

Phonetik und Phonologie

Akustisch-phonetische Analyse

20./21. Juni 2024

Valentin Kany

Phonetik (Raum 5.01)

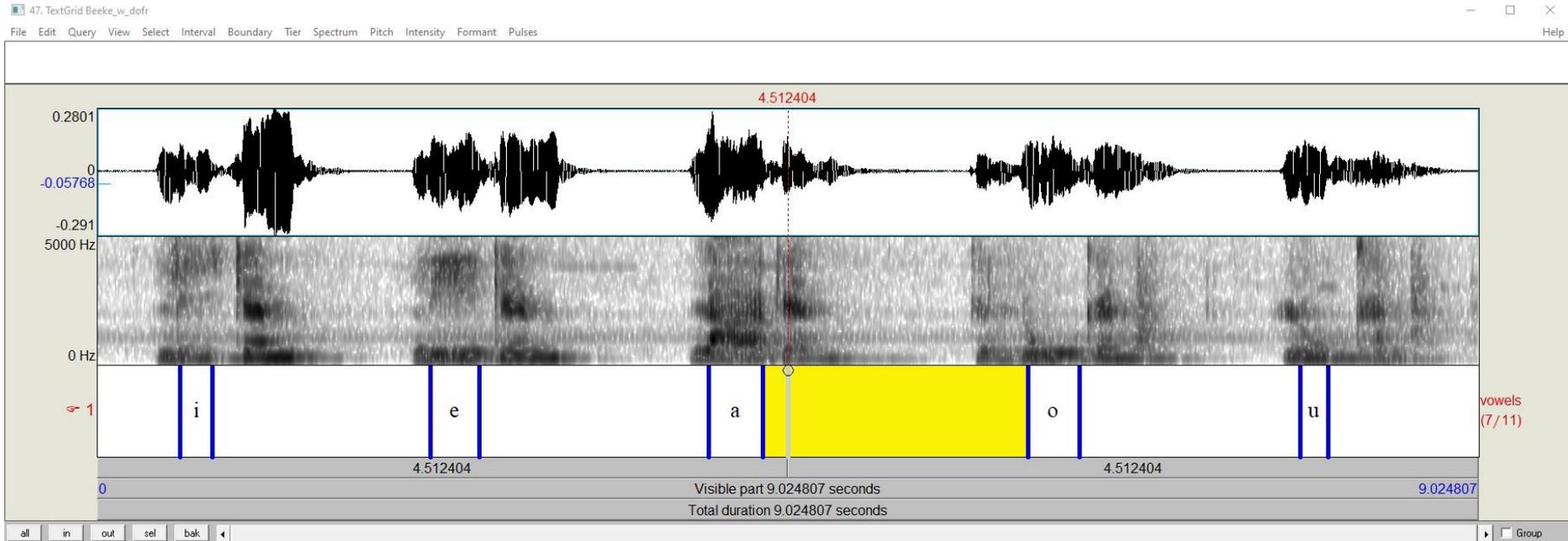
Sprachwissenschaft und Sprachtechnologie

Fakultät P – Universität des Saarlandes

valentin.kany@uni-saarland.de

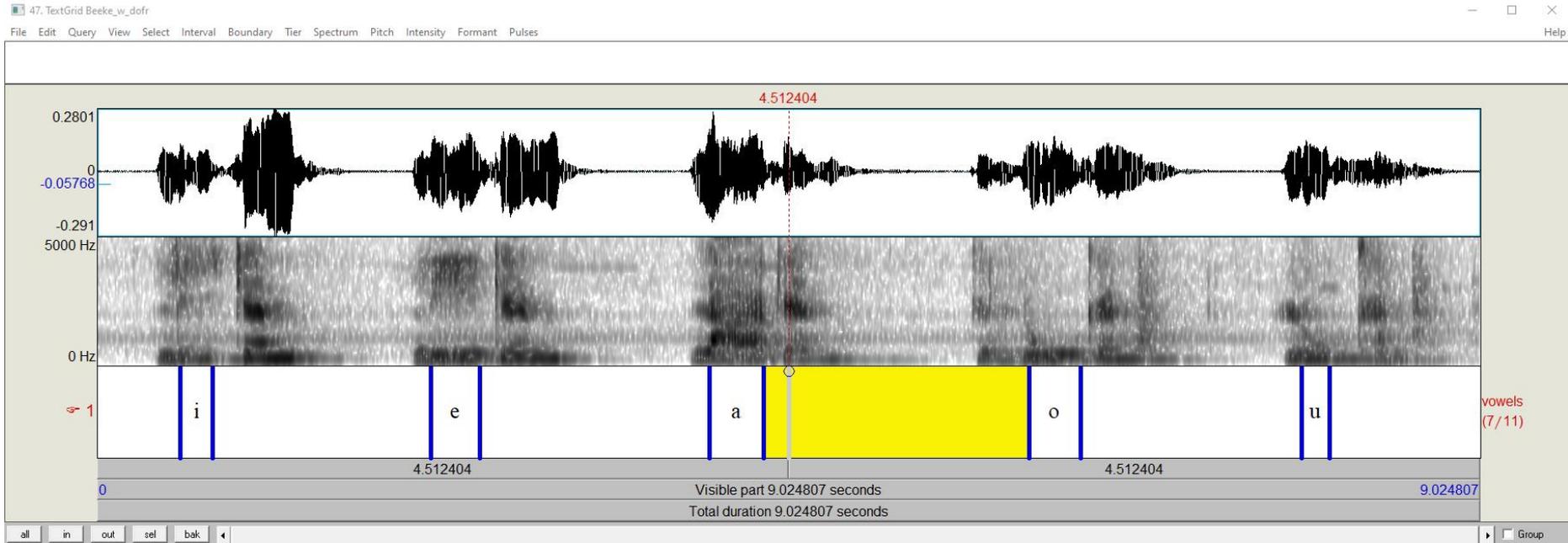


TextGrid für die Wörter: Miete, beten, Haken, Robe, Stuhl



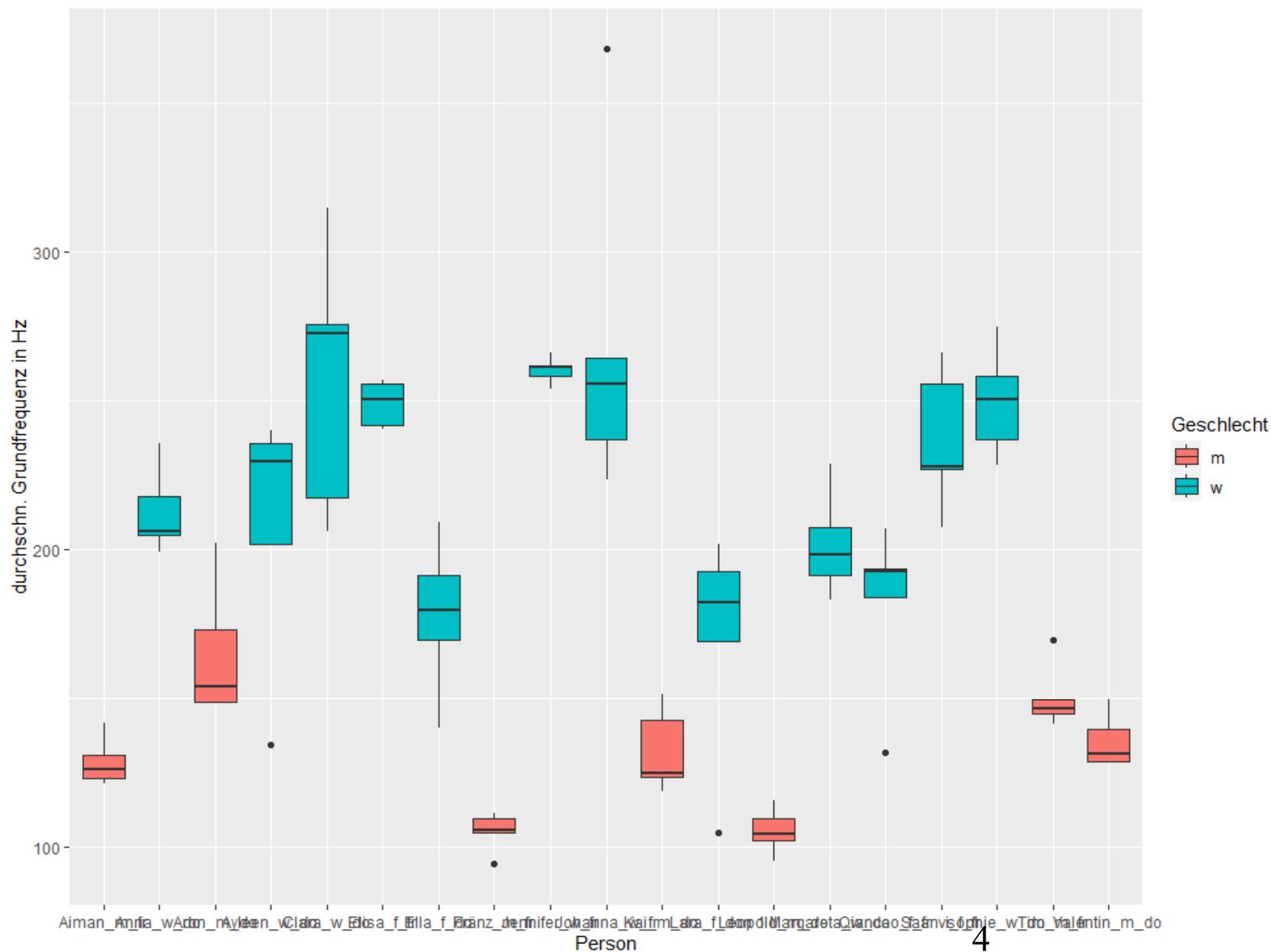
- die Sound-Datei hat die Endung .wav
- die Audio-Aufnahme wurde zu Hause in stiller Umgebung aufgenommen
- das TextGrid hat die Endung .TextGrid
- beide Dateien haben EXAKT den gleichen Namen (nur eine andere Endung)
- euer TextGrid hat NUR EIN Intervall-Tier mit dem Namen "vowels" oder "Vokale"
- in diesem INTERVALL-Tier markieren Sie nur die Vokale der 5 betonten Silben (Miete, beten, Haken, Robe, Stuhl)
- diese Intervalle nennen Sie dann entsprechend i, e, a, o oder u

