



# Perturbation und Kompensation – „bite-block“ Experimente

München, 06. November 2009

Hauptseminar: Experimentalphonetik

Dozent: Dr. Phil Hoole

Referentin: Laura Folk

# Gliederung

- Einführung
  
- Vorstellung verschiedener Experimente
  - Lindblom et al.
  - Fowler & Turvey
  - Kelso & Tuller
  
- Zusammenfassung/Diskussion
  - Vorstellung möglicher Kompensationstheorien

- Kompensatorische Vokalproduktion

= Fähigkeit von Sprechern trotz fixierter Unterkieferposition verständliche Vokale zu produzieren

= Fähigkeit von Sprechern normale Sprache unter neuen kontextuellen Bedingungen zu generieren

- Äquifinalität/motorische Äquivalenz  
= befähigt Menschen (und Tiere) ein und dasselbe Ziel über mehrere unterschiedliche Wege anzusteuern und zu erreichen (z.B. Zielposition der Artikulation)  
  
⇒ Sprache ist generativ (?)

- Um Äquifinalität zu beweisen werden gerne Experimente mit sog. „bite-blocks“ herangezogen, die den Unterkiefer fixieren
- Zweck: man möchte herausfinden ob sich
  - A) die Reaktionszeiten der Vokalproduktion unterscheiden (normal vs. bite-block)
  - B) sich sofort typische (andere) Formantwerte einstellen
  - C) ein Lernprozess von statten geht

# Leitfrage

- Welche Art von Kontrollprozessen der Motorik ist der Grund für die adaptive, generative Beschaffenheit von Sprache?
- Existieren sofortige Lernprozesse?

# Experiment I

## (Lindblom et al. 1979)

- 6 schwedische Sprecher
- Untersuchung der Vokale /i, u, o, a/ (9 Wdh.)
- 3 Konditionen:
  - Normale Kieferposition (N)
  - Abgesenkte Kieferposition (B) mithilfe von Biteblocks mit 2,5mm ( $B_S$ ) bzw. 22,5mm ( $B_L$ ) Dicke
- Aufnahmeabfolge: N – B – N
- Insgesamt 432 Äußerungen ( $6 \times 4 \times 9 \times 2$ )

# Experiment I

## (Lindblom et al. 1979)

- Messungen erfolgten beim 1. Glottisimpuls da zu dem Zeitpunkt noch kein auditives Feedback den Output korrigieren konnte (Annahme!)
- $B_L$  = sehr unnatürlich für /i/ und /u/, auch für /o/ wohl die extremere Artikulationsposition, weniger für /a/
- $B_S$  = sehr unnatürlich für /a/, kaum für /i/ und /u/

