

# Mechanische Schwingungen mit Raspberry Pi

# Inhaltsverzeichnis

- ▶ Ziele der Versuche
- ▶ Der Versuchsaufbau
- ▶ Auswertung der Daten
- ▶ Abgleich der Ergebnisse mit der Theorie
- ▶ Dämpfung
- ▶ Quellen

# Ziele der Versuche

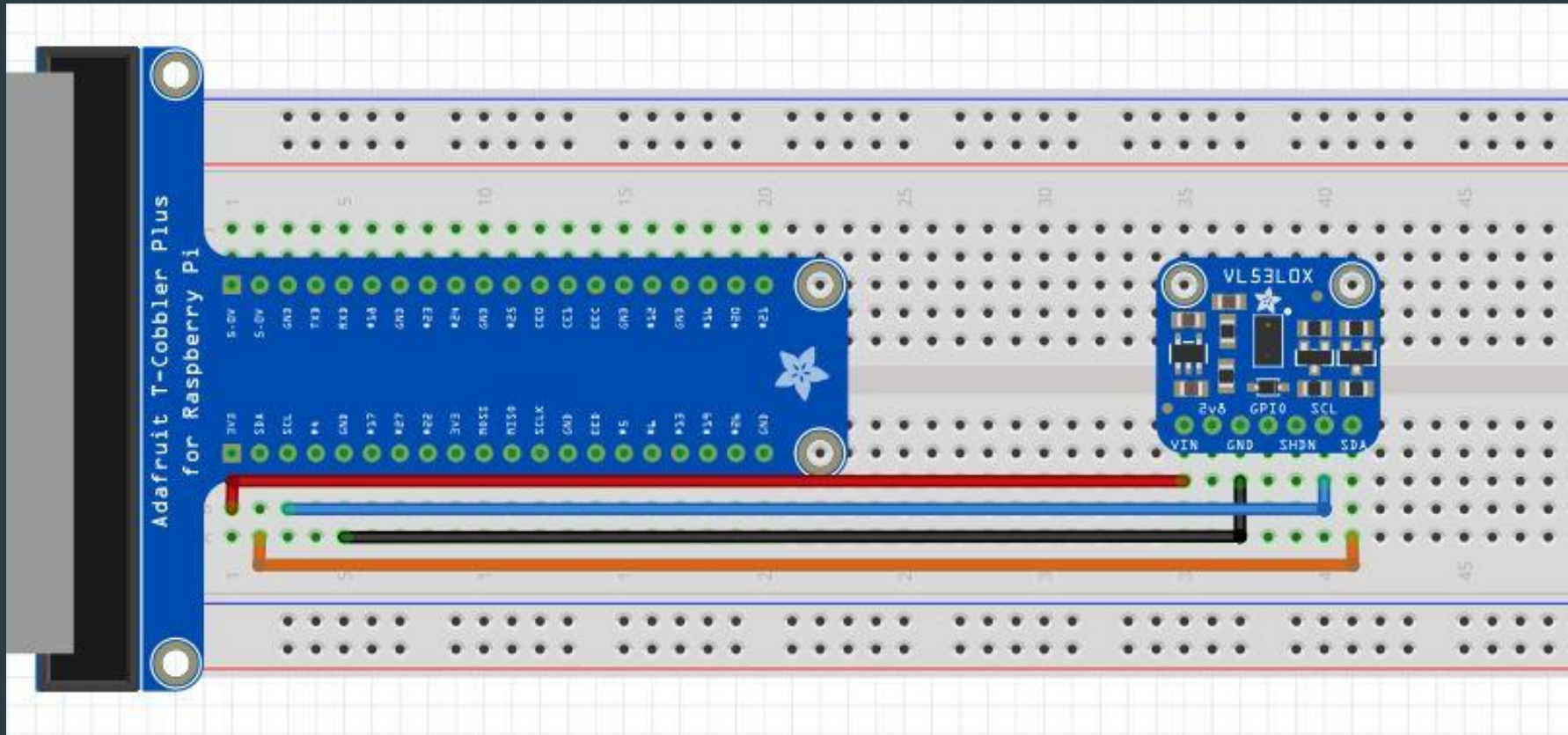
- ▶ 1. Vergleich der Perioden beim einfachen Federpendel mit unterschiedlichen Massen
- ▶ 2. Vergleich Federpendel in Reihe und Parallel
- ▶ 3. Veränderungen von Periode, Amplitude und der resultierenden Federkonstante
- ▶ 4. Untersuchung der Dämpfung
- ▶ 5. Bestätigung der theoretischen Grundlagen