TextGrid für die Wörter: Miete, beten, Haken, Robe, Stuhl

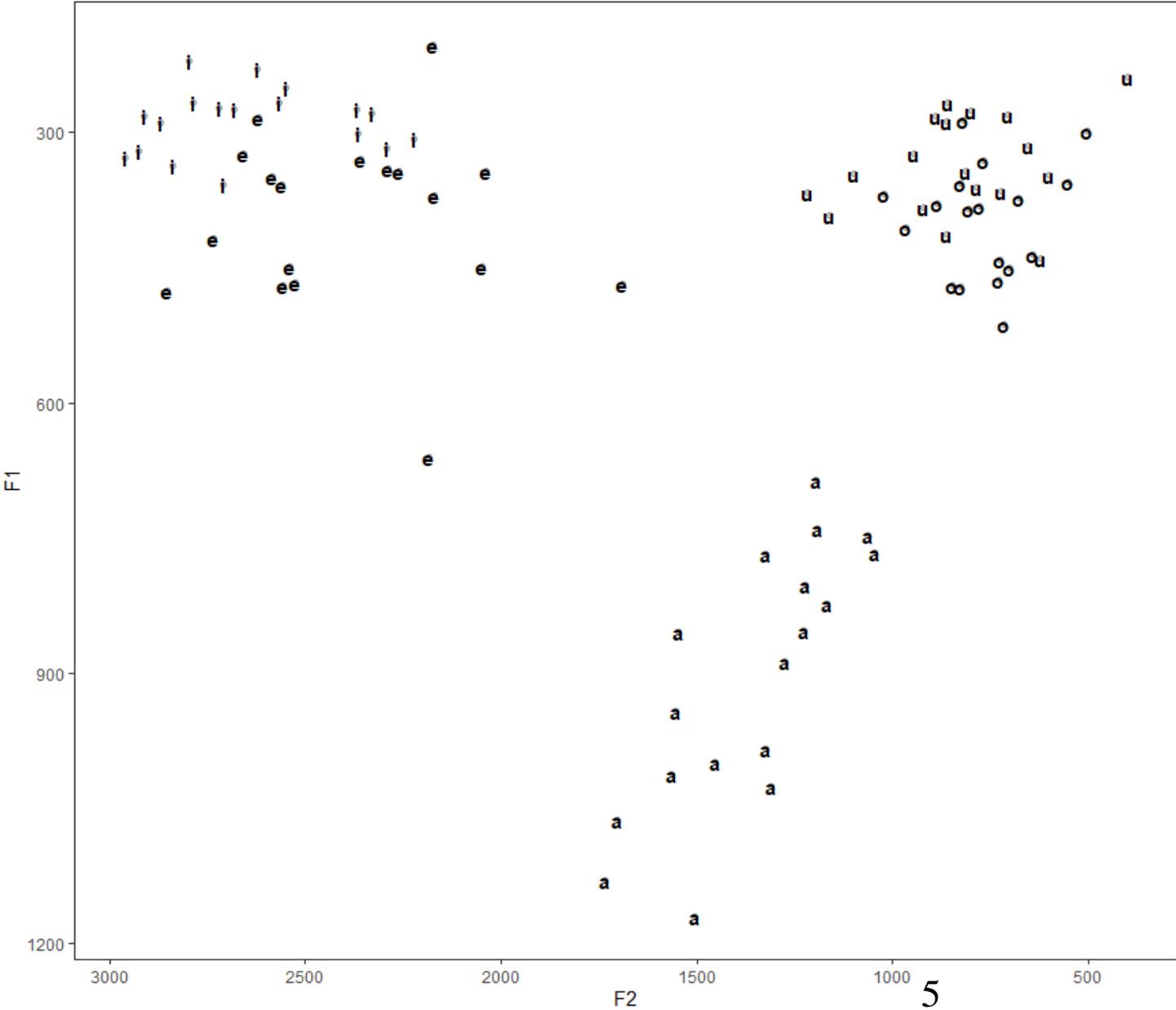


Demo Praat Skript und
Visualisierung in R

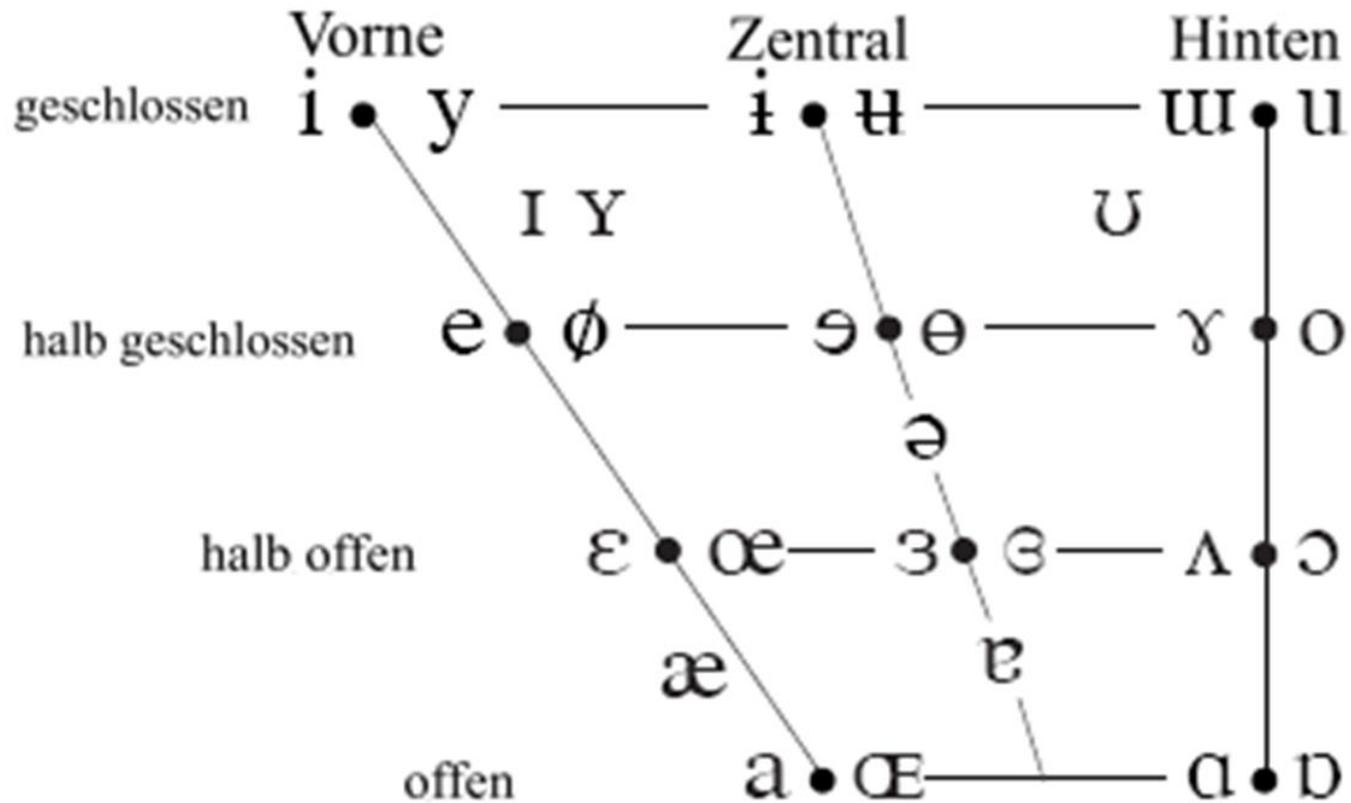
Datenvisualisierung in R – Grundfrequenz (f0)



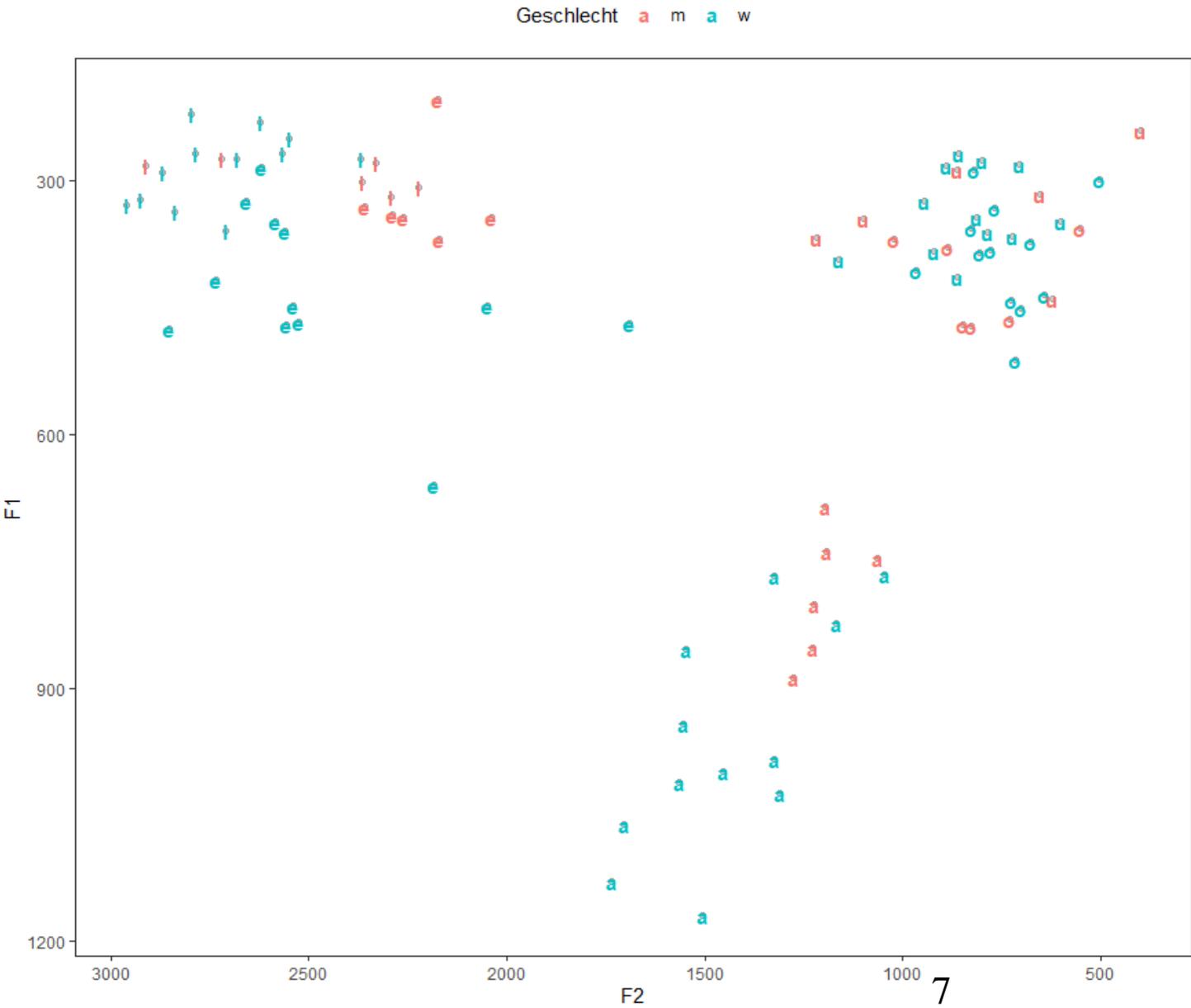
Datenvisualisierung in R – Formanten (f1, f2)



...close enough!



