

Phonetik und Phonologie

Akustisch-phonetische Analyse

09./10. Juni 2022

Beeke Muhlack

Phonetik (Raum 5.08)

Sprachwissenschaft und Sprachtechnologie

Fakultät P – Universität des Saarlandes

muhlack@lst.uni-saarland.de



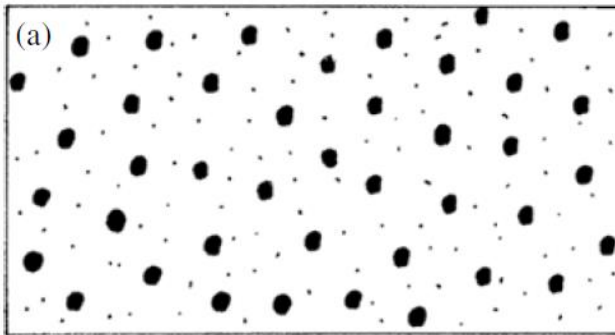
Was ist eine Schallwelle?

- Schallwellen sind kleine Luftdruckunterschiede, die sich im Raum ausbreiten.
- Sie sind der akustische Vermittler zwischen einer Schallquelle (SprecherIn) und einem Empfänger (HörerIn)

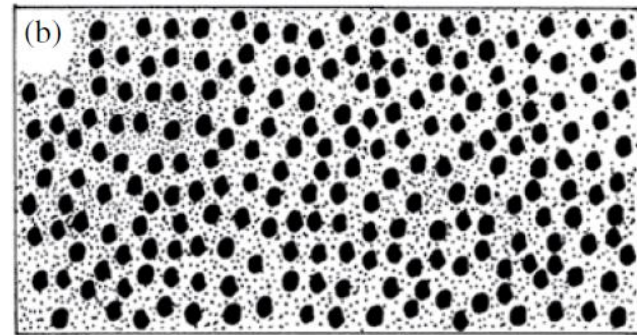
Wiederholung Schall

Wie breitet sich Schall aus?

Luftmoleküle im Raum



niedriger Luftdruck

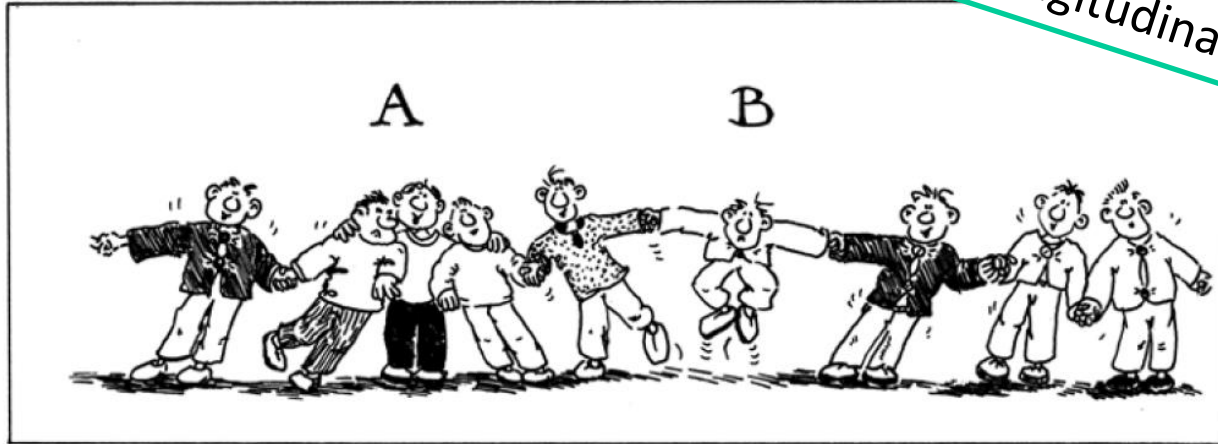


hoher Luftdruck

Wiederholung Schall

Wie breitet sich Schall aus?

Longitudinalwellen



Luftmoleküle wie schunkelnde Personen in einer Reihe: Einer gibt den Impuls und die anderen machen die gleiche Bewegung zeitversetzt.

Die Bewegung läuft durch die Reihe, aber die Personen bewegen sich nicht von der Stelle. Sie schunkeln lediglich nach links und rechts.

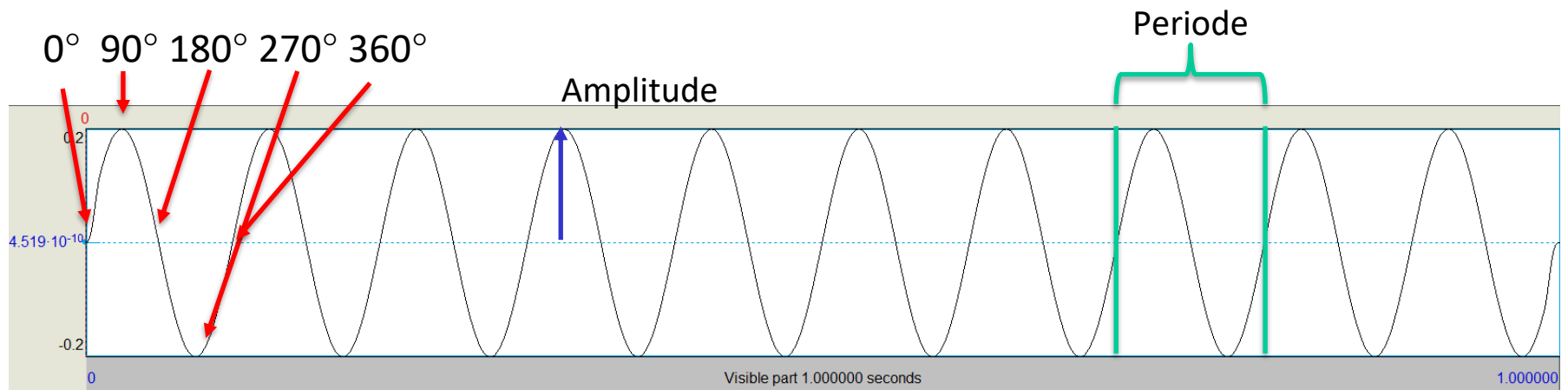
Wiederholung Schallwellen

Frequenz: allgemein Häufigkeit pro Zeiteinheit. Hier Anzahl der Perioden pro Sekunde. Cycles per second (cps) = Hertz (Hz)

Periode: Anfang bis Ende eines sich wiederholenden Musters. Von einem Punkt auf der Welle, bis zum nächsten Punkt gleicher Phase.

Phase: Ein Zeitpunkt in einer Periode. Gemessen in Winkelgrad.

Amplitude: Abstand zwischen Nulllinie und Maximum. Größere Amplitude = Luftmoleküle bewegen sich mehr. (Personen schunkeln weiter nach links/rechts).



Welche Frequenz hat diese Schallwelle? 10 Hz (10 Perioden in der Sekunde)

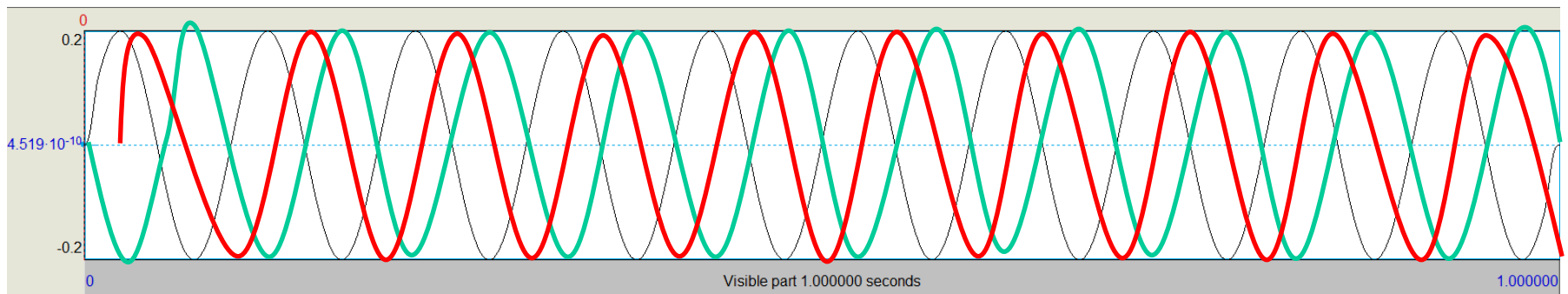
Wiederholung Schallwellen

Frequenz: allgemein Häufigkeit pro Zeiteinheit. Hier Anzahl der Perioden pro Sekunde. Cycles per second (cps) = Hertz (Hz)

Periode: Anfang bis Ende eines sich wiederholenden Musters. Von einem Punkt auf der Welle, bis zum nächsten Punkt gleicher Phase.

