

Das Quelle-Filter-Modell der Vokalproduktion

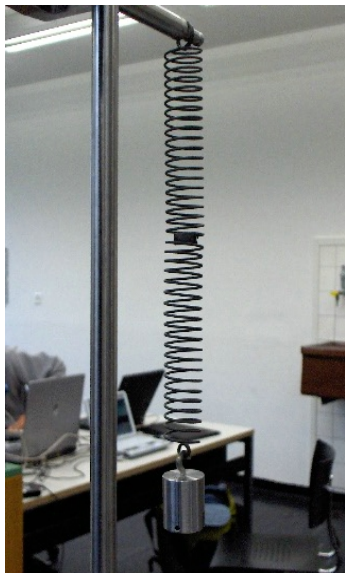
Jochen Trommer

`jtrommer@uni-leipzig.de`

Universität Leipzig
Institut für Linguistik

Phonetikanalyse – SS 2007

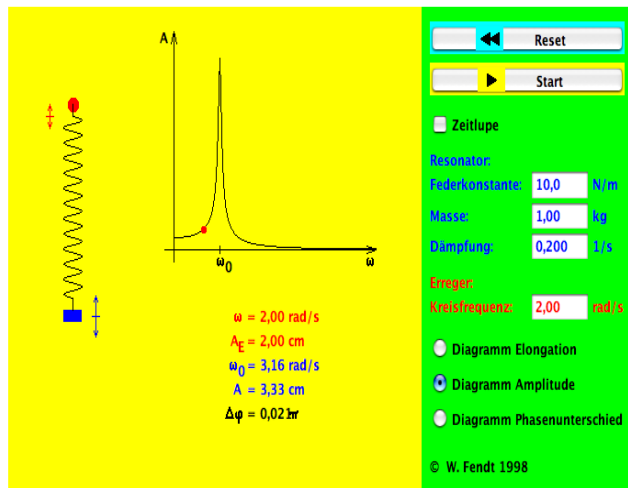
Schwingung beim Federpendel



Schwingung beim Federpendel

- ▶ Ein Federpendel kann durch Energiezufuhr (Ziehen) zum Schwingen gebracht werden
- ▶ dabei schwingt jedes Federpendel auf einer bestimmten Frequenz (seiner Eigenfrequenz)
- ▶ unterschiedliche Federpendel → unterschiedliche Frequenzen

Ein Federpendel als Resonator



Resonanz beim Federpendel

- ▶ Ein Federpendel kann auch durch Schwingen zum Schwingen gebracht werden
- ▶ dieses Mitschwingen wird **Resonanz** genannt
- ▶ Ein Federpendel resoniert nur mit Schwingungen auf der Eigenfrequenz (**Resonanzfrequenz**) gut

Schwingung bei Weingläsern

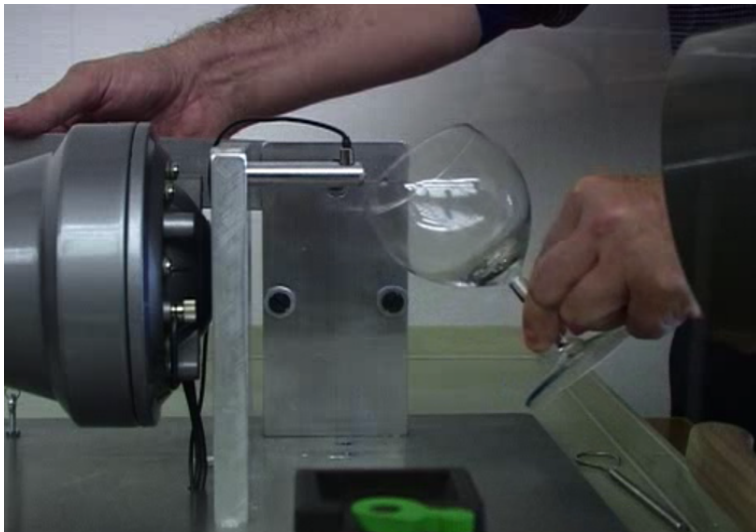


(http://www.glassharp.eu/index_en.php)

