

Phonetik und Phonologie

09.02.2021 – Vertiefung der Grundlagen der Computerlinguistik

Prof. Dr. Klaus Schulz / M.Sc. Leonie Weissweiler

Vortragende:

Astrid Kasztantowicz, Dzmitry Kirylenka & Constantin Rebouskos

Gliederung

1. Unterschied Phonetik & Phonologie
2. Grundlagen der Phonetik
3. Grundlagen der Phonologie
4. Implikationen für die Computer Linguistik
5. Weiterführende Literatur

Unterschied Phonetik & Phonologie

- Phonetik
 - Primär naturwissenschaftlich arbeitende „Sprechaktlautelehre“
 - Lehre von Sprachlauten (=Phon)
- Phonologie
 - Primär geisteswissenschaftlich arbeitende „Sprachgebildelautelehre“
 - Lehre von bedeutungsunterscheidenden Lauten (=Phoneme) eines bestimmten Lautsystems (bspw. Deutsch)

Phonetik

Zwei Arten der Phonetik:

1. Deskriptive Phonetik (oder Symbolphonetik)
 - a. Hierunter fallen sog. Ohren-/ bzw. Hörphonetiker die das gehörte analysieren und beschreiben
-> IPA (International Phonetic Alphabet)
2. Signal-/Instrumental Phonetik (oder Experimentalphonetik bzw. Perzeptive Phonetik)
 - a. messen die während des Sprechaktes ablaufenden physikalischen Vorgänge
 - b. via Experimenten einen empirischen Zusammenhang feststellen

Wichtig: Keine 1:1 Beziehung zwischen Graphem (Buchstabe) und Phon (Laut)

Phonetik

3 Teilgebiete der Phonetik

- Auditive Phonetik
 - Lehre der Analyse von sprachlichen “Zeichen” durch das Ohr bzw. Hirn des Empfängers
- Akustische Phonetik
 - Lehre der Akustik von gesprochenen Lauten
- Artikulatorische Phonetik
 - Lehre der Mechanismen des (hauptsächlich) Ansatzrohres zur Lautproduktion

Phonetik – Artikulation

- Kehlkopf (Larynx)
 - Sekundäre Funktion: Kontrollierung der Stimmtonerzeugung (Phonation)
 - Kehlkopfmuskulatur manipuliert Länge und Ausrichtung der Stimmlippen, die wiederum den austretenden Luftstrom manipulieren
 - Stimmlippen können schwingen (Stimmhafte Laute) oder nicht (Stimmlose Laute)
- Zunge
 - Aus mehreren Muskelgewebe bestehend (intrinsisch (Zungenform) und extrinsisch (Zungenlage- und form))
 - grob unterteilt in Zungenspitze (Apex), Zungenblatt (Lamina), Zungenrücken (Dorsum) und Zungenwurzel (Radix)
- Kiefer
 - Verändert Geometrie des Ansatzrohres– Hebung, Senkung, Vorverlagerung und Rückverlagerung