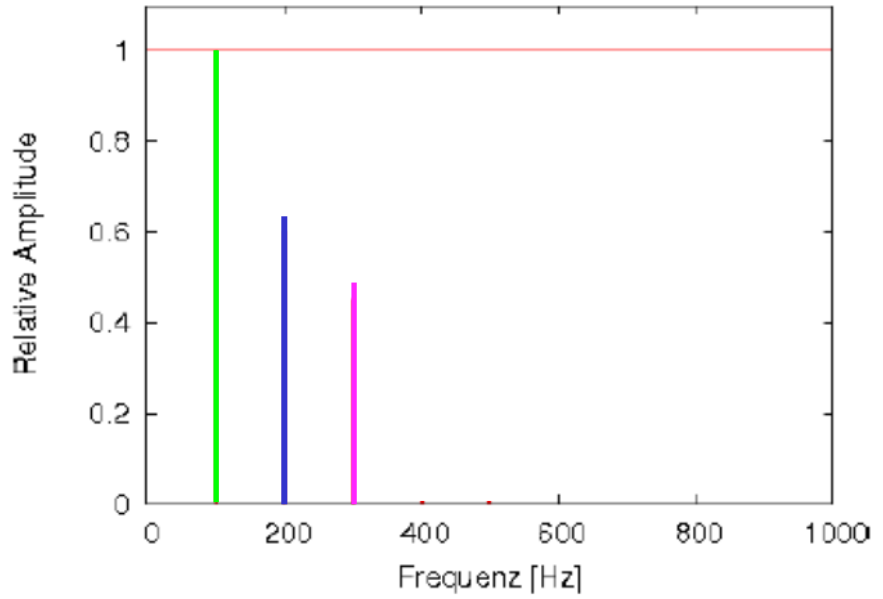
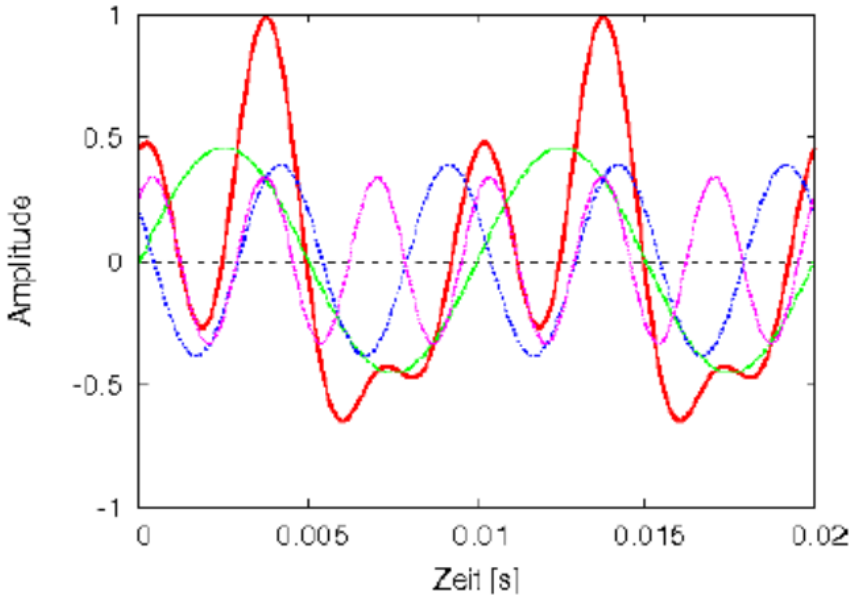
Phase: Ein Zeitpunkt in einer Periode. Gemessen in Winkelgrad.

Amplitude: Abstand zwischen Nulllinie und Maximum. Größere Amplitude = Luftmoleküle bewegen sich mehr. (Personen schunkeln weiter nach links/rechts).



90° 180°

Einfache Schallwellen vs. komplexe Schallwellen:



Spektrum

Wiederholung Stimmproduktion

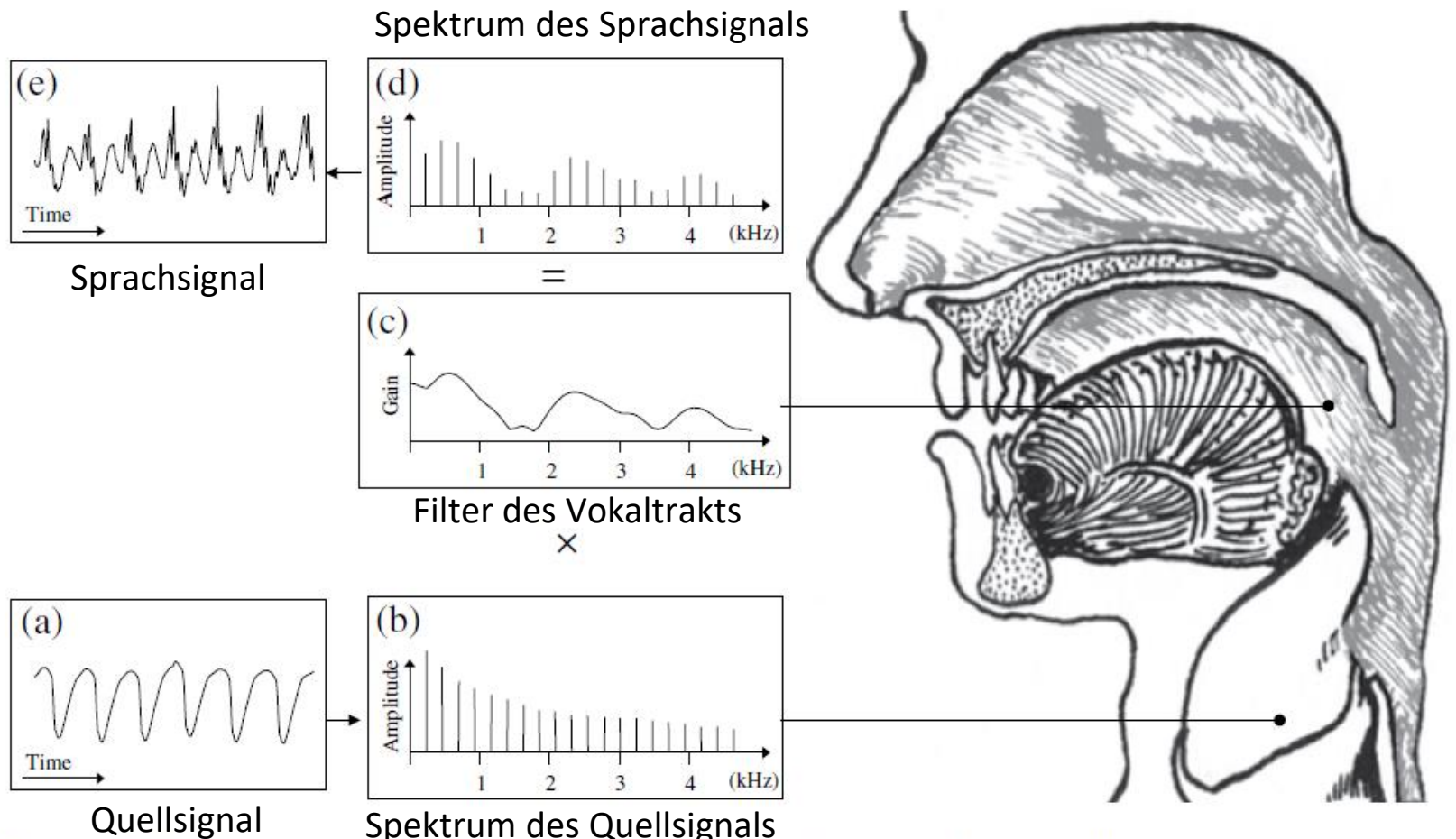
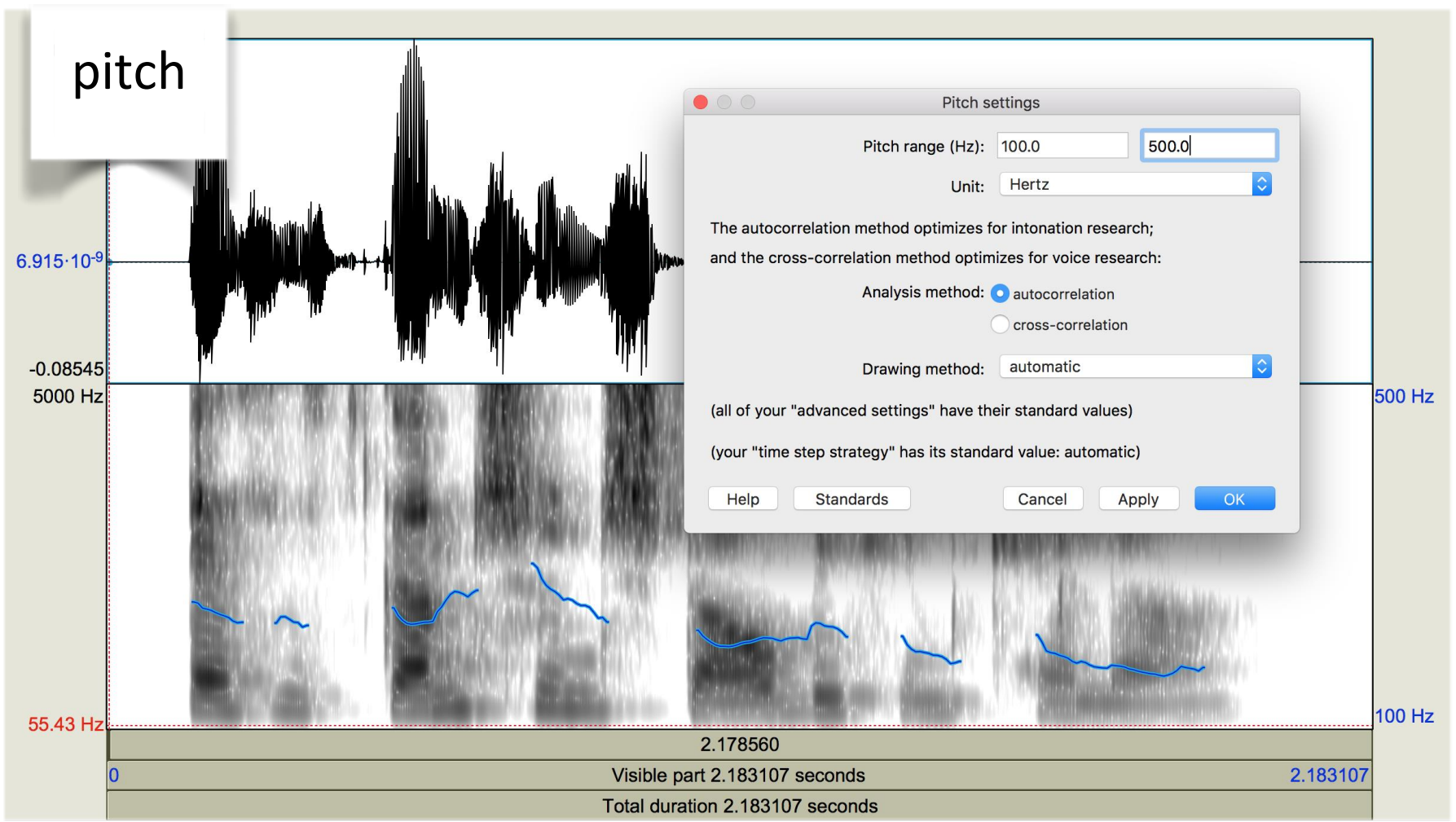


Figure 9.9 Larynx signal (a), its spectrum (b), vocal tract filter spectrum (c), speech spectrum (d), and speech signal (e).

