5. PK - Ball Sound

Wie entwickelt sich der Ton, der beim Zusammenstoß zweier Metallkugeln entsteht?

Leonard Hackel und Niklas Schelten

Herder Oberschule Berlin

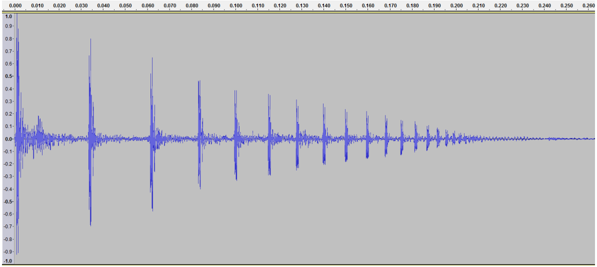
21. März 2015

jugend forscht

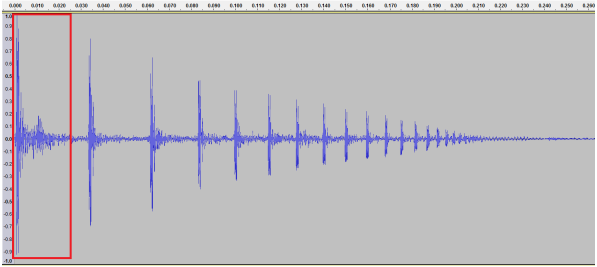
HERDER

Experiment

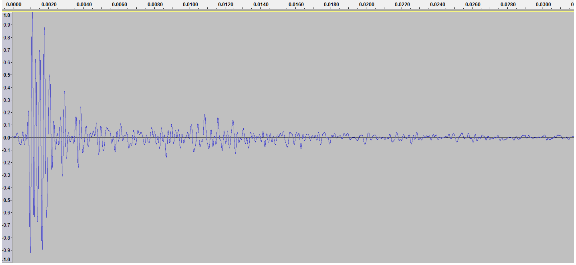
Chirp


0.000 0.010 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.070 0.080 0.090 0.100 0.110 0.120 0.130 0.140 0.150 0.160 0.170 0.180 0.190 0.200 0.210 0.220 0.230 0.240 0.250 0.260
1.0 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 0.0 -0.1 -0.2 -0.3 -0.4 -0.5 -0.6 -0.7 -0.8 -0.9 -1.0

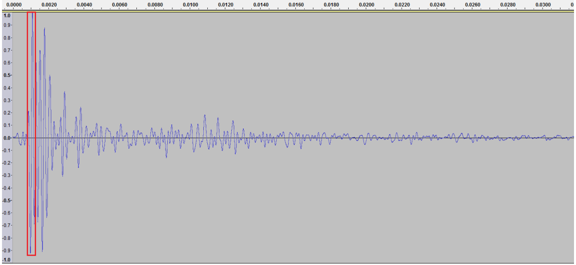
Chirp


0.000
0.010
0.020
0.030
0.040
0.050
0.060
0.070
0.080
0.090
0.100
0.110
0.120
0.130
0.140
0.150
0.160
0.170
0.180
0.190
0.200
0.210
0.220
0.230
0.240
0.250
0.260
1.0
0.0
-1.0

Peak



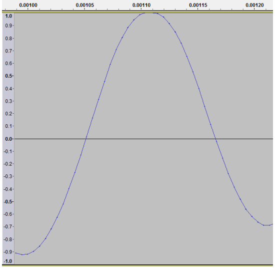
Peak



jugend forscht

HERDER

PeakPeak


0.00100
0.00105
0.00110
0.00115
0.00120
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
-0.6
-0.7
-0.8
-0.9
-1.0

