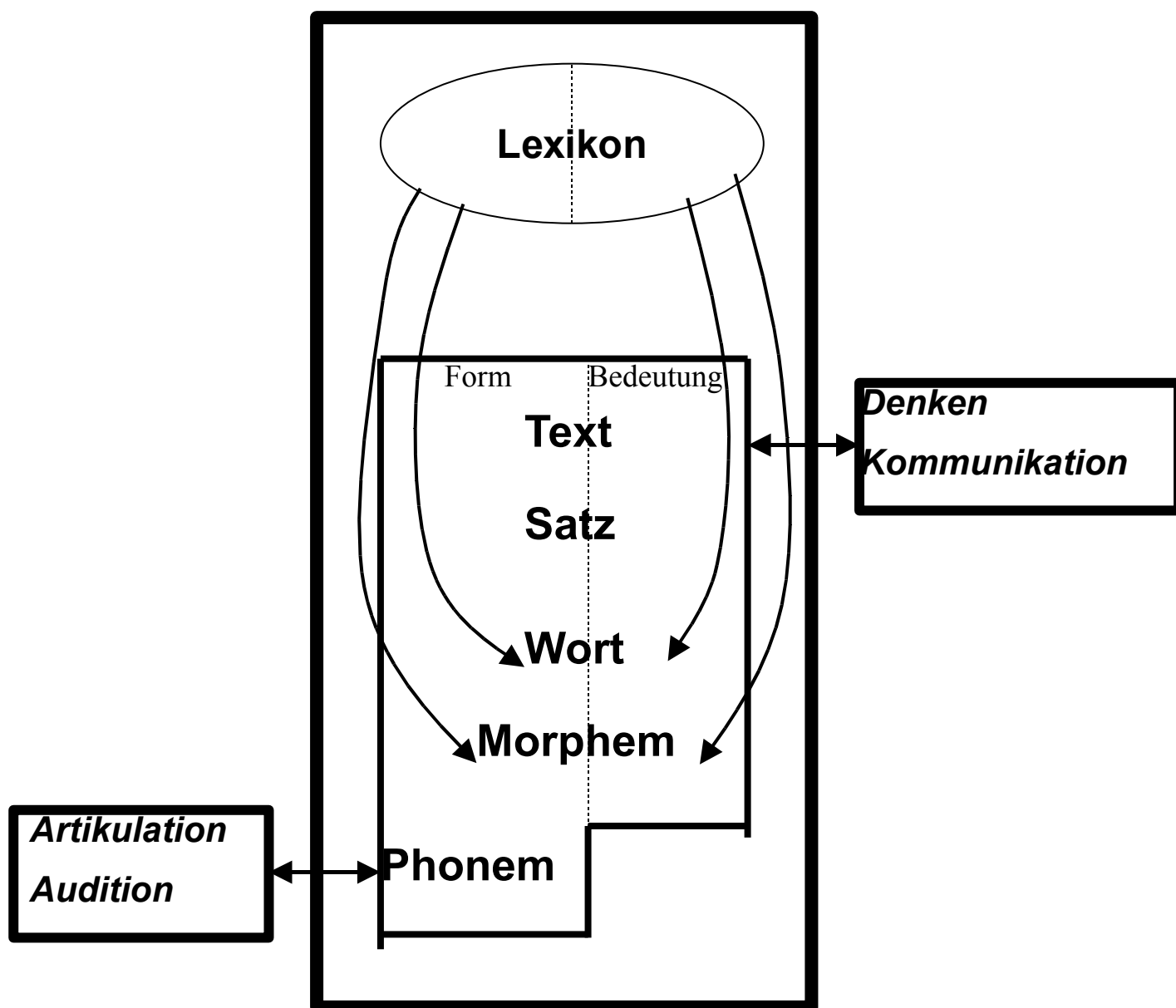


Architektur des Sprachsystems



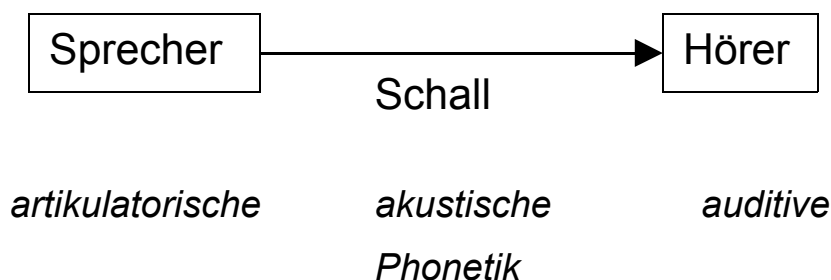
Phonetik und Phonologie

- **Phonetik** untersucht Phone (Laute), von denen Sprache Gebrauch macht, um Bedeutung auszudrücken
- Zwei Phone dann verschieden, wenn sie in mind. eine Sprache bedeutungsdifferenzierend sind

➤ Zwei Aufgaben:

- *Segmentierung* von Schall- bzw. Artikulationsereignissen
- *Kategorisierung* von Schall- bzw. Artikulationsereignissen

□ Teilbereiche der Phonetik

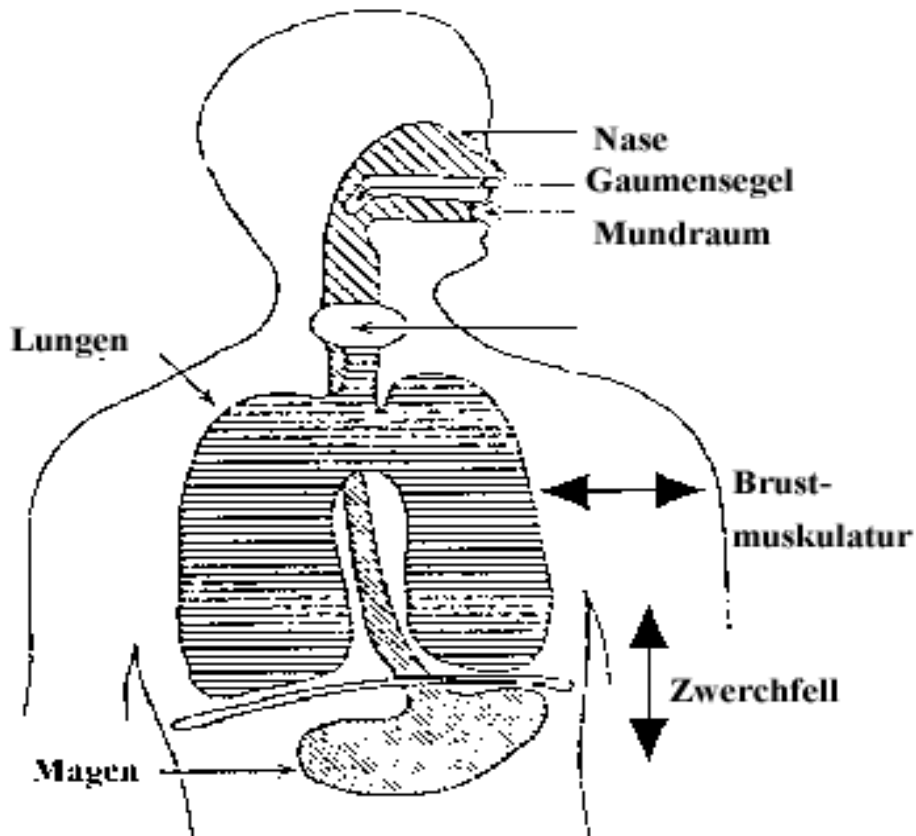


(Abb. 1: Zuordnung der Kommunikationsbereiche zu Teilbereichen der Phonetik -Schema)

