

Agentbasierte Modellierung und Lautwandel

Jonathan Harrington

Hintergrund

1. Computationelle Modelle des Lautwandels
2. Bias und Ursprung des Lautwandels
3. Koartikulation und Lautwandel
- 3, 4. Imitation und Dialektentwicklung
5. Exemplartheorie

Computationelle Modelle des Lautwandels

Komplexe Systeme

Lokale, zufällige Interaktionen führen zu komplexen Mustern in der Natur - ohne vorigen Entwurf oder Planung ¹

Agent-basierte Modellierung²

Agenten (z.B.) Menschen interagieren miteinander; daraus entstehen gemeinsame Prinzipien des Gruppenverhaltens.

Sprache als komplexes System³

Die Phonologie einer Gemeinschaft ist emergent³ (aus lokalen Interaktionen zwischen Sprecher und Hörer).

1. Schoenefeld, V. Introduction to Complex Systems: Patterns in Nature

2. Castellano, C., Fortunato, S. & Loreto, V (2009) Statistical physics of social dynamics. *Review of Modern Physics*, 81, 591–646.

3. Oudeyer, 2011, *Perilus*, 77-97

Computationelle Modelle bieten eine Methode, um den Ursprung des Lautwandels, seine Verbreitung, und menschliche Sprachverarbeitung zu verknüpfen

Ursprung des Lautwandels

Wie entwickelt sich phonetische Variabilität zu Lautwandel?
(Ohala, Solé, Beddor...)

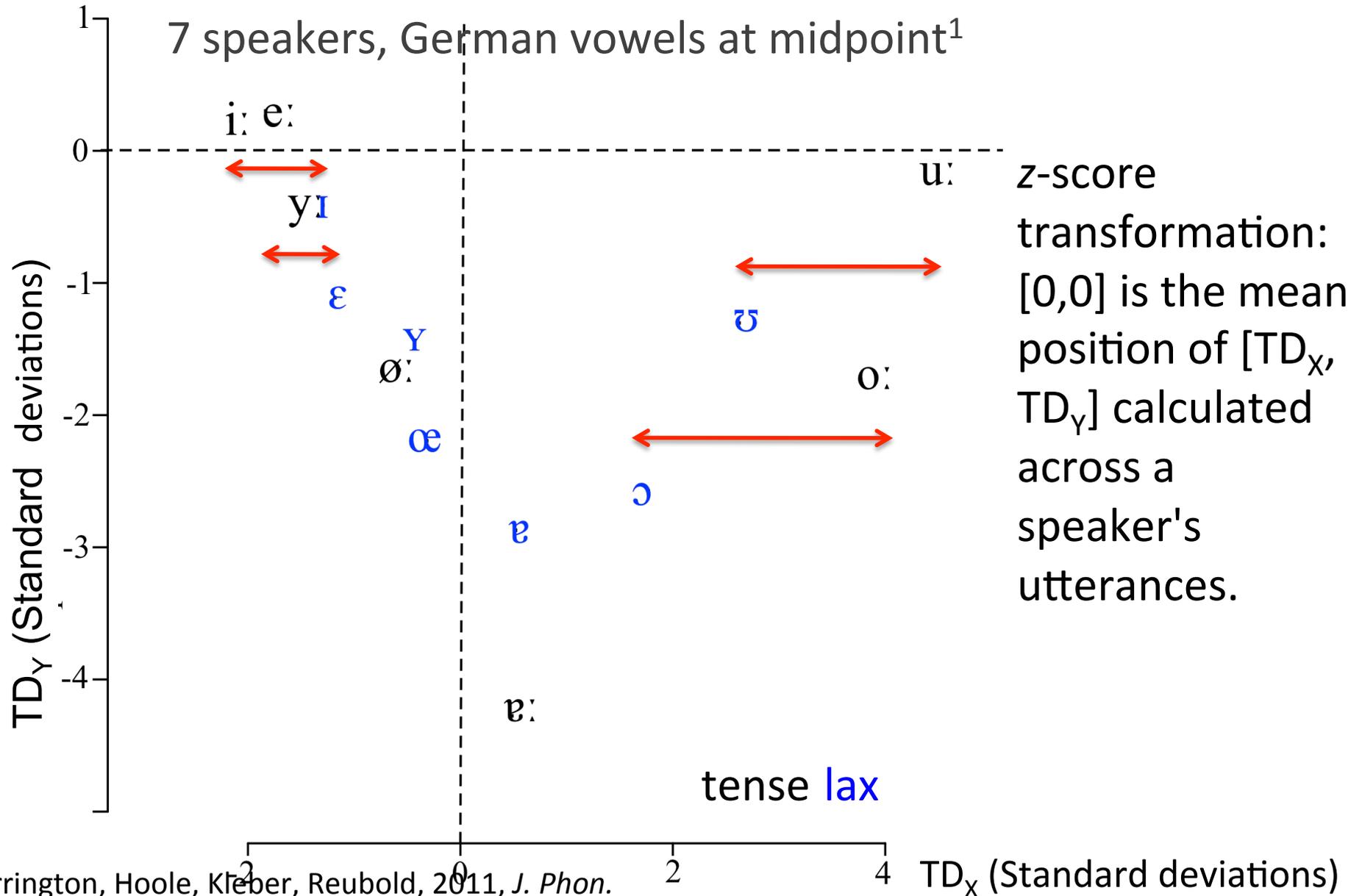
Verbreitung des Lautwandels

Wie verbreitet sind Lautwandel in einer Gemeinschaft?
(Soziolinguistik z.B. Labov)

