

2.9. Reibungskräfte

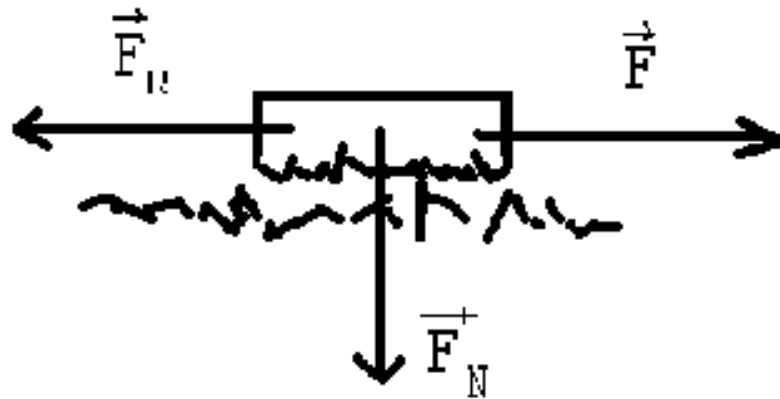
Bisher: Mechanischer Energiesatz

$E_{kin} + E_{pot} = \text{konstant}$ **Ausnahme: Unelastischer Stoß**

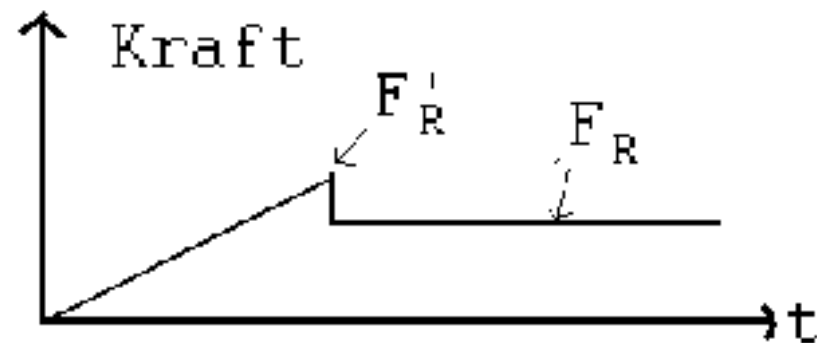
Jede reale Bewegung ist mit einem Energieverlust,
d.h. Umwandlung von kinetischer Energie in Wärmeenergie
verbunden.

\Rightarrow **Reibungskräfte** \vec{F}_R

Beispiele: F_R unabhängig von der Geschwindigkeit v



bei $v=0$: "Haftreibung" F_R'
bei $v \neq 0$: "Gleitreibung"



$F_N = F_g$ Normalkraft (Die Kraft mit der die Körper aneinander gedrückt werden)

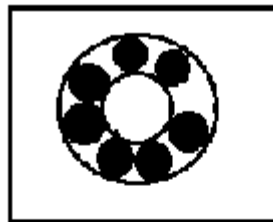
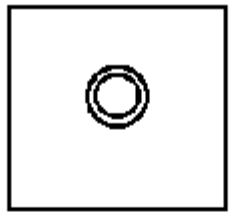
$$F'_R \sim F_N \quad F_R \sim F_N$$

$$F_R = \mu \cdot F_N$$

$$F'_R = \mu' \cdot F_N \quad ; \mu' : \text{Haftreibungskoeffizient}$$

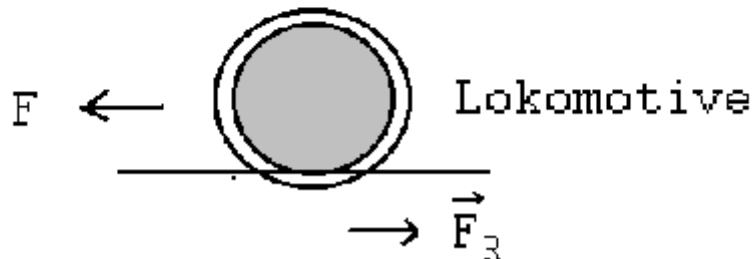
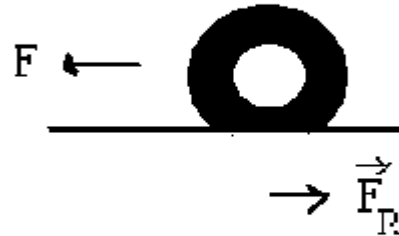
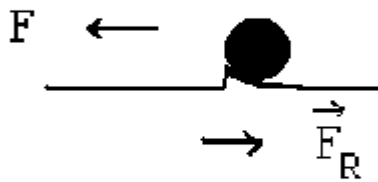
$$; \mu : \text{Gleitreibungskoeffizient}$$

stark oberflächenabhängig



μ

Rollreibung bei Kugellager
sehr klein
"harte Materialien":
Wenig Rollreibung

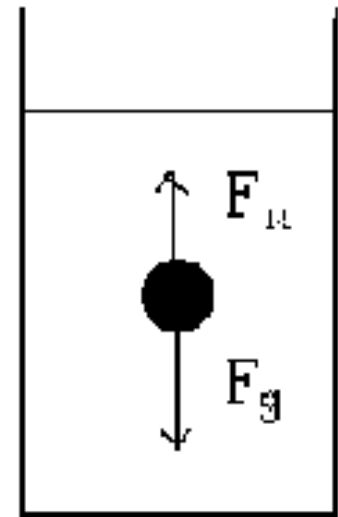


b) $F_R \sim v$ **Stokes oder viskose Reibung**

Körper in Flüssigkeit oder Gas!

