

Die akustische Analyse von Sprachlauten

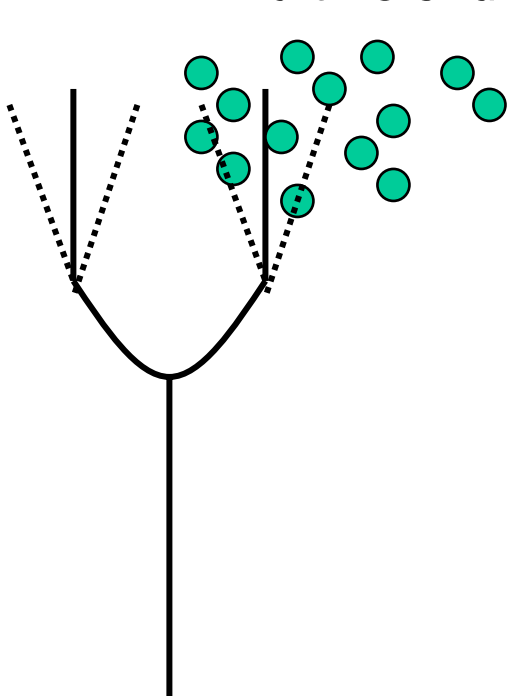
1. Zeitsignal, Periodizität, Spektrum

Jonathan Harrington

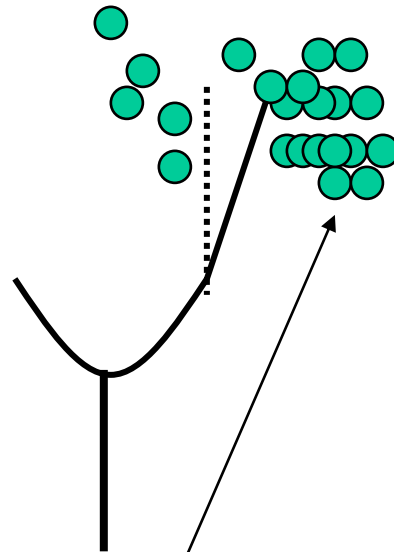
Wie entsteht der Schall?

1. Ein Gegenstand bewegt sich und verursacht **Luftdruckveränderungen**.

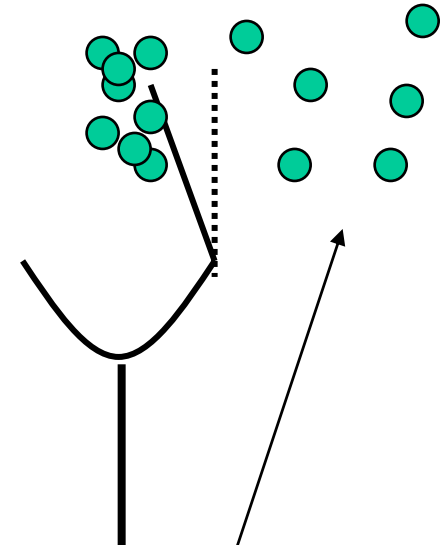
Luftmoleküle



Stimmgabel



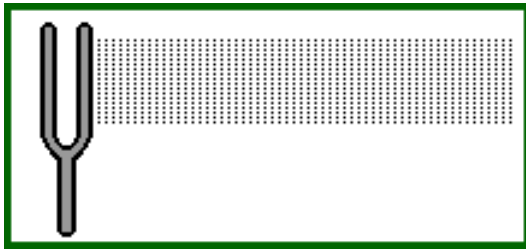
Hoher
Luftdruck
(Verdichtung
der Luftmoleküle)



Niedriger
Luftdruck
(Verdünnung der
Luftmoleküle)

Wie entsteht der Schall?

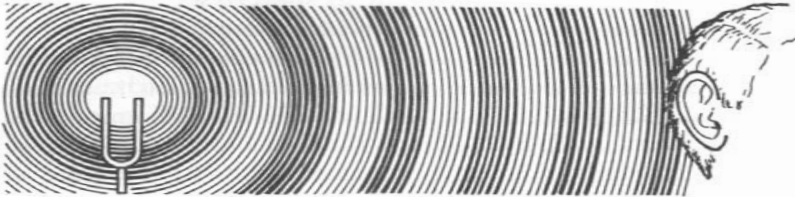
2. Die Luftdruckveränderungen (= der **Schalldruck**) werden der Länge nach wegen der gegenseitigen Wirkung der Luftmoleküle aufeinander **fortgepflanzt**



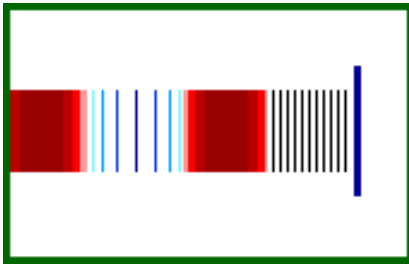
Eine Analogie: die Fortpflanzung einer Verdichtung wegen der Federn, die Teilchen verbinden



Die Wahrnehmung des Schalls



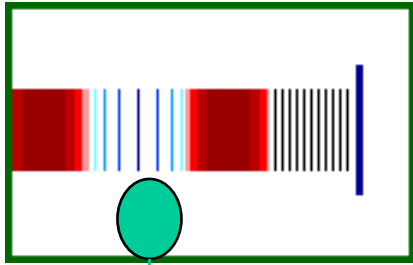
3. Durch die Fortpflanzung entsteht derselbe Schalldruck im Ohr



4. Das Trommelfell im Ohr wird im Verhältnis zum Schalldruck in Bewegung gesetzt.

5. Diese physiologischen Bewegungen im Ohr werden in entsprechende **elektrische Impulse** umgewandelt, die das Gehirn erreichen.

