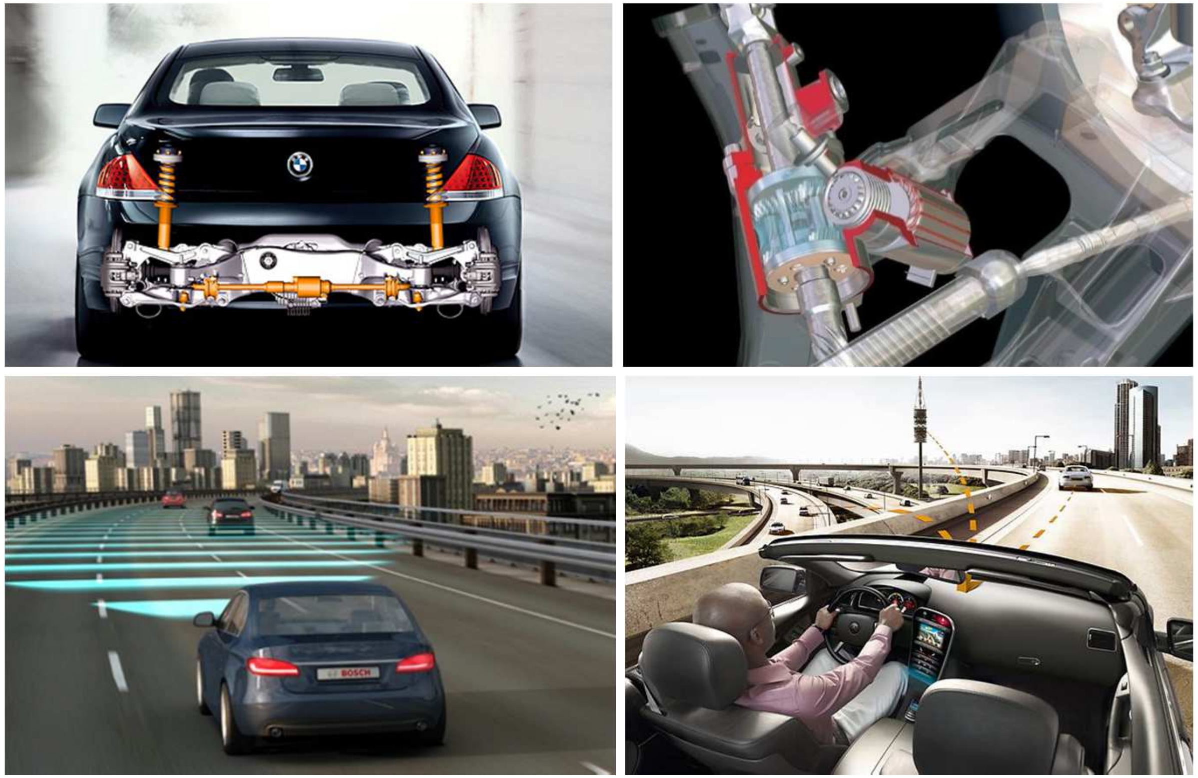
Fahrzeugmechatronik I
Modellbildung



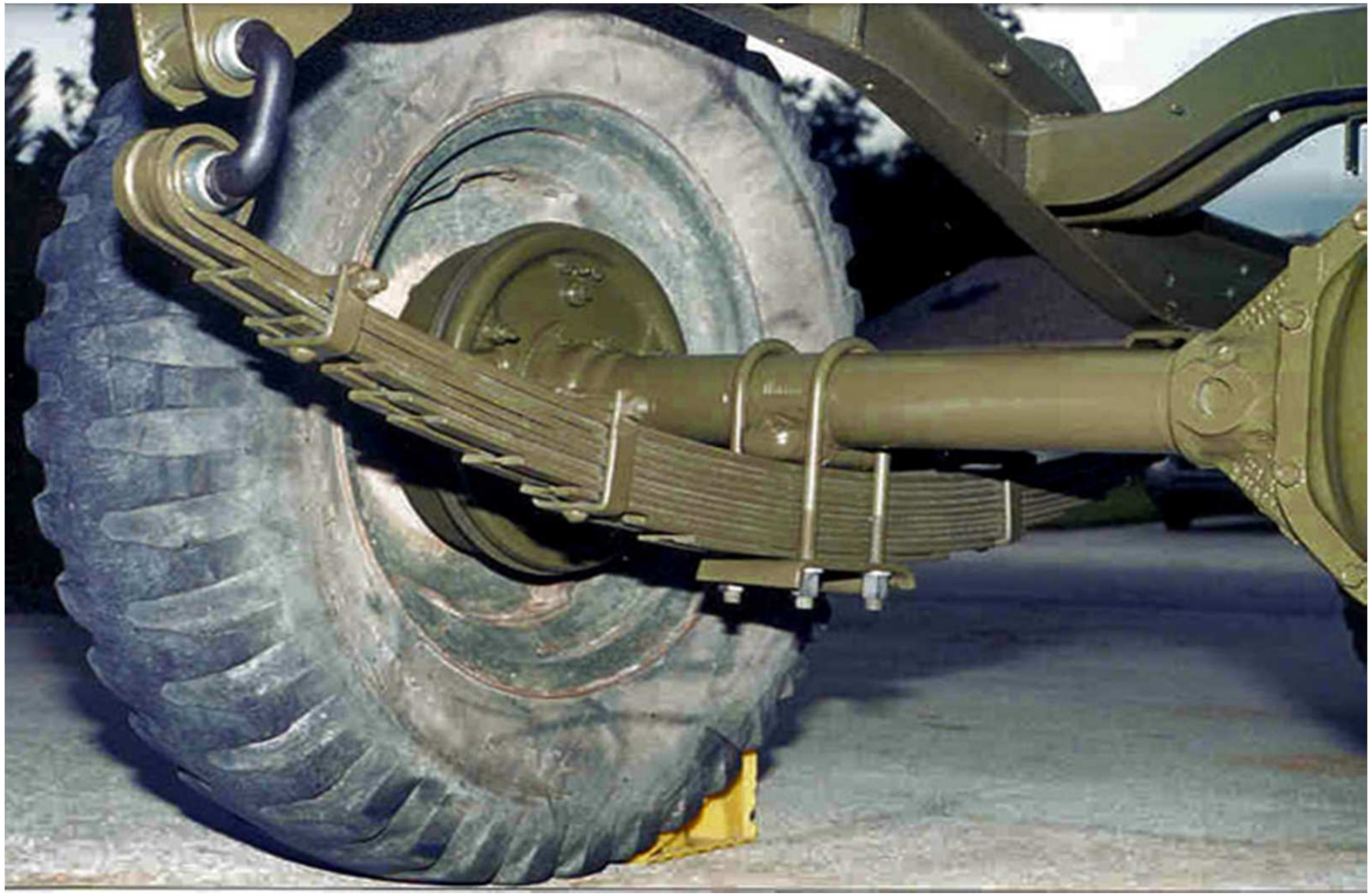
Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller
M. Sc. Osama Al-Saidi
Fachgebiet Kraftfahrzeuge • Technische Universität Berlin

Kennwertermittlung
Ermittlung von Federkonstanten

Mögliche Vorgehensweisen

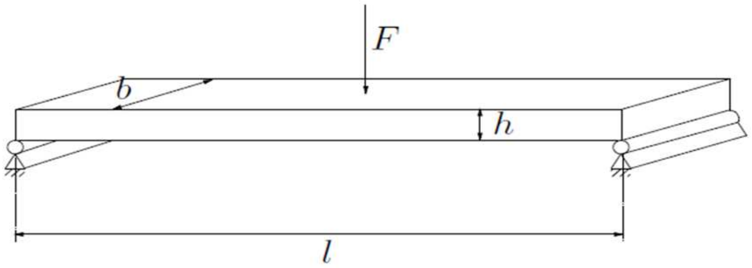
- Katalogangaben
- Tabellen
- Aufbringen einer Last und Messung der Verschiebung
- Frequenzmessung (analog Massenbestimmung)
- analytische Berechnung
- Behandlung als Federschaltungen