# Aufbau des Federpendels

- ▶ 15,3 Gramm Reflektor
- ▶ 10 Gramm Gewichtsteller
- ▶ 50 Gramm Gewicht oder 70 Gramm Gewicht



# Aufbau des Steckbretts



# Programmierung des Raspberry Pi daq-Konfiguration

```
# -- Configuration Options for PhyPiDAQ
# -----

# demonstration: read data from file and display them

#
# -- configuration files for hardware devices
#
#DeviceFile: config/ReplayConfig.yaml # data from File
#optional:
#DeviceFile: config/ToyDataConfig.yaml # simulated data

# other options(requires connected hardware):
DeviceFile: config/ADS1115Config.yaml # 16 bit ADC, I2C bus
#DeviceFile: config/MCP3008Config.yaml # 10 bit ADC, SPI bus
#DeviceFile: config/MCP3208Config.yaml # 12 bit ADC, SPI bus
#DeviceFile: config/PSConfig.yaml # PicoTechnology USB
scope
#DeviceFile: config/MAX31865Config.yaml # Pt 100 sensor
#DeviceFile: config/GPIOCount.yaml # frequency count
#DeviceFile: config/DS18B20Config.yaml # digital temperature
sensor
#DeviceFile: config/MAX31855Config.yaml # thermo element
#DeviceFile: config/BMP180Config.yaml #
pressure/temperature sensor
#DeviceFile: config/INA219Config.yaml # Voltage/Current
sensor
#DeviceFile: config/MMA845xConfig.yaml # Accelerometer
DeviceFile: config/VLS3LxConfig.yaml # ToF distance sensor

## an example of multiple devices
#DeviceFile: [config/ADS1115Config.yaml,
config/GPIOCount.yaml]

#
# -- configuration options for Channels
#

# possibility to overwrite Channel Limits obtained from device
config
ChanLimits:
- [200., 700.] # chan 0
## - [0., 1.] # chan 1
## - [0., 1.] # chan 2

# calibration of channel values
# - null or - <factor> or - [ [ <true values> ], [ <raw
values> ] ]
#ChanCalib:
# - 1. # chan0: simple calibration
factor
# - [ [0.,1.], [0., 1.] # chan1: interpolation: [true]
```

```
# - [ [0.,1.], [0., 1.] # chan1: interpolation: [true]
([<raw>] )
# - null # chan2: no calibration

# apply formulae to (calibrated) channel values
#ChanFormula:
# - c0 + c1 # chan0
# - c1 # chan1
# - null # chan2 : no formula

#
# -- configuration options for graphical display
#
Title: "Federpendel" # display title
#ChanLabels: ['X1', 'X2'] # names for channels
#ChanUnits: ['a.U.', 'a.U.'] # units for channels
#ChanLabels: [U, U] # names for channels
ChanUnits: [mm, s] # units for channels
ChanNams: [d] # names for channels
ChanColors: [darkblue, sienna] # channel colours in
display

NHistoryPoints: 120 # number of points used in
history buffer
#DisplayModule: DataLogger # history of channel signals
DisplayModule: DataGraphs # text, bar-graph, history and
XY-view
#XYmode: false # enable/disable XY-display
## if more than two channels active:
#Chan2Axes: [0, 1, 0] # assign channels to axes
#xyPlots: # define which axes to show
# - [0, 1] # in xy-plot
# - [0, 2]
# - [1, 2]

#
# -- parameters for data taking
#
Interval: 0.1 # logging interval
startActive: true # start in "active" mode
#
# -- configuration options for output to file
DataFile: testfile.csv # file name for output file,
#DataFile: null # null to disable
CSVseparator: ';' # field separator, set to ';' for
German Excel

# enable buffering of latest data (depth NHistoryPoints from
above)
#bufferData: PhyPiData # file name to track latest data and
eventually
#bufferData: null # store them, or null to switch off
```

