

Grundlagen

Resonanz entsteht durch eine **periodische Anregung** des schwingenden Systems.

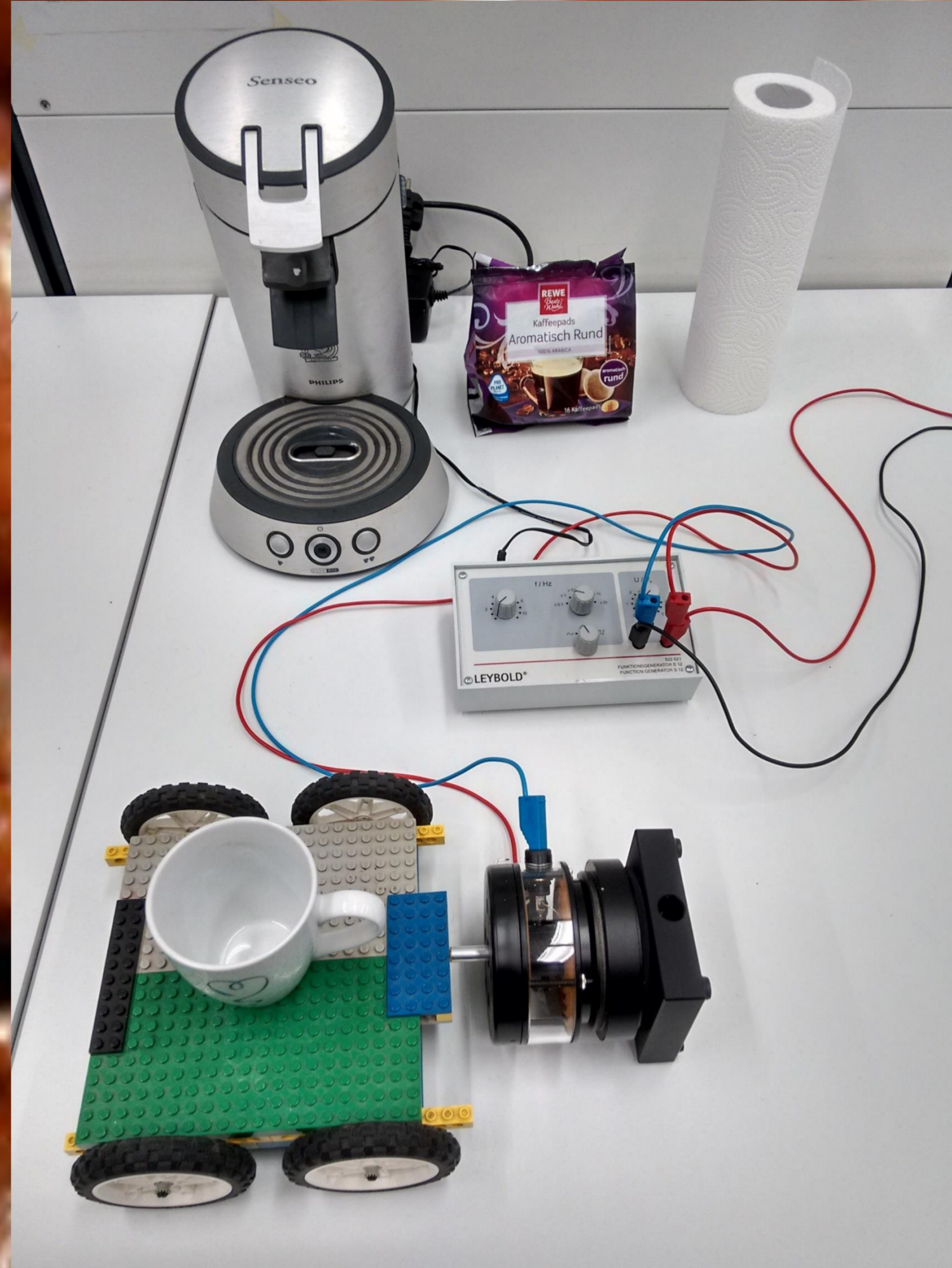
Nach dem Einschwingvorgang **entspricht die hinzugefügte Energie der Reibung**, die auftritt, und die Schwingfrequenz der Frequenz der Anregung.