Ein Zeitsignal

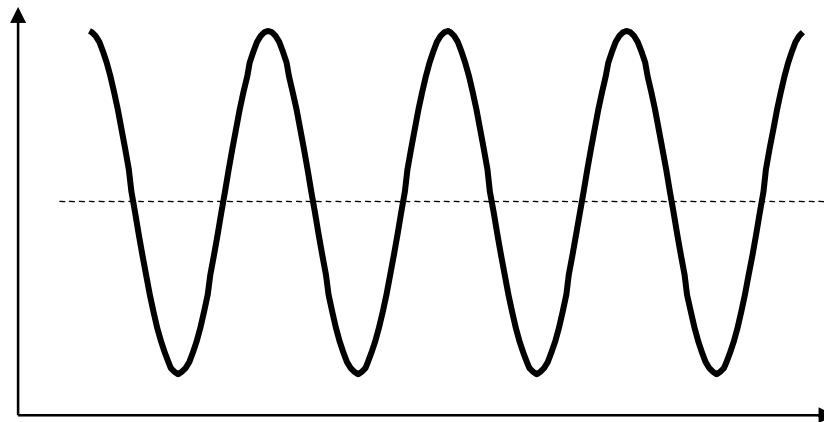


Mikrophon

Der sich mit der Zeit ändernde Schalldruck wird mit einem Mikrophon **an einer Stelle** gemessen – eine Abbildung davon ist ein **Zeitsignal**

