

### 3. dynamische Systemmodelle

Kausalmodelle

Ursache  $\rightarrow$  Wirkung  
nicht-instantane Reaktion

→ vom logischen Causas

math. Formulierung: ebenfalls Gleichungen!

zeitkontinuierlich

Differentialgleichungen | Analog-Rechner

zeitdiskret

Differenzengleichungen | Digital-

klassisches Beispiel:

Newton's Bewegungsgesetz

1643-1727

Kraft = Masse  $\times$  Beschleunigung

$K = m \cdot b$  *lex prima*

(Spezialfall  $K = m \cdot g$ )

*'Naturgesetze'*

erlaubt Prognose!

$$b = \dot{v} = \ddot{x}$$

$$v = \frac{dx}{dt}$$

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt}$$

$$\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

Startbedingungen }  $\rightarrow$  zukünftiges Verhalten  
Gesetz

$$x(t) = f(x_0, m, K, t)$$

durch zweimalige  
Integration

für Rakete noch benötigt: *lex secunda*

Kraft durch Impulsänderung  $K_3 = \frac{d}{dt}(m \cdot w)$

Kräftegleichgewicht  
(vektoriell)

$$A + W + G + K_B + K_3 = 0$$

Auftrieb    Widerst.    Schwere    Besch.    Impuls-  
änderung