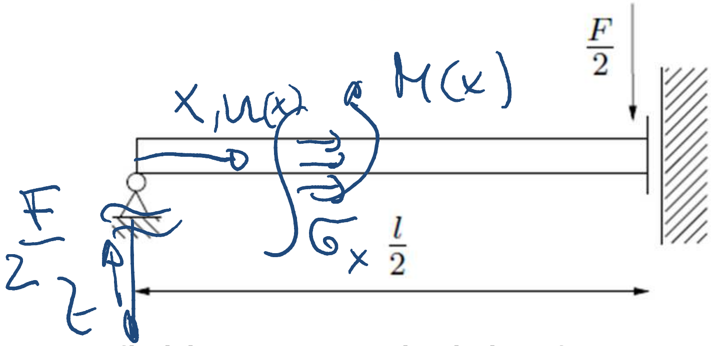
Ermittlung von Federkonstanten
Analytische Berechnung



Beispiel: Blattfederung eines geländegängigen LKW

Ermittlung von Federkonstanten
Analytische Berechnung





Definition von Schnittkräften

$$M(x) = \int_A z\sigma_x dA$$

Stoffgesetz

$$\sigma_x = E\varepsilon_x$$

Kinematik (schubstarr)

$$\varepsilon_x = \frac{du}{dx} \quad \text{mit} \quad \mathrm{u(x, z) = z}\beta\mathrm{(x) = -z}\omega'(x)$$

Einsetzen liefert

$$M(x) = -\int_A Ez^2\omega''(x)dA = -EI_y\omega''(x) \qquad I_y = \frac{bh^3}{12}$$

Mit

$$M(x) = \frac{F}{2}x$$

folgt

$$EI_y\omega'(x) = -\frac{F}{2}\frac{x^2}{2} + C_1$$

$$EI_y\omega(x) = -\frac{F}{4}\frac{x^3}{3} + C_1 x + C_2$$

Ermittlung von Federkonstanten
Analytische Berechnung

Randbedingungen

$$\omega(x=0)=0$$
$$\omega'(x=\frac{l}{2})=0$$

Hieraus folgt

$$C_2=0$$
$$C_1=\frac{F}{4}\frac{l^2}{4}=\frac{Fl^2}{16}$$

Einsetzen liefert

$$EI_y\omega(x)=-\frac{F}{4}\frac{x^3}{3}+\frac{Fl^2}{16}x$$

Somit folgt für l/2

$$EI_y\omega(\frac{l}{2})=-\frac{F}{12}\frac{l^3}{8}+\frac{Fl^2}{16}\frac{l}{2}\frac{3}{3}=\frac{Fl^3}{48}$$

Dann ergibt sich

$$F=48\frac{EI_y}{l^3}\omega(\frac{l}{2})=c_{BF}\,\omega(\frac{l}{2})$$

mit

$$c_{BF}=48\frac{EI_y}{l^3}$$

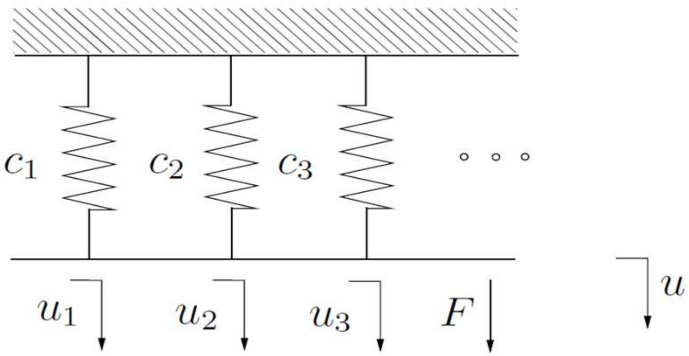
Kennwertermittlung
Ermittlung von Federkonstanten

