

Übungen Seismik II:

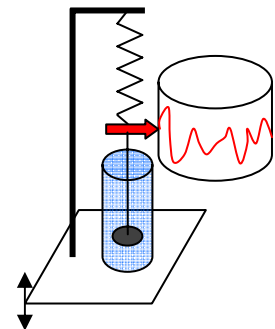
Seismometer

18. Dezember 2008

 Christian Katlein, Nicklas Ritzmann, Philipp Polzin, Philipp Baier,
 Alexander Bornikoel, Tewje Mehner, Veronika Wahl

1. Seismometer-Charakteristik

Um die Funktionsweise eines Seismometers genauer zu untersuchen, wurde an einem Demonstrationsseismometer die Amplituden-Frequenz-Charakteristik für zwei verschiedene Dämpfungswerte gemessen. Die Bodenbewegung wurde dabei durch einen Exzentermotor simuliert und die Seismometer-Bewegung mit einem Stift auf einer unabhängig befestigten rotierenden Trommel aufgezeichnet.



1a) Amplituden-Frequenz-Charakteristik

Es wurden für jeweils 6 Frequenzen die Seismometer-Bewegung sowie die Rotationsperiode des Exzentermotors ($\xi_0 = 15\text{mm}$) gemessen. Für die Resonanzfrequenz des ungedämpften Seismometers wurde direkt $f_0 = 0,87\text{ Hz}$ gemessen.

Schwache Dämpfung:

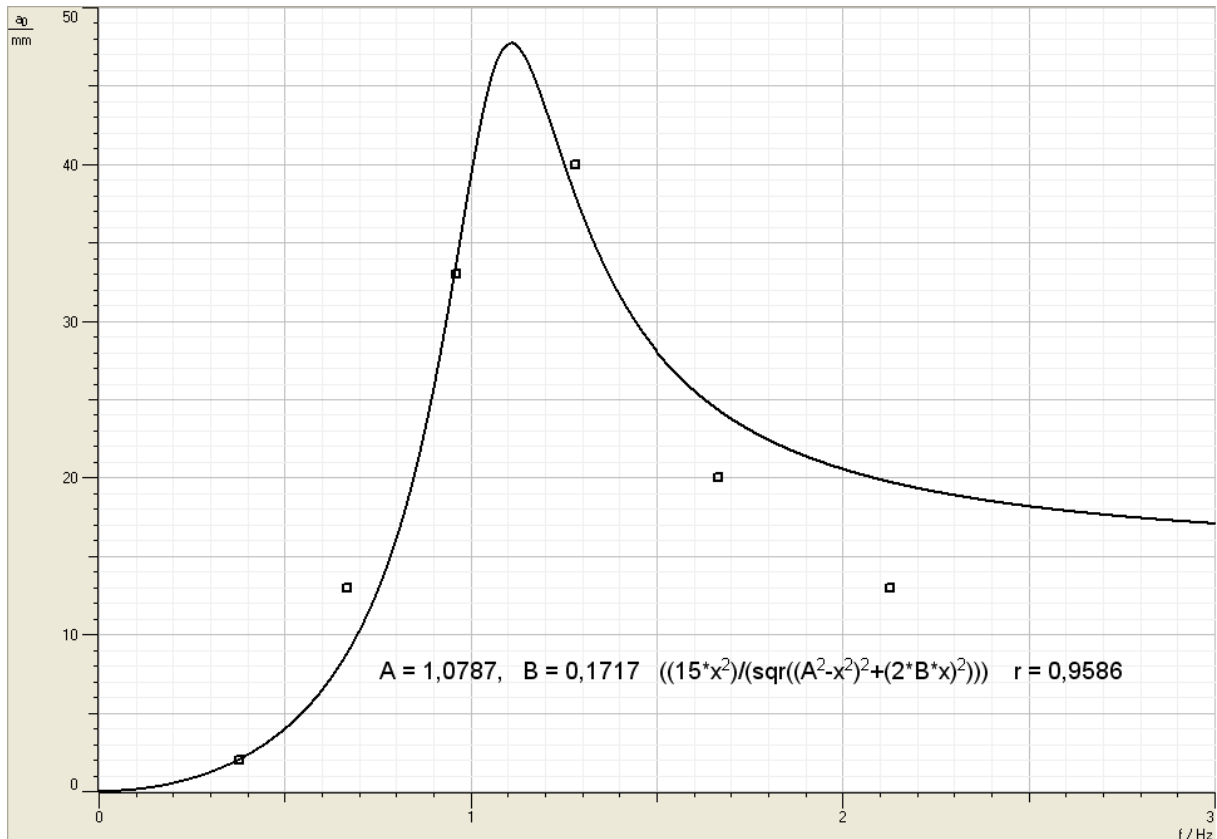
Um schwache Dämpfung einzustellen, wurden die sternförmigen Bremsen des Newtonschen Dämpfungskörpers so verdreht, dass sich eine minimale Oberfläche ergibt.