Schwingung bei Weingläsern

- ▶ Weingläser können durch Energiezufuhr (Streichen) zum Schwingen gebracht werden
- ▶ dabei schwingt jedes Weinglas auf einer bestimmten Frequenz (seiner Eigenfrequenz)
- ▶ unterschiedliche Gläser → unterschiedliche Tonhöhen

Resonanz bei Weingläsern



(<http://www.videoweb.ethz.ch/streaming/Physik-Versuche/>)

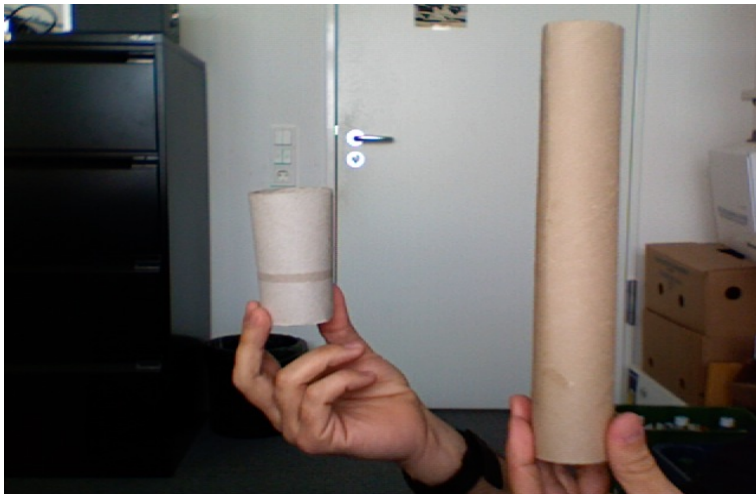
Resonanz bei Weingläsern

- ▶ Weingläser können auch durch andere (Luft-)Schwingungen zum Schwingen gebracht werden
- ▶ dieses Mitschwingen wird **Resonanz** genannt
- ▶ Gläser resonieren nur mit Schwingungen auf der Eigenfrequenz (**Resonanzfrequenz**)

Resonatoren als Filter

- ▶ Jeder Resonator hat ein (engeres oder weiteres) Spektrum von Eigenfrequenzen
- ▶ Schwingungen in diesem Bereich werden weitergegeben oder verstärkt
- ▶ Schwingungen ausserhalb dieses Bereichs werden abgeschwächt
- ▶ der Resonator ist also eine Art **Filter**, der nur Schwingungen bestimmter Frequenzen durchlässt

Beispiel für einen Filter: Papp-Röhren



Beispiel für einen Filter: Papp-Röhren

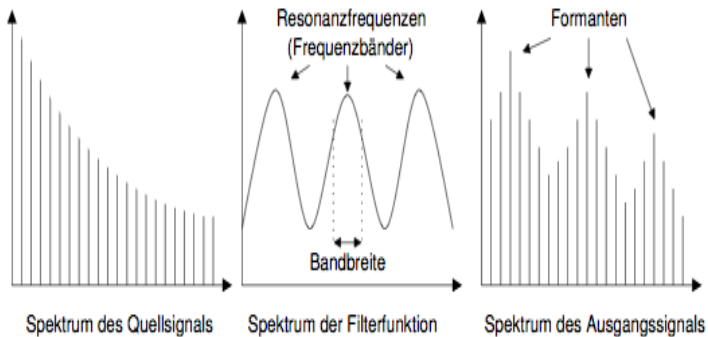
- ▶ langes Rohr → niedrige Frequenzen
- ▶ kurzes Rohr → hohe Frequenzen

Das Quelle-Filter-Modell der Sprachproduktion

- ▶ Die Schwingung der Stimmbänder erzeugt ein “Quellsignal” mit Teil-Schwingungen in verschiedenen Frequenzen
- ▶ diese Teilschwingungen erzeugen Resonanzen im Ansatzrohr
- ▶ das Ansatzrohr verstärkt je nach Form bestimmte Frequenzen und schwächt andere ab
- ▶ es funktioniert also ebenfalls wie ein Filter

