

Aufgabe 4.15: Die numerische Loesung der Bewegung von (Unterschenkel+Fuss) Version 05.01.2005/ow

[Formulierung der DGL und Abspeichern in del

[> **restart;**

Die Paramter sind:

I_p = Massentraegheitsmoment bez. Kniegelenk-Drehpunkt = 0.17086 kgm²

m = Masse = 4.819 kg

l_S = prox. Schwerpunktsabstand = 0.2743 m

$l_{i_unterschenkel}$ = 0.453 m

K_p = Reglerparameter fuer Lagegroessen

K_v = Reglerparameter fuer Geschwindigkeitsgroessen

MM = res. Muskelmoment

Die Parameter wurden fuer $BM = 79$ kg und $BH = 1,84$ m ermittelt.

[> **del := $I_p * (D@2)(\phi)(t) - MM + m*g*l_S*\sin(\phi(t)) = 0;$** # DGL der
Unterschenkeldrehung mit Winkel phi

$$del := I_p (D^{(2)})(\phi)(t) - MM + m g l_S \sin(\phi(t)) = 0$$

[> **MM := $K_v*(K_p*(phisoll-\phi(t)) - D(\phi)(t));$** # das res.
Muskelmoment

$$MM := K_v (K_p (phisoll - \phi(t)) - D(\phi)(t))$$

Vorgabe der Bewegungsfunktions des Knies: phisoll(t)

[> **phisoll := 1.4 * sin(10*t);**

$$phisoll := 1.4 \sin(10 t)$$

[Angabe der Randbedingungen und Abspeichern in anbed:

[> **anbed:= $\phi(0)=0, D(\phi)(0)=0;$**

$$anbed := \phi(0) = 0, D(\phi)(0) = 0$$

[Belegen der Parameter mit Werten:

[> **$I_p:=0.17086; m:=4.819; g:=9.81; l_S:=0.2743; K_p:=100; K_v:=150;$**

$$I_p := .17086$$

$$m := 4.819$$

$$g := 9.81$$

$$l_S := .2743$$

$$K_p := 100$$

$$K_v := 150$$

Numerisches Loesen der DGL mit "dsolve" und der Option "numeric".

[> **de:=eval(del);**

$$de := .17086 (D^{(2)})(\phi)(t) - 21000.0 \sin(10 t) + 15000 \phi(t) + 150 D(\phi)(t) + 12.96736518 \sin(\phi(t)) = 0$$

[> **erg1:=dsolve({de,anbed},{phi(t)},numeric,output=listprocedure);**

$$erg1 := \left[t = (\text{proc}(t) \dots \text{end proc}), \phi(t) = (\text{proc}(t) \dots \text{end proc}), \frac{\partial}{\partial t} \phi(t) = (\text{proc}(t) \dots \text{end proc}) \right]$$

[Das Ergebnis wird als Prozedur geliefert und in erg1 abgelegt.

[Auswertung der Funktion fuer t=1:

[> **erg1(1);**

$$\left[t(1) = 1, \phi(t)(1) = -.637942682868092748, \left(\frac{\partial}{\partial t} \phi(t) \right) (1) = -12.3897960790411901 \right]$$

[Die Kurve von y1 sowie y und ydot aus Loesung 2 werden nun geplottet. Sie werden in p1, p2, p3 gespeichert und zusammen ausgedruckt.