Analyse: Grundfrequenz (f_0)

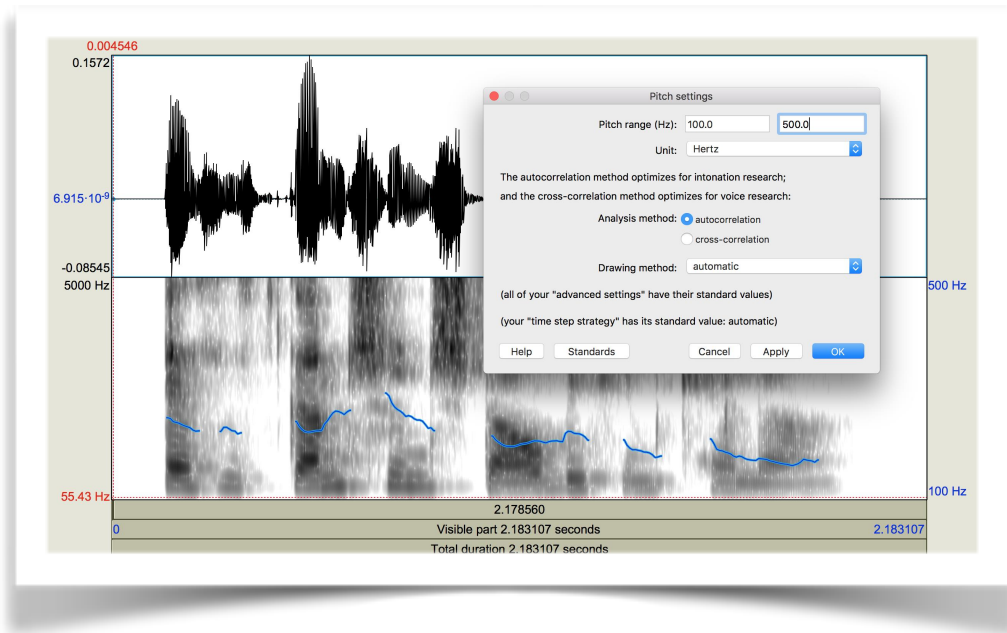


Analyse: Grundfrequenz (f_0)

pitch

- nur für stimmhafte Laute berechnet
- *pitch range* ist sprecherabhängig
 - ▶ ♂ 75 - 300 Hz
 - ▶ ♀ 100 - 500 Hz
- `pitch listing`: f_0 für Zeitpunkte in Auswahl
- `get pitch`: durchschnittliche f_0 in Auswahl

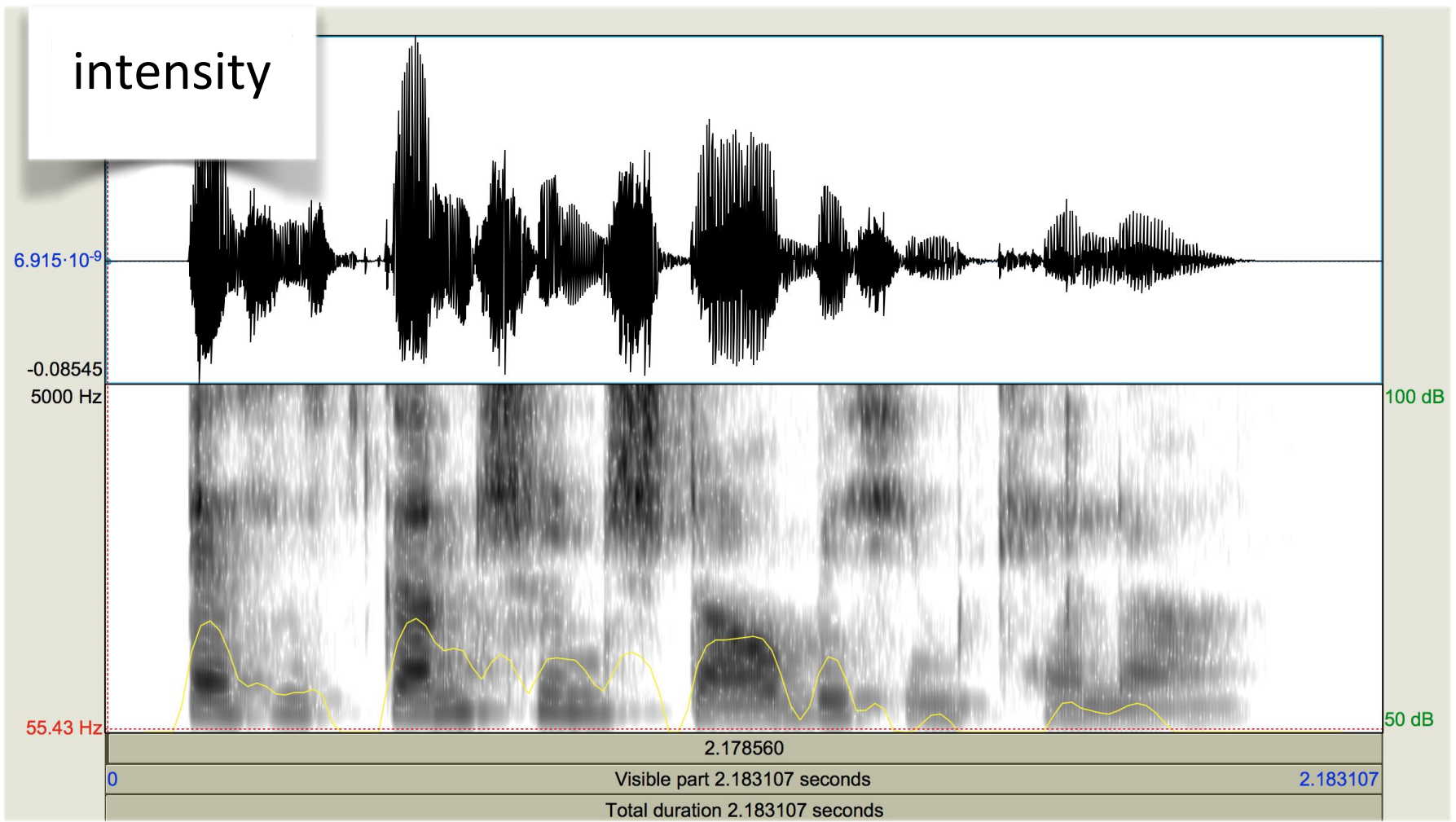
→ mittlere f_0 und f_0 Umfang in Äußerung



- `get minimum / maximum pitch`
- `draw visible pitch contour`: erstellt Abbildung im *Praat Picture* window
- `extract visible pitch contour`: erstellt *pitch object* im *Praat Object* window

→ `declarative.wav` →
`declarative.TextGrid`

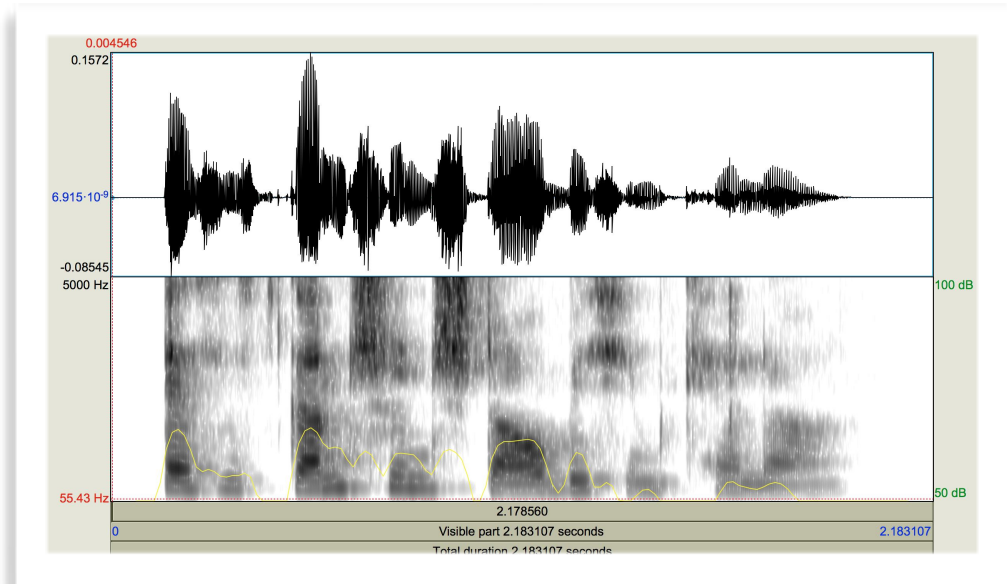
Analyse: Lautstärke



Analyse: Lautstärke

intensity

- `intensity listing`: Lautstärke für Zeitpunkte in Auswahl
- `get intensity`: durchschnittliche Lautstärke in Auswahl

