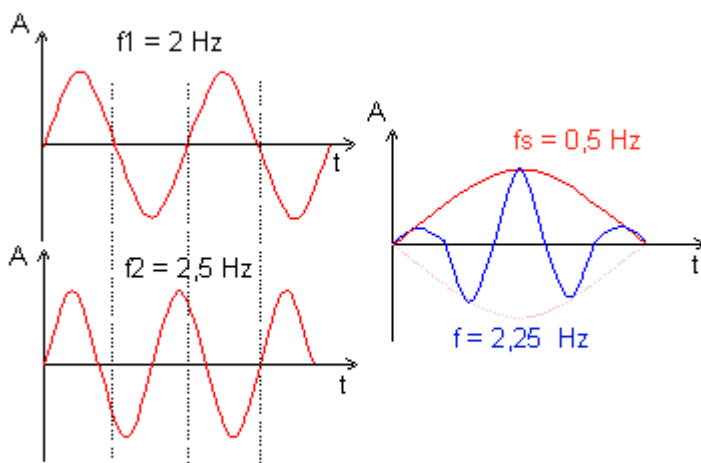


Überlagerung von Sinusschwingungen ähnlicher Frequenz - Schwebung und Rauhigkeit



Werden zwei Sinustöne mit ähnlichem Schallpegel und dicht benachbarter Frequenz gemeinsam dargeboten, sie verschmelzen sie zu einem gemeinsamen Ton. Da aber die Frequenzen der beiden Töne unterschiedlich sind, verschieben sich die Phasen der Töne kontinuierlich gegeneinander. Im zeitlichen Verlauf des resultierenden Signals kommt es zu Verstärkungen, bzw. Abschwächungen im Pegelverlauf, so daß ein sich periodisch ändernder Lautstärkeindruck entsteht. Bezeichnet man die Frequenzen der beteiligten Schwingungen mit f_1 und f_2 , so ergibt sich für die Frequenz des resultierenden Schwingungsmusters

$$f = (f_1 + f_2) / 2$$

Die Schwebungsfrequenz f_s , also die Anzahl der Lautstärkeschwankungen pro Sekunde ergibt sich aus:

$$f_s = f_1 - f_2$$

Überschreitet die Frequenzdifferenz zwischen beiden Tönen den Wert von ca. 15 (30) Hz, so verschwindet die Schwebungsempfindung und es tritt eine Empfindung auf, die als **Rauhigkeit** bezeichnet wird. Wird der Frequenzunterschied weiter gesteigert, so wird die sogenannte Frequenzunterscheidungsschwelle überschritten. Bei Überschreiten dieser Schwelle beginnt das Gehör zwei einzelne Töne zu unterscheiden, deren Tonhöhen den Frequenzen f_1 und f_2 entsprechen. Auch diese Überlagerung der zwei Töne klingt noch rau, bei weiterer Vergrößerung des Frequenzabstandes verschwindet aber auch dieser Eindruck, beide Töne werden einzeln wahrgenommen. Der Gesamteindruck des Schallsignals wird als glatt und angenehm empfunden.



[\(Hörbeispiel\)](#)

Gelegenheit zu eigenen Experimenten erhalten Sie mit dem Programm

- [Schwebung](#)

Linked resources for wiki.audio

Attribution

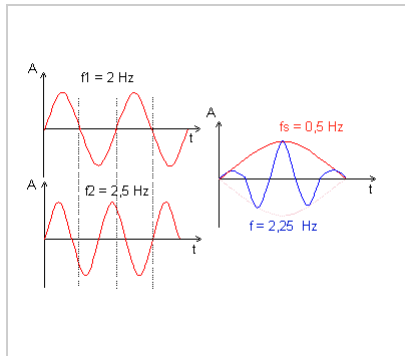
Autor: Martina Kremer <krahe@uni.wuppertal.de>

Zeichnungen und Hörbeispiele: Martina Kremer

Archived URL: <https://aa.wiki.audio/psychoak/psychoak24.htm>

Embedded pictures

1.



[psychoak24.gif Entstehung der Schwebung]

2.



[ohremblem.gif Hörbeispiele Adaption]




Linked pages

1. **Link label:** Schwebung

Resource folder: psychoak/43-ExperimenteZurSchwebung

Archived file: [schwebung.htm](#)

Hörbeispiele zu Rauhigkeit und Schwebung

Frequenz der Töne	
$f_1 = 400 \text{ Hz}$, $f_2 = 403 \text{ Hz}$	
$f_1 = 400 \text{ Hz}$, $f_2 = 410 \text{ Hz}$	
$f_1 = 400 \text{ Hz}$, $f_2 = 401 \text{ Hz}$	

1. Beispiel:

Im nebenstehenden Beispiel werden jeweils zwei Sinustöne der Frequenzen f_1 und f_2 nacheinander dargeboten. Für einen geübten Hörer ist eine leichte Änderung der Tonhöhe bemerkbar. Werden beide Töne jedoch gleichzeitig dargeboten, so entsteht eine Schwebung mit der Schwebungsfrequenz $|f_1 - f_2|$, die die Verstimmung der beiden Töne deutlich macht.