Für eine sinusförmige Anregung der Schwingung wird die Lösung für die folgende **Differentialgleichung** der Kräfte gesucht:

$$F(t) = m\ddot{x} + c\dot{x} + kx$$

Mit $F(t) = F_0 e^{i\omega t}$ erhält man als Lösung:

$$x(t) = \frac{\frac{F_0}{m}}{-\omega^2 + i\frac{c}{m}\omega + \omega_0^2} e^{i\omega t} \quad \text{mit } \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$



Einleitung

Vorgehensweise und Aufbau

Wir wollen herausfinden, welche der untersuchten **Tassen** am besten dazu geeignet ist, eine Resonanzkatastrophe zu verhindern, das heißt das **Überschwappen** zu vermeiden.

Dazu **schätzen** wir die durchschnittliche **Schrittfrequenz** ab (1,25 bis 2,00 s⁻¹).

Mithilfe eines Lautsprechermagneten und eines Frequenzgenerators lassen sich die **Tassen mit verschiedenen Frequenzen anregen**.

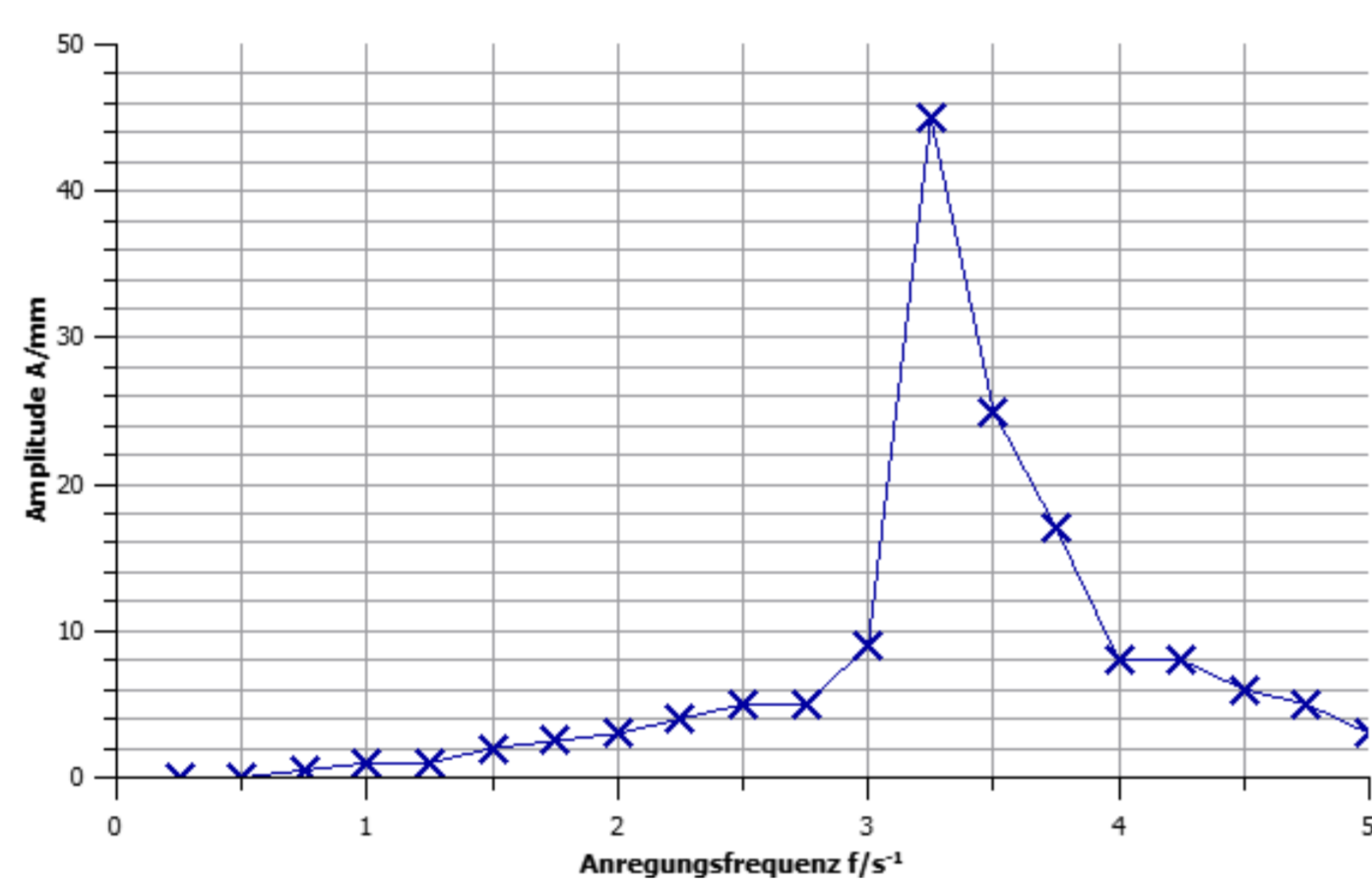
Aus den aufgenommenen Resonanzkurven lesen wir die **Resonanzfrequenz** der untersuchten Tassen ab.