- **Phonologie** untersucht die Lautmuster natürlicher Sprache, die der Bildung von Silben, Wörtern, Phrasen, Sätzen zugrunde liegen.
- kleinste Einheit der Phonologie: Phonem

Artikulatorische Phonetik

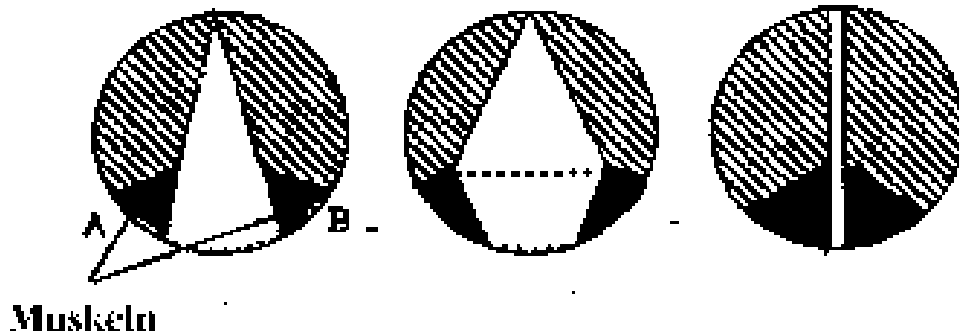
- Artikulatorische Klassifikationsmerkmale von Lauten
 1. Quelle der Luftströmung (Druckgefälle durch Lunge erzeugt: pulmonal)
 2. Richtung der Luftströmung: **ingressiv** vs. **egressiv**
 3. Zustand der Stimmlippen
 - Stimmlippen auseinander: **stimmlos**
 - Stimmlippen zusammen: **stimmhaft**
 4. Artikulationsort: Zur Definition der Artikulationsorte von Konsonanten werden zwei Bezugsorte herangezogen: der Teil des Vokaltrakts, der sich bewegt (aktives Artikulationsorgan) und der Teil, mit dem er in Kontakt tritt (passives Art.-Organ)
 5. Artikulationsart: Art der Behinderung der Luftströmung



(Abb. 2: Für die Bildung von Sprachlauten relevante menschliche Organe - Schema)

➤ **Atmung**

- Einatemungsphase: Anspannen der Brustmuskulatur / Senken des Zwerchfells → Volumenerweiterung innerhalb der Brust / der Lungen → Einströmen von Luft
- Ausatemungsphase: Entspannen der Brustmuskulatur / Zwerchfell kehrt in nach oben gewölbte Lage zurück → Volumenverkleinerung innerhalb der Brust / der Lungen → Auströmen von Luft.

➤ **Phonation**

(Abb. 3: Stellungen der Glottis - Schema)

Zyklus:

- Stimmlippen in Grundstellung
- Luftdruck drückt Stimmlippen auseinander
- Bernoulli-Effekt saugt sie zusammen

Von der Glottis beeinflusste Eigenschaften von Lauten:

- *Stimmhaftigkeit*: schnelles, gleichmäßiges Öffnen und Schließen der Glottis → Luftstrom erhält eine „Grundschiwingung“ (Vokale, stimmhafte Konsonanten)
- *Aspiration*: hohes Luftaufkommen bei [p t k] im Deutschen. Glottis ist zunächst weit offen (Spreizstellung) und wird dann langsam geschlossen.
- *Murmeln*: Im Bereich der Knorpel (Stimmuskeln) bleibt Glottis auch unter Stimmhaftigkeit geöffnet (behaucht).

- *Glottaler Stop*: vor Vokalen am scheinbaren Wortanfang wird ein Glottisverschluss hörbar geöffnet
- *Grundfrequenz (F0)*: Frequenz der Glottisschläge bestimmt wahrgenommene Tonhöhe (→ Intonation, Ton in Tonsprachen)

Eigentliche Artikulation

Konsonanten

➤ Artikulationsarten

- *Nasal*: Oraler Luftdurchgang ist abgeschlossen, Luft entweicht durch die Nase ([m, n, ŋ])
- *Plosiv*: Luftdurchgang wird abgeschlossen und plötzlich geöffnet (z.B. [p t k])
- *Frikativ*: Luftdurchgang wird verengt, Luft kann jedoch nach außen entweichen (z.B. [f s ch sch])
- *Affrikate*: Luftdurchgang wird abgeschlossen und dann langsam geöffnet (z.B. [pf ts])
- *Flaps*: Ein Artikulationsorgan schlägt nur ein einziges Mal gegen ein anderes
- *Trill*: Vibrieren eines Artikulators gegen einen anderen (gerolltes ‚r‘)

- *Lateral*: Luftstrom wird behindert, aber nicht so stark, daß Reibungsgeräusche bestehen, Luft entweicht an den Seiten (,l‘)
- *Gleitlaute*: keine oder geringe orale Behinderung des Luftstroms (,j‘, zweiter Teil von ,au‘)

➤ Artikulationsstellen

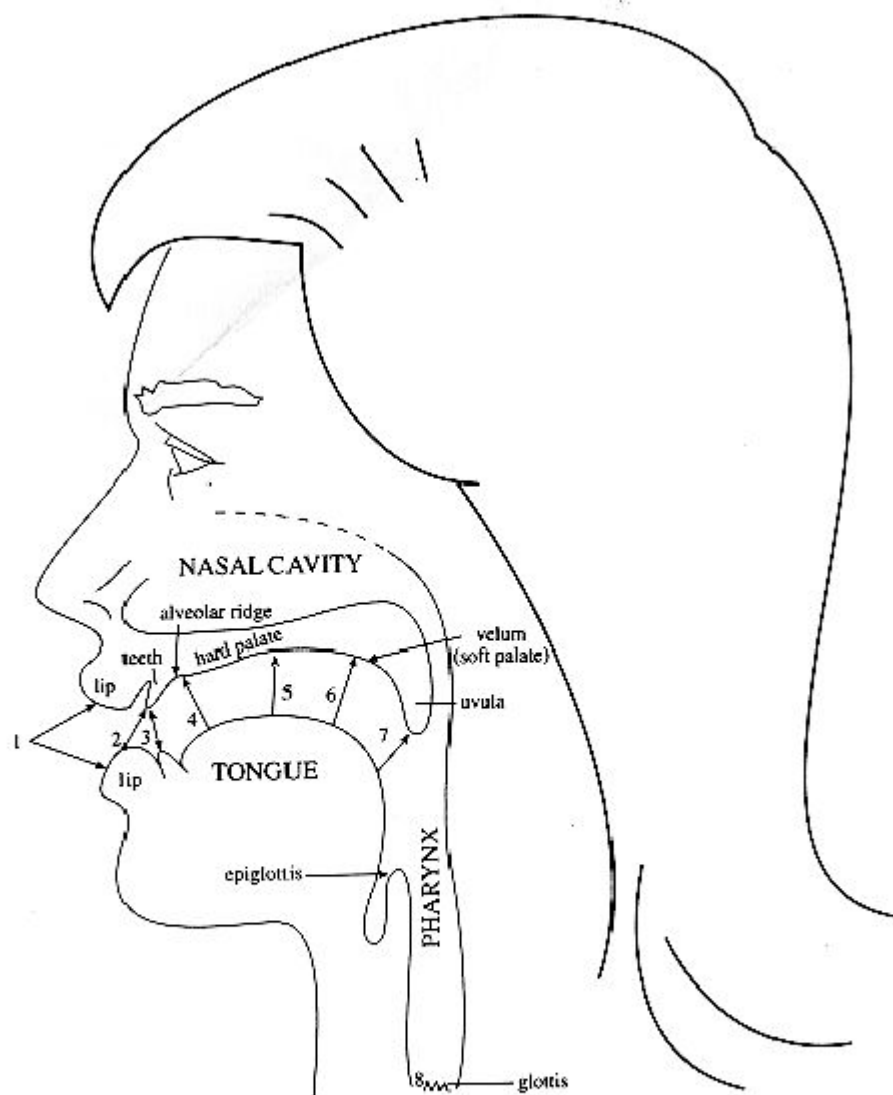


Figure 5-1.

The vocal tract; places of articulation are marked.

1. bilabial; 2. labiodental; 3. interdental; 4. alveolar; 5. (alveo) palatal; 6. velar;
7. uvular; 8. glottal.

(Abb. 4: Artikulationsorte im Ansatzrohr - Schema Sagittalschnitt)

- *Bilabial*: Oberlippe/Unterlippe (,m‘ ,b‘ ,p‘)
- *Labiodental*: Oberkiefer/Zungenspitze (,f‘ , stimmhaftes ,v‘)
- *Interdental*: Zungenspitze zwischen Ober- und Unterkiefer (engl. ,th‘)
- *Alveolar*: Alveolen (Zahntaschen)/Zungenspitze (,d‘ , ,t‘ , ,n‘ , ,s‘ , ,l‘ , Zungenspitzen-,r‘)
- *Palatoalveolar*: vorderer Teil des Palatums (harten Gaumen)/Zungenspitze (,sch‘)
- *Palatal*: Palatum/Zungenrücken (,ch‘ in „ich“, ,j‘)
- *Velar*: Velum (weicher Gaumen)/Zungenrücken (,g‘ , ,k‘ , ,ch‘ in „ach“, ,ng‘)
- *Uvular*: Uvula (Zäpfchen)/Zungenrücken (Zäpfchen-,r‘)
- *Pharyngal*: Pharynx (Rachen)
- *Laryngal*: Larynx (Kehlkopf) (,h‘ , glottaler Stop)

Vokale

- Vertikale Position der Zungenspitze
- Horizontale Position der Zungenspitze

Vokale			
	vorne	zentral	hinten
geschlossen			
fast geschlossen	i • y	i • ɨ	ɯ • u
halbgeschlossen	e • ø	ɘ • ə	ɤ • o
mittel		ɛ • œ	ɜ • ɞ
halboffen		æ • ɐ	
fast offen		a • ɶ	ɑ • ɒ
offen			

Bei Symbolpaaren stellt das jeweils linke Symbol den ungerundeten und das rechte Symbol den gerundeten Vokal dar.

- Rundung der Lippen

gerundet
,o', ,u', ,ö', ,ü'

ungerundet
,a', ,ä', ,e', ,i', Schwa (,e' in
„laufen“)

- Länge
- Gespanntheit

,ö' in „Ökonomie“ od. „hören“ vs. ,ö' in „öfter“

THE INTERNATIONAL PHONETIC ALPHABET (revised to 1993)

CONSONANTS (PULMONIC)

	Bilabial	Labiodental	Dental	Alveolar	Postalveolar	Retroflex	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Glottal
Plosive	p b			t d		ʈ ɖ	c ɟ	k ɡ	q ɢ		ʔ
Nasal	m	ɱ		n		ɳ	ɲ	ŋ	ɴ		
Trill	ʙ			r					ʀ		
Tap or Flap				ɾ		ɽ					
Fricative	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ʝ	x ɣ	χ ʁ	ħ ʕ	h ɦ
Lateral fricative				ɬ ɮ							
Approximant		ʋ		ɹ		ɻ	j	ɰ			
Lateral approximant				l		ɭ	ʎ	ʟ			

Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a voiced consonant. Shaded areas denote articulations judged impossible.

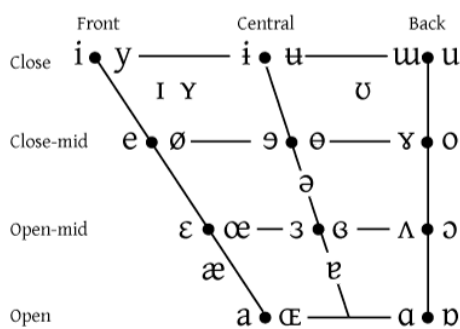
CONSONANTS (NON-PULMONIC)

Clicks	Voiced implosives	Ejectives
◌ Bilabial	ɓ Bilabial	ʼ as in:
◌ Dental	ɗ Dental/alveolar	ɓ' Bilabial
◌ (Post)alveolar	ɟ Palatal	t' Dental/alveolar
◌ Palatoalveolar	ɡ Velar	k' Velar
◌ Alveolar lateral	ɠ Uvular	s' Alveolar fricative

SUPRASEGMENTALS

	TONES & WORD ACCENTS
ˈ Primary stress	LEVEL
ˌ Secondary stress	ˉ or ˘ Extra high
ː Long	é High
ˑ Half-long	ē Mid
ˑˑ Extra-short	è Low
ˑˑˑ Syllable break	èˑ Extra low
ˑˑˑˑ Minor (foot) group	ˑˑˑˑ Downstep
ˑˑˑˑˑ Major (intonation) group	ˑˑˑˑˑ Upstep
ˑˑˑˑˑˑ Linking (absence of a break)	↗ Global rise etc.
	↘ Global fall

VOWELS



Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a rounded vowel

OTHER SYMBOLS

M Voiceless labial-velar fricative	ɕ ʑ Alveolo-palatal fricatives
W Voiced labial-velar approximant	ɺ Alveolar lateral flap
ɥ Voiced labial-palatal approximant	ɧ Simultaneous ʃ and X
H Voiceless epiglottal fricative	Affricates and double articulations can be represented by two symbols joined by a tie bar if necessary
ʕ Voiced epiglottal fricative	
ʡ Epiglottal plosive	

k̟p̟ t̟s̟

DIACRITICS Diacritics may be placed above a symbol with a descender, e.g. ɲ̥

◌ Voiceless	◌ Breathy voiced	◌ Dental
◌ Voiced	◌ Creaky voiced	◌ Apical
◌ Aspirated	◌ Linguolabial	◌ Laminal
◌ More rounded	◌ Labialized	◌ Nasalized
◌ Less rounded	◌ Palatalized	◌ Nasal release
◌ Advanced	◌ Velarized	◌ Lateral release
◌ Retracted	◌ Pharyngealized	◌ No audible release
◌ Centralized	◌ Velarized or pharyngealized	
◌ Mid-centralized	◌ Raised	
◌ Syllabic	◌ Lowered	
◌ Non-syllabic	◌ Advanced Tongue Root	
◌ Rhoticity	◌ Retracted Tongue Root	

Deutsche Phonetik: IPA-Zeichen

Konsonanten:

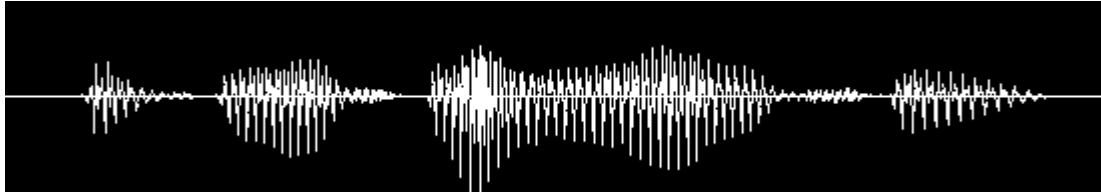
p [p]lan] Plan	ʒ [gaRa:ʒə] Garage
b [blu:mə] Blume	ç [ʔIç] ich
t [ta:k] Tag	x [ʔaxt] acht
d [dax] Dach	ʁ [ʁa:m] Rahm (<i>frikatives [R]</i>)
k [ko:l] Kohl	h [haUs] Haus
g [gla:s] Glas	m [maUs] Maus
ʔ [ʔana] Anna	n [naxt] Nacht
f [fo:gəl] Vogel	ŋ [vaŋə] Wange
v [vɛlə] Welle	l [lIçt] Licht
s [bus] Bus	r [ra:m] Rahm (<i>Zungen-R</i>)
z [ze:] See	R [Ra:m] Rahm (<i>Zäpfchen-R</i>)
ʃ [ʃu:le] Schule	j [ja:kt] Jagd

Vokale:

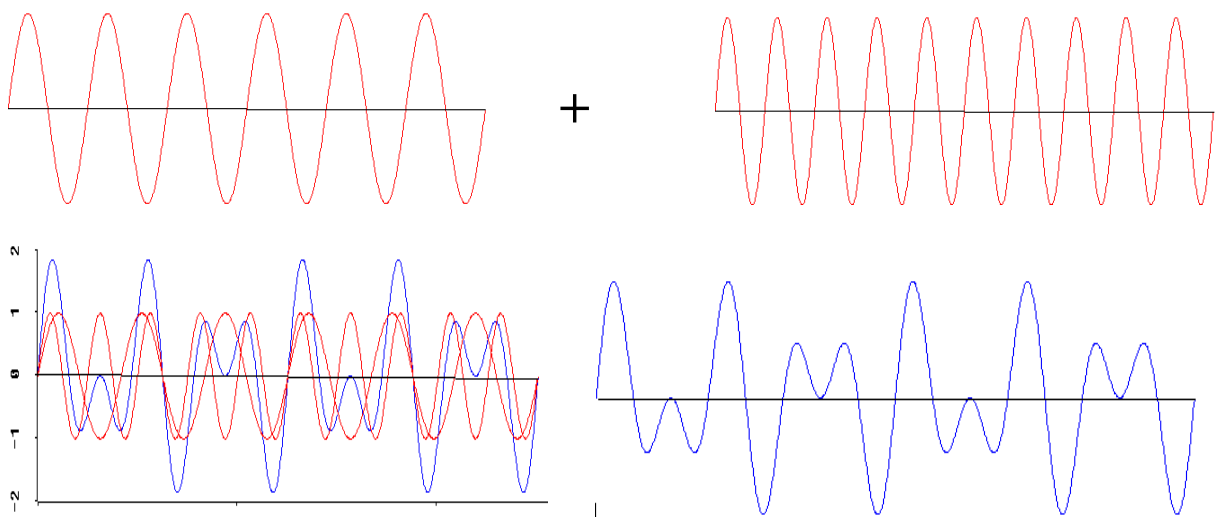
ʔi:	[ʔi:gəl]	Igel	ɔ	[fɔlk]	Volk
ʔI	[ʔInzəl]	Insel	ɔ	[bɔk]	Bock
i:	[ʃmi:d]	Schmied	u:	[blu:mə]	Blume
i	[politIk]	Politik	u:	[mu:sə]	Muse
e:	[ze:]	See	u	[musik]	Musik
e	[metal]	Metall	U	[bUs]	Bus
e:	[be:t]	Beet	Y	[mYl]	Müll
ɛ	[bɛt]	Bett	y:	[ky:l]	kühl
ɛ:	[kɛ:zə]	Käse	y:	[hy:tə]	Hüte
a	[dax]	Dach	Y	[hYtə]	Hütte
a	[kan]	kann	y	[kymogram]	Kymogramm
a:	[ka:n]	Kahn			
a:	[ta:k]	Tag	ə	[ʃu:lə]	Schule
ø:	[ʔø:l]	Öl	ə	[lesən]	lesen
ø	[hø:lə]	Höhle			
æ	[hælə]	Hölle	ɐ	[lesɐ]	Leser
æ	[kæln]	Köln	ɐ	[mUtɐ]	Mutter
ø	[ʔøkonono:m]	Ökonom			
o:	[ko:l]	Kohl	aI	[fraI]	frei
o:	[bo:g]	bog	aU	[fRaU]	Frau
o	[politIk]	Politik	ɔI	[nɔI]	neu

Akustische Phonetik

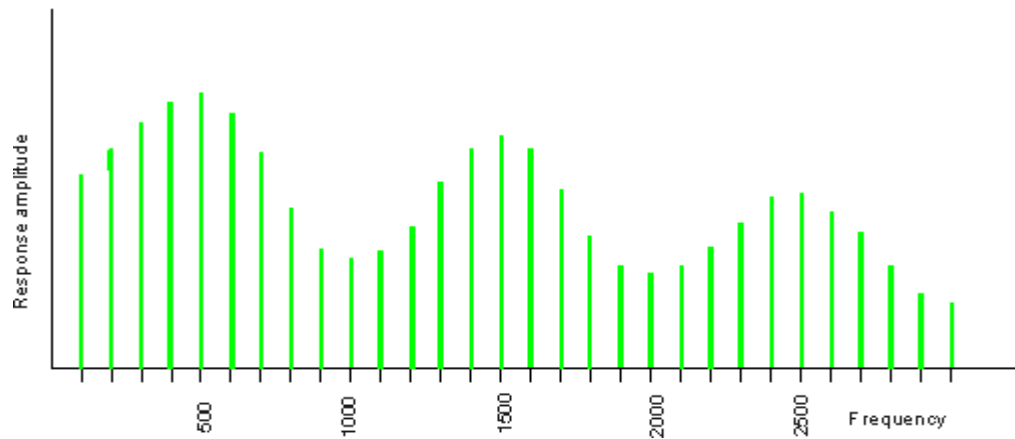
- Vokaltrakt moduliert der Atemluft z. T. periodische Schwingungen (Schall) auf



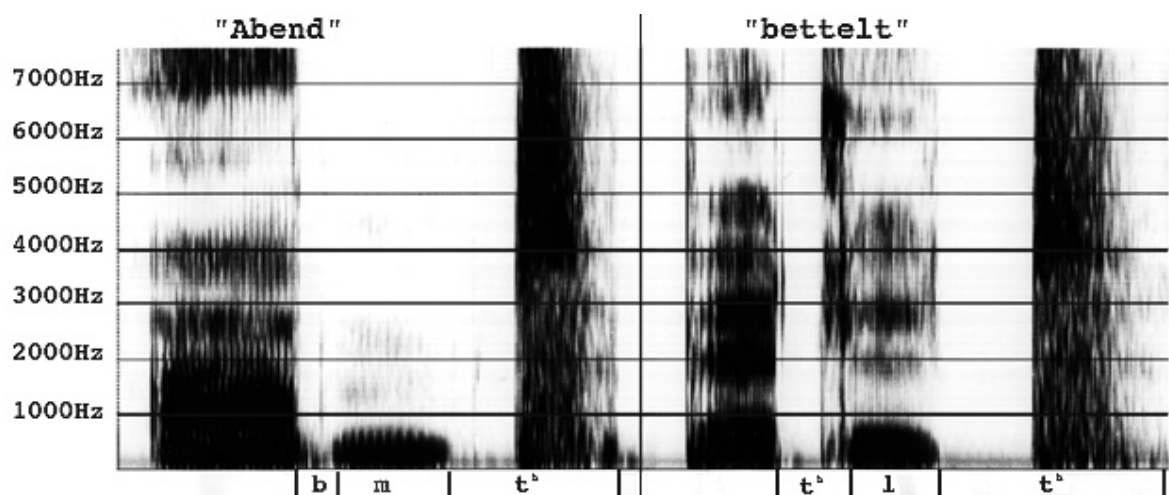
- Periodische Schwingungen lassen sich als aus Sinusschwingungen zusammengesetzt auffassen



- Zerlegung von periodischen Schwingungen in Sinuswellen ist eindeutig (Fourier-Analyse)
- Darstellung im **Spektrogramm** (schematisch):



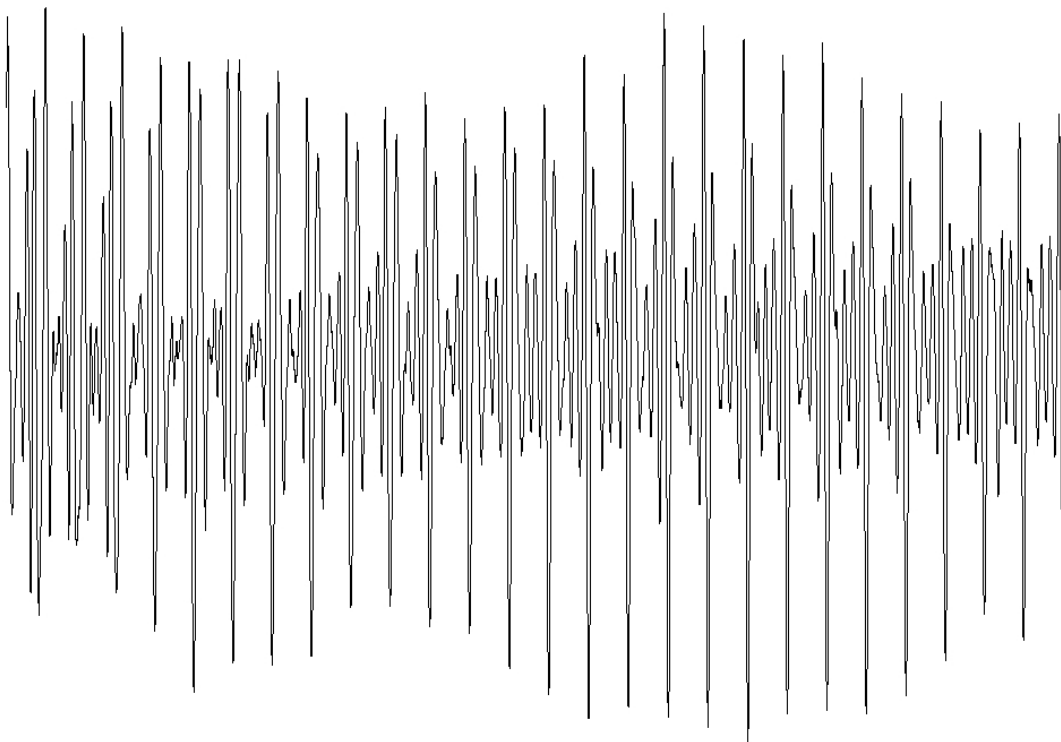
- zeitl. Ablauf:

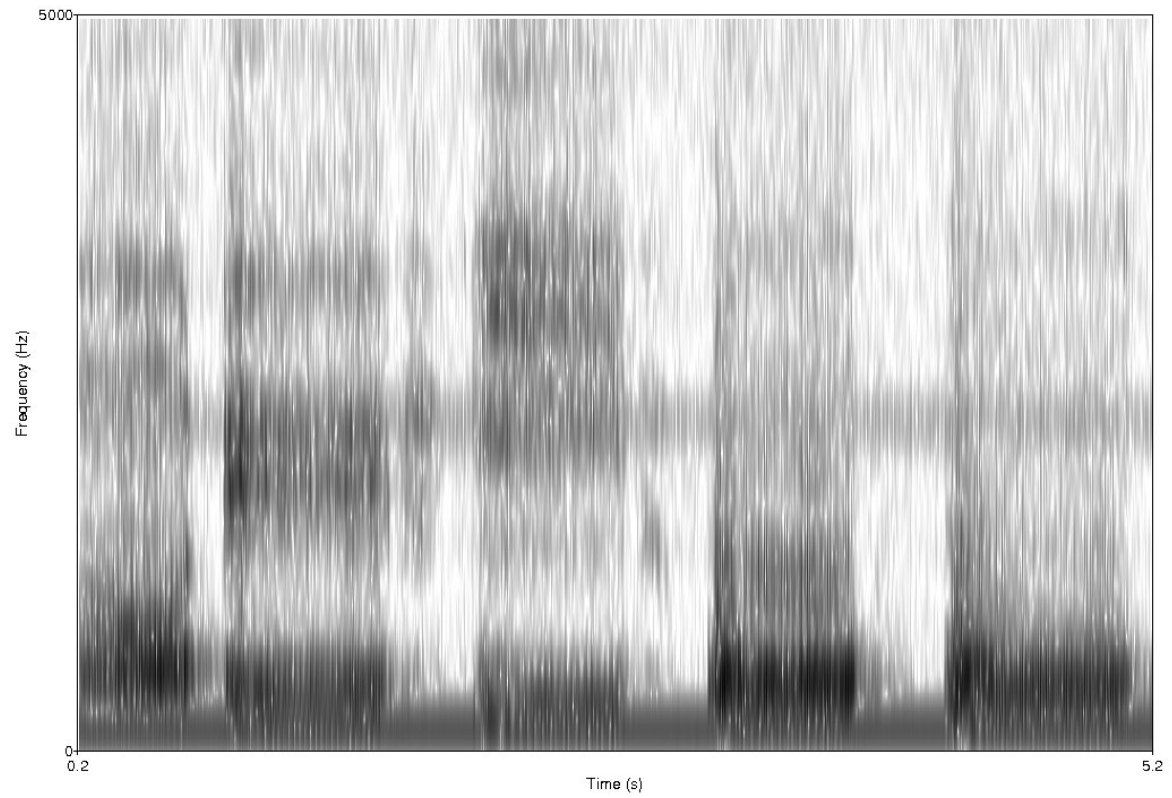


- tiefster Frequenzgipfel (entspricht Frequenz der Glottis):
Grundfrequenz F0
- weitere Frequenzgipfel: *Formanten*
- linguistisch relevant: (hauptsächlich) erster und zweiter Formant (F1, F2)

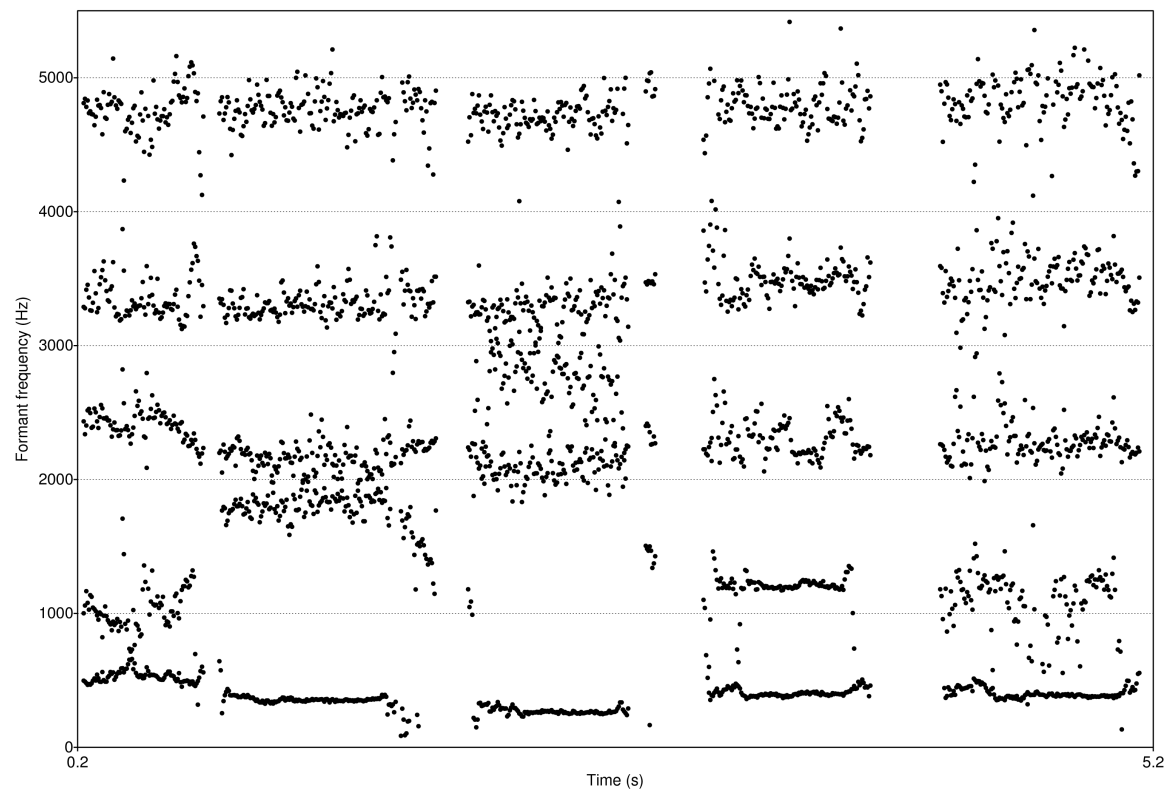
Beispiel

- Amplitude

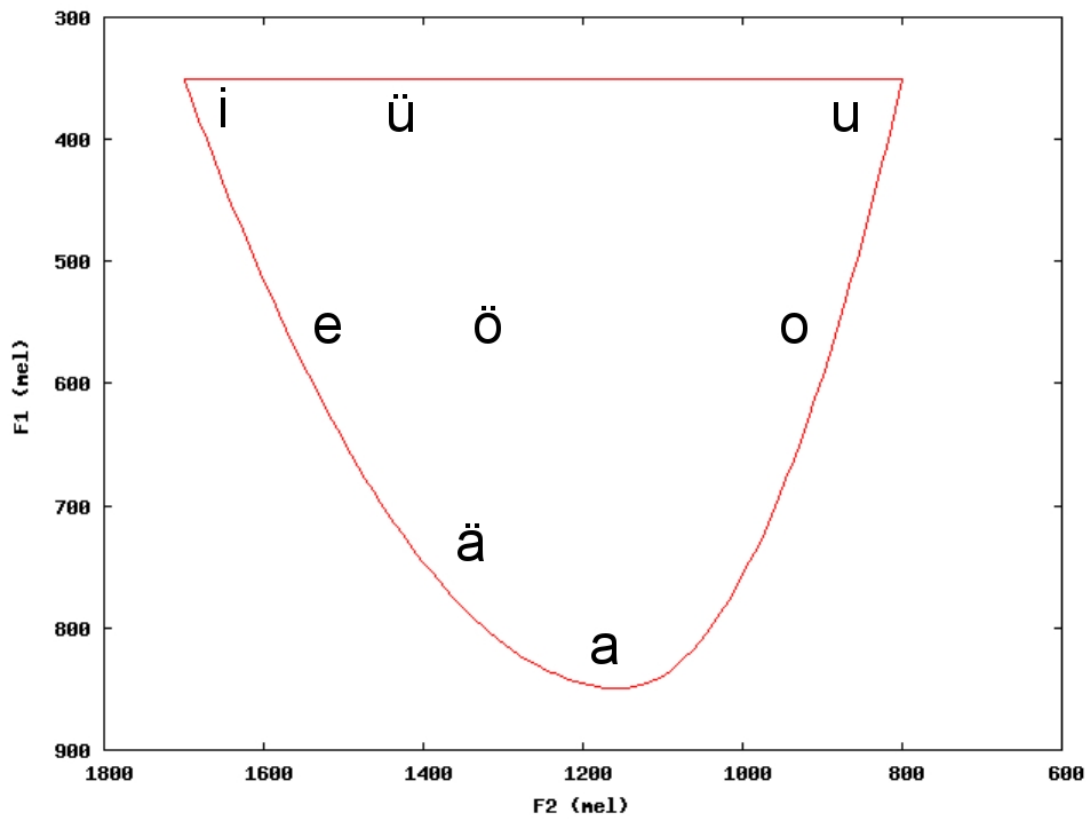




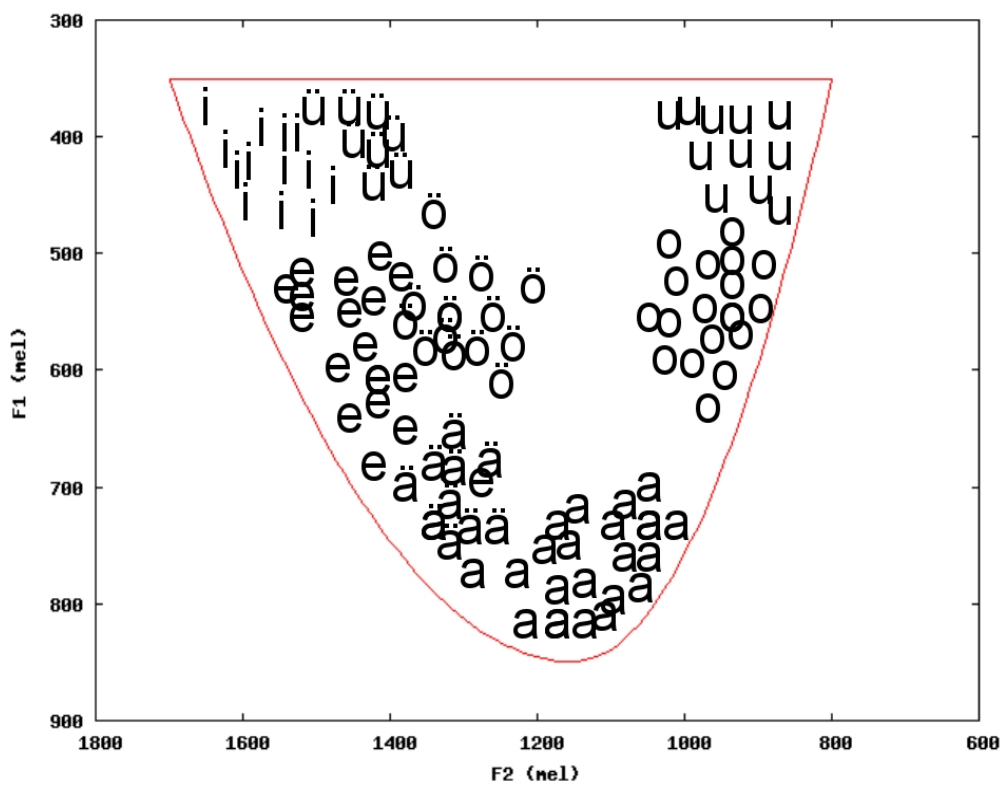
a e i o u



- für jeden Vokal charakteristische F1/F2-Konfiguration:

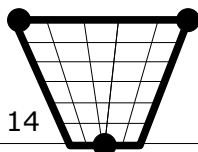
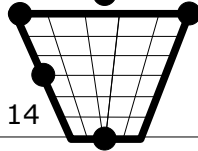
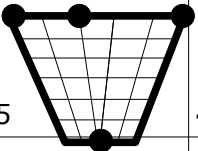
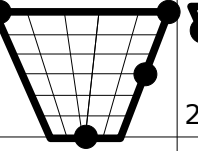
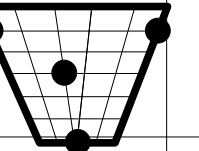
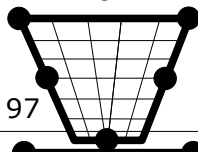
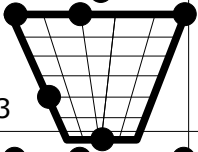
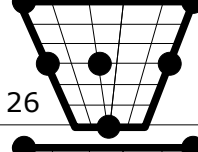
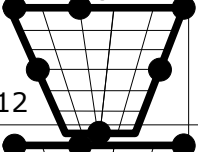
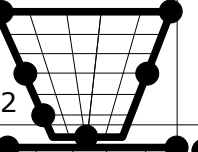
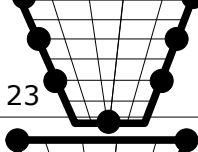
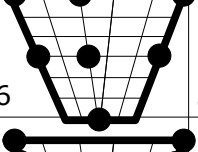
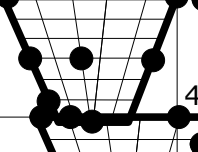
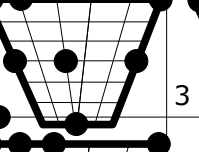
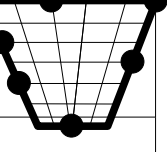
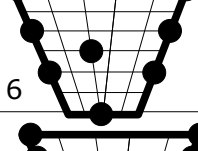
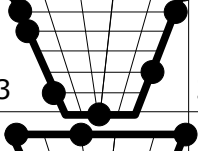
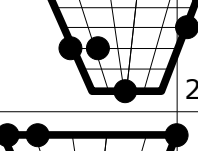
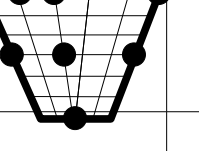
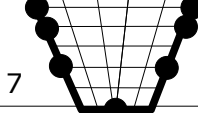
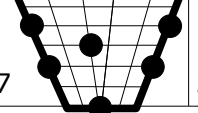
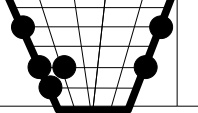


- idealisierte Werte; realistischeres Bild wäre



Typologie von Vokalsystemen

- fast alle Sprachen verwenden a, i, u
- fast alle Vokale in allen Sprachen sind peripher innerhalb des akustischen Vokalraums
- Vokalinventare sind meistens symmetrisch

Anzahl der Vokale	Vokalsysteme und ihre Häufigkeit				
3	 14				
4	 14	 5	 4	 2	
5	 97	 3			
6	 26	 12	 12		
7	 23	 6	 5	 4	 3
8	 6	 3	 3	 2	
9	 7	 7	 3		

- *Warum gibt es solche Muster?*

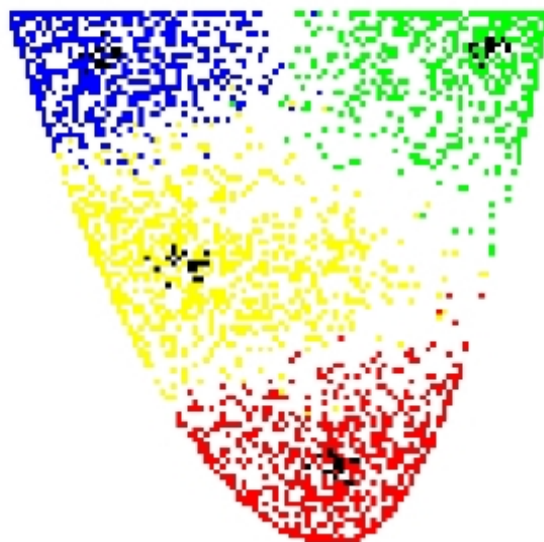
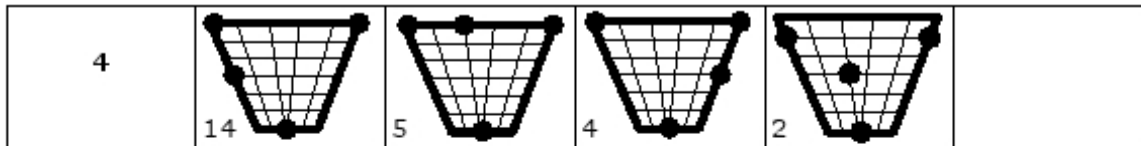
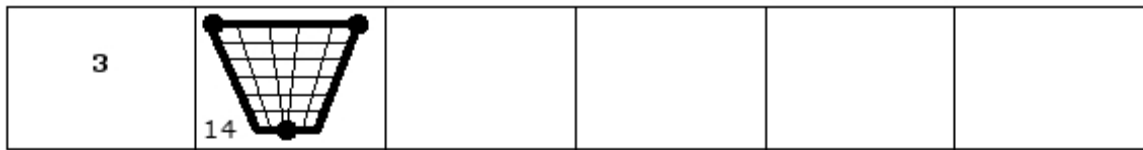
- **Liljencrants und Lindblom (1972):**
 - Vokalsysteme maximieren perzeptuelle Distanz zwischen Vokalen
 - vergleichbar mit Magneten oder elektrischen Teilchen gleicher Ladung, die sich gegenseitig abstoßen
- Warum maximieren natürliche Sprachen die perzeptuelle Distanz zwischen Vokalen?



Kommunikationsspiel

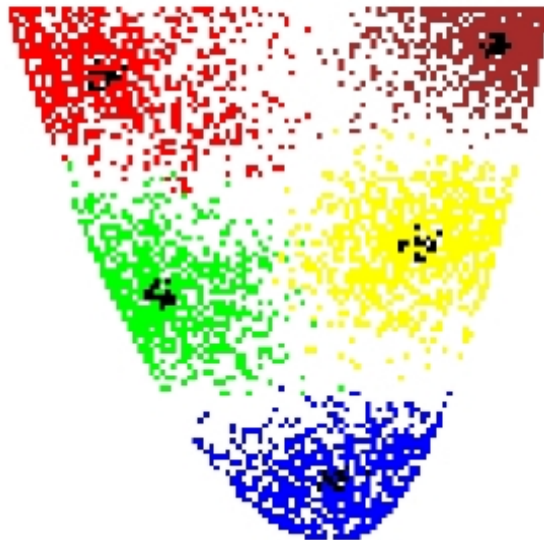
Computersimulation




- Population von 20 künstlichen Agenten
- In jeder Runde wird ein „Sprecher“ *S* und ein „Hörer“ *H* zufällig ausgewählt
- Außerdem wird nach dem Zufallsprinzip eine Vokalkategorie *v* ausgewählt
- *S* muss *v* an *H* kommunizieren:
 1. *S* wählt eine bestimmte Kombination von F_1 und F_2 , also einen Punkt im Vokalraum
 2. Dieser Punkt wird um einen Zufallsbetrag verfälscht „Rauschen“
 3. *H* nimmt verfälschten Punkt wahr und muss erraten, welche Vokalkategorie gemeint war
 4. Wenn *v* korrekt erraten wird, bekommen beide Spieler einen Punkt
- Alle Agenten tendieren dazu, erfolgreiche Strategien zu wiederholen

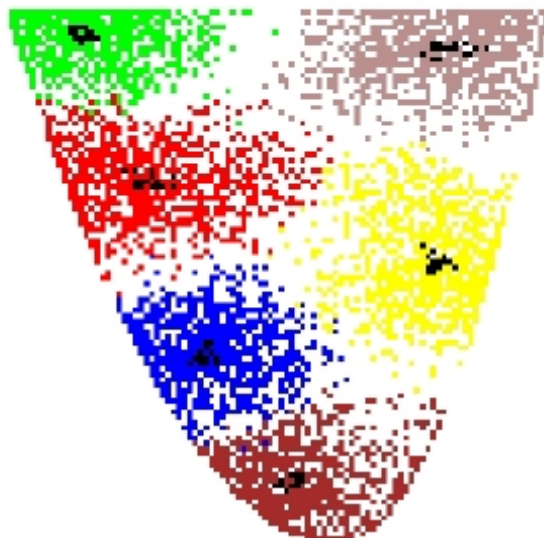
Simulationsergebnisse

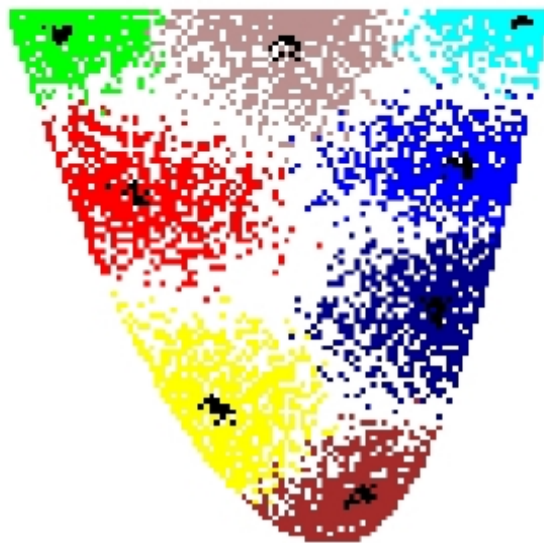
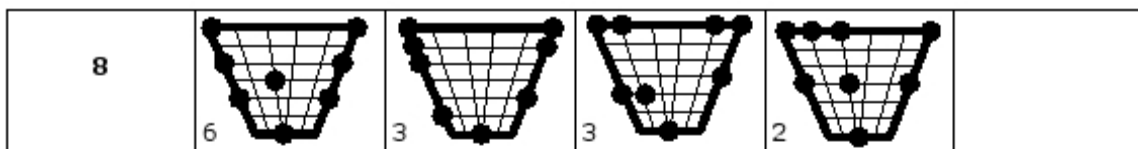
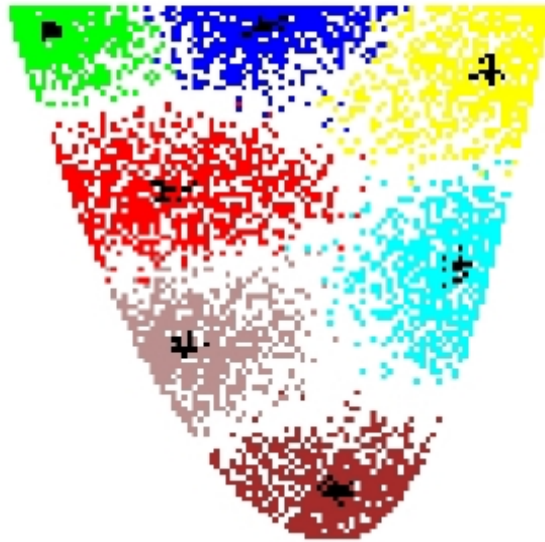
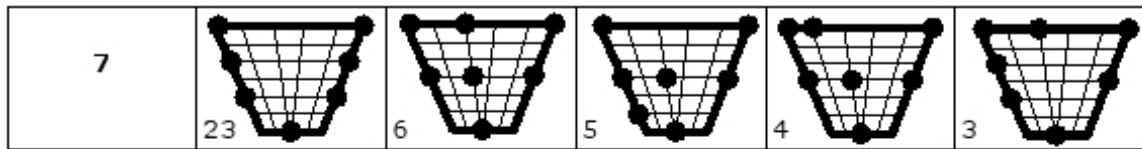


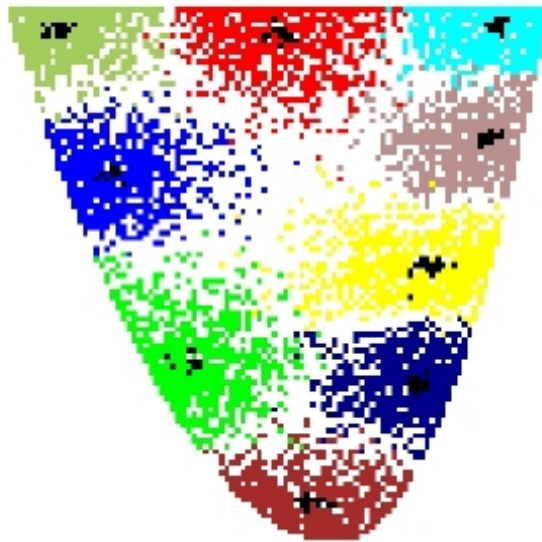
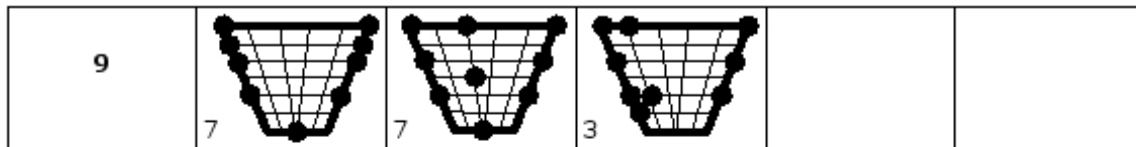
5	 97	 3			
---	---	--	--	--	--



6	 26	 12	 12		
---	---	---	---	--	--







- über die Hälfte der typologisch dominanten Vokalsysteme kristallisieren sich in der Computersimulation als stabil heraus
- von den sieben Systemen, die sich bei der Simulation als stabile erweisen, entsprechen fünf natürlich vorkommenden Systemen