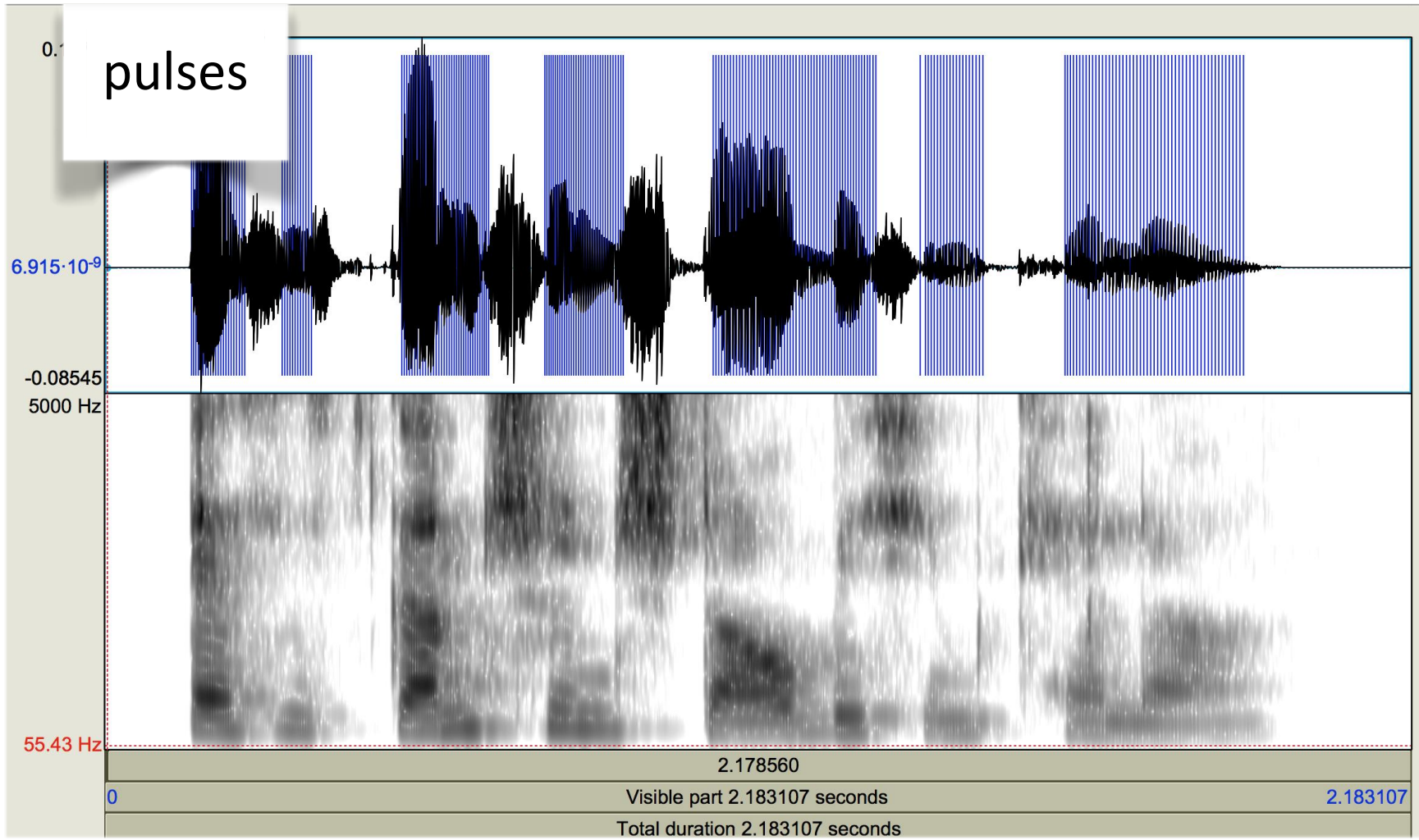


Lärm - Schallquellen Beispiele mit Abstand	Schalldruckpegel L_p in dB
Düsenflugzeug in 30 m Entfernung	140
Schmerzschwelle	130
Unwohlseinschwelle	120
Kettensäge in 1 m Entfernung	110
Disco, 1 m vom Lautsprecher	100
Dieselmotor, 10 m entfernt	90
Rand einer Verkehrsstraße 5 m	80
Staubsauger in 1 m Entfernung	70
Normale Sprache in 1 m Abstand	60
Normale Wohnung, ruhige Ecke	50
Ruhige Bücherei, allgemein	40
Ruhiges Schlafzimmer bei Nacht	30
Ruhegeräusch im TV-Studio	20
Blätterscheln in der Ferne	10
Hörschwelle	0

- `get minimum / maximum intensity`
- `draw visible intensity contour`: erstellt Abbildung im *Praat Picture* window
- `extract visible intensity contour`: erstellt *intensity object* im *Praat Object* window

→ mittlere Lautstärke in Äußerung

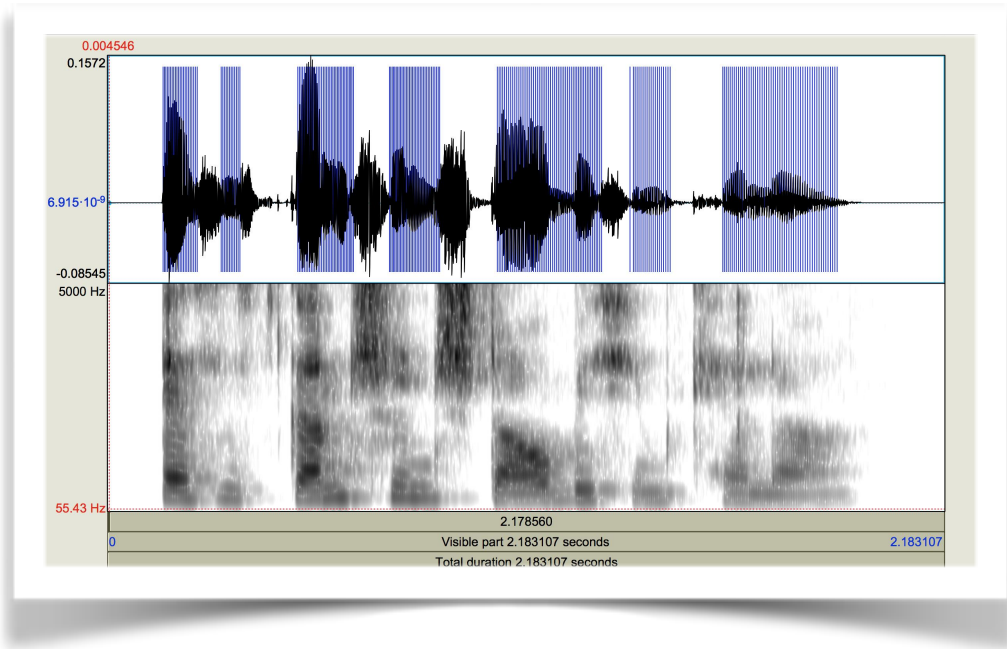
Analyse: Glottisschläge



Analyse: Glottisschläge

pulses

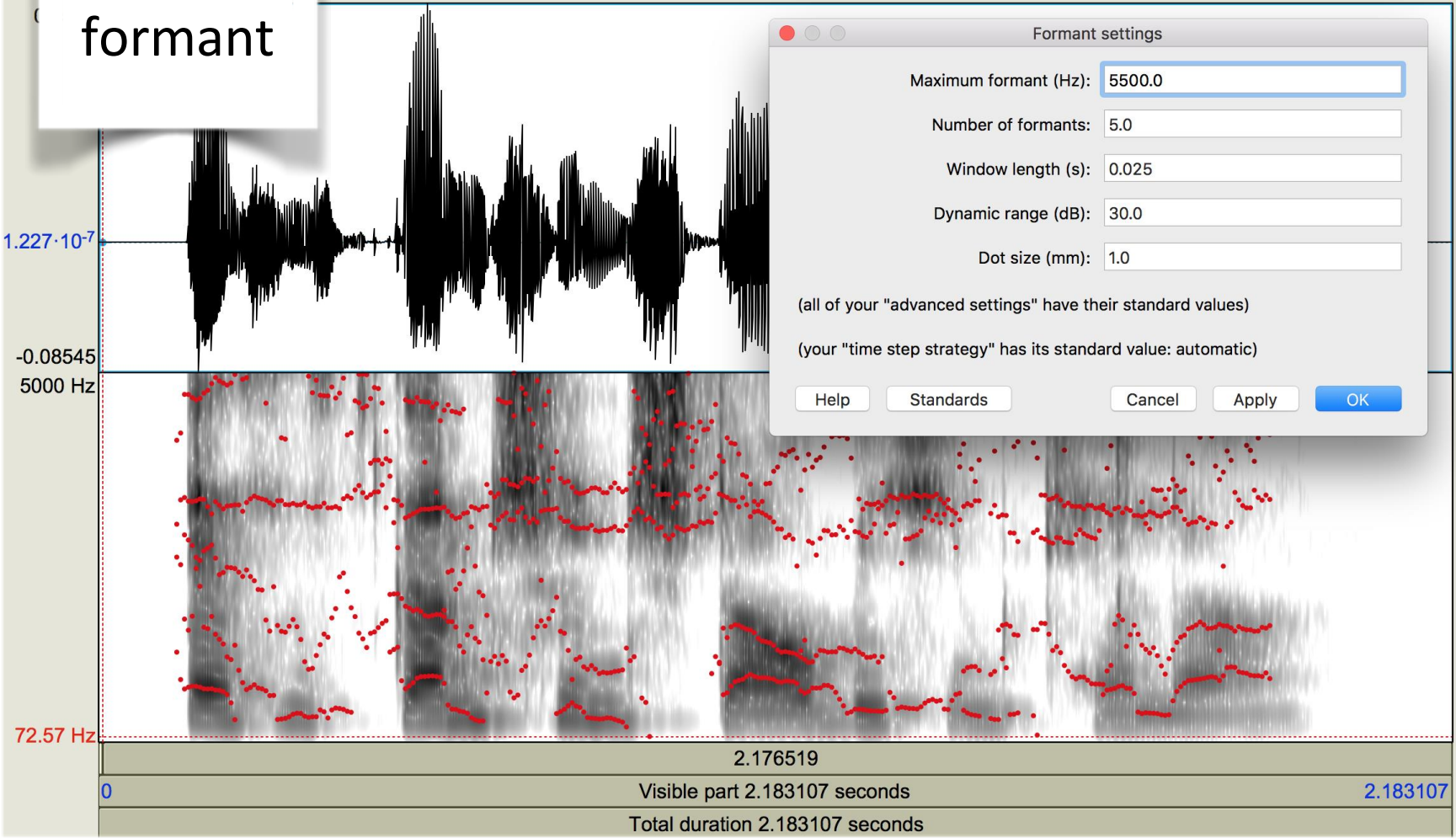
- `pulse listing`: Zeitpunkte der Glottisschläge in Auswahl
- `voice report`: Informationen über Stimmqualität (*pitch settings* → *analysis method* → *cross-correlation*)



- `draw visible pulses`: erstellt Abbildung im *Praat Picture window*
- `extract visible pulses`: erstellt *point process object* im *Praat Object window*

Analyse: Formanten

formant

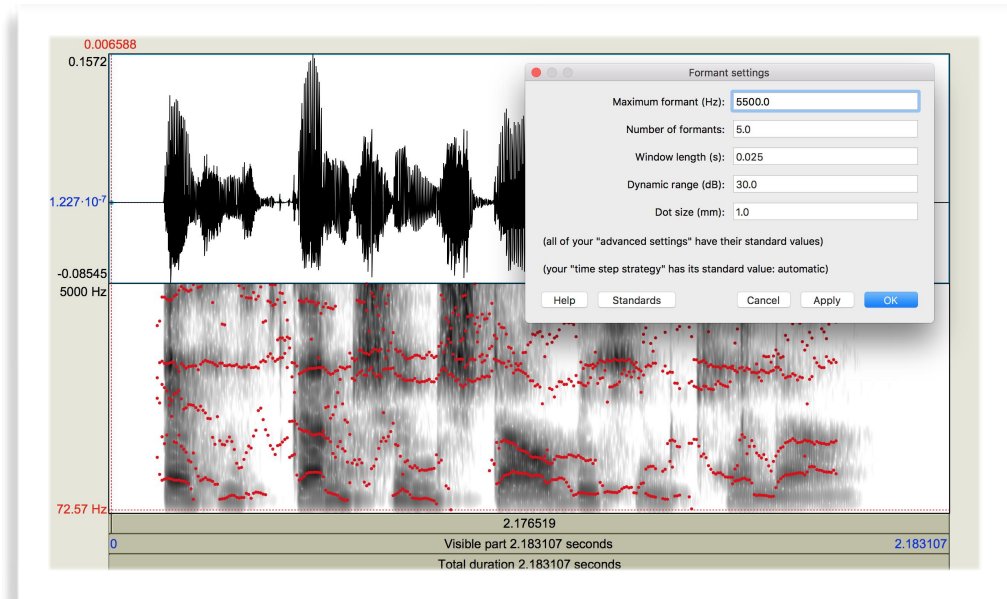


Analyse: Formanten

formant

- *maximum formant* ist sprecherabhängig
 - ▶ ♂ 5.000 Hz
 - ▶ ♀ 5.500 Hz
- *number of formants* bei 5 belassen
- formant listing: F1-F4 für Zeitpunkte in Auswahl
- get
first/second/third/fourth

→ F1 und F2 für den Vokal in *declarative.wav*,
gemessen in der Mitte des Lautes.