Frequenzen

- Chirp Frequenz

Frequenzen

- Chirp Frequenz

  $\rightarrow$ Anzahl der Peaks pro Sekunde

Frequenzen

- Chirp Frequenz
  $\rightarrow$ Anzahl der Peaks pro Sekunde
- Peak Frequenz

jugend forscht
HERDER

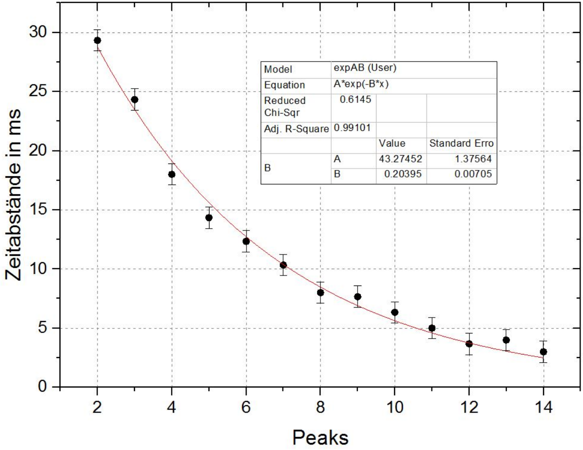
Frequenzen

- Chirp Frequenz
  - $\longrightarrow$ Anzahl der Peaks pro Sekunde
- Peak Frequenz
  - $\longrightarrow$ Anzahl der PeakPeaks pro Sekunde

