

Klinische Phonetik und Neurophonetik I

für Lehr- und Forschungslogopäden

aufbauend auf: **Phonetik und Phonologie** für Logopäden

Prof. Dr. phil. Bernd J. Kröger

Klinik für Phoniatrie, Pädaudiologie und Kommunikationsstörungen

Abteilung Klinische Phonetik

Sprechstunde: nach Vereinbarung: bkroeger@ukaachen.de

Sitz: Diagnose- und Therapiezentrum der Klinik für Phoniatrie, Pädaudiologie und Kommunikationsstörungen, Kullenhofstr. 52, 2. OG links

Einführung

Phonetik = Wissenschaft von der gesprochenen Sprache

Hauptgebiete der Phonetik:

- Symbolphonetik
- Experimentalphonetik

Wichtige Anwendungsgebiete:

- Klinische Phonetik (z.B. Diagnostik von Stimm- und Sprechstörungen)
- Neurophonetik (z.B. Sprachverarbeitung im Gehirn: Produktion und Wahrnehmung)
- Forensische Phonetik (z.B. Sprechererkennung)
- Technische Phonetik (z.B. Spracherkennung, Sprechererkennung)

1) Symbolphonetik

Phonetik ist die Lehre von den Sprachlauten in den unterschiedlichen Sprachen der Welt; von den unterschiedlichen Lautsystemen (Ohrenphonetik);

Ziel ist die Transkription von gesprochener Sprache. Definition: Gehörseindrücke werden symbolisch so konsistent wie möglich festgehalten.

Segmentation des artikulatorischen bzw. akustischen Kontinuums in Laute.

(Bsp.: stummes Artikulieren einer Äußerung deutet das artikulatorische Kontinuum an)

Symbolphonetik ist auch: Transkription von gestörter Sprache (Transkription von Sprechfehlern)

Phonetik ist immer: Beschäftigung mit konkreten Sprechakten / Äußerungen konkreter Sprecher

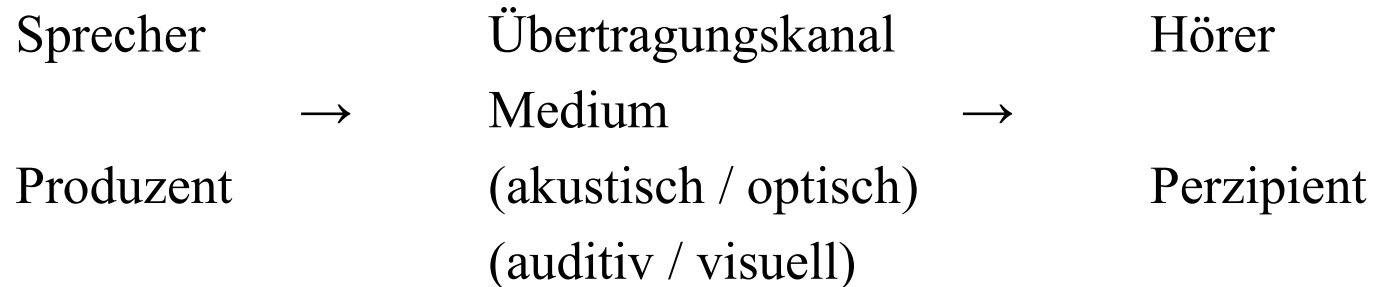
Aufgabe: Fehlerkorrektur der Transkription von „Mutter“, „Auto“, „Zange“, ...

Wiederholung Transkription → Grassegger (2001)

2) Experimentalphonetik

Zentral ist der Kommunikationsakt / die Kommunikationskette:

[Grass_01_02](#)



Kommunikation benötigt gemeinsame Sprache / „gemeinsames Wissen“

[Grass_01_01](#)

Gesprochene Sprache: akustisches Signal (das Medium) ist „flüchtig“.

Schriftsprache: Geschriebenes auf Papier (das Medium) ist „fixiert“.

Ansonsten gibt es in beiden Fällen Produktion (Reden/Schreiben) und Perzeption (Hören/Lesen)

Damit möglich: Einteilung der Experimentalphonetik in: artikulatorische, akustische und perzeptive Phonetik

Artikulatorische Phonetik: die Sprechorgane des Menschen und ihre Funktion

Akustische Phonetik: Entstehung des Sprachschalls, Schallausbreitung zum Hörer, die akustischen Eigenschaften der Sprachlaute

Perzeptive Phonetik / auditive Phonetik: Wahrnehmung des Sprachschalls, Verarbeitung in Gehör und Gehirn

Perzeption: sinnliche Wahrnehmung (z.B. auditiv, visuell, taktil,)

A) Beim Sprecher: Produktion: neuronale / physiologische / artikulatorische Phonetik

1) neuronale Prozesse: zunächst liegt nur die Idee der Äußerung vor; diese wird umgesetzt in einen artikulatorischen Steuerungsplan (noch zentral);

„Messtechnischer Eingriff“ möglich: **funktionelles MRT (fMRT), EEG (μV)** Potentialdifferenzen an der Hautoberfläche des Schädels, ...