$\vec{F} \sim -\vec{v}$ Wenn v "groß genug",
 dann $F_D = F_g \Rightarrow m \cdot \ddot{x} = F_g - F_R = 0$
 $\Rightarrow \dot{x} = 0$

\Rightarrow **Konstante Geschwindigkeit**



C) $F_R = k \cdot v^2$ **Newton-Reibung**

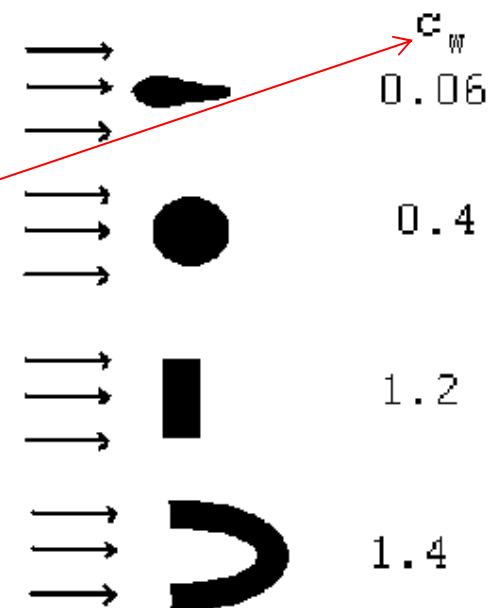
Schnelle Bewegung durch ein Fluid

$k = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A$ c_w : Widerstands-
 koeffizient: reine Zahl

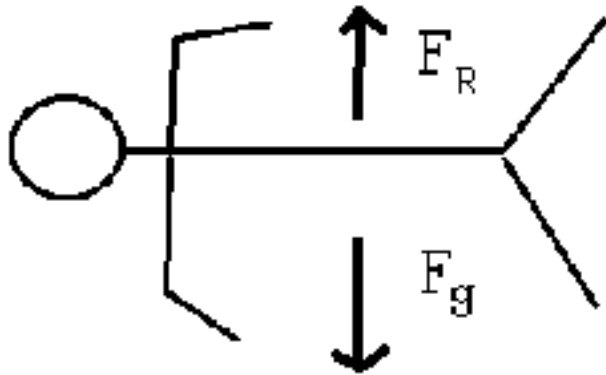
ρ : Dichte des Fluid

A: die angeströmte Fläche

c_w hängt von der Form ab



z.B.: Fall eines Menschen im Schwerfeld mit Luftwiderstand



Bewegungsgleichung:

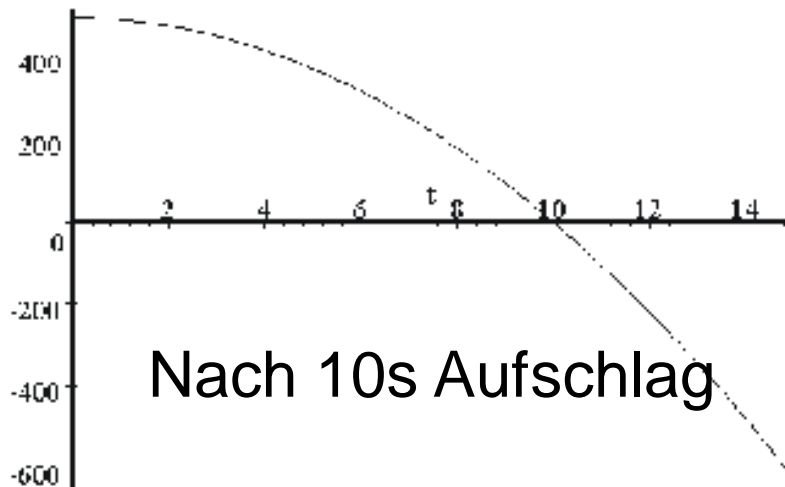
$$m \cdot \ddot{x} = -m \cdot g + k \cdot \dot{x}^2$$

Wenn $|\vec{F}_g| = |\vec{F}_R| \Rightarrow \ddot{x} = 0$

der Körper sinkt mit konstanter
Geschwindigkeit v_L :