Ein Zeitsignal

Die **Schalldruck-Amplitude** oder einfach
Die **Amplitude**

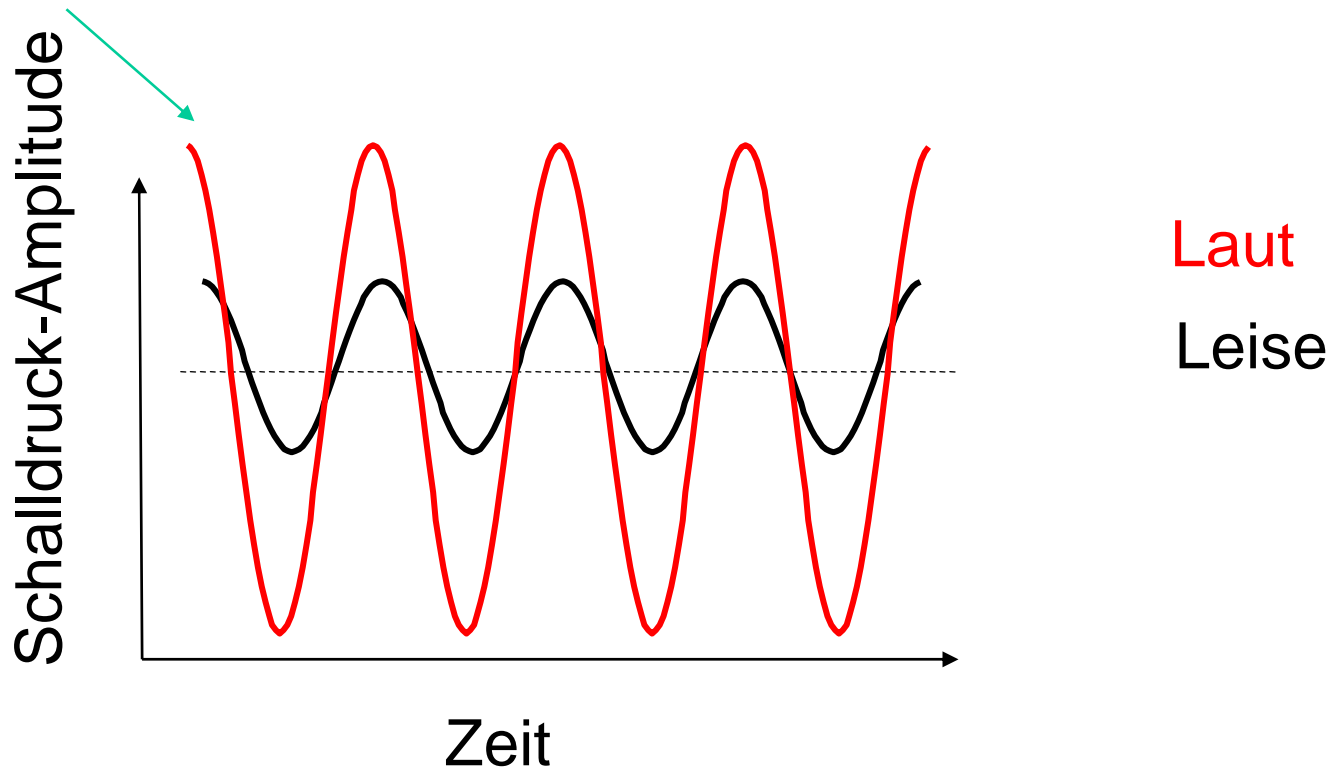


Hoher Luftdruck
↑
Atmosphärischer
Luftdruck
↓
Niedrigerer Luftdruck

Die Zeit oder Dauer

Zeitsignale und Lautheit

Lautheit ist von der Höhe/Tiefe der Schalldruck-Amplitude abhängig



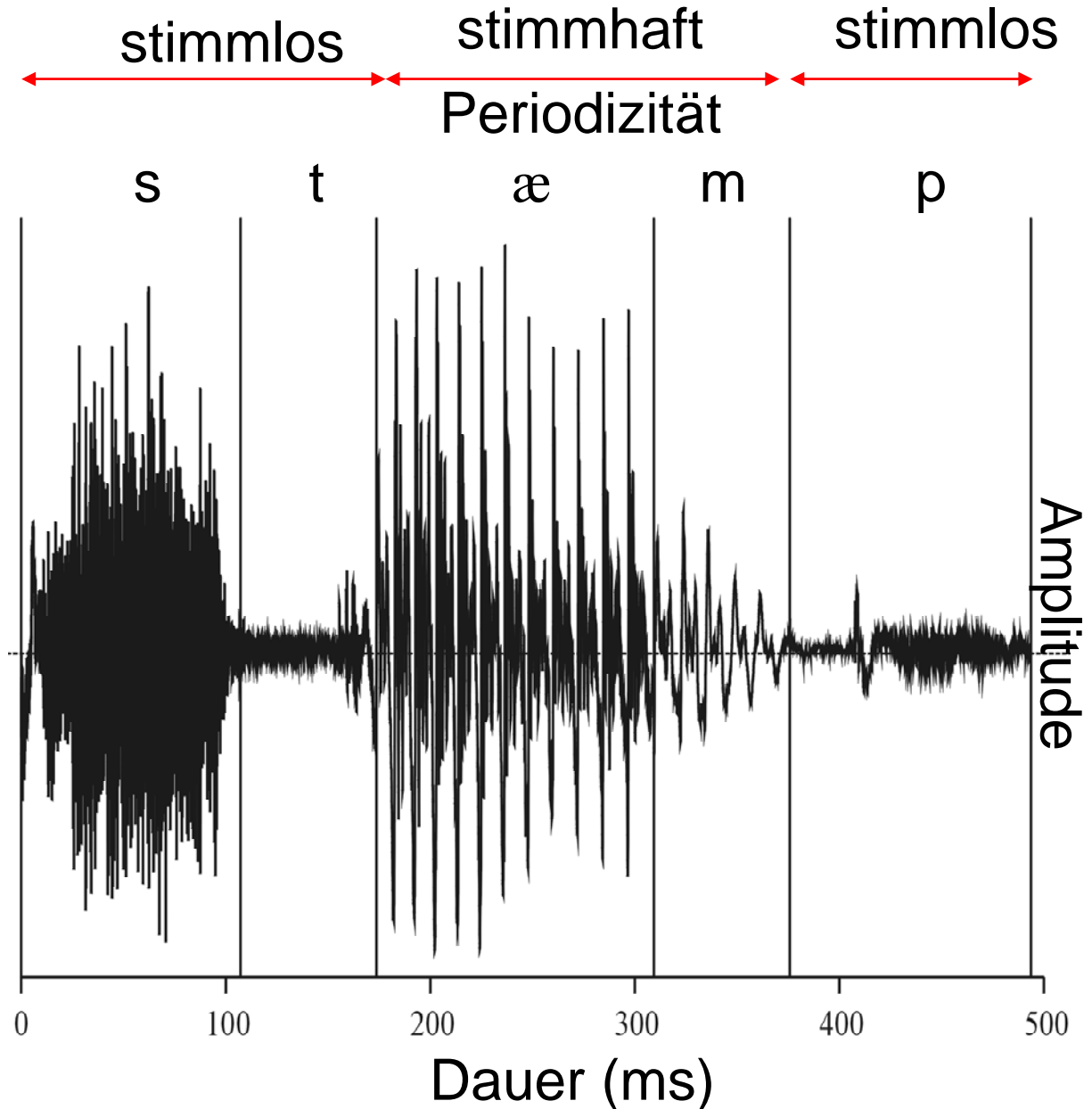
Stimmhafte und stimmlose Laute

Stimmhafte Laute werden durch periodische Schwingungen von den Stimmlippen erzeugt, die eine sich wiederholende Regelmäßigkeit, oder **Periodizität** im Sprachsignal verursachen.

