

# **Sprachproduktionstheorien**

**Nachtrag: Dynamische System und Versprecher**

## Coordination Modes

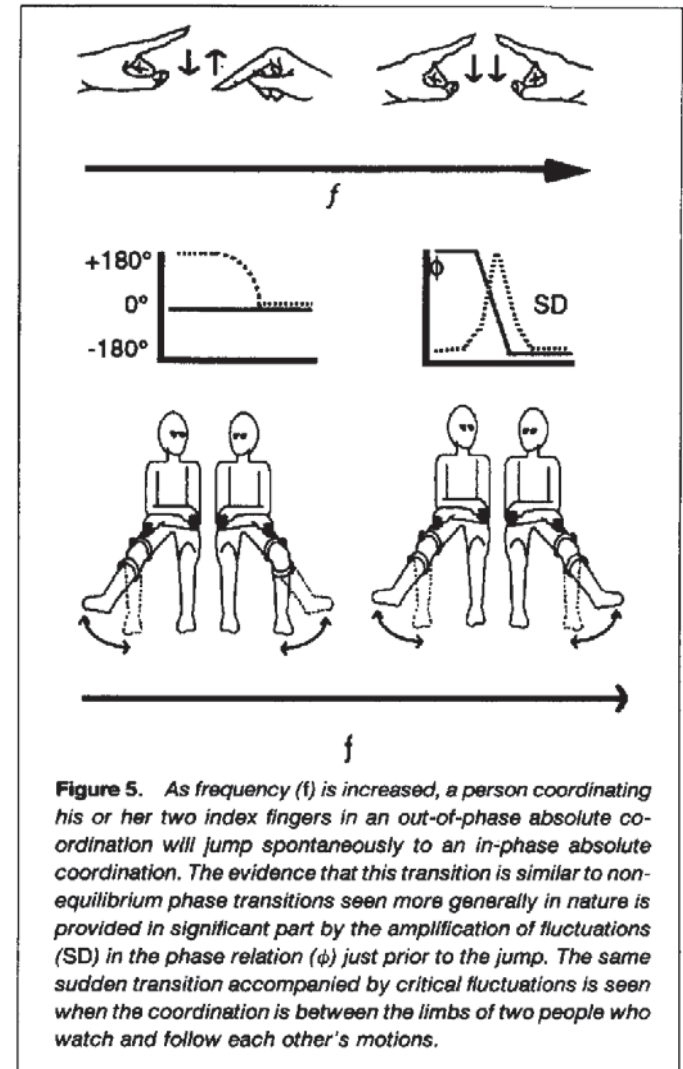
Manche Koordinationsmuster sind stabiler/'einfacher' als andere.

Fingerkoordinationsexperimente

- phasengleich (in Phase), 1:1 Frequenz
- Anti-phasisch (180°phasenversetzt)
- Andere Koordinationsmuster müssen/können gelernt werden.

Hypothese: Sprachen benutzen die natürlichen Koordinationsmodi phasengleich/phasenversetzt.

=> Generelle Prinzipien der Bewegungskoordination greifen beim Sprechen und in der Grammatik.



# **Was haben gekoppelte dynamische Systeme mit dem Sprechen zu tun?**

Hinweise aus der Versprecherforschung.

Versprecher bis jetzt v.a. durch **auditorische** Analysen untersucht.

Die meisten Versprecher lassen sich als Tausch oder Ersetzen von Segmenten beschreiben.

Ein Segment taucht an der “falschen” Stelle in der Phrase auf

“*A Canadian from Toronto*” ==> “*A Tanadian .....*”

Die falschen Segmente sind in der Regel phonetisch richtig

“*steak and potatoes*” ==> “[*speik*] and tomatoes”

d.h. ‘p’ ist aspiriert in “potatoes” aber nichtaspiriert in [speik]

Traditionell starkes Argument für die Notwendigkeit symbolischer Einheiten im Lexikon.

## Weitere Beispiele

*Wasserbüffel ==> Wasserbüssel*

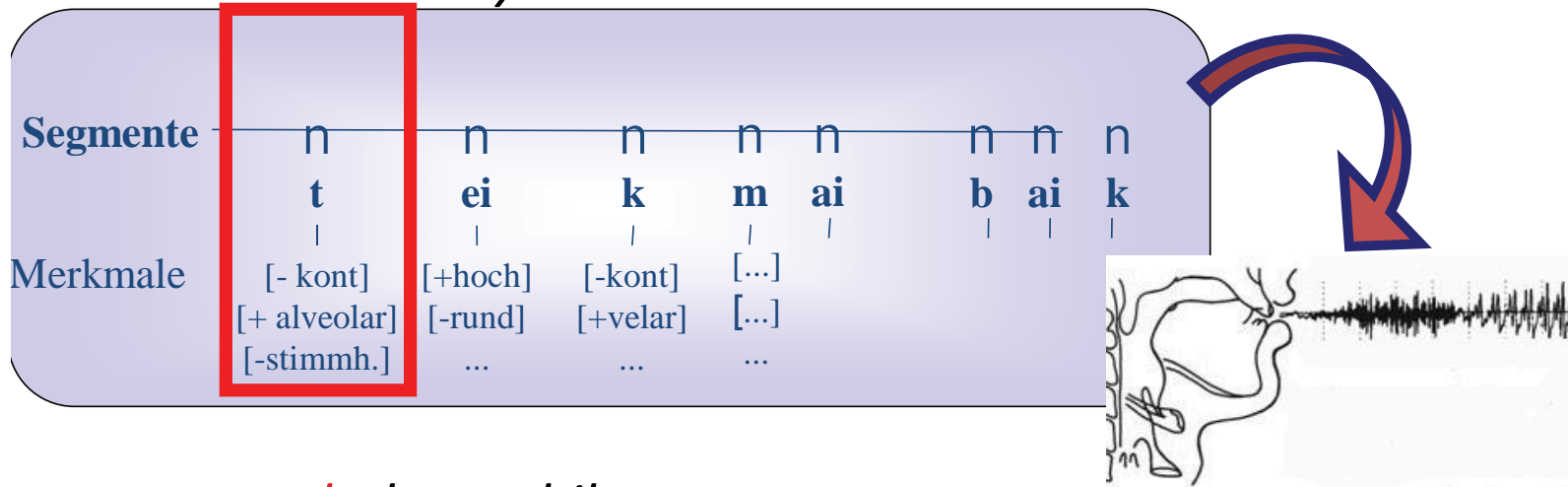
*die Flotten der Römer ==> die Rotten der Flömer*

*ein Anfall geistiger Abwesenheit ==> Abfall ... Anwesenheit*

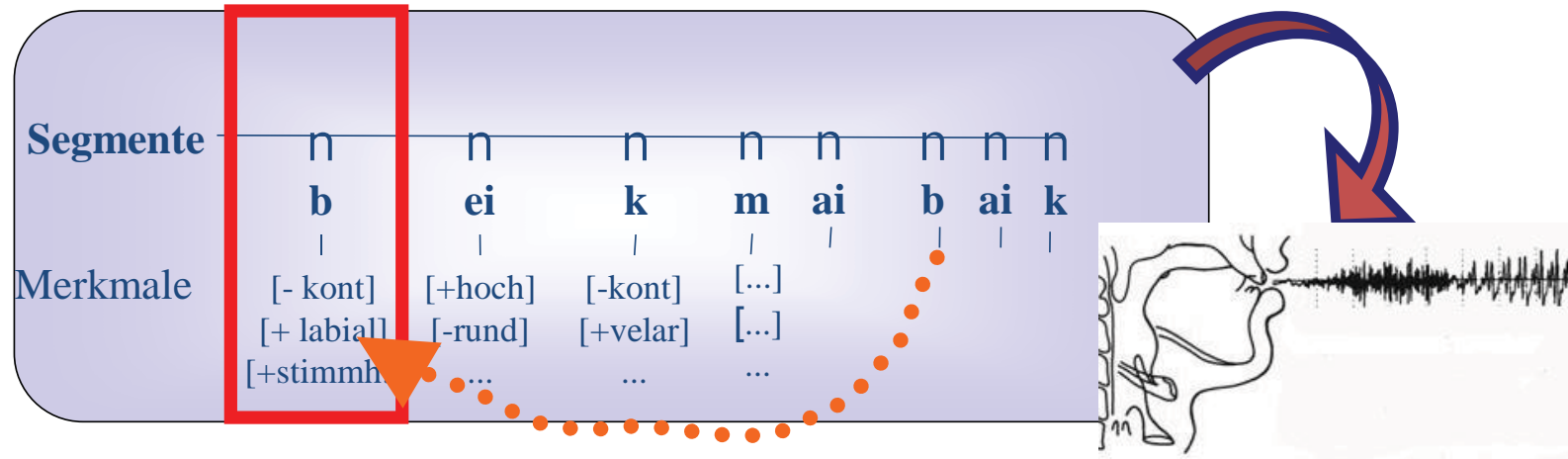
# PLANUNG

# AUSFÜHRUNG

*take my bike*



*bake my bike*



Wie schauen die **artikulatorischen** Abläufe bei Versprechern tatsächlich aus?