Resonanzkurven

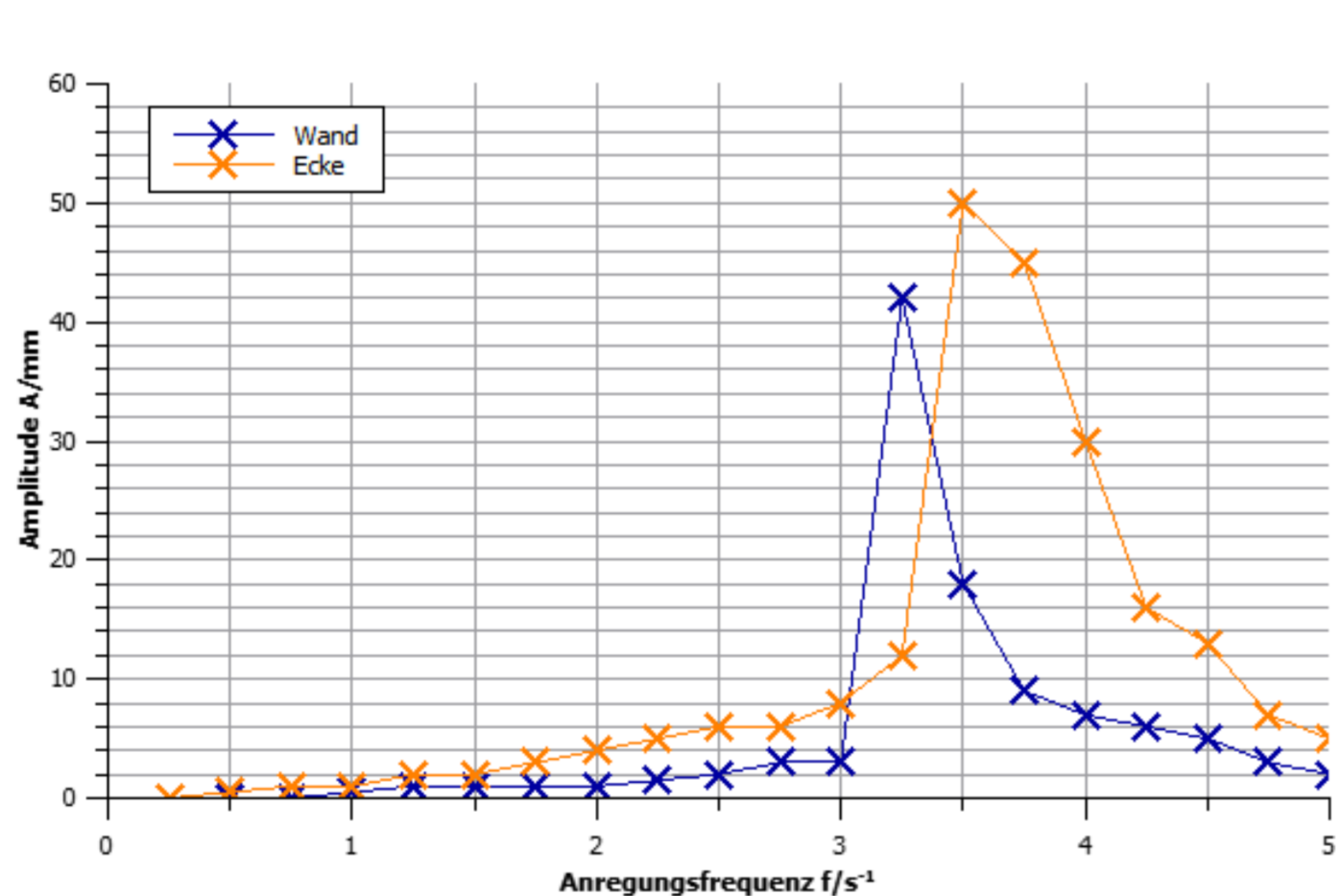
Unten dargestellt sind einige **charakteristische Resonanzkurven** unserer Messreihen.