- draw visible formant contour: erstellt Abbildung im *Praat Picture window*
- extract visible formant contour: erstellt *formant object* im *Praat Object window*

Analyse: Formanten

→ F1 und F2 für den Vokal in *declarative.wav*, gemessen in der Mitte des Lautes.

Time_s	F1_Hz	F2_Hz	F3_Hz	F4_Hz
1.37	703	1262	2172	3378

Formanten der männlichen Sprecher (n=69)

Laut	F1 in Hz	F2 in Hz
a	694	1372
a:	737	1275
e:	348	2126
ɛ	489	1817
ɛ:	482	1902
ɪ	369	1902
i:	263	2171
ə	517	1447

Formanten der weiblichen Sprecher(n=58)

Laut	F1 in Hz	F2 in Hz
a	836	1586
a:	896	1517
e:	434	2461
ɛ	608	2040
ɛ:	584	2166
ɪ	433	2095
i:	302	2533
ə	572	1763

Mittlere Formantwerte für männliche und weibliche Sprecher.

(aus: Sendlmeier and Seebode „Formantkarten des deutschen Vokalsystems“)

[...]

Analyse: Formanten

→ F1 und F2 für den Diphthong in *declarative.wav*, gemessen in der jeweiligen Mitte des Teillautes.

Time_s	F1_Hz	F2_Hz	F3_Hz	F4_Hz
0.62	580	1557	2164	3033

Time_s	F1_Hz	F2_Hz	F3_Hz	F4_Hz
0.69	483	1758	2324	2762

Formanten der männlichen Sprecher (n=69)

Laut	F1 in Hz	F2 in Hz
a	694	1372
a:	737	1275
e:	348	2126
ɛ	489	1817
ɛ:	482	1902
ɪ	369	1902
i:	263	2171
ə	517	1447

Formanten der weiblichen Sprecher(n=58)

Laut	F1 in Hz	F2 in Hz
a	836	1586
a:	896	1517
e:	434	2461
ɛ	608	2040
ɛ:	584	2166
ɪ	433	2095
i:	302	2533
ə	572	1763

Mittlere Formantwerte für männliche und weibliche Sprecher.

(aus: Sendlmeier and Seebode „Formantkarten des deutschen Vokalsystems“)

[...]

Übung 17 – Formantanalyse

Run script: Draw a vowel chart from the centre points of selected segmen...

Give the path of the directory containing the sound and TextGrid files:
declarative/

Which tier of the TextGrid files should be used for analysis?
Tier: ???

Which segments should be analysed?
Segment label: ???

Where would you like to save the results?
declarative/result.txt

Formant analysis options

Time step: 0.01

Max number of formants: 5

Maximum formant (Hz): 5000 (= adult male)

Window length (s): 0.025

Preemphasis from (Hz): 50

Color: Red
 Blue

Style: Circle
 Dot

Picture: Erase the Picture window before drawing
 Overlay the old picture

Standards Cancel Apply OK

→ drawFormantChart.praat

```
Script "/Users/Phonetik/Desktop/Praat_Intro/PraatIntro/drawFormantChart.praat"
File Edit Search Convert Font Run Help

form Draw a vowel chart from the centre points of selected segments
comment Give the path of the directory containing the sound and TextGrid files:
text directory declarative/
comment Which tier of the TextGrid files should be used for analysis?
integer Tier ???
comment Which segments should be analysed?
sentence Segment_label ???
comment Where would you like to save the results?
text resultfile declarative/result.txt
comment Formant analysis options
positive Time_step 0.01
integer Max_number_of_formants 5
positive Maximum_formant_(Hz) 5000 (= adult male)
positive Window_length_(s) 0.025
positive Preemphasis_from_(Hz) 50
choice Color 1
button Red
button Blue
choice Style 1
button Circle
button Dot
choice Picture 1
button Erase the Picture window before drawing
button Overlay the old picture
endform

echo Files in directory 'directory$' will now be checked...
token = 0
filepair = 0
# This is a "safety margin" (in seconds) for formant analysis, in case the vowel segment is very sh
margin = 0.02

# Check if the result text file already exists. If it does, ask the user for permission to overwrit
```

Übung 17 – Formantanalyse

Aufgabe:

Öffne `declarative.wav`, `declarative.TextGrid` und das Skript `drawFormantChart.praat` (über Praat > Open Praat script) in Praat.

1) Zeichne die Formanten F1 und F2 des ersten Vokalsegments im Textgrid als ein roten Punkt.

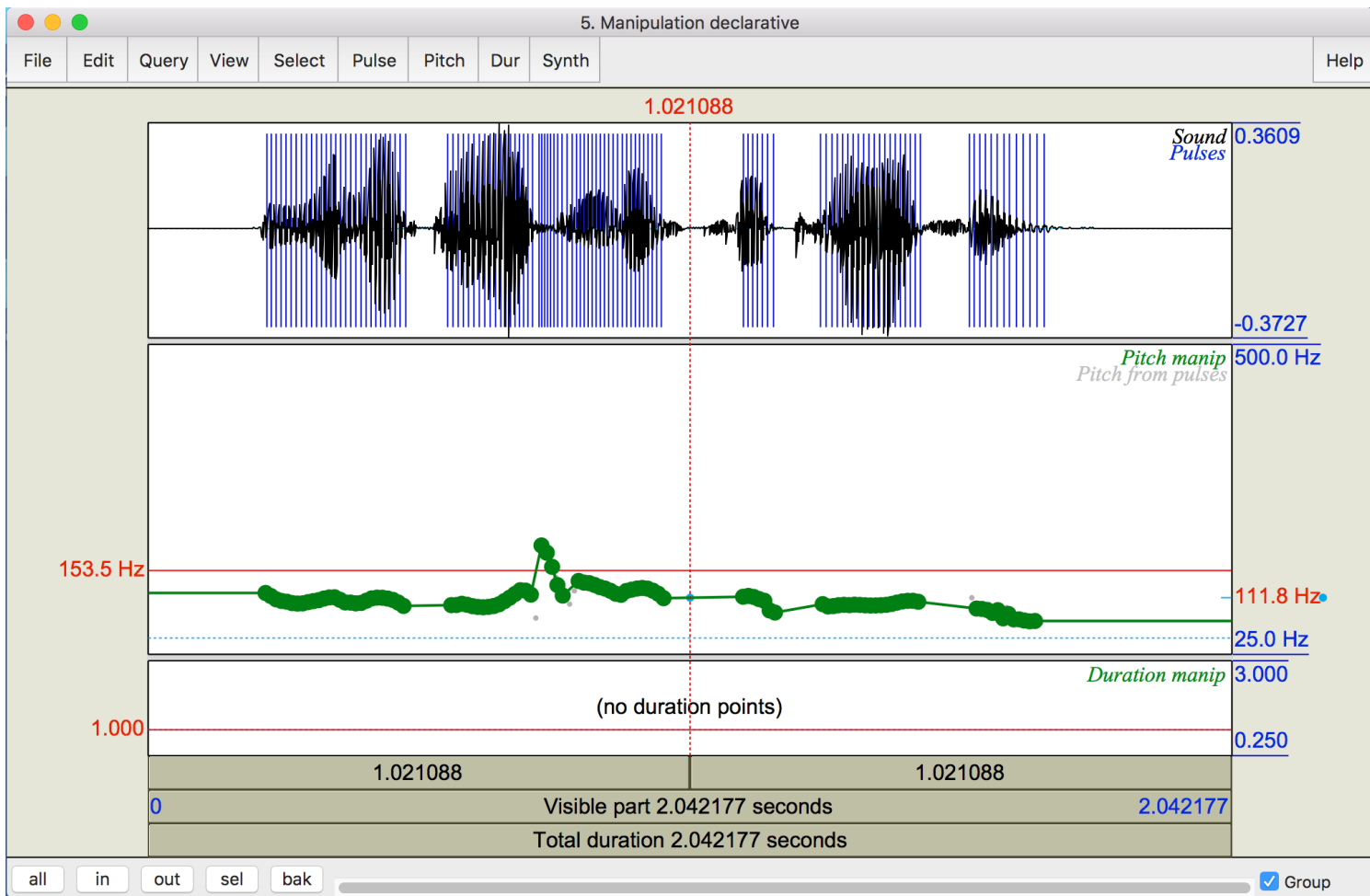
2) Zeichne die Formanten F1 und F2 des zweiten annotierten Vokalsegments im TextGrid als einen blauen Punkt – in die selbe Vokalkarte.

3) Speichere das Bild als `.pdf` oder `.png`

Siehe als Hilfe das Video auf Teams:

`Video_Anleitung_Spektrogramm zeichnen.mp4`

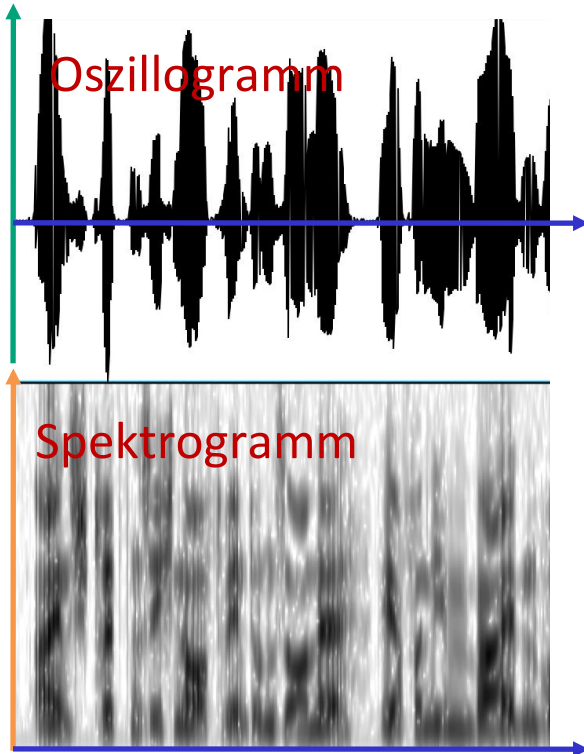
Übung 18 – Manipulation von f_0 und Dauer



→ Uebungsblatt3.pdf

Ozillogramm und Spektrogramm

Um das Sprachsignal sichtbar zu machen, ...



