

Einführung in die Computerlinguistik

Phonetik und Phonologie

Robert Zangenfeind

Center for Information and Language Processing

2023-10-23

- 1 Grundlegendes zur Phonetik
- 2 Standardlaute (Phone) des Deutschen
- 3 Artikulatorische Phonetik
- 4 Phonologie



- **artikulatorische Phonetik**: Physiologie der Lautproduktion
 - **akustische Phonetik**: physikalische Eigenschaften der Laute, Akustik der Lautübertragung
 - **auditive Phonetik**: Physiologie der Lautrezeption
-
- Laute der natürlichen Sprache
 - welche Laute sind in einer betreffenden Sprache unterscheidbar?
 - → parole [Rede]¹ → Phon

¹vgl. Ferdinand de Saussure: Grundfragen der allgemeinen Sprachwissenschaft. Berlin 2001.

Wie viele Laute gibt es in folgenden Wörtern?

- Tisch
- Bahn
- Bann
- Ding
- Text

→ keine 1:1-Relation zwischen Graphemen (Buchstaben) und Phonen!

Wofür wichtig in CL?

- automatische **Analyse** gesprochener Sprache (Spracherkennung)
- Sprach**synthese** (Text-to-Speech-System / Vorleseautomat)

Vokale (1) (nach Staffeldt 2010)

Grundlage: Internationales Phonetisches Alphabet (IPA)

[a]	m <u>a</u> n, K <u>a</u> nn <u>e</u>
[ɑ:] / [ɑ]	D <u>a</u> me, S <u>a</u> hn <u>e</u> / ch <u>a</u> rmant
[ɛ]	ä <u>l</u> ter, Fä <u>l</u> le
[ɛ:] [æ:]	Fä <u>h</u> re
[e:] / [e]	l <u>e</u> sen / Tr <u>e</u> sor
[i]	L <u>i</u> st, St <u>i</u> mm <u>e</u>
[i:] / [i]	l <u>i</u> gel, <u>i</u> hn / Mi <u>i</u> gräne

Vokale (2)

[ɔ]	d <u>o</u> ch, v <u>o</u> n
[o:] / [o]	<u>O</u> ber, H <u>o</u> f / h <u>o</u> fieren
[œ]	Kö <u>l</u> n, gö <u>n</u> nen
[ø:] / [ø]	schö <u>n</u> , Lö <u>w</u> e / Diö <u>z</u> ese
[ʊ]	H <u>u</u> nd, H <u>u</u> mm <u>e</u> r
[u:] / [u]	Sch <u>u</u> le, Ru <u>h</u> m / kop <u>u</u> lieren
[ʏ]	<u>U</u> eckermü <u>n</u> de
[y:] / [y]	Lü <u>g</u> e, ü <u>b</u> er / Rü <u>g</u> aner
[ə]	les <u>e</u> n, He <u>c</u> ke
[e]	Win <u>t</u> er, Som <u>m</u> er

Qualitätsveränderung während der Artikulation

[aʊ] [a̯u̯]	H <u>a</u> us, Cl <u>o</u> wn, Kak <u>ao</u>
[ɔɪ] [ɔ̯i̯]	Hä <u>u</u> ser, L <u>e</u> ute, aho <u>i</u>
[aɪ] [a̯i̯]	<u>E</u> i, He <u>i</u> rat, W <u>a</u> ise

Konsonanten (1)

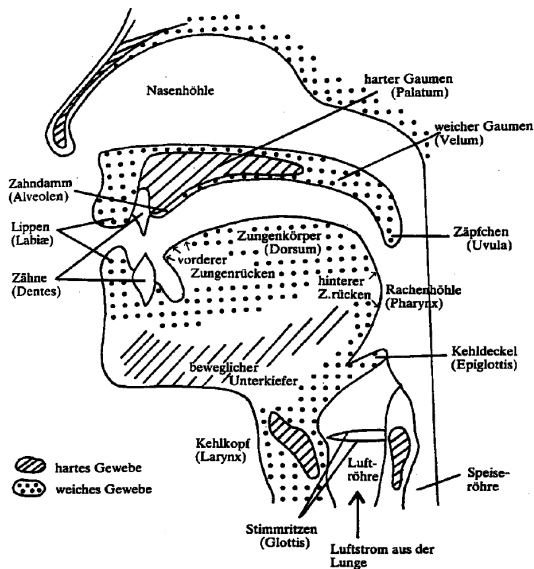
[b]	<u>B</u> ahn, <u>B</u> oden
[ç]	ich, Tü <u>ch</u> er (ich-Laut)
[x] / [χ]	Ro <u>ch</u> en, Ge <u>ch</u> / Da <u>ch</u> (ach-Laut)
[d]	<u>d</u> ort, La <u>d</u> en
[f]	<u>F</u> rage, schaff <u>e</u> n, N <u>er</u> v
[g]	gla <u>u</u> ben, leg <u>e</u> n
[h]	<u>H</u> alle, <u>h</u> och
[j] [ɥ]	<u>J</u> ugend, jamm <u>e</u> rn, Bo <u>j</u> e, t <u>j</u> a
[ʒ]	Gar <u>u</u> ge, beig <u>e</u>
[k]	<u>K</u> anne, La <u>k</u> en, Ta <u>g</u>
[l]	<u>L</u> age, fah <u>l</u> , Fa <u>l</u> le

Konsonanten (2)

[m]	<u>m</u> ager, Ku <u>mm</u> er
[n]	Sah <u>n</u> e, <u>n</u> ehmen, <u>n</u> ennen
[ŋ]	Ra <u>ng</u> , si <u>ng</u> en
[p]	<u>P</u> ause, ka <u>p</u> ern, Sta <u>b</u>
[r] [ʀ] [ʁ]	<u>R</u> asen, he <u>r</u> b, Kna <u>r</u> re
[z]	<u>S</u> age, Va <u>z</u> e
[s]	Ki <u>s</u> te, knu <u>s</u> pern
[ʃ]	<u>s</u> chade, ra <u>s</u> che <u>l</u> n, Gi <u>s</u> cht
[t]	<u>T</u> ag, ra <u>t</u> en, Ra <u>d</u>
[v]	<u>V</u> ase, <u>W</u> agen, Lö <u>w</u> e

[ʔ] (wie in “Oase”)

Die Sprechwerkzeuge



Artikulationsstelle	Eigenschaft des an diesem Ort gebildeten Lautes
Alveolen (Zahndamm [Zahntaschen])	alveolar
Apex (Zungenspitze)	apikal
Dentes (Zähne)	dental
Dorsum (Zungenrücken)	dorsal
Glottis (Stimmritze, Stimmlippen)	glottal
Labiae (Lippen)	labial
Larynx (Kehlkopf)	laryngal
Cavum nasi (Nasenraum)	nasal
Palatum (harter Gaumen)	palatal
Pharynx (Rachen)	pharyngal
Uvula (Zäpfchen)	uvular
Velum (Gaumensegel, weicher Gaumen)	velar

(nur für stimmhafte Laute)

- Stimmlippen werden einander angenähert → Luftstrom fließt schneller
- Annäherung bewirkt Minderung des Luftdrucks (Bernoulli-Effekt) → Stimmlippen werden aneinander gezogen
- Schließen der Glottis
- Luftstrom wird blockiert
- Luftdruck steigt wieder
- Stimmlippen werden wieder auseinander gedrückt (Wdh. von vorne)

→ Grundfrequenz des Sprachsignals

- bewegliches Artikulationsorgan (Zunge, Unterlippe) wird an statisches Artikulationsorgan angenähert
- schmale Ritze
- Reibungsgeräusch

→ **Frikative** (Reibelaute)

Sibilanten (Zischlaute) entstehen an scharfen Zahnkanten (hochfrequente Anteile)

Lautbildung im Artikulationstrakt: 3. Filterung

- Mund
- Rachen
- Nasenraum

Unterscheidung durch folgende Hauptmerkmale:

a) Quelle (Ort der Bildung)

- Stimmbänder (bei stimmhaften Lauten)
- Zunge oder Lippen an statischem Artikulationsorgan (Verschlusslaute, Reibelaute)

b) Art und Weise

- Verschlusslaute
- Reibelaute
- etc.

c) Stimmhaftigkeit

- Stimmlose Laute: Stimmbänder schwingen nicht (stimmlose Verschluss- und Reibelaute)
- Stimmhafte Laute: Stimmbänder schwingen (Vokale, Nasale, Liquide, Halbvokal, etc.)

Quelle

- Glottis (vgl. Phonation)

Filter

- in Form und Größe durch Zunge und Lippen variierbarer Mundraum
- ein- und ausschaltbarer (nicht variierbarer) Nasenraum

IPA-Tabelle der Konsonanten

<https://www.internationalphoneticassociation.org/content/full-ipa-chart>

CONSONANTS (PULMONIC)

© 2005 IPA

	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		ⱱ		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			

bei Konsonantpaaren: links: stimmlos, rechts: stimmhaft
grau unterlegt: nicht produzierbar

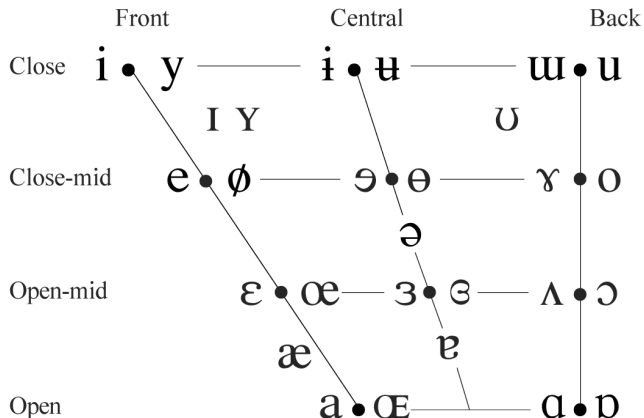
Beispiele für die Stellung der Artikulationsorgane bei Konsonanten



Abb. aus K. Fellbaum: Sprachverarbeitung und Sprachübertragung. Berlin 1984

IPA-Vokaltrapez

<https://www.internationalphoneticassociation.org/content/full-ipa-chart>



bei Vokalpaaren: links: ungerundet, rechts: gerundet

- Abbildung des Raums der Vokalartikulation entsprechend der obersten Position der Zunge
- Schwierigkeit bei Beschreibung: Zunge lässt sich kontinuierlich bewegen
- **Zentrale Vokale:**
- [ə] (Schwa-Laut)
 - in der Mitte des Vokalraums
 - Artikulationsorgane in Ruhe
 - ähnlich “äh”
- [e] (“Tiefschwa”)

Beschreibung in drei artikulatorischen Dimensionen

- Höhe/Öffnung
- Position der Zunge auf horizontaler Achse (vorne – hinten)
- (Nicht-)Beteiligung der Lippenrundung

- zusätzlich: mögliche Länge
- außerdem: bei nasalen Vokalen ist Gaumensegel abgesenkt → ausströmende Luft zusätzlich durch Nasenraum

Beispiele für die Stellung des Artikulationstraktes bei Vokalen

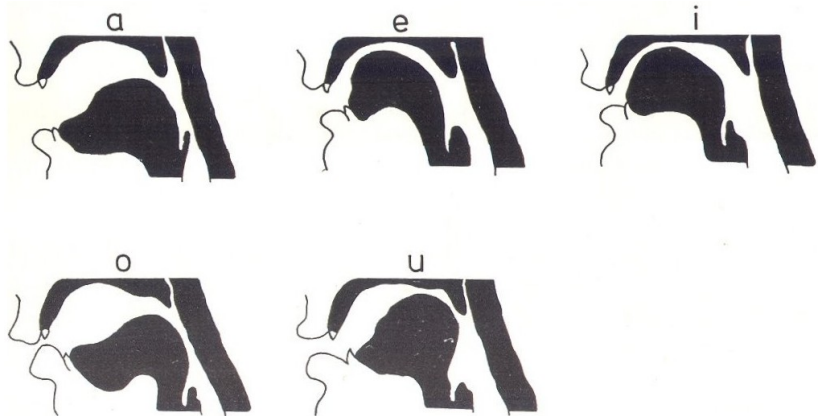


Abb. aus K. Fellbaum: Sprachverarbeitung und Sprachübertragung. Berlin 1984

Zu den Diphtongen

- deutliche Veränderung der Zungenposition
- z.B. von [a] zu [ɪ] → [aɪ]

- Diakritika
- Suprasegmentalia
- Sprachstörungen
etc.

- Laute als Teil des Sprachsystems
- wortunterscheidende Lauteigenschaften, Lautstrukturen und Relationen zwischen den Lauten und größeren Einheiten
- Theorie des Lautsystems einer Sprache
- Untermenge aller möglichen Laute
- Regularitäten, wie diese zu Silben und Wörtern zusammengesetzt werden

→ langue [Sprachsystem]² → Phoneme

²vgl. Saussure 2001.

- kleinste bedeutungsunterscheidende Einheit auf Systemebene
- hat selbst keine Bedeutung!
- Klasse von Phonemen mit derselben bedeutungsunterscheidenden (distinktiven) Funktion
- in Schrägstrichen notiert: z.B. /p/, /t/, /k/
- Grundobjekt der Phonologie

vs.

Phon: Minimale bedeutungsunterscheidende Einheit im Sprachsignal (parole)

Paar von Wortgestalten (Signifiants) mit minimalem lautlichem Unterschied und verschiedener Bedeutung (Signifié):

- Schal – Schaf: /ʃa:l/ – /ʃa:f/
- Schal – Schall: /ʃa:l/ – /ʃal/
- Schal – Saal: /ʃa:l/ – /za:l/
- usw.

Variante der Realisierung eines Phonems z.B.:

- [ç, x]: Allophone des Phonems /ç/
stehen in **komplementärer Distribution**:
wenn Phone in unterschiedlichen Silben- oder Wortkontexten
vorkommen und im Vergleich zu anderen Phonen phonetisch
ähnlich sind, gelten sie als Allophone desselben Phonems
- [r, ʀ, ʁ]: Allophone des Phonems /r/ → **fakultative (freie)
Varianten**
- Phonem /p/ hat (u.a.) folgende Allophone: [p], [p^h]

Die standarddeutschen Konsonantenphoneme

(nach R. Wiese: Phonetik und Phonologie. Paderborn 2011)

- 6 Plosive /p, b, t, d, k, g/
- 8 Frikative /f, v, s, z, ʃ, ʒ, ç, h/
- 3 Nasale /m, n, ŋ/
- 1 Vibrant /r/
- 2 Approximanten /j, l/

Minimalpaare zu diesen Phonemen

Paar – Bar

Ball – Fall

Tal – Wal

drei – frei

Kanne – Tanne

Gras – Fraß

Futter – Butter

waten – raten

Tasse – Tasche

Sahne – Fahne

Schal – Saal

Rage – Rabe

China – Tina

Haus – Maus

müssen – küssen

Nase – Hase

Ding – Dill

rasch – lasch

Jugend – Tugend

List – Mist

(manchmal als dt. Phoneme)

- /ts/
- /pf/
- /tʃ/
- /dʒ/

Die standarddeutschen Vokalphoneme

(nach Staffeldt 2010 bzw. Wiese 2011)

- /iː, ɪ, eː, ɛ, ɛː, aː, a, yː, ʏ, øː, œ, uː, ʊ, oː, ɔ, ə, ɐ/
- Minimalpaare dazu:

lieben – loben

bitten – bieten

eben – oben

lecken – locken

säen – sehen

lagen – lägen

Bann – Bahn

über – Ober

Hütte – Hüte

schön – schon

Hölle – Halle

Huhn – Hahn

spucken – spuken

Tod – Tat

Tonne – Tanne

Alte – Alter

Oper – Opa

(nicht überall als Phoneme)

- /aɪ, aʊ, ɔɪ/

- Minimalpaare dazu:

Bein – Bahn

Maus – Maß

neun – nein

- Inventar von Phonemen (System von Oppositionen)
- Phone für jedes Phonem
- distinktive Merkmale der Phoneme und Phone (Beschreibung und Klassifizierung)

- Phoneminventare der Sprachen der Welt unterscheiden sich sehr in Elementen und Größe (ca. 20 bis 50) des Inventars
- Generalisierungen (implikative Universalien) sind möglich: z.B. wenn Frikative vorhanden, dann auch Verschlusslaute
- Abstraktion von phonetischen Äußerungsdetails
- → weniger detaillierte Repräsentation, d.h. weite Transkription
- nicht direkt im Sprachsignal beobachtbar
- Bündel von distinktiven Merkmalen (interne Struktur)
- kleinste Bestandteile von Silben (externe Struktur)

- Phoneme sind Bündel phonologischer Merkmale
- → eindeutige Unterscheidung!
- distinktive Merkmale

Merkmalsmatrizen

(Staffeldt 2010)

	i:	ɪ	e:	ɛ	ɛ:	æ:	y:	ʏ	ø:	œ	ɑ:	a	u:	ʊ	o:	ɔ	ə	ɐ
hint	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	−	+
vorn	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−
hoch	+	+	−	−	−	−	+	+	−	−	−	−	+	+	−	−	−	−
tief	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	−	−	−	−	−	−
rund	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	−	−	+	+	+	+	−	−
gesp	+	−	+	−	−	+	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	−	−
lang	+	−	+	−	+	+	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	−	−

	m	n	ɲ	l	ʀ		p	b	f	v	t	d	s	ʃ	ʒ	j	k	g	x	
nasal	+	+	+	−	−	sth	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	+	−	+	−
kontinuierlich	−	−	−	−	+	kont	−	−	+	+	−	−	+	+	+	+	+	−	−	+
labial	+	−	−	−	−	labial	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	
koronal	−	+	−	+	−	koronal	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	−	−	−	
hinten	−	−	+	−	+	hinten	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	
hoch	−	−	+	−	−	hoch	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	

- Beschreibung aller Sprachen mit möglichst wenig Mitteln → sprachliche Grundausstattung aller Menschen
- Generalisierungen beschreiben
- Beschreibung phonologischer Prozesse
- Vereinfachungen von Merkmalen: [+ nasal, + stimmhaft] → [+ nasal]
- z.B. Versprecher analysieren
- z.B. Anwendung zur Spracherzeugung

- Staffeldt, S.: Einführung in die Phonetik, Phonologie und Graphematik des Deutschen. Ein Leitfaden für den akademischen Unterricht. Tübingen 2010.
- Pompino-Marschall, B.: Einführung in die Phonetik. Berlin, New York 2009.

Zum Schluss: Besonders klausurrelevant

- Verständnis der IPA-Tabellen
- Phon vs. Phonem
- Minimalpaar
- Allophon
- Terminologie (bilabial, offen, ...)