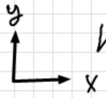
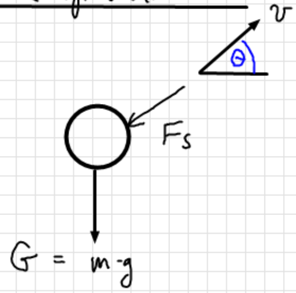
Ballschuss mit Strömungswiderstand

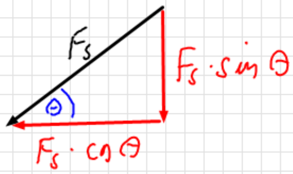


Koordinatensystem festlegen

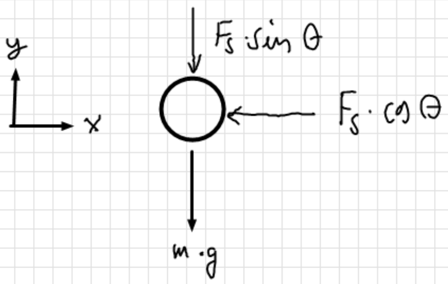
Ball freischneiden:



Zerlegung von F_s



Freigeschnittener Ball mit zerlegter Kraft $F_s(v)$



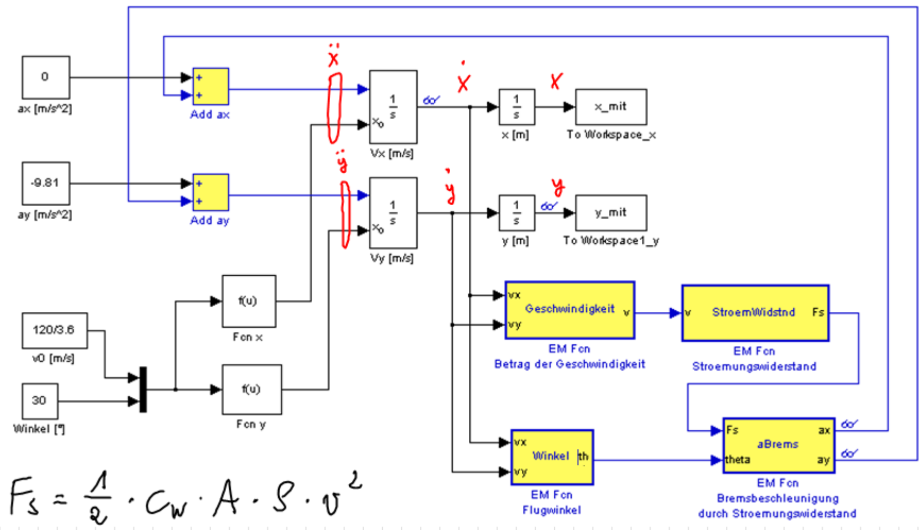
Achtung: $F_s = f(v, \Theta)$

$$\sum F_y = m\ddot{y} \Rightarrow \underline{\underline{-F_s \cdot \sin\Theta - m \cdot g = m\ddot{y}}}$$

$$\sum F_x = m\ddot{x} \Rightarrow \underline{\underline{-F_s \cdot \cos\Theta = m\ddot{x}}}$$

→ durch Strömung verursacht!

Fortsetzung: Fußball mit Strömungswiderstand



$$F_s = \frac{1}{2} \cdot c_W \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$$

$$-F_s \cdot \sin\Theta - m \cdot g = m\ddot{y}$$

$$-F_s \cdot \cos\Theta = m\ddot{x}$$

oder

$$\overbrace{-\frac{F_s}{m} \cdot \sin\Theta}^{a_y} - g = \ddot{y}$$

$$\underbrace{-\frac{F_s}{m} \cos\Theta}_{a_x} = \ddot{x}$$

a_x, a_y

↓

Bremsbeschleunigung

```
function v = Geschwindigkeit(vx, vy)
         v = sqrt(vx*vx + vy*vy);
```

```
function th = Winkel(vx, vy)
         th = atan2(vy, vx);
```