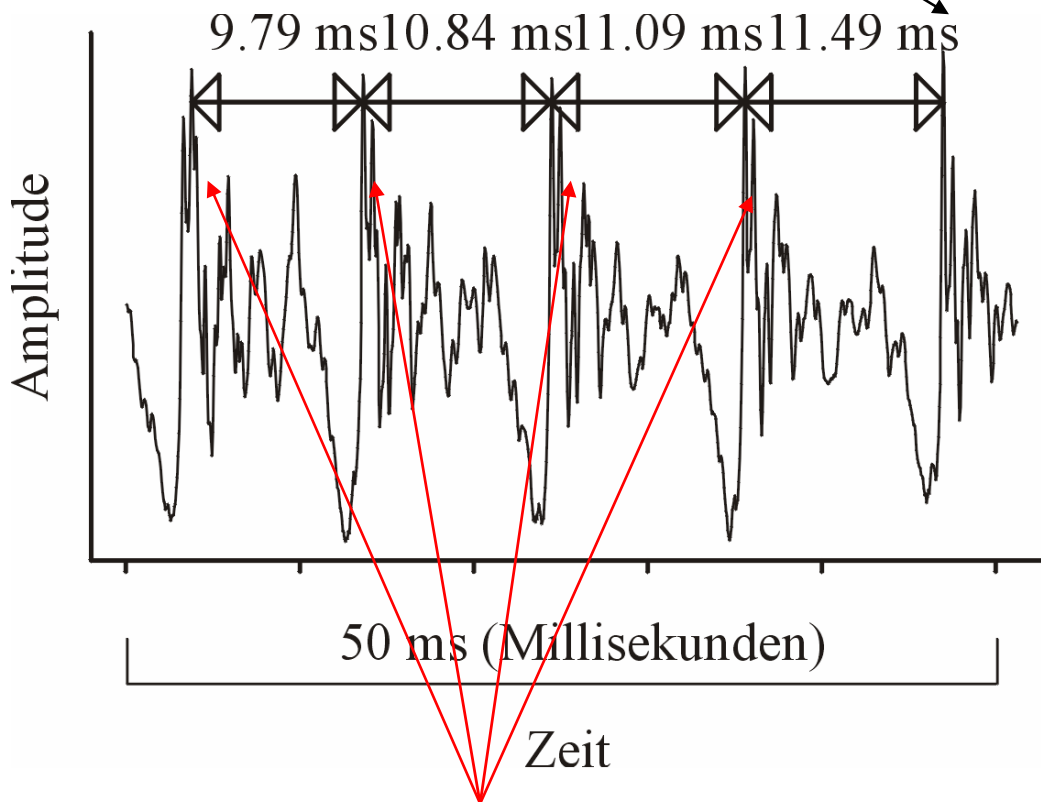
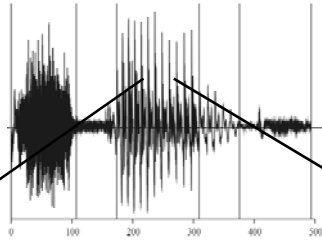
Periodizität und Stimmhaftigkeit

Die **Periodizität**, die in stimmhaften Lauten vorkommt, verursacht eine **regelmäßige Wiederholung** im Zeitsignal.

Jede Wiederholung wird eine **Schwingung** genannt.



Die Periodendauer



↔

Die Periodendauer ist die Dauer **einer** Schwingung (einer Vibration also einer Schließung + Öffnung) der Stimmlippen

Stimmklappen schließen sich

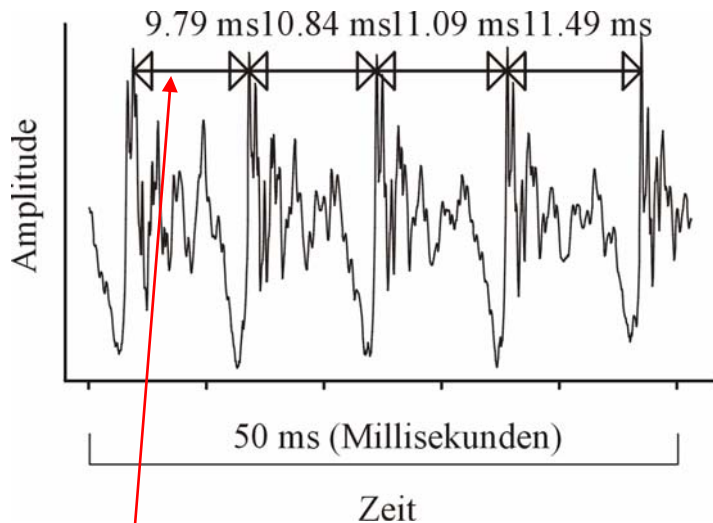
Tonhöhe, Periodendauer, Grundfrequenz

Die Grundfrequenz ist die **Anzahl der Stimmlippen Schwingungen pro Sekunde** und wird in Hertz (Hz) gemessen.

Je schneller die Stimmlippen vibrieren, umso mehr Schwingungen pro Sekunde und umso:

- größer die Tonhöhe
- kleiner die Periodendauer
- höher die Grundfrequenz (f_0)

Die Grundfrequenz (f_0) in Hz = $1 / (\text{Periodendauer in Sekunden})$



$$\begin{aligned}\text{Periodendauer} &= 9.79 \text{ ms} \\ &= 0.00979 \text{ Sekunden} \\ f_0 &= 1/0.00979 = 102.2 \text{ Hz}\end{aligned}$$

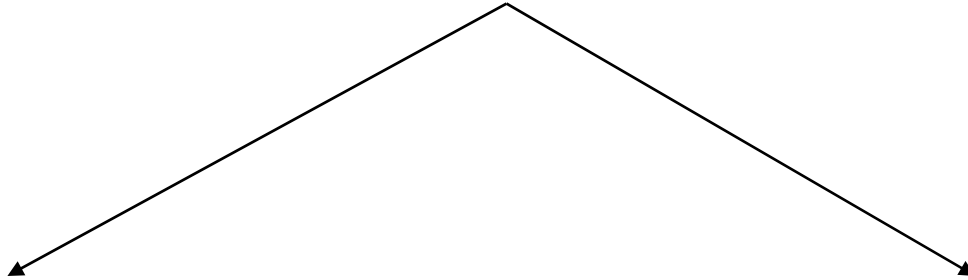
In diesem Intervall vibrieren (schließen und öffnen) die Stimmlippen 102.2 Mal pro Sekunde