Bei **nicht kreisförmigen Tassen** hängt die Resonanzfrequenz f_{Res} von der **Ausrichtung** ab.

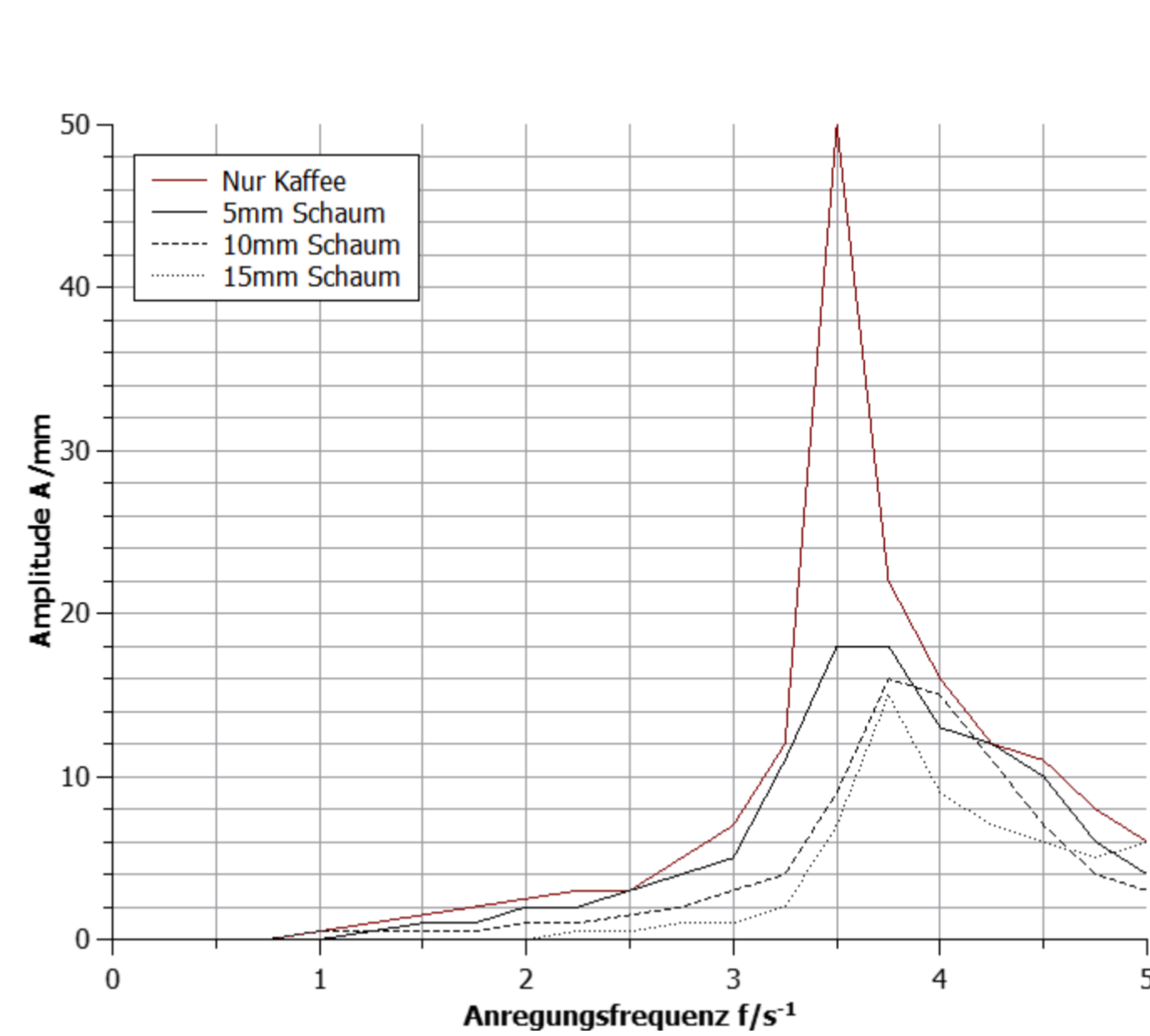