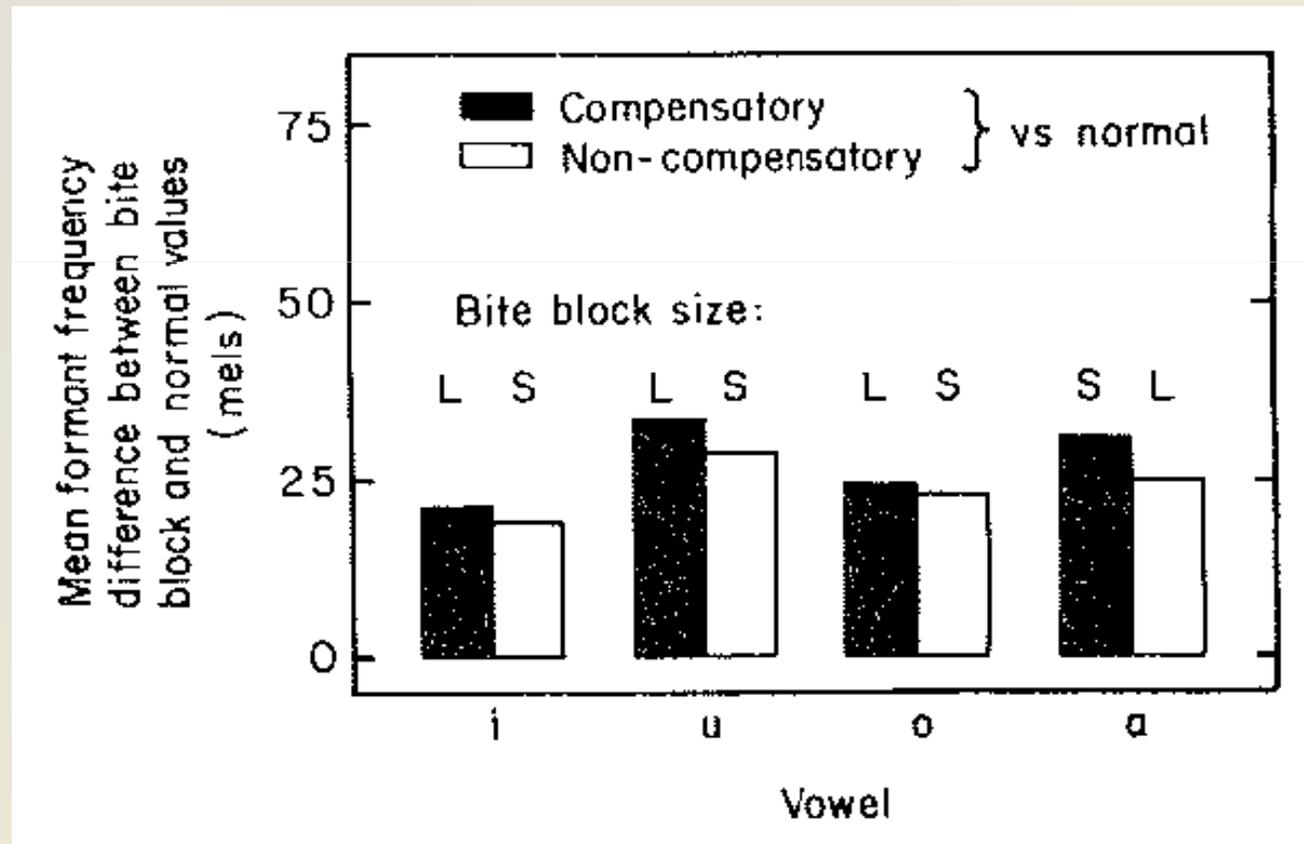
# Experiment I

## (Lindblom et al. 1979)

- Ziele des Experiments:
  - Wie fällt die sofortige (ungeübte) Antwort auf Kondition B aus?
  - Können Vpn unter Kondition B Vokale erzeugen, die identisch zu Kondition N sind?
  - Wenn ja, wie lange brauchen sie dafür unter der Bedingung, dass sie sich anstrengen so wenig Durchgänge wie möglich zu benötigen?