Fortsetzung: Fußball mit Strömungswiderstand

$$\underbrace{-\frac{F_s}{m}\cdot\sin\Theta}_{a_y} - g = \ddot{y} \qquad F_s = \frac{1}{2}\cdot c_w\cdot A\cdot \rho\cdot v^2$$

$$\underbrace{-\frac{F_s}{m}\cos\Theta}_{a_x} = \ddot{x}$$

```
function Fs = StroemWidst(v)
    d   = 0.22;  % Durchmesser
    A   = pi * d^2 / 4;  % Querschnitt A = πd²/4
    cw  = 0.25;  % cw - Wert
    Rho = 1.29;  % Stoffdichte kg/m³

    Fs = 0.5 * cw * A * Rho * v^2;
```

```
function [ax, ay] = aBrems(Fs, theta)
    m  = 0.45;  % Ballmasse kg
    Fx = - Fs * cos(theta);  % Luftwiderstand x
    Fy = - Fs * sin(theta);  %      "        y

    ax = Fx / m;  % durch Luftwiderstand erzeugte
    ay = Fy / m;  % Bremsbeschleunigung
```

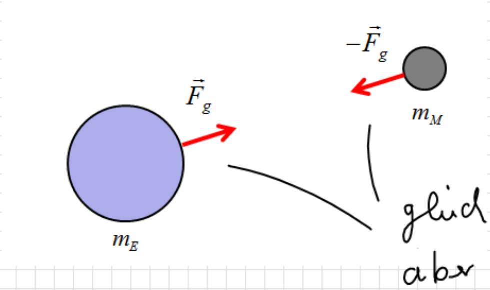
Übung: Erde - Mond

Mondmasse:	ca. $7.3 \cdot 10^{22}$ kg	tang. Mondgeschwindigkeit:	ca. 1km/s
Erdmasse:	ca. $5.9 \cdot 10^{24}$ kg	Abstand:	ca 380000km

<u>Kräfteplan</u> : Objekte freischneiden und Kräfte eintragen

freigeschnittene Erde

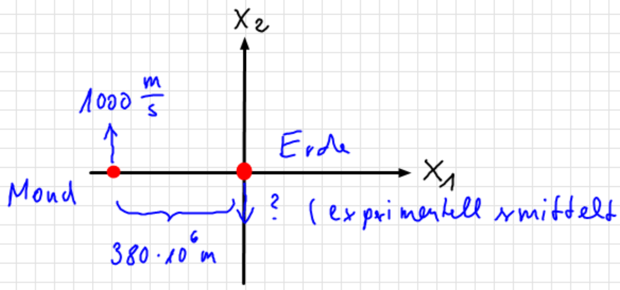
freigeschnittener Mond



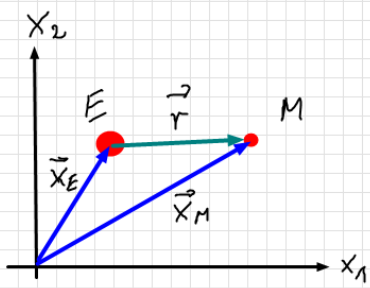
$$\boxed{\vec{F}_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \vec{e}_{12}}$$

gleich groß (Wechselwirkungsgesetz)
aber entgegengesetzte Kraftrichtung

<u>Startsituation</u>



<u>Geometrie</u>



$$\vec{r} = \vec{x}_M - \vec{x}_E$$

$$\vec{e}_r = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$$ Einsvektor E → M

⟶ Funktion: AbsDir(....) (1)

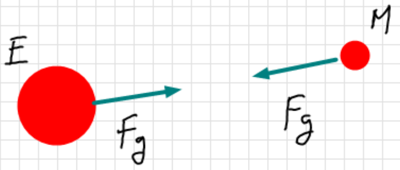
Gravitation: (Betrag)

$$F_g = \frac{G \cdot m_E \cdot m_M}{|\vec{r}|^2}$$

Funktion: Grav(....) (2)