2. Beispiel:

Im zweiten Beispiel sollen die Frequenzabstände zwischen den beteiligten Tönen erhöht werden, so daß der Übergang der Empfindungen




Schwebung- Rauhigkeit- Wahrnehmung zwei getrennter Töne

deutlich wird.

Zunächst werden wieder zwei Sinustöne der Frequenzen $f_1 = 400 \text{ Hz}$ und $f_2 = 403 \text{ Hz}$ gleichzeitig dargeboten. Der Frequenzunterschied wird durch die Schwebung hörbar.

Erhöht man den Frequenzunterschied von 3 auf 40 Hz, so wird bei der gemeinsamen Darbietung der Töne mit $f_1 = 400 \text{ Hz}$ und $f_2 = 440 \text{ Hz}$ Rauhigkeit hörbar.

Wird der Frequenzabstand auf 200 Hz vergrößert, so lassen sich bei der gemeinsamen Darbietung der Sinustöne $f_1 = 400 \text{ Hz}$ und $f_2 = 600 \text{ Hz}$ deutlich zwei getrennte Sinustöne der entsprechenden Tonhöhen wahrnehmen.

Frequenz der Töne	Empfindungsklasse
$f_1 = 400 \text{ Hz}$, $f_2 = 403 \text{ Hz}$	 Schwebung
$f_1 = 400 \text{ Hz}$, $f_2 = 440 \text{ Hz}$	 Rauhigkeit
$f_1 = 400 \text{ Hz}$, $f_2 = 600 \text{ Hz}$	 getrennte Wahrnehmung zweier Töne



3. Beispiel:

Besonders deutlich treten die Übergänge

Schwebung- Rauhigkeit- Unterscheiden zweier Töne

in Erscheinung, wenn die Frequenz eines Sinustones variiert wird, während die Frequenz des zweiten beteiligten Tones konstant gehalten wird.

Im nebenstehenden Beispiel wird einem Sinuston der Frequenz $f_1=500$ Hz ein zweiter Sinuston überlagert der den Frequenzbereich von 500 bis 700 Hz durchfährt, so daß ein Frequenzunterschied von 0 bis 200 Hz vorliegt.

Linked resources for wiki.audio

Attribution

Autor: Martina Kremer <krahe@uni.wuppertal.de>

Zeichnungen und Hörbeispiele: Martina Kremer

Archived URL: <https://aa.wiki.audio/psychoak/psych24.htm>

Embedded pictures



[ohremblem.gif Schwebungsfrequenz $f = 3$ Hz]



[ohremblem.gif Schwebungsfrequenz $f = 10$ Hz]



[ohremblem.gif Schwebungsfrequenz $f = 1$ Hz]



[ohremblem.gif Darstellung der Empfindung Schwebung]



[ohremblem.gif Darstellung der Empfindung Rauigkeit]



[ohremblem.gif getrennte Wahrnehmung zweier Töne]



[ohremblem.gif Darstellung der Empfindungsklassen Schwebung- Rauigkeit- Unterscheiden zweier Töne]

Linked audio files

1. **Link label:** [ohremblem.gif Schwebungsfrequenz $f = 3$ Hz]
Resource folder: psychoak/24-SchwebungUndRauhigkeit
Filename: psych24a.wav
2. **Link label:** [ohremblem.gif Schwebungsfrequenz $f = 10$ Hz]
Resource folder: psychoak/24-SchwebungUndRauhigkeit
Filename: psych24b.wav
3. **Link label:** [ohremblem.gif Schwebungsfrequenz $f = 1$ Hz]
Resource folder: psychoak/24-SchwebungUndRauhigkeit
Filename: psych24c.wav
4. **Link label:** [ohremblem.gif Darstellung der Empfindung Schwebung]
Resource folder: psychoak/24-SchwebungUndRauhigkeit
Filename: psych24d.wav
5. **Link label:** [ohremblem.gif Darstellung der Empfindung Rauhigkeit]
Resource folder: psychoak/24-SchwebungUndRauhigkeit
Filename: psych24e.wav
6. **Link label:** [ohremblem.gif getrennte Wahrnehmung zweier Töne]
Resource folder: psychoak/24-SchwebungUndRauhigkeit
Filename: psych24f.wav
7. **Link label:** [ohremblem.gif Darstellung der Empfindungsklassen Schwebung-
Rauhigkeit- Unterscheiden zweier Töne]
Resource folder: psychoak/24-SchwebungUndRauhigkeit
Filename: psych24g.wav

Popup window, filename=**psych241.htm** ([Archived copy](#))

Rauhigkeit

Die Hörempfindung Rauhigkeit entsteht durch die schnelle Änderung der Schwankungsstärke eines Schallsignals. Hierbei liegt die Schwankungsfrequenz i.a. höher als 30 Hz. Beispiele für die Schwankungswahrnehmung sind Klänge, die frequenz- oder amplitudenmoduliert sind.

Unter Schwankungsstärke wird das subjektiv empfundene Ausmaß der Schwankung verstanden.

Linked resources for wiki.audio

Attribution

Autor: Martina Kremer <krahe@uni.wuppertal.de>

Zeichnungen und Hörbeispiele: Martina Kremer

Archived URL: <https://aa.wiki.audio/psychoak/psych241.htm>