

# Die Phonetik von Tonhöhe

Jochen Trommer

`jtrommer@uni-leipzig.de`

Universität Leipzig  
Institut für Linguistik

Phonetikanalyse – SS 2007

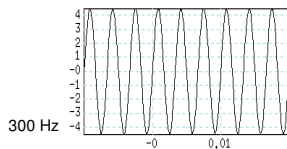
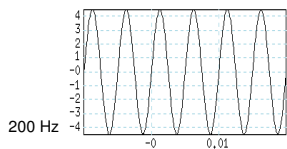
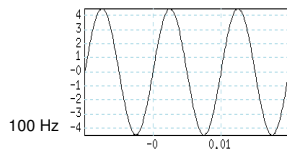
# Überblick

Die Akustik von Tonhöhe

Tonhöhe & Musik

Der Phonationszyklus

# Die Tonhöhe von Sinussschwingungen

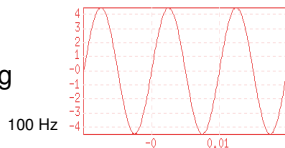
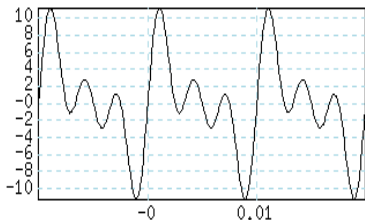


entspricht der Frequenz der Schwingung

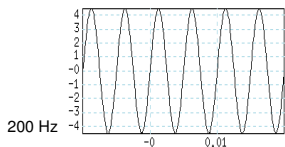
(<http://www.phonetik.uni-muenchen.de/AP/APKap1.html>)

# Die Tonhöhe von Klängen

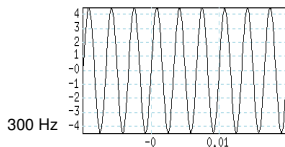
entspricht der Frequenz der Grundschiwingung



+



+

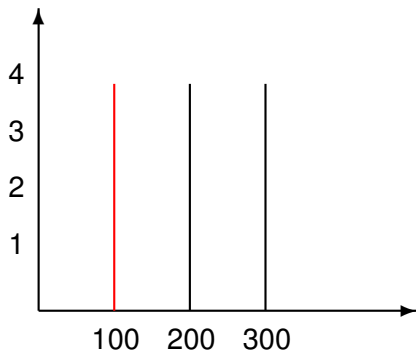


(<http://www.phonetik.uni-muenchen.de/AP/APKap1.html>)

# Die Tonhöhe von Klängen

entspricht der Frequenz der Grundschwingung

Luftdruck (Pa)



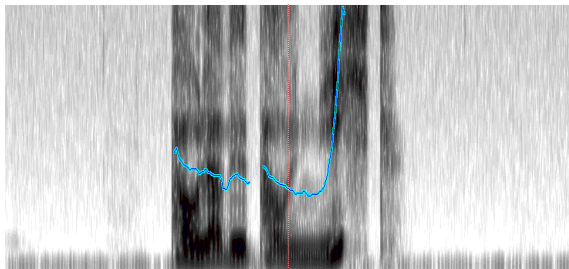
Frequenz (Hz)

# Die Tonhöhe von Geräuschen

Geräusche haben keine Tonhöhe

weil sie keine Grundfrequenz haben

# Tonhöhe im Spektrogramm (Praat)



## Die 4 Saiten einer Bratsche





## Warum klingen die Saiten unterschiedlich?



# Warum klingen die Saiten unterschiedlich?

Die oberen Saiten ...

