

## ■ Aufgabe 4.15: Die numerische Loesung der Bewegung von (Unterschenkel+Fuss)

### Version 05.01.2005/ow

```
Clear[de1, MM, phisoll, Kp, Kv, m, Ip, lS, g, mL, liu]
```

#### ■ Formulierung der DGL und Abspeichern in de1

Die Paramter sind:

Ip = Massentraegheitsmoment bez.Kniegelenk-Drehpunkt=0.17086 kgm<sup>2</sup>

m = Masse=4.819 kg

lS = prox.Schwerpunktsabstand=0.2743 m

li\_unterschenkel = 0.453 m

Kp = Reglerparameter fuer Lagegroessen (100)

Kv = Reglerparameter fuer Geschwindigkeitsgroessen (150)

MM = resultierendesMuskelmoment

Die Parameter wurden für BM=79 kg und BH=1.84 m ermittelt.

DGL der Unterschenkeldrehung mit Winkel phi

```
de1 = Ip * phi''[t] - MM + m * g * lS * Sin[phi[t]] + mL * g * liu * Sin[phi[t]] == 0
      - MM + g lS m Sin[phi[t]] + g liu mL Sin[phi[t]] + Ip phi''[t] == 0
```

resultierendes Muskelmoment

```
MM = Kv * (Kp * (phisoll - phi[t]) - phi'[t])
      Kv (Kp (phisoll - phi[t]) - phi'[t])
```

Sollfunktion

```
phisoll = 1.4 * Sin[10 * t]
1.4 Sin[10 t]
```

#### ■ Numerisches Loesen der DGL mit NDSolve

Belegen der Parameter mit Werten:

```
Ip = 0.17086; m = 4.819; g = 9.81; lS = 0.274;
Kp = 100; Kv = 150;
liu = 0.453; mL = 0;
```

```
de = Simplify[de1]
```

```
15000. phi[t] + 12.9532 Sin[phi[t]] + 150. phi'[t] + 0.17086 phi''[t] == 21000. Sin[10 t]
```

```
erg1 = NDSolve[{de, phi[0]==0, phi'[0] == 0 }, phi, {t,0,1}];
phierg = phi[t] /. erg1[[1]];
dphierg = phi'[t] /. erg1[[1]];
```

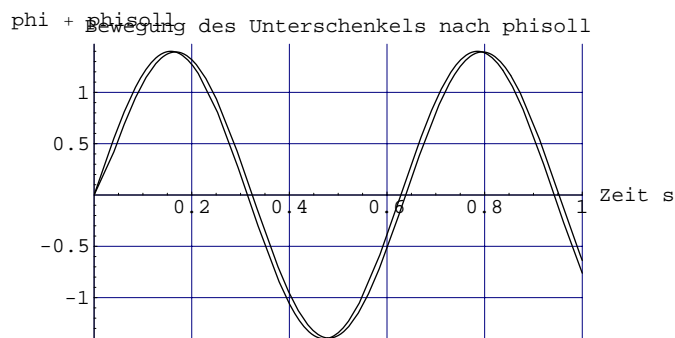
```
phierg /. t -> 1
```

```
-0.637943
```

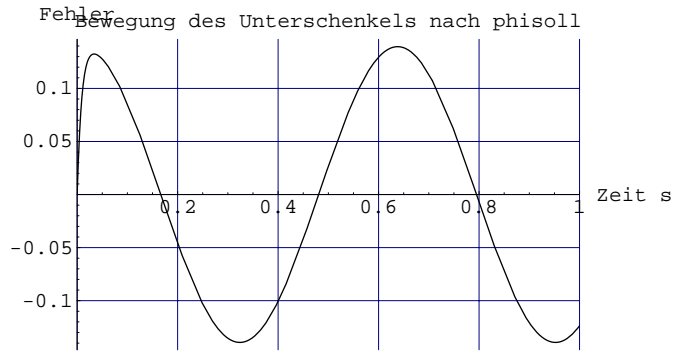
```
dphierg /. t -> 1
```

```
-12.3898
```

```
Plot[{phisoll, Evaluate[phierg]}, {t, 0, 1}, AxesLabel -> {"Zeit s", "phi + phisoll"},
      PlotLabel -> "Bewegung des Unterschenkels nach phisoll", GridLines -> Automatic, PlotRange -> {{0, 1}, Automatic}];
```



```
Plot[{Evaluate[phisoll - phierg]}, {t, 0, 1}, AxesLabel → {"Zeit s", "Fehler"},
  PlotLabel → "Bewegung des Unterschenkels nach phisoll", GridLines → Automatic, PlotRange → {{0, 1}, Automatic}];
```

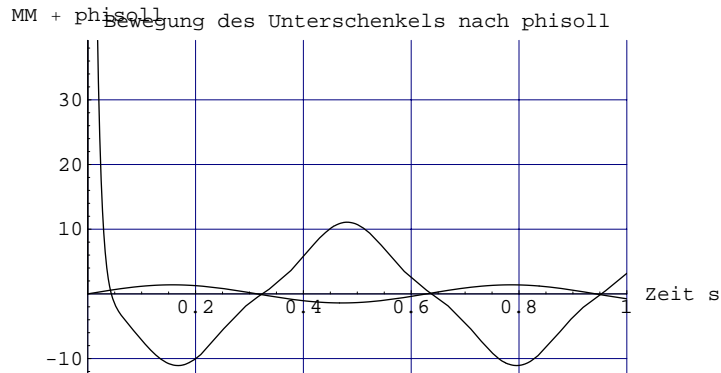


```
MMerg = MM /. erg1[[1]];
MMerg /. t → 1
MMerg /. t → 0.001
```