# Programmierung des Raspberry Pi yaml-Konfiguration

```
# example config fo VL53L1X distance sensor

DAQModule: VL53LxConfig
type: 0      # sensor type  0: VL53L0X  1: VL53L1x
range : 1    # 1: short   2: medium 3: long range
```

# Auswertung der Daten

- ▶ Ziel steht im Vordergrund
- ▶ Auf Vergleichbarkeit achten
- ▶ Passende Daten verwenden

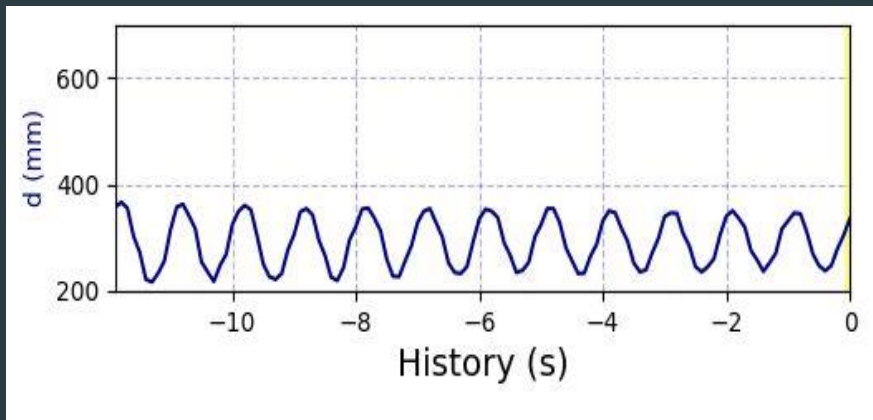
Verwendete Grundformeln:

- ▶ Amplitude:  $a = \frac{y_{max} - y_{min}}{2}$
- ▶ Periode:  $T = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n}{n}$
- ▶ Federkonstante:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ;  $\omega^2 = \frac{D}{m}$   
 $\rightarrow D = \omega^2 \cdot m$ ;  $D = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot m$



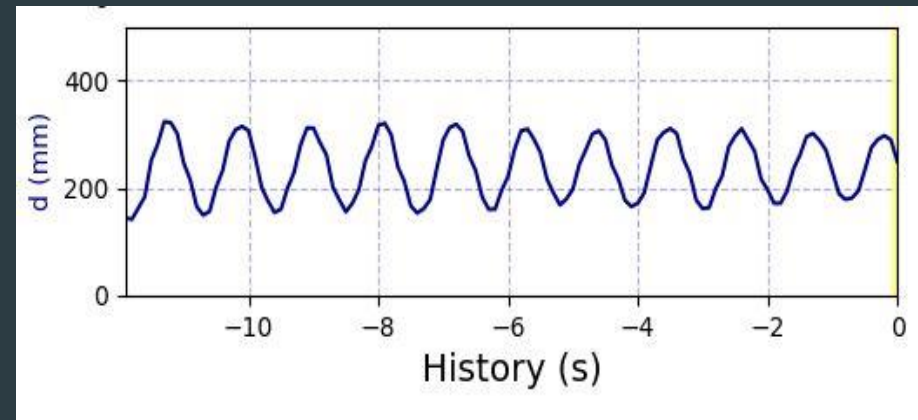
# Einfaches Pendel

Masse von 75,3 Gramm



- ▶ Amplitude: 80,1mm
- ▶ Periode: 0,992s
- ▶ Federkonstante:  $3,02 \frac{N}{m}$