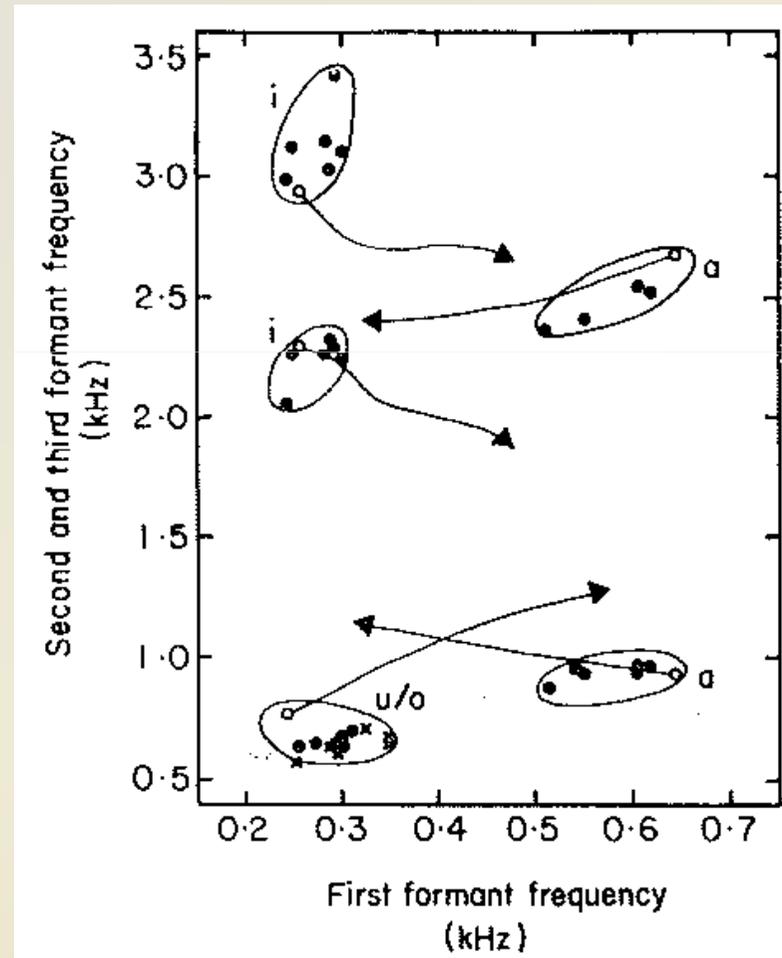
# Experiment I (Lindblom et al. 1979)

- Ergebnisse:



# Experiment I (Lindblom et al. 1979)

- Weiße Kreise und Pfeile = prognostizierte Werte für Vokale ohne Kompensation bei Perturbation der Kieferposition
- Schwarze Punkte = tatsächlich beobachtete Werte