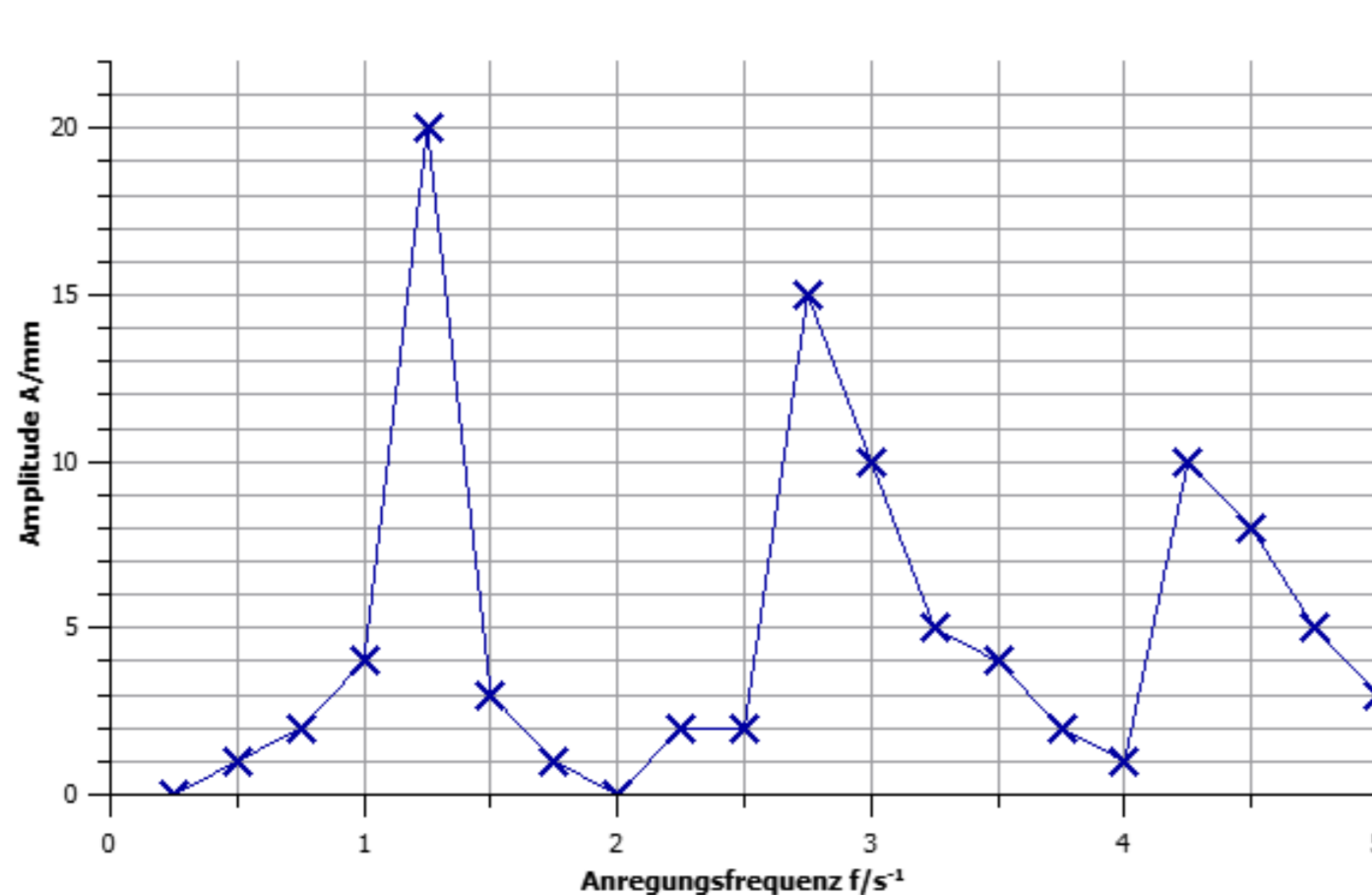
Physik-Fakultät-Tasse $f_{\text{Res}} = 3,3\text{s}^{-1}$