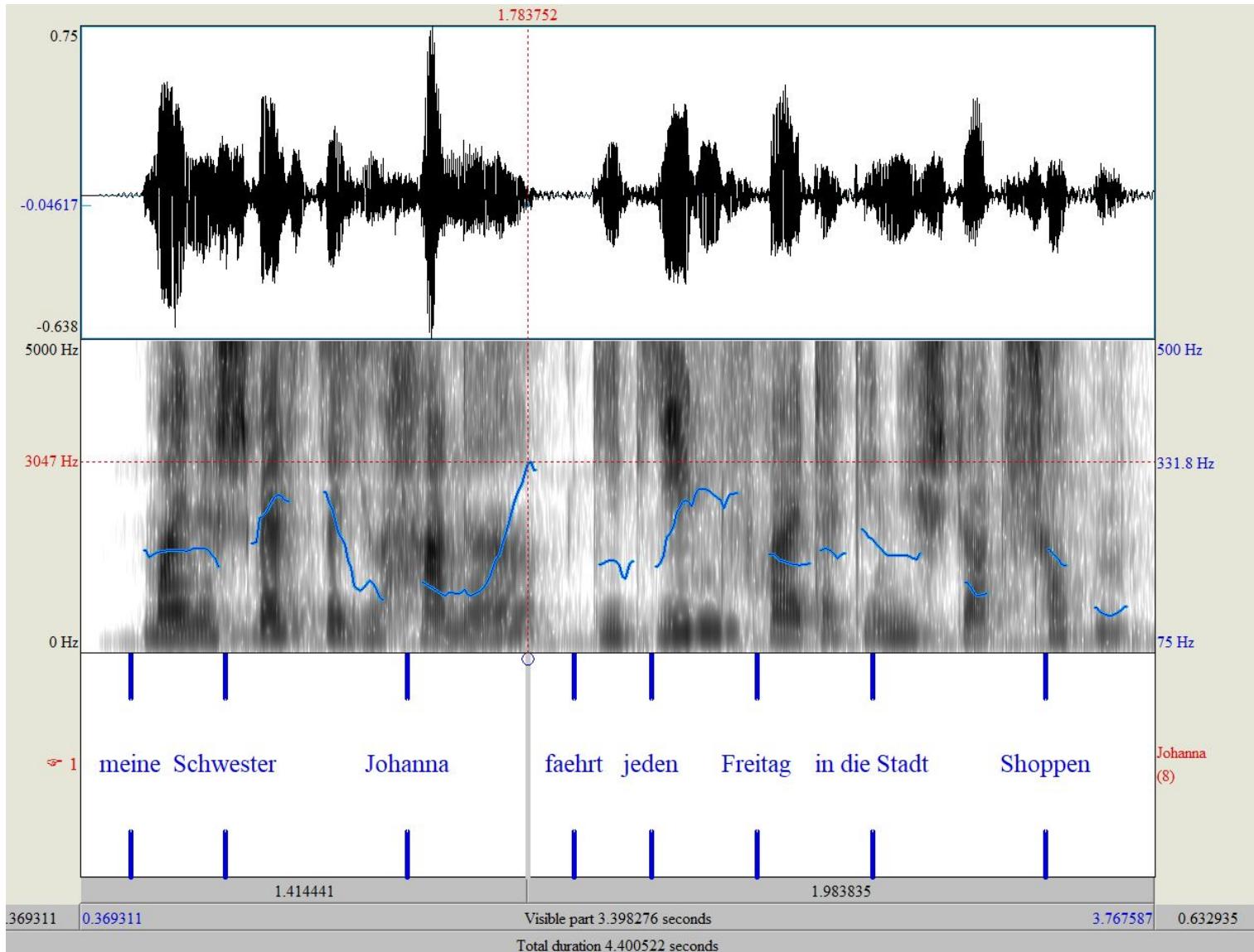
Phonetik – Artikulation

- Lippen
 - Verändert Geometrie des Ansatzrohres – Verlängerung (gerundet) Verkürzung (ungerundet) oder Verschluss
- Velum
 - Leitet Luftstrom durch den Mund bzw. Lippen (wenn gehoben) oder durch die Nase (wenn gesunken)
- Rachen
 - manipuliert mittels der horizontalen Bewegung der Zunge den Pharynx (Luftröhre)

+ Neuronale Kontrolle der Sprachproduktion

Phonetik – Akustische Phonetik

- Viele physikalische Grundlagen der Akustik in Bezug auf Geräusche, Töne und Klänge
- Spektrogramm (= Sonogramm)
 - Abtragung der Energie des Signals (Perzeptiv gesehen: Lautstärke) – kann auf gedachter z-Achse des Sonogramm als Schwärzung abgelesen werden)
 - X-Achse: Zeit in ms
 - Y-Achse Hertz (perzeptiv: Tonhöhe)
- Oszillogramm: Schallschwingungen als Graph entlang der Zeit



Phonetik – Systematische Phonetik (IPA)

THE INTERNATIONAL PHONETIC ALPHABET (revised to 2020)

CONSONANTS (PULMONIC)

