5. PK - Ball Sound

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

Leonard Hackel und Niklas Schelten

Herder Oberschule Berlin

23. März 2015

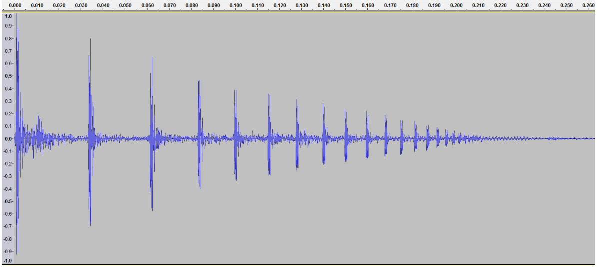
jugend forscht

HERDER

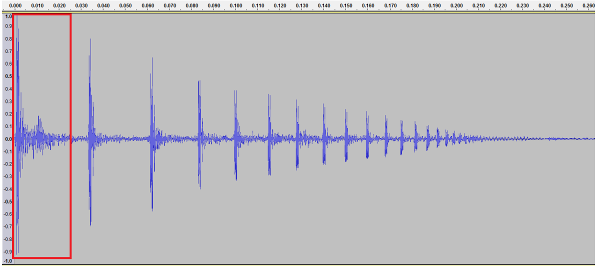
1. Das Experiment
   - Vorführung
   - Zusammensetzung des Tons
   - Simulation
2. Physikalische Analyse
   - Chirp
     - Physikalische Beschreibung des Tons
     - Verallgemeinerung
   - Peak
     - Frequenz

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

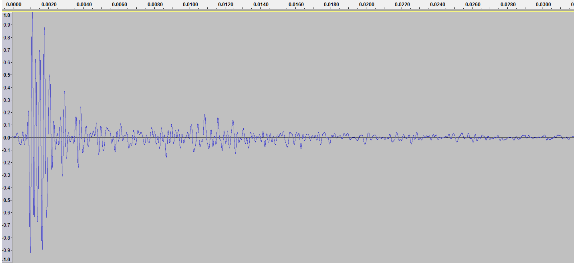
Chirp



jugend forscht

HERDER

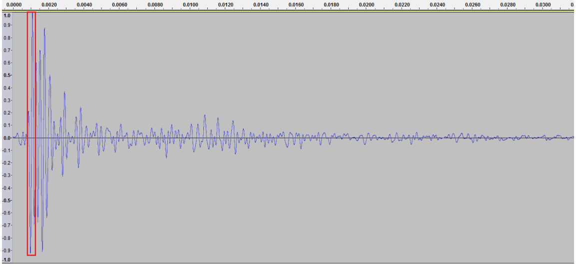
Peak



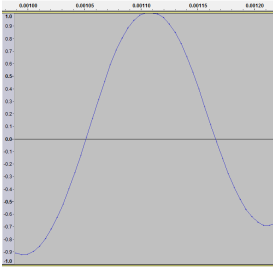
jugend forscht

HERDER

Peak



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

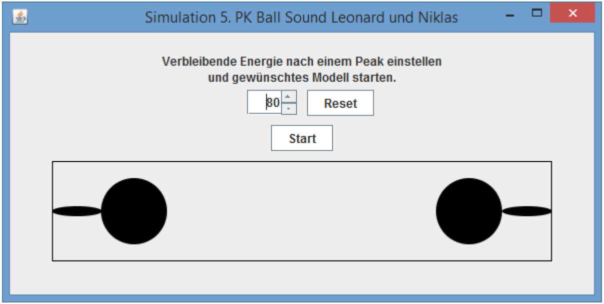
Frequenzen

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

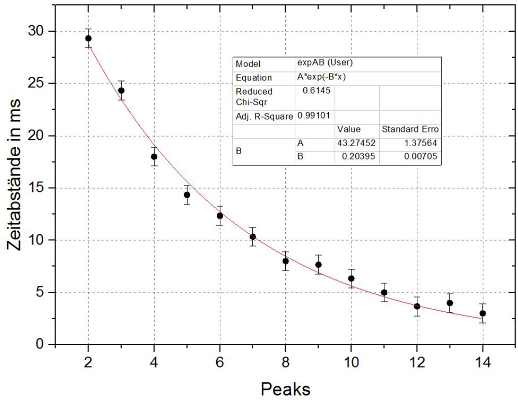
Frequenzen

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

Simulation


Simulation 5. PK Ball Sound Leonard und Niklas
Verbleibende Energie nach einem Peak einstellen
und gewünschtes Modell starten.
80
Reset
Start

