

# **Akustische Phonetik**

## **Teil 3**

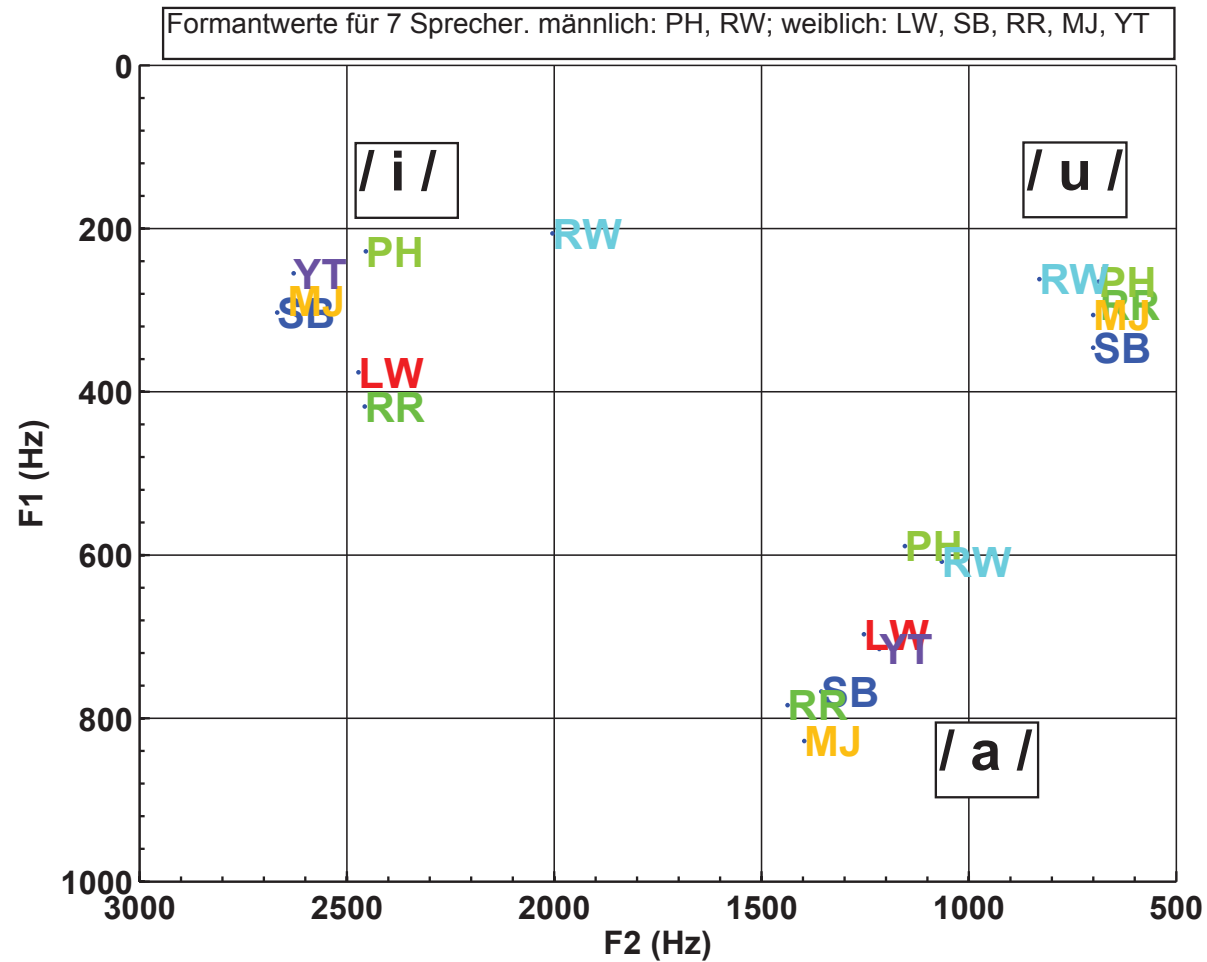
Uwe Reichel, Phil Hoole  
*IPS, LMU München*