Mögliche Vorgehensweisen

- Katalogangaben
- Tabellen
- Aufbringen einer Last und Messung der Verschiebung
- Frequenzmessung (analog Massenbestimmung)
- analytische Berechnung
- Behandlung als Federschaltungen

Ermittlung von Federkonstanten
Behandlung als Federschaltung

Parallelschaltung



Es gilt

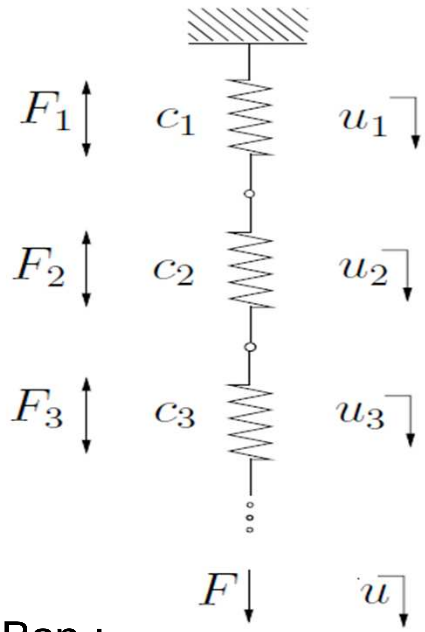
$$u_1 = u_2 = \ldots = u$$

$$F_1 + F_2 + \ldots = F = c_{ges} u$$

Somit folgt

$$F = (\sum_i c_i) u$$

Reihenschaltung



Es gilt

$$F_1 = F_2 = \ldots = F$$

$$u_1 + u_2 + \ldots = u = \frac{F}{c_{ges}}$$

Somit folgt

$$u = (\sum_i \frac{1}{c_i}) F$$

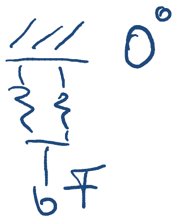
Bsp.:

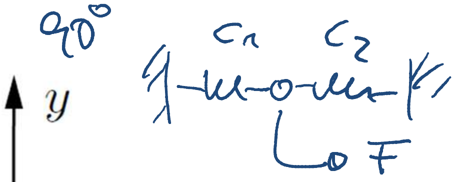
$$i = 2: \frac{1}{c_{ges}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} = \frac{c_1 + c_2}{c_1 c_2}$$

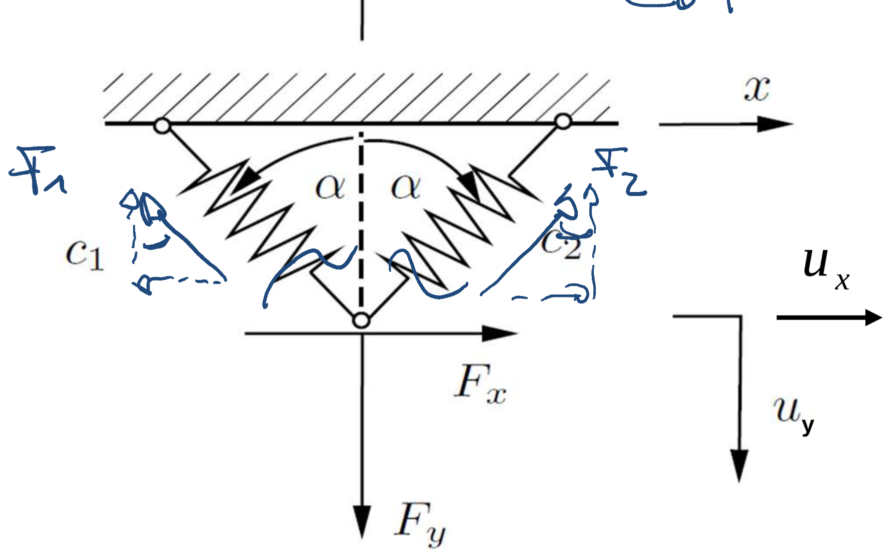
$$i = 3: \frac{1}{c_{ges}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} = \frac{c_2 c_3 + c_1 c_3 + c_1 c_2}{c_1 c_2 c_3}$$