2. Bias und Ursprung des Lautwandels

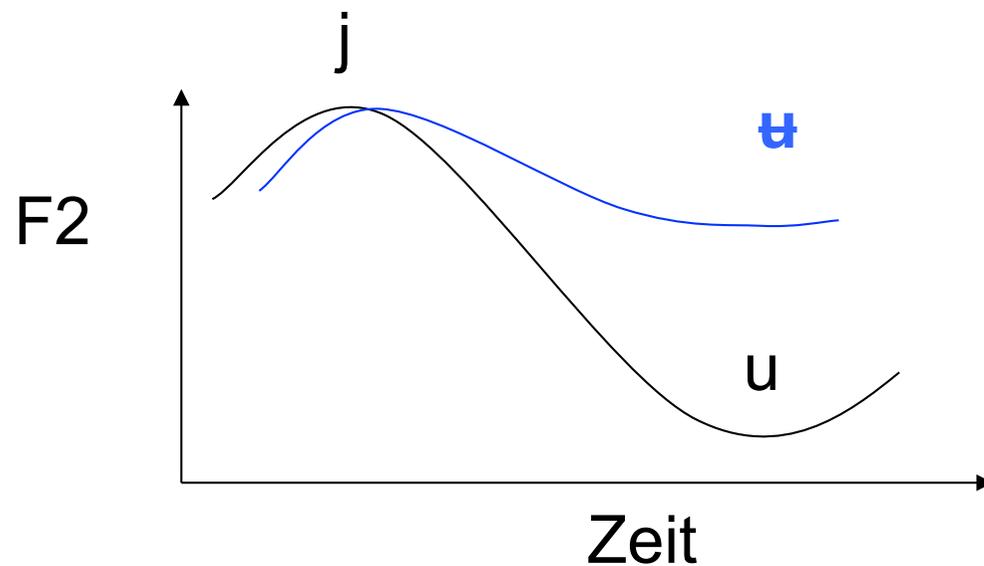
Hohe hintere Vokale entwickeln sich oft diachron nach vorne

Hohe hintere Vokale fehlen öfters als hohe vordere Vokale

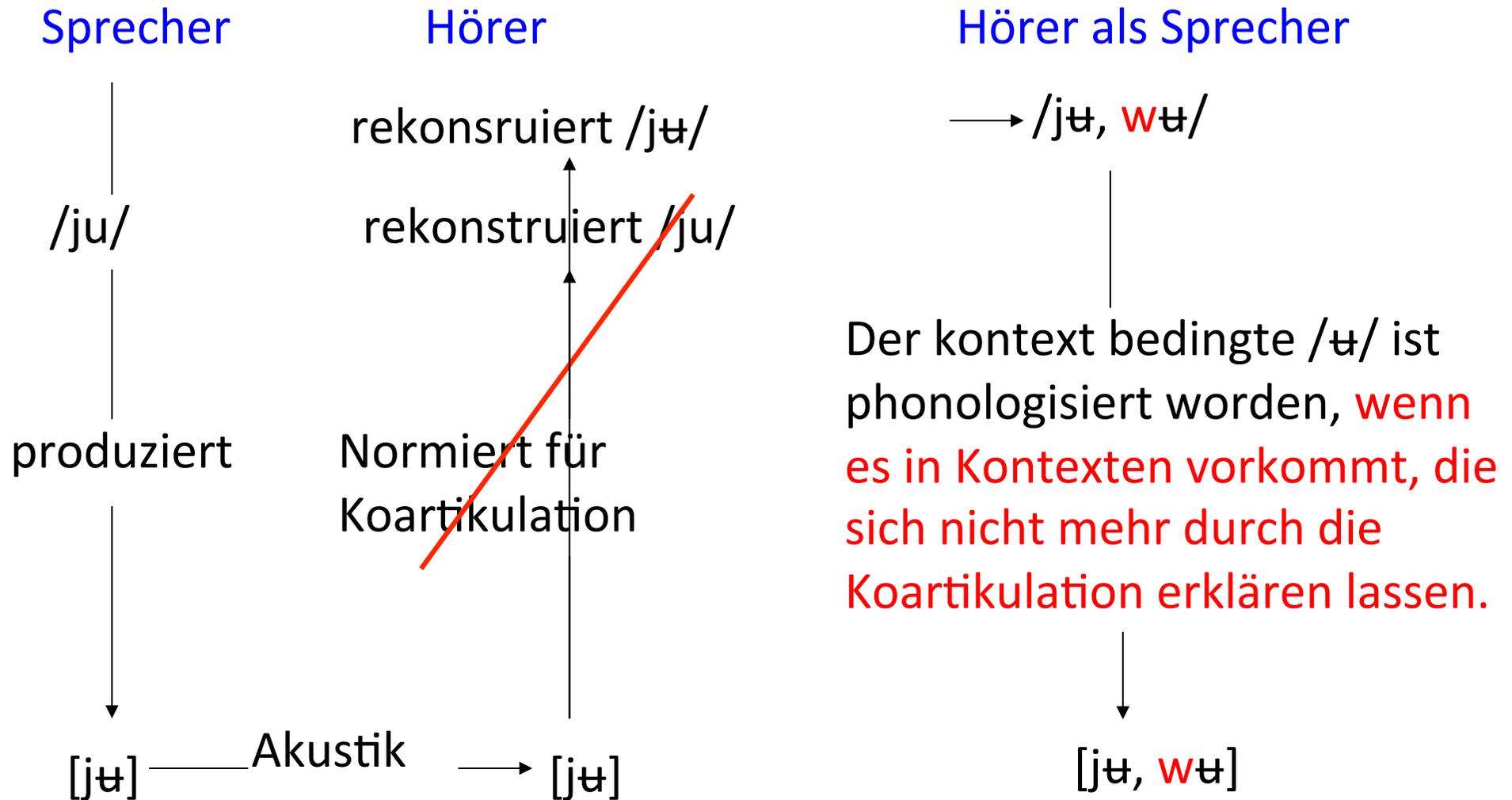


3. Koartikulation

Es gibt mehrere Kontexte, in denen /u/ aufgrund der Koartikulation nach vorne gezogen wird (*tut*; *benutzen...*; Englisch: *few, you...*).



3. Die Koartikulation in Ohalas Modell



3. Lautwandel-Verbreitung und Imitation

Sprecher imitieren sich gegenseitig

Neuere empirische Untersuchungen

- A-X-B. (A, B) = Produktion (A) und Wiederholung (B) von einem Sprecher, nachdem die Sprache von einem anderem Sprecher (X) wahrgenommen wurde. B-X sind oft phonetisch ähnlicher als A-X ^(1, 2)
- Langfristige Konvergenz zwischen Sprechern ⁽³⁾
- Imitation betrifft auch nicht-sprachliche Bewegungen ^(4, 5) und andere linguistische Komponente (z.B. Syntax)⁶

1. Delvaux & Soquet (2007, *Phonetica*); 2. Nielsen (2011, *J. Phon*); 3. Pardo et al (2012, *J. Phon*). 4. Shockley et al (2009, *Top Cog Sci*, 1); 5. Sebanz et al (2006, *Trends Cog. Sci.*) 6. Garrod & Pickering, 2009, *Top.Cog.Sci*)

4. Lautwandel, Determinismus, Dialekt-Entwicklung

Eventuell durch gegenseitige Imitation

Trudgill (2008)¹: Neuseeland-Englisch ist wegen Dialektmischung aufgrund von Imitation (vor allem bei Kindern) entstanden.