Messwerte:

| t [s] | $\rightarrow f$ [Hz] | a [mm] |
|-------|----------------------|--------|
| 2,64 | 0,38 | 2 |
| 1,50 | 0,67 | 13 |
| 1,04 | 0,96 | 33 |
| 0,78 | 1,28 | 40 |
| 0,60 | 1,67 | 20 |
| 0,45 | 2,22 | 13 |

Die erhaltenen Messwerte wurden nun in ein Diagramm aufgetragen und mithilfe der Software CASSY-Lab eine physikalisch sinnvoller Resonanzkurve der folgenden Form angepasst:

$$a(f) = \frac{\xi_0 \cdot f^2}{\sqrt{(f_0^2 - f^2)^2 + (2\delta f)^2}}$$



Aus der angepassten Resonanzkurve ergibt sich:

Resonanzfrequenz: $f_0=1,08$ Hz

Dämpfung: $\delta=0,1717$

Die Resonanzfrequenz des ungedämpften Seismometers f_0 , sollte nach Messung eigentlich bei 0,87 Hz liegen. Die Abweichung könnte in der erhöhten Reibung des Stiftes am Papier liegen, die sich bei schwacher Dämpfung im System stärker bemerkbar macht.

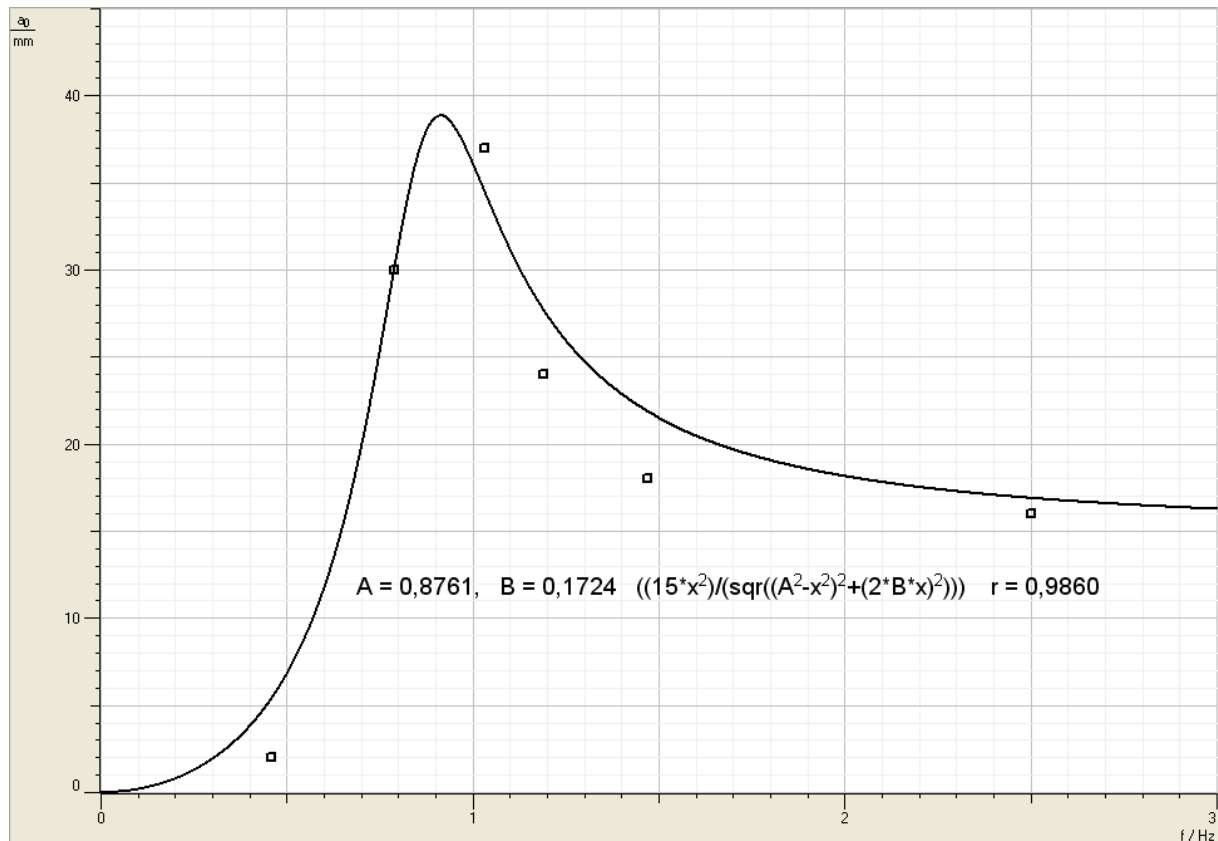
Starke Dämpfung:

Um die stärkere Dämpfung einzustellen, wurden die sternförmigen Bremsen des Newtonschen Dämpfungskörpers so verdreht, dass sich eine maximale Oberfläche ergibt.

Messwerte:

| t [s] | →f [Hz] | a[mm] |
|-------|---------|-------|
| 2,18 | 0,46 | 2 |
| 1,26 | 0,79 | 30 |
| 0,97 | 1,03 | 37 |
| 0,84 | 1,19 | 24 |
| 0,68 | 1,47 | 18 |
| 0,40 | 2,50 | 16 |

Die Werte für starke Dämpfung wurden wiederum in ein Diagramm eingezeichnet und eine Ausgleichskurve angepasst:



Aus der angepassten Resonanzkurve ergibt sich:

Resonanzfrequenz: $f_0 = 0,88 \text{ Hz}$

Dämpfung: $\delta = 0,1724$

Hier bestätigt die Ausgleichskurve die gemessene Resonanzfrequenz des ungedämpften Seismometers von 0,87 Hz. Der Dämpfungswert liegt leicht über dem der schwachen Dämpfung.

1b) Berechnung der Dämpfungsfaktoren

Der Dämpfungsfaktor D ist definiert durch:

$$\frac{b}{m} = 2\delta = 2D\omega_0 \rightarrow D = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{\delta}{2\pi f_0}$$

Mit den Werten aus den Ausgleichskurven ergibt sich damit:

schwache Dämpfung: $D = \frac{0,1717}{2\pi \cdot 0,87} \text{ s} = 0,03141 \text{ s}$

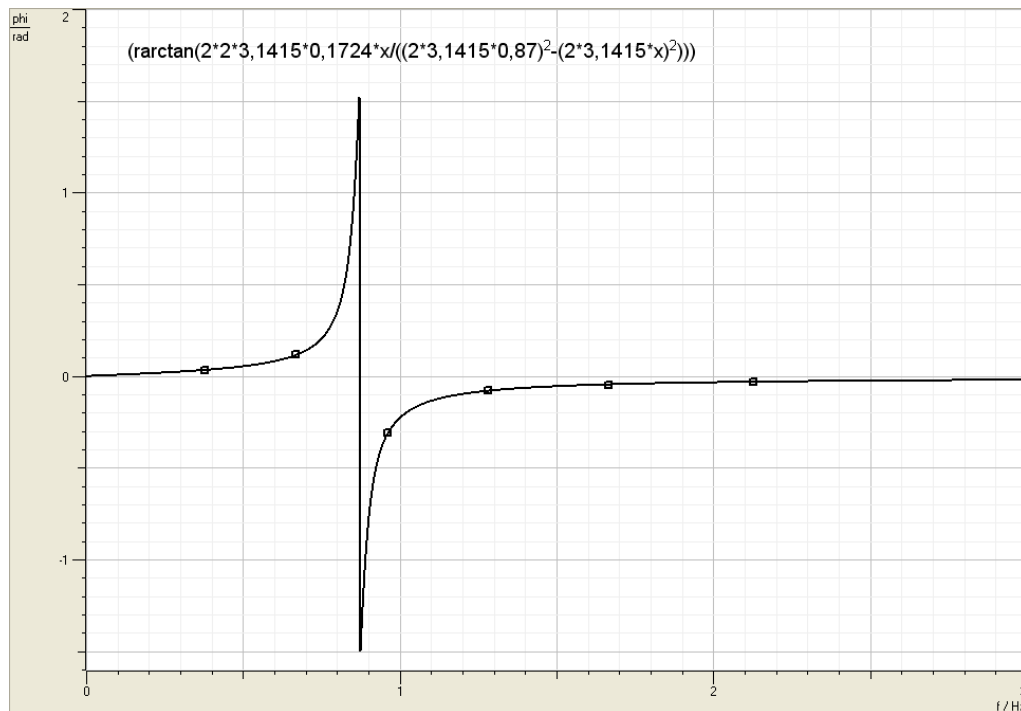
starke Dämpfung: $D = \frac{0,1724}{2\pi \cdot 0,87} \text{ s} = 0,03153 \text{ s}$