Prof. Dr.-Ing.
S. Müller

Ermittlung von Federkonstanten
Behandlung als Federschaltung







Kräfte-GGw

$$F_x = F_1 \sin\alpha - F_2 \sin\alpha$$

$$F_y = F_1 \cos\alpha + F_2 \cos\alpha$$

Für die Verschiebungen gilt (Zug)

$$u_1 = u_x \sin\alpha + u_y \cos\alpha$$

$$u_2 = -u_x \sin\alpha + u_y \cos\alpha$$

Somit

$$F_x = c_1 (u_x \sin\alpha + u_y \cos\alpha) \sin\alpha - c_2 (-u_x \sin\alpha + u_y \cos\alpha) \sin\alpha$$

$$F_y = c_1 (u_x \sin\alpha + u_y \cos\alpha) \cos\alpha + c_2 (-u_x \sin\alpha + u_y \cos\alpha) \cos\alpha$$

$$\begin{Bmatrix} F_x \\ F_y \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} (c_1+c_2)\sin^2\alpha & (c_1-c_2) s\alpha c\alpha \\ (c_1-c_2) s\alpha c\alpha & (c_1+c_2)\cos^2\alpha \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_x \\ u_y \end{Bmatrix}$$

Ermittlung von Dämpfungskonstanten
Grundsätzliche Überlegungen

- Dämpfung führt zu Energieverlusten
- Dämpfung entsteht an der Oberfläche (z.B. Reibung) oder im Innern eines Bauteils
- Die Dämpfungskraft ist der Bewegungsrichtung immer entgegen gerichtet und es gilt

$$F_D = \left| F_D(u, \dot{u}) \right| sign(\dot{u})$$

Ermittlung von Dämpfungskonstanten
Modellierungsansätze für die Dämpferkraft

Die am weitesten verbreiteten Ansätze sind

- Coulombsche Reibung

$$F_D = \left|F_R\right| sign(\dot{u}) = F_R \; sign(\dot{u})$$

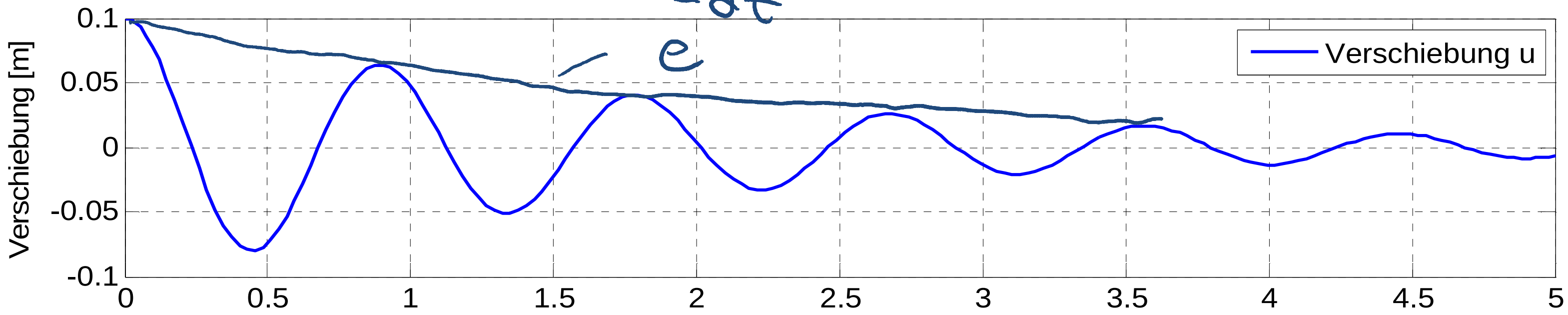
- Viskose Dämpfung

$$F_D = \left|d \; \dot{u}\right| sign\left(\dot{u}\right) = d \; \dot{u}$$

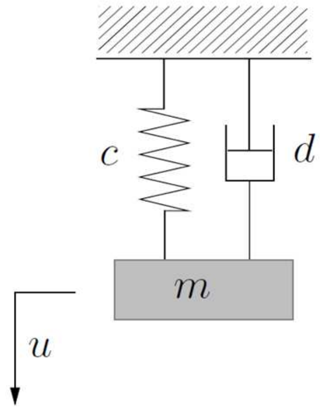
Ermittlung von Dämpfungskonstanten
Viskose Dämpfung