Beschleunigung:

$F = m \cdot a \iff a = \frac{F}{m}$

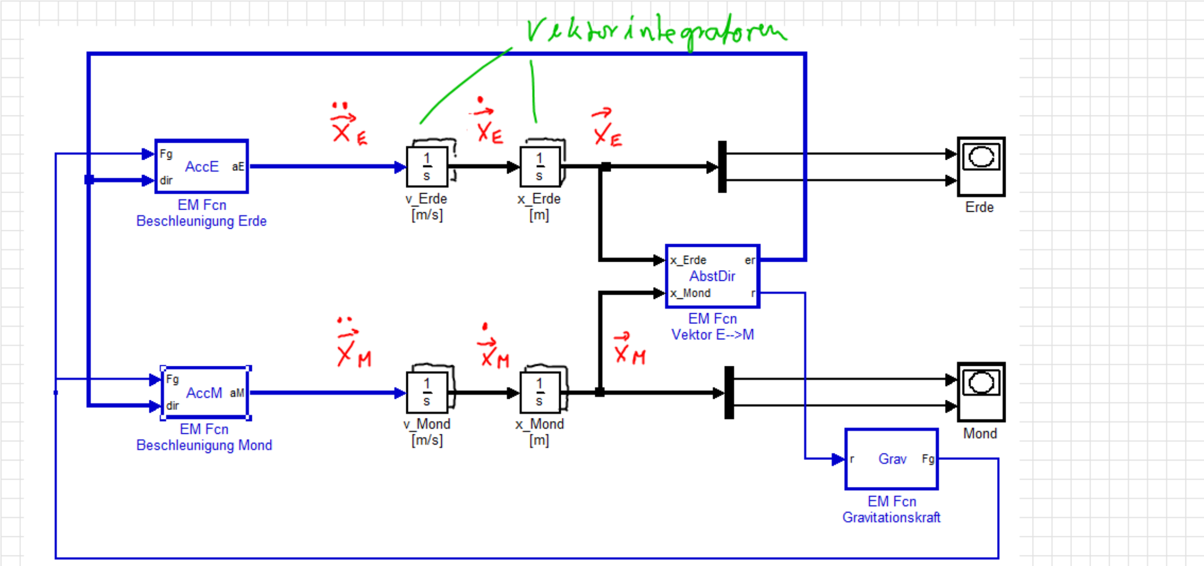


$$\vec{a}_E = \frac{F_g}{m_E} \cdot \vec{e}_r$$

Funktion AccE(....)

$$\vec{a}_M = \frac{F_g}{m_F} \cdot (-\vec{e}_r)$$

Funktion AccM(....) (3)




```
function [er, r] = AbstDir(x_Erde, x_Mond)
% Embedded MATLAB

rVek = x_Mond-x_Erde; % Vektorsubtraktion
er   = rVek/norm(rVek);  % Einheitsvektor E-->M
r    = norm(rVek);       % Abstand E-->M
```

```
function Fg = Grav(r)
% Embedded MATLAB

G = 66.7*10^-12;            % m^3/kg s^2
m_Erde = 5.9*10^24;         % kg
m_Mond = 7.3*10^22;

Fg = G*m_Erde*m_Mond/(r*r);
```

```
function aE = AccE(Fg,dir)
% Embedded MATLAB
% Fg : Gravitationskraft
% dir : Einheitsvektor E-->M

m_Erde = 5.9*10^24;  & kg

aE  =  Fg/m_Erde * dir; % Vektor
```

```
function aM = AccM(Fg,dir)
% Fg : Gravitationskraft
% dir : Einheitsvektor E-->M

m_Mond = 7.3*10^22;

aM = -Fg/m_Mond*dir; % Vektor
```