1c) Phasen-Frequenz-Charakteristik

Die Phasen-Frequenzcharakteristik für starke Dämpfung ist gegeben durch:

$$\tan \phi(\omega) = \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

wobei $\delta=0,1724$ und $\omega_0 = 2\pi \cdot f_0 = 5,529 \frac{1}{s}$. Damit ergibt sich folgendes Schaubild:



An der Resonanzfrequenz ergibt sich eine Phasenverschiebung von $\frac{\pi}{2}$. Für $f \rightarrow \infty$ wird die Phasenverschiebung $\phi = \pi$. Der Sprung in der Kurve ist durch die unterschiedlichen Äste des Tangens zu erklären ($\tan n \cdot \pi + x = \tan x$).

1d) Ausschwingkurven

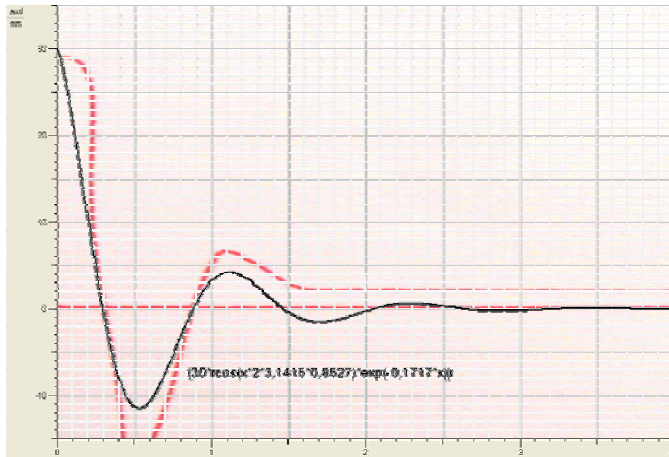
Die Ausschwingkurven des Seismometers berechnen sich mit:

$$a(t) = a_0 \cdot e^{-\delta t} \cdot \cos \omega_D t$$

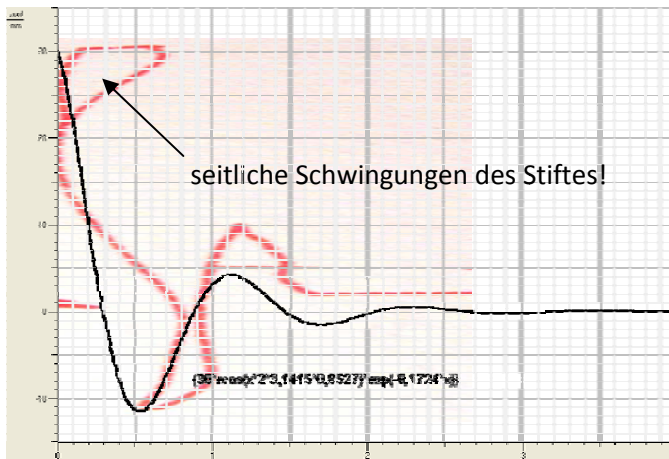
wobei

$$\omega_D = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = 2\pi \cdot 0,85 \text{ Hz}$$

Dies ergibt mit den oben genannten Werten für **schwache Dämpfung**:



Für **starke Dämpfung**:



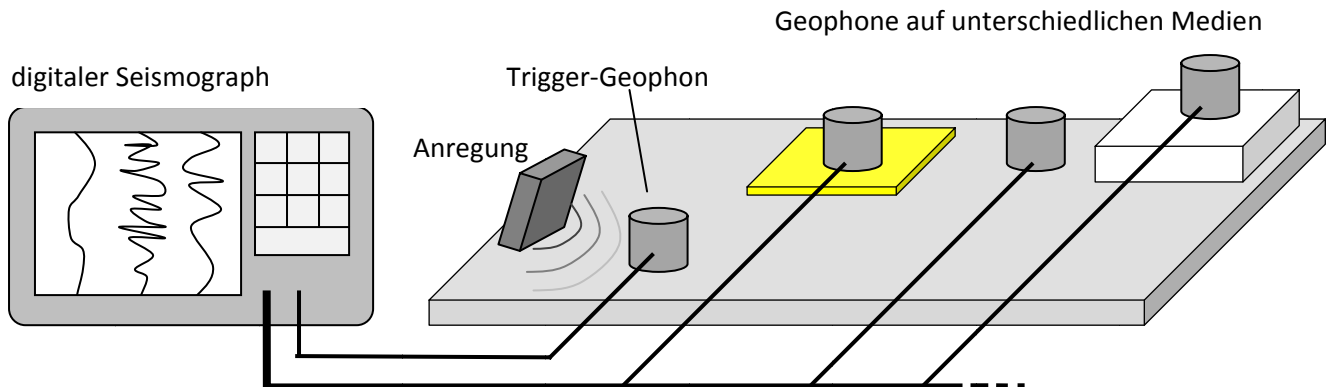
Eine direkte Messung der Abklingkurven war sehr schwierig, da die Apparatur sehr empfindlich ist, und vor allem der Stift bei manueller Anregung nur schlechten Kontakt zur Papiertrommel hat.

Die aufgenommenen Abklingkurven (rot) wurden entsprechend skaliert (Die Rotationsgeschwindigkeit der Trommel ist kaum zu bestimmen) hinter die obigen Diagramme gelegt.

Im Rahmen der hier großen Messunsicherheiten stimmen die gemessenen Kurven mit der Theorie überein.

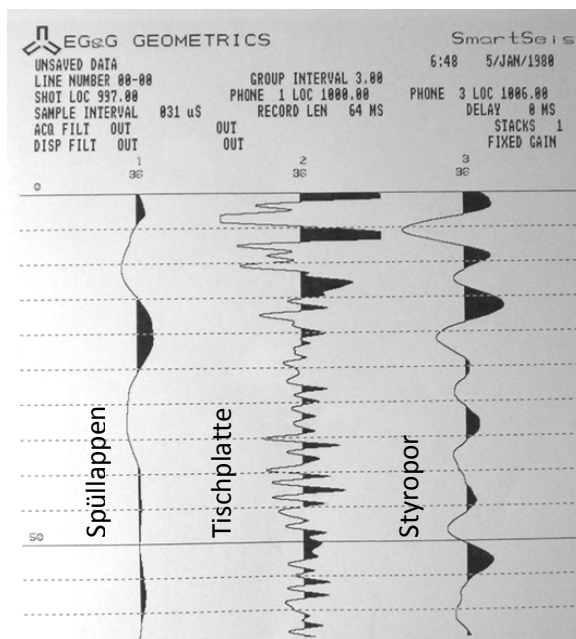
2. Seismische Wellenausbreitung in verschiedenen Medien

Versuchsaufbau:



Auf dem Tisch wurden 3 Geophone auf unterschiedliche Materialien (Spüllappen, Styropor) gelegt und an einen digitalen 12-Kanal Seismograph angeschlossen. Die Tischplatte wurde dann durch einen umfallenden Aluminiumblock zu Schwingungen angeregt. Durch ein viertes Geophon direkt neben der Anregungsstelle, wurde die Messung gestartet und ein Seismogramm von allen drei Geophonen aufgezeichnet:

Es sind deutliche Unterschiede der gemessenen Tischschwingungsgeschwindigkeiten zu sehen:



Tischplatte: Die relativ harte Tischplatte überträgt gut Schwingungen aller –insbesondere hoher Frequenzen. Nach anfänglich heftiger Schwingung wird die Amplitude der Schwingung jedoch rasch deutlich kleiner.

Spüllappen: Der weiche Spüllappen dämpft die Schwingungen sehr stark. Die Amplitude der Schwingung ist von Anfang an relativ gering. Es werden nur deutlich niederfrequente Schwingungen durch den Lappen übertragen, während die hochfrequenten Teile der Schwingung ausgedämpft werden

Styropor: Das Styropor dämpft nicht so stark, wie der Lappen. Aber im Gegensatz zur Tischplatte finden sich hier auch weniger hochfrequente

Anteile. Die Gesamtamplitude ist wie erwartet größer als beim Lappen und nimmt nicht ganz so schnell ab, wie direkt auf der Tischplatte.

Der Versuch zeigt gut die unterschiedlichen Schwingungseigenschaften von verschiedenen „harten“ Materialien. Harte Materialien übertragen hauptsächlich starke kurze hochfrequente Schwingungen, während weiche Materialien Störungen nicht so stark, dafür aber länger mit niedrigeren Frequenzen übertragen.