...wird die Änderung des **Schalldrucks p** über der **Zeit t** aufgetragen.

...wird die **Frequenz f** über der **Zeit t** aufgetragen.

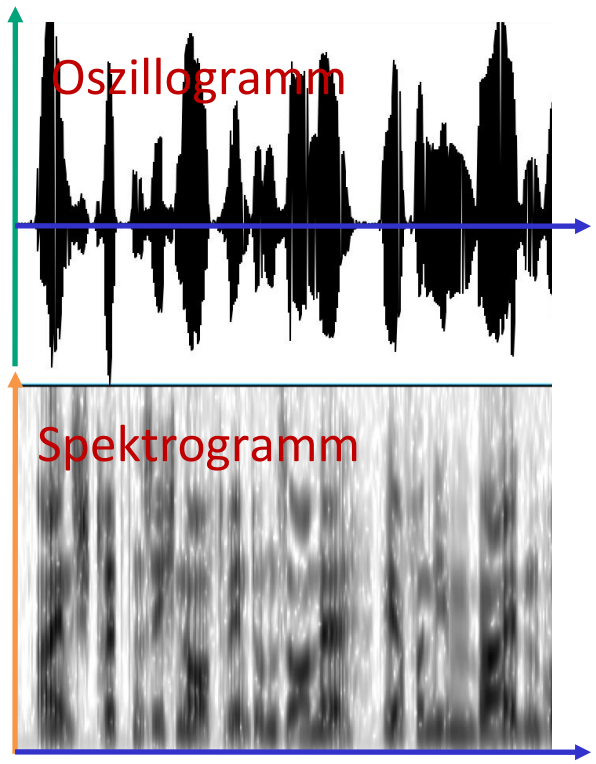
Der **Schalldruck p** wird hier über den Schwärzungsgrad erfasst.

Schalldruck → **Lautstärke**

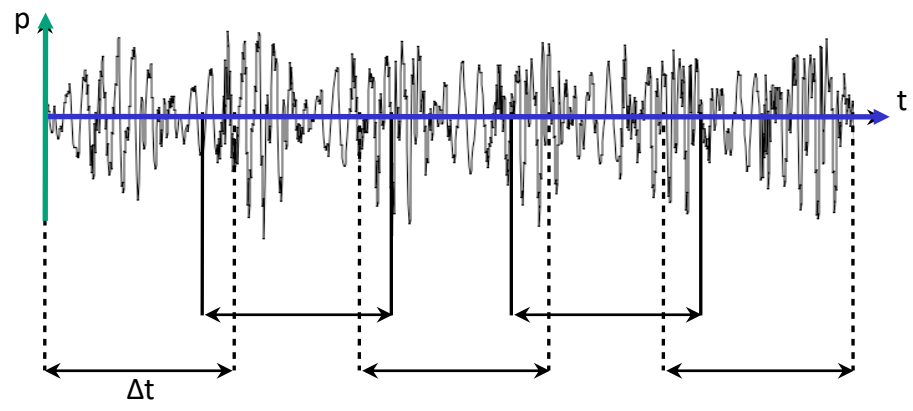
Zeit → **Dauer**

Frequenz → **Tonhöhe**

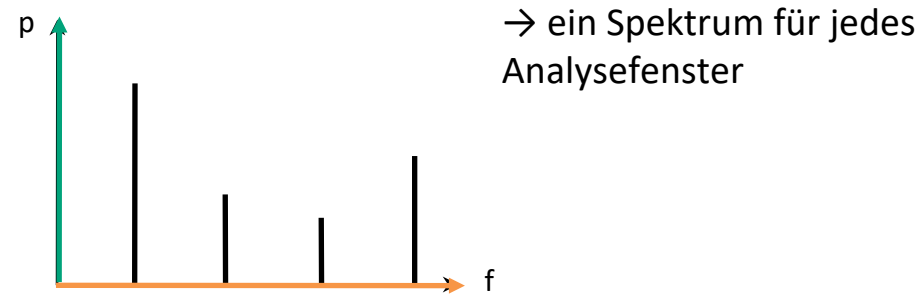
Vom Oszillogramm zum Spektrogramm



(a) Fensterung



(b) Fourieranalyse



(c) Aneinanderreihung der Spektren zeitlich aufeinander folgender Analysefenster

Übung 19a

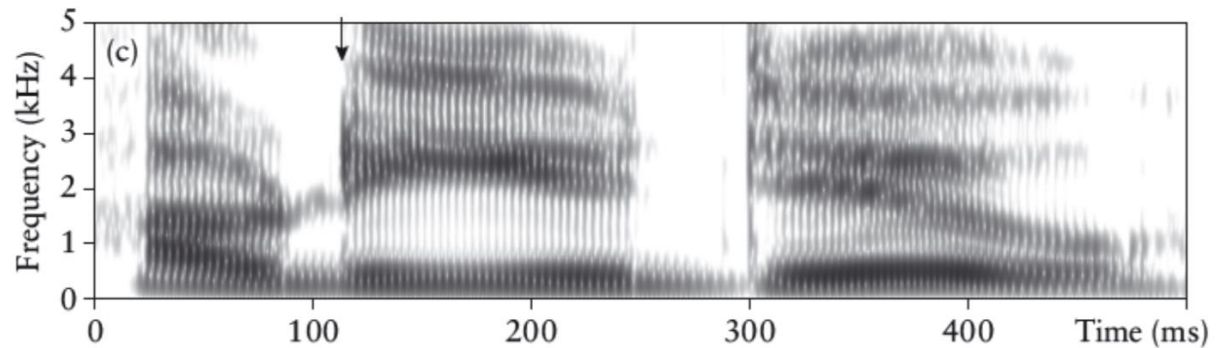
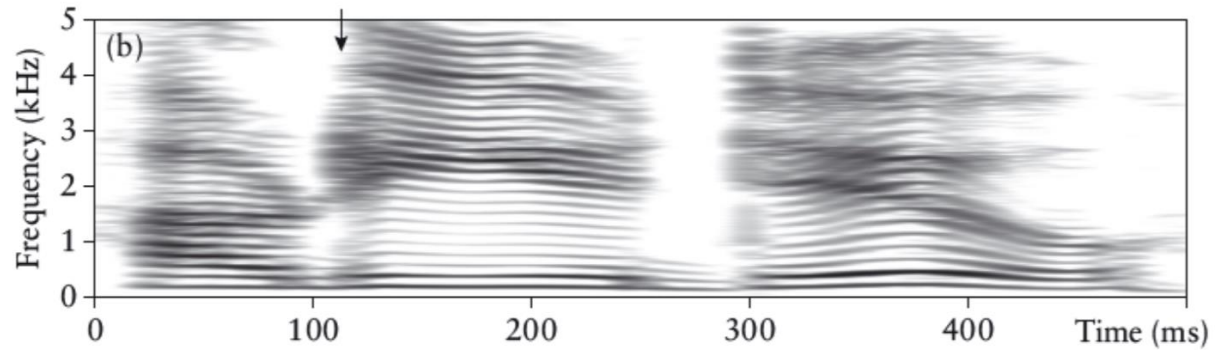
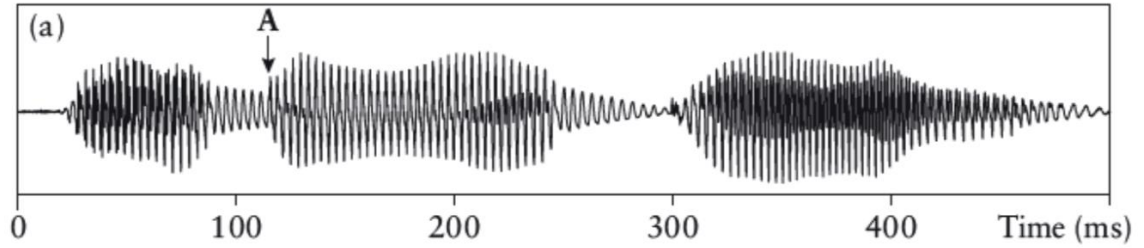
Was erkennst du in den beiden Spektrogrammen (b) und (c)?

✓ Harmonische* (Obertöne)

✓ Glottisschläge

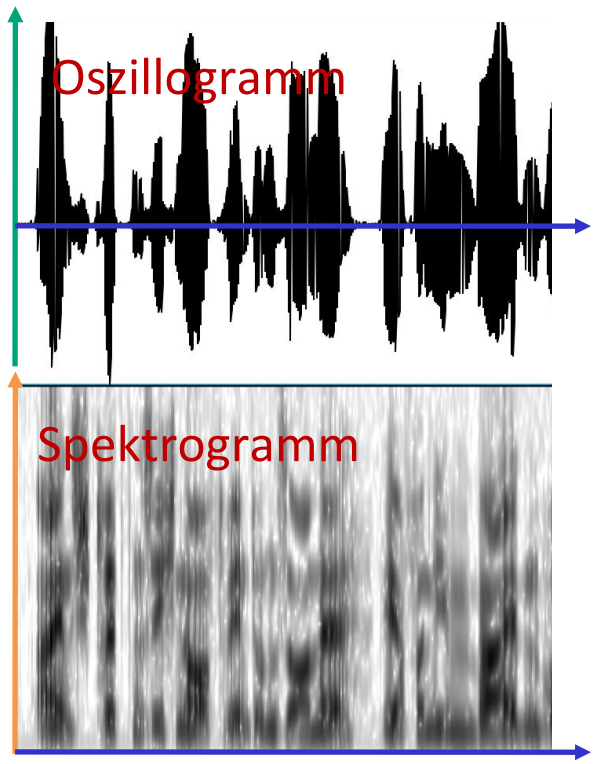
✓ Formanten

[h a u d ɪ j u: d u ə]

