

Computerlinguistik I: Erkennung und Synthese gesprochener Sprache

Übersicht:

1.	Phonetische und phonologische Grundlagen	7
1.1.	Einiges zur Phonetik	7
1.1.1.	Artikulatorische Phonetik	8
1.1.1.1.	Klassifikation der Laute	8
1.1.1.2.	Assimilation, Dissimilation und Elision	22
1.1.1.3.	Fazit	35
1.1.2.	Akustische Phonetik	36
1.1.3.	Die Repräsentation des Sprach- signals	45
1.1.4.	Perzeptive (auditive) Phonetik	57
1.2.	Einiges zur Phonologie	58
2.	Die Erkennung gesprochenener Sprache	64
2.1.	Allgemeines zu Spracherkennung	65
2.2.	Das <u>klassische</u> Schema der Spracherkennung	68
2.3.	Anwendungen der Spracherkennung	70
2.4.	Hidden Markov Models (HMM's)	72
2.4.1.	Zufallsprozesse	72
2.4.2.	Motivation der HMM's	77
2.4.3.	Was ist hidden an den HMM's?	81
2.4.4.	Anwendung der HMM's	86
2.5.	Worthypothesengraphen	92
3.	Synthese gesprochenener Sprache	98
3.1.	Allgemeines	98
3.2.	Graphem-Phonem-Umsetzung	

3.2.1.	Die Steuerinformation für den Synthetisator	101
3.2.2.	Die automatische Erzeugung der Steuerinformation - prozedurale Aspekte	103
3.2.3.	Funktion der Transkription	110
3.2.4.	Weiterverarbeitung der Transkription	111
3.2.5.	Zusammenhänge mit der Wortformenanalyse	111
3.3.	Darstellung eines Verfahrens zur Graphem-Phonem-Umsetzung für das Deutsche	112
3.4.	Skizze eines Verfahrens für das Englische	117

Literatur:

Altmann, G. T. M., Cognitive Models of Speech Processing. Psycholinguistic and Computational Perspectives, Cambridge, Massachusetts and London, England: The MIT Press 1990.

Bird, St./Ellison, M. (Lecturers), Course: Computational Phonology of the Fifth European Summer School in Logic, Language and Information, August 16-27, 1993, Faculdade de Letras Universidade de Lisboa, Portugal.

Chomsky, N./M. Halle: The Sound Pattern of English. New York: Harper & Row, 1968.

Gibbon, D. (Ed.), Natural Language Processing and Speech Technology. Results of the 3rd KONVENS Conference, Bielefeld, October 1996, Berlin-New York: Mouton de Gruyter 1996.

Heuven, V. J. van/Pols, L. C. W. (Eds.), Analysis and Synthesis of Speech. Strategic Research towards High-Quality Text-to-Speech Generation, Berlin-New York: Mouton de Gruyter 1993.

Jelinek, F., Self-Organized Language Modeling for Speech Recognition. In: A. Waibel, K.-F. Lee (Eds.), Readings in Speech Recognition, San Mateo (CA): Morgan Kaufman 1990.

Klein, E./Veltman, F. (Eds.), Natural Language and Speech. Symposium Proceedings, Brussels, November 26/27, 1991, Berlin u.a.: Springer-Verlag 1991.

Kohler, K. J., Einführung in die Phonetik des Deutschen, Berlin: Erich Schmidt Verlag 1995.

Levelt, W. J. M. (Ed.), Lexical Access in Speech Production, Cambridge MA and Oxford UK: Blackwell 1993.

Linggard, R./Myers, D. J./Nightingale, C. (Eds.), Neural Networks for Vision, Speech and Natural Language, London u.a.: Chapman and Hall 1996.

Meinhold, G., Stock, E., Phonologie der deutschen Gegenwartssprache, Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1980.

- Mori, R. de, Computer. Models of Speech Using Fuzzy Algorithms, New York and London: Plenum Press 1983.
- Muthmann, G., Phonologisches Wörterbuch der deutschen Sprache, Tübingen: Max Niemeyer Verlag 1996.
- Pompino-Marschall, B., Einführung in die Phonetik, Berlin-New-York: Walter de Gruyter 1995.
- Pullum, G. K./Ladusaw, W. A., Phonetic Symbol Guide, Chicago and London: The University of Chicago Press 1986.
- Speech and Natural Language. Proceedings of a Workshop, held at Hidden Valley, Pennsylvania, June 24-27, 1990.
- Speech and Natural Language. Proceedings of a Workshop, held at Cape Cod, Massachusetts, October 15-18, 1989.
- Waibel, A./Lee, K.-F. (Eds.), Readings in Speech Recognition, San Mateo, California: Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 1990.

