

# **Schwebungen**

## **Eine Unterrichtssequenz mit App Schallanalysator**

Dr. Markus Ziegler  
Letzte Änderungen: November 2023

---

# Schwebungen – Eine Unterrichtssequenz

Einstieg im Plenum: Lehrer schlägt beide Stimmgabeln an  
Beobachtung: Ton wird periodisch lauter und leiser

a1-Stimmgabel



Durch  
Zusatzmassen  
verstimmte  
a1-Stimmgabel

# Schwebungen – Eine Unterrichtssequenz

## **Aufgabe 1 (Ich-Du-Wir):**

Was ist die Ursache für diese „Schwebung“?

- a) Stellen Sie eine Hypothese auf.
- b) Planen Sie Experimente, mit deren Hilfe Ihre Hypothese überprüft werden kann. Zur Verfügung stehen hierfür folgende Materialien:
  - Eine a1-Stimmgabel
  - Eine a1-Stimmgabel mit zwei Zusatzmassen
  - App Schallanalysator (iOS, Android) oder Spaichinger Schallpegelmesser (für Windows-Notebooks) mit folgenden Fenstern:
    - Grundfrequenz
    - Oszilloskop

Aufgaben: Siehe „Aufgaben Schwebung“

---

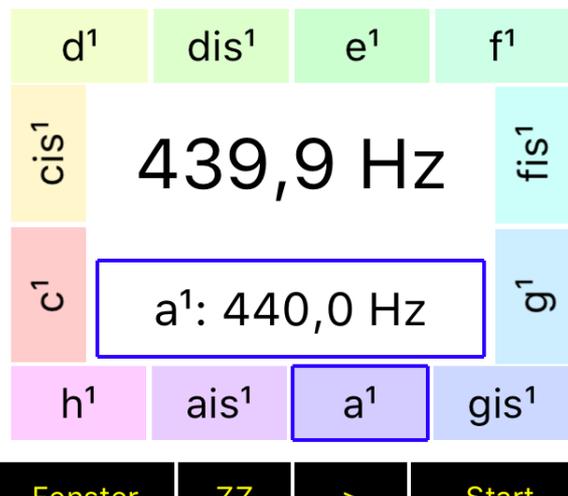
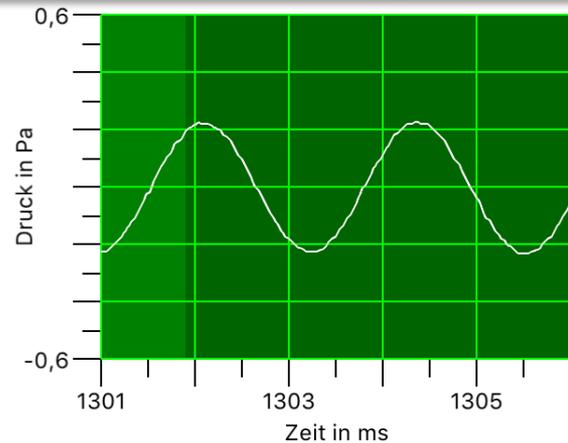
# Schwebungen – Eine Unterrichtssequenz