Masse von 95,3 Gramm



- ▶ Amplitude: 87mm
- ▶ Periode: 1,1s
- ▶ Federkonstante:  $3,11 \frac{N}{m}$

# Abgleich der Ergebnisse mit der Theorie

- ▶ Lösung der Differenzialgleichung der harmonischen Schwingung:  $s = A \cdot \sin \omega t$

1. Ableitung:  $\dot{s} = A\omega \cdot \cos \omega t$

2. Ableitung:  $\ddot{s} = -A\omega^2 \cdot \sin \omega t = -\omega^2 \cdot s$

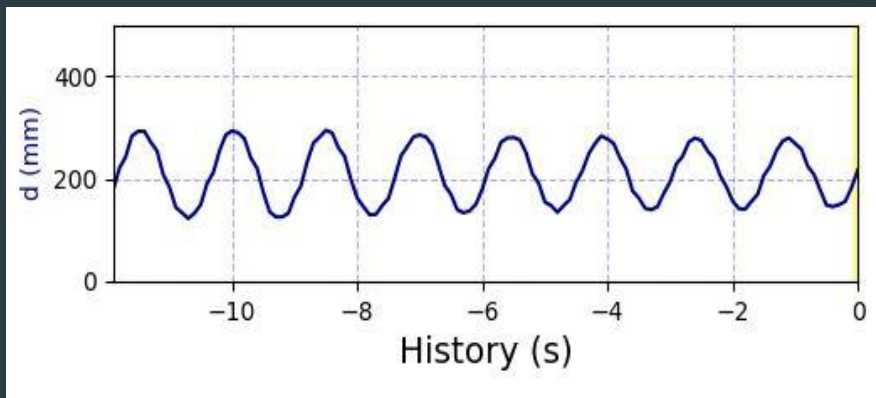
→  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ;  $\omega^2 = \frac{D}{m}$  → Verknüpfung der Eigenschaften des Pendels und der Schwingung

- ▶ Einfaches Pendel mit unterschiedlichen Massen:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}; \omega^2 = \frac{D}{m}; \rightarrow T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \rightarrow T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{0,0953 \text{ kg}}{3,02 \frac{\text{N}}{\text{m}}}} = 1,116 \text{ s}$$