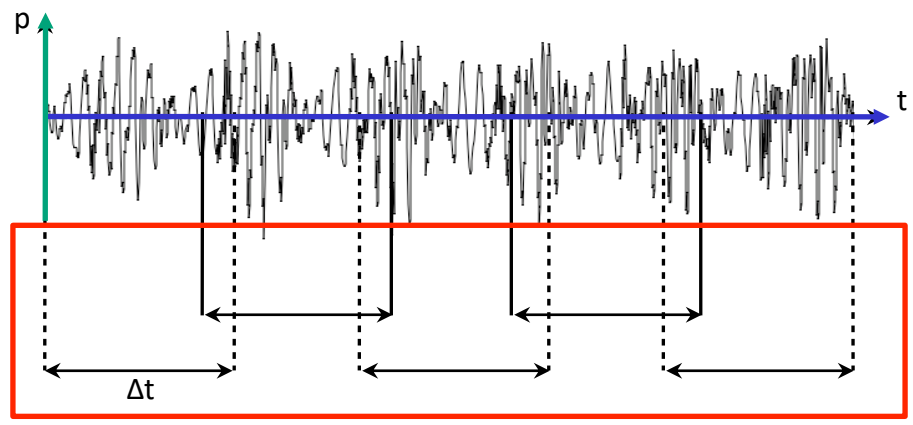


*ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz

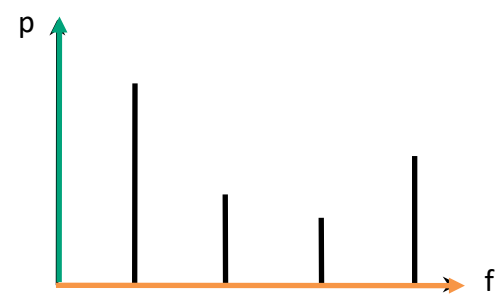
Vom Oszillogramm zum Spektrogramm



(a) Fensterung



(b) Fourieranalyse

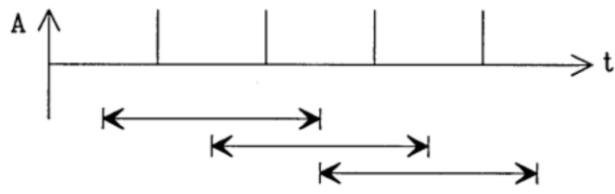


→ ein Spektrum für jedes Analysefenster

(c) Aneinanderreihung der Spektren zeitlich aufeinander folgender Analysefenster

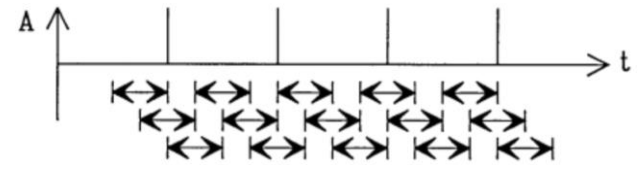
...zum Spektrogramm

Long Analysis Sections

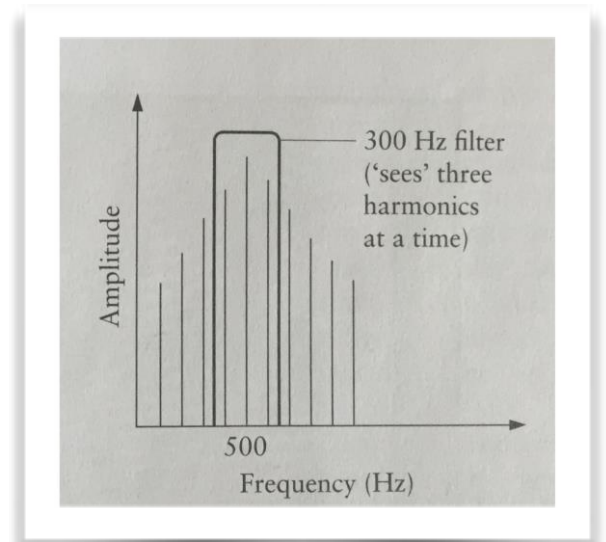
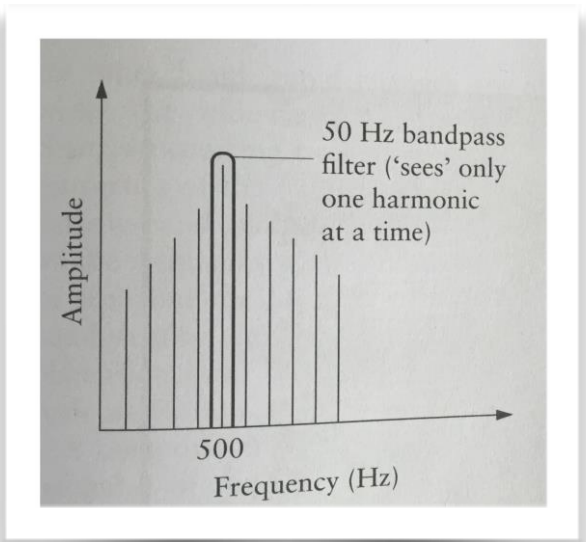


Analysefenster	z.B. 30 ms
Bandbreite	↳ 43 Hz
Spektrogramm	Schmalband

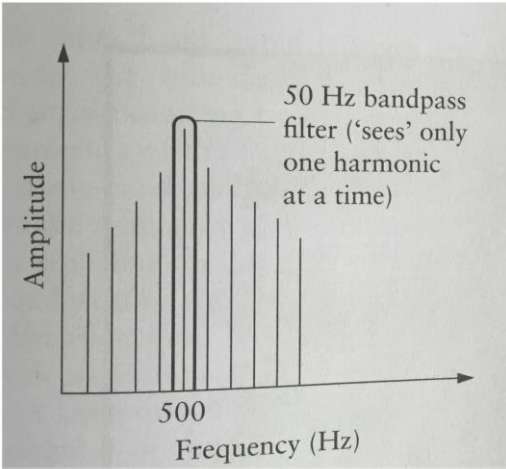
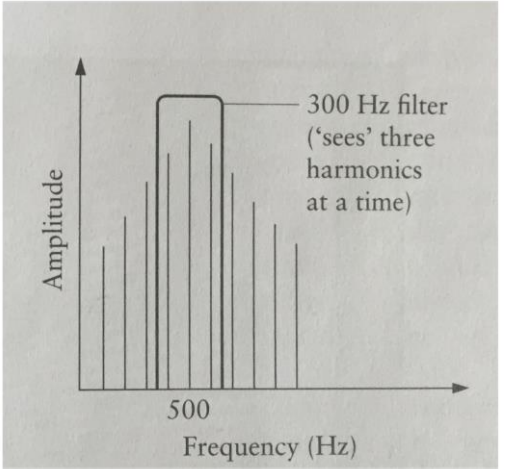
Short Analysis Sections



Analysefenster	z.B. 5 ms
Bandbreite	↳ 260 Hz
Spektrogramm	Breitband



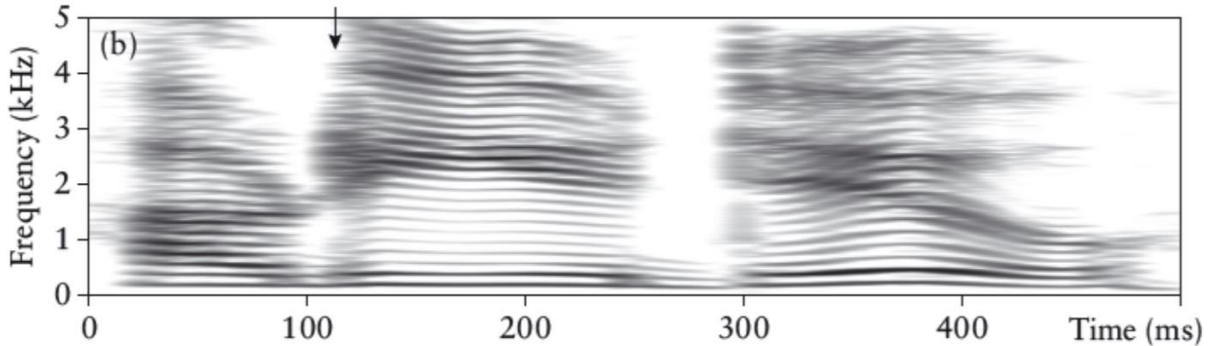
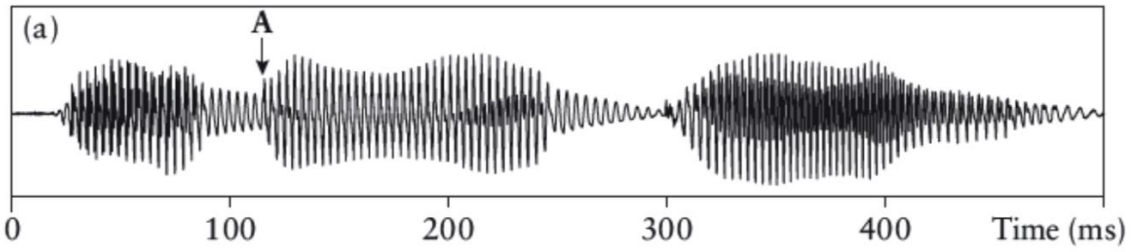
...zum Spektrogramm

Analysefenster	z.B. 30 ms	z.B. 5 ms
Bandbreite	↳ 43 Hz	↳ 260 Hz
Spektrogramm	Schmalband	Breitband
		
Zeit	niedrige Auflösung	hohe Auflösung
Frequenz	hohe Auflösung	niedrige Auflösung
Analyse	✓ Harmonische (Obertöne) ✓ Grundfrequenz / Intonation	✓ einzelne Glottisschläge ✓ Formantstruktur

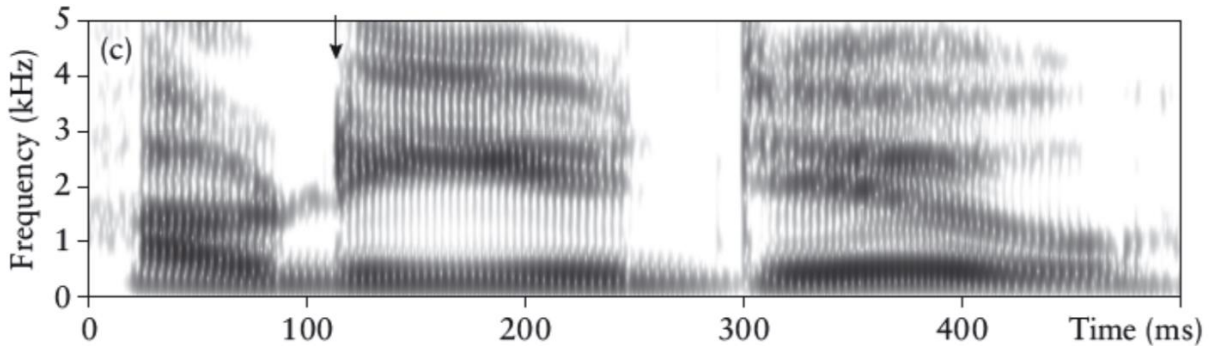
Ein kleines Fenster (d.h. *hohe zeitliche* Auflösung) hat eine *geringe spektrale* Auflösung und ein großes Fenster (d.h. *schlechte zeitliche* Auflösung) hat eine *hohe spektrale* Auflösung