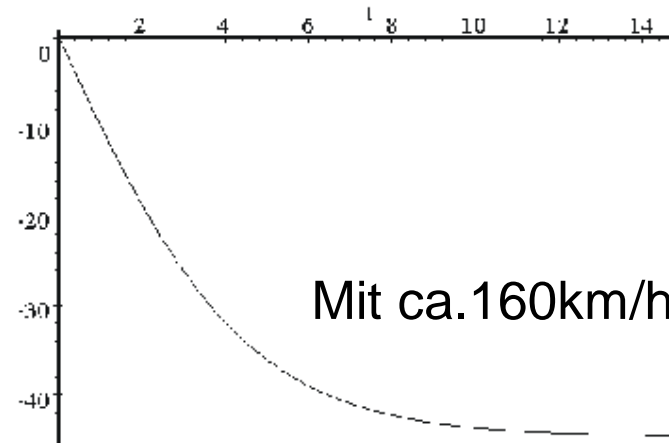
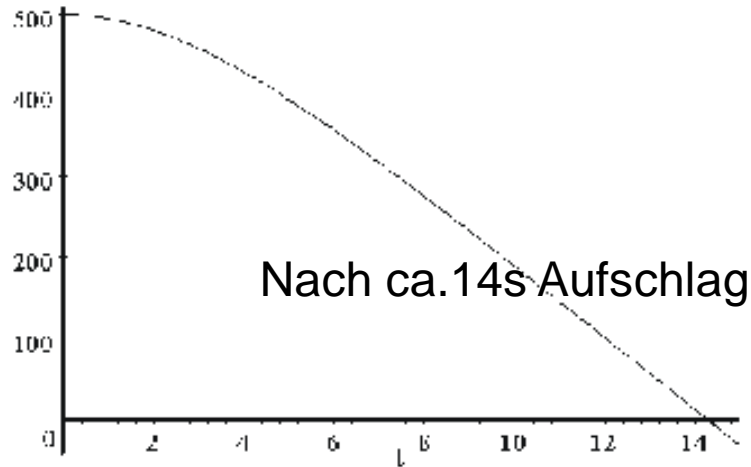
Freier Fall aus
500m(ohne Luft):

$$z(t) = -5t^2 + 500$$



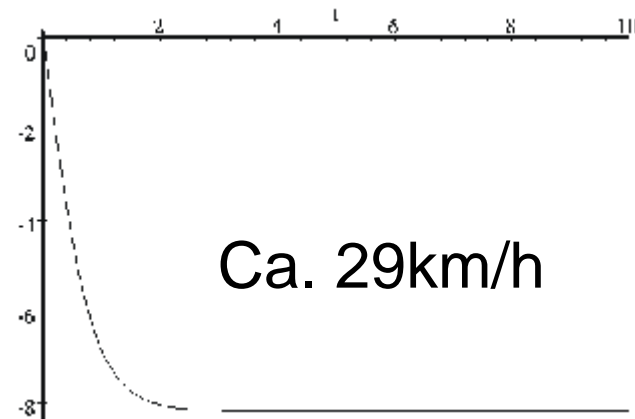
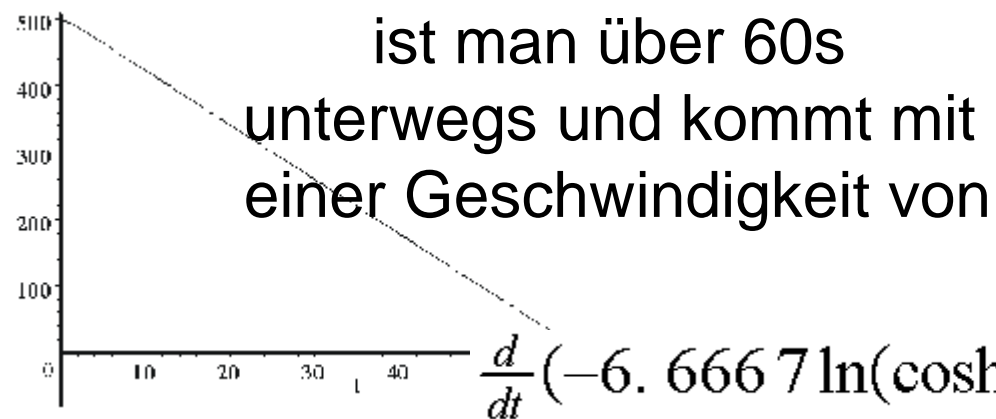
Freier Fall 500m mit Luft: $z(t) = -200.0 \ln(\cosh. 223.61t) + 500$

$$\frac{d}{dt}(-200.0 \ln(\cosh. 223.61t) + 500) = -44.722 \frac{\sinh. 223.61t}{\cosh. 223.61t}$$



Mit Fallschirm 20qm:

$$\frac{d^2z}{dt^2} - 0.5 \cdot 0.3 \cdot \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 + 10 = 0$$



$$\frac{d}{dt}(-6.6667 \ln(\cosh 1.2247t)) = -8.1647 \frac{\sinh 1.2247t}{\cosh 1.2247t}$$

Reibung: Zum Abschluss Auto

Die Reifen sind ca. mit 20% am Widerstand beteiligt.

Bei ca. 50km/h: Rollwiderstand=Luftwiderstand

bei 100km/h : Luftwiderstand 3-4 Rollwiderstand