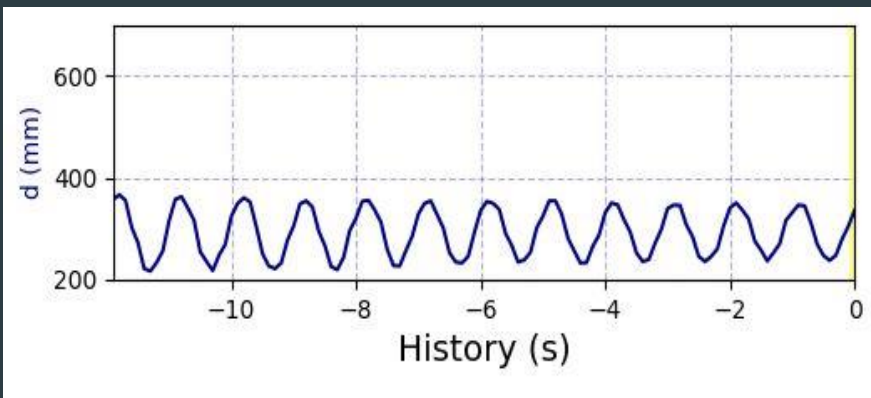
# 2 Federn in Reihe

## Reihe



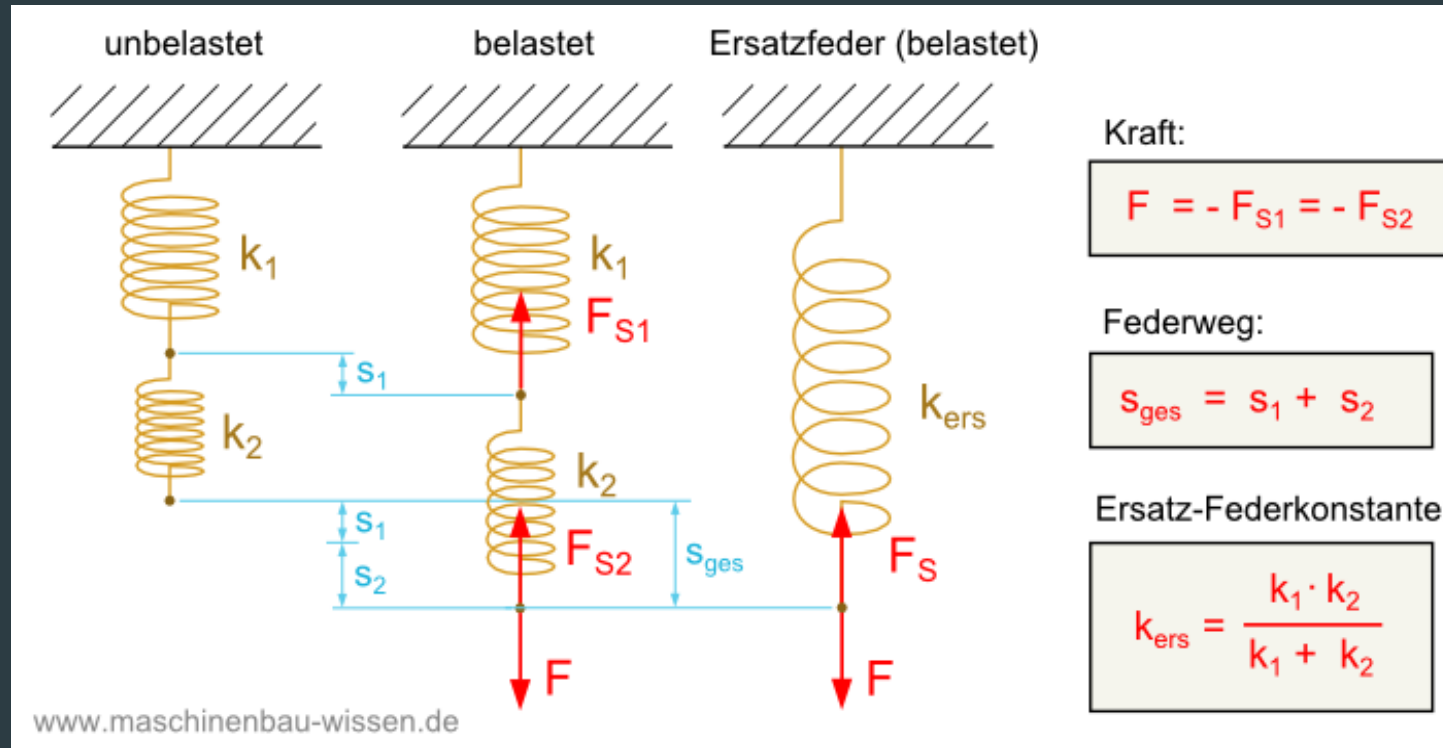
- ▶ Amplitude: 85mm
- ▶ Periode: 1,455s
- ▶ Federkonstante:  $1,4 \frac{N}{m}$

## einfaches Pendel



- ▶ Amplitude: 80,1mm
- ▶ Periode: 0,992s
- ▶ Federkonstante:  $3,02 \frac{N}{m}$