Wheddon, C./ Linggard, R., Speech and Language Processing, London u.a.: Chapman and Hall 1990.

Wothke, K., Automatisierung strukturalistischer Phonemanalysen, Tübingen: Max Niemeyer Verlag 1983.

1. Phonetische und phonologische Grundlagen

1.1. Einiges zur Phonetik

Für die Kommunikation in gesprochener Sprache kann folgendes Ablaufmodell angenommen werden:

Sprecher neuronale Prozesse im ZNS

neuromuskuläre Prozesse

Artikulation

.....

Medium, Kanal akustische Übertragung

.....

Hörer Wahrnehmung durch Hörorgane

Reiztransformation im Ohr

neuronale Prozesse im ZNS

Aus diesem Modell ergeben sich drei Phasen, die relativ selbständig sind. Die Phonetik untersucht (sprachliche) Schallereignisse daher unter drei Aspekten:

1.1.1. Artikulatorische Phonetik

1.1.1.1. Klassifikation der Laute

Die Erzeugung von Sprachlauten geschieht durch die menschlichen Sprechwerkzeuge, die ontologisch jedoch nicht für diesen Zweck angelegt sind. Sprechen ist immer mit Atmen verbunden, im Deutschen wird eigentlich immer ausgeatmet, was jedoch nicht so sein muß. Die ausgeatmete Luft passiert die Luftröhre und den Kehlkopf und danach Rachen, Mund und Nase, wobei durch verschiedene Bewegungen und Stellungen von Zäpfchen, Zunge, Unterkiefer, Lippen, ... verschiedene Laute und Lautfolgen entstehen. Ganz entscheidend für das Sprechen ist die Feinmotorik der beteiligten Organe. Die artikulatorische Phonetik untersucht die Vorgänge bei der Bildung der Laute. Damit ergeben sich als für diesen Zweig typische Eigenschaften z.B. folgende, die zur Klassifizierung von Sprachlauten dienen können. Die folgenden Beispiele aus dem Dt. sind vereinfacht und unvollständig!

Artikulationseigenschaften dt. Konsonanten

Artikulationsort:

Labiale: [p], [b]; [f], [v]; [m];

Alveolare: [t], [d]; [s], [z]; [n]; [l];
ferner das gerollte Zungenspitzen-[r]

Velare: [k], [g]; [õ];

Artikulationsart:

Plosive: [p], [b]; [t], [d]; [k], [g];

Frikative: [f], [v]; [s], [z];

Nasale: [m]; [n]; [õ];

Laterale: [l];

Vibranten: [r]

Stimmhaftigkeit:

stimmlos (korreliert mit "gespannt", s.u.):
[p], [t], [k]; [f], [s];

stimmhaft (korreliert mit "ungespannt"):

[b], [d], [g]; [v], [z];
 [m], [n], [õ];
 [l], [r];

Betrachtet man die drei Eigenschaften als Variable, die Werte annehmen können, so ist jeder der 15 Laute des Beispielinventars durch eine Werteverteilung eindeutig charakterisiert. Diese Aussage gilt auch für das gesamte Inventar von Konsonanten des Deutschen (knapp 30), wenn man die Werte etwas verfeinert (hier für Frikative der Artikulationsort, s.u.):

alveolar: [s], [z]; (*aus*, *See*)
 palatoalveolar: [š], [ñ]; (*rasch*, *Genie*)
 palatal: [ç], [j]; (*ich*, *ja*)
 velar: [x], [ã]; (*ach*, ?*sagen*)

Bei den Frikativen kann ferner die Art der Öffnung unterschieden werden:

gewölbt: [s]; (engl. *sing*)
 nicht gewölbt: [è]; (engl. *thing*)

Unter allgemeineren Gesichtspunkten erweist sich die Beschränkung auf den Artikulationsort allein als unzureichend. Die Korrektur besteht darin, zu unterscheiden zwischen

- dem beweglichen (oder so aufgefaßten)

Artikulationsorgan:

labial (Unterlippe)
 apikal (Zungenspitze)
 laminal (Zungenblatt)
 prädorsal (vorderer Zungenrücken)
 postdorsal (hinterer Zungenrücken)
 uvular (Zäpfchen)
 glottal (Stimmlippen)
 etc.