Das Quelle-Filter-Modell der Sprachproduktion

QUELLE → FILTER → SPRACHSCHALL

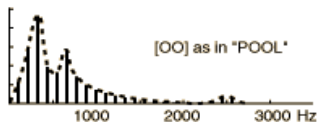
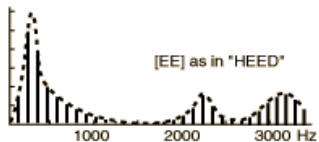
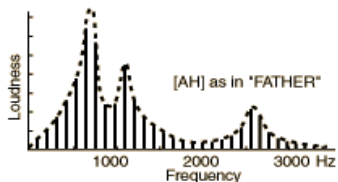


(Mayer, S. 48)

Formanten

- ▶ Frequenzbänder von Resonanzfrequenzen heißen **Formanten**
- ▶ Formanten entsprechen grob bestimmten Bereichen des Ansatzrohrs
- ▶ im akustischen Signal spiegeln sie sich wieder als Bereiche mit intensiven (lauten) Frequenzen
- ▶ Die ersten 2 (3) Formanten erlauben die Unterscheidung verschiedener Vokale

Formanten im Spektrum

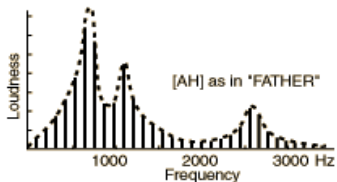


(<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/music/vowel.html>)

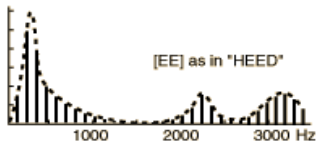
Formanten im Spektrum

- ▶ Formanten erscheinen als Maxima (“Berge”)
- ▶ Der erste Formant (F1) ist das Frequenzband mit den niedrigsten Frequenzen (das erste Maximum)
- ▶ Der zweite Formant (F2) ist das Frequenzband mit den zweitniedrigsten Frequenzen (das zweite Maximum), u.s.w.

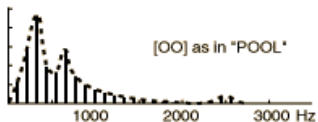
Formanten im Spektrum



F1 ist hoch, F2 ist tief



F1 ist tief, F2 ist hoch



F1 und F2 sind tief

(<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/music/vowel.html>)

Unterscheidung von Vokalen

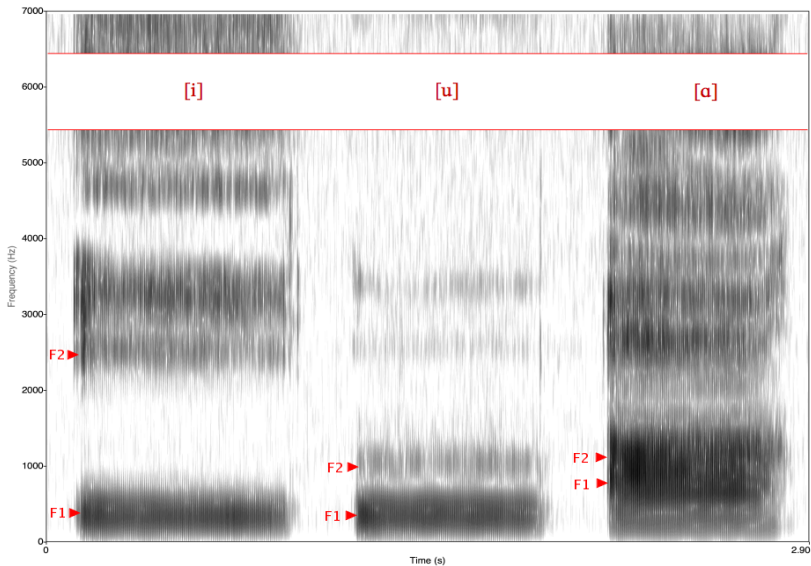
Verschiedene Vokale lassen sich fast immer durch die

relative Position der ersten beiden Formanten unterscheiden

Formanten im Spektrogramm

- ▶ Formanten erscheinen als Zonen intensiver Schwärzung
- ▶ der erste Formant ist der unterste, der zweite kommt darüber, u.s.w.