Übung 19b

[h a u d r j u: d u ə]

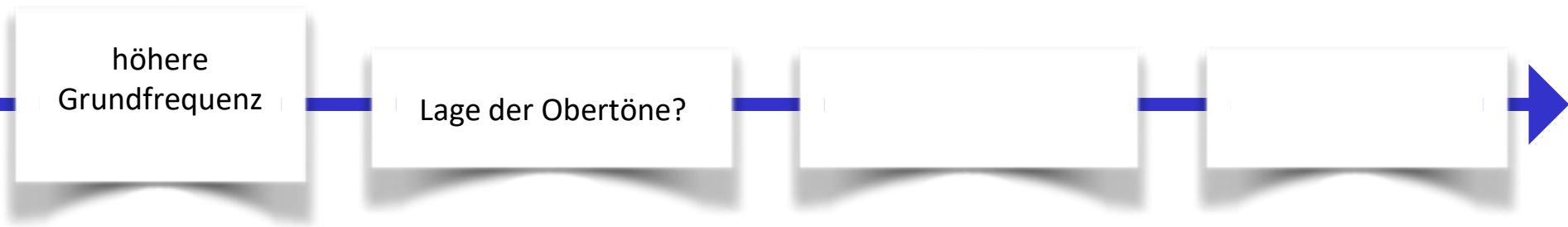
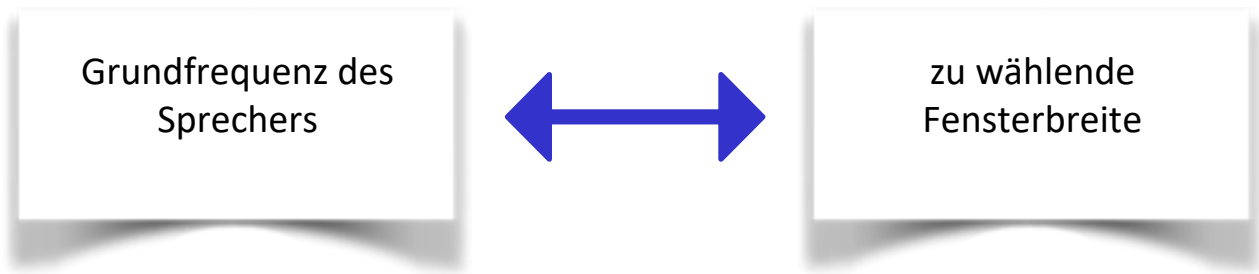


Schmalband-
spektrogramm



Breitband-
spektrogramm

...zum Spektrogramm



...zum Spektrogramm

Grundfrequenz des
Sprechers



zu wählende
Fensterbreite

höhere
Grundfrequenz

Obertöne liegen
weiter auseinander

Spektrogrammtyp
für klare
Formanten?

...zum Spektrogramm

Grundfrequenz des
Sprechers



zu wählende
Fensterbreite

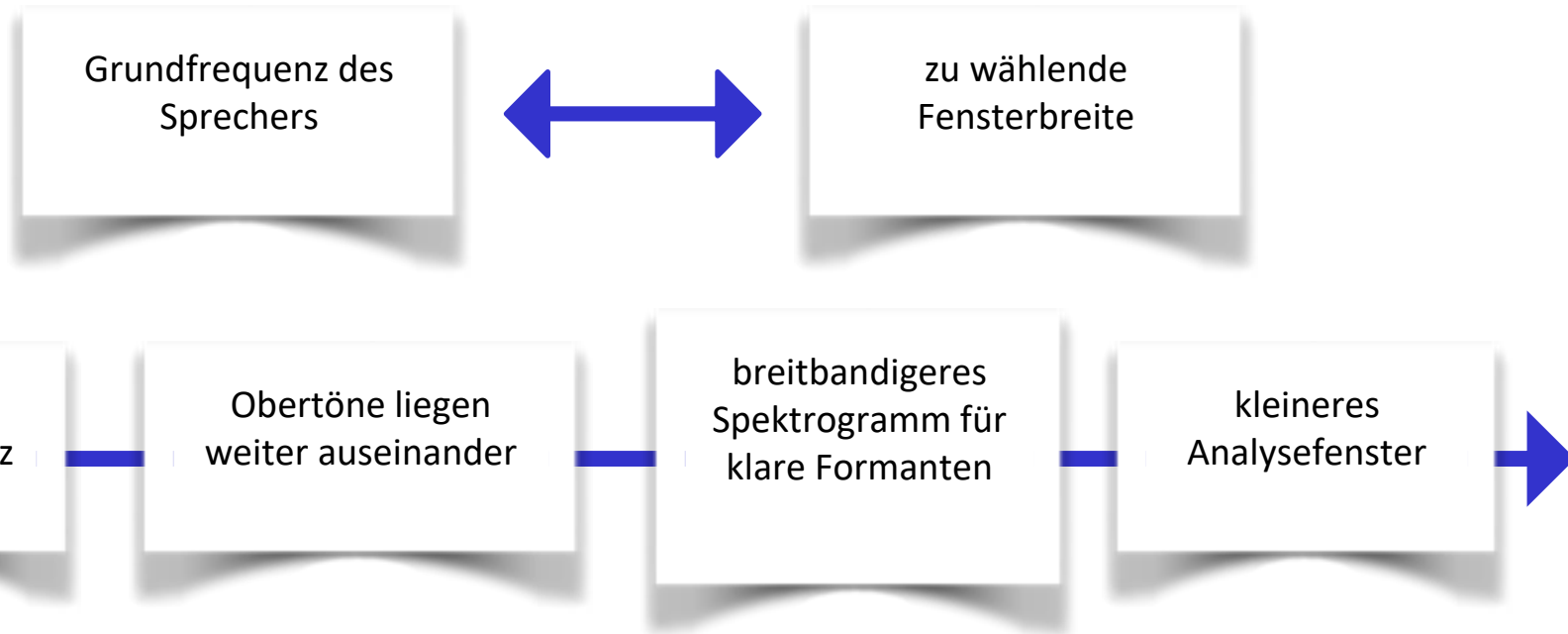
höhere
Grundfrequenz

Obertöne liegen
weiter auseinander

breitbandigeres
Spektrogramm für
klare Formanten

Größe des
Analysefensters?

...zum Spektrogramm



In Praat:

→ *Spectrogram settings...*

→ *Window length (s)*

Mann	5-6 ms
Frau	3-4 ms
Kind	2-3 ms

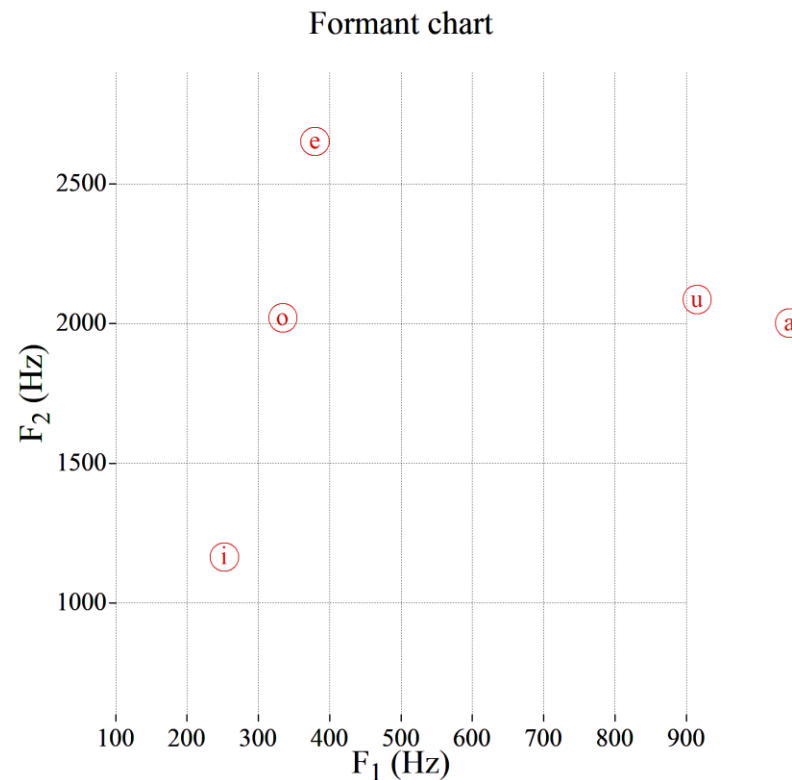
Hausaufgaben 1:

Zeichne in Praat die Vokale eurer selbst aufgenommenen Wörter in eine Formantkarte ein.

- Schau dazu das Video auf Teams
- Achte darauf, dass der Pfad richtig angegeben ist („/“ statt „\“)
- Im Ordner sollte nur eine TextGrid/wav-Datei sein.
- Um die Vokale zu benennen, muss eine Zeile im Skript (relativ weit unten) geändert werden:
###Text... vowF1 Centre vowF2
Half 'segment_label\$'
→ lösche die Hashtags
- Im Teams Channel unter entsprechender Aufgabe abgeben.

Im Praat Skript ### löschen (nur vor markierter Zeile)

```
# If you want a vowel symbol drawn in the middle of each vowel circle, leave the next line untouched:  
→ Text... vowF1 Centre vowF2 Half 'segment_label$' ←  
# Record the results to the text file:  
resultline$ = "'filename$'      'vowF1' 'vowF2''newline$'"  
fileappend 'resultfile$' 'resultline$'
```



Übungsblatt 2: Aufgaben zu Frequenz, Phase, Amplitude

Übungsblatt 3: Übung in Praat zur Manipulation der Tonhöhe

Reetz, Henning. (2003). Artikulatorische und akustische
Phonetik. Wissenschaftlicher Verlag Trier.