Periodendauer über Peaks

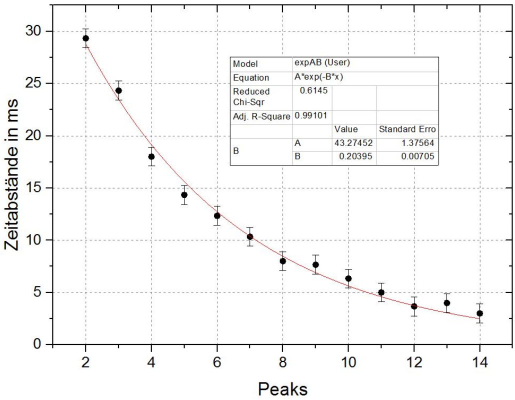


- $\delta_{fit}(x) = 43,27 \cdot 0,82^x$

jugend forscht

HERDER

Periodendauer über Peaks

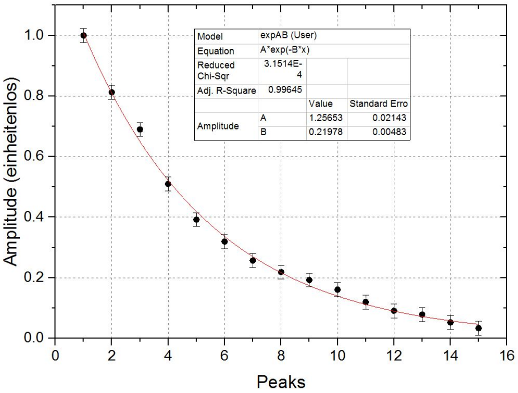


- $\delta_{fit}(x) = 43,27 \cdot 0,82^x$
- $\delta_n = \delta_1 \cdot b^{n-1}$
  - $0 \leq b < 1$
  - n: Anzahl der Peaks
  - δ: Periode

jugend forscht

HERDER

Amplitude über Peaks

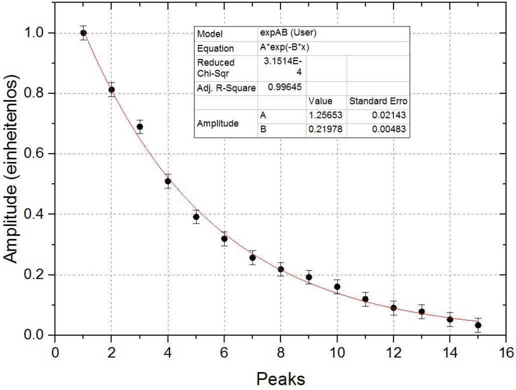


- $y_{fit}(x) = 1,26 \cdot 0,80^x$

jugend forscht

HERDER

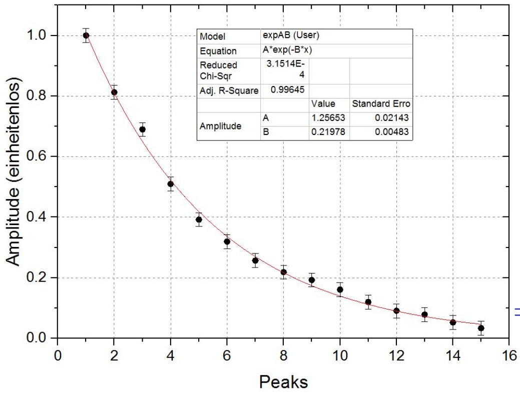
Amplitude über Peaks



- $y_{fit}(x) = 1,26 \cdot 0,80^x$
- $y_n = a \cdot y_{n-1}$
  - $0 \leq a < 1$
  - n: Anzahl der Peaks
  - y: Amplitude

jugend forscht
HERDER

Amplitude über Peaks



- $y_{fit}(x) = 1,26 \cdot 0,80^x$
- $y_n = a \cdot y_{n-1}$
  - $0 \leq a < 1$
  - n: Anzahl der Peaks
  - y: Amplitude

$\Rightarrow$ $y_n = y_0 \cdot a^n$

jugend forscht

HERDER

Amplitude in Abhängigkeit von der Periode

- Beide Gleichungen nach n umformen, gleichsetzen

$$\rightarrow \quad \frac{\log \frac{y_n}{y_0}}{\log a} = \frac{\log\left(1 - \frac{t_n}{t_{ges}}\right)}{\log b}$$

jugend forscht

HERDER

Amplitude in Abhängigkeit von der Periode

- Beide Gleichungen nach n umformen, 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 - Was haben wir davon?