© ⓘ © 2020 IPA

	Bilabial	Labiodental	Dental	Alveolar	Postalveolar	Retroflex	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Glottal
Plosive	p b			t d		t̪ d̪	c ʃ	k g	q ɢ		ʔ
Nasal	m	m̪		n		n̪	n̥	ŋ	N		
Trill	B			r					R		
Tap or Flap		v̪		f̪		t̪					
Fricative	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ɟ	xɣ	χʁ	ħ ʕ	hɦ
Lateral fricative				ɬ ɭ							
Approximant		v̪		ɹ̪		ɻ̪	j̪	w̪			
Lateral approximant				l̪		ɺ̪	ɻ̥	L̪			

Symbols to the right in a cell are voiced, to the left are voiceless. Shaded areas denote articulations judged impossible.

Abb. 2
International Phonetic Association 2020:
IPA Kiel / LS Uni (serif)
font

Phonetik – Systematische Phonetik (IPA)

- Konsonanten
 - Im IPA: Rechte Laute sind stimmhaft (=voiced) und linke stimmlös (=voiceless) – bezieht sich auf Stimmlippenschwingung
- Plosive
 - Initialer, totaler Verschluss (Lippen und/oder Velum) und explosive Lösung des Verschlusses
- Nasale
 - Initialer, totaler, oraler Verschluss aber das Velum gesenkt – ergo: Luftstrom durch die Nase möglich
- Trills (Vibranten, gerollte Laute)
 - Charakteristische, kurze, aufeinanderfolgende orale Verschlüsse und Lösung
- Taps und Flaps
 - Initialer totaler, oraler und nasaler Verschluss von sehr kurzer Dauer
 - Gelöst durch antippen der Artikulationsstelle (obere Zeile) mit Zungenspitze oder -rücken

Phonetik – Systematische Phonetik (IPA)

- Frikative
 - Luftstrom wird in einer Enge (im Längszentrum) des Ansatzrohres turbulent – Geräuschbildung
- Laterale Frikative
 - Die Enge liegt nicht längs im Ansatzrohr wie bei Frikativ, sondern seitlich
- Approximanten
 - Luftstrom entweicht durch eine enge, jedoch nähert sich die Zunge dem Artikulationsort nur an
- Lateral Approximanten (Laterale)
 - zentraler Verschluss und seitliche, nicht geräuschesbildende Enge
- Clicks (sog. Schnalzlaute, orale Verschlusslaute)
 - Doppelter Verschluss (an primärer Artikulationsstelle mit Zungenrücken) und velarer Verschluss

Phonetik – Systematische Phonetik (IPA)

THE INTERNATIONAL PHONETIC ALPHABET (revised to 2020)

CONSONANTS (PULMONIC)

© ① © 2020 IPA

	Bilabial	Labiodental	Dental	Alveolar	Postalveolar	Retroflex	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Glottal
Plosive	p b			t d		t d	c ʃ	k g	q ɢ		?
Nasal	m	m̪		n		n̪	n̥	ŋ	N		
Trill	B			r					R		
Tap or Flap		v̪		f̪		t̪					
Fricative	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ɿ	xɣ	χɣ	h ɺ	h ɻ
Lateral fricative				ɬ ɭ							
Approximant		v̪		ɹ̪		ɻ̪	j̪	w̪			
Lateral approximant				l̪		ɺ̪	ɻ̥	L̪			

Abb. 2
International Phonetic Association 2020:
IPA Kiel / LS Uni (serif)
font

Symbols to the right in a cell are voiced, to the left are voiceless. Shaded areas denote articulations judged impossible.

Phonetik – Systematische Phonetik (IPA)

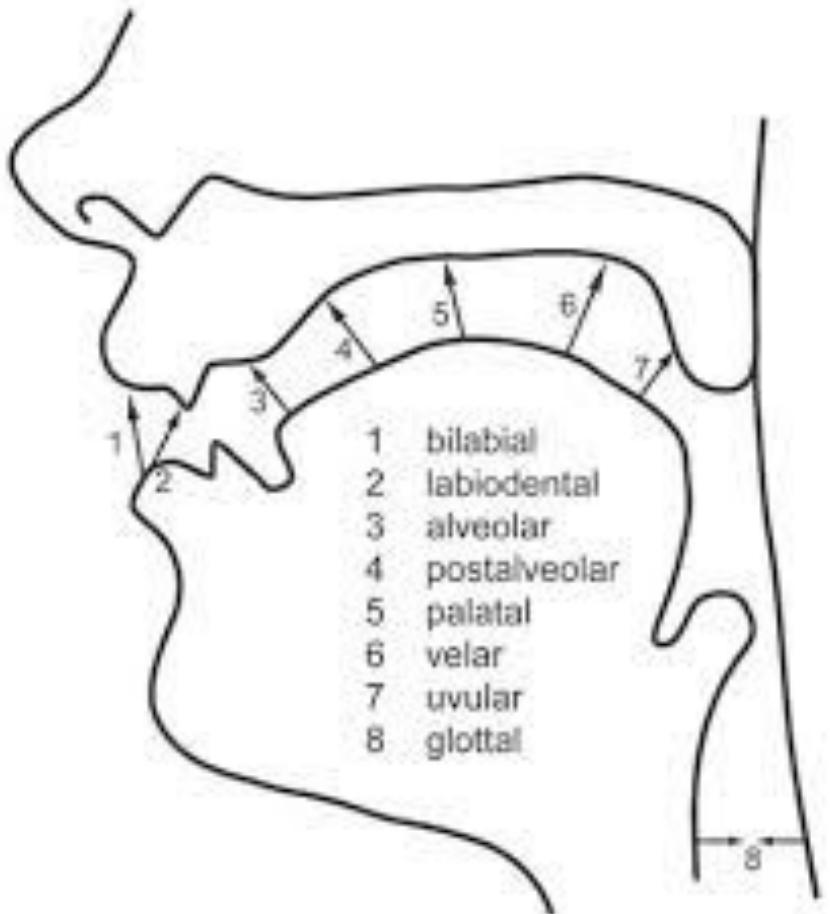
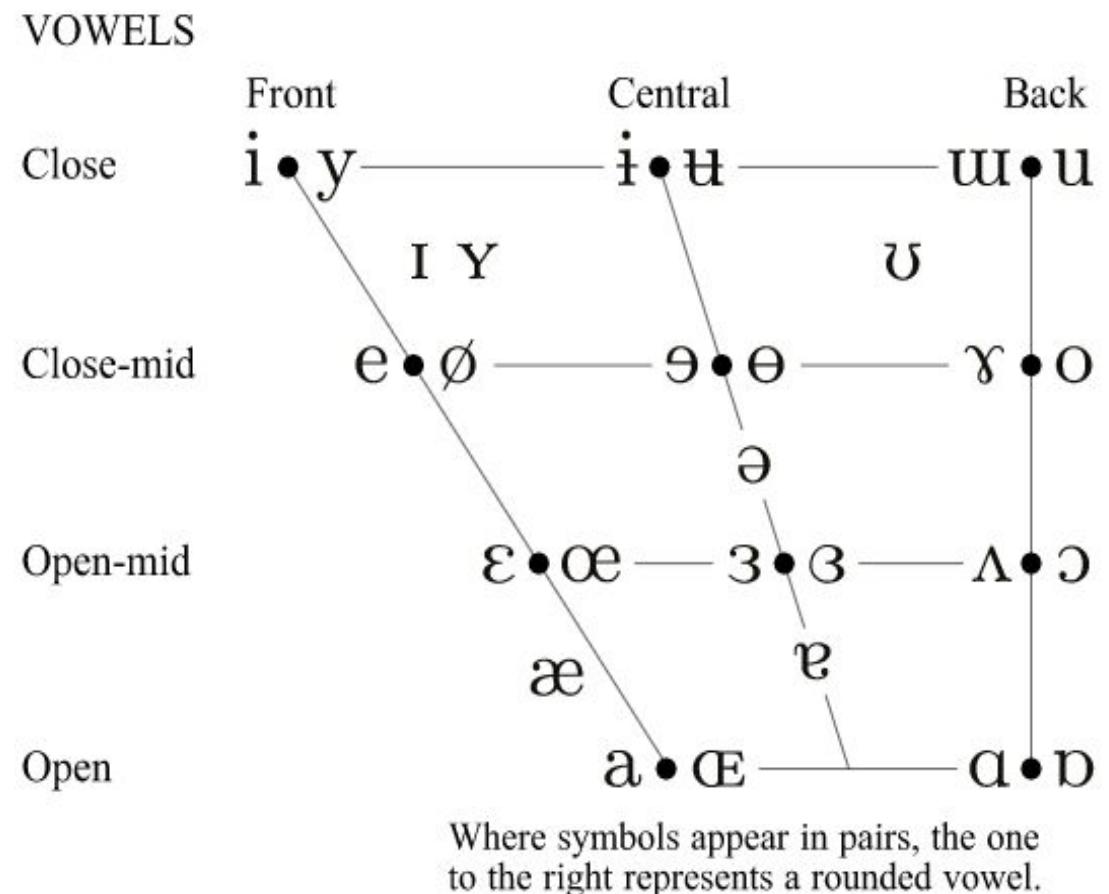


Abb. 3: Institut für Linguistik, Gutenberg Universität Mainz, 2015.

Phonetik – Systematische Phonetik (IPA)

- Vokale
 - Generell: Vokale sind Laute die eine „offene Passage“ im Ansatzrohr aufweisen
 - Definiert durch Zungenlage (Vorne – Zentral – Hinten)
 - Zungenhöhe (hoch=geschlossen bis tief =offen)
 - Lippenrundung (rechtes gerundet)

Abb. 4 International Phonetic Association 2020:
IPA Kiel / LS Uni (serif) font



Phonologie

- Behandelt Lautsystem einer bestimmten Sprache (hier Deutsch)
- Vernachlässigt die unters. Arten ein Laut zu produzieren (Phonetik) und konzentriert sich auf die für **eine** Sprache wichtigen/notwendigen Laute
 - = bedeutungsunterscheidende (distinktive) Laute
- Untersucht Phoneme (bedeutungsunterscheidende Laute) und nicht Phone (Laute)

Phonologie – Phonem

- Kleinstes bedeutungsunterscheidende Lauteinheit einer Sprache
 - Beispiel: Kasse ['kasə] – Tasse ['tasə] → /k/ vs. /t/
- Hat selbst keine Bedeutung, aber kennzeichnet Bedeutungsunterschiede zwischen Wörtern
- Ausdruck der bedeutungsunterscheidenden Funktion durch Minimalpaare
- Bestehen aus einem Bündel von distinktiven Merkmalen
 - Beispiel: /b/ vs. /p/ vs. /n/ in Bein [baɪ̯n] – Pein [paɪ̯n] & Pein [paɪ̯n] – Nein [naɪ̯n]
- Transkription in Schrägstrichen /.../ (vs. Phonetik [...])

Phonologie – Allophone

- Phonetisch ähnliche Realisierungsvarianten eines Phonems (auch: Phonemvarianten)
- Beispiel: [ç], [x] → Allophone des Phonems /ch/
- Arten von Allophonen:
 - Frei
 - Gleichberechtigung von Phonemvarianten ohne Bedeutungsunterschied
 - Beispiel: [r], [R], [ʁ] fürs Phonem /r/ (Brot [bʁo:t])
 - Kombinatorisch
 - Bestimmung der Realisierung von Phonemvarianten durch Folgevokale
 - Beispiel: /ch/ → [ç] nach Vorderzungenvokalen (Licht [lɪçt]), [x] nach Hinterzungenvokalen (Buch [bu:x])