δ - Abklingfaktor

Ausschwingversuch - Prinzipielle Idee



Theoretische Grundlagen



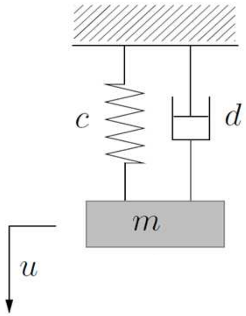
Für die freie Schwingung gilt

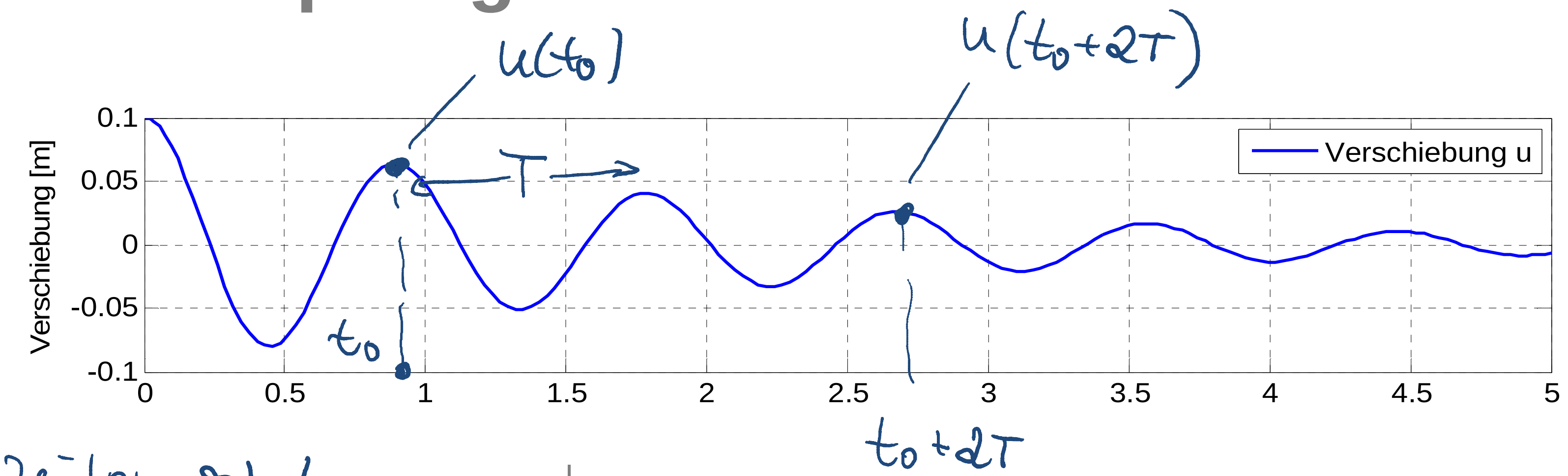
$m\ddot{u} + d\dot{u} + cu = 0$ AB: $u(0) = u_0$, $\dot{u}(0) = \dot{u}_0$

Lösung: $\boxed{u(t) = e^{-\delta t} C \cos(\omega t + \beta)}$ $\delta = \frac{d}{2m}$

Prof. Dr.-Ing.
S. Müller

Ermittlung von Dämpfungskonstanten
Viskose Dämpfung





Amplitude zum Zeitpunkt t_0

$$u(t_0) = e^{-\delta t_0} C_1 \cos(\omega t_0 + \beta)$$

Amplitude zum Zeitpunkt $t_0 + nT$

$$u(t_0+nT) = e^{-\delta (t_0+nT)} C_1 \cos(\omega (t_0+nT) + \beta)$$

Somit

$$\frac{u(t_0)}{u(t_0+nT)} = \frac{e^{-\delta t_0}}{e^{-\delta(t_0+nT)}} = e^{\cancel{-\delta t_0} + \cancel{\delta t_0} + \delta n T} = e^{\delta n T}$$