## Im Plenum (Wir):

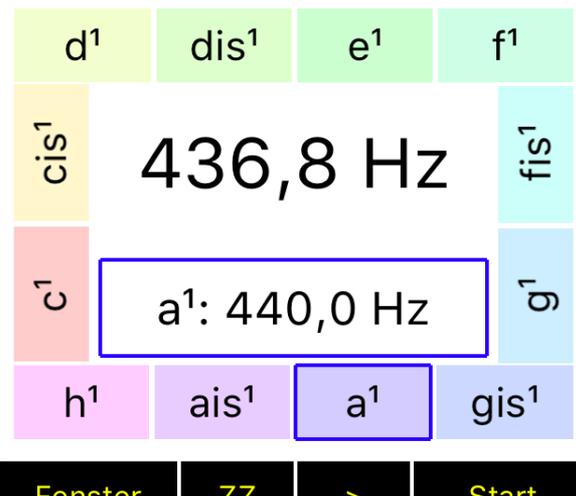
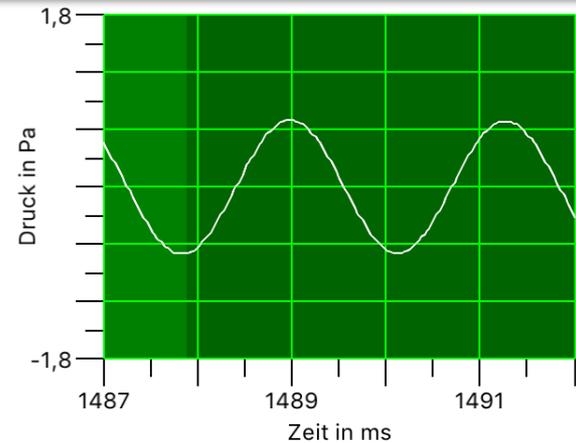
- 1) Sammeln der Hypothesen (Beispiele):
    - i. Stimmgabel mit Zusatzmassen schwingt ungleichmäßig
    - ii. Resonanzkasten verursacht Schwebung
    - iii. Stimmgabel mit Zusatzmassen hat eine etwas tiefere Frequenz als Stimmgabel ohne Zusatzmassen. Überlagerung verursacht Schwebung
  
  - 2) Sammeln, Diskussion, Durchführung und Auswertung der Experimente (Beispiele):
    - i. Schlage nur die Stimmgabel mit den Zusatzmassen an  
Ergebnis: keine Schwebung
    - ii. Schlage nur die Stimmgabel ohne Zusatzmassen an  
Ergebnis: keine Schwebung
    - iii. Messungen mit App Schallanalysator: Siehe nächste Folie
-