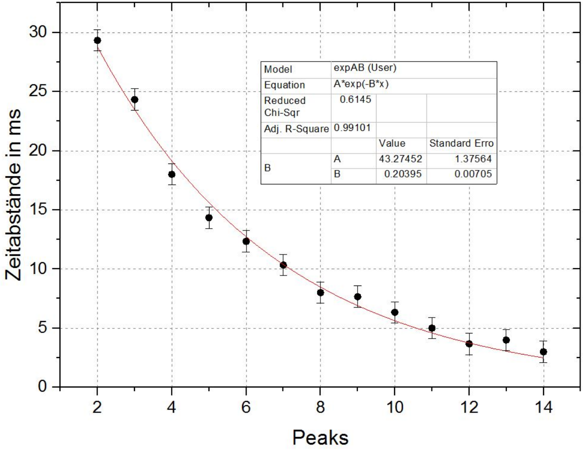
Simulation

Alt Tab

Periodendauer



Periodendauer

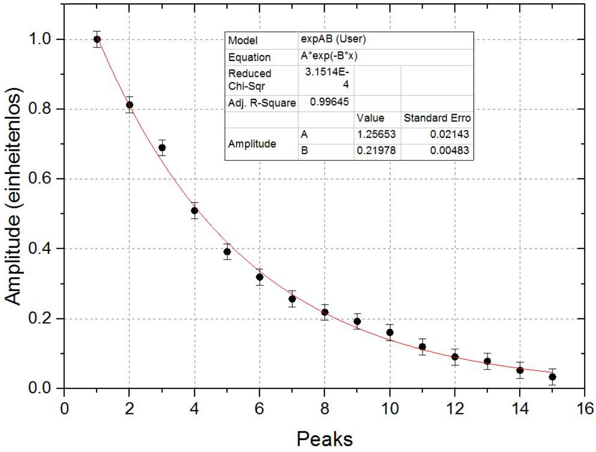


- $\delta_n = \delta_1 \cdot b^{n-1}$ mit $0 \leq b < 1$

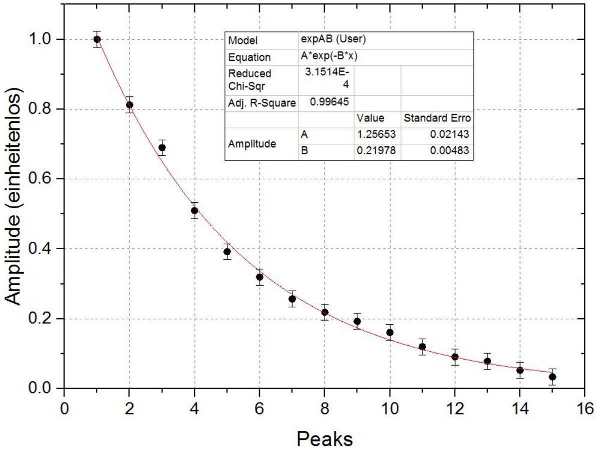
jugend forscht

HERDER

Amplitude

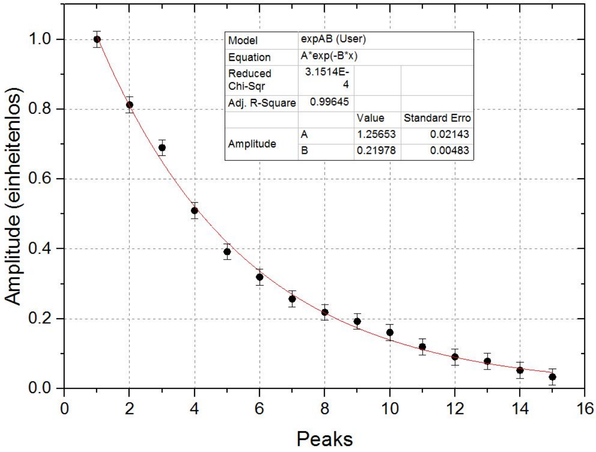

Model
expAB (User)
Equation
A*exp(-B*x)
Reduced Chi-Sqr
3.1514E-4
Adj. R-Square
0.99645
Value
Standard Erro
Amplitude
A
1.25653
0.02143
B
0.21978
0.00483
Amplitude (einheitenlos)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
Peaks

Amplitude



- $y_n = a \cdot y_{n-1}$
  mit $0 \leq a < 1$

Amplitude



- $y_n = a \cdot y_{n-1}$ mit $0 \leq a < 1$
- $\Leftrightarrow y_n = a^n \cdot y_0$

Gleichsetzung

- beides nach n umformen:

Gleichsetzung

- beides nach n umformen:
  $\rightarrow$ Periode: $n = \dfrac{\log\left(1-\frac{t_n}{t_{ges}}\right)}{\log b}$

Gleichsetzung

- beides nach n umformen:
  - $\rightarrow$ Periode: $n = \dfrac{\log\left(1 - \frac{t_n}{t_{ges}}\right)}{\log b}$
  - $\rightarrow$ Amplitude: $n = \dfrac{\log \frac{y_n}{y_0}}{\log a}$

Gleichsetzung

- beides nach n umformen:
  - $\rightarrow$ Periode: $n = \frac{\log\left(1 - \frac{t_n}{t_{ges}}\right)}{\log b}$
  - $\rightarrow$ Amplitude: $n = \frac{\log \frac{y_n}{y_0}}{\log a}$
- Gleichsetzen und nach y_n umformen:

jugend forscht

HERDER

Gleichsetzung

- beides nach n umformen:
  - $\rightarrow$ Periode: $n = \dfrac{\log\left(1 - \frac{t_n}{t_{ges}}\right)}{\log b}$
  - $\rightarrow$ Amplitude: $n = \dfrac{\log \frac{y_n}{y_0}}{\log a}$
- Gleichsetzen und nach y_n umformen:
  - $\rightarrow$ $y_n = y_0 \cdot \left(1 - \frac{t_n}{t_{ges}}\right)^{\frac{\log a}{\log b}}$

jugend forscht

HERDER

Verallgemeinerung - warum

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte

Verallgemeinerung - warum

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte
  - Gravitation

Verallgemeinerung - warum

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte
  - Gravitation
  - Magnetkraft

Verallgemeinerung - warum

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte
  - Gravitation
  - Magnetkraft
  - Federkaft

Verallgemeinerung - warum

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte $\rightarrow$ Potenz des Weges
  - Gravitation
  - Magnetkraft
  - Federkaft

Verallgemeinerung - warum

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte → Potenz des Weges
  - Gravitation → nahezu s^0
  - Magnetkraft
  - Federkaft