# Inhalt

- Vokalformanten: Weitere Anmerkungen
- Nasale Konsonanten
- Frikative

# Vokalformanten: Weitere Anmerkungen

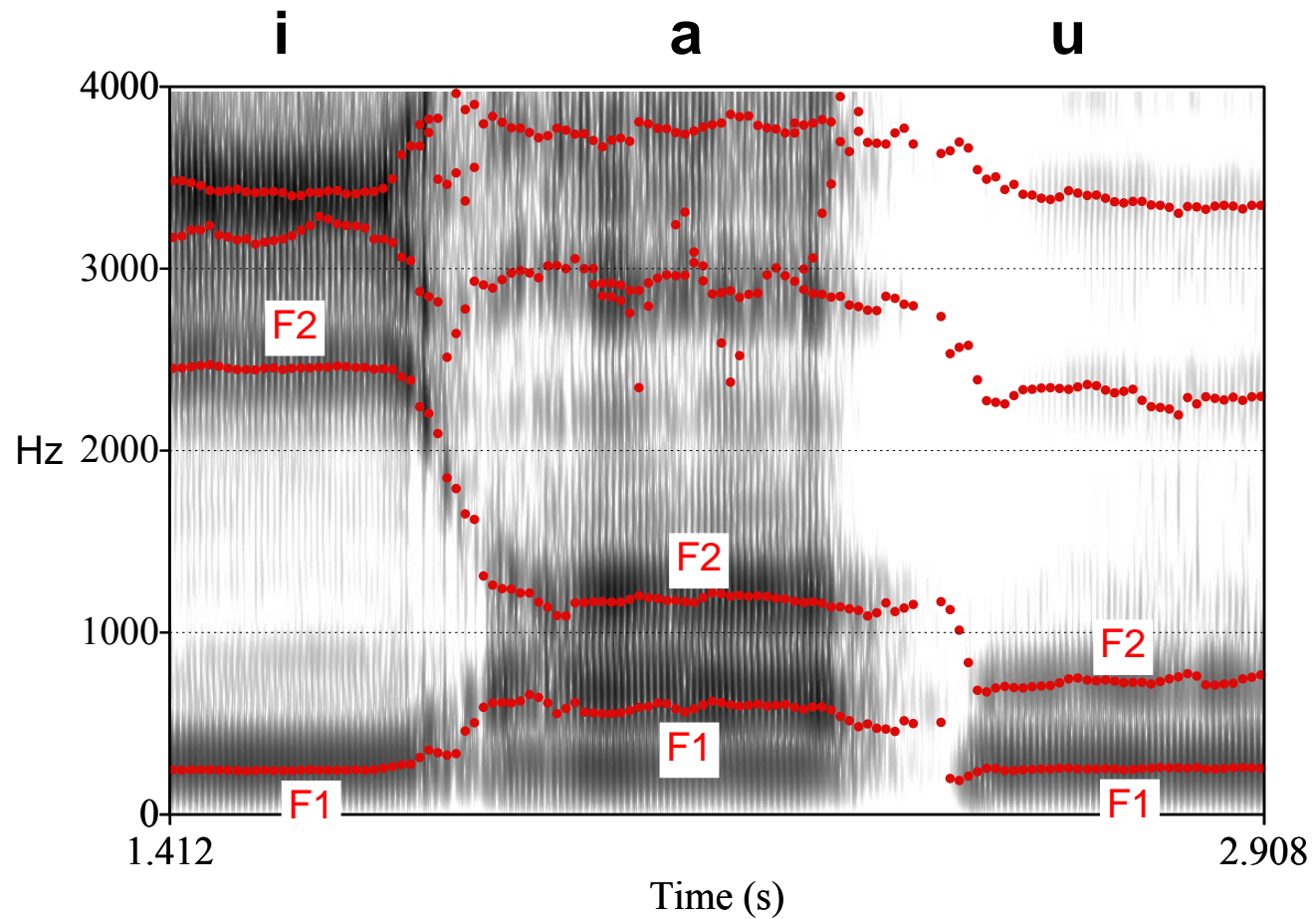
## Ergebnisse typischer Formantmessungen