Dann

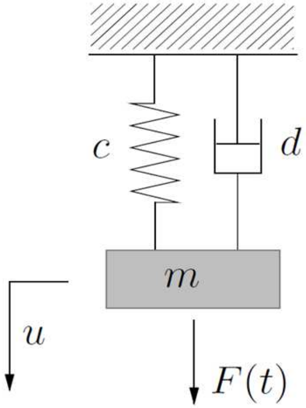
$$\ln\left(\frac{u(t_0)}{u(t_0+nT)}\right) = \delta n T = \frac{d}{2m} n T$$

Somit

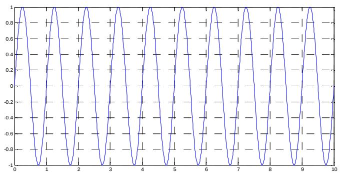
$$d = \frac{2m}{nT} \ln\left(\frac{u(t_0)}{u(t_0+nT)}\right) \quad //$$

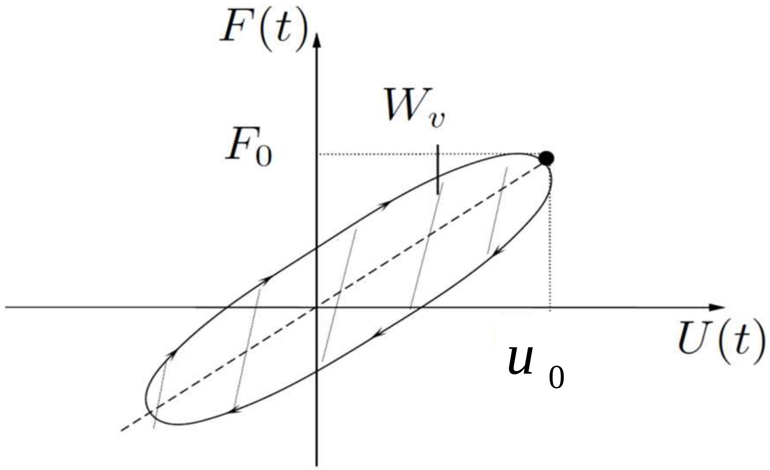
Ermittlung von Dämpfungskonstanten
Viskose Dämpfung

Harmonische Anregung - Prinzipielle Idee



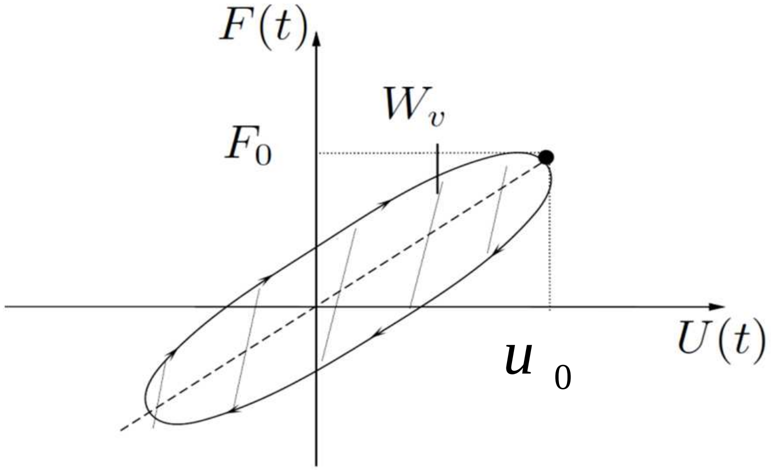
$$F(t) = F_0 \cos \Omega t$$





Theoretische Grundlagen

Ermittlung von Dämpfungskonstanten
Viskose Dämpfung



Ermittlung von Dämpfungskonstanten
Viskose Dämpfung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!