# Schwebungen – Eine Unterrichtssequenz

Nur a1-Stimmgabel



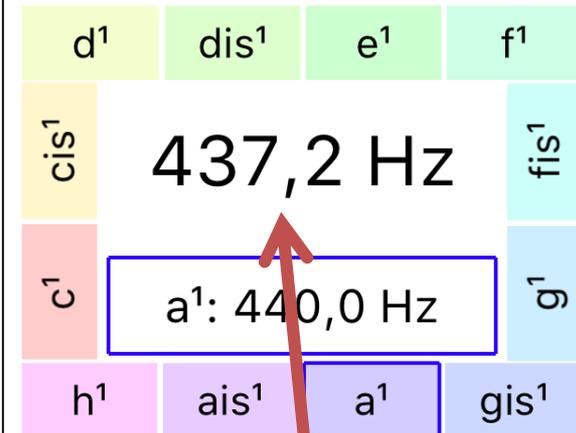
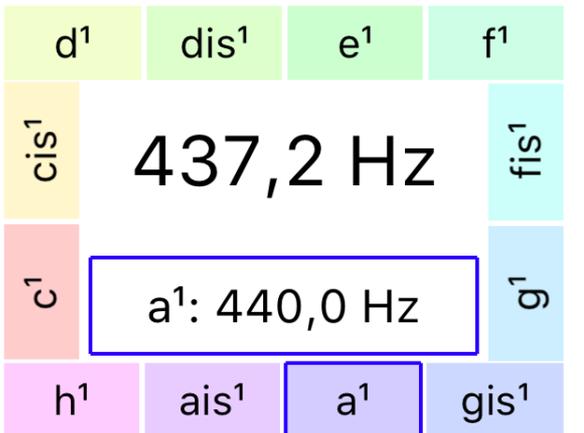
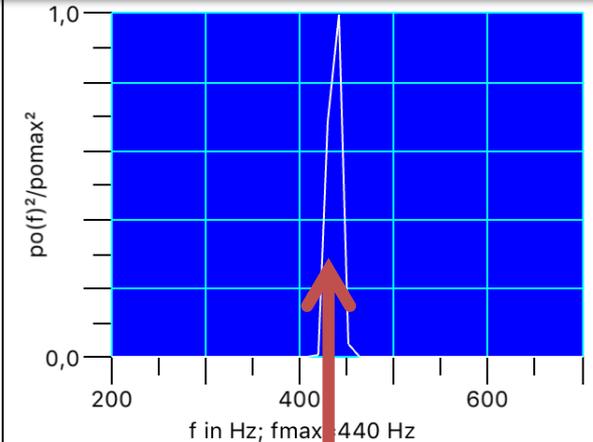
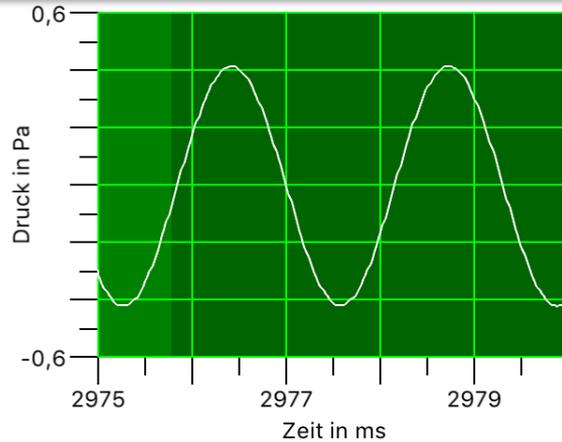
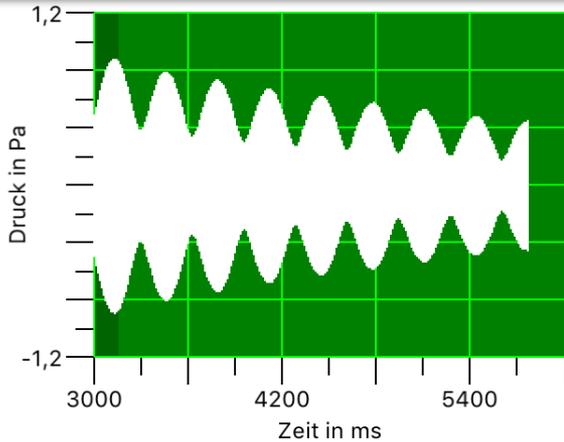
Nur verstimmte Stimmgabel



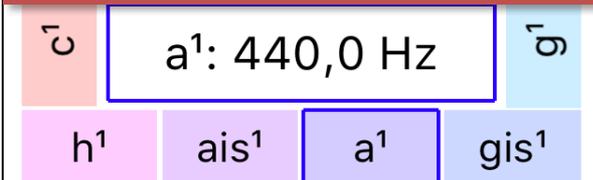
Messungen bestätigen Hypothese iii.