# Abgleich der Ergebnisse mit der Theorie



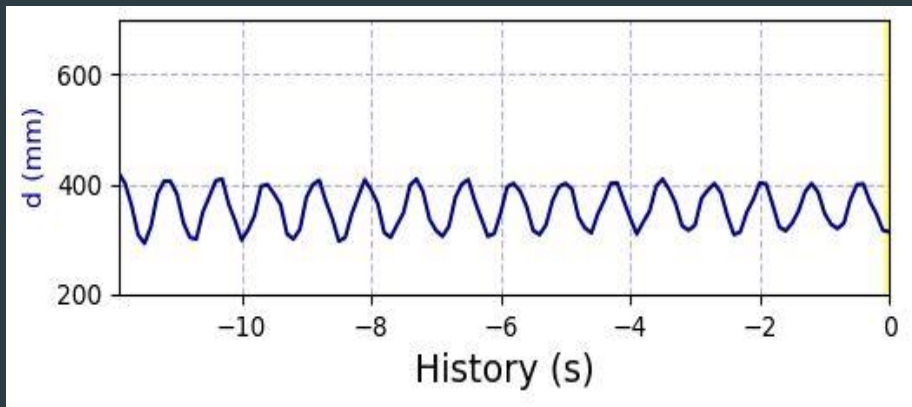
## ► 2 Federn in Reihe:

$$\frac{1}{D_r} = \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2}; D_1 = D_2; \rightarrow D_r = \frac{D_1}{2} \quad \rightarrow D_r = \frac{3,02 \frac{N}{m}}{2} = 1,51 \frac{N}{m};$$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}; \rightarrow T_r = 0,992s \cdot \sqrt{2} = 1,403s$$