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte

Verallgemeinerung - Was haben wir davon?

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte
  - Gravitation

Verallgemeinerung - Was haben wir davon?

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte
  - Gravitation
  - Magnetkraft

Verallgemeinerung - Was haben wir davon?

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte
  - Gravitation
  - Magnetkraft
  - Federkaft

jugend forscht

HERDER

Verallgemeinerung - Was haben wir davon?

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

Verallgemeinerung - Was haben wir davon?

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte $\rightarrow$ Potenz des Weges
  - Gravitation $\rightarrow$ nahezu s^0
  - Magnetkraft
  - Federkaft

Verallgemeinerung - Was haben wir davon?

- unterschiedliche rücktreibende Kräfte → Potenz des Weges
  - Gravitation → nahezu s^0
  - Magnetkraft → s^{-2}
  - Federkaft

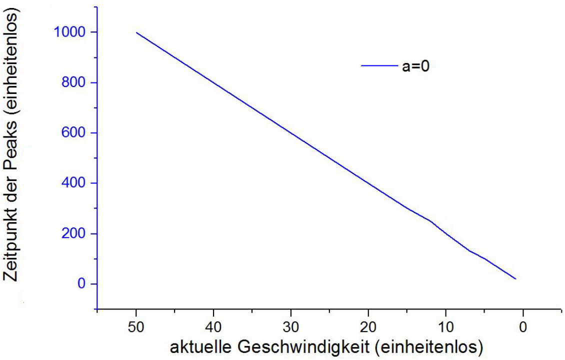
Verallgemeinerung - Was haben wir davon?

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

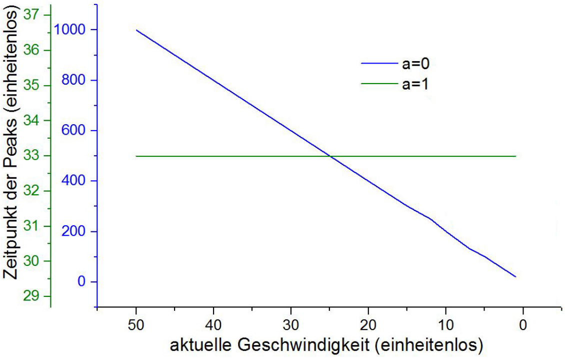
Verallgemeinerung - Differentialgleichung

- folgende Differentialgleichung als Ergebnis:
    - $m \cdot \ddot{s} + c \cdot s^a = 0$

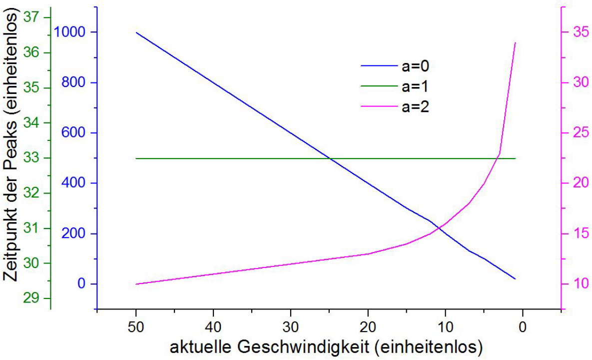
Verallgemeinerung - Ergebnis



Verallgemeinerung - Ergebnis



Verallgemeinerung - Ergebnis



Frequenz

- Peak-Frequenz für jeden Peak gleich

Frequenz

- Peak-Frequenz für jeden Peak gleich
- zwei Ursprünge:
    - Eigenfrequenz der Kugeln

Frequenz

- Peak-Frequenz für jeden Peak gleich
- zwei Ursprünge:
    - Eigenfrequenz der Kugeln
    - Frequenz zwischen den Kugeln