Labov (2001)²: viele Lautwandel sind nicht sozial bedingt und entstehen mechanistisch durch Interaktionen.

Harrington, Palethorpe, Watson (2000)³: Verschiebung der aristokratischen Sprache der Königin in die Richtung einer Mittelstandsaussprache ohne dessen Werte zu erreichen.

1. Trudgill (2008) *Language in Society*, 37, 241-254. 2. Labov (2001), *Principles of linguistic change vol 2*. 3. Harrington, Palethorpe, Watson (2000), *Nature*, 408, 927-928.

5. Exemplantheorie und Lautwandel

Es gibt kognitiv eine statistische Beziehung zwischen Wörtern und deren im Gedächtnis gespeicherten Sprachsignale (Pierrehumbert, 2003a, b).

Die Phonologie entsteht, weil sich diese statistische Verteilungen von Wörtern an gewissen Stellen miteinander überlappen (die phonologische Abstraktion entsteht aus den im Gedächtnis gespeicherten Sprachsignalen)

Diese Verteilungen werden durch die wiederholte Wahrnehmung z.B. Kontakt mit einer neuen Aussprache geändert: dadurch entsteht **ein gradueller Wandel** in der Beziehung zwischen Phonologie und Sprachsignalen (und Phonologie ist auch sprecherspezifisch).

Pierrehumbert (2003a). *Language and Speech*, 46.115–54.; siehe auch pierrehumbert03b.pdf in der Literatur-Webseite

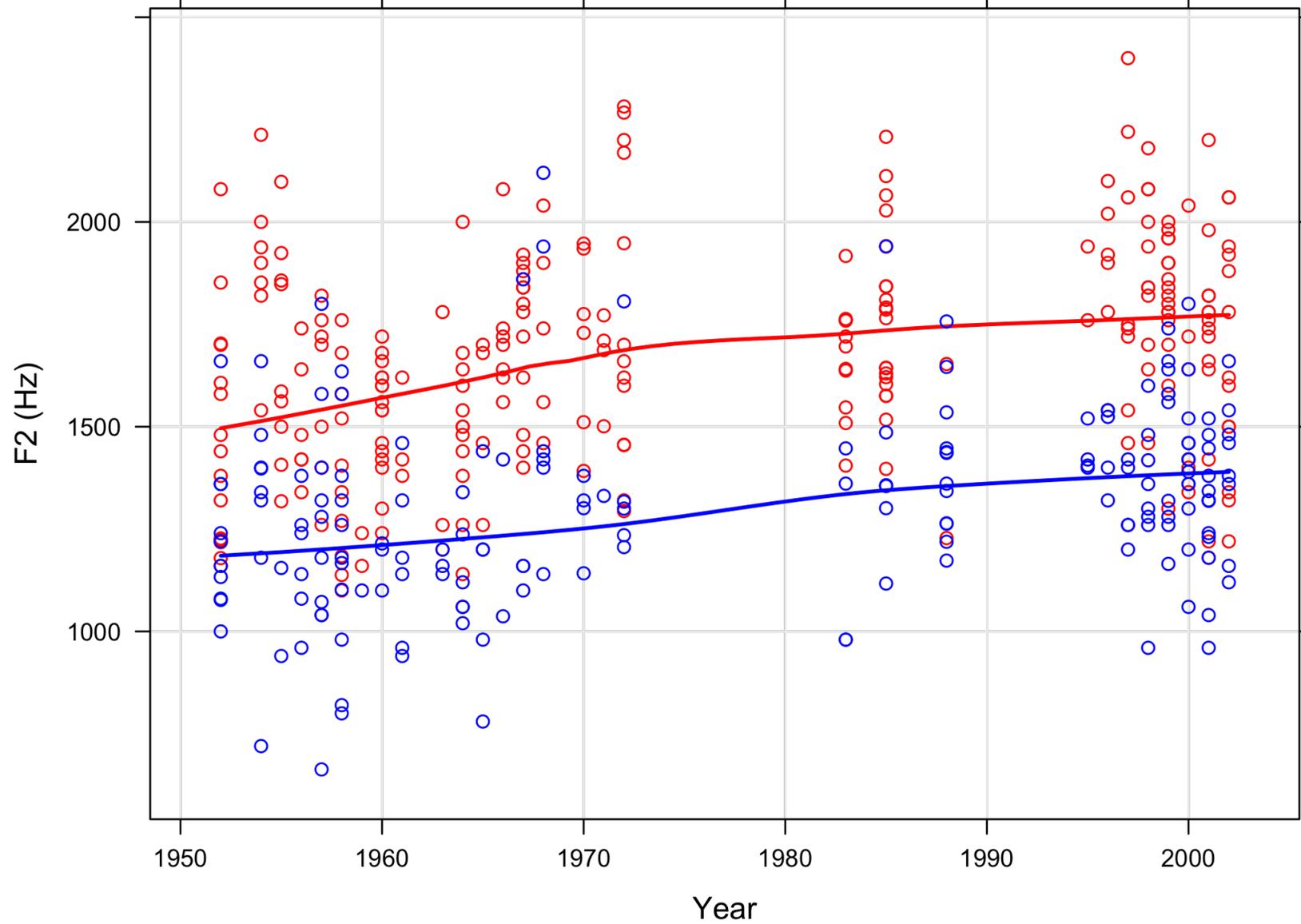
5. Gradueller Lautwandel Königin Elizabeth II

○ ju: (*few*)