- der festen (oder so aufgefaßten)

Artikulationsstelle:

labial (Oberlippe!)
 dental (Zähne)
 alveolar (Zahndamm)
 palatal (harter Gaumen)
 velar (weicher Gaumen)
 uvular (Zäpfchen!)
 glottal (Stimmlippen!)
 etc.

Artikulationseigenschaften dt. VokaleArtikulationsort:

Bei den Vokalen ist die Stellung der Zunge für den Artikulationsort maßgebend. Man unterscheidet dabei

- Zungenlage:

vorn (Zunge ist nach vorn gewölbt):
[i], [e];

hinten (Zunge ist nach hinten gewölbt):
[u], [o];

zentral (Zunge ist in der Mitte gewölbt):
[a];

- Zungenhöhe:

hoch (Zunge ist angehoben; "geschlossen"):
[i], [u];

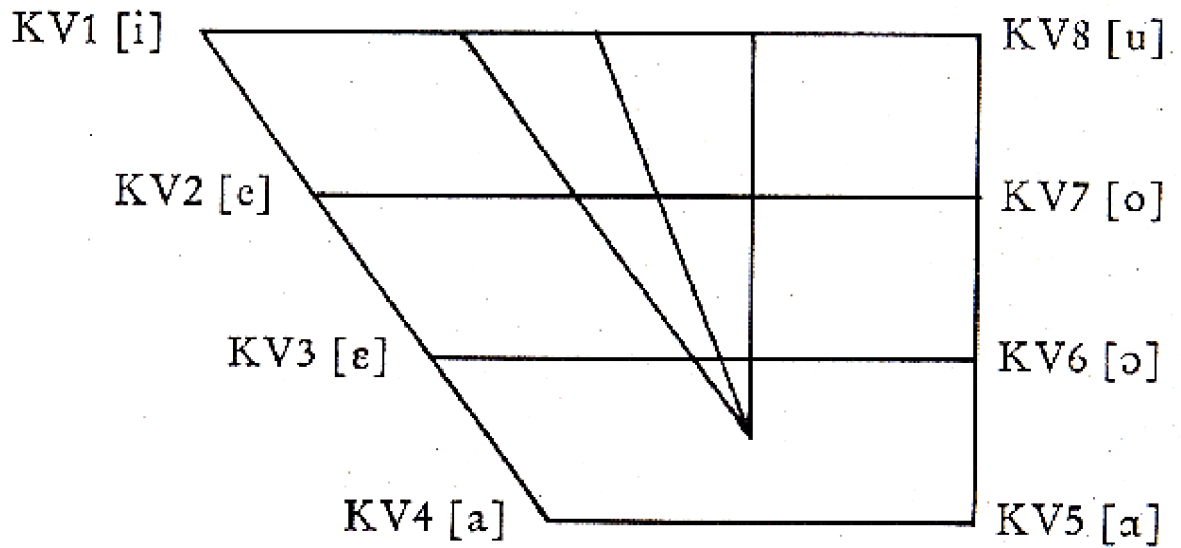
tief: (Zunge ist gesenkt; "offen"):
[a]

mittel (Zunge ist in Normalstellung):
[e], [o];

Durch diese beiden Parameter werden die acht primären Kardinalvokale definiert:

[i], [e], [å], [a], [], [], [o], [u].

Sie stellen ein Bezugssystem für die Beschreibung der Vokalsysteme konkreter Sprachen dar (s.u.).