2) neuromuskuläre Prozesse: Bewegung der Artikulationsorgane zur Produktion der Äußerung; (Steuerung der einzelnen Muskeln; mehrere für einen Artikulator, für einen Laut)

Messtechnischer Eingriff: **EMG (Elektromyographie)** Messung der Aktionspotentiale von Muskeln (mV)

3) Artikulation: Einstellung bestimmter Sprechtraktkonfigurationen und Generierung des akustischen Signals im Sprechtrakt

Messtechnischer Eingriff: z.B. **Röntgenkinematographie:** mediosagittaler Sprechtraktquerschnitt als Funktion der Zeit, **Elektropalatographie EPG:** Gaumenkontaktfläche als Funktion der Zeit,

B) Übertragung zwischen Sprecher und Hörer: akustische Phonetik

Abstrahlung des akustischen Signals vom Mund; (Punktquelle)

Das Sprachsignal gelangt als Kugelwelle an jeden Ort im Raum;

Messtechnischer Eingriff: Mikrofon: Aufzeichnung des **akustischen Sprachschalls** (Schalldruck) und Analyse: Spektralanalyse, Grundfrequenzanalyse, Sonagramm, ...

auch optisches Signal nicht vergessen -> **optische Signale**: Mundbild, -bewegungen

C) Wahrnehmung beim Hörer: perzeptive Phonetik / auditive Phonetik

Wandlung des Sprachschalls im Hörorgan: Reiztransformation in neuronale Signale;
Reizweiterleitung und –verarbeitung: neuronale Prozesse der Sprachwahrnehmung.

Ziel: das Verstehen des Gesprochen im Gehirn; evtl. langfristige Speicherung aber ohne langfristige Speicherung der akustischen / phonetischen Struktur der Äußerung ;

Messtechnischer Eingriff: alle audiologischen Verfahren

Psychologisch-statistische Messmethoden: „Erfragen“ des Wahrgenommenen (Hörtests)

Voraussetzungen zur Phonetik I:

Hauptpunkt 1: Diese Themen werden als bekannt vorausgesetzt:

Einführung in die Phonetik und Phonologie: (Fachschule für Logopädie)

1 Einführung (Begriff Phonetik und Hauptarbeitsgebiete)

2 Artikulatorische Phonetik: Phonetik der Sprachproduktion

Aufbau und Funktion der Sprechorgane

Lunge, Kehlkopf, Vokaltrakt (Ansatzrohr)

Stimmstörungen (Referat)

Sprechstörungen (Referat)

Die neuronale Kontrolle der Sprachproduktion

Gehirn, Nervensystem, Steuerung der Sprechorgane

Ausblick: Lokalisation von Sprech- vs. Sprachstörungen

3 Symbolphonetik und phonetische Transkription

Einleitung: Arten der Transkription

phonetische vs. phonologische Transkription

Das Internationale phonetische Lautsystem (IPA)

Artikulationsstellen, -arten, Kardinalvokale

Das Lautsystem des Standarddeutschen

Systematik der Konsonanten und Vokale des Deutschen

Transkriptionsübungen (introspektiv) zum Standarddeutschen

--> einführende Übung: Vokalsystem, Konsonantsystem des Deutschen

4 Suprasegmentale Phonetik

Einleitung: segmentale vs. suprasegmentale Merkmale

Prosodische (suprasegmentale) Einheiten: Silbe, Fuß, Phrase, Äußerung

Quantität (Lautdauer), Akzent, Intonation

5 Einführung in der Phonologie

Einleitung: Phonetik versus Phonologie

Phonologische Grundbegriffe: Phonem, Allophon, Regeln

Phonemsystem des Deutschen, distinktive Merkmale

Phonologische Prozesse

6 Transkription

Grundlagen der Transkription (Wiederholung Kap. 3)

Übungen zur introspektiven Transkription

Übungen zur signalgestützten Transkription

(Das extIPA-System: Transkription gestörter Sprache)

Themenübersicht zur Phonetik I und II

1 Artikulatorische Phonetik

- Einführung: Initiation, Phonation, Artikulation
- Einführung in das visuelle Artikulationsmodell „SpeechTrainer“ [SpeechTrainer](#)
Die artikulatorischen Parameter
- „SpeechTrainer“: Generierung von Artikulationsbewegungen
- Anmerkung: Aerodynamische Aspekte der Lautproduktion
- Koartikulation: zeitliche und räumliche Koartikulation
- Zum Aufbau von Artikulationsmodellen generell
- Das Konzept der artikulatorischen Geste
- Artikulatorische Komplexität von Wortlisten
Der metrische Ansatz zur Sprechapraxie-Therapie nach Ziegler (Referate)