Methodisches Problem:

Wie bekommt man Versprecher im Labor?

z.B. “Zungenbrecher”

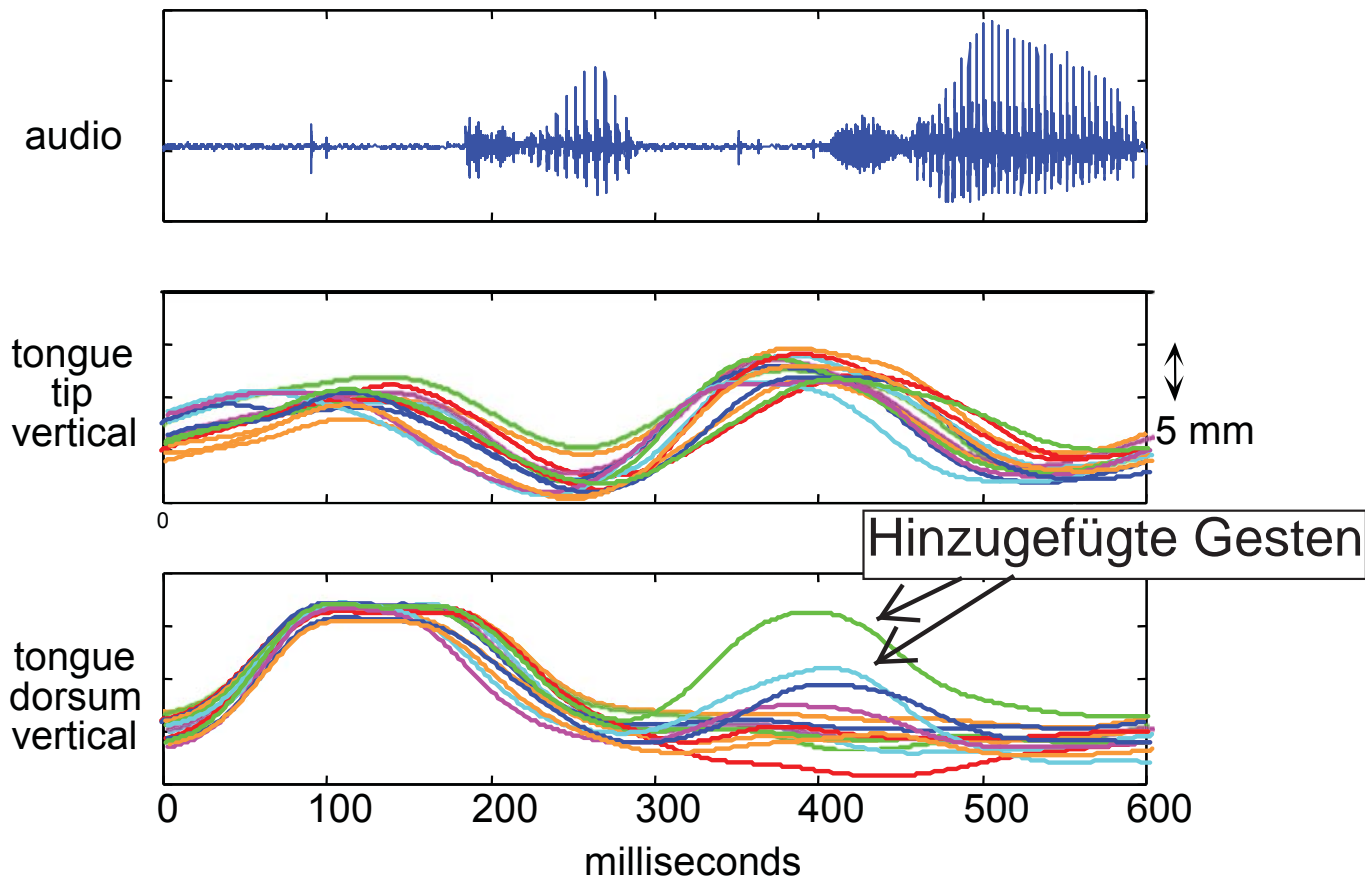
(mehr hierzu im Tutoriat)

“cop top cop top .....” mit Metronom oder schnellem Bildwechsel





# Alternierende Phrase: "cop top"



“Hinzugefügte Geste”: Eine Geste zu viel  
d.h. für /t/ in “top” kommt Bewegung für /k/ hinzu,  
aber Bewegung für /t/ ist immer noch vorhanden.

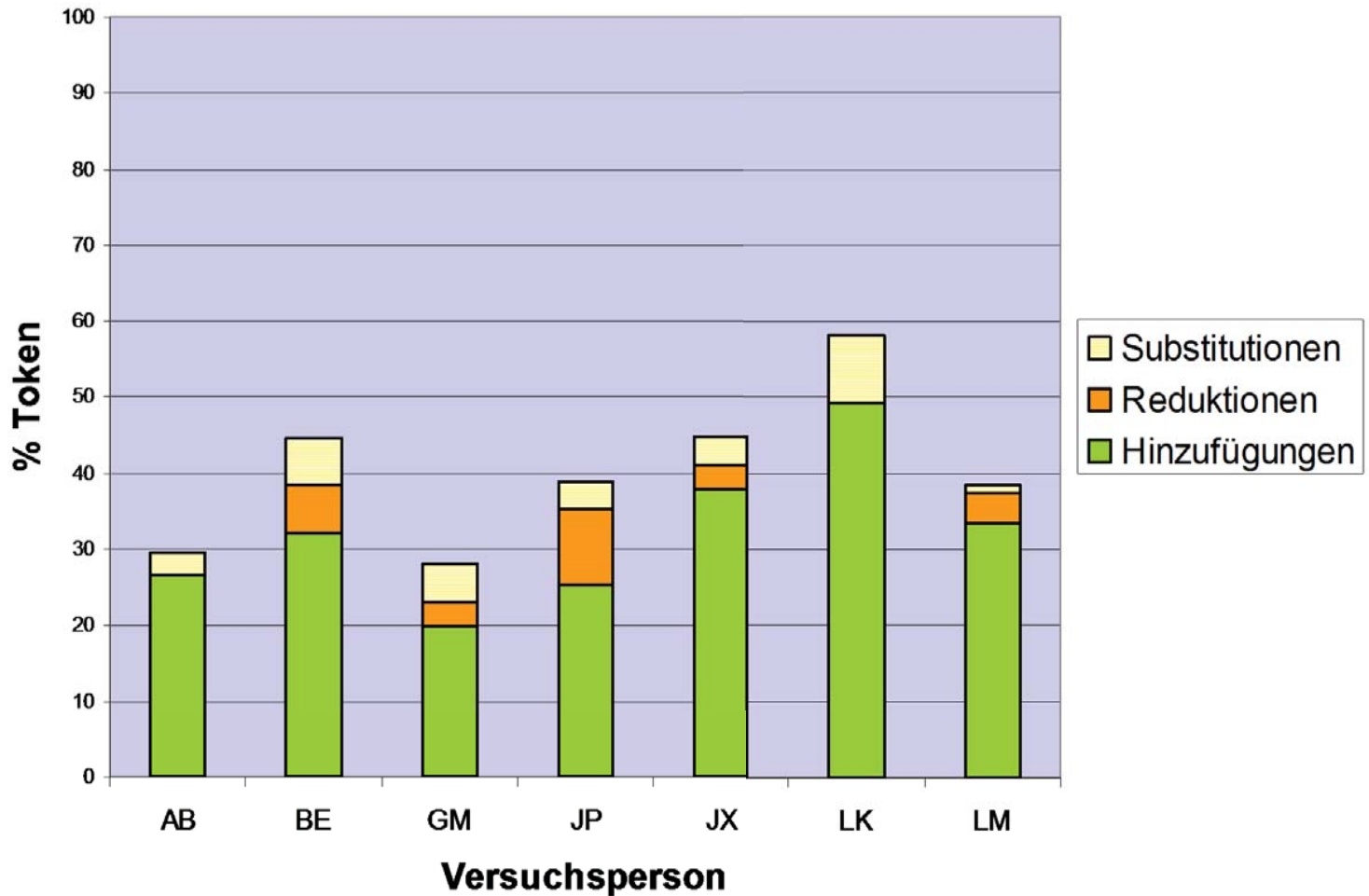
Die Auslenkung der hinzugefügten Geste kann stark variieren.  
Was tatsächlich abläuft, ist für den Hörer oft nicht zu ermitteln:  
Bei kleiner /k/-Bewegung klingt “top” vielleicht noch wie “top”.  
Bei großer /k/-Bewegung klingt “top” vielleicht wie “cop”.

Wie müsste der Bewegungsablauf aussehen, wenn /t/ wirklich durch  
/k/ ersetzt worden ist?

Ausgehend von der traditionellen auditorischen Versprecheranalyse würde man Substitutionen als häufigste Versprecherart erwarten: z.B. “/t/ wird durch /k/ ersetzt”.

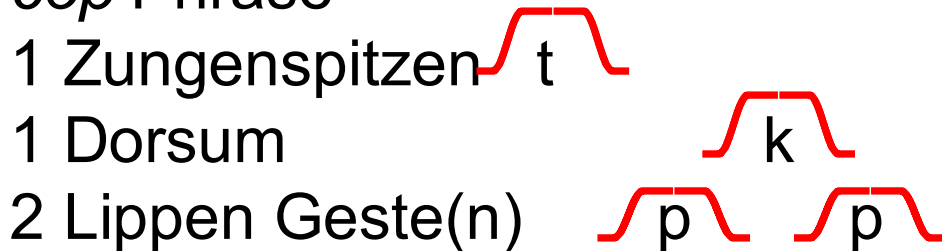
Die Analyse der tatsächlichen Bewegungsabläufe zeigt aber, dass Hinzufügungen (“gestural intrusions”) bei weitem überwiegen.

# Häufigkeit der Versprecherarten

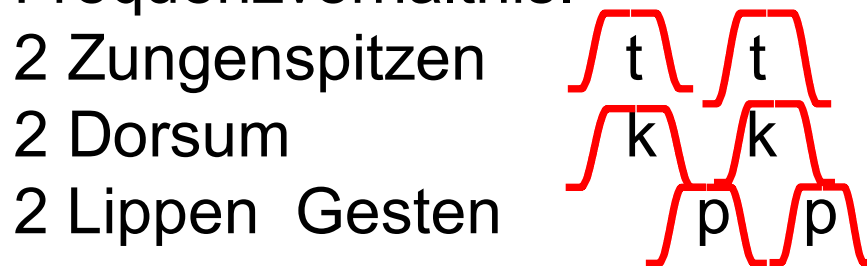


# Versprecher als Fehlkoordination

- Vor Übergang zu fehlerhafter Koordination ist in jeder *top cop* Phrase

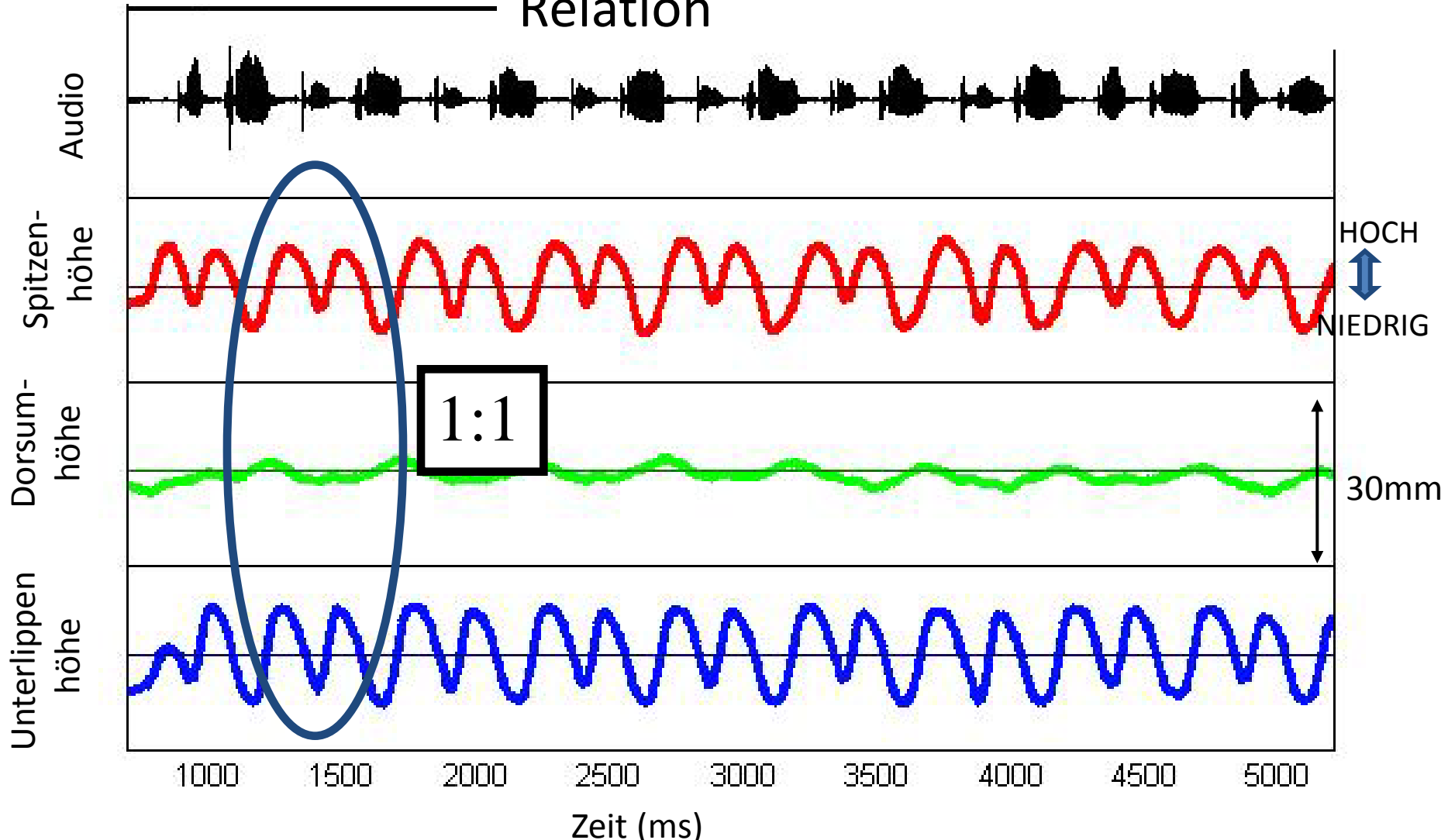


- Nach dem Übergang sind alle Gesten in einem 1:1 Frequenzverhältnis.



# "top top"

Zungenspitze und Lippen sind in 1:1  
Relation



"top cop"

**vor** Übergang

**1** Zungenspitzen-

**1** Dorsum-

**2** Lippengesten

**nach** Übergang

**2** Zungenspitzen-

**2** Dorsum-

**2** Lippengesten

Audio



Spitzen-  
höhe

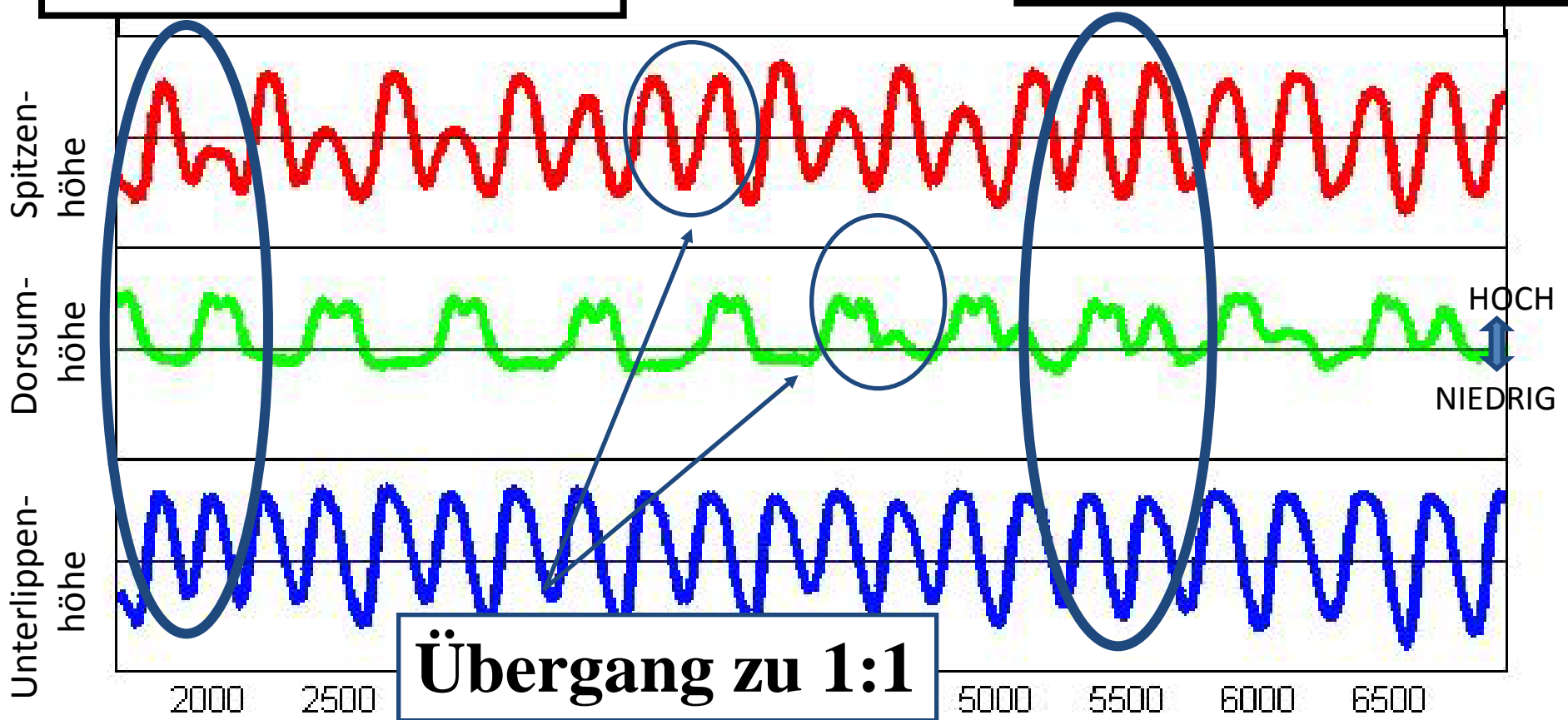
Dorsum-  
höhe

Unterlippen-  
höhe

HOCH  
NIEDRIG

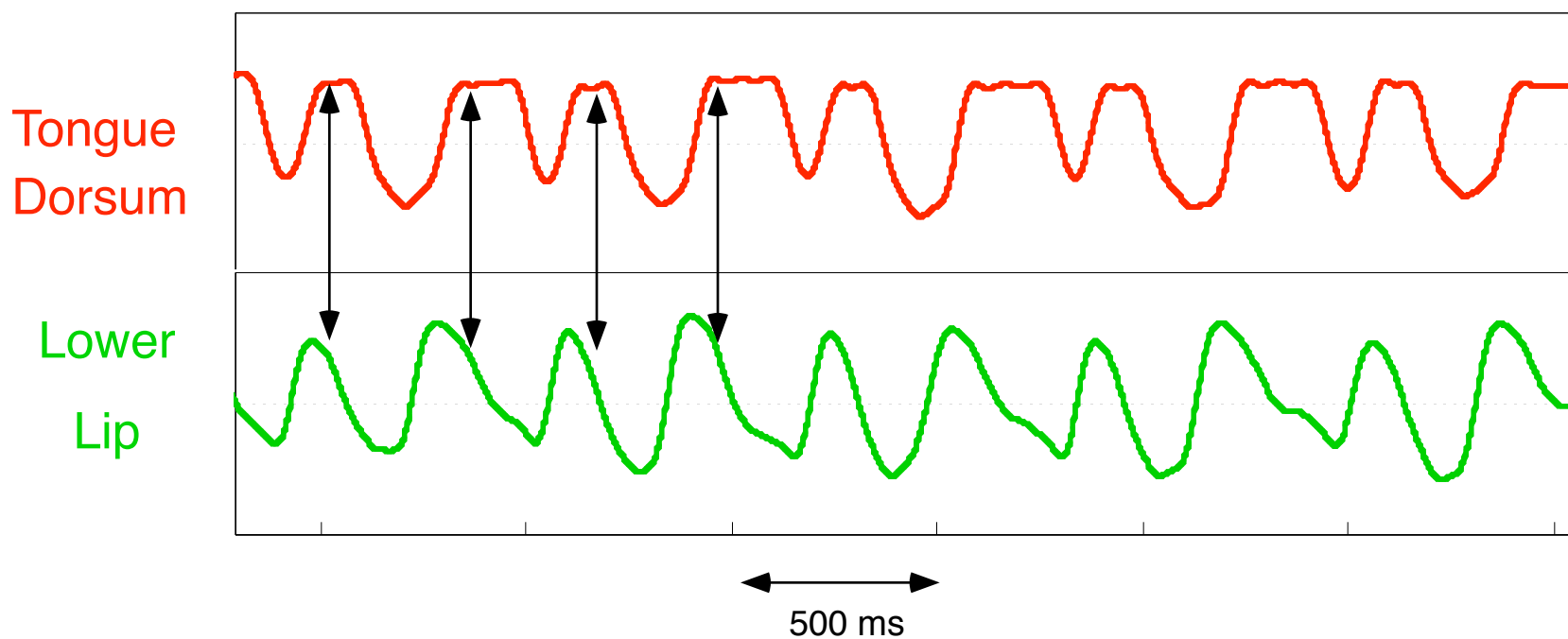
**Übergang zu 1:1**

Zeit (ms)



# “cop cop”

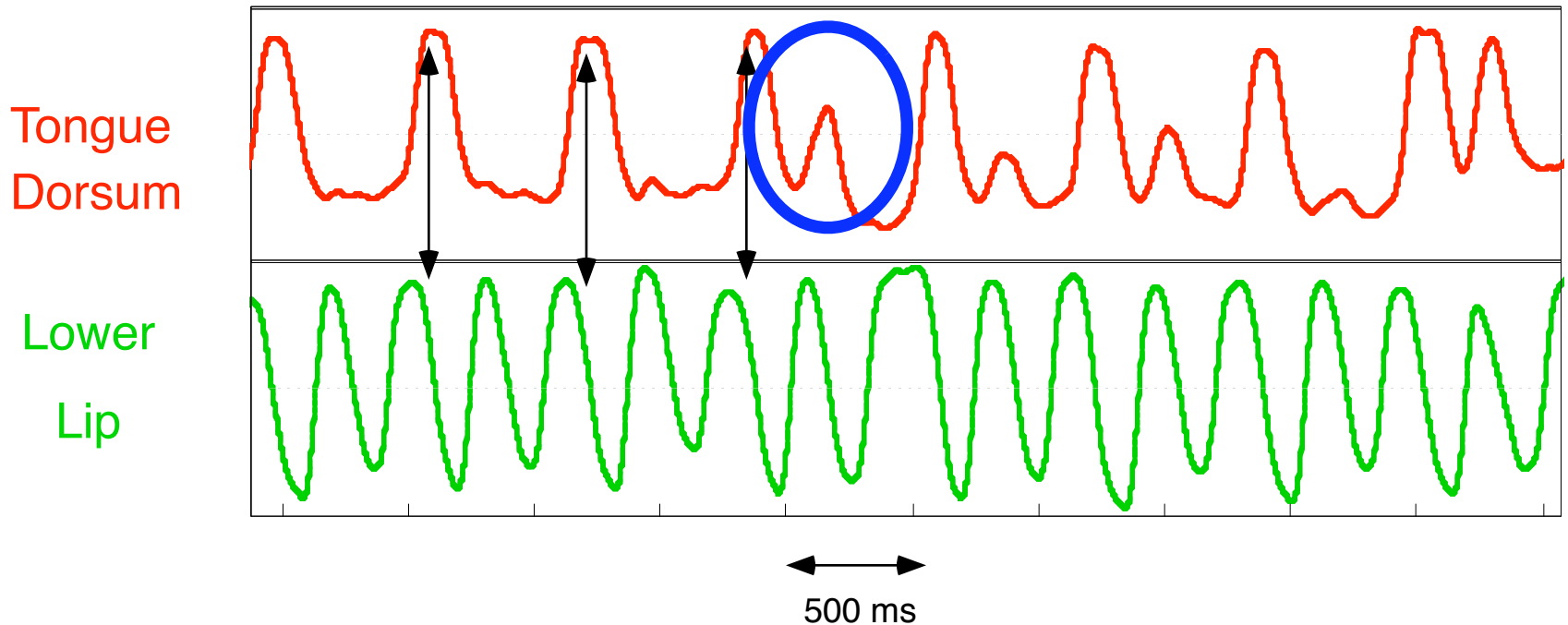
- TD and Lips are frequency-locked in 1:1 relation.





# “cop top”

- TD and Lips are frequency-locked in 1:2 relation.
- TD intrusion error can be viewed as a **spontaneous transition to a simpler mode** of frequency-locking (1:1) between TD and Lip constrictors.



## Zwischenfazit

Auditorische Analysen von Versprechern können irreführend sein.  
Die Fehler lassen sich nicht als Vertauschen von Symbolen (wie /t/  
und /k/) auf der Planungsebene erklären.

sondern

Daten stützen die Hypothese, dass Grundbausteine für die  
Repräsentation von Wörtern dynamisch spezifizierte Gesten sind.

Allgemeine Prinzipien der Bewegungskoordination  
(Synchronisierung) greifen dann ganz automatisch

Weitere Hinweise

(1) aus der Sprachpathologie: Sprechapraxie

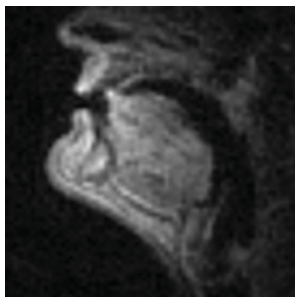
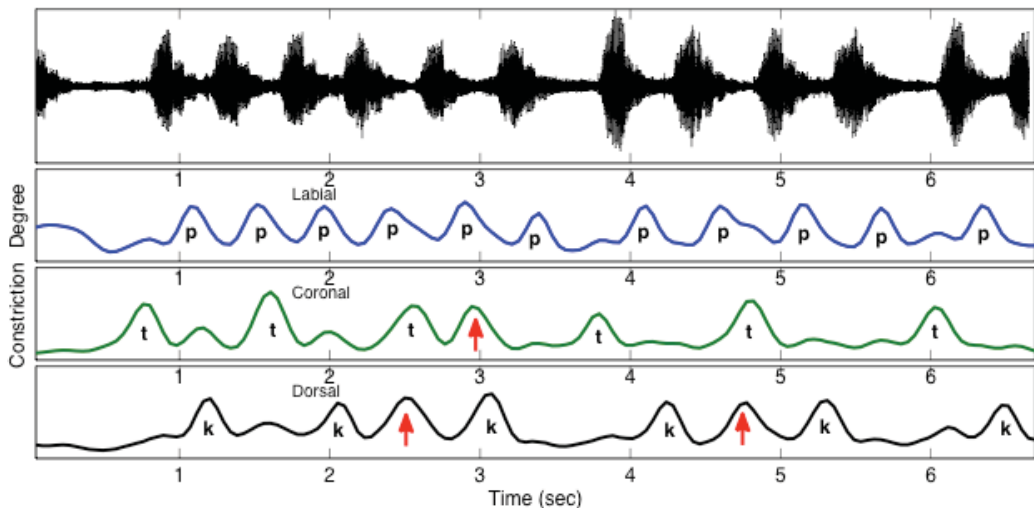
Daten von Hagedorn et al. (2012):

*“Characterizing Covert Articulation in Apraxic Speech Using Real-time MRI”*, Interspeech

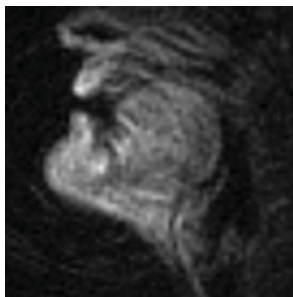
“When producing repeated sequences such as ‘top-cop’, in which /t/ and /k/ gestures are in 1:2 frequency locking with the /p/ gesture, normal speakers produce intrusion errors, in which gestures for /t/ and /k/ are coproduced (Goldstein et al., 2007). The number of intrusions was found to increase with speech rate: with acceleration, it becomes increasingly difficult to maintain the 1:2 mode of coupling, and speakers shift into the simpler mode of 1:1 coordination, in which both onsets /t/ and /k/ are produced simultaneously before each coda /p/ iteration (Goldstein et al., 2007). Past studies using EPG (Pouplier & Hardcastle, 2005) provide indirect evidence that such gestural intrusion error or “misdirected articulatory gesture” frequency is higher for apraxic speakers than for normal speakers.”

(aus Hagedorn et al., 2012)

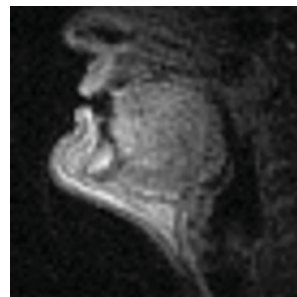
## Apraxic TOPCOP 1



target /t/



target /k/



intrusion error (/t+/k/)

Figure 2, Top: *Acoustic waveform and time-aligned estimated constriction functions (labial, coronal, dorsal) in /kɒp-tɒp/ repetition task: apraxic speech.* Bottom: *MRI frames showing articulatory postures for target /t/, target /k/, and first intrusion error (coproduced /t-k/).*

Der Sprechapraxiepatient zeigt  
sehr ähnliche Fehlermuster, wie die Normalsprecher im früheren  
“cop-top“-Experiment (“gestural intrusions”)  
aber viel häufiger.

Mögliche Konsequenz:

Viele Artikulationsfehler sind nicht hörbar.

## Weitere Hinweise (2) aus Experimenten zu “Entrainment”

Zwei Sprecher müssen gleichzeitig sprechen.

Wie koordinieren sie sich miteinander? Treten Interferenzen auf?

Daten aus einem Pilotexperiment am IPS in Anlehnung an:

Tiede, M., Bundgaard-Nielsen, R., Kroos, C., Gibert, G., Attina, V., Kasisopa, B., Vatikiotis-Bateson, E. & Best, C. (2010). *Speech articulator movements recorded from facing talkers using two electromagnetic articulometer systems simultaneously*. Proceedings of Meetings on Acoustics, Vol. 11, 060007.

Subjects spoke alternating word sequences for 30s, e.g.

S1: “Topf Kopf Topf Kopf .....

S2: “Kopf Topf Kopf Topf .....

sometimes “disturbed” by instructions from investigator to speed up or slow down.

some non-alternating sequences also recorded, e.g.

S1: “Topf Topf Topf Topf .....

S2: “Kopf Kopf Kopf Kopf .....

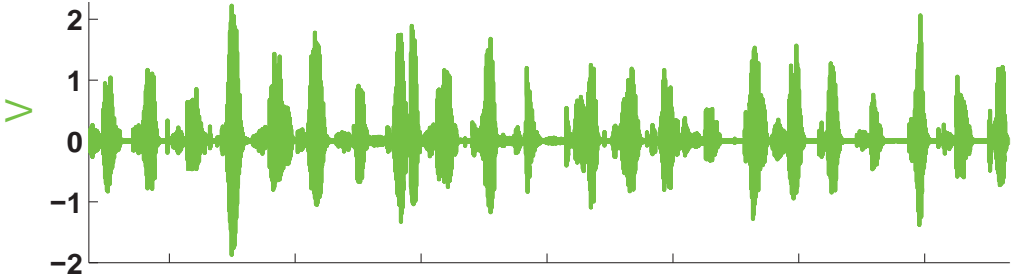


For both speakers movements of tongue-tip (TT) and tongue-dorsum (TB) were measured.

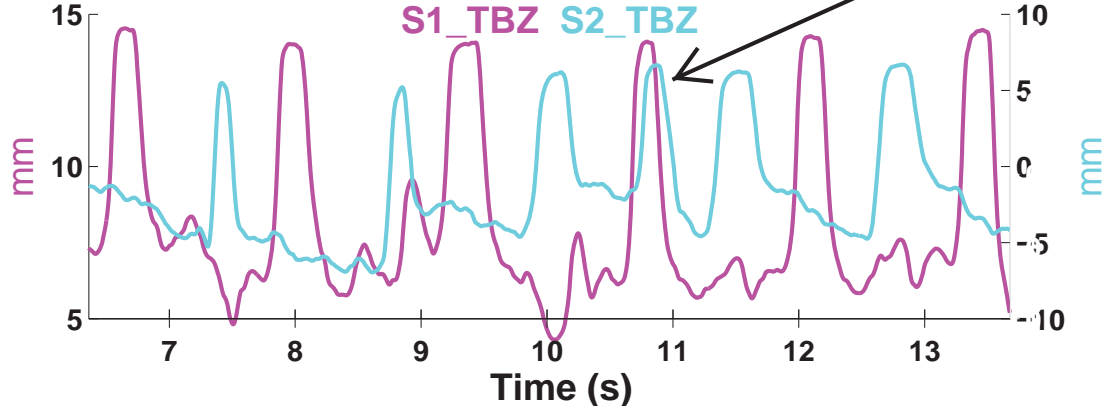


Alternating phase of tongue-tip and tongue-body is unstable.

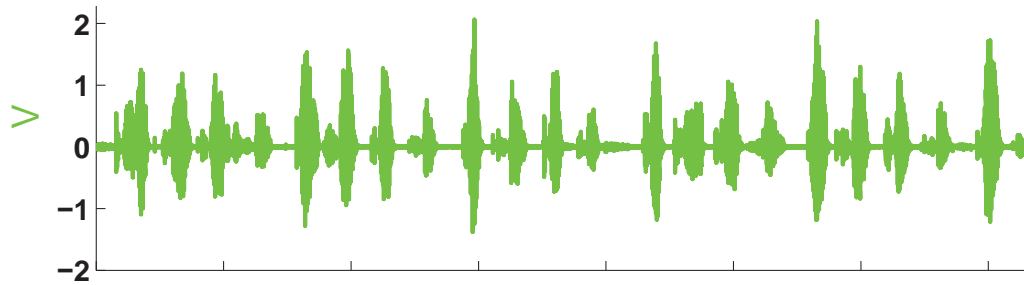
Within-speaker entrainment towards all articulators in phase



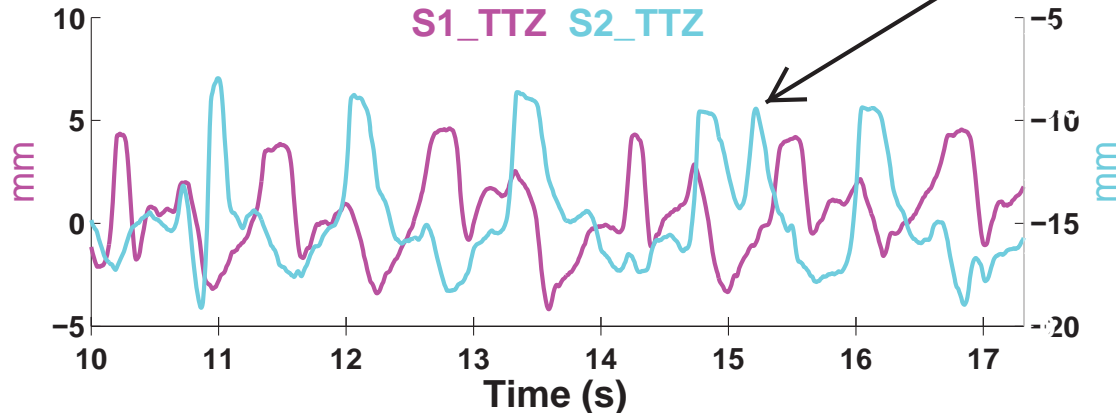
Intrusive gesture of TB for S2



Alternating phase of tongue-tip and tongue-body is unstable.  
Within-speaker entrainment towards all articulators in phase



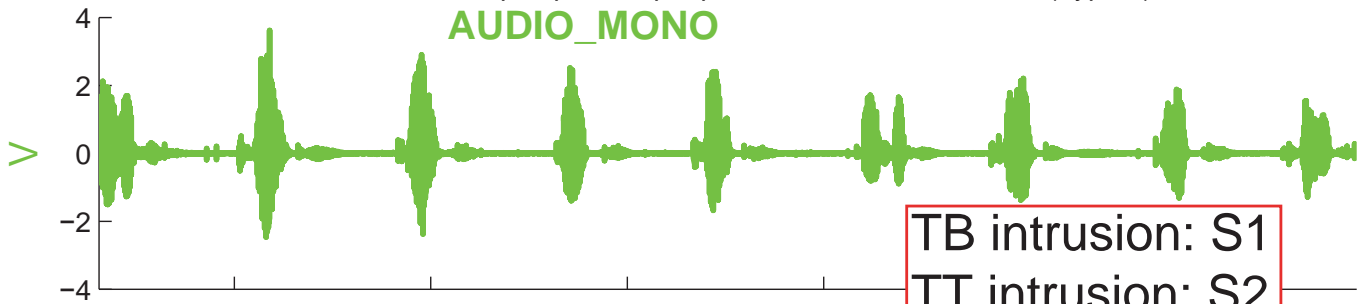
Intrusive gesture  
of TT for S2



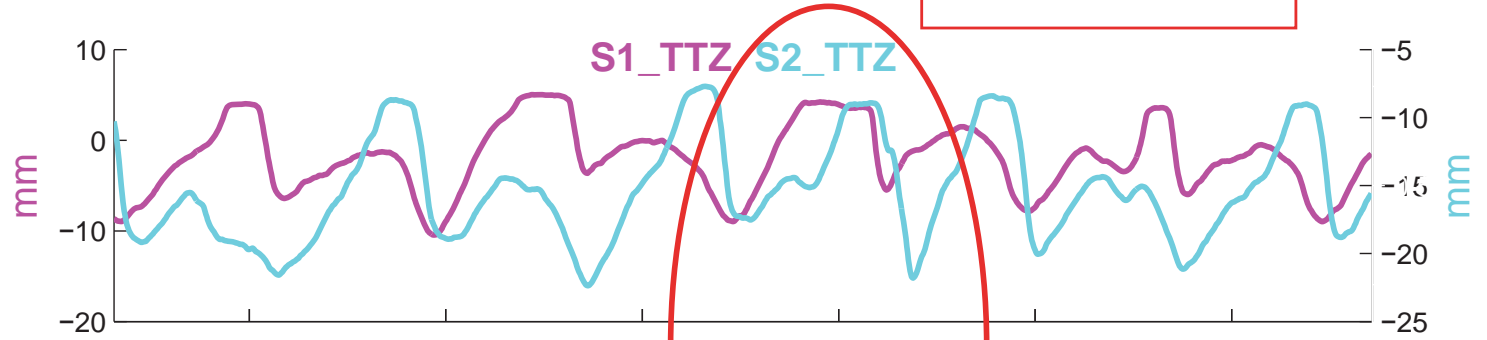
Sometimes the two speakers even show a gestural intrusion simultaneously!

twinema1\_cut: Cut 10/37. "1\_topfkopf\_2\_kopftopf\_N<AG500 10 189454>" (Type 0) 30.08 s. Trial 10

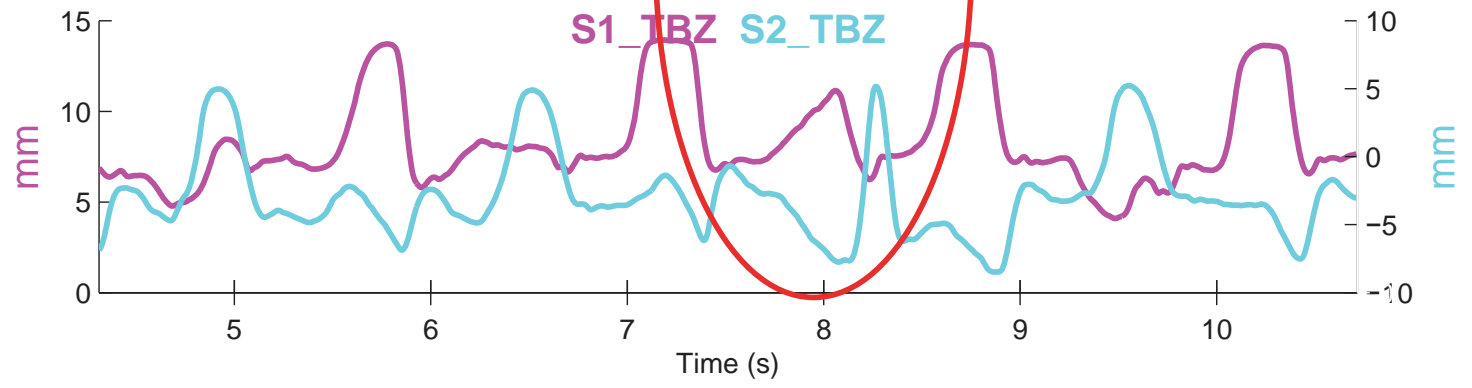
AUDIO\_MONO



TB intrusion: S1  
TT intrusion: S2

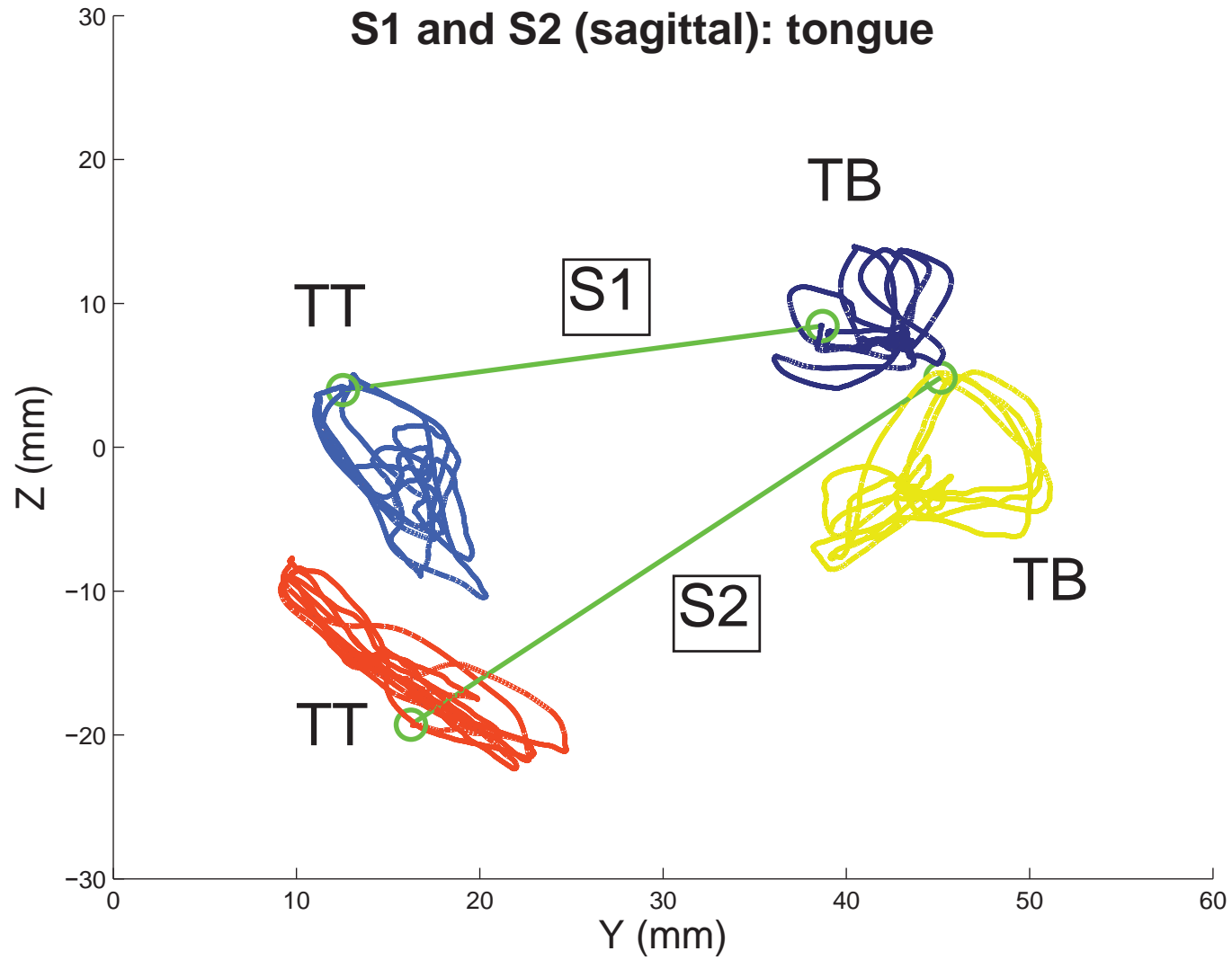


S1\_TTZ S2\_TTZ



S1\_TBZ S2\_TBZ

# S1 and S2 (sagittal): tongue



Movie demo

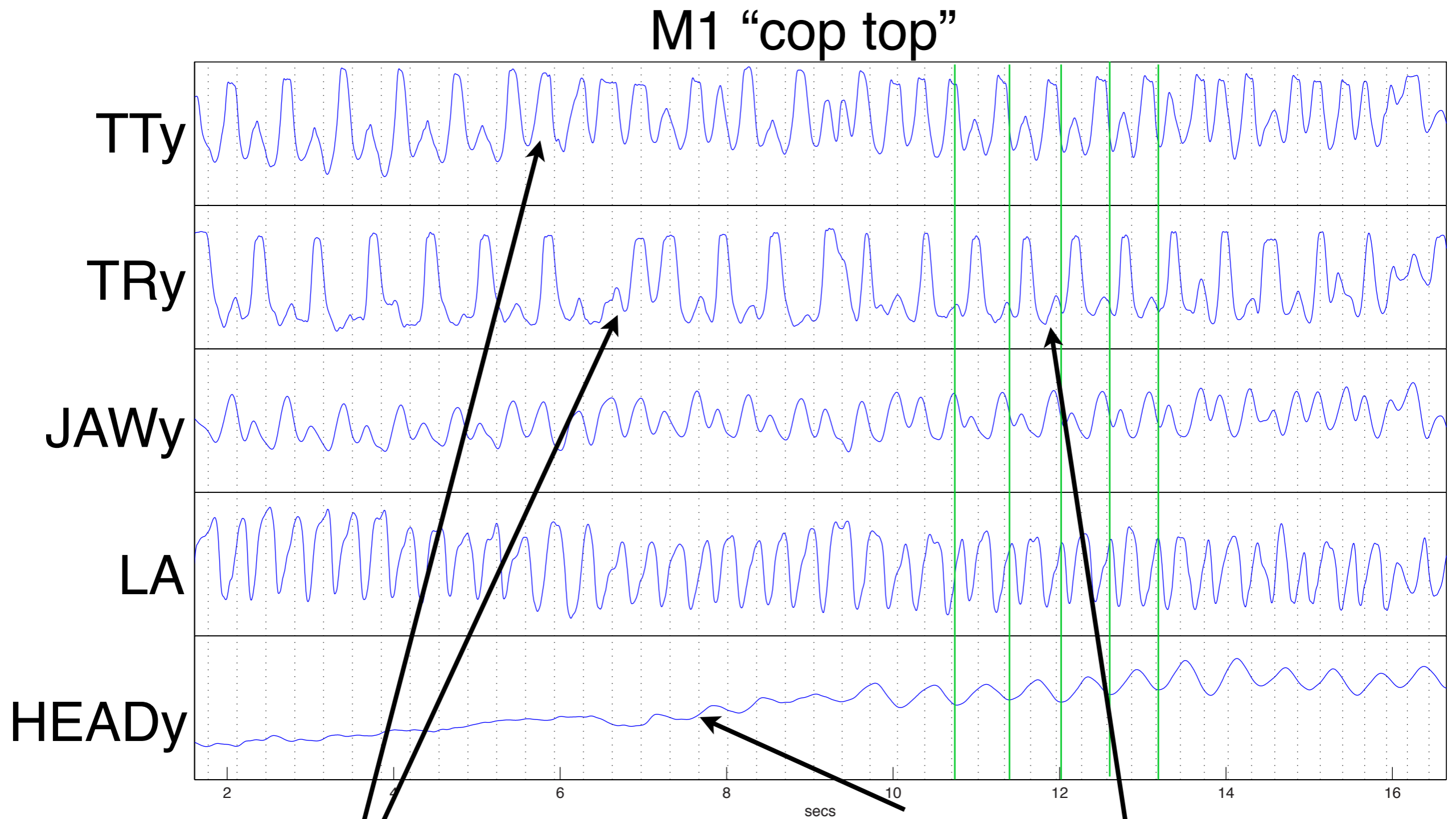
Das Spiel geht weiter:

Within-speaker entrainment between head and articulators in a rhythmic speech task?

Tiede, M., Goldstein, L., Mooshammer, C., Nam, H., Saltzman, E. & Shattuck-Hufnagel, S. (2011) *Head movement is correlated with increased difficulty in an accelerating speech production task*. Proc. International Seminar on Speech Production, Montreal



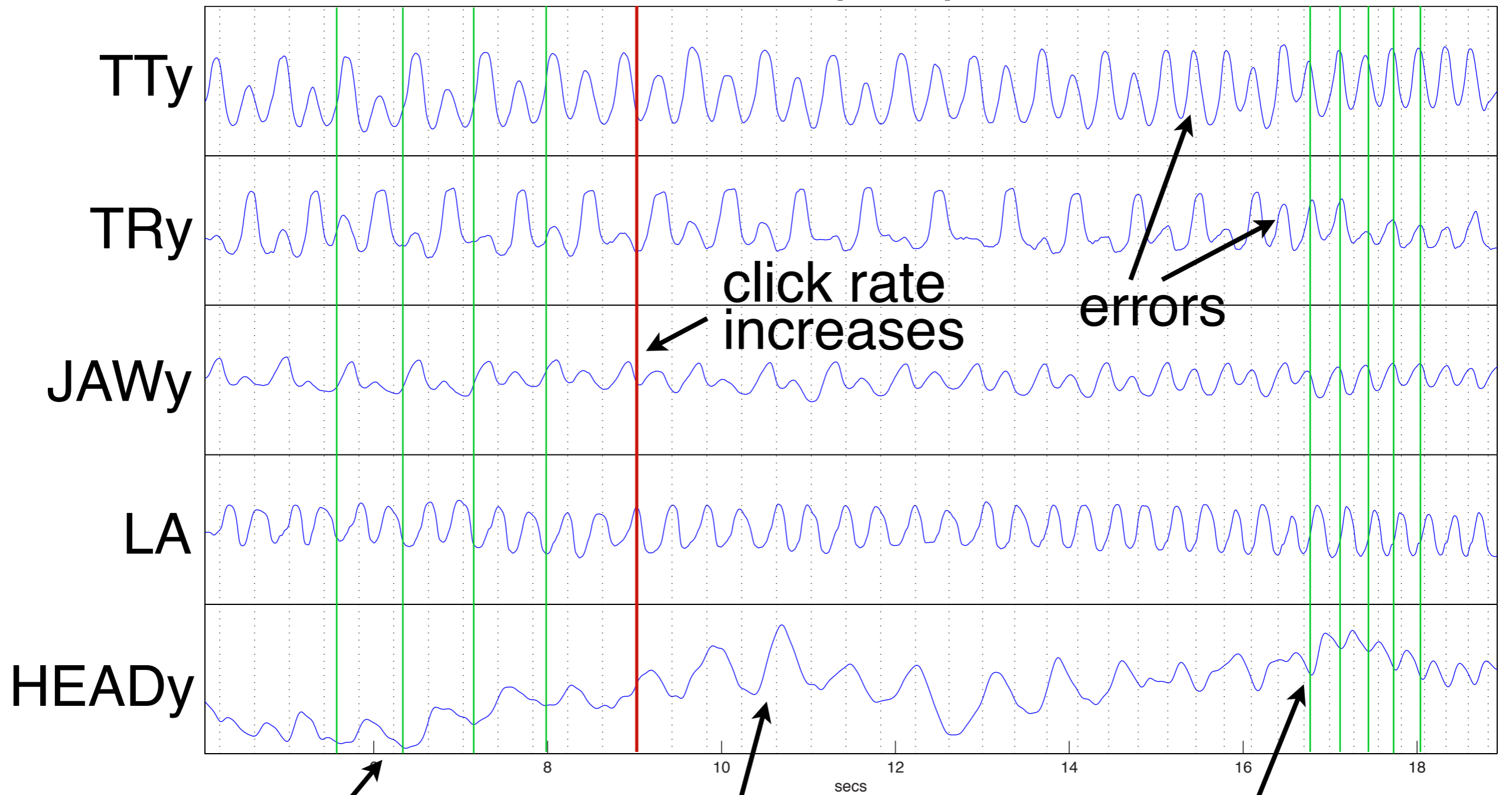
# Entrainment examples



following errors, head movement increases, reinforcing 2:1 frequency pattern and restoring stable alternation

# Entrainment examples

M2 "top cop"



2:1 frequency

amp. increase

transition to 1:1 freq.

## Fazit

(1)

Gekoppelte dynamische Systeme sind bei der menschlichen Motorik allgegenwärtig (auch in unserer Umwelt).

Es wäre überraschend, wenn die lautsprachliche Kommunikation nicht darauf aufbauen würde.

(2)

Bei Versprechern (sowohl bei gesunden Sprechern als auch in der Sprachpathologie) und auch bei “connected speech processes” (“perfect-memory-Beispiel”) ist es mit ohrenphonetischen Methoden nicht immer möglich auf die zugrundeliegenden Bewegungsabläufe zu schließen.

## Literatur

- Pouplier M. & Hardcastle W. (2005). *A Re-Evaluation of the Nature of Speech Errors in Normal and Disordered Speakers*. *Phonetica* 62, 227-243
- Hagedorn, Proctor, Goldstein, Tempini, Narayanan (2012). *Characterizing Covert Articulation in Apraxic Speech Using Real-time MRI*. Proc. Interspeech Portland
- L. Goldstein, M. Pouplier, L. Chen, E. Saltzman and D. Byrd (2007). *Dynamic action units slip in speech production errors*. *Cognition* 103(3), 386-412.