Datenvisualisierung in R – Formanten (f1, f2)



Formant Synthesizer

76 Formant Synthesizer Demo

File Help

Source **rectangle**

Freq. 75
Ampl. 2500
Shape 10

Formants

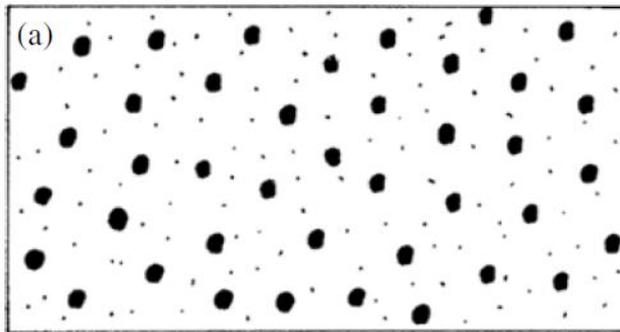
	Frequency	Hz	Bandwidth	Hz
F1	<input type="text" value="500"/>	500	<input type="text" value="50"/>	50
F2	<input type="text" value="1500"/>	1500	<input type="text" value="75"/>	75
F3	<input type="text" value="2500"/>	2500	<input type="text" value="100"/>	100
F4	<input type="text" value="3500"/>	3500	<input type="text" value="150"/>	150

Was ist eine Schallwelle?

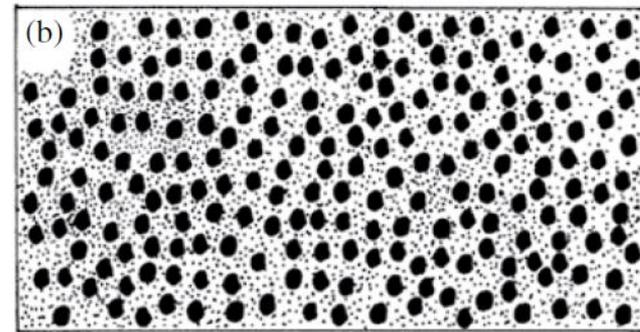
- Schallwellen sind kleine Luftdruckunterschiede, die sich im Raum ausbreiten.
- Sie sind der akustische Vermittler zwischen einer Schallquelle (SprecherIn) und einem Empfänger (HörerIn)

Wie breitet sich Schall aus?

Luftmoleküle im Raum



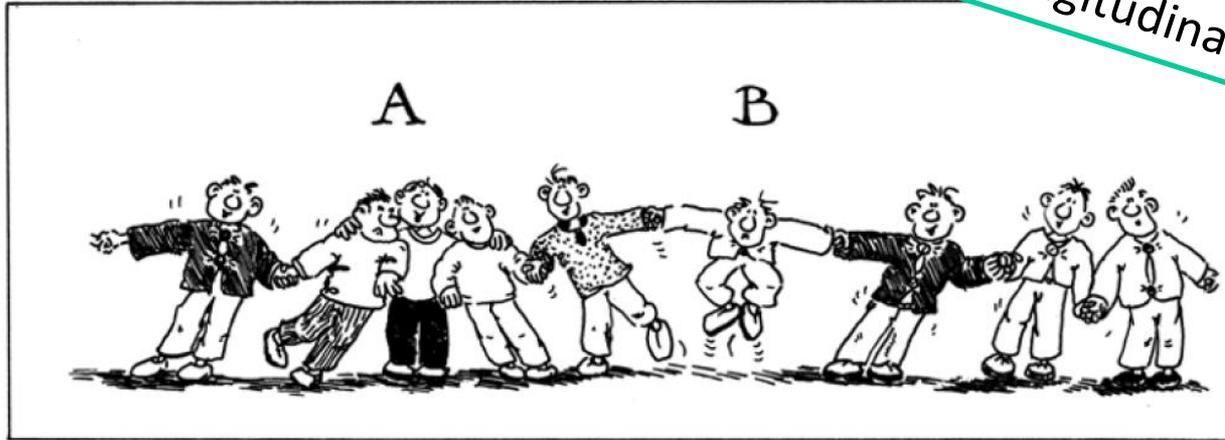
niedriger Luftdruck



hoher Luftdruck

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.

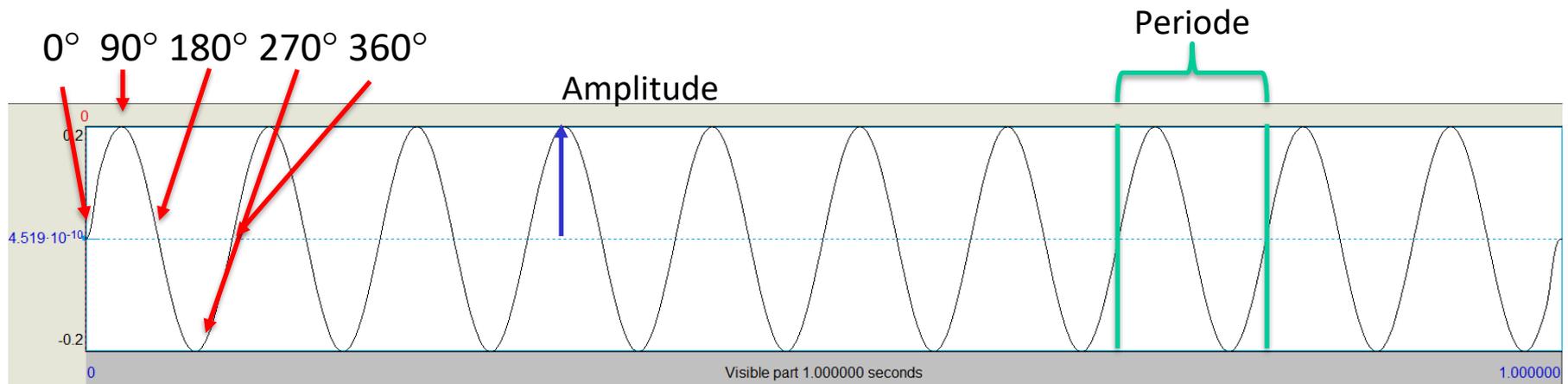
Wiederholung Schallwellen

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)

12

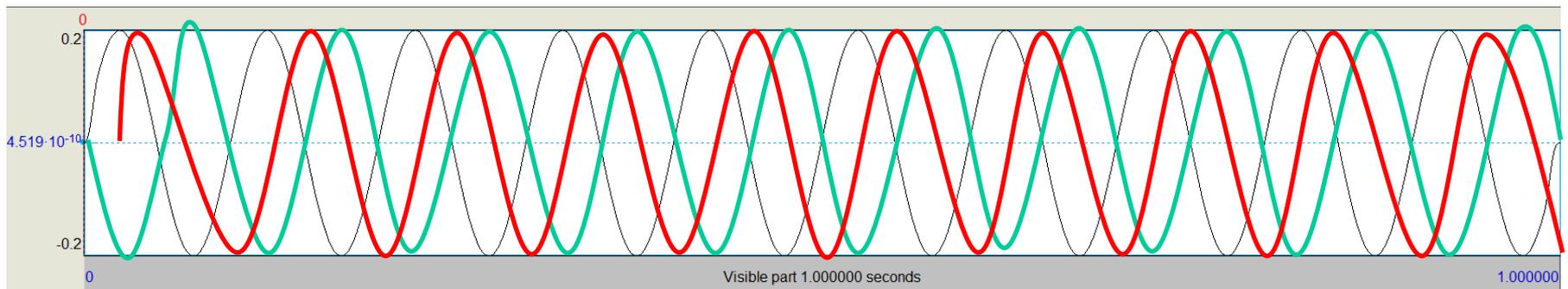
Wiederholung Schallwellen

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.

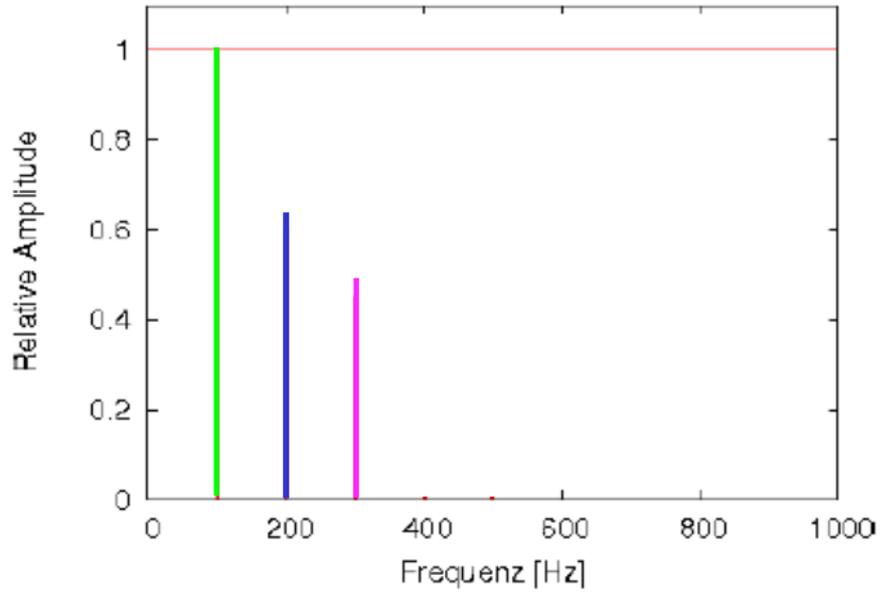
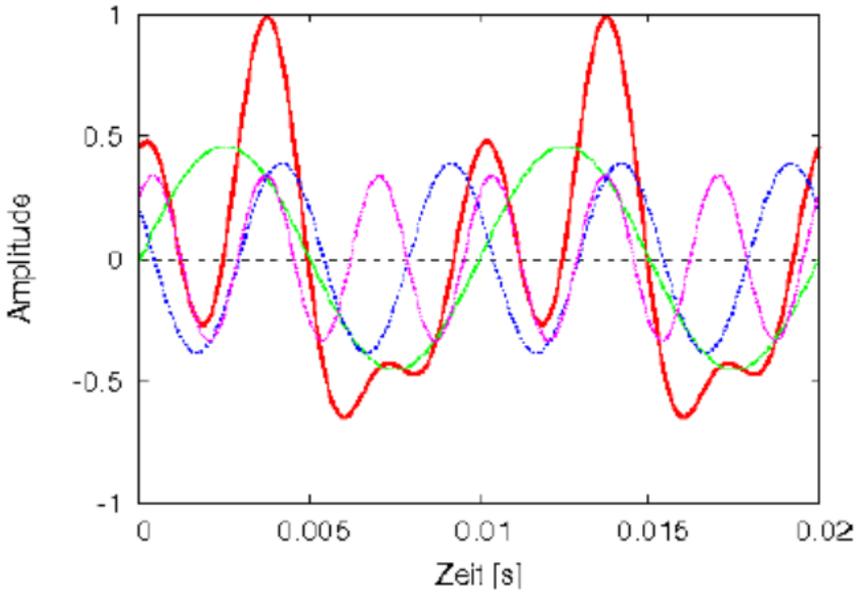
Amplitude: Abstand zwischen Nulllinie und Maximum. Größere Amplitude = Luftmoleküle bewegen sich mehr. (Personen schunkeln weiter nach links/rechts).



90°

180°

Einfache Schallwellen vs. komplexe Schallwellen:



Spektrum

Wiederholung Stimmproduktion

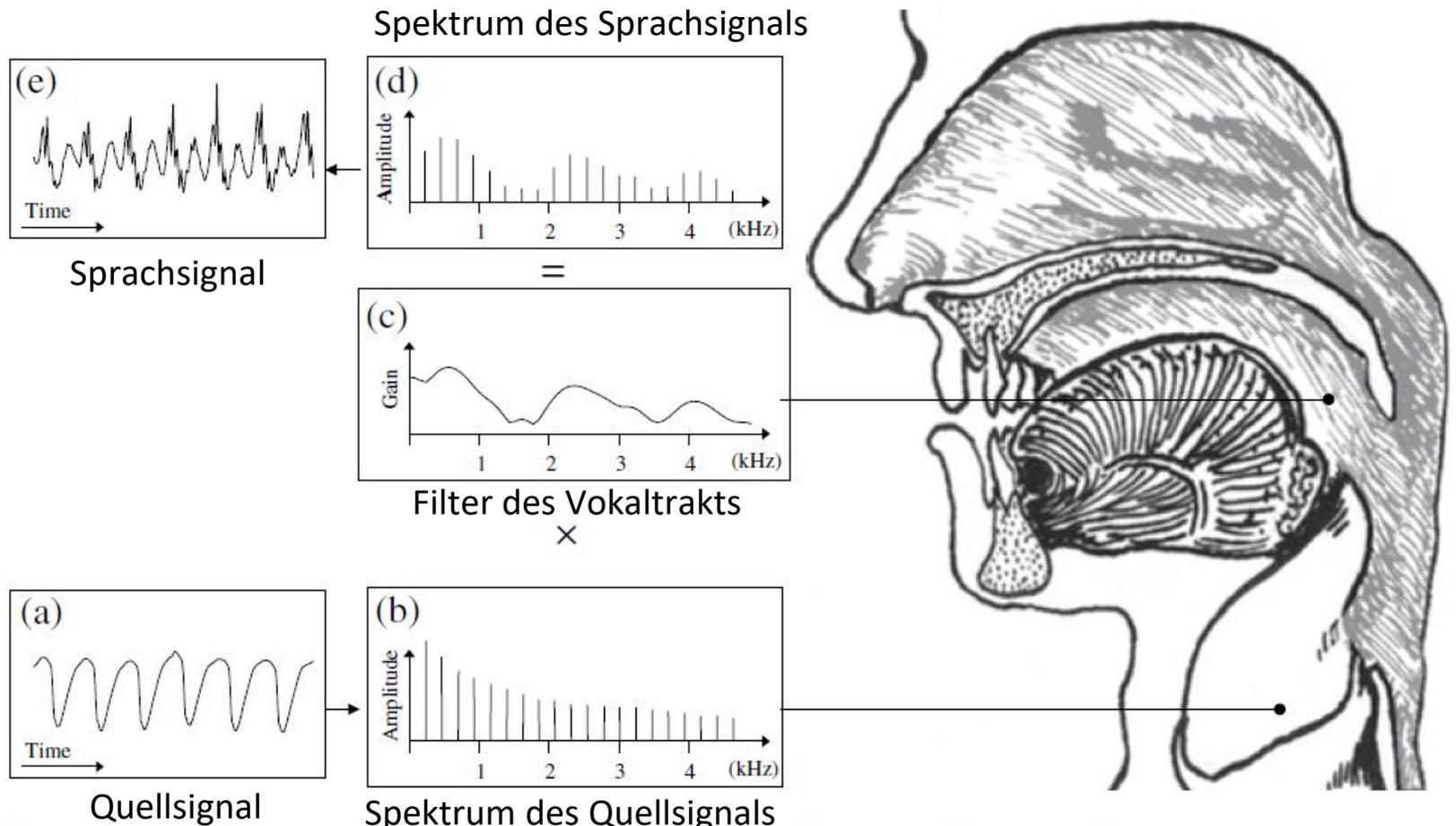
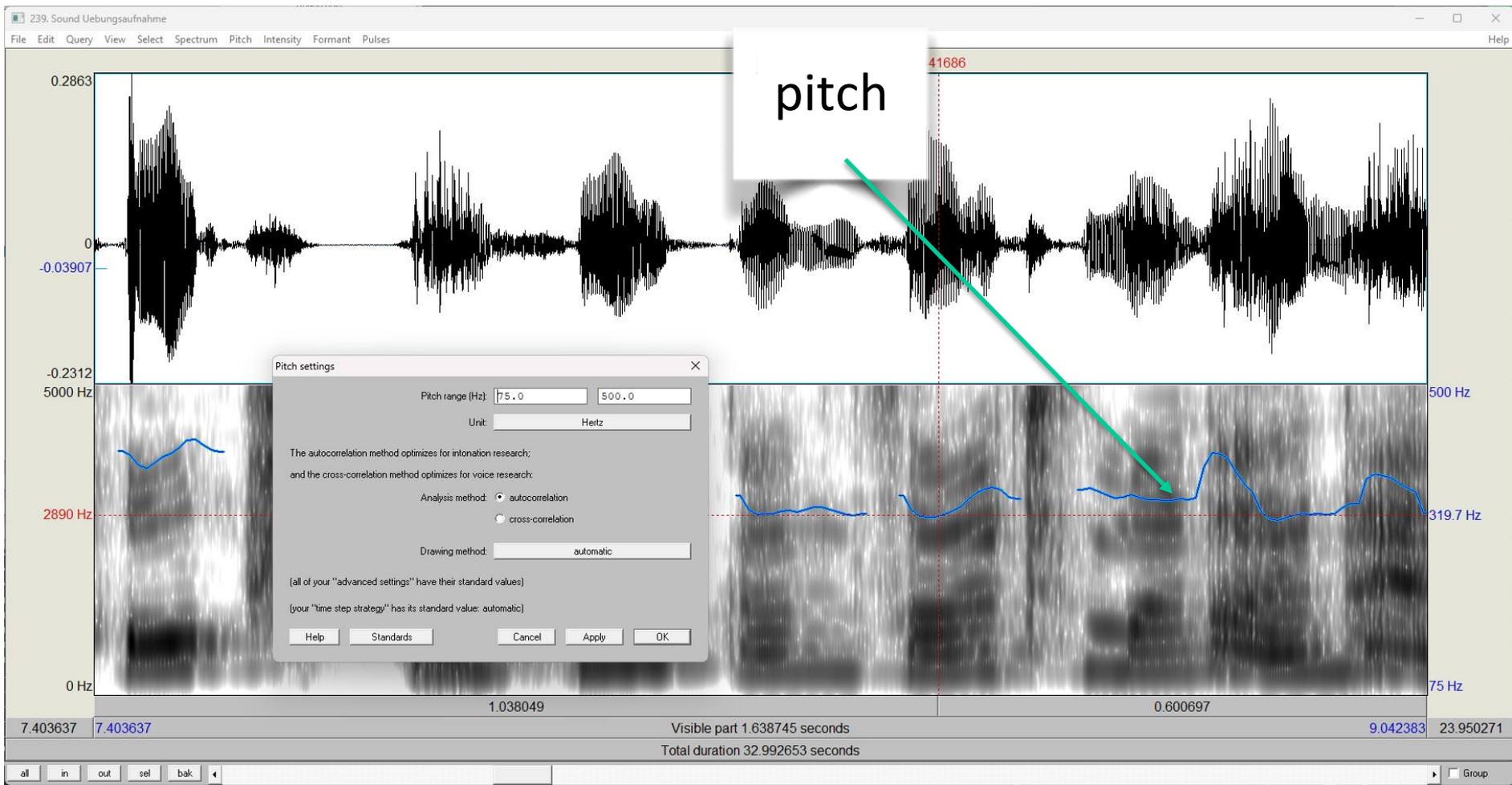


Figure 9.9 Larynx signal (a), its spectrum (b), vocal tract filter spectrum (c), speech spectrum (d), and speech signal (e).

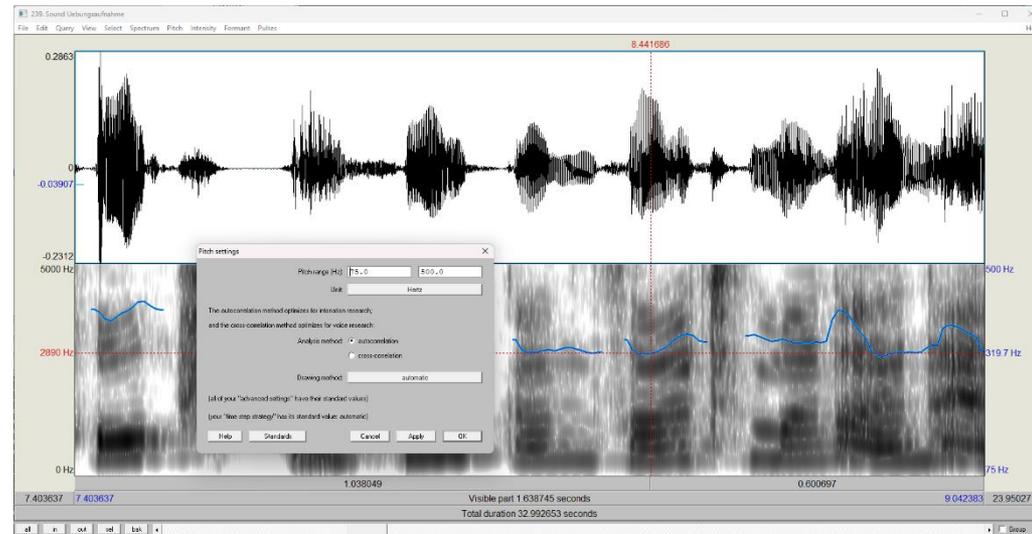
Analyse: Grundfrequenz (f_0)