# Schwebungen – Einschub: Info für Lehrer

## Schwebung: Überlagerung a1-Stimmgabel mit verstimmt Stimmgabel



Auflösung des Spektrums (FFT) zu gering, um Einzelfrequenzen zu trennen

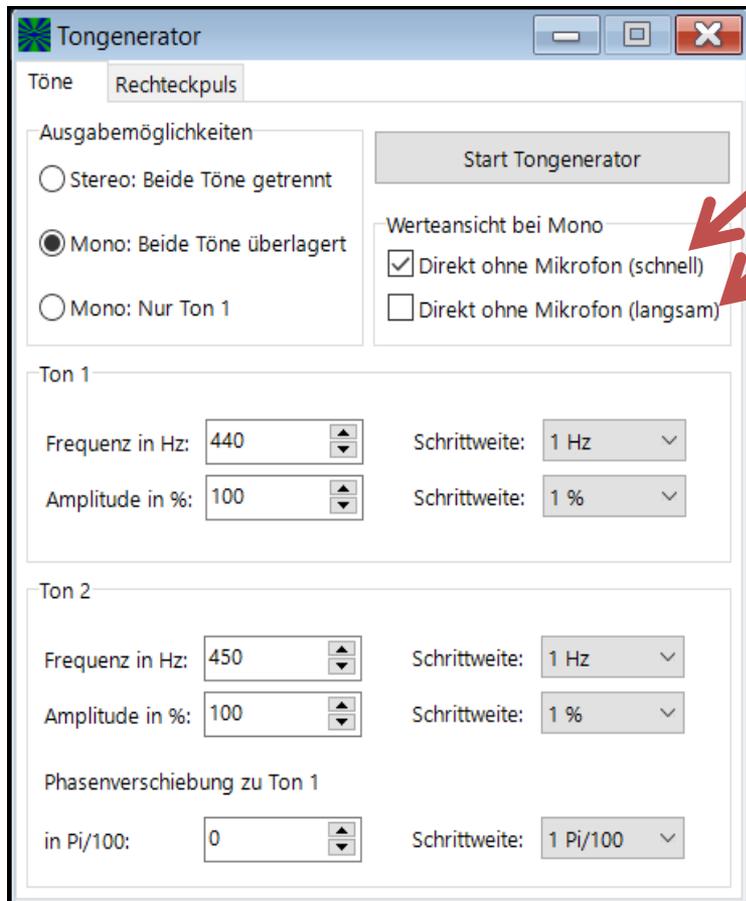


Frequenz des hörbaren Tons liegt nahe bei den Einzelfrequenzen  
Exakt in der Mitte zwischen den Einzelfrequenzen, falls Amplituden gleich groß

Messoption „Erweiterte Messung schnell“

# Schwebungen – Eine Unterrichtssequenz

Spaichinger Schallpegelmesser: SuS muss Bedienung des Doppeltongenerators vor Bearbeitung von Aufgabe 2 erklärt werden!

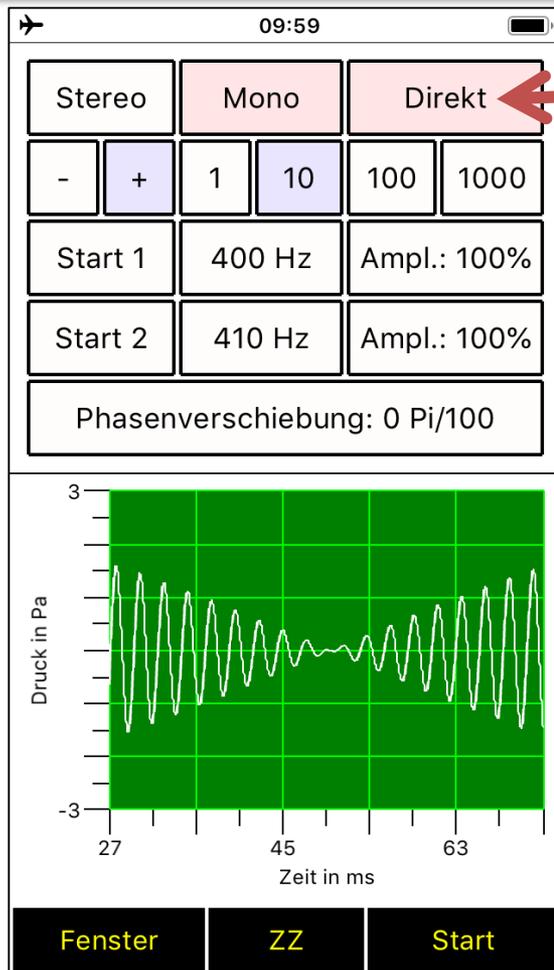


Falls eine dieser Optionen gewählt wurde, werden die Schallgrößen des ausgestrahlten Schalls, inklusive Oszilloskop und Spektrum, **direkt**, d.h. ohne den Umweg über das Mikrofon angezeigt.

Falls diese Kästchen deaktiviert sind, kann parallel zum Betrieb des Tongenerators eine Schallmessung über ein Mikrofon durchgeführt werden.