Verallgemeinerung - warum

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte $\rightarrow$ Potenz des Weges
  - Gravitation $\rightarrow$ nahezu s^0
  - Magnetkraft $\rightarrow$ s^{-2} (homogen)
  - Federkaft

Verallgemeinerung - warum

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte $\rightarrow$ Potenz des Weges
  - Gravitation $\rightarrow$ nahezu s^0
  - Magnetkraft $\rightarrow$ s^{-2} (homogen)
  - Federkaft $\rightarrow$ s^1

Verallgemeinerung - Ansatz

- $F = c \cdot s^a$

Verallgemeinerung - Ansatz

- $F = c \cdot s^a$

$\rightarrow$ $E = \frac{c}{a+1} \cdot s^{a+1}$

Verallgemeinerung - Ansatz

- $F = c \cdot s^a$

$\rightarrow$ $E = \frac{c}{a+1} \cdot s^{a+1}$

- Schwingung zwischen dieser und kinetischer Energie

Verallgemeinerung - Ansatz

- $F = c \cdot s^a$

$\rightarrow$ $E = \frac{c}{a+1} \cdot s^{a+1}$

- Schwingung zwischen dieser und kinetischer Energie

  $\rightarrow$ $\frac{m}{2} v^2 + \frac{c}{a+1} \cdot s^{a+1} = konst$

Verallgemeinerung - Ansatz

- **Durch Ableiten:**

Verallgemeinerung - Ansatz

- **Durch Ableiten:**

  $\frac{m \cdot 2v \cdot \dot{v}}{2} + c \cdot s^a \cdot \dot{s} = 0$

Verallgemeinerung - Ansatz

- **Durch Ableiten:**

$$\frac{m \cdot 2v \cdot \dot{v}}{2} + c \cdot s^a \cdot \dot{s} = 0$$

$$\Leftrightarrow \quad m \cdot \ddot{s} + c \cdot s^a = 0$$

Verallgemeinerung - Nummerische Simulation

- nicht-lineare Differentialgleichung

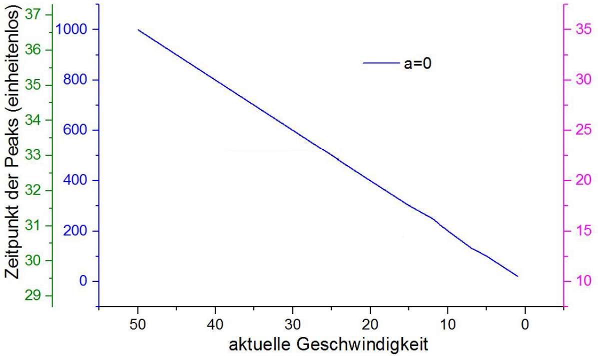
Verallgemeinerung - Nummerische Simulation

- nicht-lineare Differentialgleichung
- In „Simulation“Energieverlust durch Abnahme von v implementiert

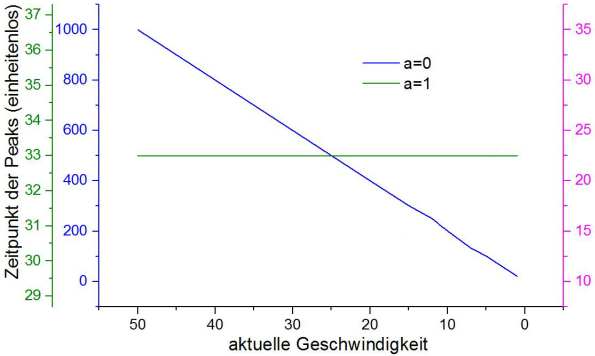
Verallgemeinerung - Nummerische Simulation

- nicht-lineare Differentialgleichung
- In „Simulation“Energieverlust durch Abnahme von v implementiert
- erste Nullstelle entspricht der Zeitspanne bis zum nächsten Peak

Verallgemeinerung - Nummerische Simulation



Verallgemeinerung - Nummerische Simulation



Verallgemeinerung - Nummerische Simulation