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



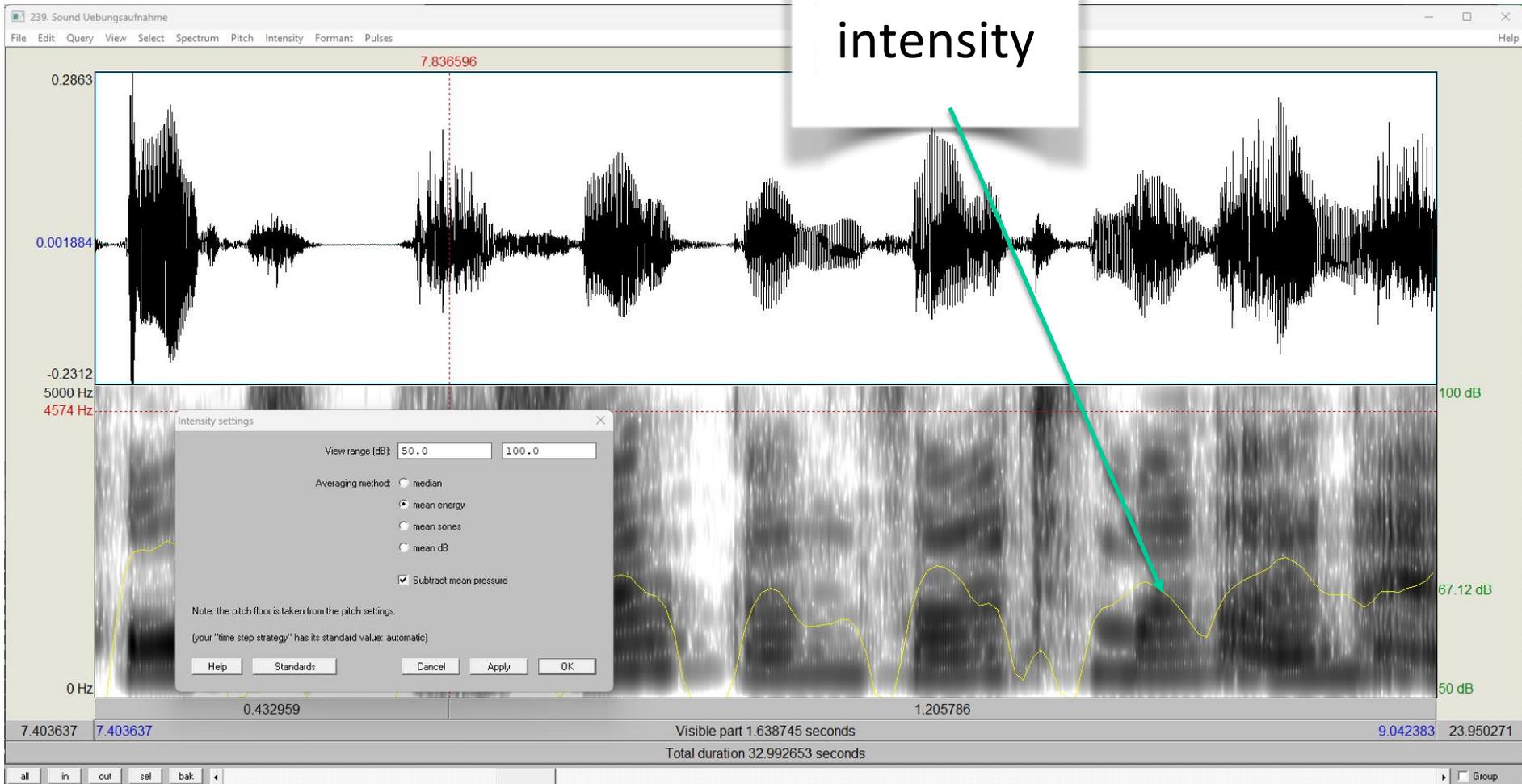
- `get minimum / maximum pitch`
- `draw visible pitch contour`: erstellt Abbildung im *Praat Picture* window
- `extract visible pitch contour`: erstellt *pitch object* im *Praat Object* window

→ mittlere f_0 und f_0 Umfang in Äußerung

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

17

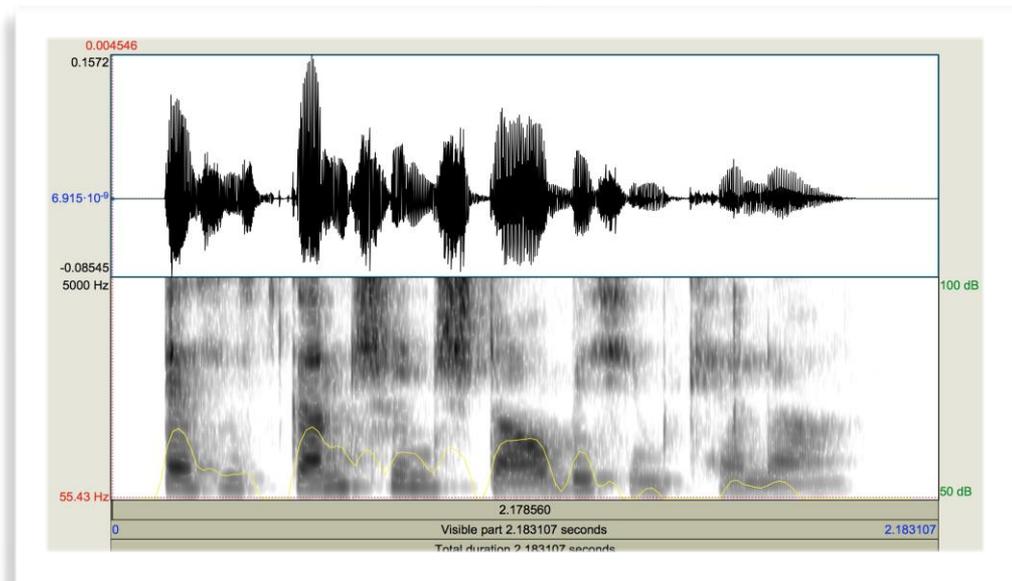
Analyse: Lautstärke



Analyse: Lautstärke

intensity

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

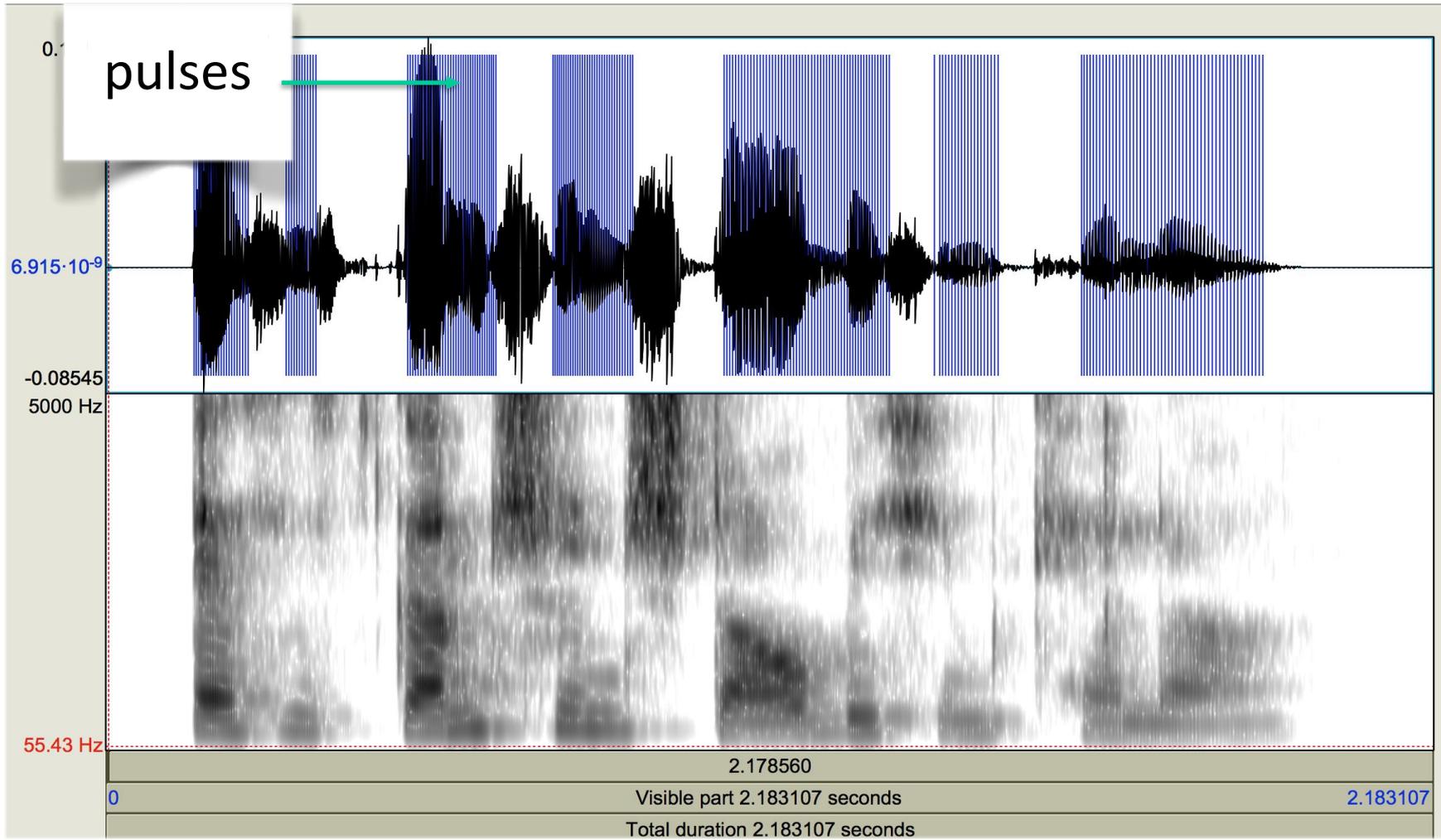


Lärm - Schallquellen Beispiele mit Abstand	Schalldruckpegel L_p in dB
Düsenflugzeug in 30 m Entfernung	140
Schmerzschwelle	130
Unwohlseinschwelle	120
Kettensäge in 1 m Entfernung	110
Disco, 1 m vom Lautsprecher	100
Dieselmotor, 10 m entfernt	90
Rand einer Verkehrsstraße 5 m	80
Staubsauger in 1 m Entfernung	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