- ▶ sind dünner
- ▶ vibrieren schneller
- ▶ klingen höher

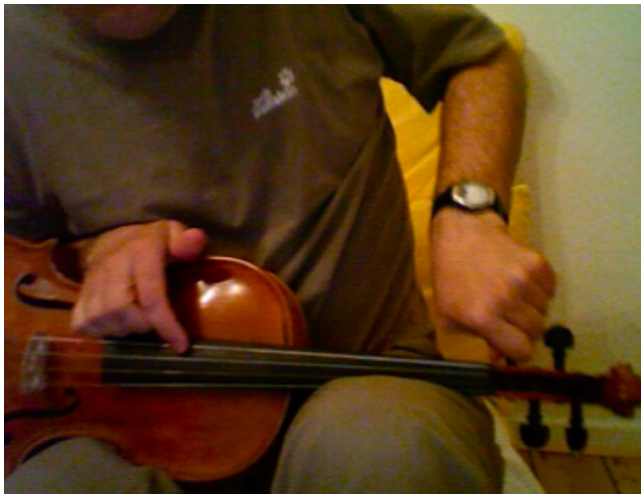
## Greifen auf einer Saite



## Warum klingen gegriffene Saiten unterschiedlich?

- ▶ Der schwingende Teil abgegriffener Saiten ist kürzer
- ▶ Kürzere Saiten vibrieren schneller
- ▶ Schnellere Vibration führt zu grösserer Tonhöhe

# Stimmen einer Bratsche



## Warum verändert Stimmen den Saitenton?

- ▶ Drehen am Wirbel erhöht/senkt die Spannung der Saite
- ▶ Stärker gespannte Saiten vibrieren schneller
- ▶ Schnellere Vibration führt zu grösserer Tonhöhe

## Bratschensaiten vibrieren schneller, wenn sie ...

- ▶ dünner
- ▶ kürzer
- ▶ stärker gespannt sind

schnellere Vibration  $\Rightarrow$  höherer Ton

# Eine einfache Theorie der Stimmbandschwingung

- ▶ Die Stimmbänder hängen wie Bratschenseiten im Kehlkopf
- ▶ die ausgeatmete Luft streicht wie ein Bogen über die Stimmbänder
- ▶ die Stimmbänder beginnen zu vibrieren

**Diese Theorie ist falsch!**



# Die Standard-Theorie der Stimmbandschwingung

- ▶ Die Stimmlippen öffnen und schliessen sich
- ▶ Stimmlippenverschlüsse erzeugen periodische Unterbrechung des Luftstroms
- ▶ Diese Unterbrechungen werden als Ton wahrgenommen

**Problem:** Muskeln sind nicht schnell genug

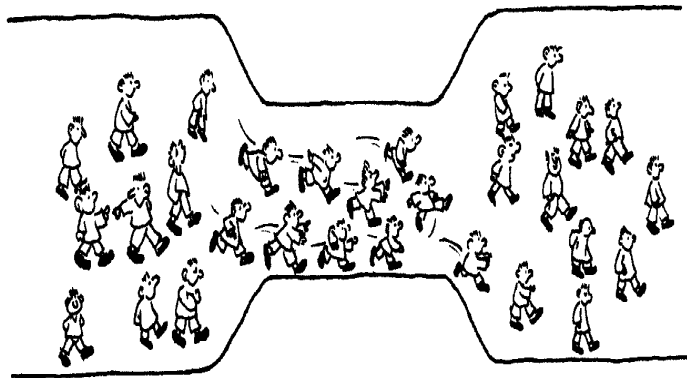
# Lösung

Verschluss der Stimmbänder kommt nicht durch Muskelanspannung zustande, sondern durch den Bernoulli-Effekt

## **Bernoulli-Effekt:**

- ▶ beim Luftstrom durch eine Röhre fließt die Luft schneller durch Engstellen
- ▶ Durch die erhöhte Fließgeschwindigkeit ist der Luftdruck in der Enge niedriger
- ▶ Durch den Unterdruck werden die Wände in der Enge zusammengezogen

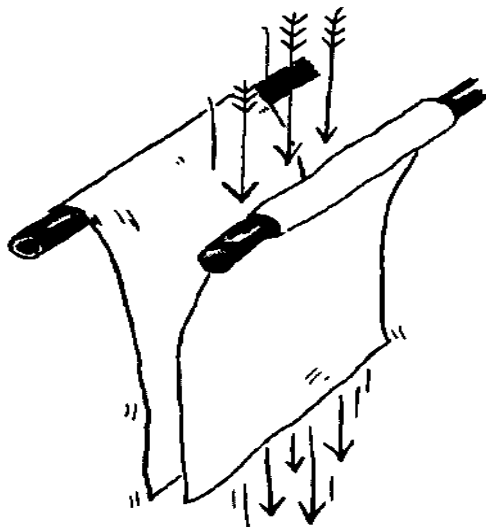
## Der Bernoulli-Effekt



Luftmoleküle bewegen sich schneller durch eine Enge

(Reetz, 2003:115)