Phonologie – Phonologische Prozesse

- Assimilation
 - Angleichung von Lauten
 - Entsteht meist durch Koartikulation
 - Betroffene Laute: Assimilans vs. Assimilandum
- Arten von Assimilation:
 - Nach Richtung der Angleichung:
 - Progressiv (1. Laut → 2. Laut): aussagen [ˈaus̩sa:gn̩]
 - Regressiv (1. Laut ← 2. Laut): krank [kʁaŋk]
 - Reziprok (1. Laut ↔ 2. Laut): Abend [ˈa:mt̩]
 - Nach Grad der Angleichung:
 - Total (Lauten verlieren distinktive Merkmale vollständig): Günter [ˈgy̩n̩ə]
 - Partiell (Lauten verlieren distinktive Merkmale teilweise): fünf [fʏ̩m̩f̩]
 - Nach Distanz der Laute:
 - Kontaktassimilation (Lauten sind benachbart): Treppe [ˈkʁεpə]
 - Distanzassimilation (Lauten sind nicht benachbart): gut [gu:t̩] – gütlich [ˈgy̩tl̩ɪç̩]

Phonologie – Phonologische Prozesse

- Auslautverhärtung
 - Verlust der Stimmhaftigkeit eines Lautes am Silbenende
 - Systematischer bzw. obligatorischer Prozess
 - Beispiel: Tage [ta:gə] – Tag [ta:k]
- Epenthese
 - Einfügung von Lauten ins Wort
 - Dient zur Erleichterung der Wortaussprache
 - Beispiel: amerikanisch [ame̩ri'ka:nɪʃ], Abfahrtszeit ['apfa:ɛts̩, fsaɪt̩]
- Tilgung (auch Elision)
 - Entfernung von (unbetonten) Lauten aus dem Wort
 - Kommt häufig beim sog. Schwa-Laut [ə] vor Konsonanten zum Einsatz (→ Schwa-Tilgung)
 - Beispiel: dunkel ['dʊŋkəl̩] → ['dʊŋkl̩], nicht [nɪçt̩] → [nɪç], leben ['le:bən̩] → ['le:bñ̩]

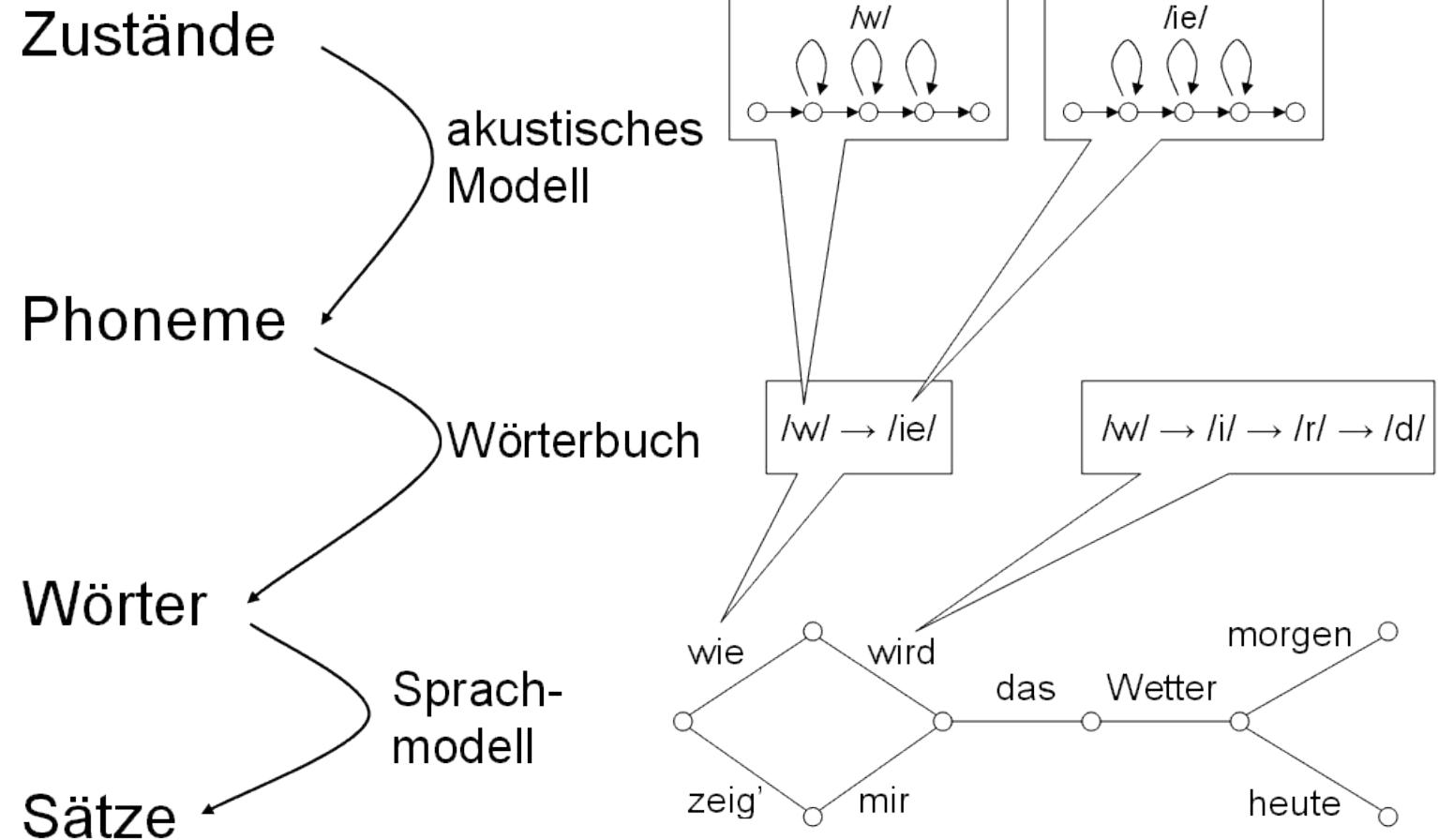
Wofür wichtig in CL?