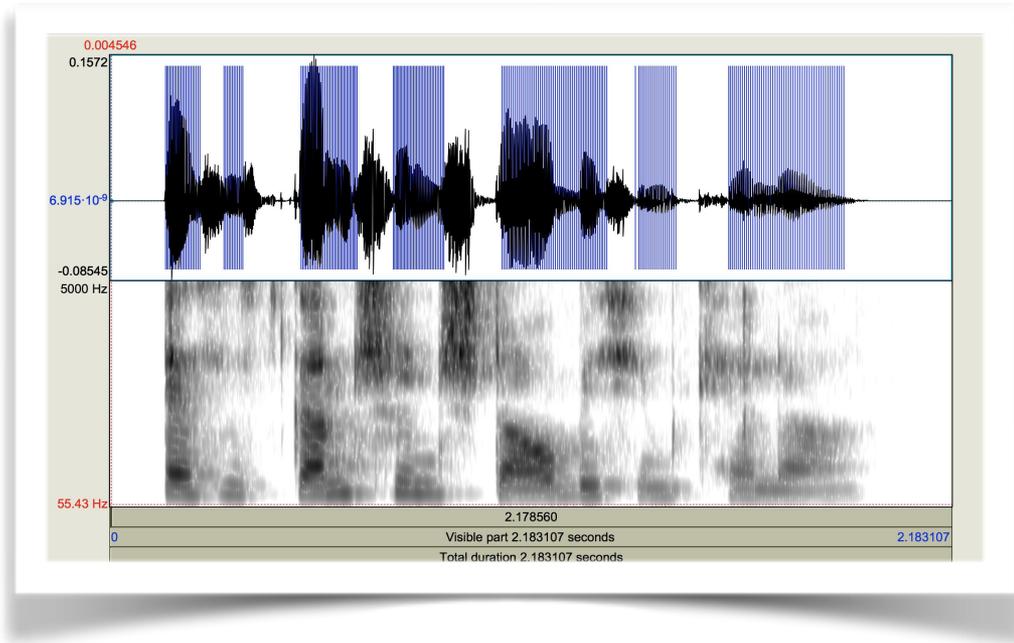
→ mittlere Lautstärke in Äußerung

Analyse: Glottisschläge



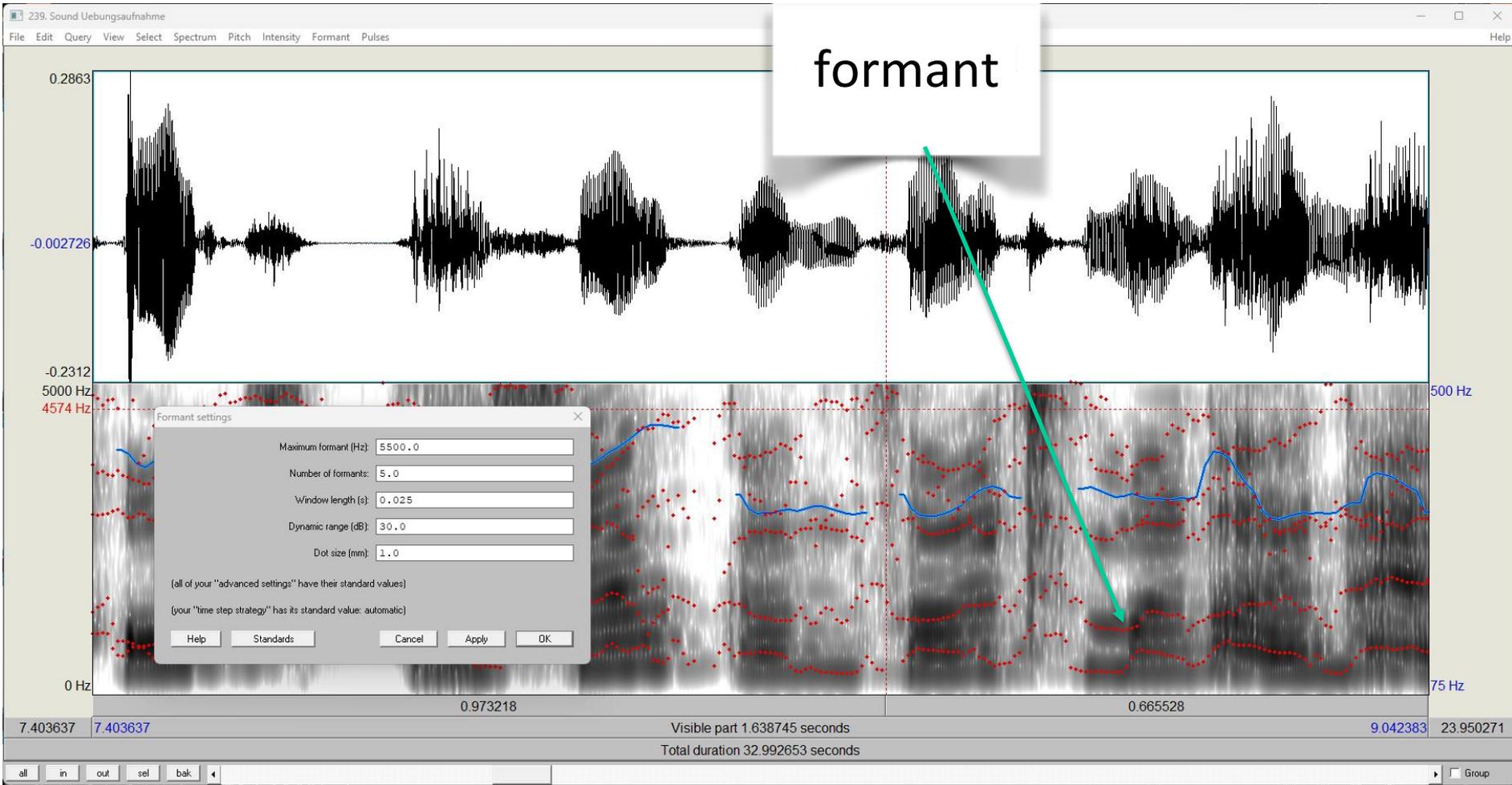
pulses

- `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

- *maximum formant* ist sprecherabhängig

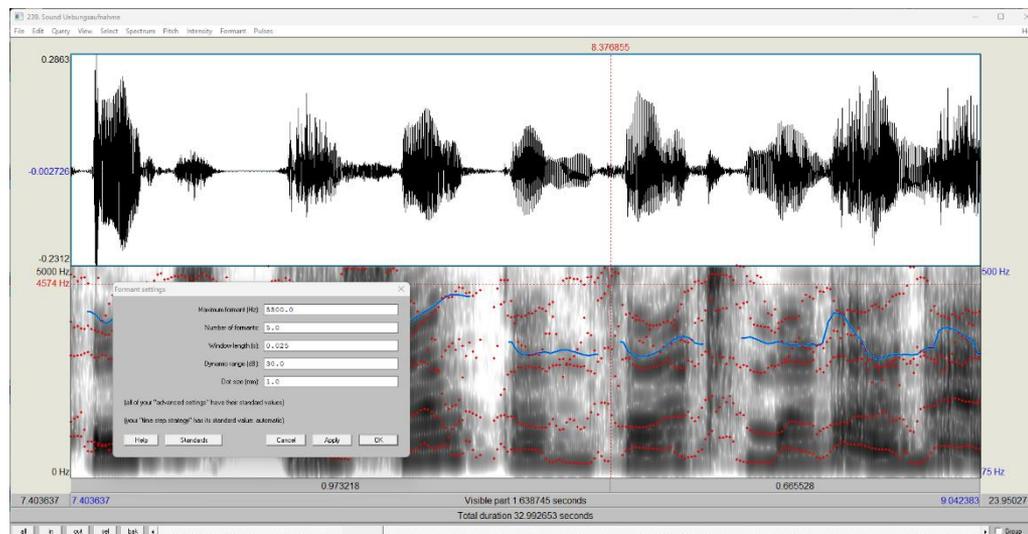
- ▶ ♂ 5.000 Hz
- ▶ ♀ 5.500 Hz

- *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

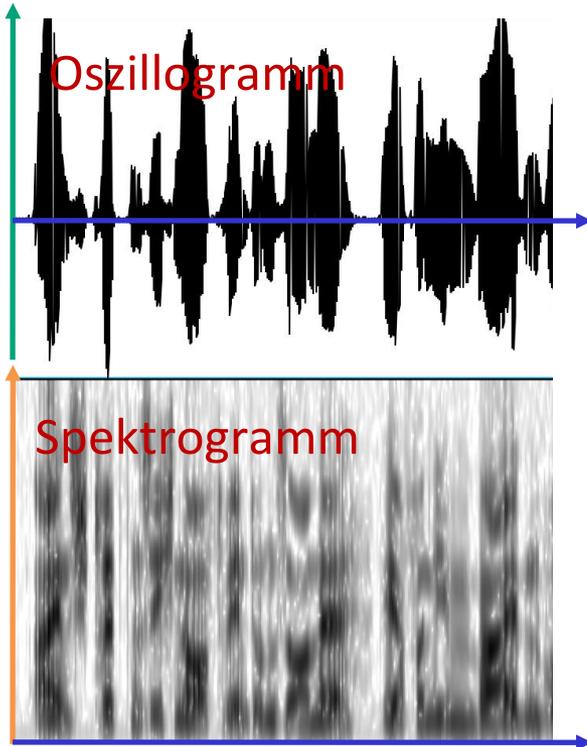
Mittlere Formantwerte für männliche und weibliche Sprecher.

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

[...]

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.

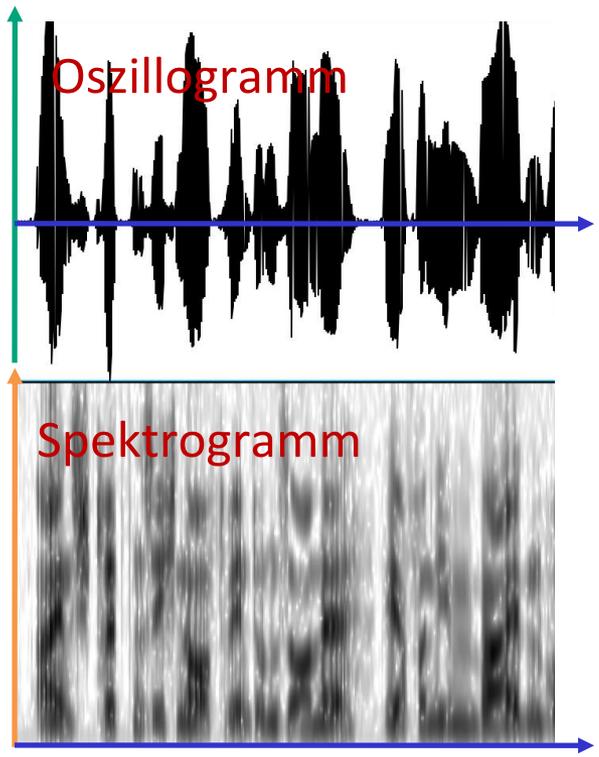
Der **Schalldruck p** wird hier über den Schwärzungsgrad erfasst.