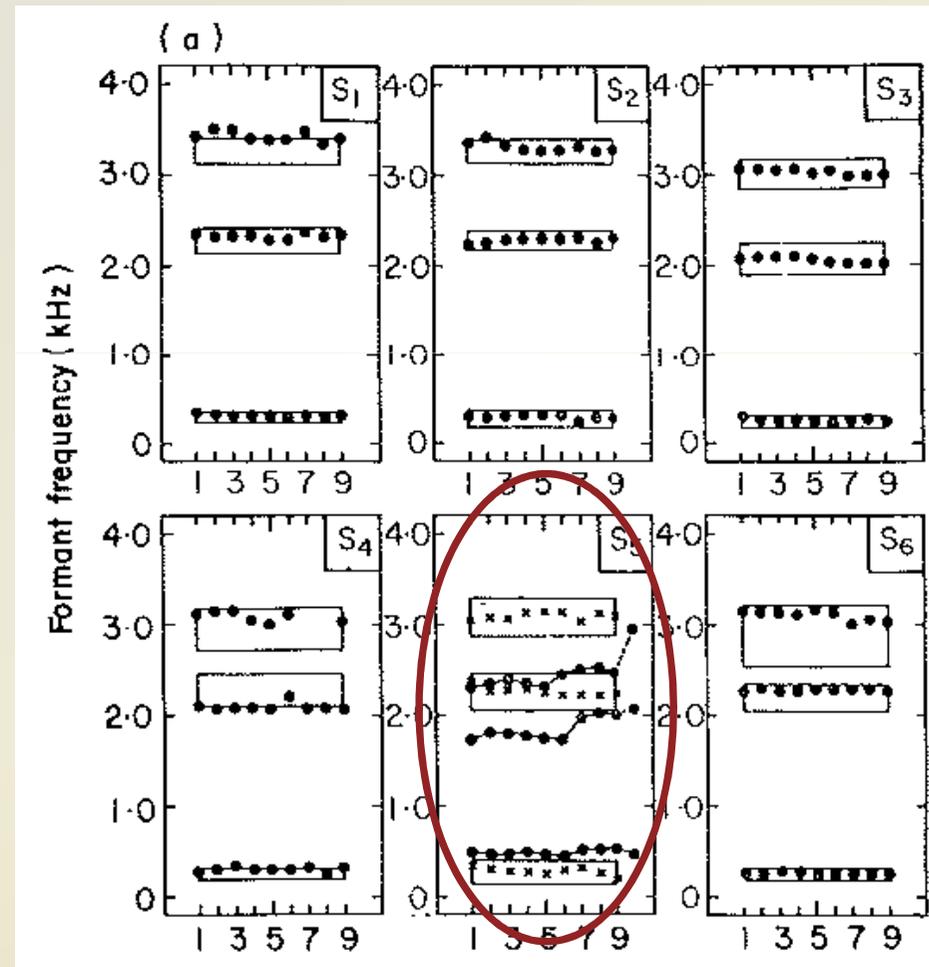


# Experiment I (Lindblom et al. 1979)

- Beide Abbildungen lassen den Schluss zu, dass die extremen „bite-block“-Konditionen die Sprecher nicht daran hindern konnten in fast allen Fällen nahezu perfekte Formantmuster zu erlangen
- Aber: die Abbildungen zeigen den Durchschnitt aller Sprecher!
- ⇒ Gelangt man noch zu sprecherspezifischen Ergebnissen?

# Experiment I (Lindblom et al. 1979)

- Sprecher S<sub>5</sub> bei /i/:
  - F2 und F3 deutlich zu tief
  - F1 zu hoch
  - Klarer Fall von Unter-Kompensation mit der der Sprecher nicht klarkommt
  - Werte passen zum Vorhersage-Modell (!)
  - Mit einem 15mm „bite-block“ weit bessere Ergebnisse (mechano-anatomische Unterschiede zwischen den Sprechern)



# Experiment I (Lindblom et al. 1979)

- Ergebnisse zusammengefasst:
  - Mehrheit der Messungen zeigt eine fast perfekte kompensatorische Vokalproduktion bei fester, physiologisch unnatürlicher Kieferposition
  - Systematische Abweichungen bei den Formantwerten werden als perzeptuell unauffällig registriert
  - „Lernen“ war nicht notwendig um die Aufgaben zu bewerkstelligen
  - Ergebnisse sprechen für „non-auditory sensory feedback“ Systeme

# Experiment II

## (Fowler & Turvey 1980)

- 2 Gruppen von Vpn
  - Antworten unter Zeitdruck d.h. mit Instruktion so schnell wie möglich zu antworten und dem Hinweis darauf, dass die Reaktionszeiten gemessen werden
  - Antworten ohne Zeitdruck
- Vokale /i, ε, a, ɔ, ʌ, u/
- „bite-blocks“ = Holzdübel 14mm hoch und 10mm  $\varnothing$
- Formantwerte wurden am Vokalonset gemessen

# Experiment II

## (Fowler & Turvey 1980)

- Hypothese:
  - Wenn das Wissen des Sprechers von Sprachsegmenten generativ ist, dann müsste die Produktion von neuen Segmenten (im Sinne von veränderter Physiologie) Teil einer normalen Operation von Sprachproduktion sein und daher die Antwortzeiten von „bite-block“ Vokalen sich nicht von denen normaler Vokale unterscheiden.

# Experiment II (Fowler & Turvey 1980)

## ■ Ergebnisse

- Reaktionszeit: Gruppen unterschieden sich signifikant in Bezug auf die Antwortzeit
- Akustische Messungen:
  - Sehr kleiner, aber nachweisbarer Effekt der bite-blocks (FI tendiert höher zu sein als normal)
  - Kaum ein Hinweis auf einen Trainingseffekt
  - Kein signifikanter Beweis, dass Vpn unter Zeitdruck durch den bite-block mehr beeinträchtigt wurden

# Experiment II

## (Fowler & Turvey 1980)

### ■ Individuelle Sprecherergebnisse:

*Table II.* Number of significant t tests comparing normal and bite-block vowels on F1 and F2, listed separately for subjects in groups 1 and 2

	Group 1	Group 2
Talker 1	2	1
Talker 2	4	2
Talker 3	6	3
Talker 4	6	5
Sum	18	11

- Sprecher der Gruppe I zeigen mehr signifikante t-Tests bei „bite-block“ Effekten (ist aber aufgrund der Intervariabilität der Gruppen nicht signifikant)

# Experiment II

## (Fowler & Turvey 1980)

- Ergebnisse perzeptuelle Messungen:

*Table V.* Mean number correct out of 24 (and SD) on perceptual test of normal and bite-block vowels

	Condition	
	normal	bite block
Talker 1	19.0 (2.2)	18.3 (2.5)
Talker 2	19.5 (3.2)	17.1 (3.2)
Talker 3	20.5 (2.2)	21.2 (2.0)
Talker 4	18.6 (2.7)	17.7 (3.0)

- Vokale mit „bite-block“ wurden größtenteils ohne Probleme identifiziert aber werden gleichzeitig als deutlich anders wahrgenommen d.h. die Behinderung durch den „bite-block“ ist auditiv wahrnehmbar

# Experiment III

## Kelso & Tuller (1983)

- 4 naive weibliche Sprecherinnen und ein phonetisch geschulter männlicher Sprecher
- Vokale /i, a, u/ isoliert und im pVp-Kontext
- „bite-blocks“ aus Acryl mit je 5mm für /a/ und 17 oder 23mm (je nach Anatomie des Sprechers) für /i/ und /u/
- Anästhesie:
  - 2%ige Xylocain-Lösung auf die Zunge und Mundhöhle sowie links und rechts Injektionen in den Gesichtsnerv
- 90dB weißes Rauschen

# Experiment III

## Kelso & Tuller (1983)

- Aufnahme-Konditionen:
  - Normal (ohne alles)
  - Mit „bite-block“ ohne Anästhesie
  - Mit „bite-block“ und Anästhesie
  - Mit allem („bite-block“, Anästhesie, weißes Rauschen)
- Akustische Messungen an den isolierten Vokalen beim ersten Glottisimpuls, bei pVp Sequenzen in der Mitte der Vokale

# Experiment III

## Kelso & Tuller (1983)

### Ergebnisse:

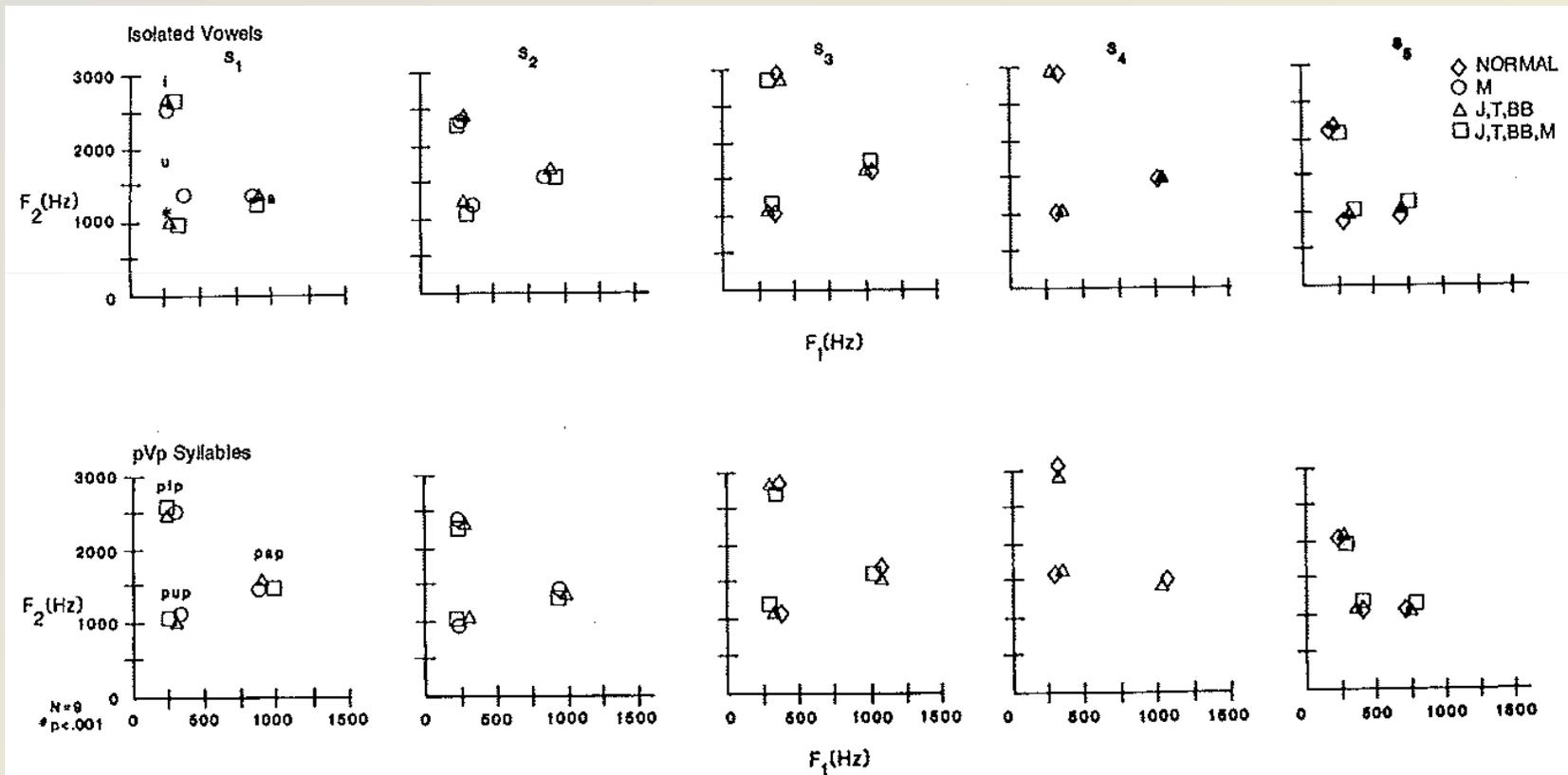
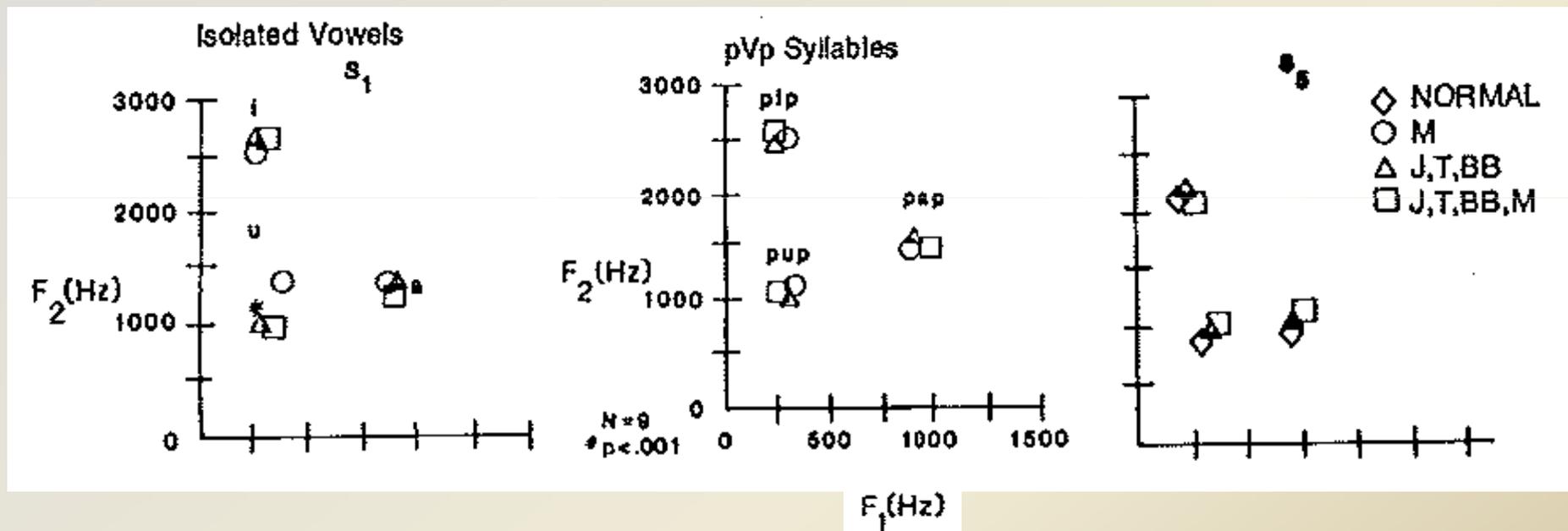