- Hier die übliche Anordnung von F1 und F2 als zweidimensionaler Raum:
  - F2 x-Achse, F1 y-Achse
  - Beide Achsen verlaufen 'rückwärts':
    - von rechts nach links bzw. von oben nach unten.
  - Somit entspricht die Anordnung grob der IPA-Vokaltabelle
- Formantwerte meistens etwas niedriger für die männlichen Sprecher.
  - Aber nicht gleich stark für alle Formanten und alle Vokale.
  - Ein möglicher Grund (es gibt auch andere):
    - Längerer Vokaltrakt bei Männern nicht gleichmäßig auf Mundraum und Rachenraum verteilt.

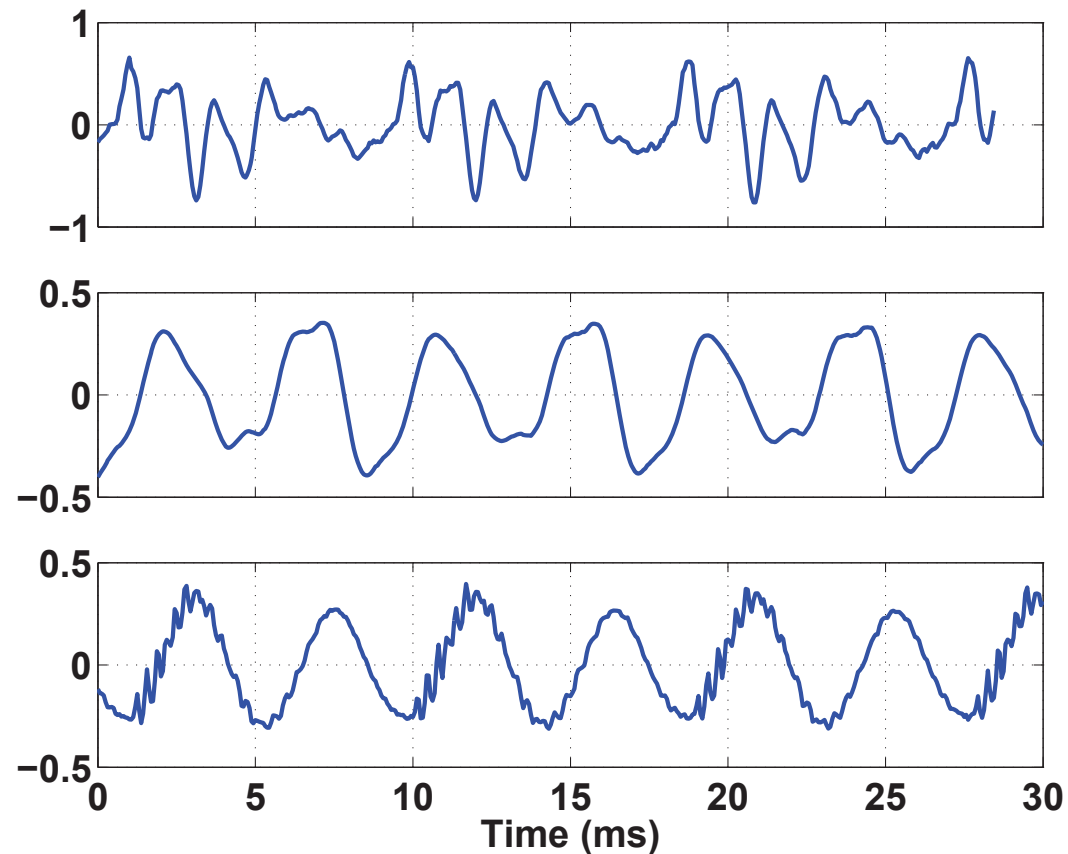
Als weitere Zusammenfassung:

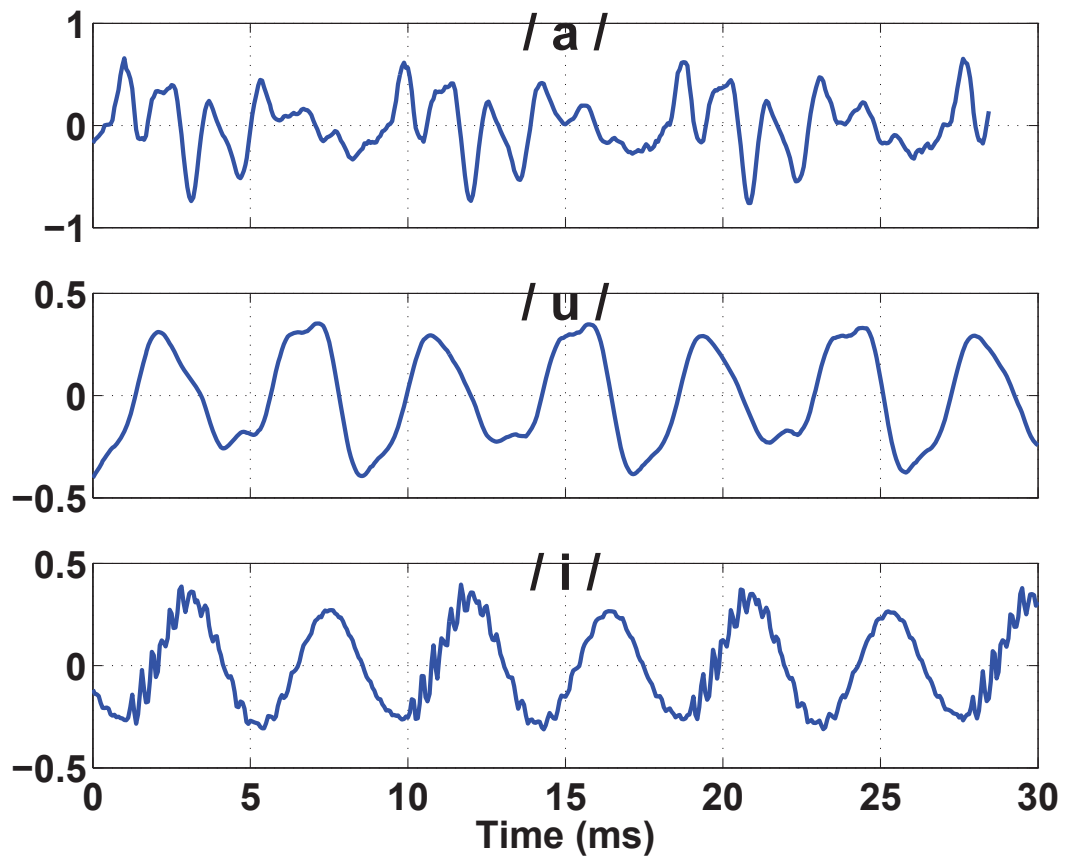
F1 und F2 für die Eckvokale als Sonagrammdarstellung



## Grobe Schätzung von Formanten aus dem Zeitsignal

Die Abbildung zeigt Beispiele für die Zeitsignale der Vokale /i, a, u/.  
Wie ist die Zuordnung?





Warum nur diese Zuordnung möglich?

Zwei Merkmale im Zeitsignal, um die darin enthaltenen Frequenzanteile grob zu schätzen:

1. **Nulldurchgangsdichte** (engl. *zero-crossing rate*) entspricht der am stärksten ausgeprägten Frequenzkomponente im Signal - bei Vokalen praktisch immer F1.

Zur Erinnerung: je mehr Gewicht eine Teilschwingung in einer komplexen Schwingung hat, desto stärker prägt diese Teilschwingung die komplexe Schwingung, d.h. desto stärker ähnelt die Form der komplexen Schwingung dieser Teilschwingung (vgl. Grundidee der Korrelation bei der Fourier-Analyse).

Bei /a/ hohe Nulldurchgangsdichte, bei /i, u/ niedrig, also höherer F1 bei /a/.