Quadrat-Tasse $f_{\text{Res},1} = 3,3\text{s}^{-1}$ $f_{\text{Res},2} = 3,6\text{s}^{-1}$



Suppenteller $f_{\text{Res}} = 1,3\text{s}^{-1}$

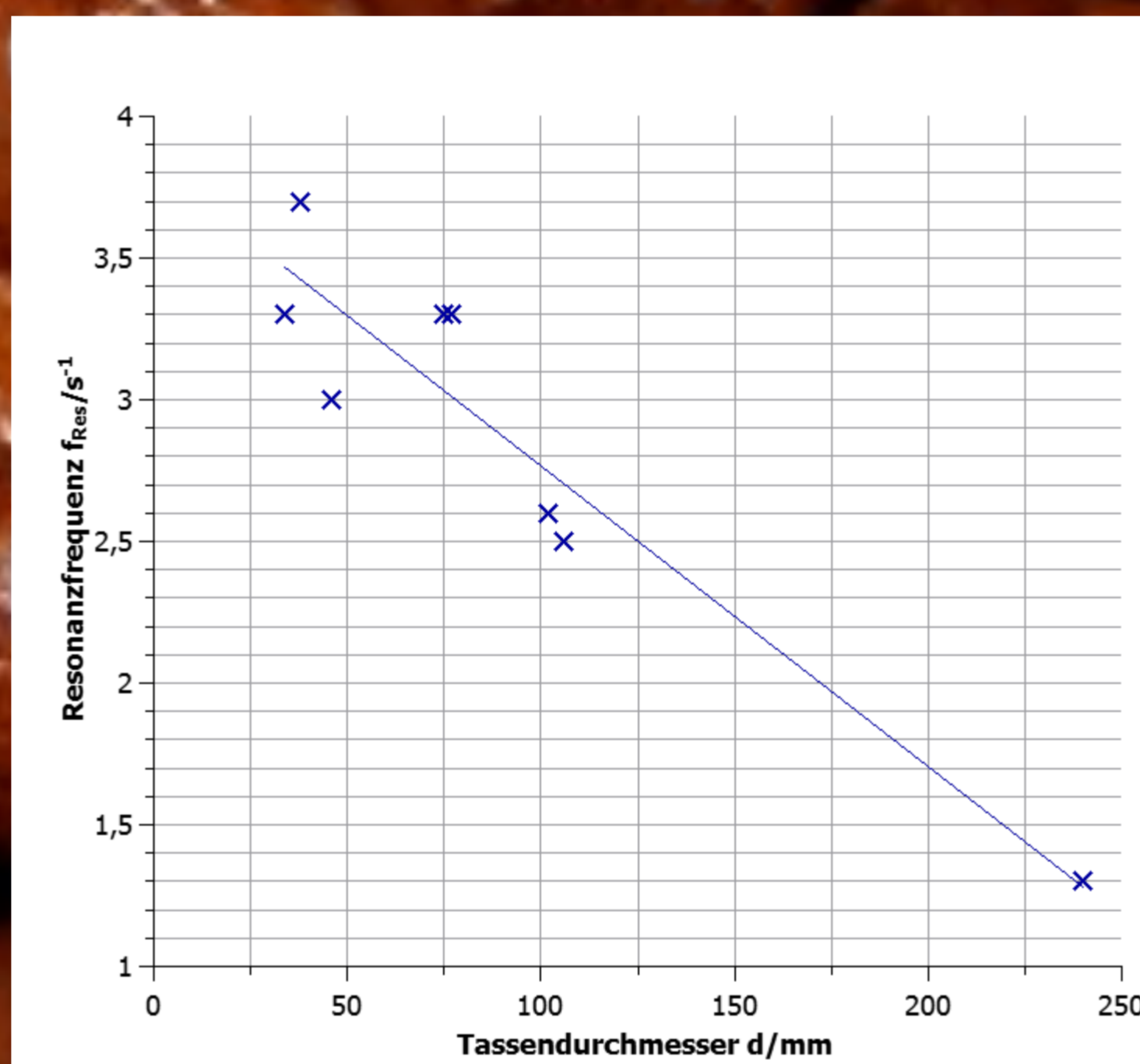


Milchschaum-Dämpfung

Diese Messreihe untersuchte die **Auswirkung von unterschiedlich dicken Schichten Milchschaum**.

Dies hat **dämpfende Effekte**, auch schon bei geringen Schichtdicken. Sowohl Amplitude als auch Steigung der Kurve werden gesenkt.

Praktisch heißt dies: Bereits geringe Mengen an Milchschaum reichen aus, um den gewünschten Effekt zu erzielen.



Durchmesser und Frequenz

Hier sind die **Resonanzfrequenzen** kreisförmiger Gefäße **gegen ihren Durchmesser** aufgetragen. Man erkennt einen angenähert **linearen Zusammenhang**, lineare Regression ergibt:

$$f_{\text{Res}}(d) = a \cdot d + f_{\text{Res},0} = (-1,1 \pm 0,2) \cdot \frac{10^{-2}}{\text{mm} \cdot \text{s}} d + (3,8 \pm 0,2) \frac{1}{\text{s}}$$

→ Je größer der Durchmesser, desto niedriger ist die Resonanzfrequenz und desto wahrscheinlicher liegt diese im Bereich der Schrittfrequenzen.

Resonanzkatastrophe

Sieh dir hier ein Video an:



<http://bit.ly/KaffeeResonanz>

Bewertung der Ergebnisse

Fehler: $\Delta f = 0,25\text{s}^{-1}$, $\Delta A = 1\text{mm}$, $\Delta f_{\text{Res}} = 0,2\text{s}^{-1}$

Alle **Resonanzfrequenzen** der Tassen liegen **oberhalb** der durchschnittlichen **Schrittfrequenz**.