- Automatische Analyse von gesprochener Sprache (Spracherkennung)
- Sprachsynthese (Text-To-Speech Systeme)

Spracherkennung

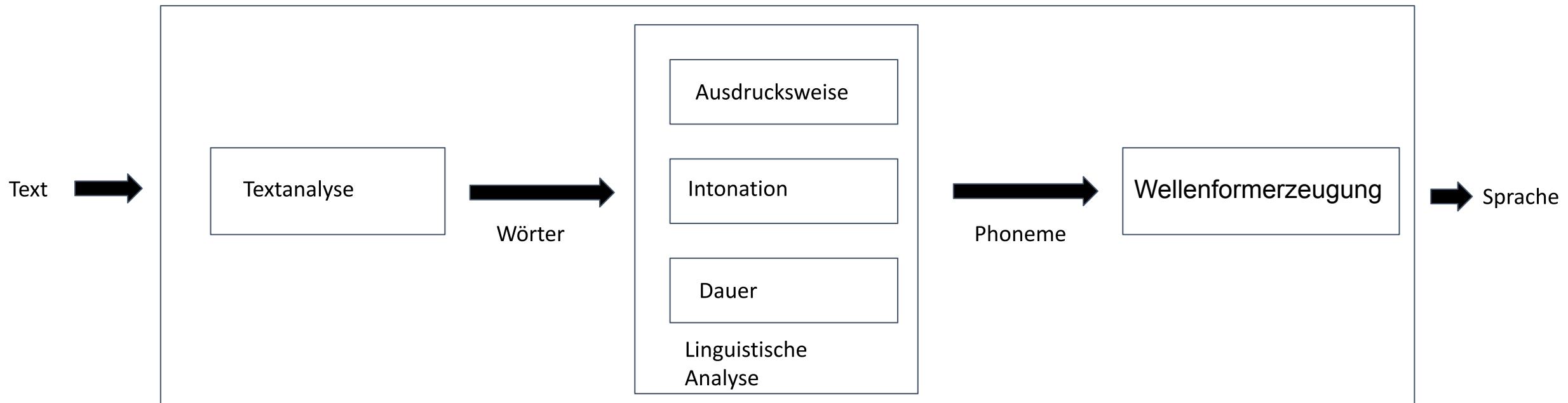
- Grob: Schallsignal → Lautschrift → Text
- 1. Schallsignal wird in Frequenzspektrum transformiert
- 2. Phoneme werden gefunden, welche am besten zum Signal passen
- 3. Phoneme werden mithilfe eines Wörterbuchs zu Wörtern zusammengesetzt
- 4. Ein Sprachmodell berechnet die Wahrscheinlichkeit bestimmter Wortkombinationen

Abb. 5 Stadermann, Jan.
Automatische Spracherkennung
mit hybriden akustischen
Modellen. Diss. Technische
Universität München, 2006.