- „SpeechTrainer“ für Fortgeschrittene: Erstellen und Vertonen von Listen
 - Erstellen von Listen (Wortlisten)
 - Vertonung und Synchronisation Wörtern
- Artikulatorische Messmethoden
 - Experimentelle Untersuchungstechniken zur Phonation und Artikulation: Röntgen, MRT, Artikulographie, Elektropalatographie, Elektroglottographie, ...
 - Dynamische MRT-Daten zur Weiterentwicklung des visuellen Artikulationsmodells
- Artikulatorische Merkmale von Stimm- und Sprechstörungen (Referate)

Parallel dazu vertiefend:

- Übung: Einführung in das Arbeiten mit der Software „SpeechTrainer“

Zur Auflockerung des Vorlesungsteils: Leistungs-Referate:

- Ideen zum Einsatz von Speechtrainer in der Lehre, im Beratungsgespräch, in der Therapie (Referat)
- Stimm- und Sprechstörungen: Symptome, Diagnose, Therapie (Sprechstörungen: → Spezielle Phoniatrie I, mehrere Referate)
- Supraglottale Störungen des Stimmklanges: Näseln, Störungen der Resonanzbildung etc. (ein Referat, Literatur nach Absprache)
- Der metrische Ansatz zur Therapie der Sprechapraxie (2 Referate)

Literatur hierzu siehe unten

2 Akustische Phonetik

- Physikalische Grundlagen
 - Physikalische Parameter des Sprachschalls
Sinusschwingung: Frequenz, Amplitude, Spektrum, Spektrogramm
 - Digitalisierung von Sprachsignalen: Abtastrate (kHz) , Quantisierungsrate (bit)
- Akustogenese: Generierung des Sprachschalls im Sprechtrakt
 - Quelle-Filter-Theorie: Glottis, Vokaltrakt und Abstrahlung
 - Begriffe: Grundfrequenz und Formanten
 - Regeln zur Modifikation von Formantfrequenzen (im Überblick)
 - Der artikulatorische und akustische Vokalraum
 - Formantransitionen bei Konsonanten in Abhängigkeit vom Artikulationsort
- Akustische Merkmale einzelner Lautgruppen
 - Zusammenstellung von akustischen Merkmalen
 - Akustische Merkmale von Vokalen, Plosiven, Frikativen, Nasalen, ...

- Akustische Analysemethoden (im Überblick)
 - Kurzzeitspektralanalyse (Fouriertransformation, Fensterung, DFT, FFT, Optimale Breit- und Schmalbandsonagramme)
 - Methoden der spektralen Glättung (Cepstrum, LPC, Formantanalyse, Peak-picking)
 - Grundfrequenzanalyse
- Einführung in das Arbeiten mit Sprachsignal-Analysesoftware
 - Praat („Doing phonetics by computer“)
 - Speech Filing System (sfs) („Tools for Speech Research“)
- Durchführung und Vorbereitung von Sprachschallaufnahmen
 - Durchführung von Sprachschallaufnahmen
 - Vorbereitung von Sprachschallaufnahmen
 - Arbeiten mit mobilem DAT-Recorder
- Akustische Merkmale von Stimm- und Sprechstörungen

3 Perzeptive Phonetik / Sprachwahrnehmung

- Visuelle, auditive und taktil-kinästhetische Wahrnehmung
- Neurophysiologische und neuropsychologische Aspekte der Wahrnehmung
- Auditive Wahrnehmung:
 - Anatomie und Physiologie des Ohres (-> siehe Audiologie, hier nicht)
Außen-, Mittel-, Innenohr, Hörbahn, zentrale Verarbeitung (nur kurz)
 - Psychoakustik (-> siehe Audiologie, hier nicht)
Wahrnehmung von Tönen und Klängen, Tonhöhenwahrnehmung
Wahrnehmung von Schallintensität → Lautstärke, Lautheit
Wahrnehmung von komplexen Signalen, Maskierung

- *Auditive Sprachwahrnehmung* (eigentliches Hauptthema!)
 - auditiv wichtige Signalmerkmale gesprochener Sprache
 - phonetische Wahrnehmungstheorien
 - kategoriale Wahrnehmung: Identifikation und Diskrimination
 - selektive Adaptation, duale auditive Wahrnehmung
 - audiovisuelle Sprachwahrnehmung: McGurk-Effekt