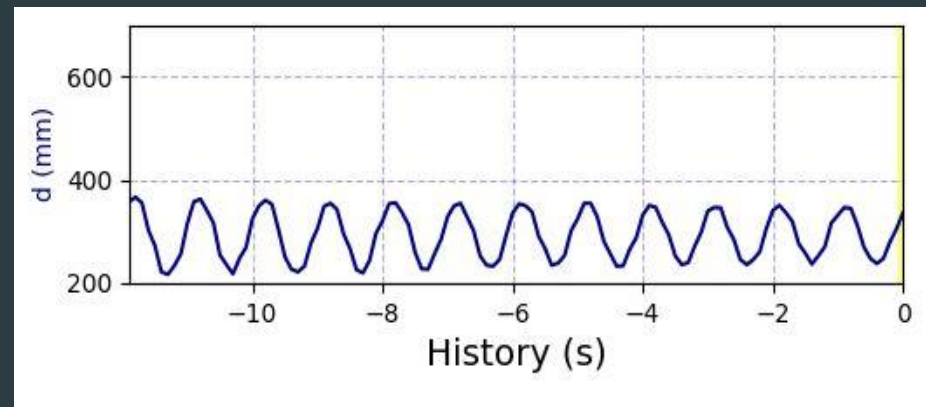
# 2 Federn parallel

## Parallel



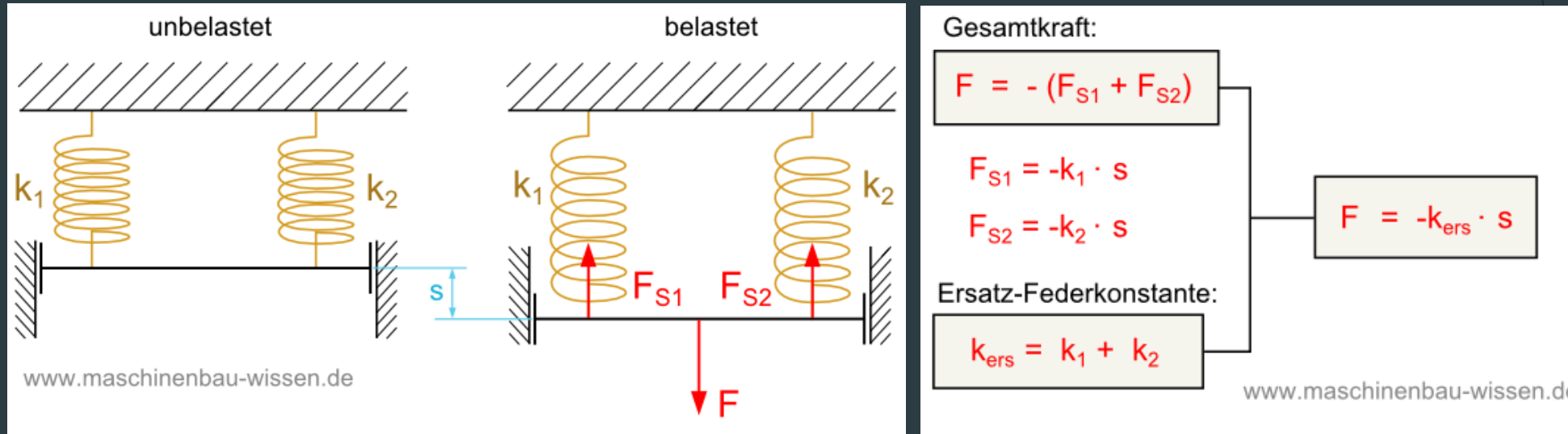
- ▶ Amplitude: 64mm
- ▶ Periode: 0,758s
- ▶ Federkonstante:  $5,17 \frac{N}{m}$

## Einfaches Pendel



- ▶ Amplitude: 80,1mm
- ▶ Periode: 0,992s
- ▶ Federkonstante:  $3,02 \frac{N}{m}$

# Abgleich der Ergebnisse mit der Theorie



## ► 2 Federn parallel:

$$F = D_p \cdot s; F = F_{S1} + F_{S2}; F_{S1} = D_1 \cdot s; F_{S2} = D_2 \cdot s; \rightarrow D_p = D_1 + D_2;$$

$$D_p = 2 \cdot D_1; \rightarrow D_p = 2 \cdot 3,02 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 6,04 \frac{\text{N}}{\text{m}}; T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}; \rightarrow T_p = \frac{0,992s}{\sqrt{2}} = 0,7014s$$

# Theorie der Dämpfung

- ▶ Lösung der Differenzialgleichung der gedämpften Schwingung:

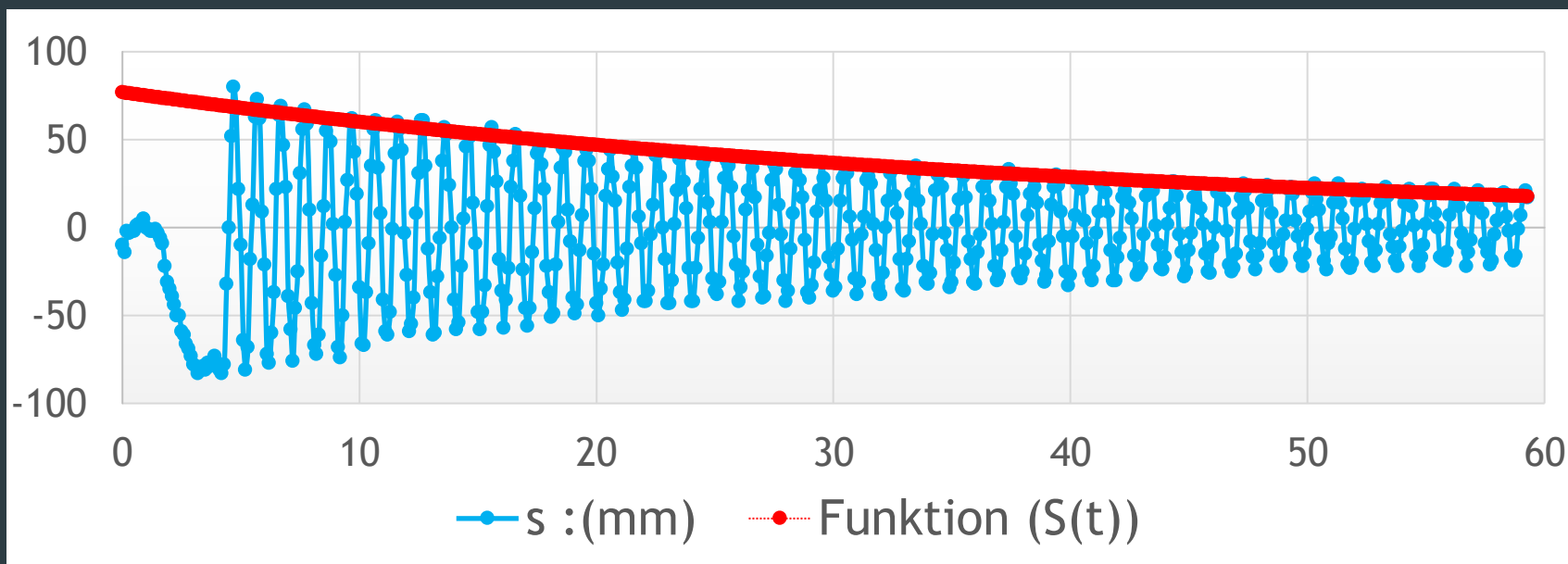
$$s = A \cdot e^{-kt} \cdot \sin(\omega t)$$