Die Vokale unterscheiden sich ferner im Merkmal

Lippenrundung:

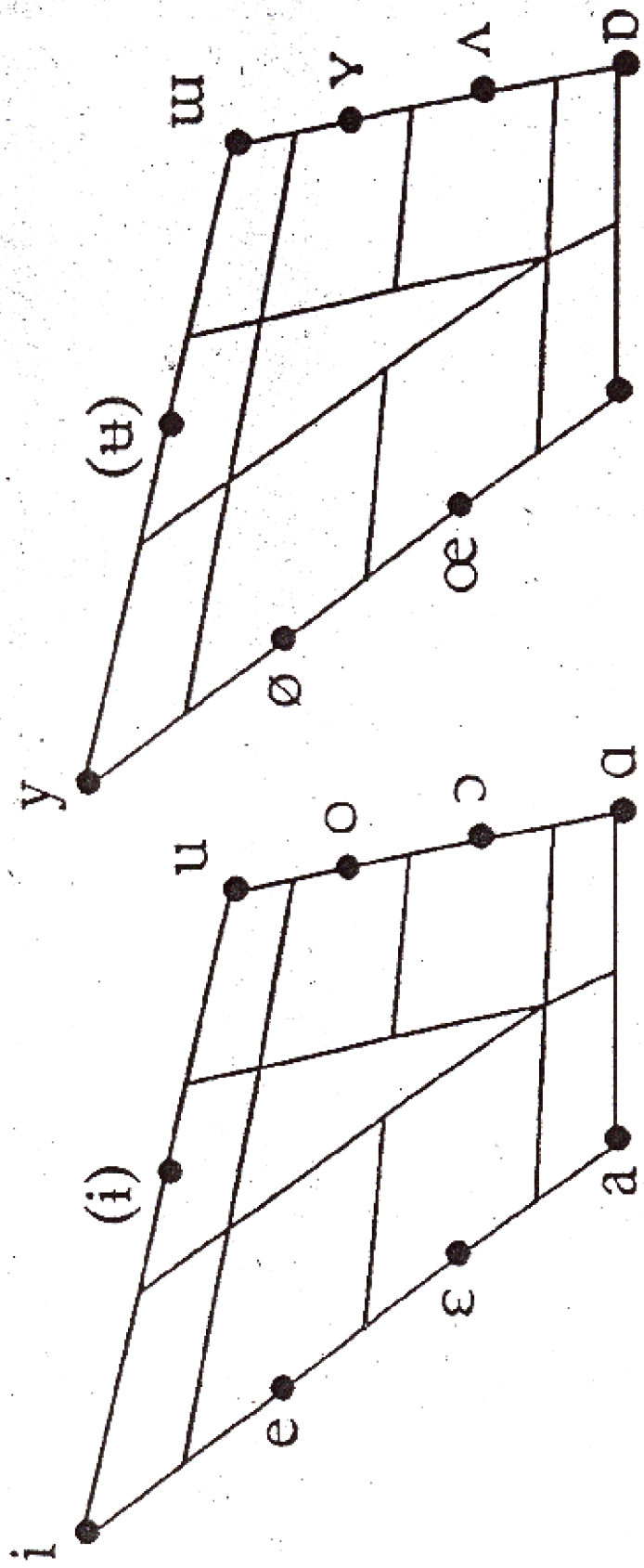
gerundet: [o], [u];

ungerundet: [i], [e];

Im allgemeinen korreliert die Rundung mit der Zungenlage. KV1 bis KV5 sind ungerundet mit abnehmender Spreizung, KV6 bis KV8 haben zunehmende Rundung ([o] ist somit ein hinterer gerundeter Vokal).

Diese Kopplung ist jedoch nicht durchgängig, d.h. es gibt z.B. gerundete vordere Vokale (dt. ü [y] und ö [ø]). Auf dieser Grundlage kann man acht sekundäre Kardinalvokale einführen, bei denen die Lippenstellung gegenüber den primären gerade vertauscht ist. Sie werden als Bezugssystem weniger verwendet.

Ergänzung zur Korrelation bei Konsonanten:
Die oben erwähnten Kopplungen
stimmlos - gespannt
stimmhaft - ungespannt
werden in dt. Mundarten nicht immer eingehalten (hartes und weiches "b").



