega}}$
Drehimpuls des starren Körpers bei Rotation durch Hauptträgheitsachse durch seinen Massenmittelpunkt	$\vec{L}_{MMP}^{Eigen} = J_{MMP} \cdot \vec{\omega}$
Massenträgheitsmoment einer Punktmasse m im Punkt Q bezüglich eines Punkts P	$J_P = m \cdot {r_{PQ}}^2$
Massenträgheitsmoment entlang der Drehachse definiert durch $\vec{\omega}$	$J_{\vec{\omega}} = \sum_i m_i \cdot {r_{i,\perp}}^2$



SW12 Drehimpuls und Energie

Kinetische Rotationsenergie 2-dimensionaler starrer Körper	$W_{kin,rot} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2$
Kinetische Rotationsenergie des starren Körpers um fixe Achse entlang $\vec{\omega}$	$W_{kin,rot} = \frac{1}{2} \cdot J_{\vec{\omega}} \cdot \omega^2$
Kinetische Energie des starren Körpers bei freier ebener Bewegung	$W_{kin} = W_{kin,trans,MMP} + W_{kin,rot,MMP} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2{}_{MMP} + \frac{1}{2} \cdot J_{MMP} \cdot \omega^2$
Leistung eines Drehmoments $\mathcal{M}_{\vec{F}}$ bei fester Drehachse	$P_{\vec{\mathcal{M}}} = \mathcal{M}_{\vec{F}} \cdot \omega$
Arbeit eines Drehmoments für Drehung von $\theta_1$nach $\theta_2$bei fester Achse	$W_{\vec{\mathcal{M}}} = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \mathcal{M}_{\vec{F}}(\theta) \cdot d\theta$
Arbeit des Drehmoments und kinetische Rotationsenergie bei fester Drehachse	$W_{\vec{\mathcal{M}}} = \Delta W_{kin,rot}$



SW13 Drehimpuls und Flüssigkeitsmodell / Eigen- und Bahndrehimpuls

Zusammenhang Impuls und Kräfte	$\dot{\vec{p}}(t) = \sum_i \vec{I_{p,\iota}}(t) \rightarrow \dot{\vec{p}}(t) = \sum_i \vec{F_\iota}(t) \rightarrow \vec{I_{p,\iota}} \equiv \vec{F_\iota}$
Drehimpulsbilanz	$\dot{\vec{L}}(t) = \sum_i \vec{I}_{L,i}(t) /$ $\vec{I}_{L,i} \equiv \vec{\mathcal{M}}_i$
Zu Drehimpulsstrom zugeordneter Energiestrom	$I_W(t) = I_L(t) \cdot \omega(t)$
Prozessleistung bei Drehimpulsübertragung zwischen Körpern mit Winkelgeschwindigkeitsdifferenz $\Delta\omega$	$P(t) = I_L(t) \cdot \omega(t)$
Energieänderung zwischen zwei Zuständen eines Zweikörpersystems bei Drehimpulsübertragung	$\Delta W_{Sys,t_1 \to t_2} = \Delta L_{t_1 \to t_2} \cdot \frac{1}{2}(\Delta\omega(t_1) + \Delta\omega(t_2))$
Bahndrehimpuls eines starren Körpers der Masse m bezüglich O	$\vec{L}_O^{Bahn} = \vec{r}_{MMP} \times m \cdot \vec{v}_{MMP}$
Eigendrehimpuls bezüglich Hauptträgheitsachse entlang ω	$\vec{L}_{MMP}^{Eigen} = J \cdot \vec{\omega}$
Zerlegung des Drehimpuls in Bahn- und Eigendrehimpuls bei freier ebener Bewegung bezüglich O	$\vec{L}_O = \vec{L}_O^{Bahn} + \vec{L}_{MMP}^{Eigen}$

SW14 Schwenkbewegung und Unwucht

Zusammenhang Präzessionsgeschwindigkeit und Drehwinkel: $\Omega = \frac{d\theta}{dt}$	Drehmoment Gravitationskraft: $\mathcal{M}_G = m \cdot g \cdot r_\perp$ $r_\perp = r_{MMP} \cdot sin\Phi$
Drehmoment für Querdrehung der Rotationsachse mit Winkelgeschwindigkeit $\vec{\Omega}$: $\vec{\mathcal{M}} = \vec{\Omega} \times \vec{L}$	Präzessionsgeschwindigkeit eines Kreisels: $\Omega = \frac{m \cdot g \cdot r_{MMP}}{L}$