[> **with(plots):**

Warning, the name changecoords has been redefined

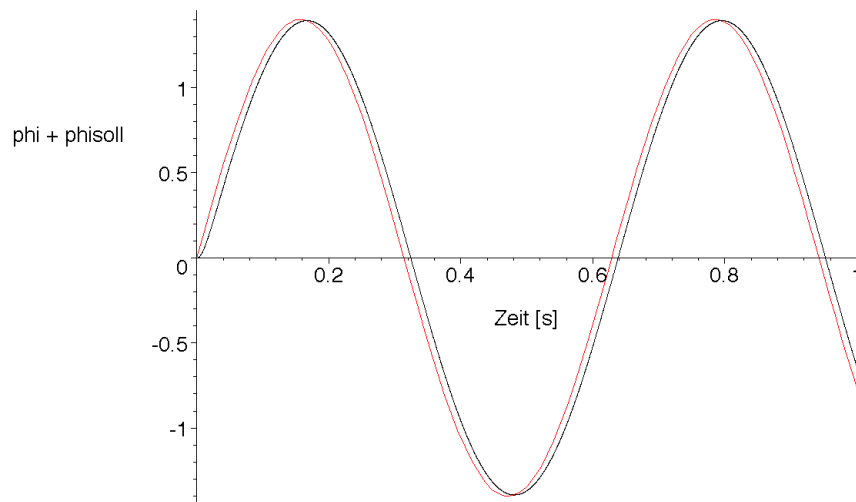
[>

[> **p1:=odeplot(erg1,[t,phi(t)],0..1,color=black):**

[> **p2:=plot(phisoll,t=0..1,color=red):**

[> **display([p1,p2],title=`Unterschenkelbewegung`,
labels=[`Zeit [s]`, `phi + phisoll`]);**

Unterschenkelbewegung



Zur Auswertung der Momentenfunktion ist etwas mehr notwendig: Man muss die Loesung in die Fkt. MM einbauen.
CE, 2003.

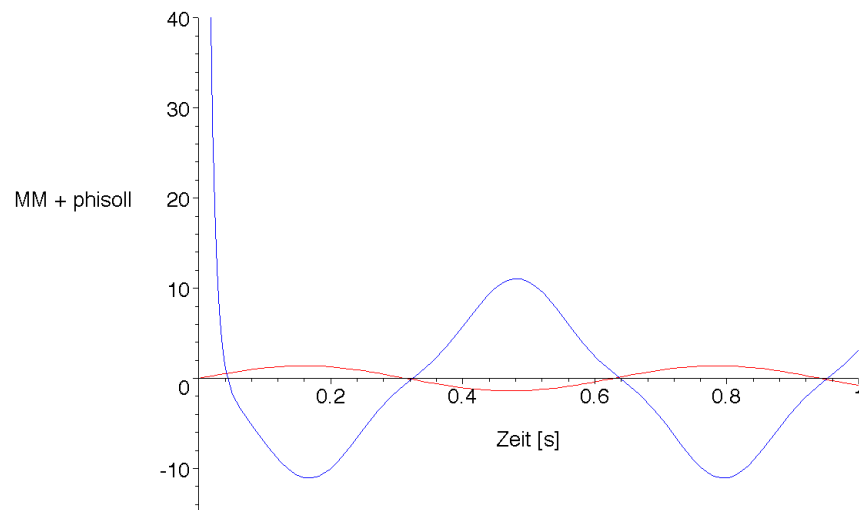
```
> eq:=dphi(t)=diff(phi(t),t);                                #Hilfsgleichung
                                
$$eq := d\phi(t) = \frac{\partial}{\partial t} \phi(t)$$

> help1:=subs(erg1,phi(t));                                    #phi(t)
    help2:=subs(erg1[3],eq);                                   #dphi(t)-preliminary
    help3:=rhs(help2);                                         #dphi(t)
    help4:=proc(t) 1.4*sin(10*t); end proc;                   #phisoll
    MMproc := proc(t)
        Kv*(Kp*(help4(t)-help1(t)) - help3(t));
    end proc;

                                help1 := proc(t) ... end proc
                                help2 := dphi(t)= (proc(t) ... end proc)
                                help3 := proc(t) ... end proc
                                help4 := proc(t) 1.4*sin(10*t) end proc

                                MMproc := proc(t) Kv*(Kp*(help4(t)- help1(t))- help3(t)) end proc
> p3:=plot(MMproc,0..1,color=blue):
> display([p3,p2],title='Bewegung des Unterschenkels nach phisoll',labels=['Zeit
[s]',`MM + phisoll`],view=[0..1,-15..40]);
```

Bewegung des Unterschenkels nach phisoll



>

— Addiere am Fuss bei Abstand l2 noch eine Last 30 kg und berechne die Bewegung erneut. Vgl. das nun erforderliche Muskelmoment mit der vorherigen Loesung.

Korrigiere die Bewegungsgleichung

>

>

Berechne die neue Loesung. Verwende neue Variable für die Plots.

>

>