Die bisher beispielhaft dargestellten Vokale des Dt. sind Monophthonge:

hell:

[i:] *Igel*
 [i] *Idee*
 [ɪ] *immer*

dunkel:

[u:] *Ufer*
 [u] *utopisch*
 [] *unter*

[y:] *üben*
 [y] *Büro*
 [ʏ] *Ypsilon*

[e:] *Ebene* [o:] *Ofen*
 [e] *Etage* [o] *Moral*
 [ɔ] *Ebbe* [] *Sorge*

[ø:] *ölen*
 [ø] *Zölibat*
 [œ] *öffnen*

[ɑ:] *äsen* [a:] *Abend*
 [a] *acht*

Daneben gibt es noch den

Reduktionsvokal:

[] (er tritt nur unbetont auf)

Diphthonge:

	i:	I	e:	ε	ε:	y:	γ	ø:	œ	ɑ:	a	u:	υ	o:	ɔ	ə
hint	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
hoch	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
tief	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
lab	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
gesp	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-
lang	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-

Die Frage nach der Berechtigung von "gesp" muß hier offen bleiben.

Im Deutschen werden die Vokale unterschieden nach der

Länge:

lang: [o:f n] (*Ofen*)
 [ru:s n] (*rußen*)

kurz: [f n] (*offen*)
 [r s n] (*Russen*)

Dieses Merkmal ist meist mit quantitativen Unterschieden verbunden, d.h. das [o:] ist nicht ein in die Länge gezogenes [].

Die Differenzierung in lange und kurze Vokale gilt nicht für alle Sprachen (z.B. Russisch). Es gibt auch Sprachen, die neben langen und kurzen Vokalen noch lange und kurze Konsonanten haben (z.B. Ungarisch).

Jenseits dieser Illustration aus dem Dt. stellt sich die Frage, welche Einheiten hier überhaupt klassifiziert worden sind. Der Blick auf das Russ. bzw. Ung. zeigt, daß bestimmte Unterschiede in den einzelnen Sprachen "ausgenutzt" werden (oder nicht). Ein Sprecher des Russ. ohne jede Kenntnis

einer Fremdsprache wird den Unterschied
Ofen : *offen* wohl nicht wahrnehmen, so wie
 sich für einen unvorbelasteten Deutschen
 folgende ungarische Wörter gleich anhören:
megy [mã] ('ich gehe')
meggy [mã :] (orthographisch für *megygy*,
 'Sauerkirsche')

Die Phonetik beschränkt sich darauf, die
 Laute ohne ihre funktionellen Differenzie-
 rungen in den einzelnen Sprachen zu unter-
 suchen. Letzteres ist Gegenstand der Phono-
 logie (s.u.). Zur terminologischen Abgren-
 zung sollte man daher eine rein artikulato-
 rische Bestimmung der Laute verwenden:

Vokoide:

Artikulation mit einem zentral offenen
 Ansatzrohr

Kontoide:

Artikulation mit einer (partiellen)
 geräuschverursachenden Enge oder einem Ver-
 schluß im Ansatzrohr

Zwischen beiden gibt es (natürliche) Über-

gänge, so z.B. [j] in dt. *ja*, das man mit oder ohne Friktion aussprechen kann.

Diese Einteilung wird - wie oben skizziert - dann auf rein artikulatorischer Basis verfeinert und führt zu einer Beschreibung der Vokoide und Kontoide, die keinen Bezug zu Einzelsprachen aufweist, also absolut ist.

Die einzelsprachlichen Phoneme können auf diese Beschreibung bezogen werden, so daß man dann zu Charakterisierungen der folgenden Art kommen kann:

Das lange "o" des Dt. (*rote*) ist geschlossener als das kurze (*Rotte*), und beide entsprechen in ihrer Qualität den primären Kardinalvokoiden [o] bzw. [ɔ].

Das lange "o" des Dt. ist geschlossener als das lange "o" des Engl., und beide entsprechen in ihrer Qualität den primären Kardinalvokoiden [o] bzw. [ɔ].

dt. *Hohn* [ho:n]

dt. *Horn* [h r̩n]

engl. *horn* [h :r̩n]

1.1.1.2. Assimilation, Dissimilation und Elision

Sie sind ein besonderes Kapitel in der artikulatorischen Phonetik. Da die Laute innerhalb von Lautsequenzen artikuliert werden, treten gegenseitige Beeinflussungen bei der Artikulation der einzelnen Lautsegmente ein.

Es handelt sich bei diesen Lautveränderungen zum einen um **L**kontextbedingte **L**historische Prozesse, die von **L**spontanen₁ (unbedingten) Lautveränderungen (**L**Ablaut) zu unterscheiden sind. Diese Veränderungen (vorwiegend Assimilationen und Dissimilationen) sind hier nicht von Interesse.

Zum anderen gibt es in der **L**Spontan₂sprache Angleichungen und Elisionen, die unmittelbar mit dem Ablauf der Artikulation zusammenhängen (fast ausschließlich Assimilationen und Elisionen). Sie bilden die Basis der historischen Lautveränderungen, sind davon aber strikt zu unterscheiden. Ein besonderes Merkmal ist ihre sehr große Streuung und ihre Abhängigkeit von zahlreichen Faktoren (u.a. Stil, Herkunft des Sprechers etc.).

N.B. kontextbedingt vs. spontan₁
historisch vs. spontan₂

Assimilationen

Eine Assimilation (Angleichung) ist hinsichtlich

ihrer Einflußrichtung

- einseitig: Ein Laut(segment) gleicht sich einem anderen an, und zwar
 - progressiv: Der rechtsstehende Laut paßt sich an.
 - regressiv: Der linksstehende Laut paßt sich an.
- reziprok: Zwei Laute passen sich wechselseitig an.

des Abstandes der Partnerlaute eine

- Kontaktassimilation oder
- Fernassimilation

des Angleichungsgrades

- partiell: Es findet eine Annäherung der Lautqualität statt.
- total: Es tritt Gleichheit der Laute ein.

Die Angleichung der Laute(segmente) beruht auf einer Angleichung ihrer **L**distinktiven Merkmale. Näheres dazu unten.

Beispiele (vorwiegend historischer Art):

- progressive totale Kontaktassimilation:
mhd. *zimber* 6 nhd. *zimmer*
- regressive totale Kontaktassimilation:
mhd. *hōchvart* 6 nhd. *hoffart*
- progressive Assimilation:
engl. *open* [oupm], *passed* [post]
- regressive Assimilation:
ahd. *fisk* 6 nhd. *fisch*
engl. *breadth* [bretè], *newspaper* [.sp.]
- eine regressive und partielle (Fern)assimilation ist der <Umlaut: Eine *i*- oder *j*-haltige Folgesilbe hellt den Vokal der Worthauptsilbe auf:
ahd. *gast* - *gesti*
(orth. *Gäste* später aus Gründen einer 'etymologischen' Schreibung)
aber ahd. *maht* - *mahti*
(umlauthemmende Konsonantenkombination),
mhd. dann doch *maht* - *mähte*.
Dieser Prozeß wurde durch die Reduzierung der Vokalqualität in den Nebensilben beendet (s.u.).
- Abhängigkeit von Morphemgrenzen:
ahd. <ana><bÇz> 6 *Amboß*
- Die zahlreichen Assimilationen lat.
col-, *com*, *con-*, *cor-*; *il-*, *im-*, *in-*, *ir-*
.

Dissimilationen

Für die Dissimilation (Entgleichung) gelten die obigen Einteilungen ebenso oder sinngemäß. Bei einer totalen Dissimilation verschwindet eine der beiden Laute.

Beispiele:

- Lange Monophthonge werden durch Akzenttrennung `zweigipfelig', die beiden Teile werden dissimiliert, womit Diphthonge entstehen (eine häufige Konstellation zwischen Deutsch und Englisch):
 - Englisch:
 - time*: [i: 6 ɪi 6 ei 6 ai 6 æi 6 ai]
 - Name* - *name*; *groß* - *great*;
 - Raum* - *room*; *heiß* - *hot*;
 - Deutsch:
 - wîp* 6 *Weib*; *hûs* 6 *Haus*;
- Lautliche Kontrastbildungen:
 - lat. *marmor* 6 nhd. *Marmel*
 - mhd. *kuning* 6 nhd. *König*
 - Tartuffel* 6 *Kartoffel*

(Dissimilationen spielen im folgenden keine Rolle, da sie in der Spontansprache praktisch nicht vorkommen.)

Derartige Erscheinungen sind in der Spontansprache sehr häufig. Es handelt sich vor allem um

- Kontaktassimilationen:

Laute gleichen sich ihrer unmittelbaren Umgebung an (oft reziprok).

- Elisionen:

Laute entfallen völlig.

Damit ergeben sich ganz beträchtliche Probleme bei der Erkennung gesprochener Sprache. Es genügt nicht, LMuster der einzelnen Laute, Silben oder Wortformen zur Verfügung zu haben, mit denen man geeignete Segmente des zu erkennenden Sprachsignals vergleicht. Das folgende Angst-Beispiel (aus KOHLER 1995) zeigt verschiedene Übergänge zwischen der höchsten Formstufe und der stark verschliffenen Aussprache von

Hast du einen Moment Zeit?

Die Zitierform der Wörter ist:

['hast] [du:] [' ?ain n] [mo 'mãnt] ['tsait]

[^hast d_u (?)a_inən m_o'm_ent 'tsaɪt]

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| 1. [^h ast d _u | $\left. \begin{array}{c} aɪn \\ aɪm \\ ən \\ əm \\ n \\ m \end{array} \right\}$ | m _o 'm _e n 'tsaɪt] |
| 2. [^h ast d _ə | $\left. \begin{array}{c} n \\ m \end{array} \right\}$ | m _o 'm _e n 'tsaɪt] |
| 3. [^h ast d _ɪ | $\left. \begin{array}{c} n \\ m \end{array} \right\}$ | m _o 'm _e n 'tsaɪt] |
| 4. [^h ast b _ɪ | m | m _o 'm _e n 'tsaɪt] |

[^hast (m) m_o'm_en 'tsaɪt].

Diese Veränderungen werden durch verschiedene Faktoren gesteuert. Sie sind kompliziert, aber keinesfalls arbiträr. Durch eine Klassifikation wird es möglich, die Auswirkungen dieser Veränderungen im Sprachsignal z.T. wieder "rückgängig" zu machen.

Koartikulation:

Die einzelnen Artikulatoren unterscheiden sich in ihrer Präzision und Geschwindigkeit. Dies bedeutet, daß nicht alle artikulatorischen Bewegungen ideal synchron ablaufen, einige Artikulatoren retardieren gegenüber anderen. Bei der Koartikulation wird keine Bewegung eingespart, sondern nur verzögert.

Beispiel: Bei der Aussprache von *hat sich* setzt die Stimmbandschwingung nicht mit der Artikulation des s-Lautes ein, sondern erst, wenn die Vokoidstruktur für [ɪ] erreicht ist. Damit wird der s-Laut stimmlos:

[hat] + [ziç] 6 [hat siç]

Der s-Laut gleicht sich in der Stimmhaftigkeit dem t-Laut an. In diesem Fall wird die Phonemgrenze überschritten. Es liegt eine progressive Assimilation bezüglich der Stimmbeteiligung vor. Weitere Beispiele:

dasselbe [sz 6 ss]

frisch sein [lz 6 ls]

Steuerung: (Terminus nach Kohler)

Bei der sukzessiven Artikulation von Vokoiden und Kontoiden sind z.B. komplizierte Bewegungsabläufe der Zunge nötig. Diese werden in bestimmter Weise vereinfacht. Dies ist von mehreren Faktoren abhängig:

- artikulatorisch (wie eben)
- distributionell (die Vereinfachungen treten nur in bestimmten Konstellationen auf)
- einzelsprachlich (die Veränderungen sind nicht in allen Sprachen dieselben)
- psychologisch, Redesituation, Sprechtempo, ... (Nachrichtensprecher vs. Otto Kulicke nach dem achten Glas)

Beispiel: Die lokalen Zungenspitzenbewegungen für apikale Kontoide (/t/, /d/, /n/) können im Kontext dorsaler oder labialer Kontoide (/p/, /b/, /m/, /k/, /g/) zugunsten globaler Zungenrücken- und Lippenbewegungen aufgegeben werden, so daß der jeweilige dorsale bzw. labiale "Parallel-Laut" entsteht. In diesem Fall wird somit Bewegung eingespart. Diese Angleichung wird im Dt. und Engl. z.B. bei apikalen Nasalen und Plosiven am Silbenende vollzogen (wieder mit Überschreitung der Phonemgrenze):

anmelden [nm 6 mm]
angeben [ng 6 õg]
 (aber: *angeln* [õ]!)

anknüpfen [nk 6 ök]

hat mich [tm 6 pm]

hat Bernd [tm 6 pb]

hat Klaus [tk 6 kk]

Es liegt eine regressive Assimilation bezüglich des Artikulationsortes vor.

Aber:

abkriegen [pk]

wegbringen [kb]

(kein Apikal vorhanden)

abtreten [pt]

Tagträume [kt]

(keine Beeinflussung in der anderen Richtung)

Ursache für diese Angleichung ist auch die Tatsache, daß der erste Plosiv als eine Verschlußbildung realisiert wird (auditiv schwächer), der zweite dagegen als eine Verschlußlösung (auditiv stärker). Ergo: Die Angleichung kann höchstens regressiv erfolgen.

Bei Frikativen gibt es wegen des entfallenden auditiven Unterschieds diese Angleichung nicht:

Zwar

Schnittpunkt [tp ?6 pp]

aber

Mißfallen [sf *6 ff]

Progressiv kann im Dt. jedoch n (apikaler Nasal) in finaler Stellung nach labialem/dorsalem Plosiv zu labialem/dorsalen Nasal werden, eine progressive Assimilation bezüglich des Artikulationsortes (wieder mit Phonemgrenzenüberschreitung, nach Schwa-Elision, s.u.):

Lappen [pn 6 pm]

eben [bn 6 bm]

Regen [gn 6 gõ]

aber

ebnen [bn]

regnen [gn]

Weitere Beispiele:

Assimilation bezüglich der Nasalität:

(z.T. mit Geminatenreduktion und nach Schwa-Elision)

- progressiv:*umbenennen* [mb 6 mm (6 m)]*Bundes* [nd 6 nn (6 m)]- regressiv:*Signal* [gn 6 õn]*eben* [(bn 6) bm 6 mm (6 m)]*legen* [(gn 6) gõ 6 õõ (6 õ)]Assimilation bezüglich Stimmhaftigkeit:

Intervokalische Frikative können in unbetonter Umgebung stimmhaft werden (mit Ausfall von [?]):

das muß ich 'machen [z]*das hat er doch ge'macht* [d]*das schaff ich 'doch nicht* [v]

Andere Beispiele, bei denen die Phonemgrenze nicht überschritten wird, sind folgende:

Das [k] in *Kinder* und *Kunde* ist nicht dasselbe. Bei der Artikulation des /k/ werden Lippen- und Zungenstellung des folgenden Vokals vorweggenommen. Es handelt sich um zwei Allophone desselben Phonems /k/. Den deutlichsten Unterschied zwischen zwei Allo-

phonem im Dt. hat man beim *ich*-Laut [ç] und *ach*-Laut [x]. Ihre Auswahl wird durch die Umgebung (helle vs. dunkle Vokale) und Morphemgrenzen bedingt:

Frau+chen vs. *fauch+en*, *rauch+en*

Im Engl. sind das helle und das dunkle /l/ ebenfalls zwei positionsbedingte Allophone (s. 1.2.)

Ein ganz anderes Problem ergibt sich bei der Auslautverhärtung im Dt. (auch in anderen Sprachen zu finden, aber nicht im Engl.).

Zur Einordnung von

Rad, *Rat* [t]

Rades [d]

Rates [t]

ist eine weitergehende Einordnung und Klassifizierung der Laute erforderlich, die in 1.2. gegeben wird.

Elisionen:

Unter bestimmten Bedingungen können Laute wegfallen:

Elision des Schwa / /:

eben [bn]

legen [gn]

ebenem [bnm]

Die Schwa-Elision findet teilweise ihren Niederschlag in der Orthographie

- bei Ableitungen:

ebnen, trocknen, segnen, zeichnen, atmen,

- bei Endungen:

mach ich, hab ich.

Elision von /t/:

/t/ kann als mittlerer Konsonant ausfallen

- nach /n/ und /l/ vor /s/:

Glanz [nts 6 ns]

erhältst [lts 6 ls]

- vor /l/ nach Frikativen, insbesondere nach /s/:

restlich [stl ?6 sl]

beachtlich [xtl 6 xl]

- aufgrund von Assimilationen (s.o.):

Weltkugel [ltk (6 lkk) 6 lk]

aber:

Halbkugel [lpk]