Grob gerechnet:

Periodendauer für alle Vokale knapp unter 10ms

==> Grundfrequenz etwas über 100Hz.

Bei /u, i/ wird jede Gesamtperiode durch einen weiteren Nulldurchgang in zwei Teile unterteilt

==> starke Frequenzkomponente bei ca. Grundfrequenz \* 2  
= ca. 250Hz.

Bei /a/ wird jede Gesamtperiode durch weitere Nulldurchgänge in etwa fünffach unterteilt

==> starke Frequenzkomponente bei ca. 600Hz

2. **Extremwertdichte** (Anzahl der lokalen Maxima pro Zeiteinheit)

Entspricht der am zweitstärksten ausgeprägten Komponente -  
bei Vokalen meistens F2.

Bei /i/ hoch, bei /a/ mittel, bei /u/ niedrig

Grobe Berechnung für /i/:

Die schnelle kleine Welligkeit, die die langsame Welligkeit  
überlagert, wiederholt sich ca. 12-13 Mal in 5ms

==> starke Komponente bei ca.  $12.5 \cdot 200 = 2500\text{Hz}$

(5ms = 1/200 s)

# Nasale Konsonanten

s. getrenntes Handout

# Frikative

## Quelle

Entstehung von Turbulenzen, wenn Luft mit hoher Geschwindigkeit aus einer Verengung austritt, und auf ein Hindernis trifft.

Die Geräuschenergie ist besonders stark, wenn das Hindernis senkrecht zum Luftstrom angeordnet ist

==> Zähne als Hindernis bei den Sibilanten [**s**, **ʃ**]

Die Geräuschenergie ist also weniger stark

1. bei [**x**, **ç**]; Hindernis = Begrenzung des Vokaltrakts stromabwärts von der Verengung
2. bei [**f**]; Hindernis = Oberlippe (ausprobieren: ein langes [**f**] artikulieren, und Oberlippe nach oben ziehen)