# Schwebungen – Eine Unterrichtssequenz

App Schallanalysator seit Version 2.2: SuS muss Bedienung des Doppeltongenerators vor Bearbeitung von Aufgabe 2 erklärt werden!



Falls die Optionen „Direkt“ gewählt wurde, werden die Schallgrößen des ausgestrahlten Schalls, inklusive Oszilloskop und Spektrum, **direkt**, d.h. ohne den Umweg über das Mikrofon angezeigt.

Falls dieses Kästchen deaktiviert ist, kann parallel zum Betrieb des Tongenerators eine Schallmessung über das Mikrofon durchgeführt werden.

# Schwebungen – Eine Unterrichtssequenz

App Schallanalysator seit Version 2.2: SuS muss Bedienung des Doppeltongenerators vor Bearbeitung von Aufgabe 2 erklärt werden!

## Antippen von Start 1 und (oder) Start 2:

Ein Ton mit der angegebenen Frequenz und relativen Amplitude wird abgespielt. Durch Antippen des Frequenz- bzw. Amplitude-Buttons können auch während der Tonausgabe diese Größen geändert werden.

Stereo		Mono		Direkt	
-	+	1	10	100	1000
Start 1	400 Hz		Ampl.: 100%		
Start 2	410 Hz		Ampl.: 100%		
Phasenverschiebung: 0 Pi/100					
Fenster			Start		

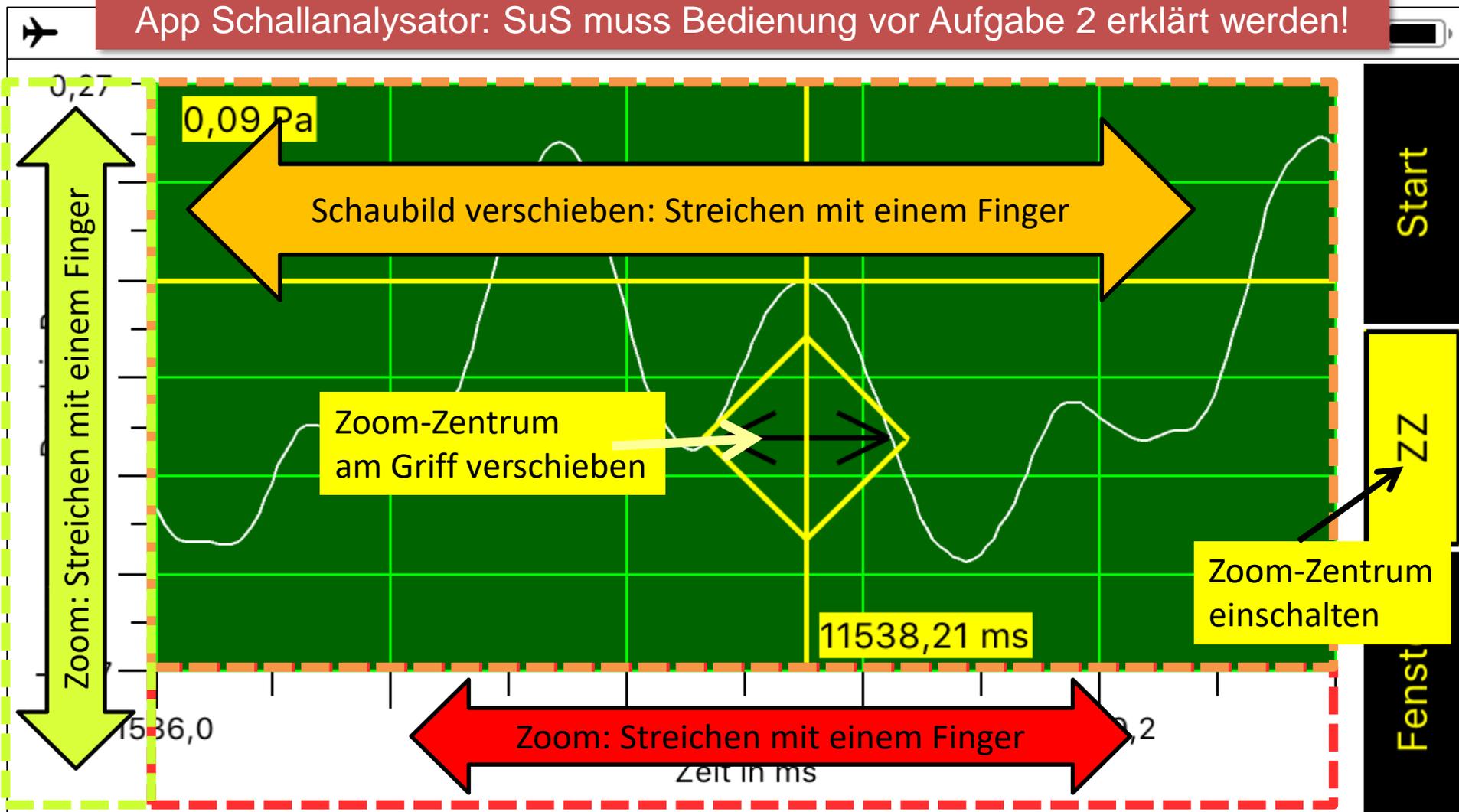
## 2. Zeile:

Einstellung der Schrittweiten für das Ändern der Frequenz-, Amplituden- und Phasenverschiebung

Phasenverschiebung zwischen Ton 1 und Ton 2

# Schwebungen – Eine Unterrichtssequenz

App Schallanalysator: SuS muss Bedienung vor Aufgabe 2 erklärt werden!



# Schwebungen – Eine Unterrichtssequenz

**Aufgabe 2 (Ich-Du-Wir):** Nun wollen wir die Ergebnisse von Aufgabe 1 verallgemeinern und vertiefen.

Hilfsmittel: App Schallanalysator oder Spaichinger Schallpegelmesser mit folgenden Fenstern:

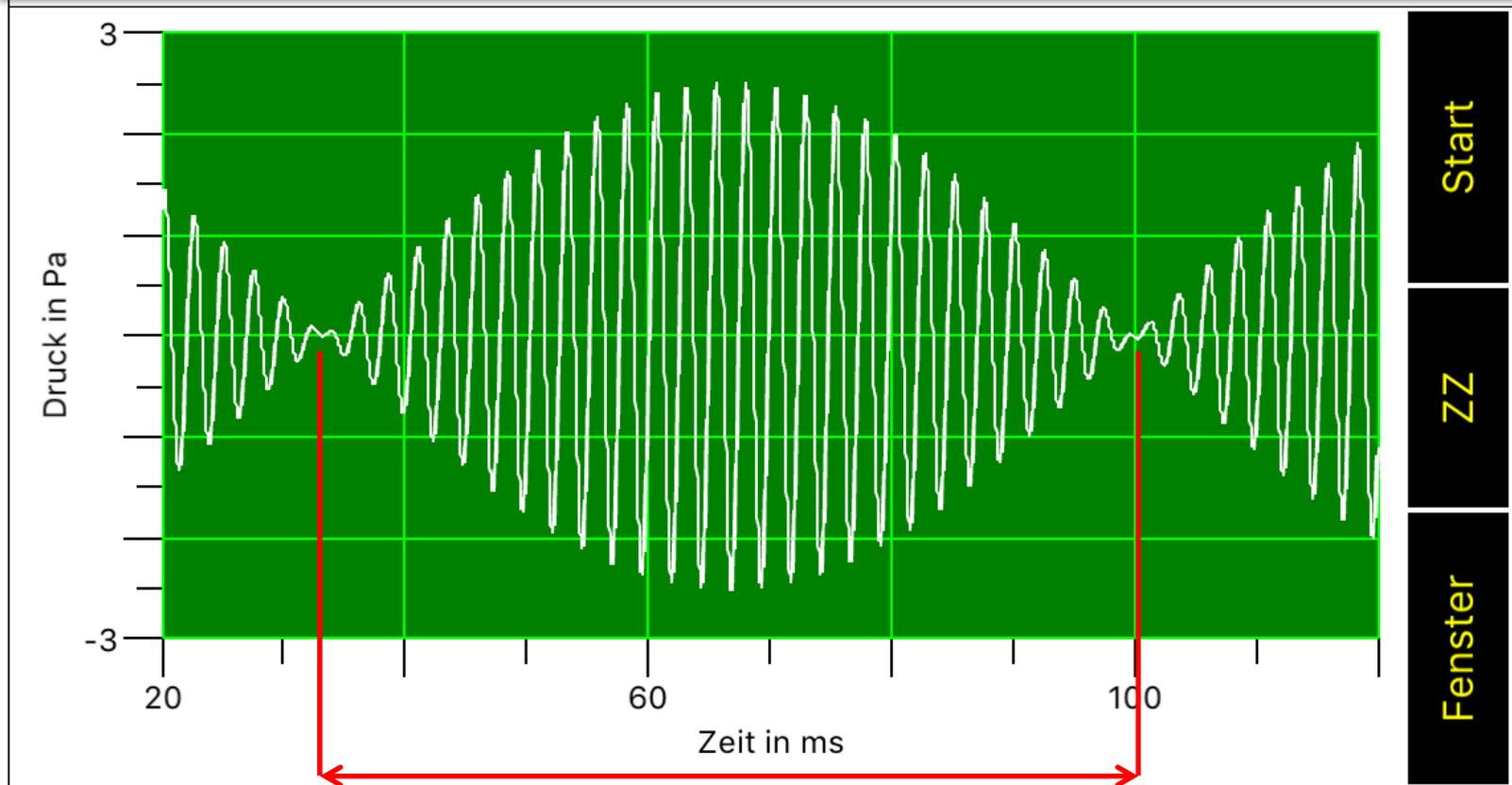
- Tongenerator im Modus „Direkt“ (Erzeugung und Überlagerung von 2 Tönen)
  - Oszilloskop mit Fadenkreuz „ZZ“ zur exakten Ablesung von Zeiten
- a) Überprüfen Sie die Hypothese: Werden 2 unterschiedliche Töne mit nahe beieinander liegenden Frequenzen  $|f_1 - f_2| \leq 15$  Hz überlagert, so entsteht eine Schwebung.
- b) Untersuchen Sie, wie die Schwebungsfrequenz  $f_s$  (Definition siehe nächste Folie) von den Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  der beiden Töne abhängt. Für diese Teilaufgabe sind gestufte Hilfen vorhanden.

