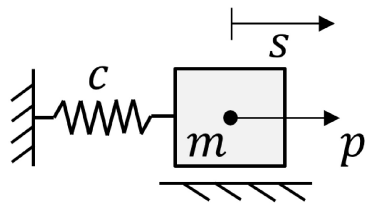


## Modellbildung mechatronischer Systeme (MMS)

### Basisgrößen - Suszeptibilitäten

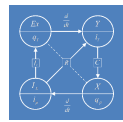
#### (Kapitel Wandler)

#### mechanisches System



Systemparameter zu einem beliebigen Zeitpunkt  $t_0$

Masse	$m_0 := 1 \text{ kg}$
Federsteifigkeit	$c_0 := 1000 \frac{\text{N}}{\text{m}}$
Weg	$s_0 := 10 \text{ mm}$
Geschwindigkeit	$v_0 := 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Impuls	$p_0 := m_0 \cdot v_0 = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
Federkraft	$F_0 := c_0 \cdot s_0 = 10 \text{ N}$



## 1. Energieänderung des Gesamtsystems

Energieänderung

$$dE = -Fds + vdp$$

## 2. Abhängigkeit der Einzelsysteme

lineare Federkraft

$$F(s) = c \cdot s$$

Geschwindigkeit

$$v(p) = \frac{1}{m} p$$

partielle Ableitungen

$$\frac{\partial}{\partial p} F(s) = \frac{\partial}{\partial p} (c \cdot s) = 0$$

**beide Systeme sind unabhängig**

$$\frac{\partial}{\partial s} v(p) = \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{m} p \right) = 0$$

## 3. - 6. Energien

Energie

$$E(s, p) = \frac{c}{2} s^2 + \frac{1}{2 \cdot m} p^2$$

**Energie zum Zeitpunkt  $t_0$** 

$$E := \frac{c_0}{2} s_0^2 + \frac{1}{2 \cdot m_0} p_0^2 = 0.55 \text{ J}$$

Co-Energie

$$E_{Co}(F, v) = \frac{1}{2 \cdot c} F^2 + \frac{m}{2} v^2$$

**Co-Energie zum Zeitpunkt  $t_0$** 

$$E_{Co} := \frac{1}{2 \cdot c_0} F_0^2 + \frac{m_0}{2} v_0^2 = 0.55 \text{ J}$$

Mischenergie 1

$$E_{M1}(s, v) = \frac{c}{2} s^2 + \frac{m}{2} v^2$$

**Mischenergie 1 zum Zeitpunkt  $t_0$** 

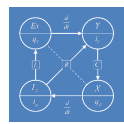
$$E_{M1} := \frac{c_0}{2} s_0^2 + \frac{m_0}{2} v_0^2 = 0.55 \text{ J}$$

Mischenergie 2

$$E_{M2}(F, p) = \frac{1}{2 \cdot c} F^2 + \frac{1}{2 \cdot m} p^2$$

**Mischenergie 2 zum Zeitpunkt  $t_0$** 

$$E_{M2} := \frac{1}{2 \cdot c_0} F_0^2 + \frac{1}{2 \cdot m_0} p_0^2 = 0.55 \text{ J}$$



## 7. - 8. Basisgrößen und Suszeptibilitäten

### Energie

$$E(s, p) = \frac{c}{2} s^2 + \frac{1}{2 \cdot m} p^2$$

### Basisgrößen

$$1. \text{ Ableitung nach } s \quad \frac{\partial}{\partial s} E(s, p) = c \cdot s = F \quad I_X = F$$

$$1. \text{ Ableitung nach } p \quad \frac{\partial}{\partial p} E(s, p) = \frac{p}{m} = v \quad Y = v$$

### Suszeptibilitäten

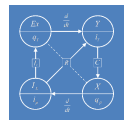
$$2. \text{ Ableitung nach } s \quad \frac{\partial^2}{\partial s^2} E(s, p) = c = \frac{1}{L_m} = \frac{1}{\chi_{sF}} \quad \chi_{sF} = L_m$$

$$2. \text{ Ableitung nach } p \quad \frac{\partial^2}{\partial p^2} E(s, p) = \frac{1}{m} = \frac{1}{C_m} = \frac{1}{\chi_{pv}} \quad \chi_{pv} = C_m$$

### Kopplungen

$$2. \text{ gemischte Ableitung} \quad \frac{\partial}{\partial s} E(s, p) = F \quad \frac{\partial}{\partial p} F = \frac{d}{dp} \left( \frac{d}{dt} p \right) = \frac{d}{dt}$$

$$2. \text{ gemischte Ableitung} \quad \frac{\partial}{\partial p} E(s, p) = v \quad \frac{\partial}{\partial s} v = \frac{d}{ds} \left( \frac{d}{dt} s \right) = \frac{d}{dt}$$