## Filter

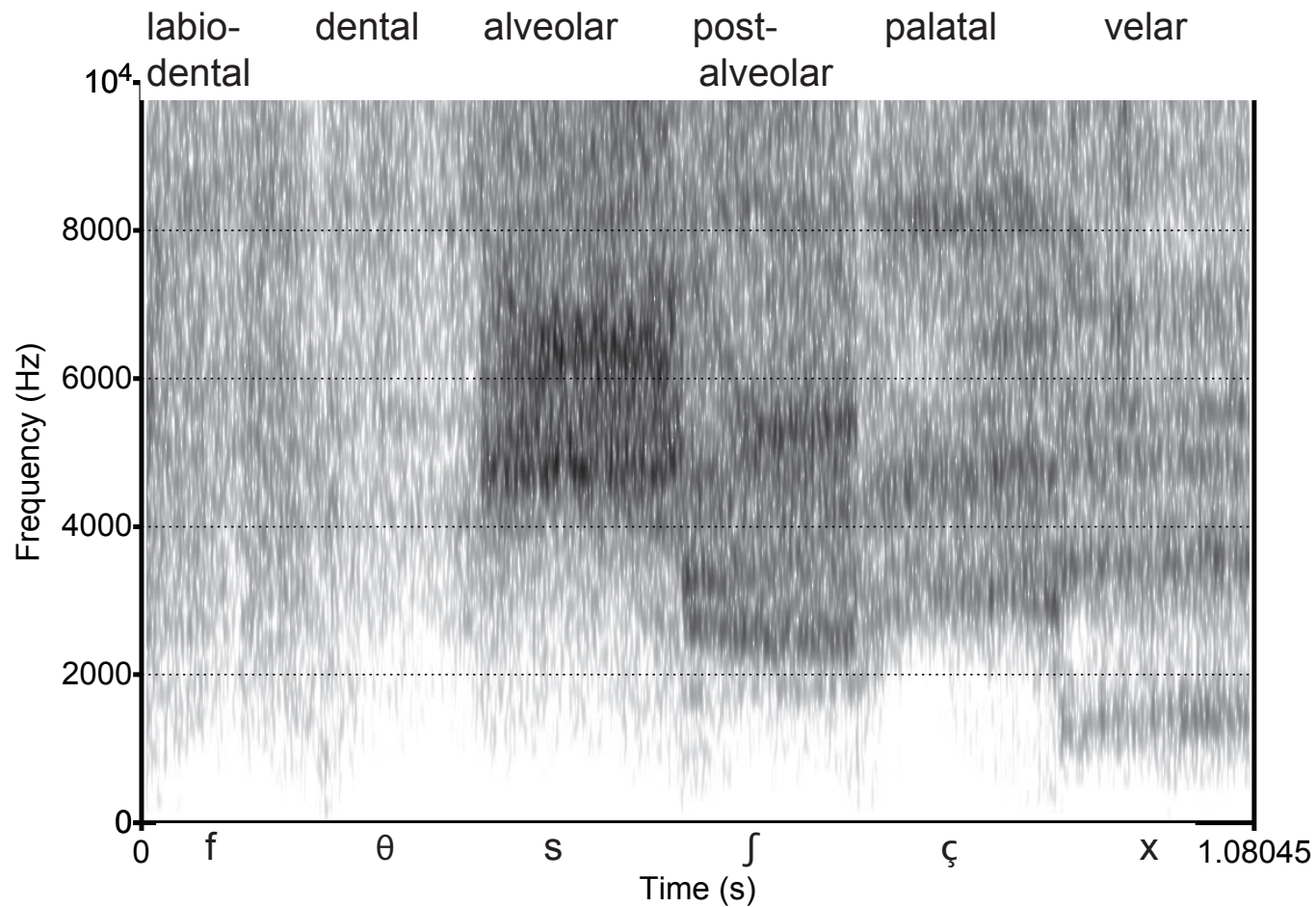
Die Form des Spektrums wird hauptsächlich durch die Resonanzen des Hohlraums zwischen Artikulationsstelle und Mundöffnung bestimmt.

Der hintere Hohlraum (zwischen Artikulationsstelle und Glottis) ist weitgehend 'abgekoppelt' und beeinflusst das abgestrahlte Signal kaum.

**==> Zwei Grundprinzipien für Frikativspektren:**

Je weiter hinten die Artikulationsstelle

1. desto tiefer der Frequenzschwerpunkt  
(wachsende Länge des vorderen Resonanzraums)
2. desto stärker strukturiert das Spektrum  
(formantähnliche Strukturen zunehmend erkennbar)



Frikativgeräusche aus Lautsequenzen wie /afa, asa/ usw. herausgeschnitten und aneinandergelagert (vgl. Übung)

Beide Prinzipien gut beobachtbar bei **s - j - x** (oder **s - ç - x**).

Prinzip 2 ist wichtig, weil [**f**] (auch [**θ**]) scheinbar eine Ausnahme zu Prinzip 1 darstellt:

Frequenzschwerpunkt von [**f**] ist tiefer als [**s**]. (vgl. Messung des 'centre of gravity' in der Übung)

Aber durch das Fehlen eines vorderen Hohlraums, gibt es kaum Resonanzen, die bestimmte Frequenzbereiche hervorheben:  
Das Spektrum verläuft sehr gleichmässig von tiefen bis hohen Frequenzen.

(auch /j/ vs. /ç/ als Ausnahme bezüglich Frequenzschwerpunkt? Hier spielt ev. die Lippenrundung für /j/ eine Rolle (= Verlängerung des Ansatzrohrs))

Bei 'schwächeren' Frikativen (z.B oben bei [f] vs. [θ]) können die **Formanttransitionen** von/zu den angrenzenden Vokalen für die Erkennung wichtig sein (nach den Gesetzmäßigkeiten des Formantverschiebers).

In den Sounds für die Übung:

F2 am Übergang von /f/ nach /a/ ist tiefer als am Übergang von /θ/ nach /a/.