1. Ableitung:  $\dot{s} = -Ae^{-kt}(k \cdot \sin(\omega t) - \omega \cdot \cos(\omega t)) = v(t)$

2. Ableitung:  $\ddot{s} = -Ae^{-kt}((\omega^2 - k^2) \sin(\omega t) + 2k\omega \cdot \cos(\omega t)) = a(t)$

# Untersuchung der Dämpfung

- ▶ Ausgleich der Verschiebung nach oben:  $d = \frac{y_{\max} + y_{\min}}{2} = 293,9\text{mm}$
- ▶ Berechnung der Regressionsfunktion
- ▶ Mithilfe des WTR:  $f(x) = ae^{bx}$
- ▶ Daraus wird:  $S(t) = S_{\max} \cdot e^{-k \cdot t}$
- ▶ Werte eingesetzt:  $S(t) = 76,9939 \cdot e^{-0,024646 \cdot t}$





# Quellen

- ▶ Raspberry Pi:
  - ▶ <https://www.raspberry-pi-geek.de/ausgaben/rpg/2015/01/der-i-c-bus-des-raspberry-pi-teil-1/>
- ▶ Pendel Formeln:
  - ▶ <https://silo.tips/download/statische-und-dynamische-messung-der-federrichtgre>
- ▶ Parallelschaltung:
  - ▶ <https://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/mechanik/kinetik/279-feder-parallelschaltung>
- ▶ Reihenschaltung:
  - ▶ <https://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/mechanik/kinetik/280-feder-reihenschaltung>
- ▶ Dämpfung:
  - ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=bWvbqzvg9HI>
- ▶ Theorie:
  - ▶ <https://tu-dresden.de/mn/physik/ressourcen/dateien/studium/lehveranstaltungen/praktika/pdf/ES.pdf?lang=en>
  - ▶ <http://www.abi-physik.de/buch/schwingungen/gedaempfte-schwingung/>
- ▶ Bilder:
  - ▶ <https://www.maschinenbau-wissen.de/bilder/skripte/mechanik-kinetik/feder-reihe-02b.PNG>
  - ▶ <https://www.maschinenbau-wissen.de/bilder/skripte/mechanik-kinetik/feder-parallel-02.PNG>
  - ▶ <https://www.maschinenbau-wissen.de/bilder/skripte/mechanik-kinetik/feder-parallel-03.PNG>