Das **Überschwappen** der meisten Tassen ist somit nicht direkt durch Resonanz zu erklären sondern vielmehr **durch Trägheit**.

Flache, breite Gefäße haben niedrigere Resonanzen und sind somit **weniger geeignet**.

Quellen

Skripte und Vorlesungsmitschriften [a] Dreher, Jürgen: Mathematische Methoden der Physik [b] Köhler, Ulrich: Physik I (Mechanik und Wärmelehre), Physik II (Elektrizitätslehre und Optik) [c] Meyer, Dirk: Physikalisches Praktikum für Studierende der Physik, Teil 1 [d] von Keudell, Achim: Physik I (Mechanik und Wärmelehre), Physik II (Elektrizitätslehre und Optik), Physik III (Atom- und Molekülphysik), Physik IV (Statistik, Festkörperphysik, Kern- und Teilchenphysik)
Literatur [1] Bishop, Richard E.: Schwingungen in Natur und Technik, 2013 [2] Demtröder, Wolfgang: Experimentalphysik 1 – Mechanik und Wärme, 2013 [3] Gerthsen, Christian: Gerthsen Physik, 2015 [4] Harten, Ulrich: Physik: Eine Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler, 2014 [5] Lüders, Klaus: Pohls Einführung in die Physik - Band 1: Mechanik, Akustik und Wärmelehre, 2009 [6] Tipler, Paul Allen; Mosca, Gene: Physik für Wissenschaftler und Ingenieure, 2015

Danksagungen

Projektleitung Tobias Grunewald
Umbau des Lautsprechermagneten Hanno Niester
Technische Assistenz Tomasz Domanski und Klaus Ulrich
Hintergrund mariko-eleanor bei flickr (<https://www.flickr.com/mariko-eleanor/>)