Queen Ell: Christmas broadcasts

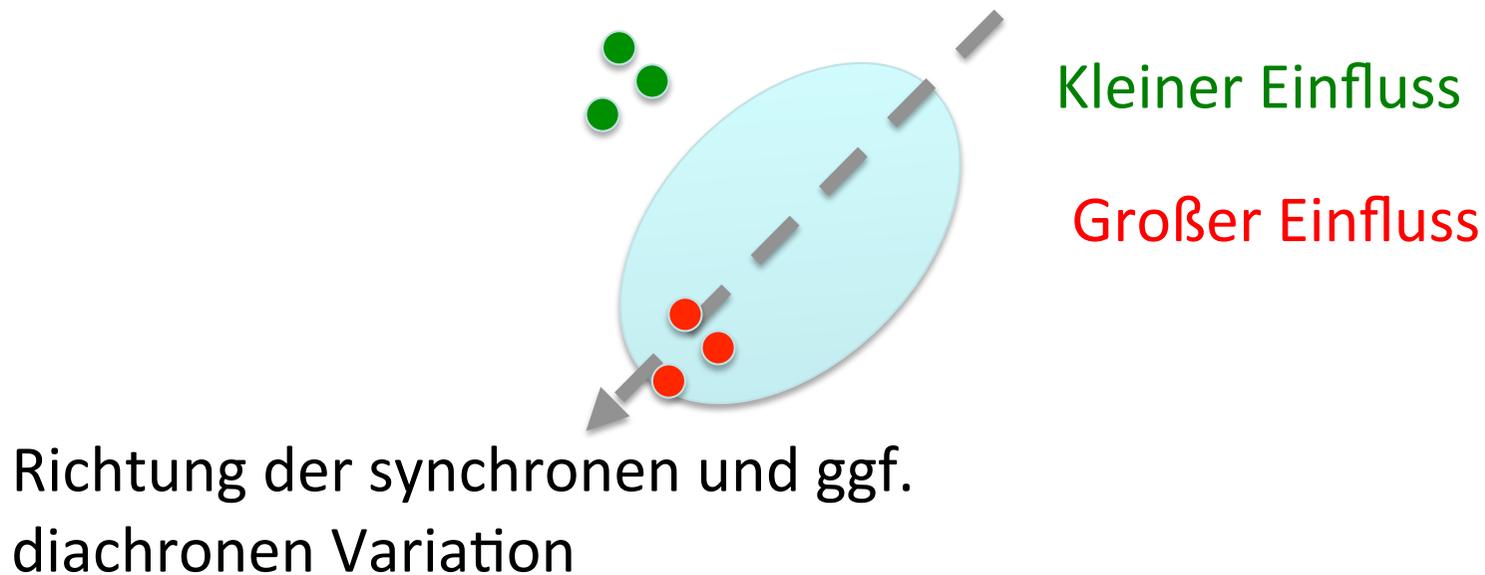


○ u: (*food*)



Beziehung zwischen Ursprung und Verbreitung des Lautwandels

Koartikulation verursacht einen Bias in die Richtung von einem Laut.



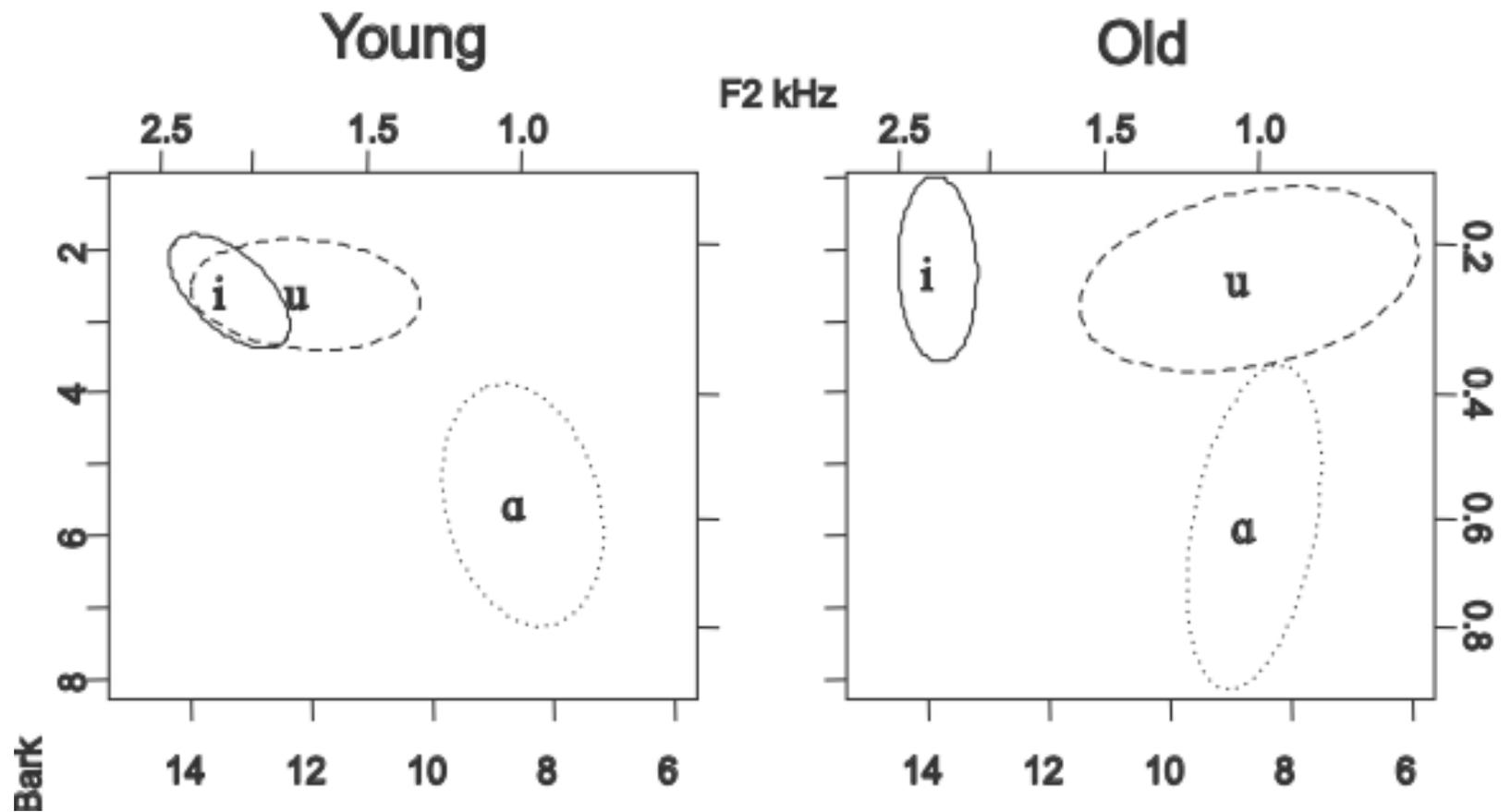
Hypothese¹: der Laut verschiebt sich in die Richtung von dem Bias durch Interaktion mit anderen Sprechern, wenn deren Werte:

- (a) nah an der Achse der Hauptvariation liegen
- (b) als Verteilungsausreißer gelten könnten

1. Harrington & Schiel (in press), *Language*

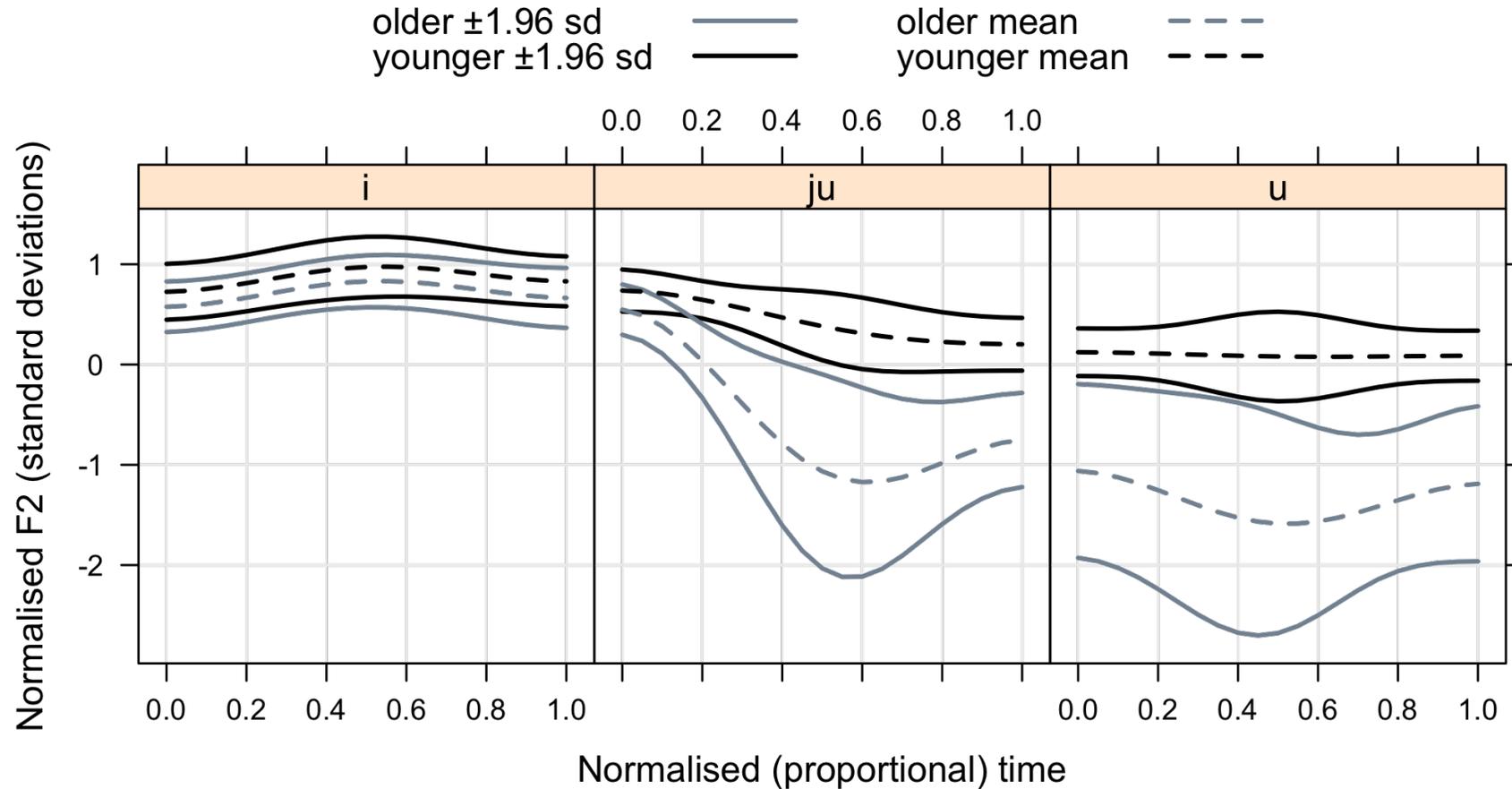
Test der Hypothese

Für das computationelle Modell wurden Daten aus Harrington, Kleber & Reubold (2008)¹ verwendet (ältere und jüngere Sprecher von Standardenglisch). Sie unterscheiden sich dadurch, dass [u] für jung frontierter ist.



Test der Hypothese

Die Richtung der Variation ist auch asymmetrisch: alt streut mehr in die Richtung von jung als umgekehrt.



Insofern müsste alt eher in die Richtung von jung gezogen werden, wenn sie miteinander interagieren.

Sprecher, Materialien

Daten aus Harrington, Kleber, Reubold (2008)

27 Sprecher, 14 alt (Alter 69.2 Jahre), 13 jung (Alter 18.9 yrs)

Sie produzierten 10 Wiederholungen 54 isolierter Wörter.
Die agentbasierte Modellierung verwendete Minimalpaare:
11 Wörter × 10 Wiederholungen = 110 Produktionen pro
Sprecher:

| | /f/ | /s/ | /k/ | /h/ |
|-----------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| i | feed | seep | keyed | heed |
| ju | feud | | queued | hewed |
| u | food | soup | cooed | who 'd |

Akustische Parameter

F2-Trajektorien in /i, ju, u/ (e.g. *feed, feud, food*)

Lineare Zeitnormalisierung (jede Trajektorie hat die Dauer zwischen 0 und 1)

DCT-Transformation: Jede F2-Trajektorie wurde als ein Punkt in einem 3D-Raum parametrisiert. Die DCT-Koeffiziente C_0 , C_1 , C_2 (im Verhältnis zum F2-Mittelwert, -lineare Steigung, und Krümmung) waren die Achsendimensionen.

Diskrete Cosinus-Transformation

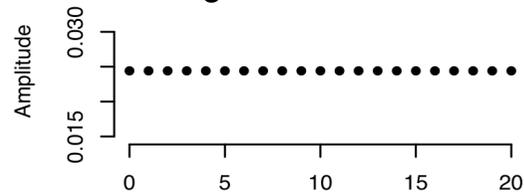
F2-
Trajektorie

DCT-Koeffs.

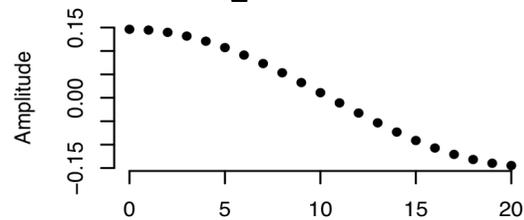
F2-
Rekonstruktion

Amplituden von Kosinuswellen

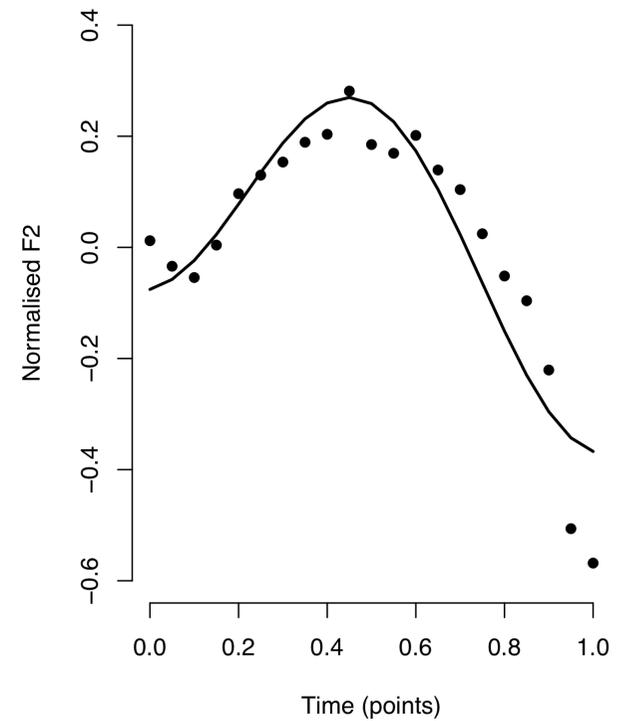
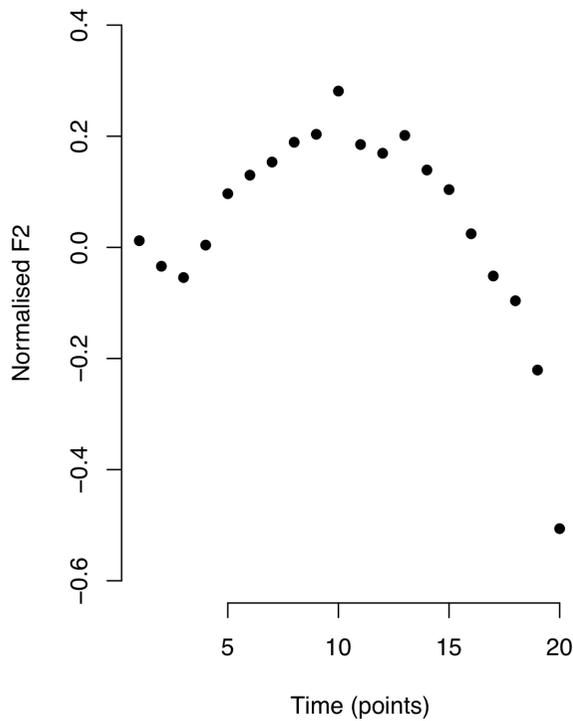
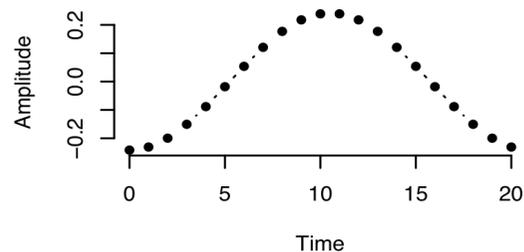
C_0 (Mittelwert)



C_1 (Steigung)



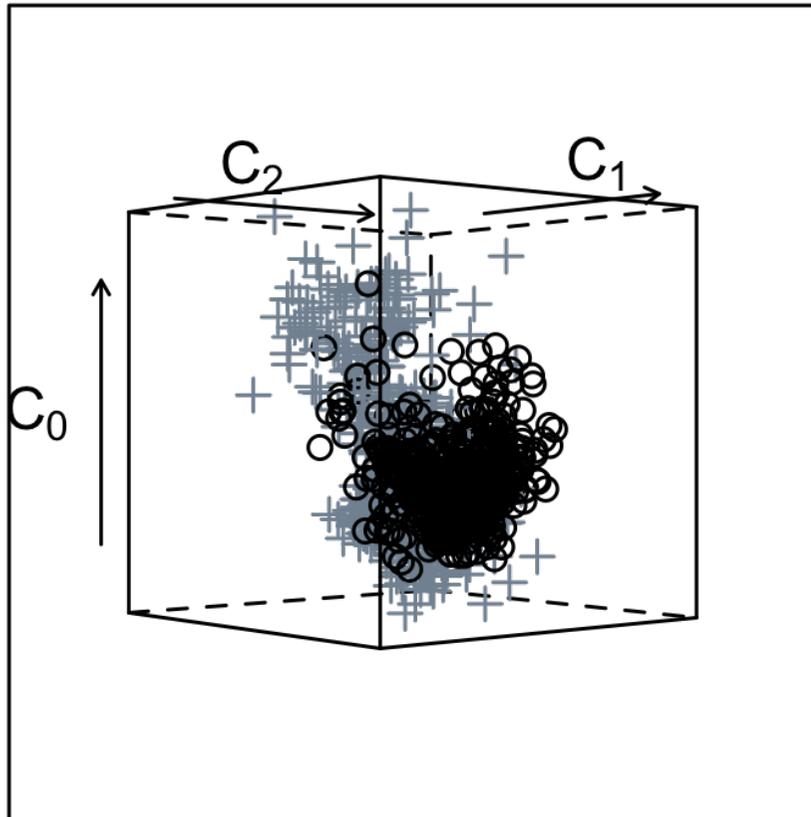
C_2 (Krümmung)



Alt streut mehr in die Richtung von jung als umgekehrt

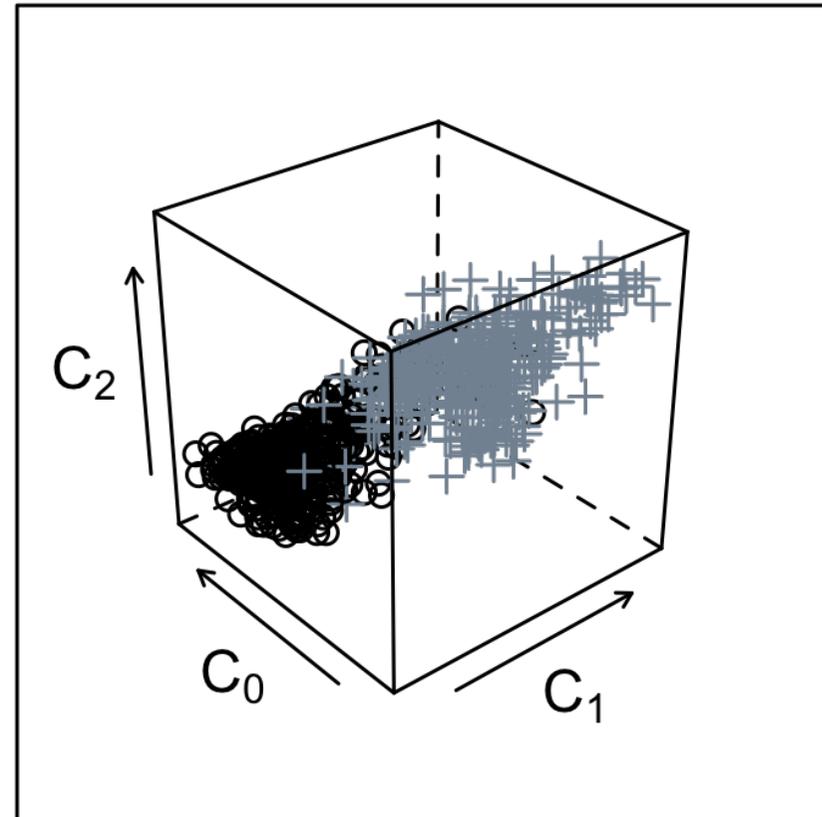
/u/

older +
younger o



/ju/

older +
younger o



Agent-basierte Modellierung: Sprecher und Agenten

22 Sprecher: 11 alt, 11 jung

Ein Agent pro Sprecher. Jeder Agent besitzt diese Information:

- Wortklassen (11 *soup, seep, food...*)
- Phonologische Klassen: /i, ju, u/
- Die DCT-Koeffiziente (Parametrisierung der Signale)

Typischerweise 110 Objekte Pro Agent

Ein *Objekt* enthält 5 Informationsteile: z.B. {*seep, /i/, 3 DCT Koeffiziente.*}

Interaktion

Zwei Agenten wurden auf eine zufällige Weise ausgewählt. Einer ist der **Agentsprecher**, der andere der **Agenthörer**

Agentsprecher (AS)

- Eine Wortklasse auf eine zufällige Weise wurde gewählt
- Konstruktion einer Gaussglocke im 3D-Raum der Wortklasse (basiert auf ca. 10 Wiederholungen des Wortes)
- Eine Stichprobe wurde durch die Gaussglocke generiert (= der Agent spricht).
- Das Objekt (Wortklasse, Phonemklasse, generierte 3-DCT-Koeffs) wurde dem Agenthörer übertragen...

Der Agenthörer

1. Aufnahme von einem Objekt ins Gedächtnis

Um z.B. einen wahrgenommenen 'heed' aufzunehmen, musste das Signal näher an die Verteilung von /i/ als von /ju, u/ sein – um zu vermeiden, dass für den Hörer unwahrscheinliche Signale aufgenommen wurden.

2. Entfernung aus dem Gedächtnis

Sollte z.B. *heed* von Hörer aufgenommen werden, wurde der unwahrscheinlichste *heed*-Objekt aus dem AH-Gedächtnis entfernt. Dadurch blieb nach einer Interaktion die Objektanzahl konstant

Modelle und Vorhersagen

Drei ABMs wurden durchgeführt mit

(a) 11 älteren Sprechern

(b) 11 jüngeren Sprechern

(c) Allen 22 Sprechern

Vorhersagen

Kein Wandel in /ju, u/ in (a, b) da die Gruppen homogen sind (haben entweder vordere oder hintere /u/s).

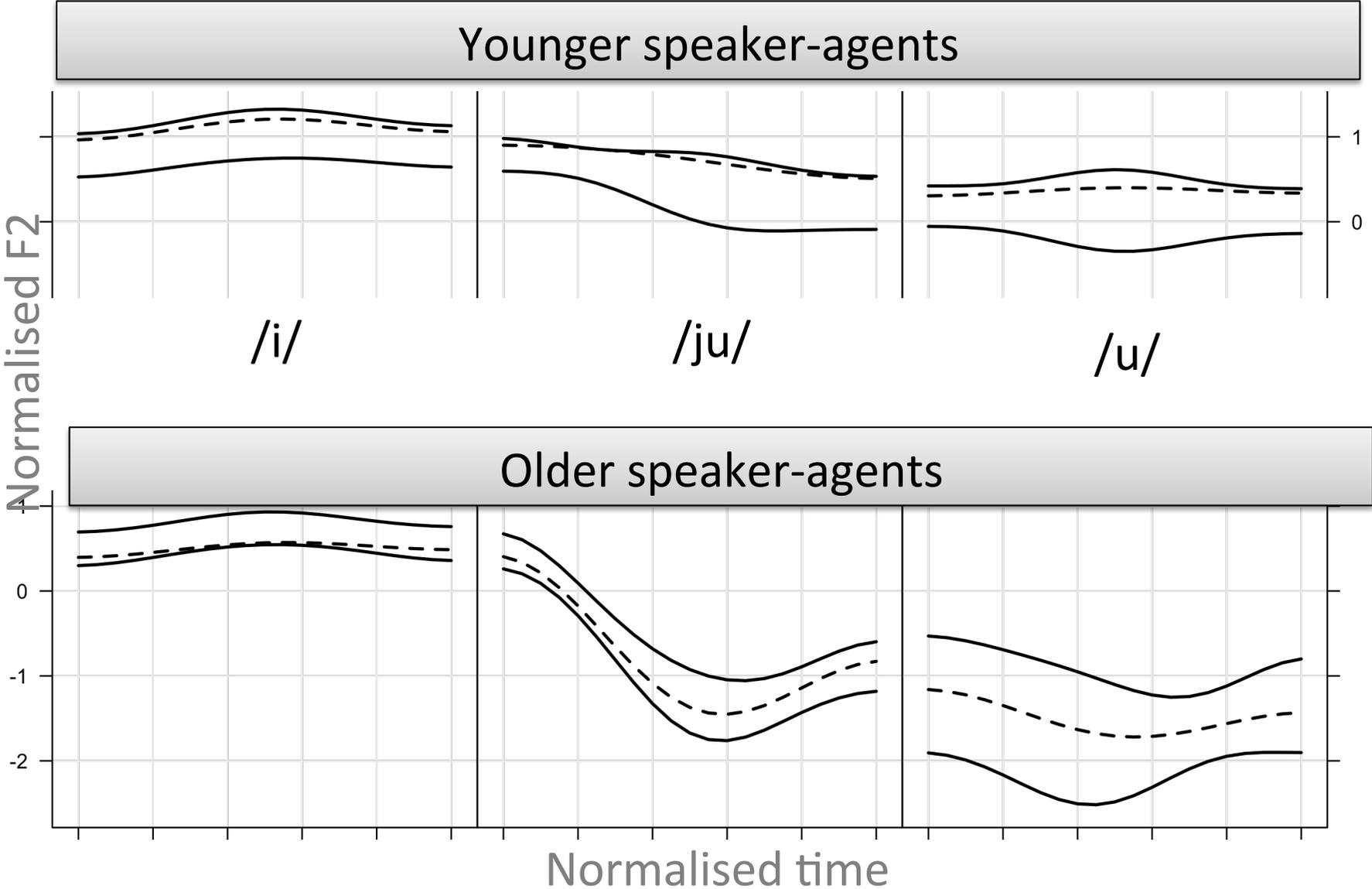
Der Wandel in (c) ist asymmetrisch: /ju, u/ von alt wird in die Richtung von jung gezogen

Kein Wandel in /i/ in (a, b, c) (da in /i/ wenig Sprechervariation vorhanden ist).

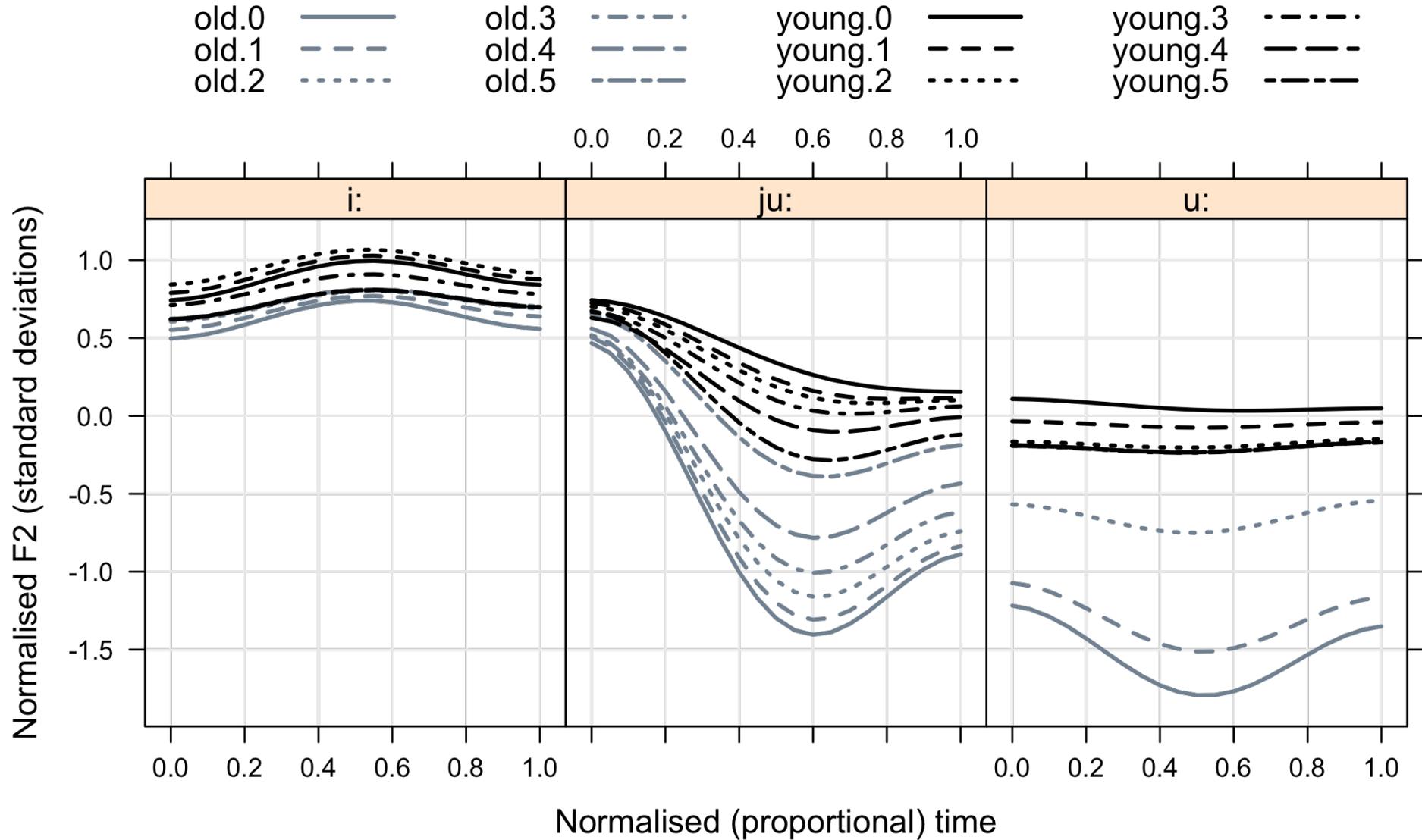
Ergebnisse 1: Kaum Änderungen innerhalb der Altersgruppen

Original \pm 2 s.d.

Mean after 30000 iterations



Ergebnisse 2: alt -> jung



Simulation

<ftp://ftp.bas.uni-muenchen.de/pub/BAS/ABM/Animations/StartHere.html>

Koartikulation und Vorgänge der Spontansprache erzeugen einen Bias in der Verteilung von Lauten

Dieser synchrone Bias kann durch Kontakt zu Sprechern mit phonetischen Werten positioniert entlang der Achse der phonetischen Variation vergrößert werden.

Ob phonetische Variation tatsächlich zu Lautwandel wird, hängt ab von der Orientierung der Sprecher (oder Sprechergruppen) zueinander in einem phonetischen Raum.

/ɪ, ə/ Kontrast im Neuseelandenglischen

Für Trudgill (2004) ist es schwer zu erklären, weshalb /ɪ, ə/ in unbetonten Silben z.B.. *dancers/dances, Rosa's/roses* usw. neutralisiert wurde.

Der Rätsel ist, weil die Mehrheit der Einsiedler im 19. Jahrhundert nach Neuseeland (aus England z.B.) einen /ɪ, ə/ Kontrast hatten.

Jedoch kann der Verlust dieses Kontrastes durch unser Modell geklärt werden da synchron /ɪ/ -> /ə/ wesentlich häufiger ist als /ə/ -> /ɪ/