a) Steuerung: direkte Kontrolle auf Regelstrecke, ohne Rückführung "Open Loop"

Reglung: eine Regelkreis, wo eine Rückführung existiert. "Closed Loop"

Szenario: Inverse Pendel, da muss die Zustand vom System echtzeitig geregelt wird, um zu balancieren.

b) nein, Linearisierung eines nichtlinearen Systemes hat zwei Voraussetzung:
① die Funktion $\dot{x} = f(x, u)$ um den Arbeitpunkt differenzierbar ist
② der Arbeitspunkt eine Gleichgewichtslösung ist

c). 1): $\underline{\dot{x}} = \underline{\underline{A}}\,\underline{x} + \underline{\underline{B}} \cdot (-\underline{\underline{k}}\,\underline{x})$

$= \underline{\underline{A}}\,\underline{x} - (\underline{\underline{B}} \cdot \underline{\underline{k}}) \cdot \underline{x}$

2) Stabile Bedingung:

$\det(\underline{\underline{A}} - \underline{\underline{B}} \cdot \underline{\underline{k}} - \lambda \underline{\underline{I}}) \overset{!}{=} 0$

für alle λ, $Re\{\lambda\}$ muss negativ sein

3) Wenn $Im\{\lambda\} = 0 \Rightarrow$ monoton abklingen
Wenn $Im\{\lambda\} \neq 0 \Rightarrow$ oszillierend abklingen

Außer Stabilität sollen die stationäre Abweichung, Ansteigzeit und Überschwingung ausgewertet werden

d) $m\ddot{x} + d\dot{x} + kx = f + mg$

Annahme: $\underline{u} = \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix}$ $\underline{g} = \begin{bmatrix} 1 \\ f \end{bmatrix}$

$\Rightarrow \underline{\dot{u}} = \underline{\underline{A}}\,\underline{u} + \underline{g} \Rightarrow \dot{\begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k}{m} & \frac{-d}{m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ g & \frac{1}{m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ f \end{bmatrix}$

e): 1) wenn $f = 0$, $\ddot{x} = 0$, $\dot{x} = 0$, $x = \frac{mg}{k} \Leftarrow$ Ruhelagen

2) wenn $k \to 0$, $\ddot{x} = 0$, $\dot{x} = 0$, $x = \frac{mg + f}{k} = 0$

3) Wenn $g = 0$, $\ddot{x} = 0$, $\dot{x} = 0$, $x = \frac{f}{k}$

f): 1) Ruhelagen: $x = \frac{mg + f}{k} = (9.81 + \frac{F}{1})\ m$

2) $\dot{x} = 0 \Rightarrow m\ddot{x} = 0 \Rightarrow x = \frac{mg + f}{k}$

3) wenn $F = 0$ $x = 9.81\ m > 5\ m$
$\Rightarrow$ F muss negativ sein $\Rightarrow$ nach oben gerichtete Kraft anzuwenden.

g): $g=0 \quad f = -k_p x - k_v \dot{x}$

$\Rightarrow m\ddot{x} + d\dot{x} + kx = -k_p x - k_v \dot{x}$

$\Rightarrow m\ddot{x} + (d+k_v)\dot{x} + (k+k_p)x = 0$

Annahme: $\underline{u} = \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix} \Rightarrow \dot{\underline{u}} = \underline{\underline{A}}\,\underline{u} \Rightarrow \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{-k-k_p}{m} & \frac{-d-k_v}{m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix}$

h) $\det(\underline{\underline{A}} - \lambda \underline{\underline{I}}) \overset{!}{=} 0$

$$\begin{vmatrix} -\lambda & 1 \\ \frac{-k-k_p}{m} & \frac{-d-k_v}{m} - \lambda \end{vmatrix} = \lambda\left(\lambda + \frac{d+k_v}{m}\right) + \frac{k+k_p}{m} = 0$$

$\Rightarrow \lambda^2 + \frac{d+k_v}{m}\lambda + \frac{k+k_p}{m} = 0$

$\Rightarrow \lambda_1 = -\frac{d+k_v}{2m} + \frac{\sqrt{(d+k_v)^2 - 4\cdot(k+k_p)}}{2m}$

$\lambda_2 = -\frac{d+k_v}{2m} - \frac{\sqrt{(d+k_v)^2 - 4\cdot(k+k_p)}}{2m}$

kritisch gedämpft $\Rightarrow \lambda_1 = \lambda_2$

$\Rightarrow (d+k_v)^2 = 4(k+k_p)$

i): $k_v = 2\sqrt{k+k_p} - d$ hier muss $k_v > 0$ um stabile Reglung sicherzustellen

j)