FIGURE 1. Mean values of  $F_1$  ( $x$  axis) and  $F_2$  ( $y$  axis) for nine repetitions of the indicated utterances. Data for the five subjects are presented separately. Top: Isolated vowels. Bottom: /pVp/ syllables. M = masking noise, J = TMJ block, T = topical anesthesia, BB = bite block.

# Experiment III

## Kelso & Tuller (1983)

- Ergebnisse



- Kritische Betrachtung wichtig!

# Experiment III

## Kelso & Tuller (1983)

- Ergebnisse:
  - Formantfrequenzen von /u/ fielen entgegengesetzt der Annahme, dass sie steigen (aufgrund der abnormalen Physiologie)
  - Formantwerte sind mit und ohne Maskierung sehr ähnlich
  - Messungen des phonetisch geschulten Sprechers sind konform mit denen der Laien
  - Allgemein kaum bis kein Beweis für systematische Lerneffekte

# Zusammenfassung Diskussion

- Wie ist es nun einem Sprecher möglich trotz solch gravierender Veränderungen der Physiologie verständliche Vokale zu produzieren?
- Welche Möglichkeiten der Kompensation sind denkbar?

# Zusammenfassung Diskussion

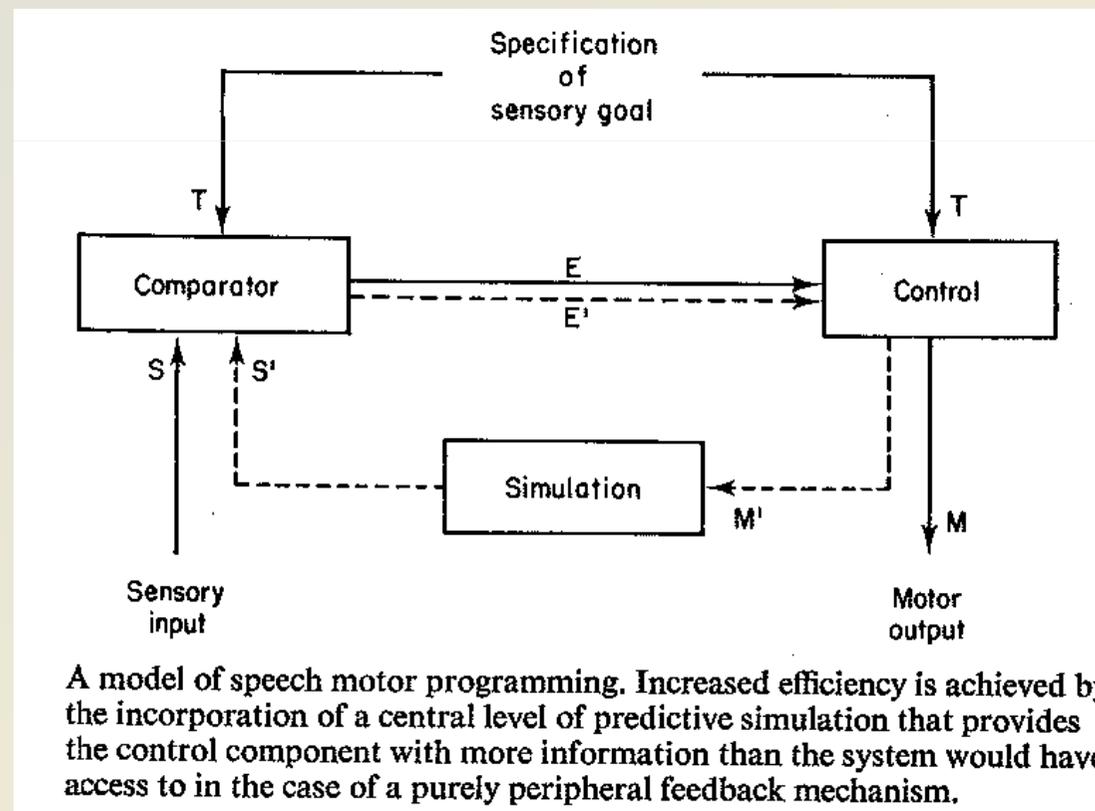
## ■ Lindblom:

- Aufgrund der Daten kann man die Meinung präferieren, dass erfolgreiche Kompensationen als Instanzen normaler kontext-sensitiver Kodierung von sprechmotorischen Kommandos sind.
- 2 Schlüsselfaktoren der charakteristischen Sprechmotorkontrolle:
  - Kontext-sensitiv und Hörer-orientierte Programmierung
  - Plastizität oder auch „Kreativität“ bei der Bewegungsgenerierung

# Zusammenfassung Diskussion

- Folglich:
  - Sprecher können so gut kompensieren, da es in der Natur der Sprachproduktion liegt d.h. die Programmierung der Bewegungen immer kompensatorisch (= kontext-sensitiv und vorausschauend) ist
  - Bisherige Vorschläge für diese Programmierungsinstanzen sind
    - Open-loop Kontrolle
    - Adaptive periphere closed-looped Kontrolle

- Neuer Vorschlag von Lindblom:
  - „predictive central programming (simulation)“



# Zusammenfassung Diskussion

- „predictive central programming (simulation)“
  - Open-loop: Übersetzung des sensorischen Ziels T in den motorischen Befehl M
  - Vorausschauender closed-loop: Simulation eines Fehlers bevor er auftritt und somit Verhinderung, dass er überhaupt eintritt
  
- Das System kann also aus Fehlern lernen, bevor diese in die Peripherie gelangen
- ⇒ Erklärung für Kompensation

# Zusammenfassung Diskussion

## ■ Fowler:

- Da nicht vollständig kompensiert wurde bleibt die Frage offen ob Segmentproduktion generativ ist
- Modell von Lindblom wird in Frage gestellt („unvorhersehbare Perturbationen können nicht vorhersehbar sein“)
- Wichtig für die Bewegungsgenerierung sind:
  - Sensorische Prämissen
  - Wissen über die sensorischen Konsequenzen

# Zusammenfassung Diskussion

- Masse-Feder Modelle als andere Erklärungsmöglichkeit:
  - Tragendes Merkmal = Äquifinalität
  - Diese wiederum basiert auf der Dynamik der beteiligten Kräfte und nicht auf den Instruktionen, die das System erhält
  - Ziel wird erreicht egal über welche Route
  
- ⇒ Kompensatorische Vokalproduktion kann also darauf basieren

# Zusammenfassung Diskussion

- Kelso:
  - Befürwortet ebenfalls das Masse-Feder-Modell (*target* wird immer erreicht, ungeachtet den Ausgangskonditionen)
  - Kompensation findet also nicht über konventionelle closed-looped Kontrolle statt, sondern ist eine Konsequenz der dynamischen Parameter des Systems
  - ⇒ Kompensation liegt in der Natur von Sprache

Ende

Danke für  
die Aufmerksamkeit!

- B. Lindblom, J. Lubker, T. Gay: „Formant frequencies of some fixed-mandible vowels and a model of speech motor programming by predictive simulation“  
(*Journal of Phonetics*, 1979)
- C. Fowler, M.T. Turvey: „Immediate Compensation on Bite-Block Speech“ (*Phonetica*, 1981)
- J.A. Kelso, B. Tuller: „Compensatory articulation under conditions of reduced afferent information: a dynamic formulation“  
(*Journal of Speech and Hearing Research*, 1983)