Zeitsignal, Spektrum, Spektrogramm

Zeitsignal = Zeit x Amplitude



Fourier Analyse:
= Die Zerlegung eines Zeitsignals in **Sinusoiden**

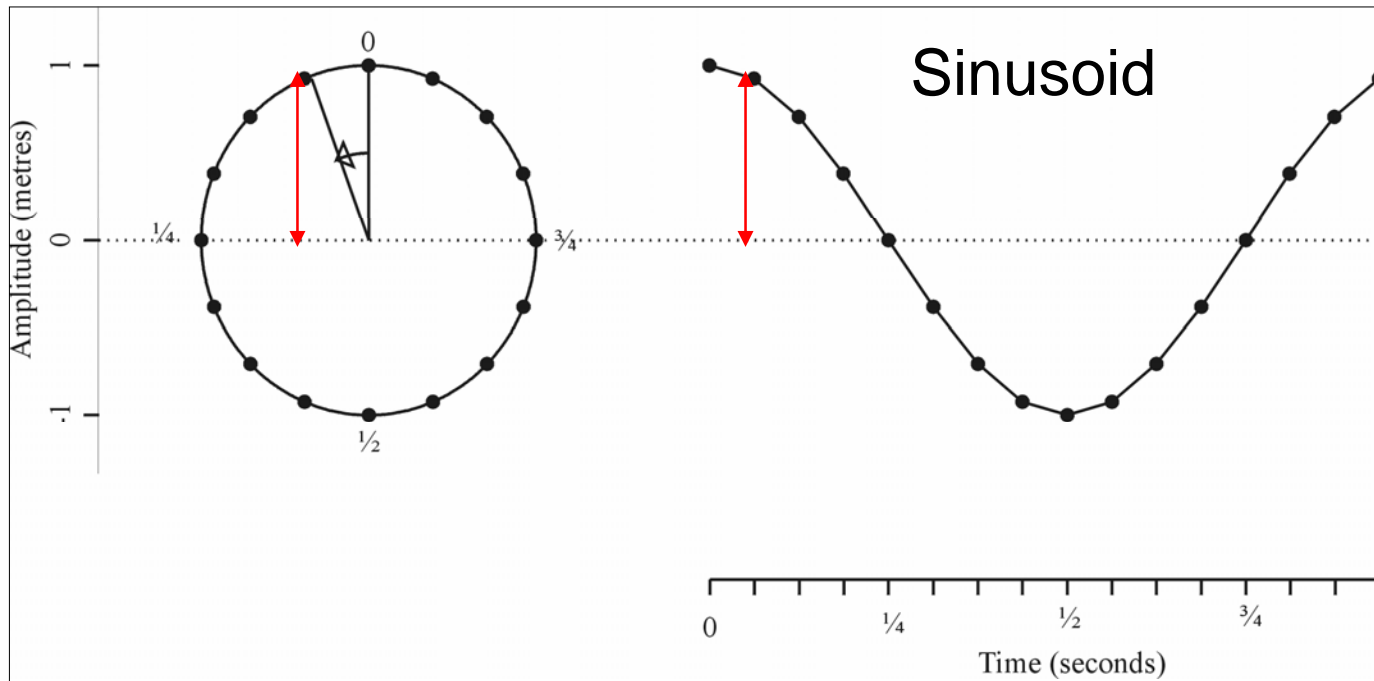


Spektrum
= Frequenz x Amplitude

Spektrogramm
= Amplitude x Frequenz x Zeit

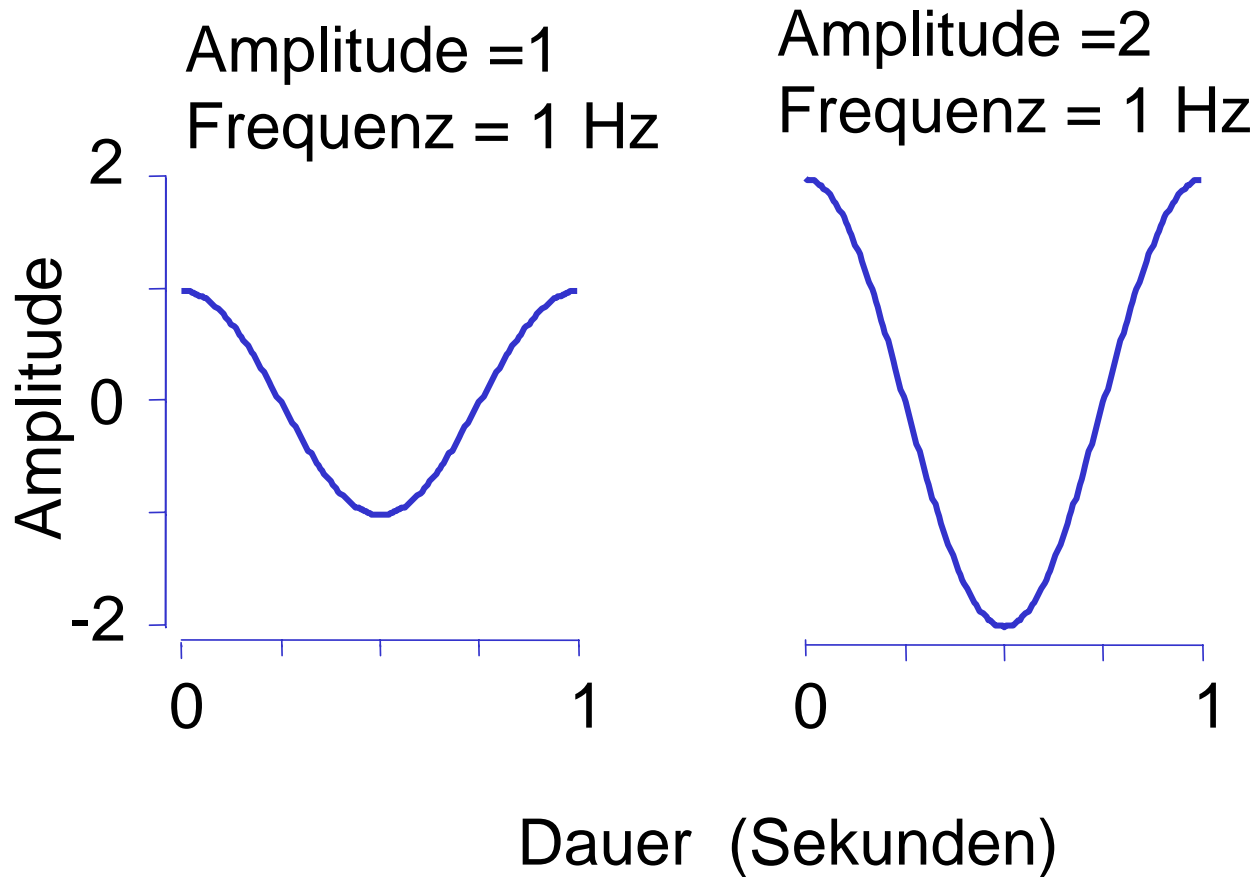
Definition von einem Sinusoid

Ein Sinusoid: ein Punkt dreht sich im Kreis – die Höhe über der horizontalen Linie wird gemessen, und als Funktion der Zeit abgebildet

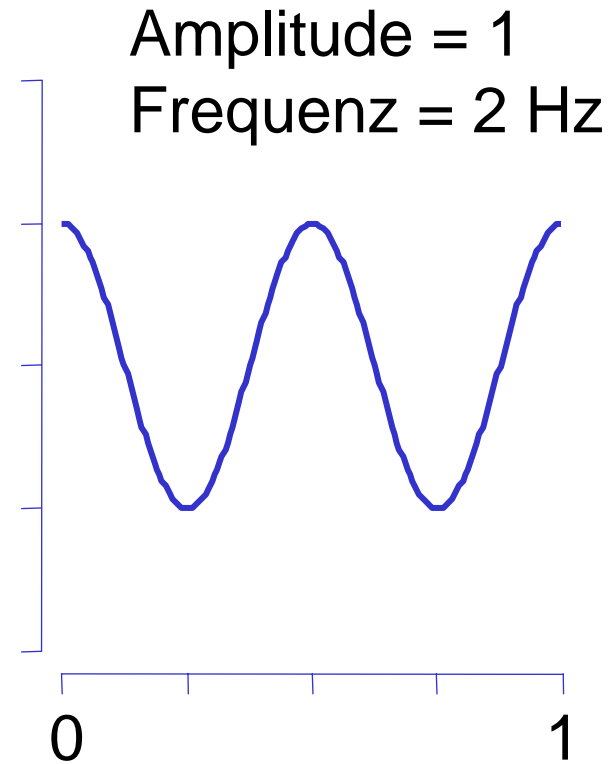
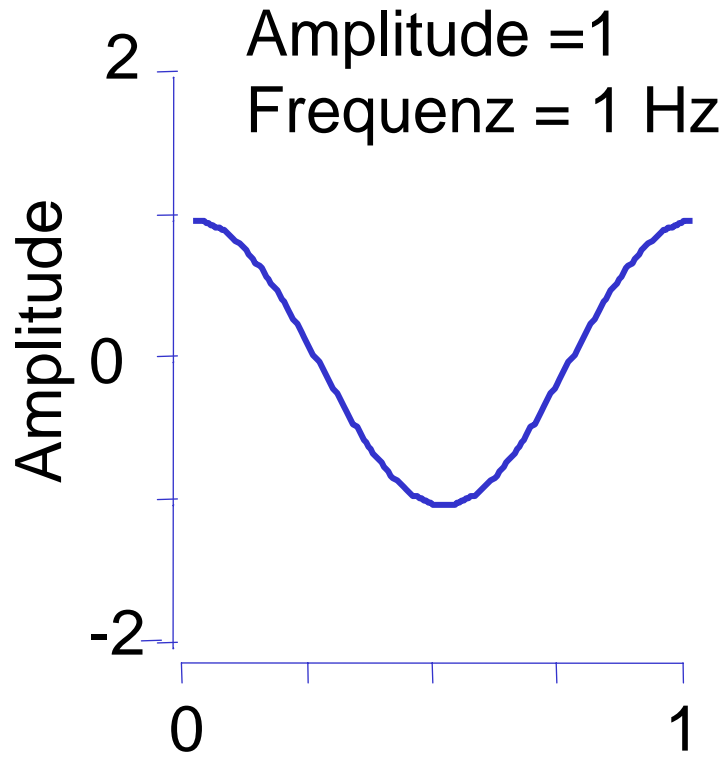


Die Frequenz = 1 Hertz (1 Hz)
(weil sich der Punkt 1 Mal/Sekunde im Kreis dreht)

Doppelte Amplitude, selbe Frequenz



Selbe Amplitude, doppelte Frequenz

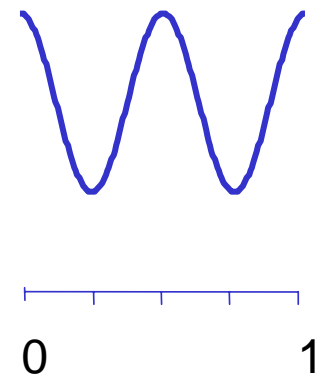
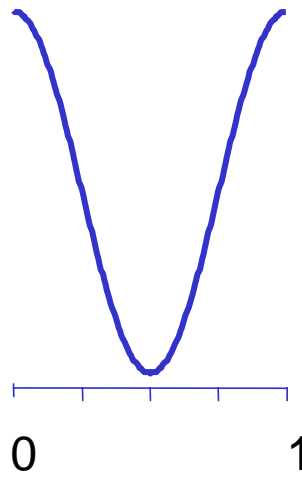
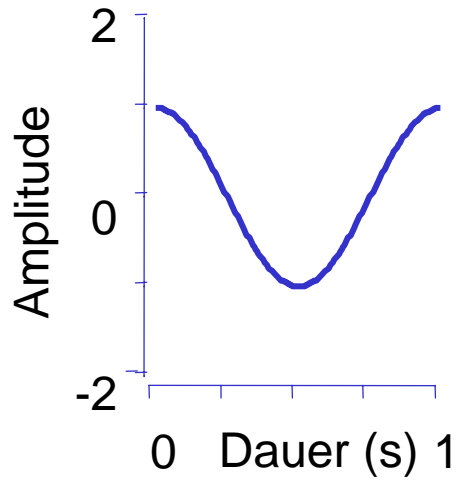


Dauer (Sekunden)

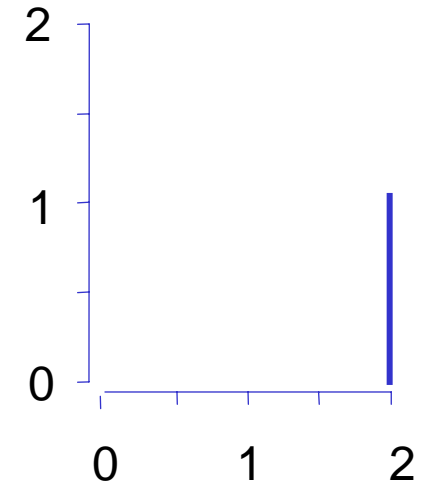
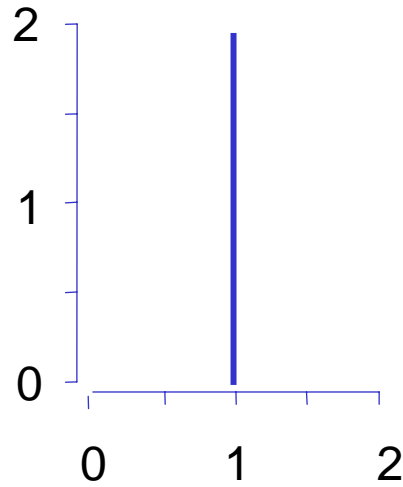
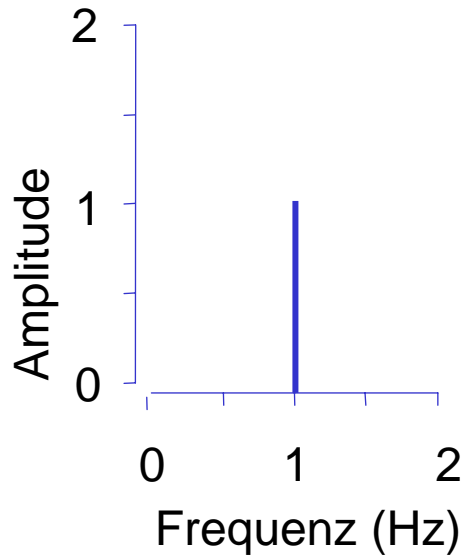
Ein Spektrum

Ein Spektrum ist eine Abbildung der Frequenz (x -Achse) x Amplitude (y -Achse) von Sinusoiden

Sinusoiden (Zeitsignale)



deren Spektra



Spektrum von einem Zeitsignal

Zeitsignal

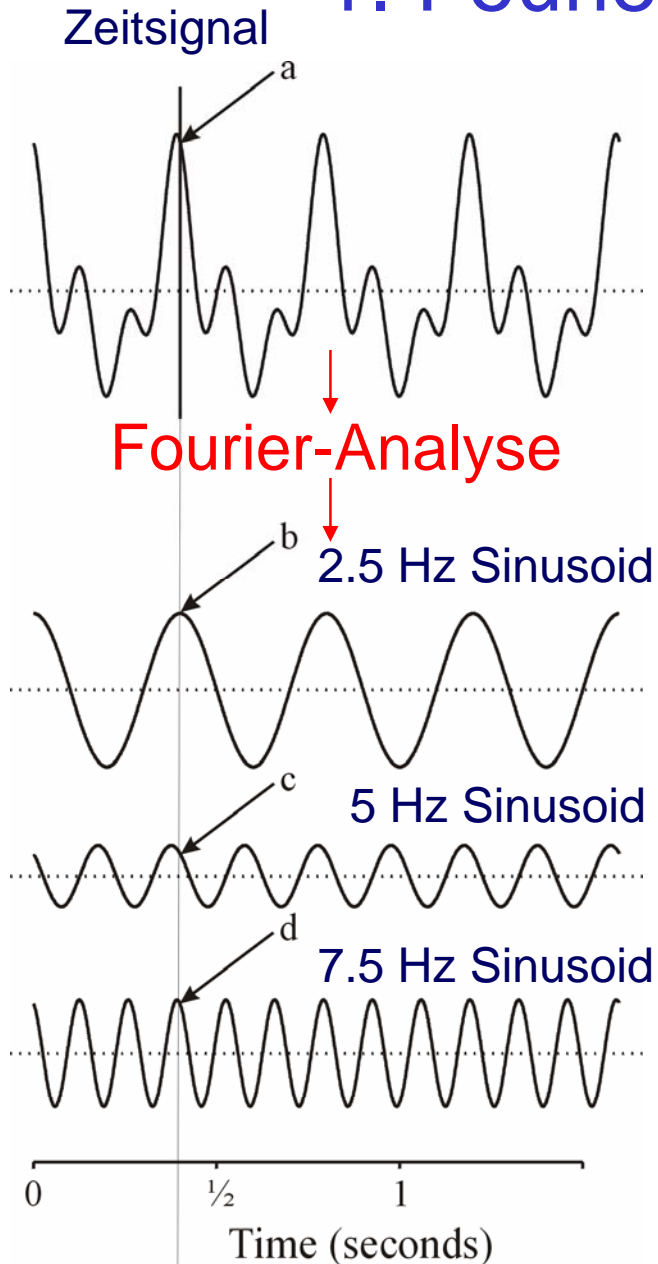


1. Das Zeitsignal wird durch eine Fourier-Analyse in Sinusoiden **zerlegt**



2. Spektrum: die Abbildung der Amplituden und Frequenzen dieser Sinusoiden

1. Fourier-Analyse/Zerlegung



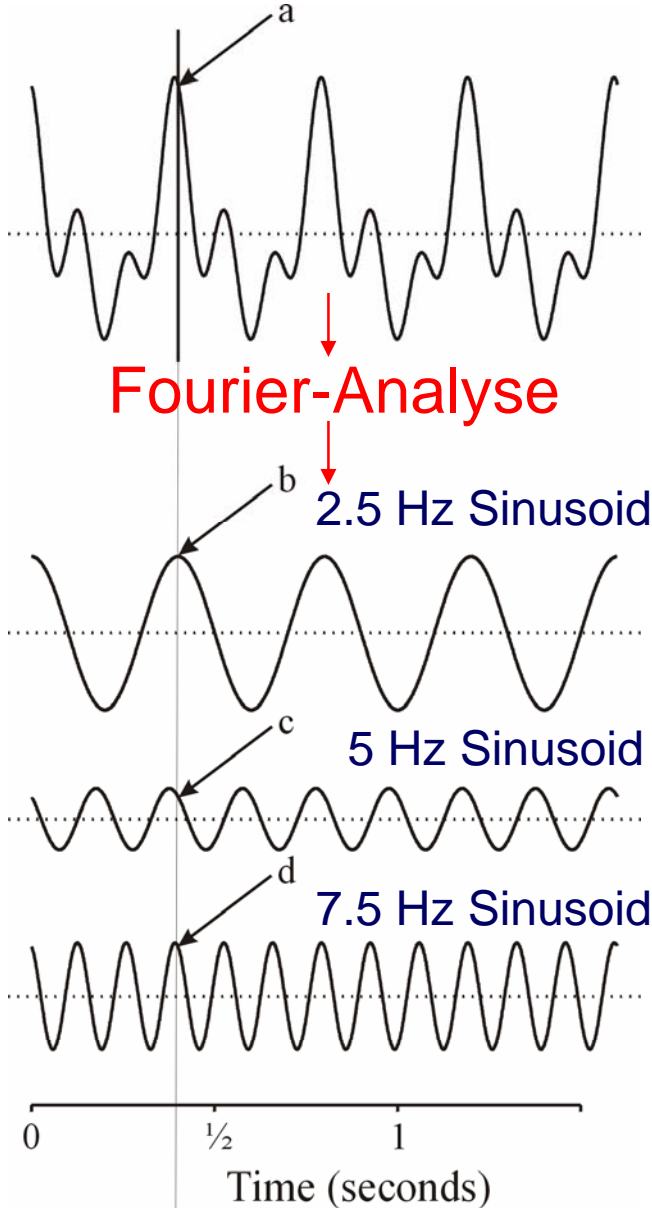
Die Zerlegung oder **Fourier-Analyse** bedeutet: das Signal wird auf eine solche Weise in Sinusoiden aufgeteilt, sodass das ursprüngliche Signal bei der Summierung der Sinusoiden genau rekonstruiert wäre.

Summierung:

$$\text{z.B. } a = b + c + d$$

2. Ein Spektrum

Zeitsignal



ist eine Abbildung der Amplituden der aus der Fourier-Analyse entstehenden Sinusoiden als Funktion der Frequenz.

Spektrum