Aufgaben: Siehe „Aufgaben Schwebung“

---

# Schwebungen – Eine Unterrichtssequenz

Definition: Schwebungsfrequenz und Schwebungsperiodendauer



Schwebungsperiodendauer:  $T_s$

Definition Schwebungsfrequenz:  $f_s = \frac{1}{T_s}$

# Schwebungen – Eine Unterrichtssequenz

## Aufgabe 3:

In Aufgabe 2 haben wir induktiv die Gleichung  $f_s = |f_1 - f_2|$  für die Schwebungsfrequenz  $f_s$  gefunden. In dieser Aufgabe möchten wir Schwebungen mithilfe des Zeigerdiagramms besser verstehen.

Hilfsmittel: GeoGebra-Datei: <https://www.geogebra.org/m/uzg7jgcc>

- a) **(Ich-Du-Wir):** Erklären Sie mithilfe des Zeigerdiagramms die Entstehung einer Schwebung.
- b) **Schwere Zusatzaufgabe:** Leiten Sie deduktiv mithilfe des Zeigerdiagramms die Gleichung  $f_s = |f_1 - f_2|$  her.  
Für diese Teilaufgabe sind gestufte Hilfen vorhanden.

Aufgaben mit gestuften Hilfen: Siehe „Aufgaben Schwebung“

---