

Vokalnasalisation und Lautwandel: Eine Untersuchung mit Echtzeitresonanztomographie (rt-MRI, Echtzeit-MRT)¹.

Carignan, C.¹, Coretta, S.², Frahm, J.,³ Harrington, J.², Hoole, P.², Joseph, A.³, Kunay, E.^{2,3}, und Voit, D.³. (eingereicht, *Language*).

1. UCL, London
2. IPS
3. Max Planck Institute for Biophysical Chemistry, Göttingen

Hauptziel

Das Hauptziel der Studie ist die phonetische – hier physiologische - Grundlage von sogenannten NÇ Abstoßung – zu erklären (N = ein stimmhafter Nasal, Ç = ein stimmloser Konsonant).

NÇ Abstoßung und Lautwandel

(Ç = stimmlos, C = stimmhaft)

Lautwandel (zur Erinnerung)

Dies ist wahrscheinlicher in VNÇ als in VNC

$V \rightarrow \tilde{V}$ (z.B. mehr Nasalisierung in Am.Engl 'sent' als in 'send')

Vokalnasalisation und N-Tilgung (Hindi: /dãt/ < Sanskrit /danta/ aber Hindi /tjãnd/ < Sanskrit /tjãnda/¹

N-Tilgung

Ital. *isola* < Lat. *insula*; Deutsch 'Gans', Engl. 'goose', Polnisch 'gęś', (Lat. 'anser')

NÇ Abstoßung und Typologie

Pater (1996)¹: "In a wide variety of languages, NÇ clusters seem to be disfavoured."

z.B. Indonesisch Infinitiv-Präfix = /məN/.

Der Stamm beginnt mit Ç (führt zu Ç-Tilgung)

/məN+pilih/ → /məmilih (wählen)

Der Stamm beginnt mit C

/məN+bələ/ → /məmbələ/ (kaufen)

Pater, J. (1999). Austronesian nasal substitution and other NC effects. In Kager, R., Hulst, H., and Zonneveld, W., editors, *The Prosody-Morphology Interface*, pages 310– 343. Cambridge University Press, Cambridge.

NÇ Abstoßung und phonetische Grundlage

Physiologisch sind sich N und Ç aerodynamisch nicht kompatibel.

Auch nicht akustisch aufgrund der Energie < 500 Hz (vorhanden für N notwendigerweise abwesend für Ç)

Damit verbunden:

Untersuchung von Ohala & Ohala (1991)¹ mit Messungen von oralem/nasalem Luftstrom. Französische Sprecher produzierten:

dit saint bel enfant	di sɛ̃(m)bel ɑ̃fɑ̃	manchmal mit [m]
dit saint pour moi	di sɛ̃ puʁ mwa	nie mit [m]

Nähere Ziele/Fragestellungen

1. Stoßen sich NÇ gegenseitig ab, auch in einer Sprache wie Deutsch (in dem kein Lautwandel-im-Fortschritt bez. Vokalnassalisierung stattfindet).
2. Was genau ändert sich artikulatorisch wenn sich NÇ abstoßen?
3. Kann 2. den Ursprung des Lautwandels erklären: also die phonetischen Bedingungen erklären, die zu Lautwandel (Präferenz für Ñ Nasalisierung und N-Tilgung vor Ç) führen?

2. Was genau ändert sich artikulatorisch wenn sich NÇ abstoßen?

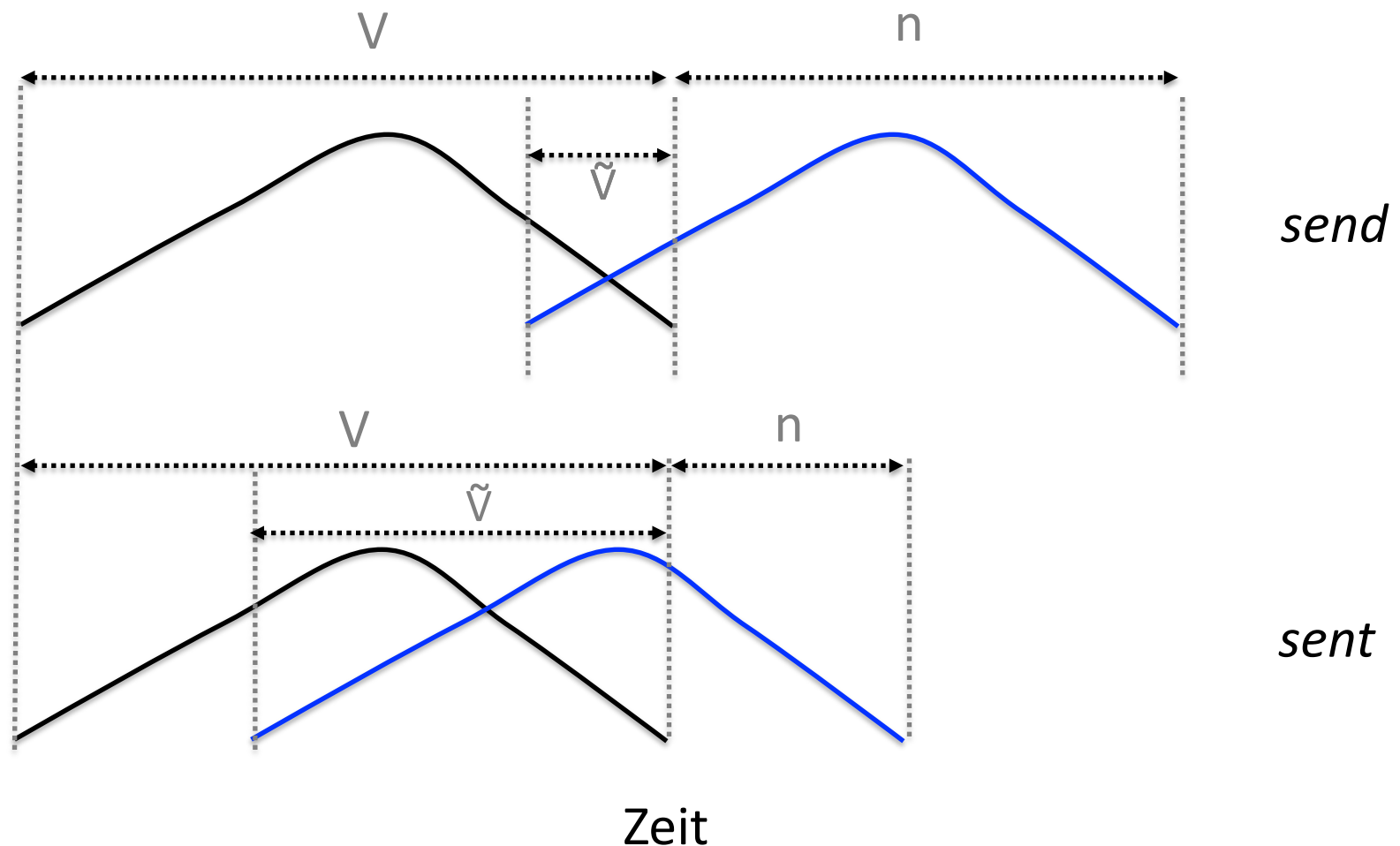
Beddor (2009)¹. Die artikulatorische Dauer der Velumsgeste bleibt konstant (in 'sent', 'send') verschiebt sich aber nach links in 'sent'

Gestenüberlappung und Nasalisierung nach Beddor (2009)

Je mehr Überlappung umso länger/kürzer die **akustische** Dauer von $\tilde{V}$ und /n/ (daher Trading Relationship).

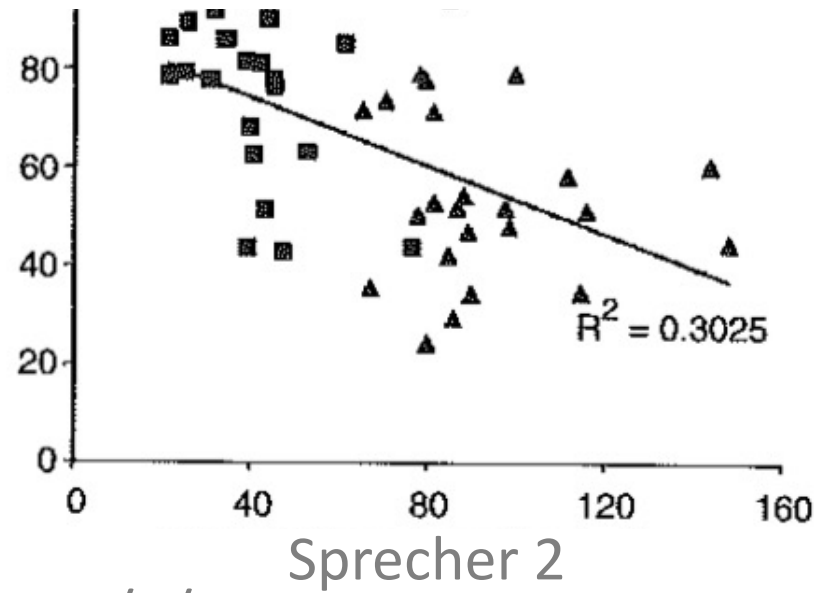
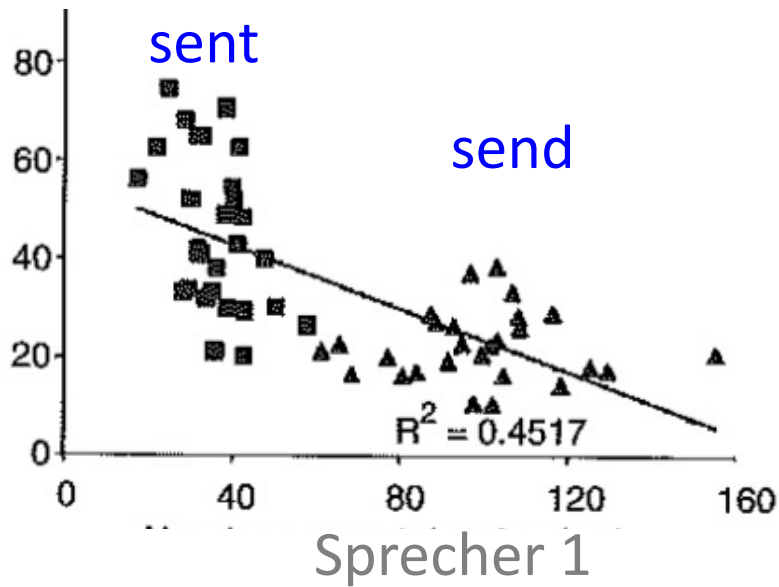
Zungedorsumhebung/senkung

Velumöffnung



Die akustische Dauern von $\tilde{V}$ and N sind invers korreliert¹

Dauer der Vokalnasalisierung



Dauer von /n/

2. Was genau ändert sich artikulatorisch wenn sich NÇ abstoßen?

Beddor (2009): **frühere Synchronisierung** von N in VNÇ

Zwei andere Möglichkeiten:

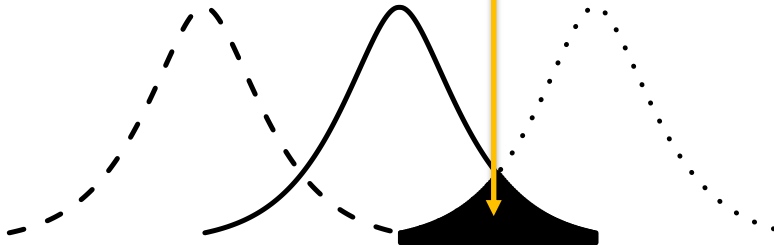
Tronkierung: nur die **Velumsschließungsgeste** in VNÇ wird früher synchronisiert

Reskalierung: die gesamte Velumsgeste in VNÇ wird **verkleinert**.

Wie können sich NÇ abstoßen?

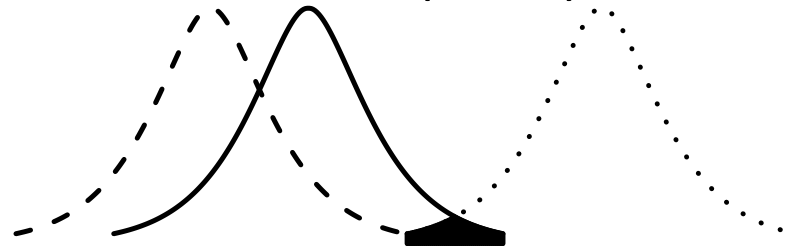
Wie kann die **Überlappung** zwischen Velumöffnung und Zungenspitzenschließung reduziert werden?

Vnd

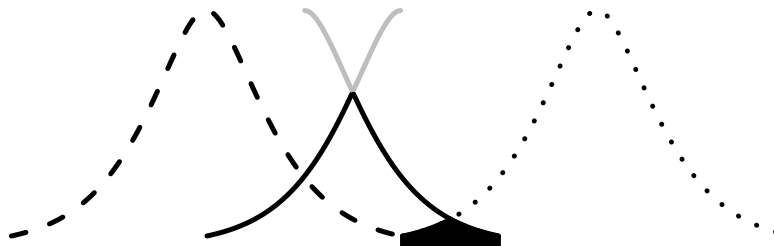


Vnt: frühere Phase

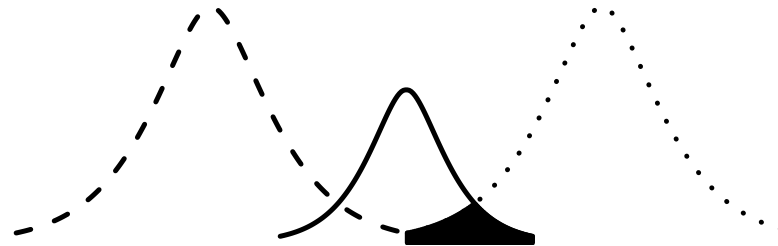
= Beddor (2009)



Vnt: Tronkierung



Vnt: Reskalierung

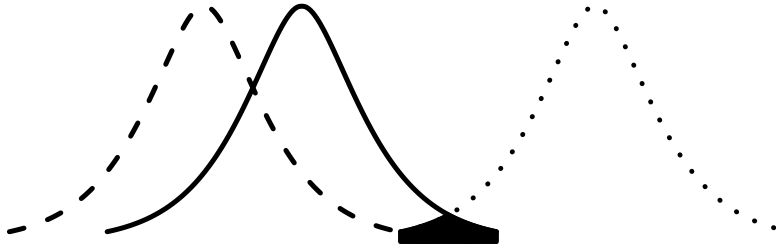


Zungendorsum in V - - - - -

Velumsgeste in N —————

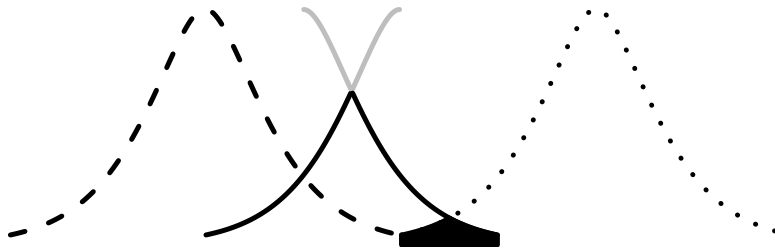
Zungenspitzen-geste für /nt/ oder /nd/

Vnt: frühere Phase



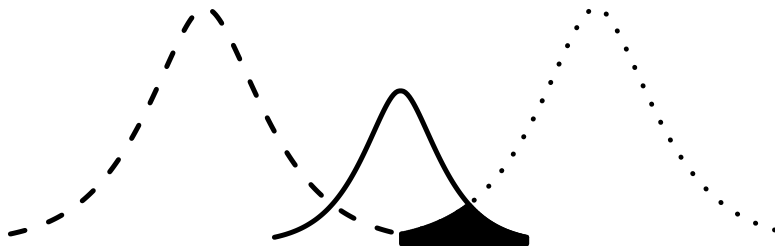
Beginn der Nasalisierung
ist früh; Amplitude hoch

Vnt: Tronkierung



Gipfel ist spitzenförmig
(und Amplitude ist klein)

Vnt: Reskalierung



Kleine Amplitude

Zungendorsum in V - - - - -

Velumsgeste in N —————

Zungenspitzen-geste für /nt/
.....

Aufnahmen

Es ist sehr schwer den Grad der Nasalisierung akustisch festzustellen.

Aerodynamische (Luftvolumen und Druck) mit Maske wären denkbar – die Parameter sind jedoch nur indirekt mit der Bewegung des Velums verbunden.

Wir haben uns deswegen für Echtzeit-Magnetresonanztomographie entschieden, wodurch die Positionen und Bewegungen der Vokalorgane messbar sind.

Wir haben das große Glück in einem DFG- und ERC-Projekt mit Prof. Jens Frahm zusammenzuarbeiten, einem weltberühmten Physiker in Göttingen, der mit seiner Gruppe am MPI-Göttingen sehr viel zu der hohen Bildqualität in RT-MRT geleistet hat

Aufnahmen

MRI ist nicht invasiv, sicher, und hat den großen Vorteil, dass die gesamten Bewegungen der Vokalorgane gesichtet werden können.

Viele Versuchspersonen können an einem Tag aufgenommen werden.

Der Nachteil: das Gerät ist sehr teuer, und Zugang zu dem Gerät kann teuer und schwierig sein

Bis vor kurzem war es schwierig, scharfe Bilder in Echtzeit mit kleinen Abtastrate (< 50 ms) zu bekommen – das hat sich vor allem aufgrund von der Forschung von z.B. Frahms-Gruppe geändert.

Die Nachverarbeitung – von Bild in ein brauchbares Signal als Funktion der Zeit – ist nicht gerade unkompliziert. Diese Arbeit wurde von Phil Hoole & Chris Carignan durchgeführt.

Sprecher und Materialien

35 L1-Deutsch Sprecher (22 F) im Alter zwischen 24 und 35 Jahren.

VNC und VNC in 43 ein- und zweisilbiger Wörter wie:

...

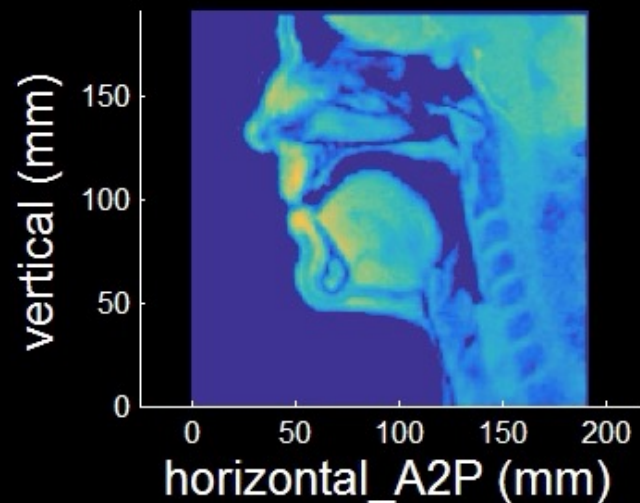
<i>Bunde</i>	/bʊndə/
<i>bunte</i>	/bʊntə/
<i>diente</i>	/diːntə/
<i>finde</i>	/fɪndə/
<i>Finte</i>	/fɪntə/
<i>gönnte</i>	/gœntə/
<i>lehnt</i>	/leːnt/
<i>Linde</i>	/lɪndə/
<i>lohnt</i>	/loːnt/
<i>lohnte</i>	/loːntə/
<i>Panda</i>	/panda/

...

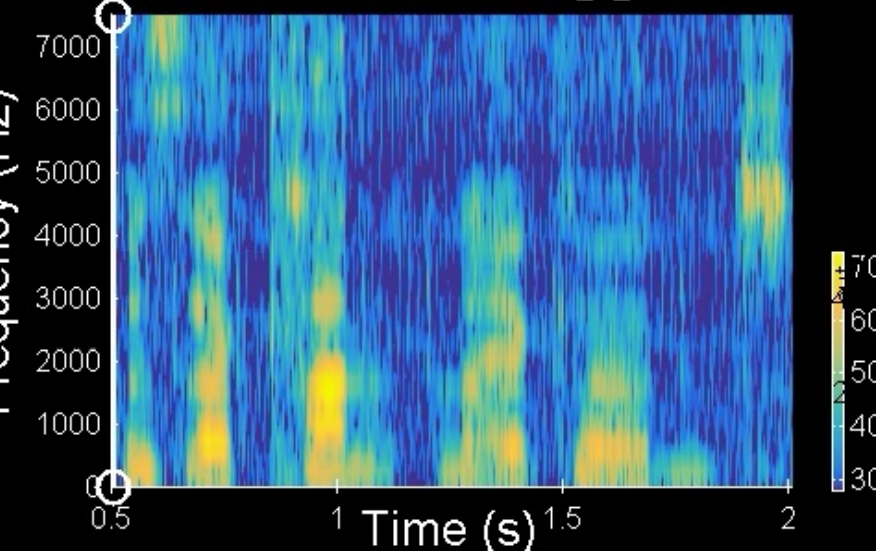
Verschiedene
gespannte und
ungespannte Vokale.

Jedes Wort (X) einmal in
verschiedenen Trägersätzen
produziert 'Wieder X
erzählt/erklärt/erkannt' (mit
Nuklearaccent auf X).

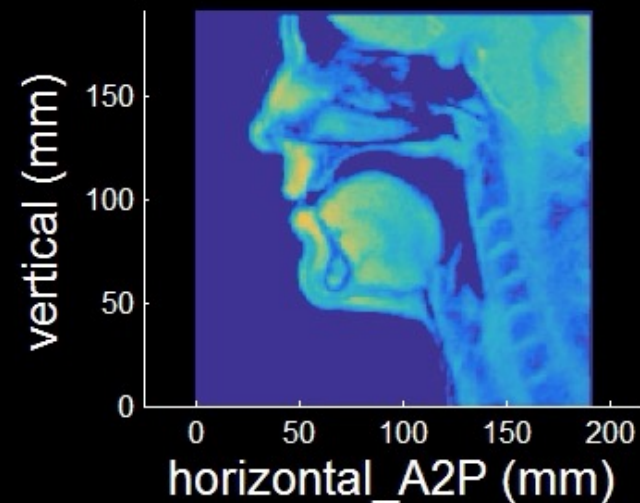
RTMRI



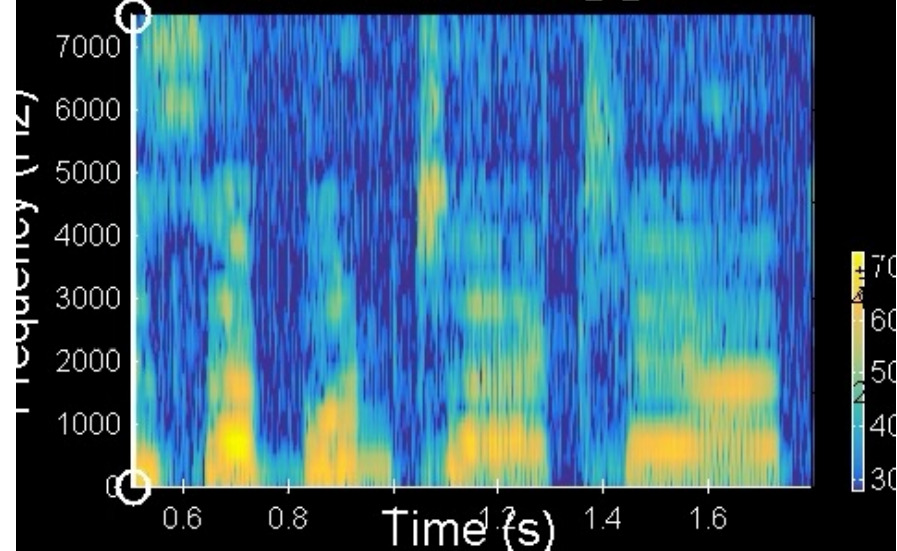
SONA: Trial 1, Cut 1 "Kanten_A_B01"

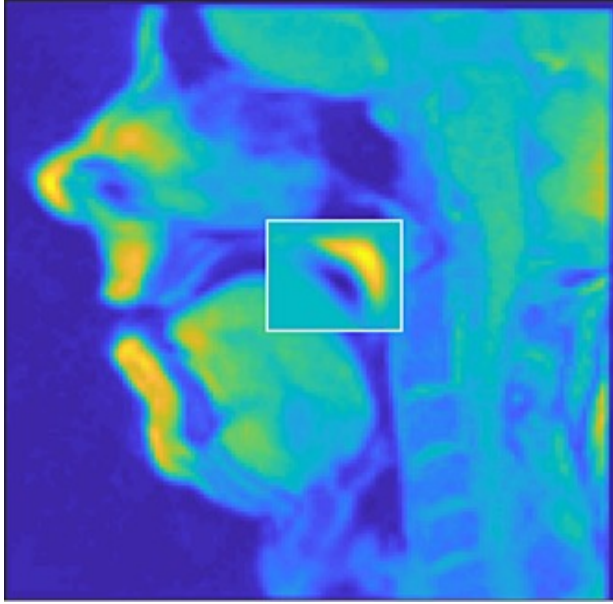


RTMRI



SONA: Trial 5, Cut 5 "bunte_A_B01"



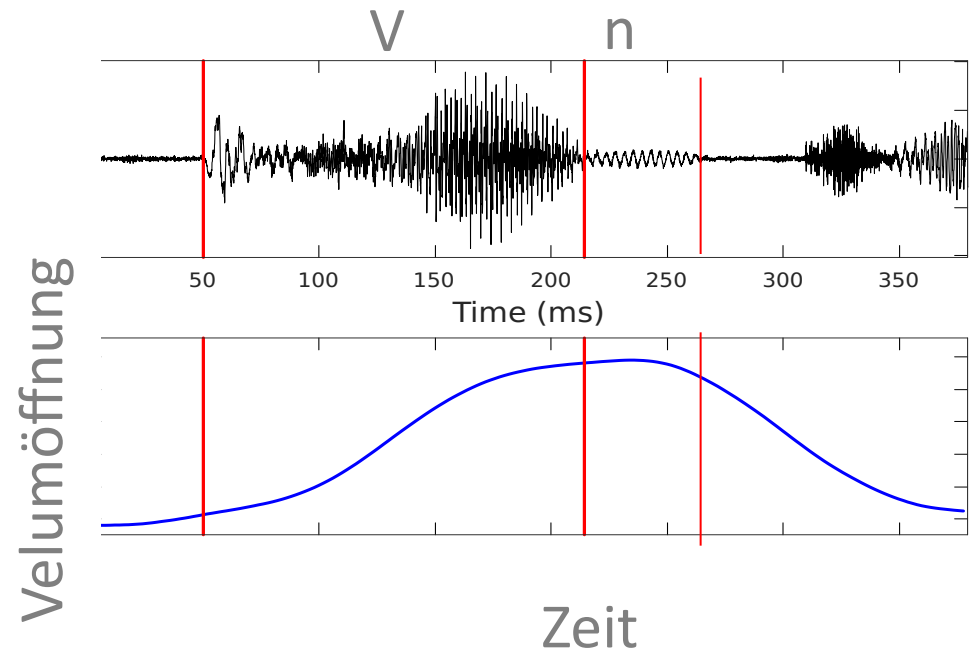


Verarbeitung

Die Hauptkomponentenanalyse (PCA) identifiziert die Pixels in einer ausgewählten Fläche, die sich am meisten ändern.

Die Ausgabe der PCA ist **ein einziger Wert pro Bild**: der Wert ist hoch/tief je mehr sich das Velum im gelben/dunkelblauen Bereich befindet.

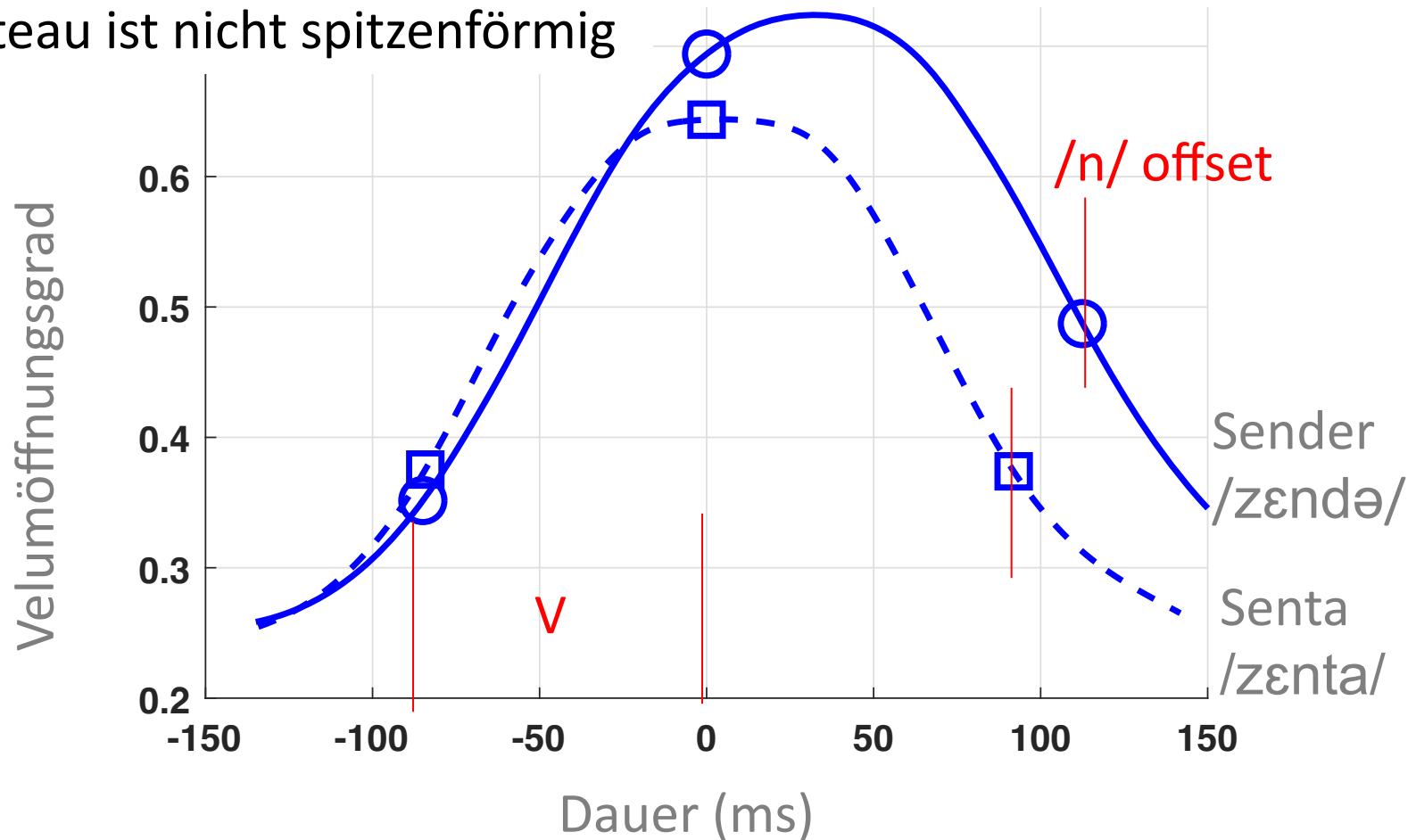
Diese Werte werden als Funktion der Zeit abgebildet, um den Verlauf der Velumhebung und –senkung zu zeigen.



Hauptergebnisse

Für /nt/ vs /nd/

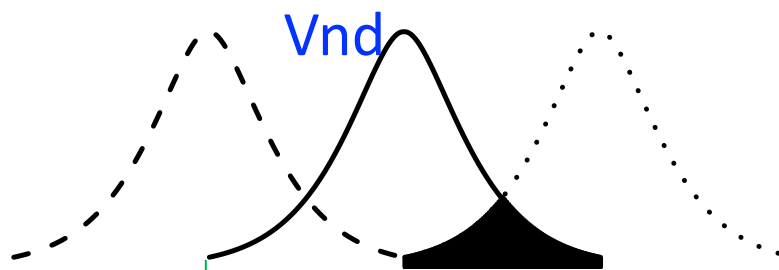
1. Kleinere Amplitude
2. Zeitbeginn der Nasalisierung ist nicht früher.
3. Plateau ist nicht spitzenförmig



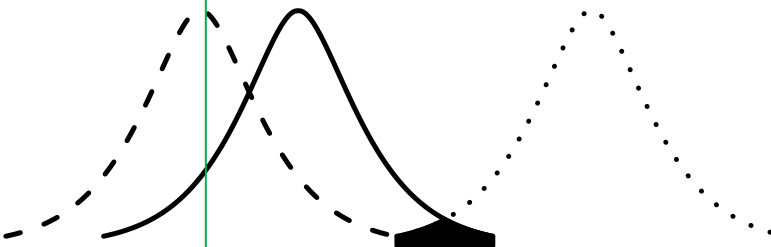
1. Kleinere Amplitude

2. Zeitbeginn der Nasalisierung
im Vokal ist nicht früher.

3. Plateau ist nicht
spitzenförmig



Vnt: frühere Phase

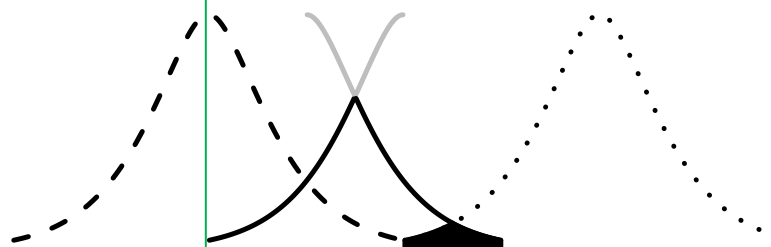


x

x

✓

Vnt: Tronkierung

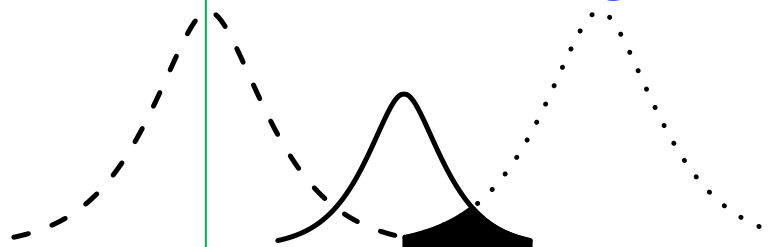


✓

✓

x

Vnt: Reskalierung



✓

✓

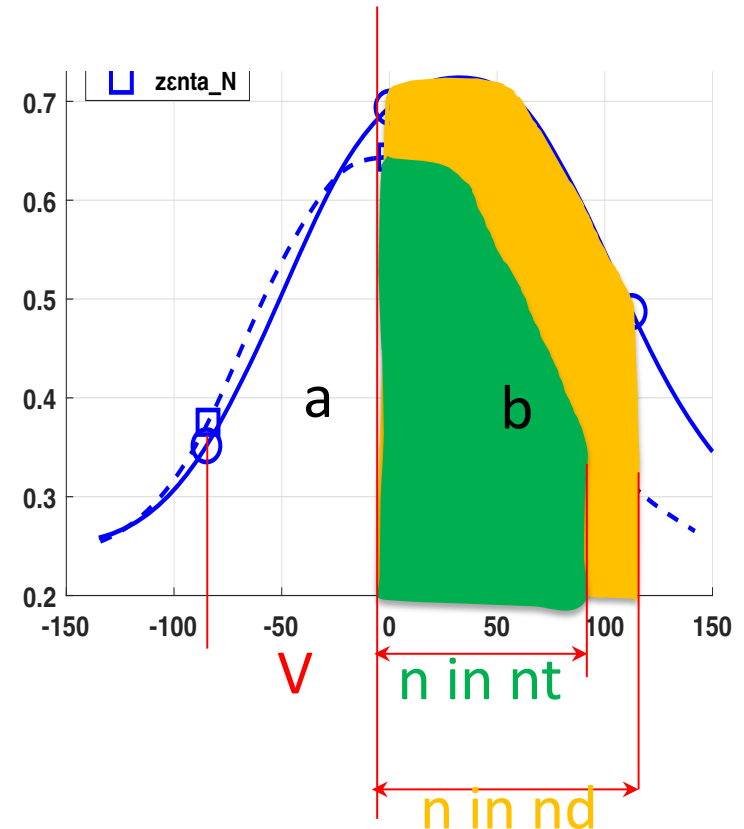
✓

Interpretation und mögliche Grundlagen für Lautwandel

Was /nt, nd/ unterscheiden ist der **proportionale Grad der Nasalisierung im Vokal und im /n/**

Die Flächenanteil a/b ist größer in /nt/ - also eine verhältnismäßig größere Nasalisierungsstärke im Vokal im Verhältnis zu /n/ in /nt/ vs. /nd/

Diese größere Nasalisierungsstärke könnten auch verursachen, dass Hörer mehr Nasalisierung mit dem Vokal in /nt/ als /nd/ assoziieren.



Vokalnasalierung in Amerikanisch- (USE) und Standard Southern British (BRE).

Der Test:

Akustischer
Vokaloffset

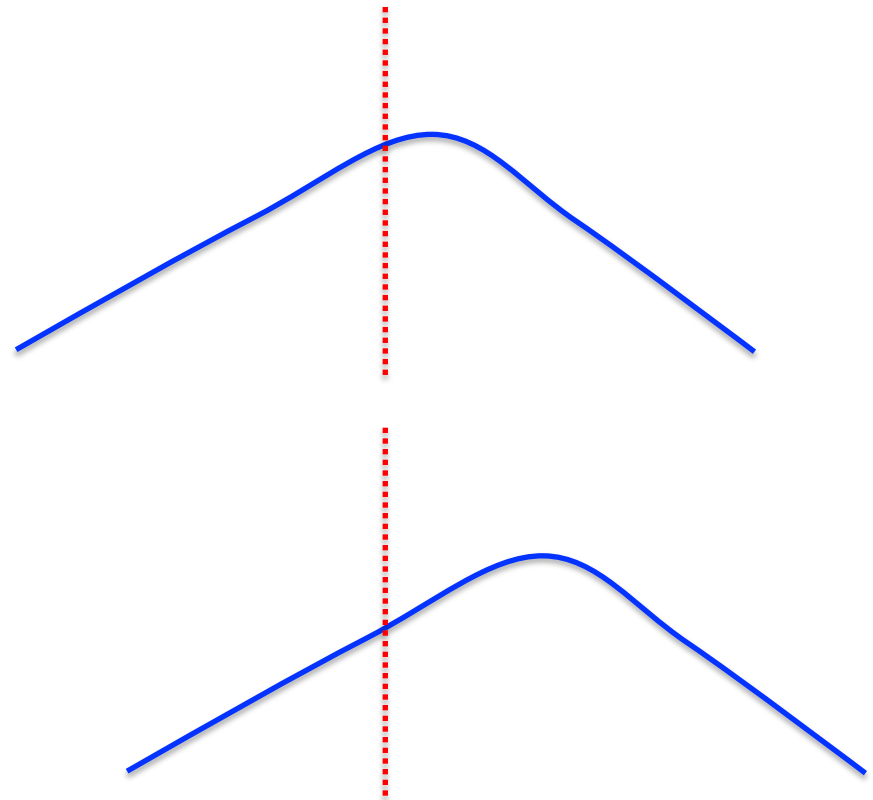
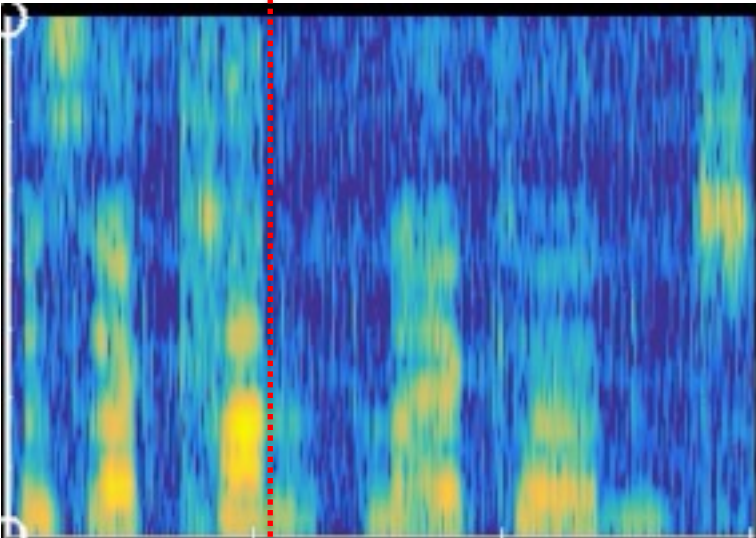
Velumöffnung

Akustischer
Vokaloffset

USE

BRE

Zeit



Sprecher

27 (13 w) Südengland, (Standard Southern British)

16 (8 w) USA: 3 Southern, 5 West, 5 Northeast, 3 Midland.

Materialien

Echte einsilbige Wörter. Zusammensetzung:

C = /b, f, p, s, ʃ, z/

V = /ʌ, æ, eɪ, ε, ɪ/

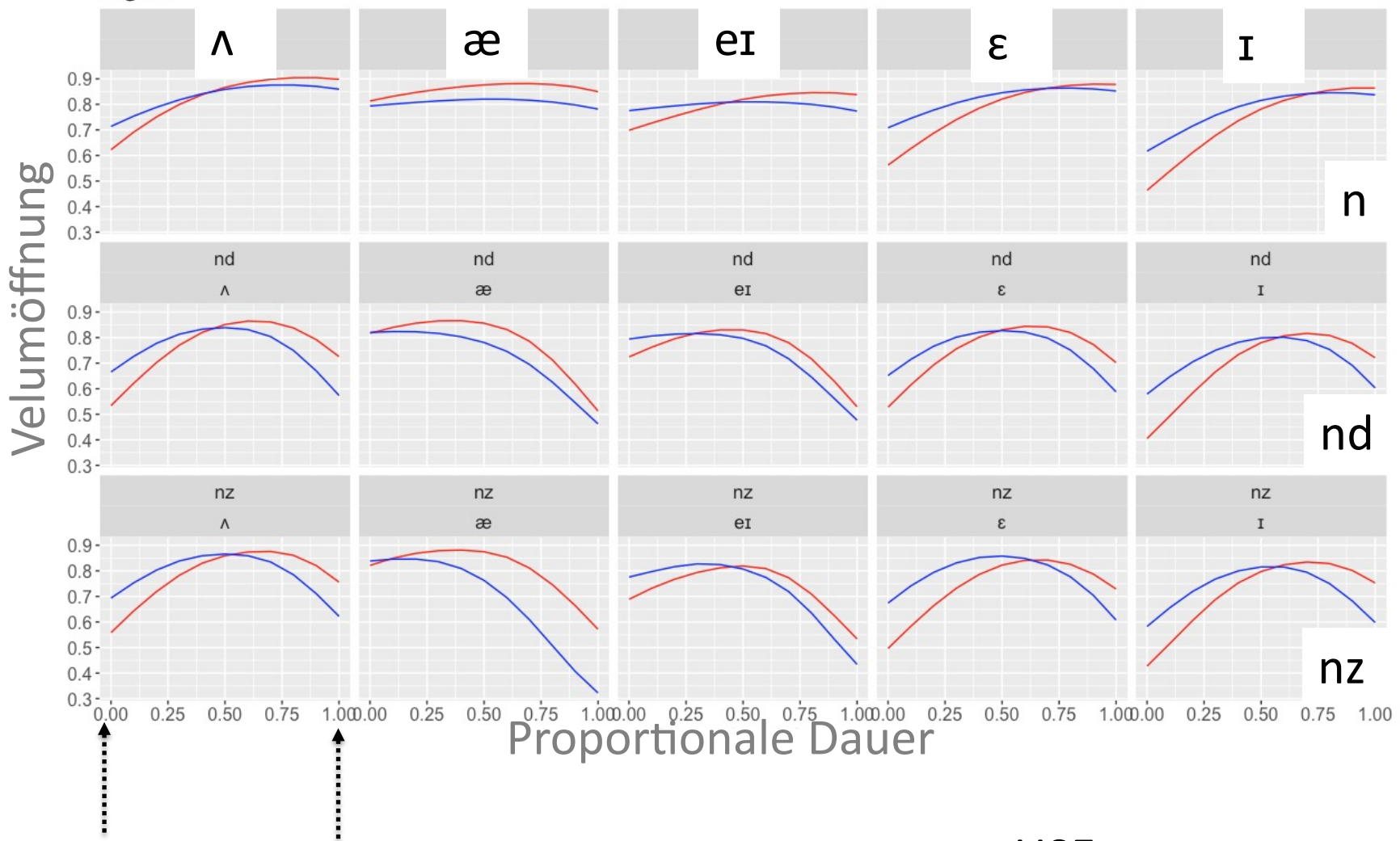
Coda = /d, t, n, nd, nz/

Eine Wortwiederholung pro Sprecher. Anzahl der analysierten Tokens: 43 Sprecher x 78 Wörter = 3354.

C	V	d	t	n	nd	nz
b	ʌ	1	1	1	NA	NA
b	æ	1	1	1	1	1
b	eɪ	1	1	1	NA	NA
b	ε	1	1	1	1	1
b	ɪ	1	1	1	1	1
f	ʌ	1	NA	1	1	NA
f	æ	1	1	1	1	NA
f	eɪ	1	1	1	1	1
f	ε	1	NA	1	1	NA
f	ɪ	NA	1	1	1	NA
C	V	d	t	n	nd	nz
p	ʌ	NA	1	1	1	1
p	æ	1	1	1	1	1
p	eɪ	1	1	1	1	1
p	ε	NA	1	1	1	1
p	ɪ	NA	1	1	1	1
s	æ	NA	1	NA	1	NA
s	eɪ	NA	1	1	NA	NA
s	ε	1	1	NA	1	NA
s	ɪ	1	1	1	1	1
ʃ	ʌ	NA	NA	1	1	1
ʃ	eɪ	1	NA	NA	NA	NA
z	ε	NA	NA	1	NA	NA

Velumhöhe: Überblick

Gemittelt, zeitnormalisiert



-50 ms 150 ms

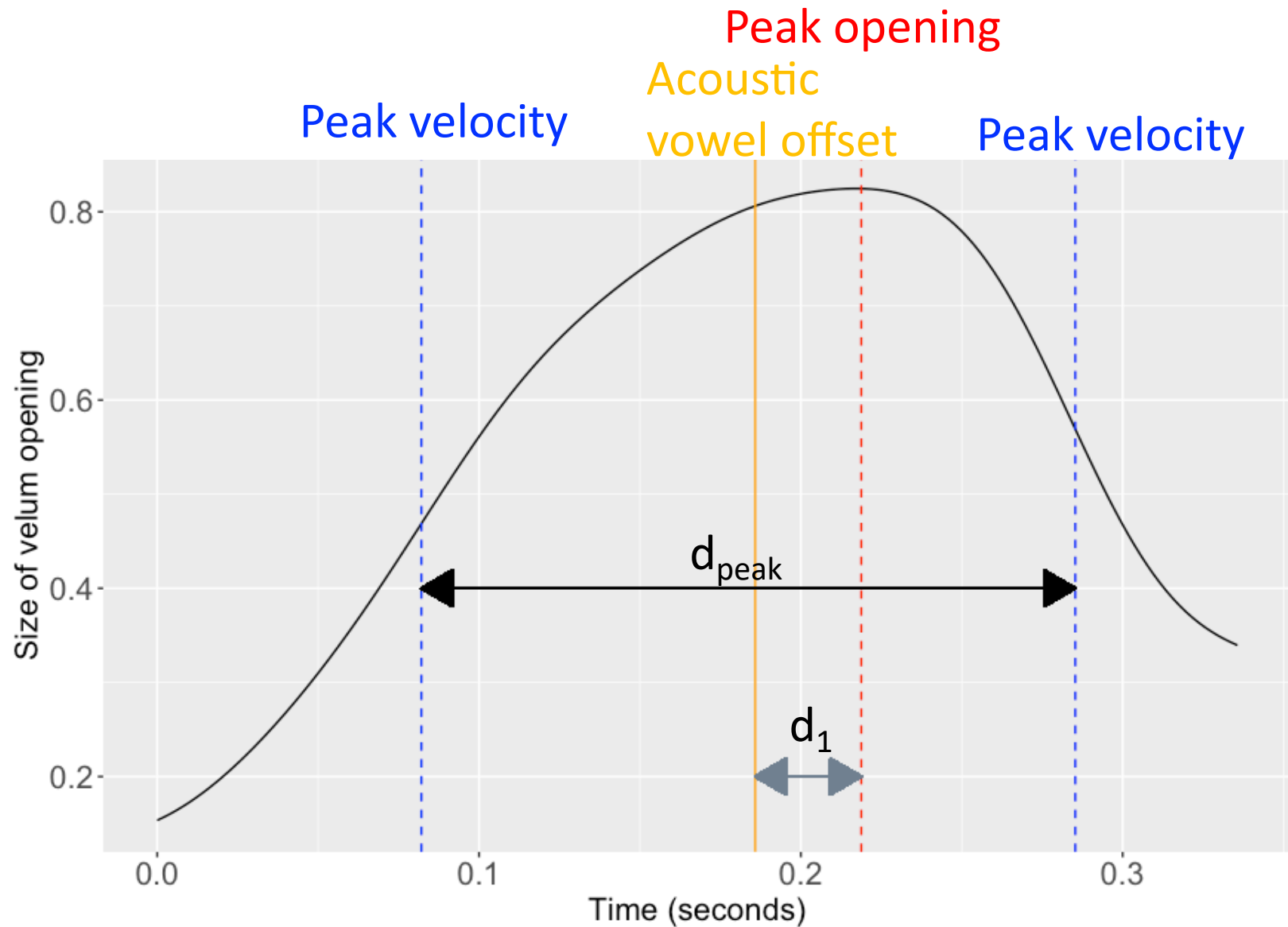
Akustischer Vokaloffset

USE

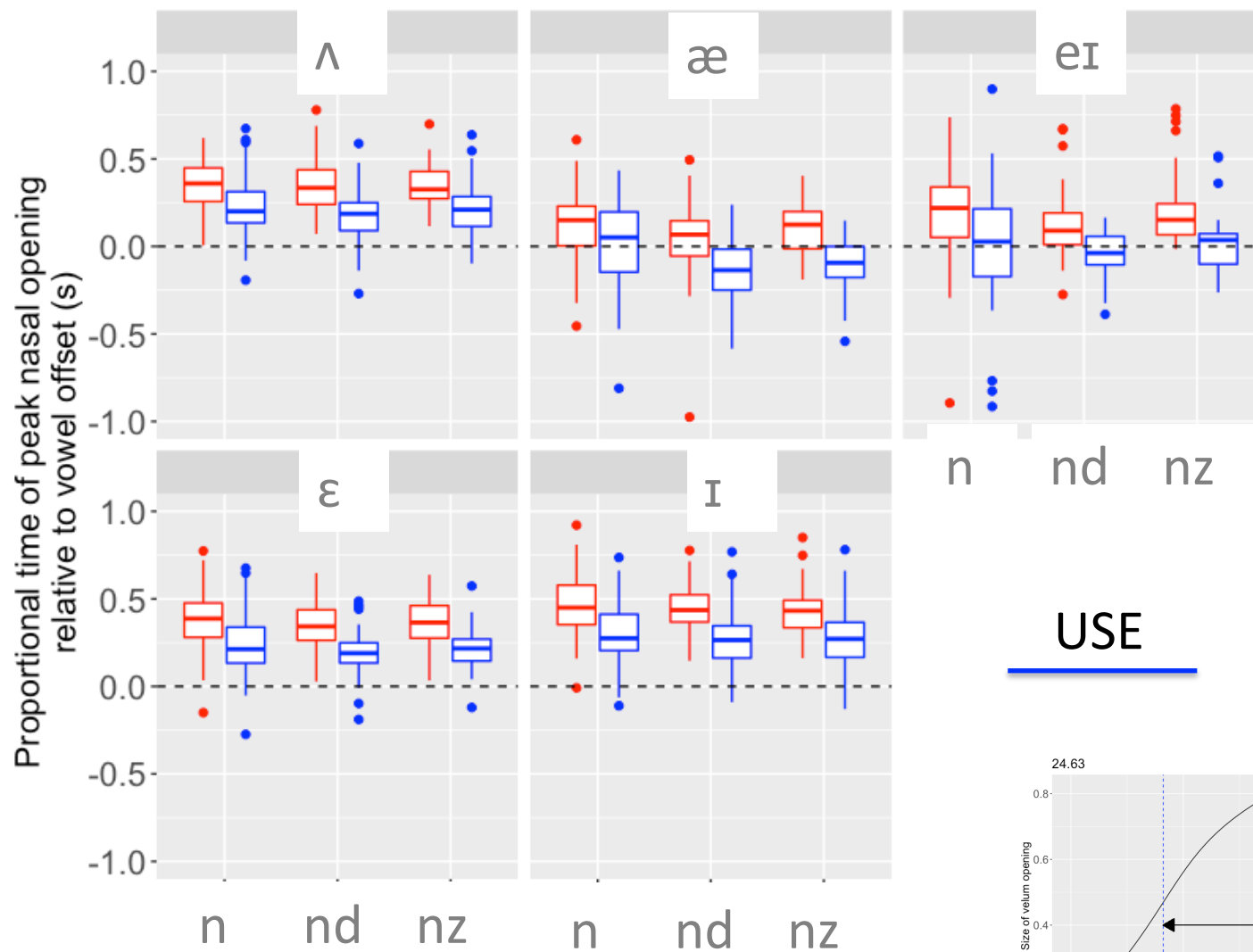
BRE

Vokalanalyse: d_1/d_{peak}

Hypothese: $\text{USE} < \text{BRE}$

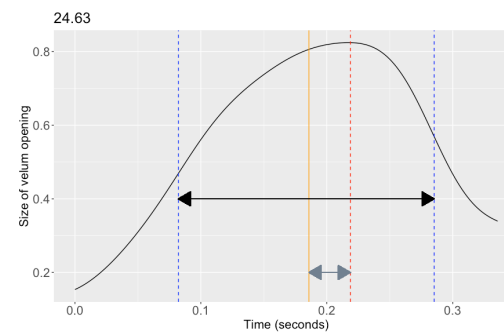


$$d_1/d_{\text{peak}}$$



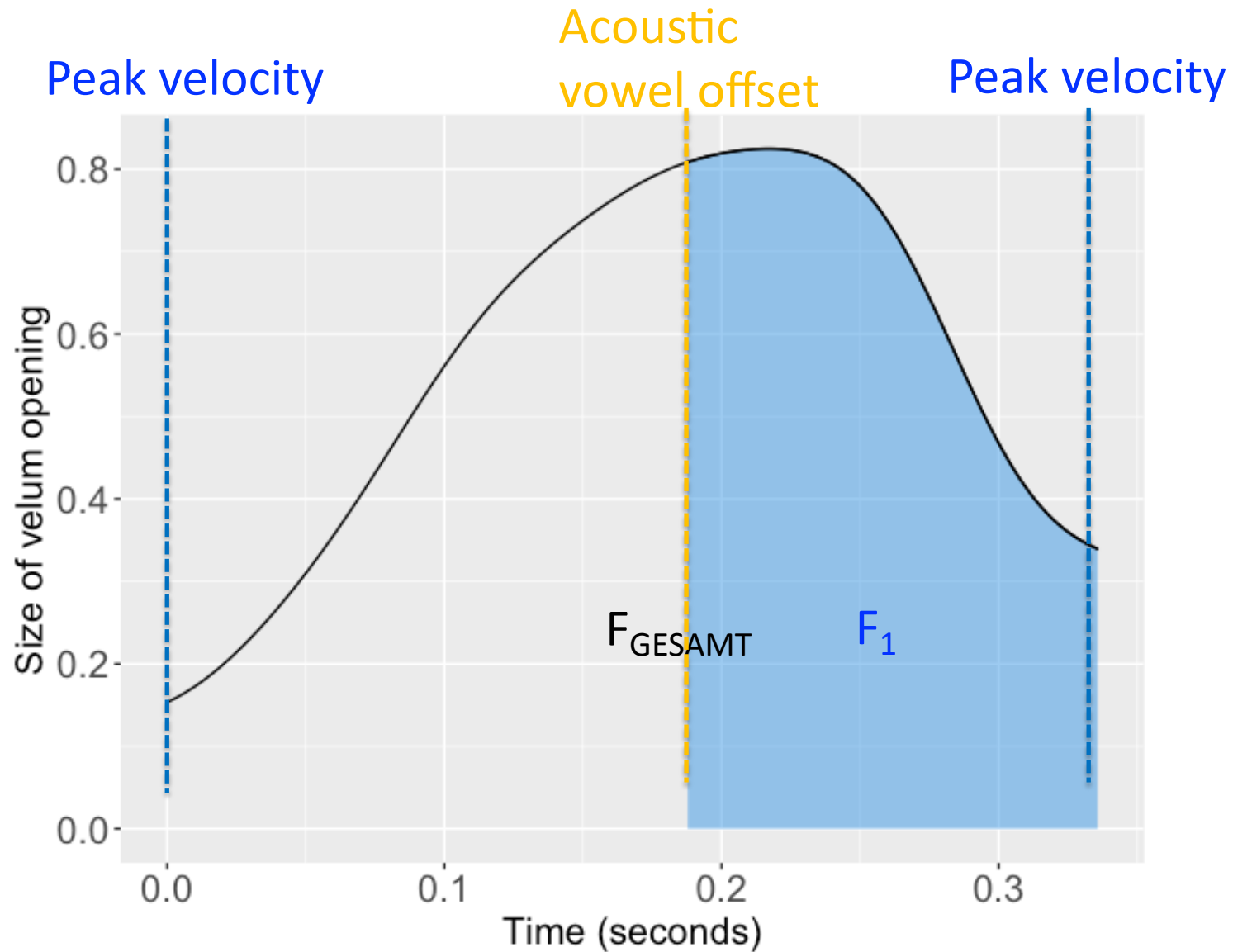
USE

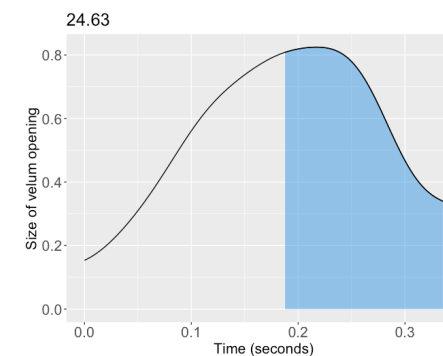
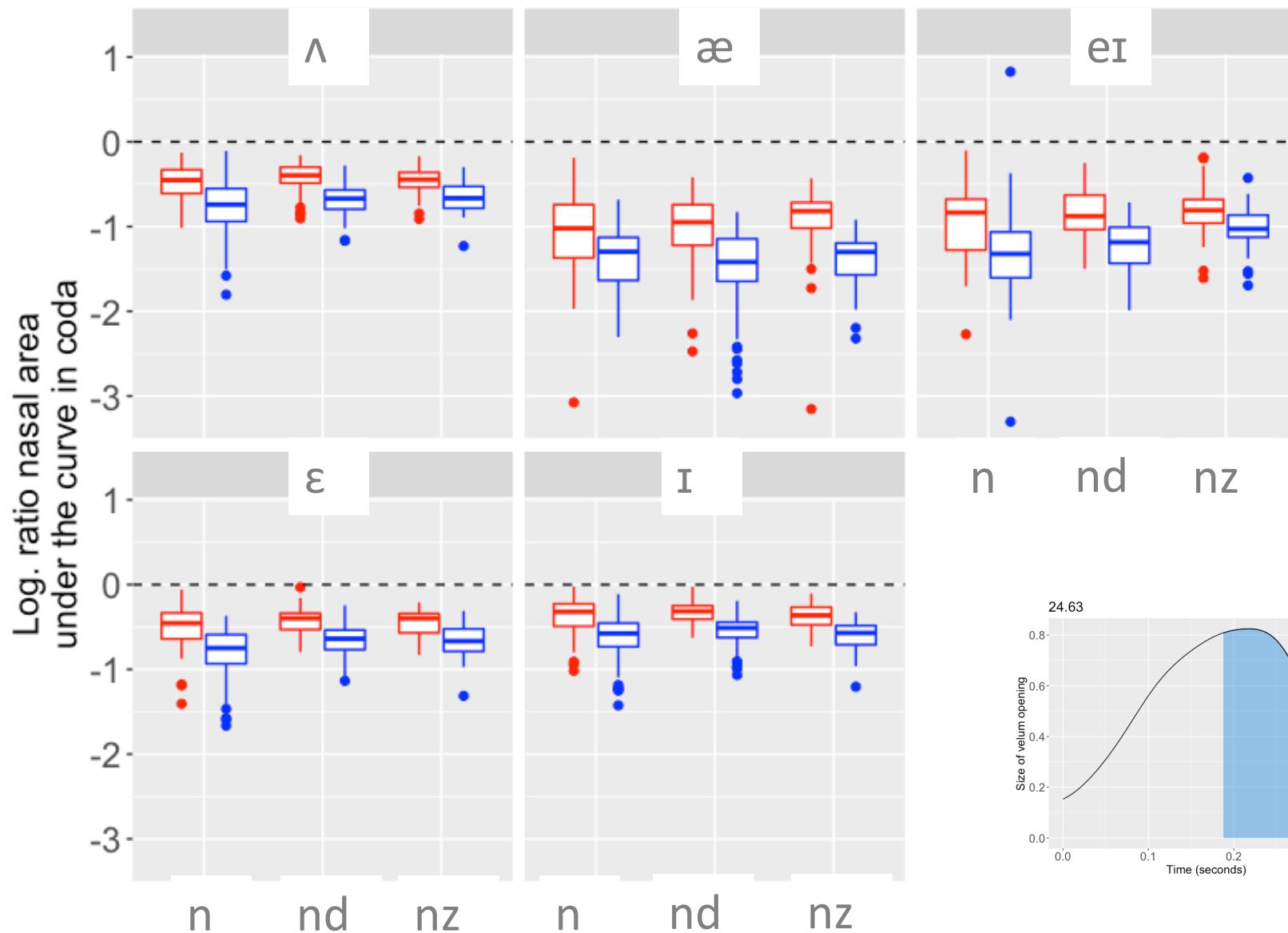
BRE



Fläche im Coda: $\log(F_1/F_{\text{GESAMT}})$

Hypothese: $\text{USE} < \text{BRE}$





USE

BRE

Schlussfolgerung

Dieses Modell von Beddor könnte den Unterschied zwischen den beiden Varietäten erklären:

Zungedorsumhebung/senkung

Velumöffnung