## Der Bernoulli-Effekt: Ein Experiment



(Reetz, 2003:118)

# Der Phonationszyklus I

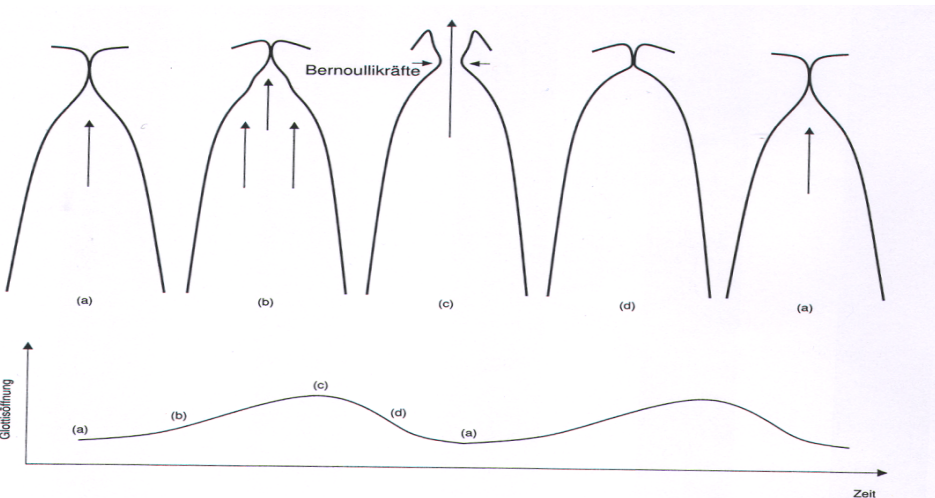
**Druckaufbau:** Unterhalb der geschlossenen Glottis entsteht ein Druck auf die Stimmlippen, der subglottale Luftdruck.

**Sprengung:** Bei ausreichendem Druck werden die Stimmlippen auseinander gedrückt, die Glottis wird gesprengt.

**Geöffnete Glottis:** Aufgrund des in der Lunge herrschenden relativen Überdrucks strömt Luft durch die Glottis.

**Bernoulli-Effekt:** Da der glottale Spalt eine Verengung der Durchflussöffnung darstellt, erhöht sich hier die Fließgeschwindigkeit der Luft und es entsteht Unterdruck. Dadurch wirken an der Glottis die Bernoulli-Kräfte senkrecht zur Fließrichtung und die elastischen Stimmlippen bilden erneut einen Verschluss. (nach Mayer, 2005)

# Der Phonationszyklus II



# Schwingende Stimmbänder



## Bratschensaiten vibrieren schneller, wenn sie ...

- ▶ dünner
- ▶ kürzer
- ▶ stärker gespannt sind

schnellere Vibration  $\Rightarrow$  höherer Ton

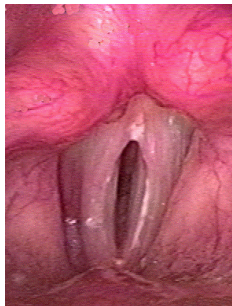


## Stimmklappen vibrieren schneller, wenn sie ...

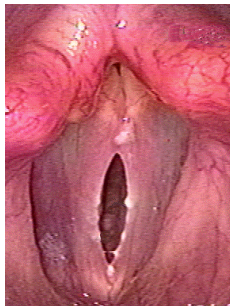
- ▶ dünner
- ▶ kürzer
- ▶ stärker gespannt sind

schnellere Vibration  $\Rightarrow$  höherer Ton

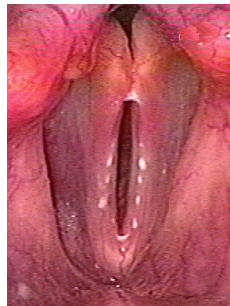
## Stimmklappen bei verschiedenen Tonhöhen



120 Hz



160 Hz



200 Hz