Schalldruck → **Lautstärke**

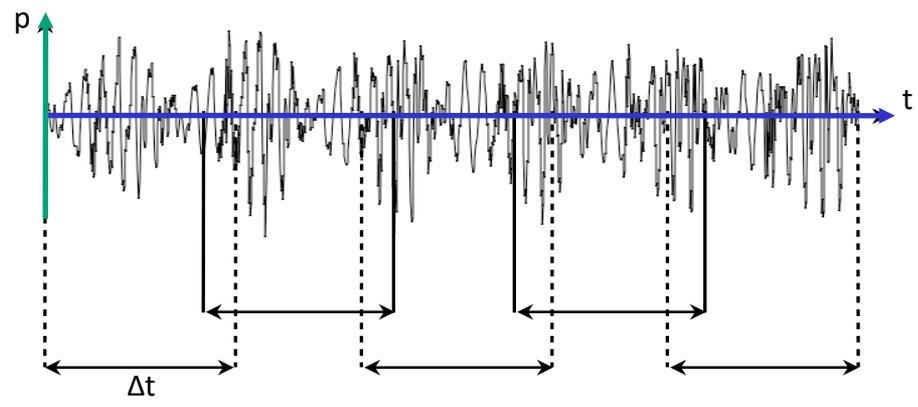
Zeit → **Dauer**

Frequenz → **Tonhöhe**

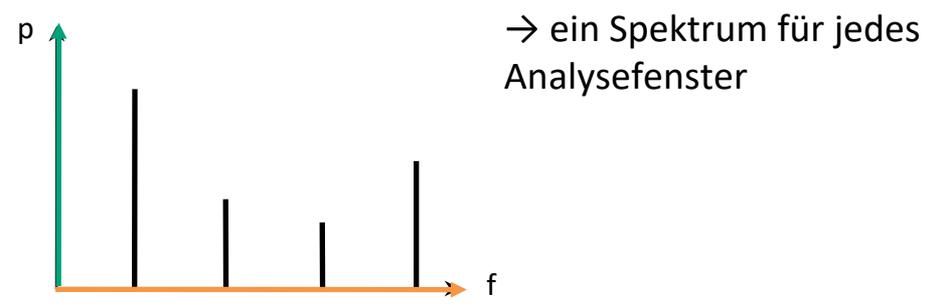
Vom Oszillogramm zum Spektrogramm



(a) Fensterung



(b) Fourieranalyse



(c) Aneinanderreihung der Spektren zeitlich aufeinander folgender Analysefenster

Übung 19a

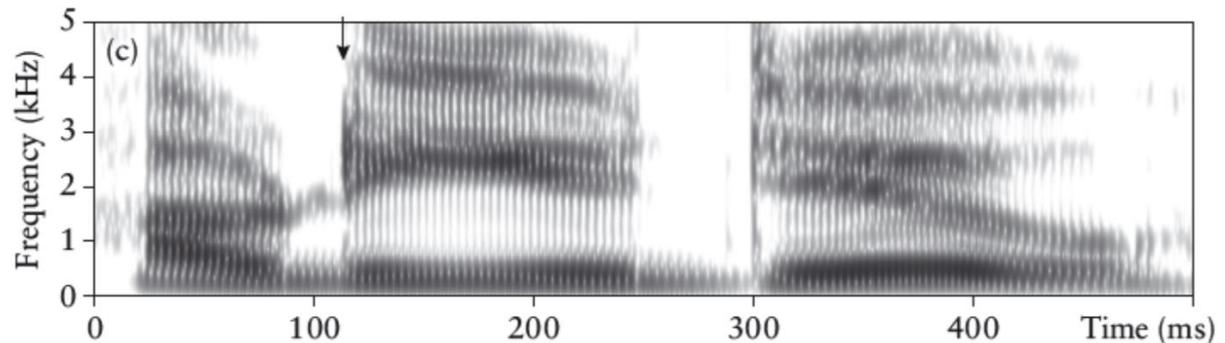
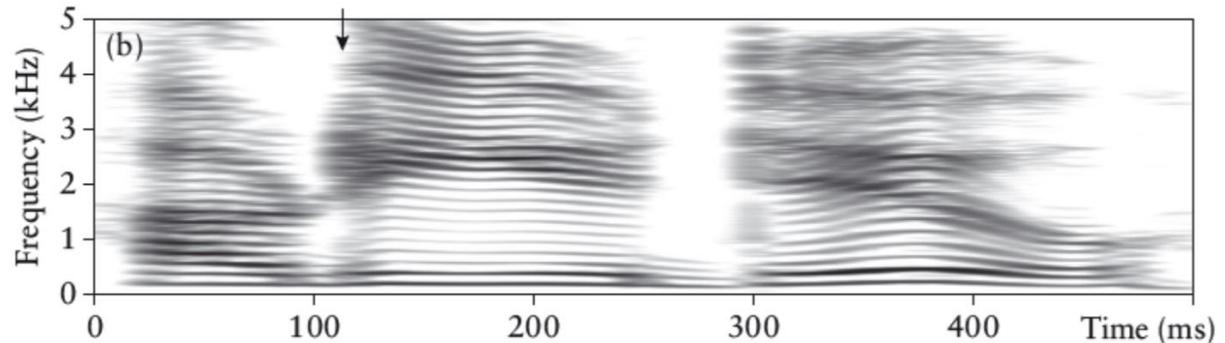
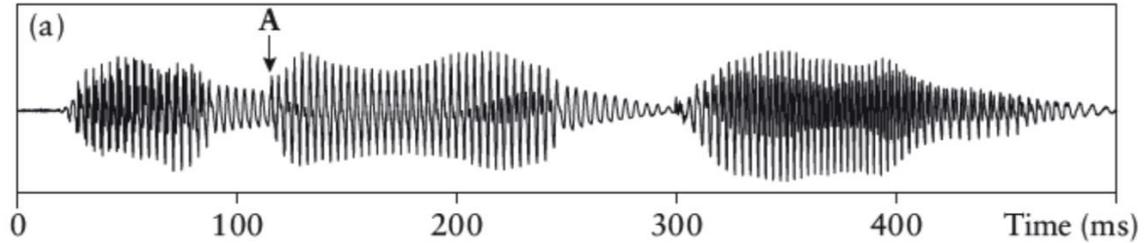
Was erkennst du in den beiden Spektrogrammen (b) und (c)?

✓ Harmonische* (Obertöne)

✓ Glottisschläge

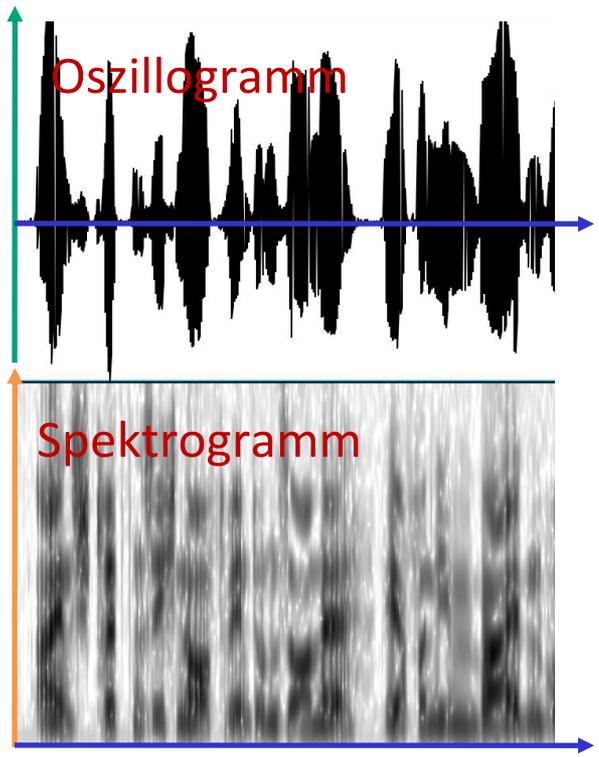
✓ Formanten

[h a u d ɪ j u: d u ə]

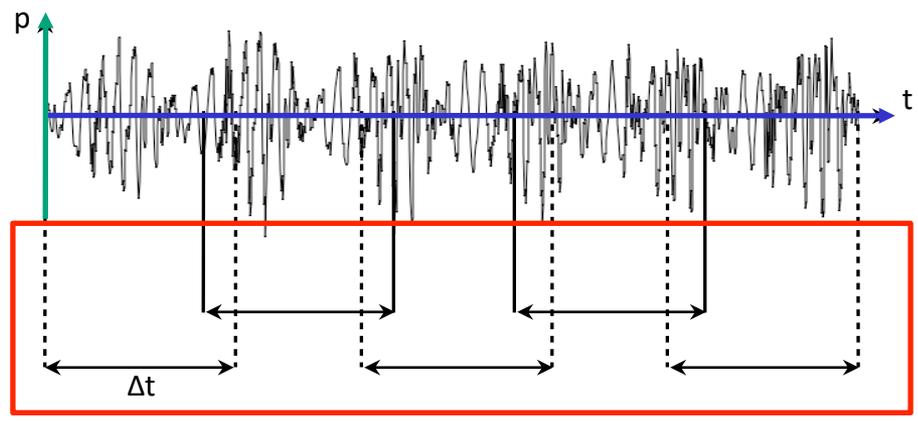


*ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz (≠ Formanten)

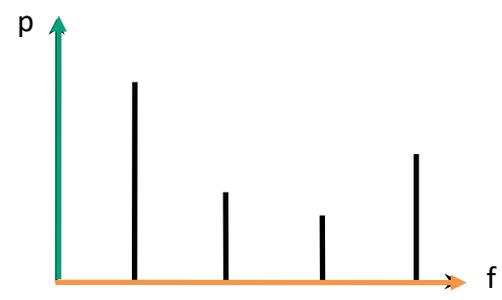
Vom Oszillogramm zum Spektrogramm



(a) Fensterung



(b) Fourieranalyse

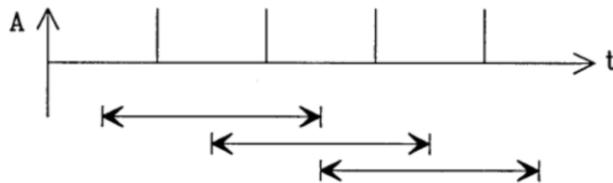


→ ein Spektrum für jedes Analysefenster

(c) Aneinanderreihung der Spektren zeitlich aufeinander folgender Analysefenster

...zum Spektrogramm

Long Analysis Sections



Analysefenster

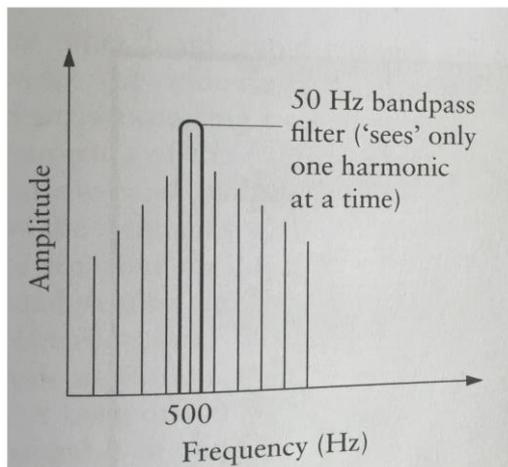
z.B. 30 ms

Bandbreite

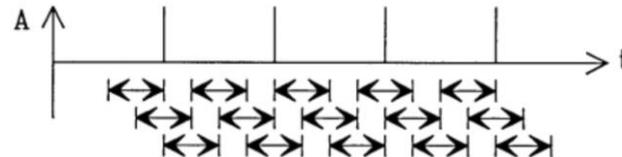
↳ 43 Hz

Spektrogramm

Schmalband



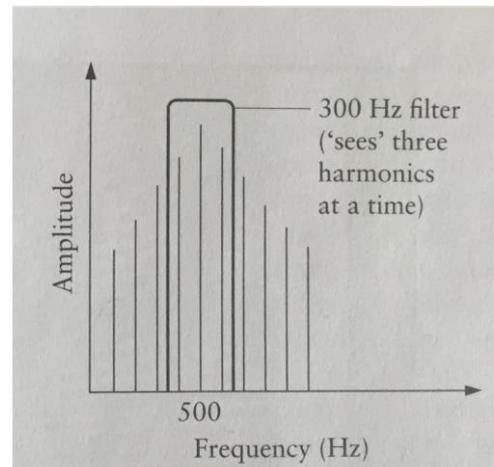
Short Analysis Sections



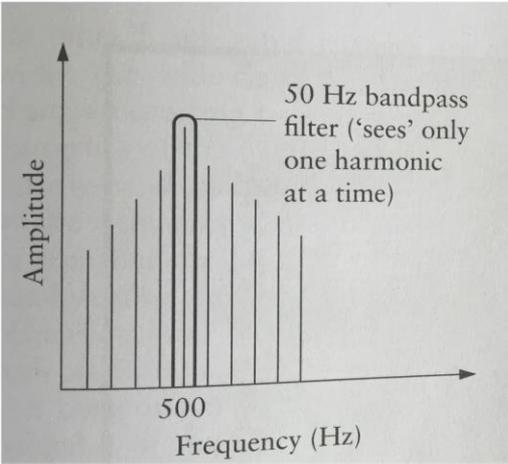
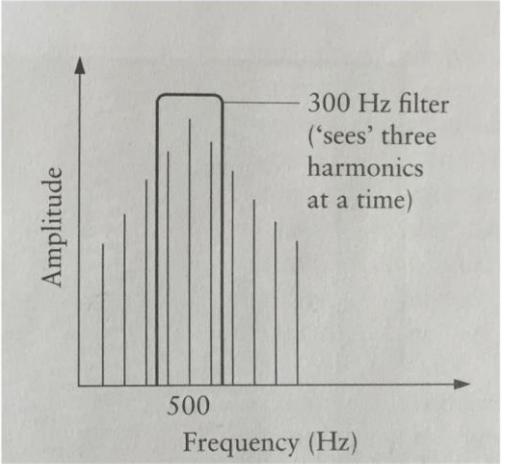
z.B. 5 ms