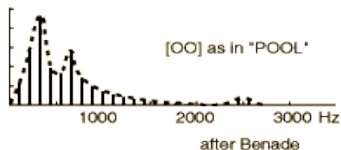
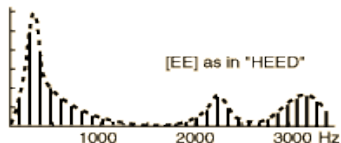
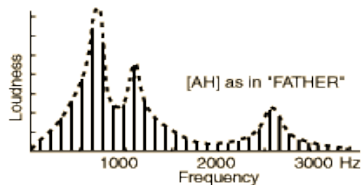
Formanten im Spektrogramm



Formanten als Resonanzräume: erster Formant

- ▶ F1 entspricht einem “Rohr”
von der Glottis bis zu den Lippen
- ▶ langes Rohr → niedrige Frequenzen
kurzes Rohr → hohe Frequenzen
- ▶ Anhebung des Zungenrückens verlängert das Rohr
Absenken des Zungenrückens verkürzt das Rohr
- ▶ $F1 \approx$ Zungenhöhe (vertikale Zungenposition)

Formanten als Resonanzräume: erster Formant

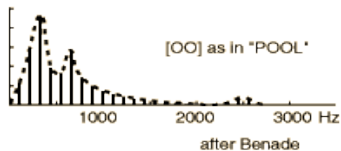
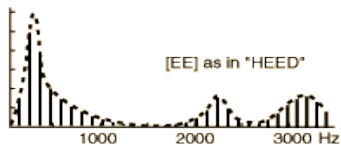
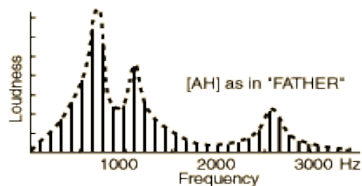


(<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/music/vowel.html>)

Formanten als Resonanzräume: zweiter Formant

- ▶ F2 entspricht einem “Rohr”
vom **höchsten Zungenpunkt** bis zu den Lippen
- ▶ langes Rohr → niedrige Frequenzen
kurzes Rohr → hohe Frequenzen
- ▶ hintere Vokale → längereres Rohr
vordere Vokale → kürzeres Rohr
- ▶ $F2 \approx$ horizontale Zungenposition

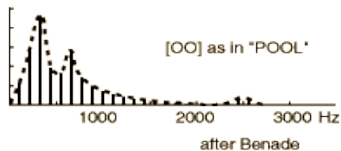
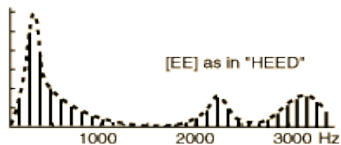
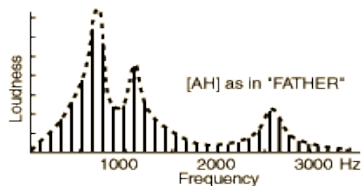
Formanten als Resonanzräume: zweiter Formant



Lippenrundung und Formanten

- ▶ Lippenrundung senkt die drei ersten Formanten ab
- ▶ Betroffen sind insbesondere F2 und F3

Formanten und Lippenrundung



Alternativmodelle von Formanten als Resnanzräumen

- ▶ $F1 \approx$ Glottis-Lippen
 $F2 \approx$ Zungenrücken-Lippen (Reetz, 2003:138)
- ▶ $F1 \approx$ Rachenraum,
 $F2 \approx$ (vorderer) Mundraum (Ladefoged,2005:ch.4)
- ▶ Beide Modelle sind Annäherungen
an die sehr viel komplexere physikalische Wirklichkeit