3.1741

137.766

```
MMplot1 = Plot[{phisoll, Evaluate[MMerg]}, {t, 0, 1}, AxesLabel → {"Zeit s", "MM + phisoll"},
  PlotLabel → "Bewegung des Unterschenkels nach phisoll", GridLines → Automatic, PlotRange → {{0, 1}, Automatic}];
```



## ■ Bewegung von (Unterschenkel+Fuss) mit Zusatzlast mL = 30 kg am Knochel

### ■ Numerisches Loesen der DGL mit NDSolve

Belegen der Parameter mit Werten:

```
Ip = 0.17086; m = 4.819; g = 9.81; lS = 0.274;
Kp = 100; Kv = 150;
liu = 0.453; mL = 30;
```

```
de = Simplify[de1]
```

```
15000. phi[t] + 146.271 Sin[phi[t]] + 150. phi'[t] + 0.17086 phi''[t] == 21000. Sin[10 t]
```

```
erg1 = NDSolve[{de, phi[0]==0, phi'[0] == 0 }, phi, {t,0,1}];
phierg = phi[t] /. erg1[[1]];
dphierg = phi'[t] /. erg1[[1]];

```

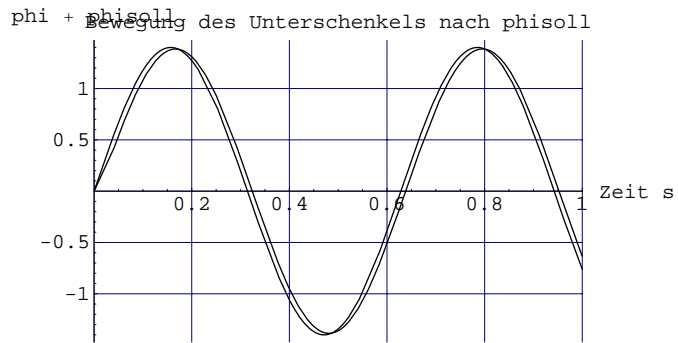
```
phierg /. t → 1
```

-0.633661

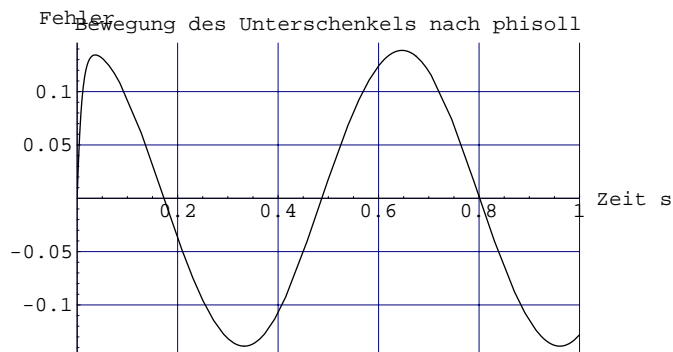
```
dphierg /. t → 1
```

-12.2908

```
Plot[{phisoll, Evaluate[phierg]}, {t, 0, 1}, AxesLabel → {"Zeit s", "phi + phisoll"},
  PlotLabel → "Bewegung des Unterschenkels nach phisoll", GridLines → Automatic, PlotRange → {{0, 1}, Automatic}];
```



```
Plot[{Evaluate[phisoll - phierg]}, {t, 0, 1}, AxesLabel → {"Zeit s", "Fehler"},
  PlotLabel → "Bewegung des Unterschenkels nach phisoll", GridLines → Automatic, PlotRange → {{0, 1}, Automatic}];
```

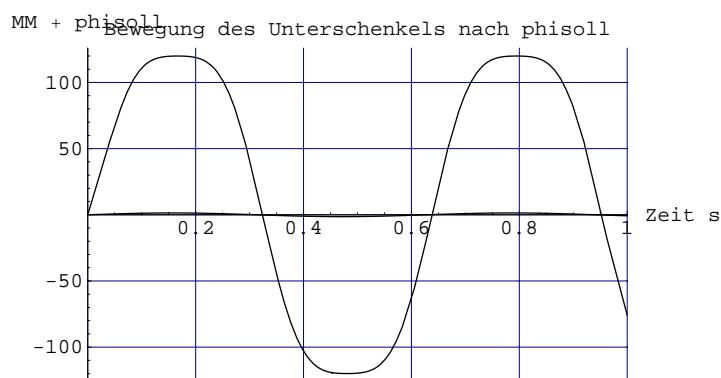


```
MMerg = MM /. erg1[[1]];
MMerg /. t → 1
MMerg /. t → 0.001
```

-75.9024

137.77

```
MMplo2 = Plot[{phisoll, Evaluate[MMerg]}, {t, 0, 1}, AxesLabel → {"Zeit s", "MM + phisoll"},
  PlotLabel → "Bewegung des Unterschenkels nach phisoll", GridLines → Automatic, PlotRange → {{0, 1}, Automatic}];
```



## ■ Vergleich der Muskelmomente

```
Show[MMplo1, MMplo2];
```