↳ 260 Hz

Breitband



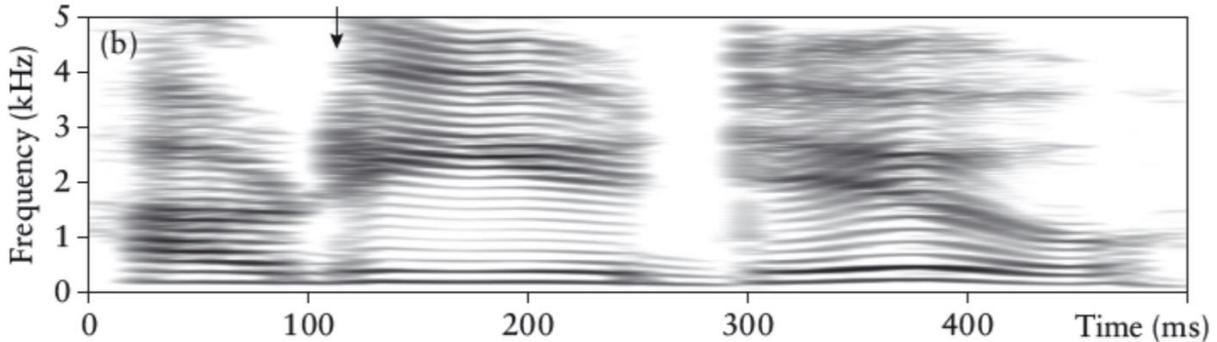
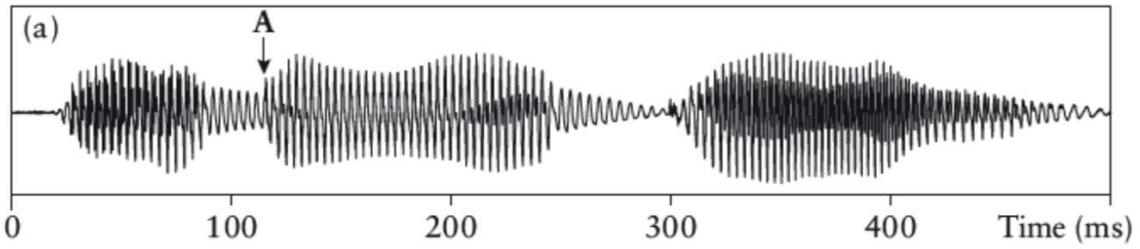
...zum Spektrogramm

Analysefenster	z.B. 30 ms	z.B. 5 ms
Bandbreite	↳ 43 Hz	↳ 260 Hz
Spektrogramm	Schmalband	Breitband
	 <p>50 Hz bandpass filter ('sees' only one harmonic at a time)</p>	 <p>300 Hz filter ('sees' three harmonics at a time)</p>
Zeit	niedrige Auflösung	hohe Auflösung
Frequenz	hohe Auflösung	niedrige Auflösung
Analyse	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Harmonische (Obertöne) ✓ Grundfrequenz / Intonation 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ einzelne Glottisschläge ✓ Formantstruktur

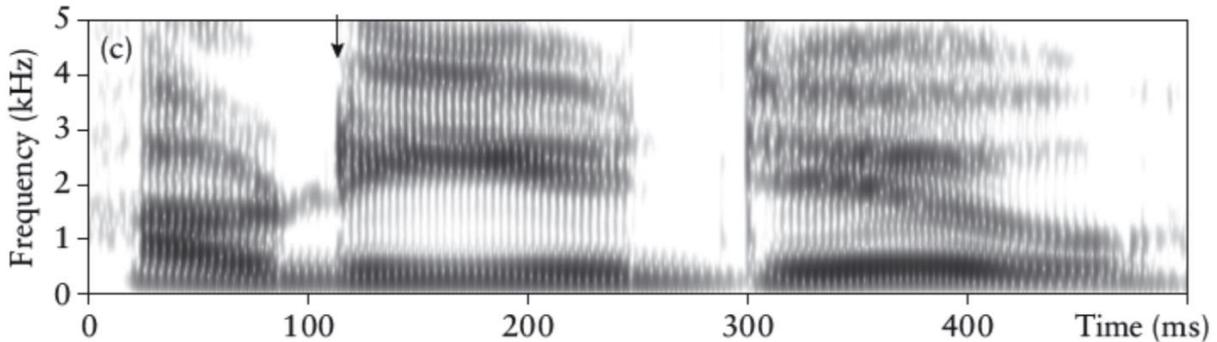
Ein kleines Fenster (d.h. *hohe zeitliche* Auflösung) hat eine *geringe spektrale* Auflösung und ein großes Fenster (d.h. *schlechte zeitliche* Auflösung) hat eine *hohe spektrale* Auflösung

Übung 19b

[h a u d r j u: d u ə]

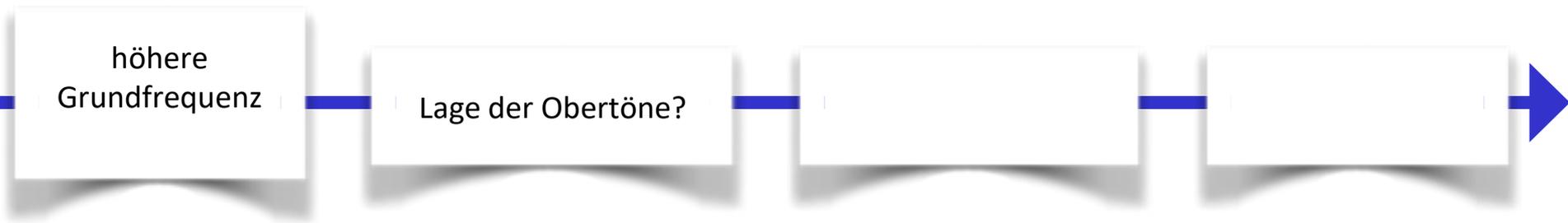
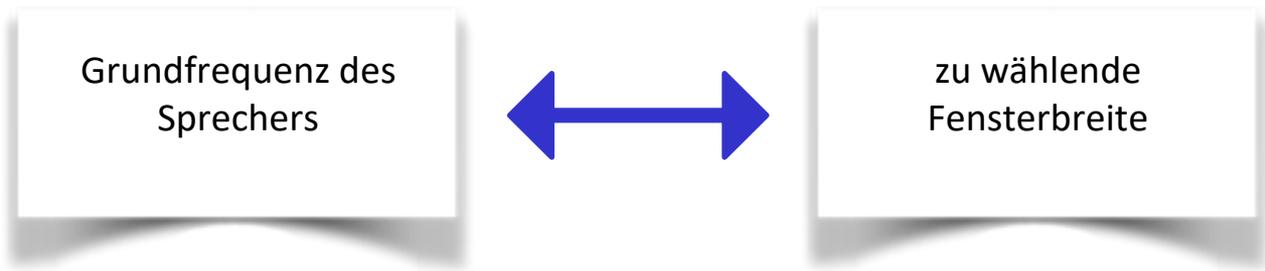


Schmalband-
spektrogramm



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

Erstellt eure eigene Formantkarte:

1. Sprecht die folgenden Sätze ein:

„Ich werde [WORT] sagen.“

Wörter: **M**iete, **M**itte, **b**eten, **b**etten Täler, **R**ahmen, **S**achen, **T**üte, **L**ücke,
Höhle, **H**ölle, **N**oten, **P**ollen, **s**uchen, **r**utschen, **L**iebe, **b**esser

2. Annotiert die markierten Vokale in einem TextGrid

3. Messt die ersten beiden Formanten in der Mitte der Vokale und tragt sie in eine Liste ein

4. Geht z.B. auf <https://adamb924.github.io/formant-plot/> und lasst euch eure Formantkarte erstellen

5. ???

6. Profit

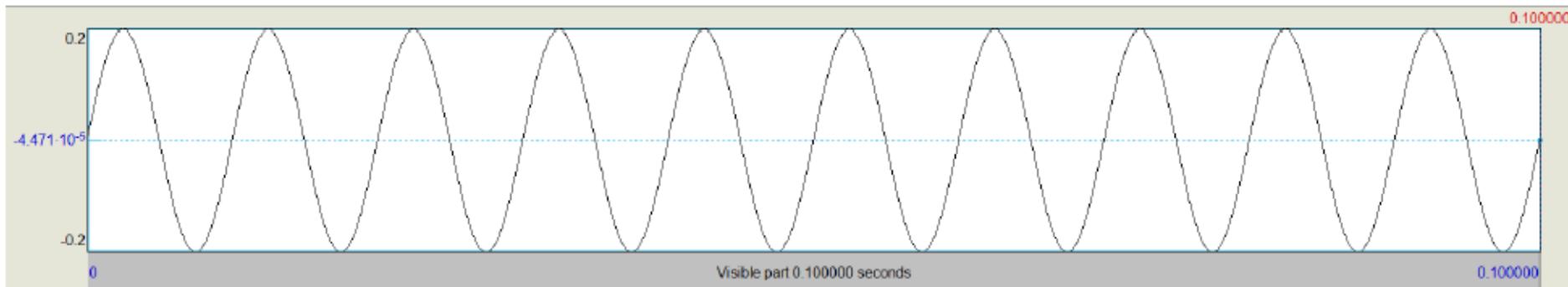
Übungsblatt: Aufgaben zu Frequenz, Phase, Amplitude

Übung 7 – Die Eigenschaften einer Schallwelle: Frequenz, Phase & Amplitude

Aufgabe 1) Bestimme die Frequenz für folgende Töne. 1 Hz = 1 Periode in der Sekunde.

Tipp: $0,1 \text{ s} \cdot 10 = 1 \text{ Sekunde}$

a)



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