## 7. - 8. Basisgrößen und Suszeptibilitäten

### Co-Energie

$$E_{Co}(F, v) = \frac{1}{2 \cdot c} F^2 + \frac{m}{2} v^2$$

### Basisgrößen

$$1. \text{ Ableitung nach } F \quad \frac{\partial}{\partial F} E_{Co}(F, v) = \frac{F}{c} = s \quad Ex = s$$

$$1. \text{ Ableitung nach } v \quad \frac{\partial}{\partial v} E_{Co}(F, v) = m \cdot v = p \quad X = p$$

### Suszeptibilitäten

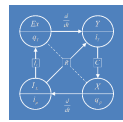
$$2. \text{ Ableitung nach } F \quad \frac{\partial^2}{\partial F^2} E_{Co}(F, v) = \frac{1}{c} = L_m \quad \chi_{sF} = L_m$$

$$2. \text{ Ableitung nach } v \quad \frac{\partial^2}{\partial v^2} E_{Co}(F, v) = m = C_m \quad \chi_{pv} = C_m$$

### Kopplungen

$$2. \text{ gemischte Ableitung} \quad \frac{\partial}{\partial F} E_{Co}(F, v) = s \quad \frac{\partial}{\partial v} s = \frac{d}{dv} \left( \frac{d}{dt} v \right) = \frac{d}{dt}$$

$$2. \text{ gemischte Ableitung} \quad \frac{\partial}{\partial v} E_{Co}(F, v) = p \quad \frac{\partial}{\partial F} p = \frac{d}{dF} \left( \frac{d}{dt} F \right) = \frac{d}{dt}$$



## 7. - 9. Basisgrößen und Suszeptibilitäten und Dissipation

### Mischenergie 1

$$E_{M1}(s, v) = \frac{c}{2} s^2 + \frac{m}{2} v^2$$

### Basisgrößen

$$1. \text{ Ableitung nach } s \quad \frac{\partial}{\partial s} E_{M1}(s, v) = c \cdot s = F \quad I_X = F$$

$$1. \text{ Ableitung nach } v \quad \frac{\partial}{\partial v} E_{M1}(s, v) = m \cdot v = p \quad X = p$$

### Suszeptibilitäten

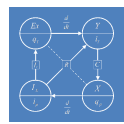
$$2. \text{ Ableitung nach } s \quad \frac{\partial^2}{\partial s^2} E_{M1}(s, v) = c = \frac{1}{L_m} \quad \chi_{sF} = L_m$$

$$2. \text{ Ableitung nach } v \quad \frac{\partial^2}{\partial v^2} E_{M1}(s, v) = m = C_m \quad \chi_{pv} = C_m$$

### Dissipation

$$2. \text{ gemischte Ableitung} \quad \frac{\partial}{\partial s} E_{M1}(s, v) = F \quad \frac{\partial}{\partial v} F = \frac{1}{R_m}$$

$$2. \text{ gemischte Ableitung} \quad \frac{\partial}{\partial v} E_{M1}(s, v) = p \quad \frac{\partial}{\partial s} p = \frac{1}{M_m}$$



## 7. - 9. Basisgrößen und Suszeptibilitäten und Dissipation

### Mischenergie 2

$$E_{M1}(F, p) = \frac{1}{2 \cdot c} F^2 + \frac{1}{2 \cdot m} p^2$$

### Basisgrößen

$$1. \text{ Ableitung nach } F \quad \frac{\partial}{\partial F} E_{M2}(F, p) = \frac{F}{c} = s \quad Ex = s$$

$$1. \text{ Ableitung nach } p \quad \frac{\partial}{\partial p} E_{M2}(F, p) = \frac{p}{m} = v \quad Y = v$$

### Suszeptibilitäten

$$2. \text{ Ableitung nach } F \quad \frac{\partial^2}{\partial F^2} E_{M2}(F, p) = \frac{1}{c} = L_m \quad \chi_{sF} = L_m$$

$$2. \text{ Ableitung nach } p \quad \frac{\partial^2}{\partial p^2} E_{M2}(F, p) = \frac{1}{m} = \frac{1}{C_m} \quad \chi_{pv} = C_m$$

### Dissipation

$$2. \text{ gemischte Ableitung} \quad \frac{\partial}{\partial F} E_{M2}(F, p) = s \quad \frac{\partial}{\partial p} s = M_m$$

$$2. \text{ gemischte Ableitung} \quad \frac{\partial}{\partial p} E_{M2}(F, p) = v \quad \frac{\partial}{\partial F} v = R_m$$