Sprachsynthese

- Grob: Text → Lautschrift → Schallsignal



Sprachsynthese

- Umwandlung Text → Phonem entweder
 - Regelbasiert oder
 - Durch Verwendung von einem Wörterbuch
- 2 Ansätze für Phonem → Schallsignal
 - Konkatenative Synthese: Zusammensetzen voraufgenommener Laute aus Datenbank
 - Formative Synthese: Laut wird durch Zusammenstellen der gewünschten Frequenzen erstellt

Wofür wichtig in CL?

Transkription für CL: SAMPA (Speech Assessment Methods Phonetic Alphabet)

- Umschlüsselung des IPA in 7-Bit-ASCII.
- 1980 entwickelt, um die Unfähigkeit von Textcodierungen, IPA-Symbole darzustellen, zu umgehen.
- Nicht mehr so wichtig, da Unicode inzwischen dazu in der Lage

Weiterführende Literatur/Links

- https://www.phonetik.uni-muenchen.de/studium_lehre/lehrmaterialien/index.html
 - Lehrinhalte des IPS (Institut für Phonetik und Sprachverarbeitung der LMU München)
- https://www.internationalphoneticassociation.org/IPAcharts/IPA_chart_orig/IPA_charts_E.html
 - IPA, Englisch – Rev. 2020
- <https://www.internationalphoneticalphabet.org/ipa-sounds/ipa-chart-with-sounds/>
 - Interaktives IPA mit Hörbeispielen
- https://keyman.com/keyboards/sil_ipa
 - IPA SIL – Keyboard Add-on
- <https://www.phon.ucl.ac.uk/home/sampa/>
 - IPA und SAMPA Transkriptionstabelle

Quellen

Féry, Caroline: Lautsysteme der Sprache: Phonologie. In: Arbeitsbuch Linguistik: Eine Einführung in die Sprachwissenschaft. Hrsg. von Horst M. Müller. 2., überarbeitete und aktualisierte Auflage, Ferdinand Schöningh, Paderborn [u.a.] 2009 (= UTB 2169). S. 77–101.

Hall, Tracy Alan: Phonologie: Eine Einführung. 2., überarbeitete Auflage, De Gruyter, Berlin/New York 2011 (= De Gruyter Studium).

Hunt, Andrew J., and Alan W. Black. "Unit selection in a concatenative speech synthesis system using a large speech database." 1996 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing Conference Proceedings. Vol. 1. IEEE, 1996.

Pompino-Marschall, Bernd: Einführung in die Phonetik. 2. Auflage, de Gruyter Studienbuch, Berlin/New York 2003.

Wells, John, et al. "Standard computer-compatible transcription." Esprit project 2589 (SAM), Doc. no. SAM-UCL 37 (1992).

Quellen

Abb. 1: Boersma, Paul; Weenink, David: PRAAT, Version: 6.1.38, 2021.

Abb. 2, Abb. 4.: International Phonetic Association. IPA Kiel / LS Uni (serif).

https://www.internationalphoneticassociation.org/IPAcharts/IPA_chart_orig/IPA_charts_E.html
zuletzt ueberprueft 01.02.2020. Kiel, 2020

Abb. 3: Gutenberg Universität Mainz: Artikulationsstellen.

https://www.blogs.uni-mainz.de/fslinguistiksneb/files/2013/05/FSR_Linguistik_Erstiheft_SoSe_2015.pdf zuletzt ueberprueft 01.02.2020. Main, 2015.

Abb. 5: Stadermann, Jan. Automatische Spracherkennung mit hybriden akustischen Modellen. Diss. Technische Universität München, 2006. <https://mediatum.ub.tum.de/601648>