Eigenfrequenz

- stehende Welle in den Kugeln

Eigenfrequenz

- stehende Welle in den Kugeln
  $\rightarrow$ $f = \frac{c}{2n \cdot \lambda} = \frac{5170 m/s}{8 \cdot 0{,}017 m} \approx 38 kHz$ mit $n \in \mathbb{N}$

Eigenfrequenz

- stehende Welle in den Kugeln

  $\rightarrow$ $f = \frac{c}{2n \cdot \lambda} = \frac{5170\,{}^{m}/{}_{s}}{8 \cdot 0{,}017m} \approx 38kHz$ mit $n \in \mathbb{N}$

  $\rightarrow$ nicht hörbar

„Auftreff Frequenz“

- Arbeit von K. Mehraby, H Khadem-hosseini Beheshti und M. Poursina[1]

[1] Impact noise radiated by collision of two spheres: Comparison between numerical simulations, experiments and analytical results

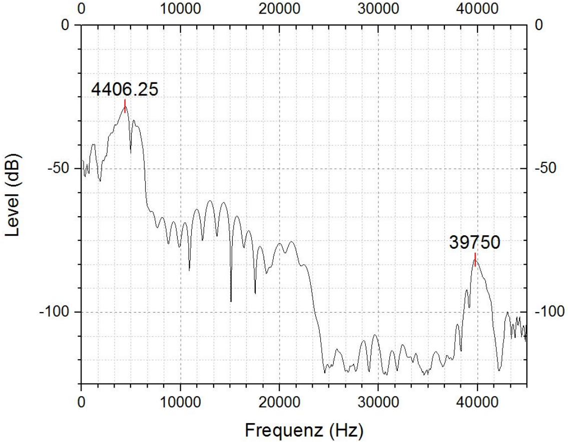
„Auftreff Frequenz“

- Arbeit von K. Mehraby, H Khadem-hosseini Beheshti und M. Poursina[1]

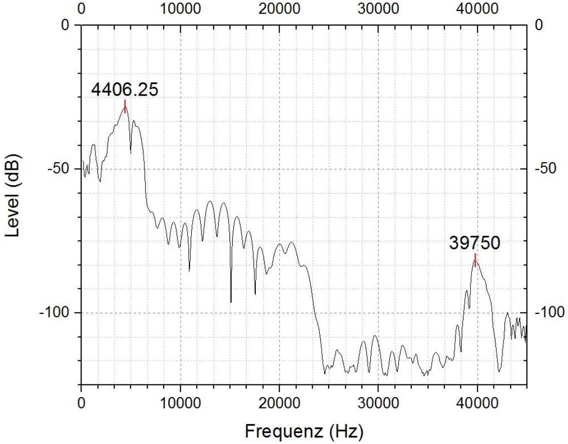
  $\rightarrow \; f = \frac{76{,}1}{r} Hz = \frac{76{,}1}{0{,}017} Hz \approx 4476 Hz$

[1] Impact noise radiated by collision of two spheres: Comparison between numerical simulations, experiments and analytical results

Frequenzanalyse

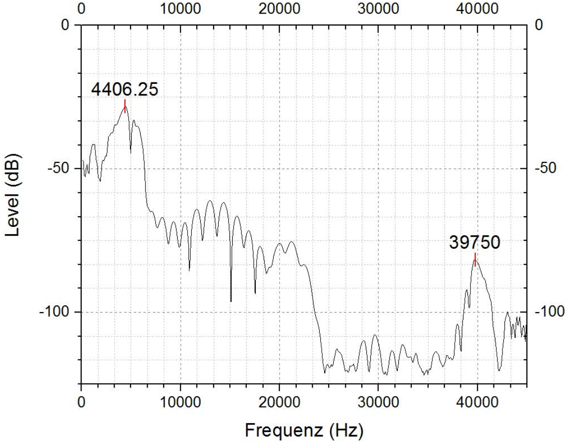


Frequenzanalyse



- hörbare Frequenz $4406 Hz$ „Auftreff Frequenz“

Frequenzanalyse



- hörbare Frequenz 4406Hz „Auftreff Frequenz“
- nicht hörbare Frequenz 39kHz Eigenfrequenz

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit