

# Quellen-Filter Theorie der Sprachproduktion

Jonathan Harrington

Versuchspersonen fuer Perzeptionstest  
gesucht.

- Kein musikalisches Instrument spielen
- Deutsche Muttersprachler(in)
- 1 Stunde
- Belohnung €5

# Resonanz

1. Die wahrgenommene Identität eines Vokales (ob man zB [i] oder [u] hört) hängt von den **Resonanzfrequenzen** ab.
2. Resonanzfrequenzen: die Frequenzen, zu denen ein Körper mit maximaler Amplitude vibriert
3. Die Resonanzfrequenzen von einem [ə] sind fast dieselben wie diejenigen von einem einheitlichen Rohr

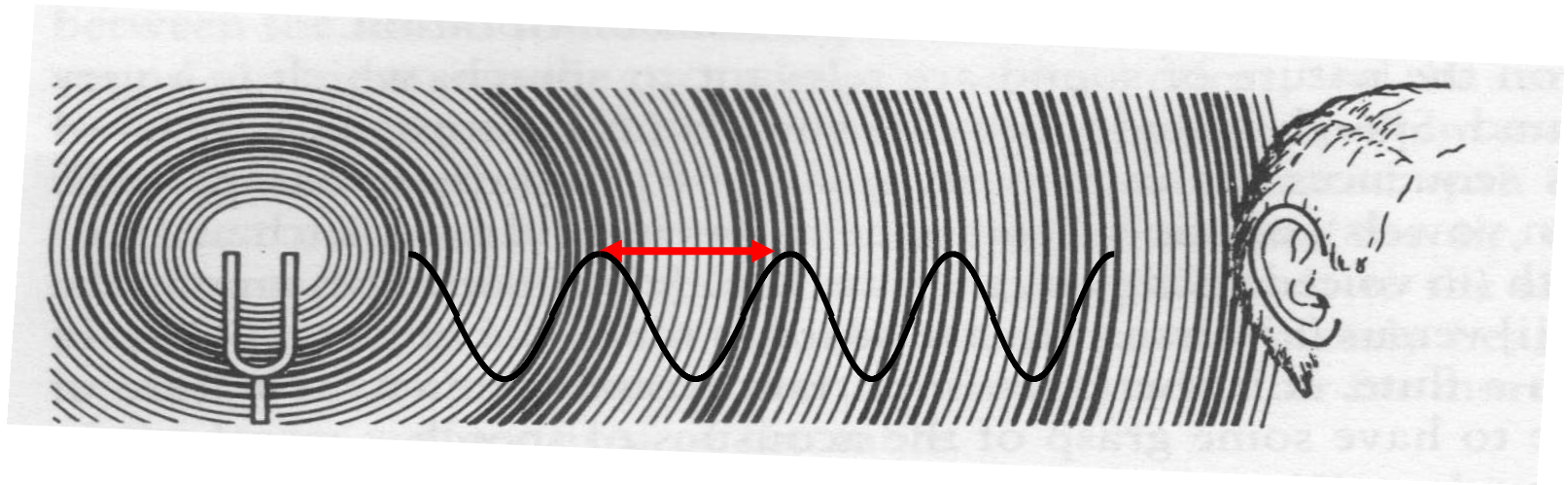
4. Die Bedingungen für Resonanz in einem einheitlichen Rohr sind:

- Am geschlossenen Ende: Luftdruckmaximum
- Am offenen Ende: Atmosphärischer Luftdruck

5. Diese Bedingungen werden erfüllt bei **Wellenlängen** von  $\lambda/4$  (1<sup>e</sup> Resonanz),  $3\lambda/4$  (2<sup>e</sup> Resonanz),  $5\lambda/4$  (3<sup>e</sup> Resonanz)... $n\lambda/4$

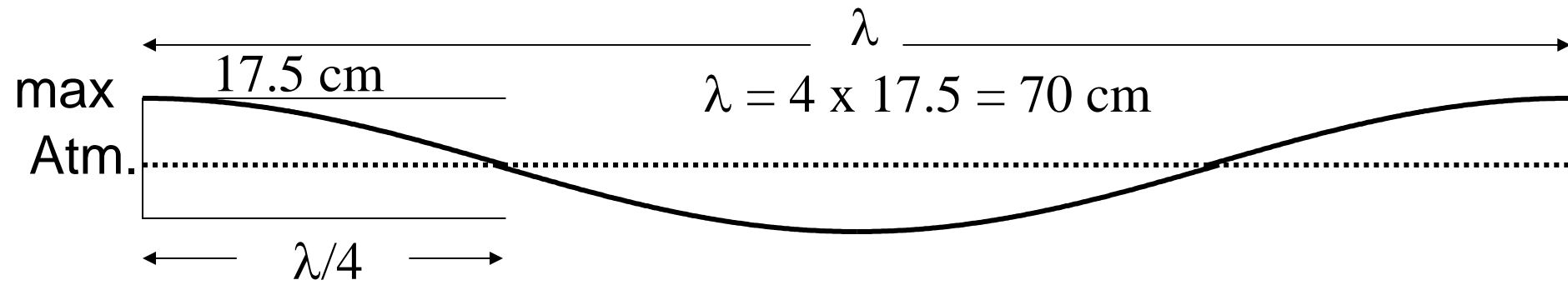
## 6. Wellenlänge ( $\lambda$ )

Entfernung zwischen 2 Maxima (oder Minima)  
der Schwallwelle



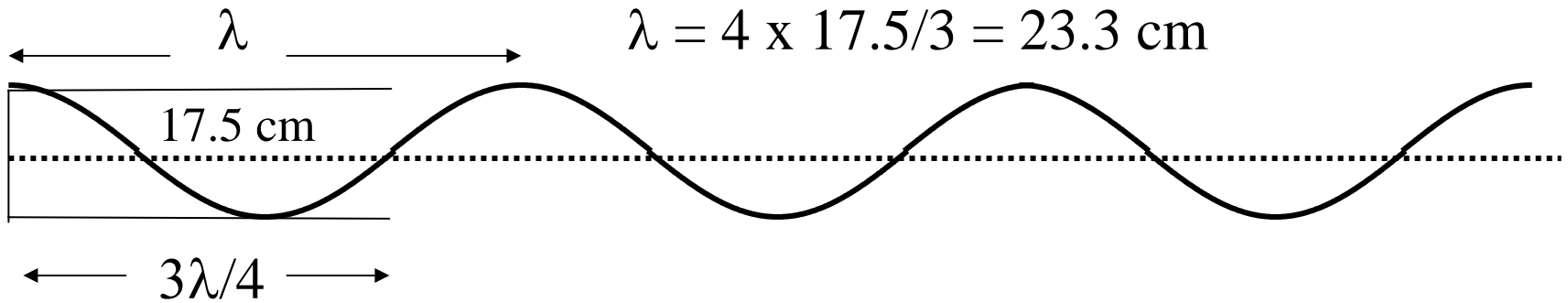
## Bedingungen 4. und 5. (erste Resonanz)

Die erste Resonanzfrequenz =  $c / \lambda = 35000/70 = 500 \text{ Hz}$



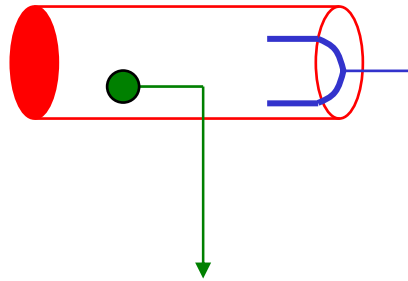
## Bedingungen 4. und 5. (zweite Resonanz)

$$\text{Zweite Resonanz} = c / \lambda = 35000 / 23.3 = 1500 \text{ Hz}$$



# Quelle, Filter, Ausgabe

**Quelle:** wodurch **entsteht** der Schall? (Eine Stimmgabel)



**Filter:** womit wird die Quelle **modifiziert**? (Ein Rohr)

**Ausgabe** = der Schall, der entsteht (und der mit einem Mikrophon aufgenommen werden kann), wenn die Quelle mit dem Filter **kombiniert** wird.

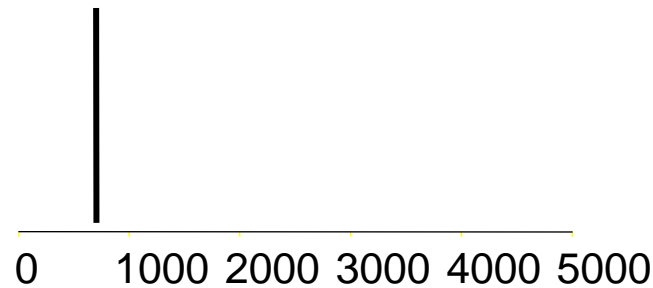


# Ausgabe = Kombination von Quelle und Filter

Stimmgabel 700 Hz



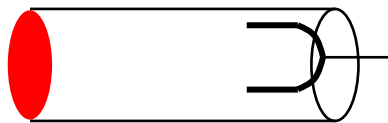
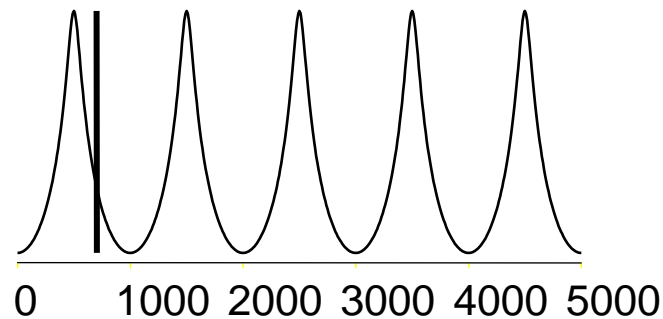
Quelle



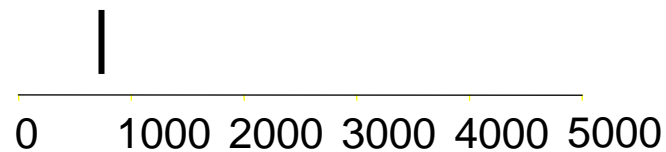
Rohr 17.5 cm Länge



Filter

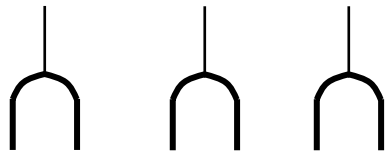


Ausgabe

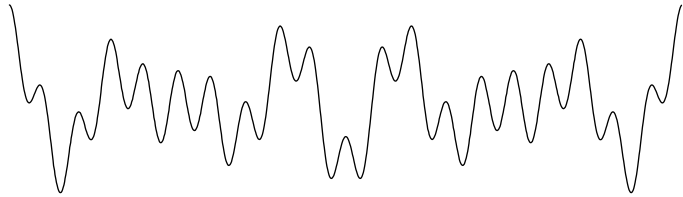


Frequenz (Hz)

500 Hz 700 Hz 2000 Hz

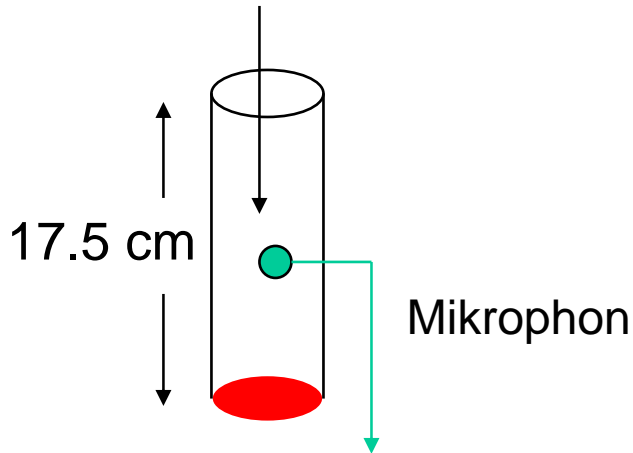
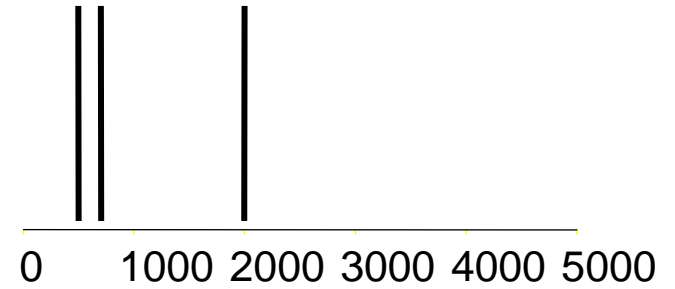


Amplitude

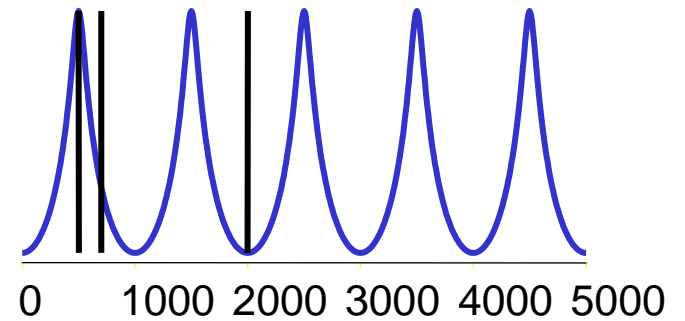


Quelle

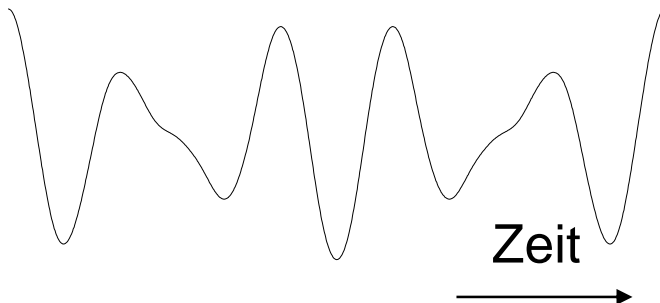
Spektrum



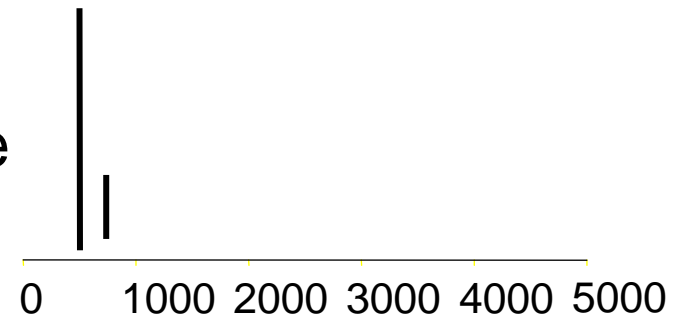
Filter



Amplitude



Ausgabe

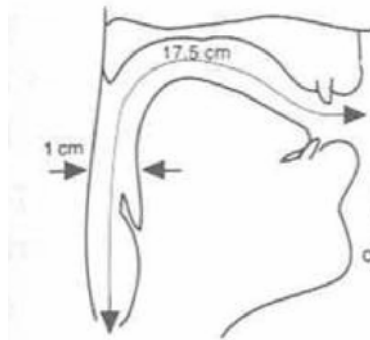


Frequenz (Hz)

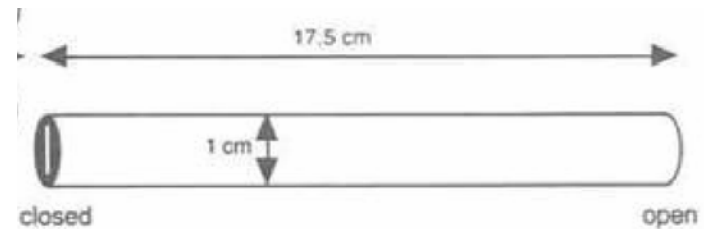
# Die gesprochene Sprache

**Die Quelle** (für stimmhafte Laute) = die vibrierenden Stimmlippen

**Der Filter** = die Gestaltung vom Vokaltrakt



Für einen [ə]

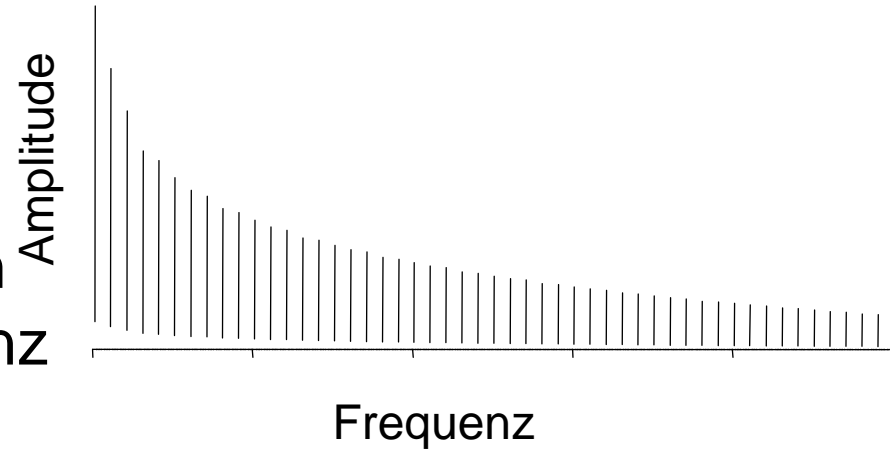


**Die Ausgabe** = der Laut (Vokal), den wir hören und mit einem Mikrophon aufnehmen.

# Quelle

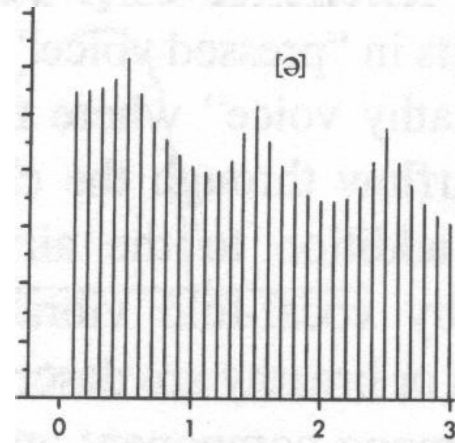
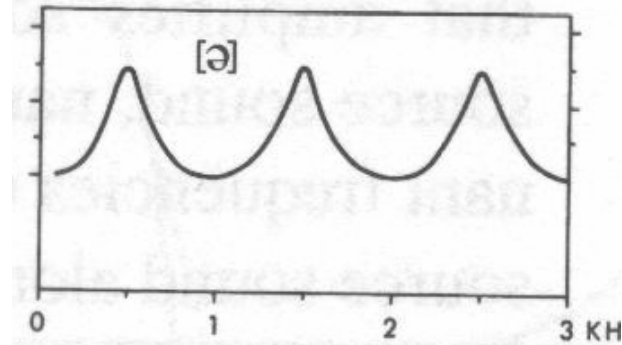
Die vibrierenden Stimmlippen erzeugen akustisch eine Grundfrequenz und Harmonischen zu einem Vielfalt der Grundfrequenz

(zB 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, usw.)



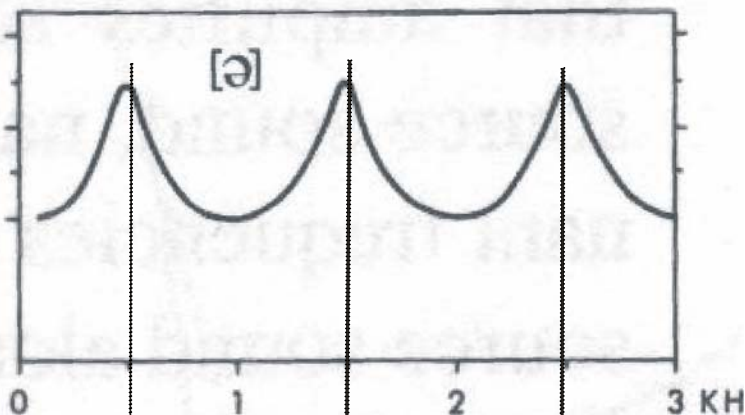
# Der Filter

Die Ausgabe (Spektrum von dem aufgenommenen Vokal)  
Die Harmonischen der Quelle werden durch die Resonanzkurve **modifiziert** (**gefiltert**)



# Resonanzen und Formanten

Filter

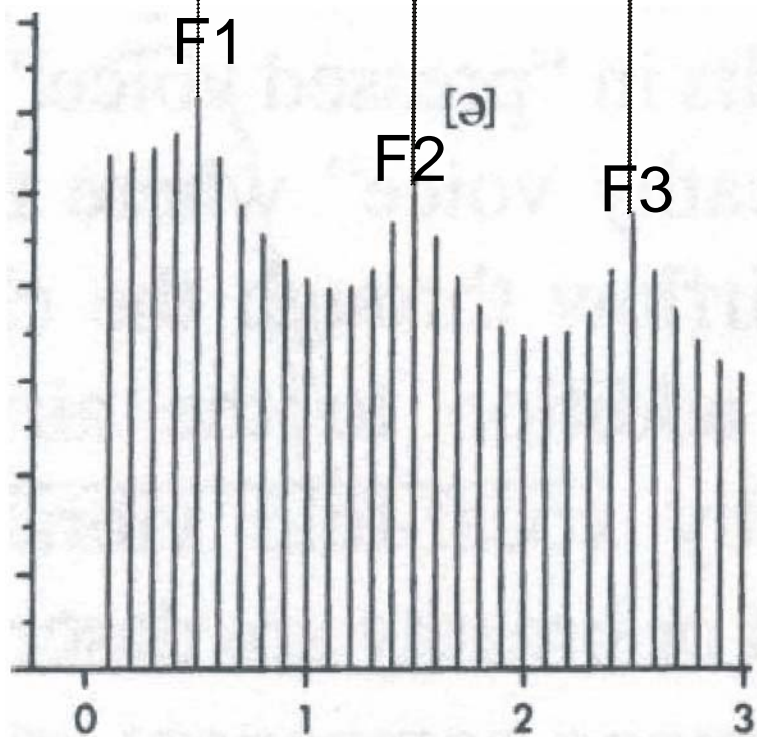


**Resonanzen:** die Frequenzen im Filter mit max. Amplituden.

Resonanzen und Formanten haben (sehr) **ähnliche** aber **nicht immer dieselben** Frequenzen...

**Formanten:** die Harmonischen in der Ausgabe, die den Resonanzen am nächsten liegen.

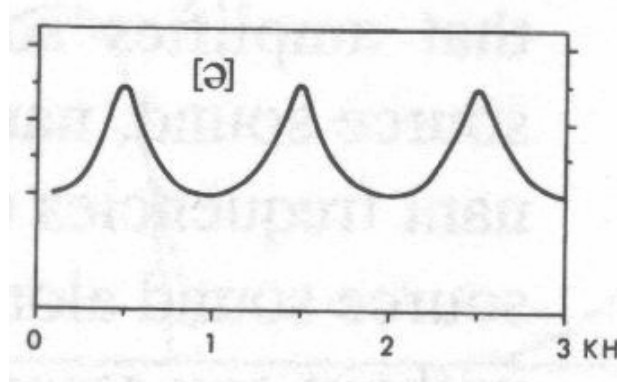
Ausgabe



# Resonanzen und Formanten

Quelle = Grundfrequenz der Stimmlippen = 150 Hz  
Daher Harmonischen = 150, 300, 450, 600, 750 Hz.

Quelle = Grundfrequenz der Stimmlippen = 80 Hz  
Daher Harmonischen = 80, 160, 240, 320, 400, 480, 560 Hz ...



Filter

Resonanzen = 500 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz.

Ausgabe: F1 = 450 Hz

F1 = 480 Hz

# Die Quellen-Filter-Theorie der Sprachproduktion

Die Quelle und der Filter sind voneinander unabhängig

Diese Unabhängigkeit entsteht dadurch, dass wir die Quelle = Vibrationen der Stimmlippen ändern können, **ohne die Gestaltung des Vokaltrakts (Filter) zu ändern.** (zB [i] erzeugen bei unterschiedlicher Tonhöhe)

Im akustischen Bereich: die Quelle = Grundfrequenz und Harmonischen lassen sich ändern, ohne den Filter (die Resonanzen) zu ändern.

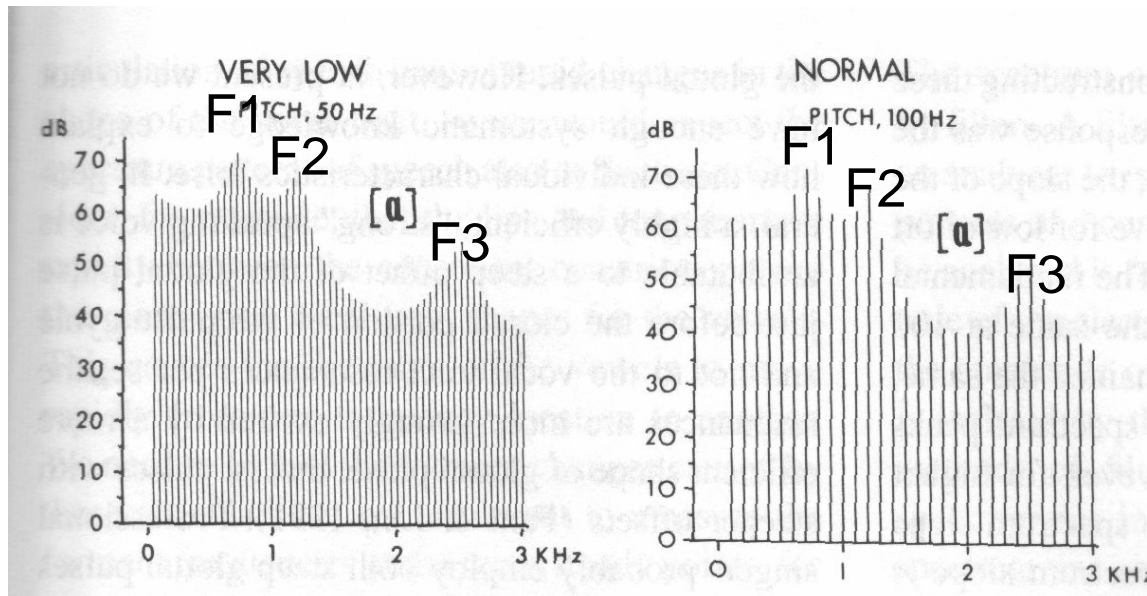
# Änderung der Quelle/Tonhöhe

Wenn die Grundfrequenz/Harmonischen geändert werden, ohne die Gestaltung vom Vokaltrakt zu ändern:

- bleiben die Resonanzen konstant
- (und daher) ändern sich kaum die Formanten

Niedrige  
Grundfrequenz

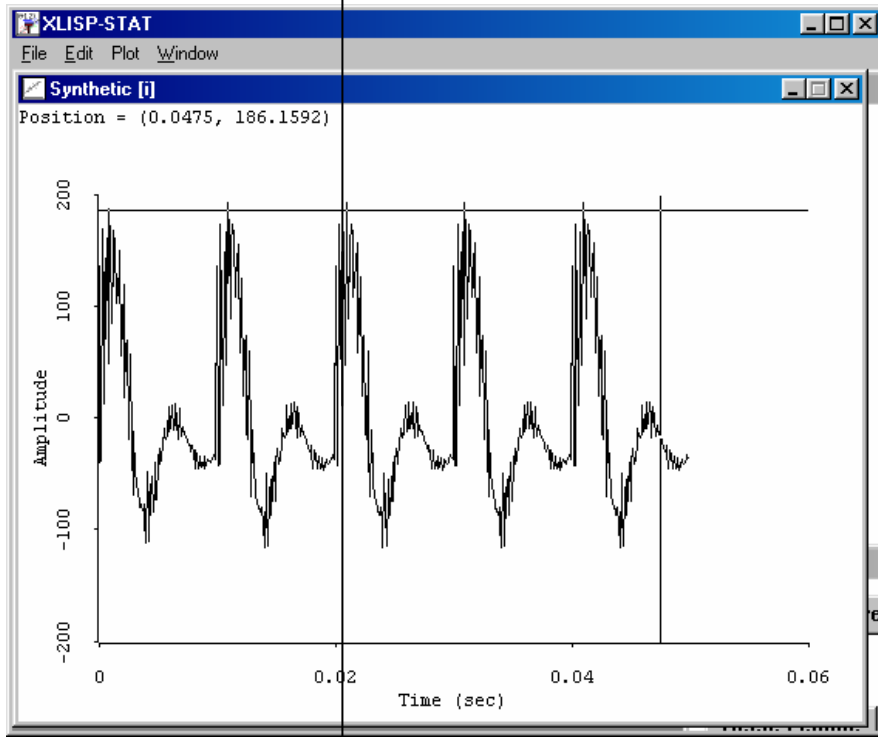
Höhere  
Grundfrequenz





Da die wahrgenommene phonetische Identität des Vokals (ob [i], ob [u] usw.) **von den ersten zwei Formanten abhängig ist**, nehmen wir wegen der Unabhängigkeit von Quelle und Filter denselben Vokal wahr, wenn nur die Grundfrequenz geändert wird (zB. [i] bei ändernder Tonhöhe)

Fragen 1-6 Seiten 20-22

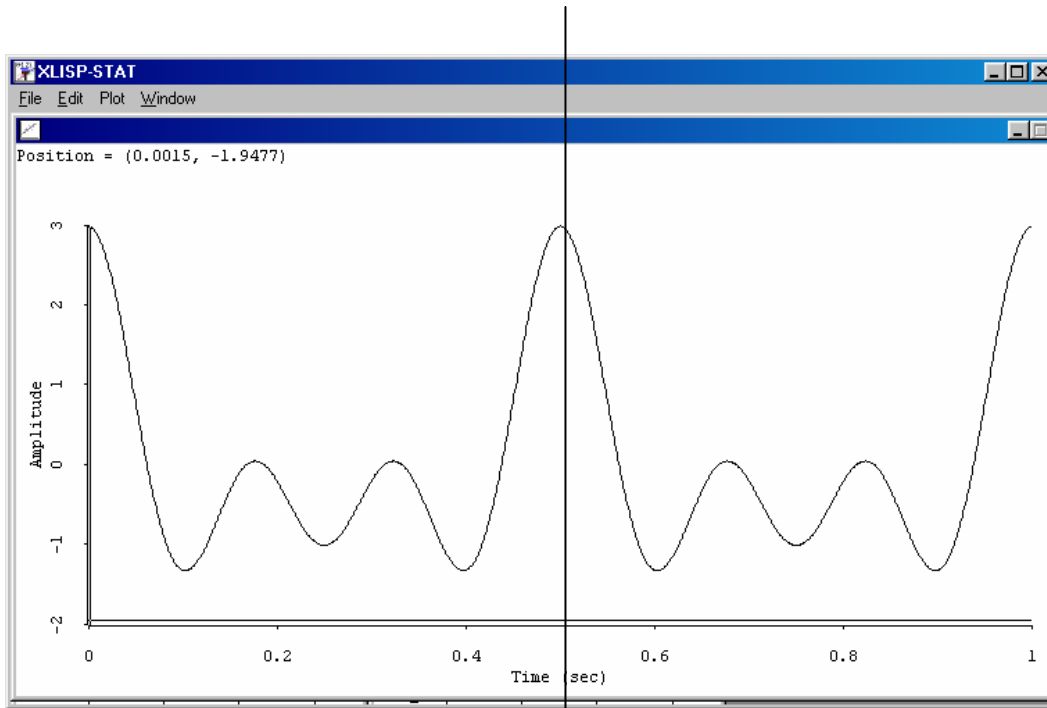


1. Die Abbildung in (a) zeigt einen synthetischen [i] Vokal. Was ist die Grundfrequenz davon? (Die Zeitachse ist in Sekunden).

2 Perioden in 0.02 s

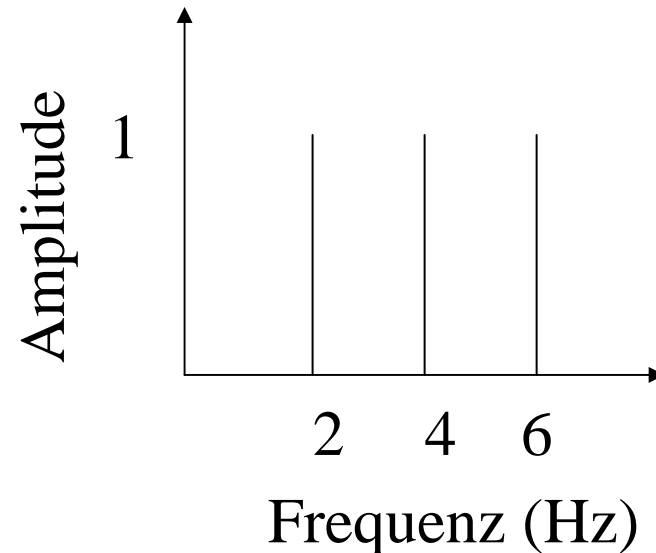
1 Periode in 0.01 s

100 Perioden in 1 s, Grundfrequenz = 100 Hz

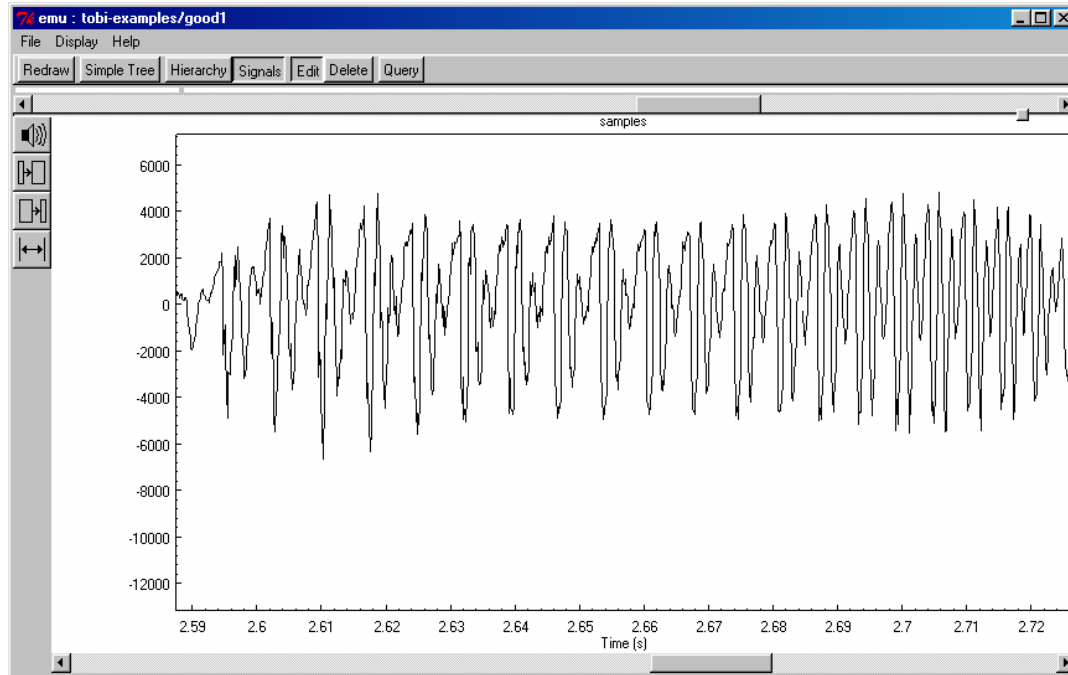


2. Das Spektrum von dem Zeitsignal unten besteht aus einer Grundfrequenz und zusätzlich zwei Harmonischen, die alle dieselbe Amplitude 1 haben. Erzeugen Sie eine Abbildung des Spektrums. (Die Zeitachse ist in Sekunden und die Gesamtdauer vom Signal = 1 Sekunde).

1 Periode in 0.5 s  
 Grundfrequenz = 2 Hz

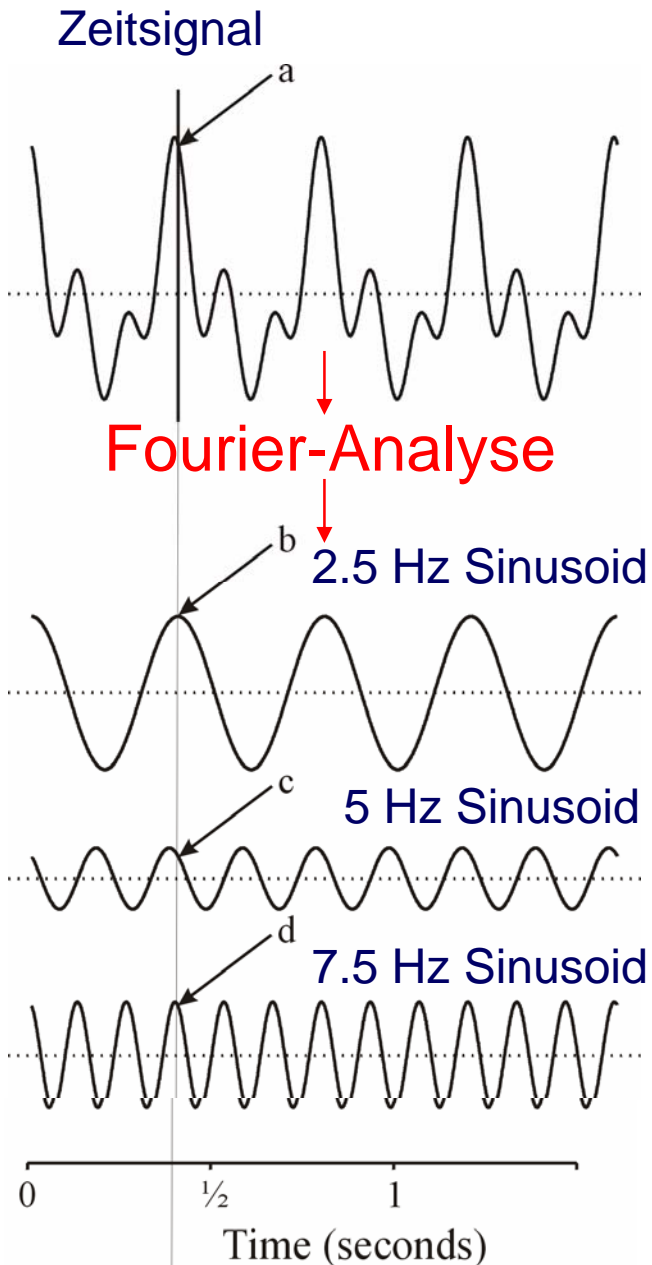


3. Links ist ein Zeitsignal von einem Vokal. Ist die Tonhöhe steigend, eben, oder fallend?



Steigend – weil die Periodendauer kürzer wird.

(Je kürzer die Periodendauer, um so höher F0)



4. Ein periodisches Signal wird nach einer Fourier-Analyse in die zwei Sinusoiden in (d) zerlegt. Was ist die Amplitude von diesem ursprünglichen periodischen Signal (i) zu Beginn des Signals (ii) zum Zeitpunkt 250 ms?

Ein periodisches Signal kann immer durch eine Fourier-Analyse in harmonischen Sinusoiden zerlegt werden, sodass wenn diese Sinusoiden summiert werden, das periodische Signal rekonstruiert wird.

Hier haben wir das umgekehrte Problem: wir haben schon die Sinusoiden, uns fehlt das ursprüngliche Signal aus dem die Sinusoiden (durch die Fourier-Analyse) erzeugt worden sind. Wie bekommen wir dieses Signal?

Durch Summierung.

Die Werte des ursprünglichen Signals

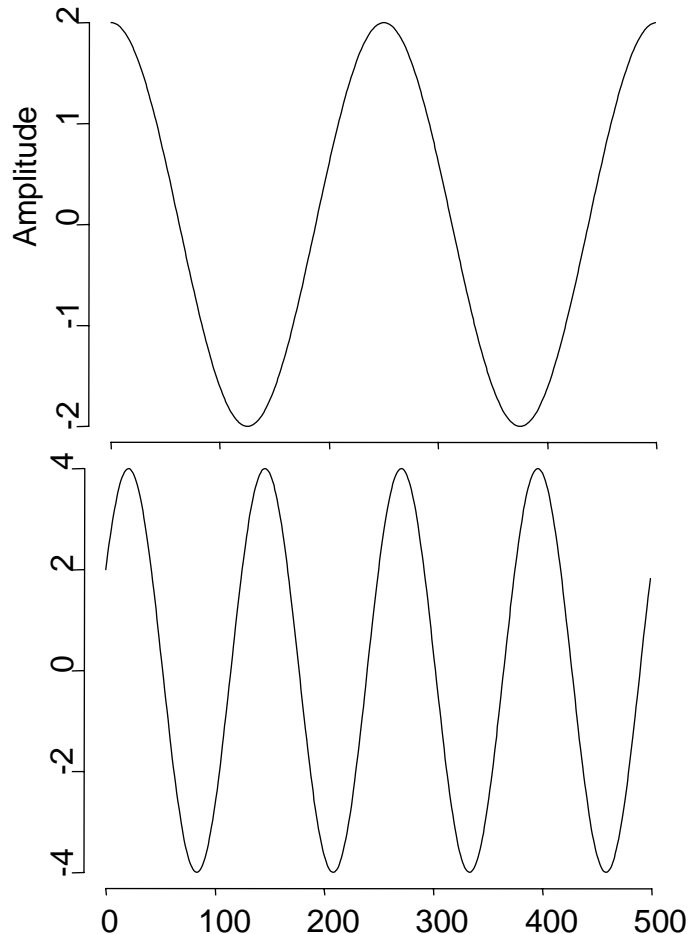
zum Zeitpunkt 0 ms

(Beginn des Signals):

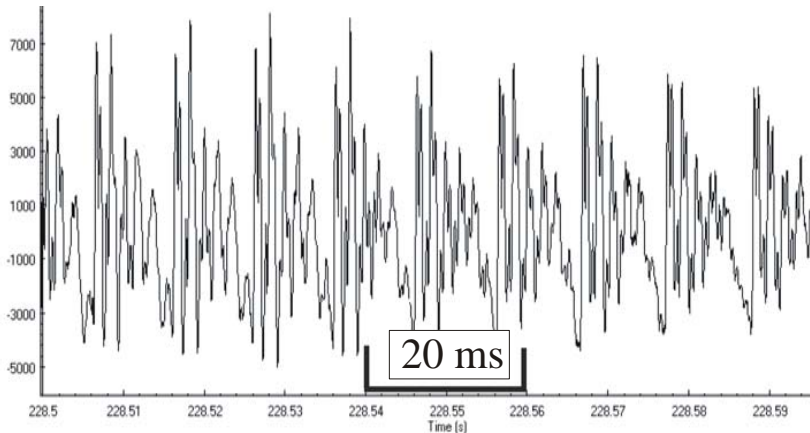
$$2 + 2 = 4$$

zum Zeitpunkt 250 ms

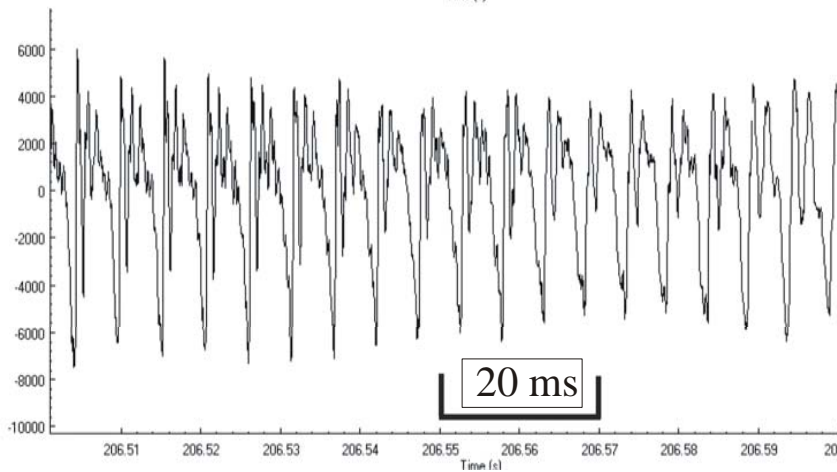
$$2 + 4 = 6$$



5. Unten sind Signale von einem männlichen und weiblichen [a]. Welches ist männlich, welches ist weiblich?



Männlich (F0 ist ca. 100 Hz)



Ca. 4 Schwingungen in 20 ms  
2 Schwingungen in 10 ms  
200 Schwingungen in 1 s  
Daher: F0 ist ca. 200 Hz



6. Was ist die Wellenlänge für einen Ton von einer Frequenz 7000 Hz?

Wellenlänge (cm) = Schallgeschwindigkeit (cm/s)/Frequenz (f Hz)

$$\lambda = c / f$$

$$= 35000/7000 \text{ cm}$$

$$= 5 \text{ cm}$$

Bitte Fragen 7-11 (Seiten 22-23) zum nächsten Mal beantworten.