4 Sprachproduktion und neurogene Sprechstörungen

- Neurophysiologische Grundlagen: Aufbau und Funktion des ZNS
- Neurophonetische Modelle der Sprachproduktion und Sprachwahrnehmung
- Neurophonetische Aspekte neurogener Sprech- und Wahrnehmungsstörungen

Weitere Veranstaltungen zur klinischen Phonetik und Neurophonetik:

Arbeitsmethoden zur Klinischen Phonetik und Neurophonetik I

(Termin nach Vereinbarung)

Vertiefung: Arbeiten mit Praat

(→ wird vorläufig in Klinische Phonetik I integriert)

Messung segmental-akustischer Parameter zur Verschiffenheit

Einführung in die statistische Auswertung akustischer Messdaten

Arbeitsmethoden zur Klinischen Phonetik und Neurophonetik II

(Termin nach Vereinbarung)

Vorstellung von Diplomprojekt-Themen mit Bezug zur klinischen Phonetik

Betreuung des experimentellen Teils des Projektes mit ca. 2 Std./Woche

Ziel der Veranstaltungen zur Klinischen Phonetik und Neurophonetik:

- Klinische Phonetik: Erlernen phonetischer Analysemethoden in Hinblick auf *logopädische Forschung* zu Stimm- und Sprechstörungen
 - Phonetische Hilfsmittel in der Diagnostik: artikulatorische, akustische und perzeptive Messtechniken
 - Phonetische Messung von Therapiefortschritt: artikulatorisch, akustisch, auditiv (z.B. Verschleiffenheitsprofil)
 - Phonetische Hilfsmittel zum Einsatz in der Therapie: Speechtrainer, Bio-Feedback-Techniken, z.B. Elektropalatographie
- Neurophonetik: Entwicklung eines Modells der phonetischen Aspekte der Sprachproduktion und Sprachwahrnehmung
 - Neurophonetische Messmethoden: bildgebende Verfahren (fMRI), elektrophysiologische Verfahren (EEG)
 - Funktionale Struktur des ZNS
 - Modelle der Sprachproduktion und -wahrnehmung

- Phonetische Analysemethoden sind prinzipiell: artikulatorisch, akustisch oder perzeptiv. Also: Wir erlernen:
 - artikulatorische Analyse (z.B. Videodaten, Ultraschall, Elektropalatographie, Artikulographie, MRT, ...)
 - akustische Analyse (Segmentdauern, VOT, Formantanalyse, Grundfrequenzanalyse, Stimmklangparameter, z.B. mittels der Analysesoftware „Praat“ siehe <http://www.praat.org>)
 - auditive Analysemethoden gestörter Sprache
 - Wahrnehmungstests: Vorbereitung, Durchführung Auswertung (Statistik)

Teilnahmenachweise:

Vermittlung von Basiswissen zur Phonetik und zur klinischen Phonetik

- Referat nach Skript
- regelmäßiger Besuch der Veranstaltung
- Klausur

Leistungsnachweise:

- Referat nach Skript
- regelmäßiger Besuch der Veranstaltung
- Klausur
- ein freies Referat zu einem Thema der artikulatorischen und akustischen Phonetik mit Thesenpapier und kurzer schriftlicher Ausarbeitung

Referate nach Skript (Teilnahmenachweis)

- Initiation, Phonation, Artikulation (02_Artikulation1.pdf)
- Einführung SpeechTrainer (03_Artikulation2.pdf) ← Kröger
- Artikulation und Koartikulation (04_Artikulation3.pdf)
- Das Konzept der Geste (05_Artikulation4.pdf)
zusammen: 1 Doppelstunde
- Zur artikulatorischen Komplexität von Wortlisten und der metrische Übungsansatz nach Ziegler (05_Artikulation4.pdf)
1 Doppelstunde
- Akustik: Physikalische Grundlagen (07_Akustik1.pdf)
1 Doppelstunde
- Generierung des Sprachschalls im Sprechtrakt (08_Akustik2.pdf)
2 Doppelstunden

- Modifikation von Formanten (09_Akustik3.pdf)
2 Doppelstunden
- Akustische Merkmale einzelner Lautgruppen (10_Akustik4.pdf)
2 Doppelstunden

Skripten, Übungen zu SpeechTrainer, Speak und Praat und Tests mittels des „Lehr- und Lernportals L²P“

zentrale Einstiegsseite: <http://www.elearning.rwth-aachen.de>

- Email-Support: elearning@rwth-aachen.de
- Anmeldung: Einmalig für die ganze Studienzeit: via TIM (Tivoli Identity Manager)
<http://www.rz.rwth-aachen.de/infodienste/kam/index.php>

Auch nötig für email-account an RWTH und Nutzung des Campus-Office -> evtl. schon angemeldet?

Hilfe: Helpdesk des Rechen- und Kommunikationszentrums.

- 24h später: Anlegen des Passwortes für TIM via <http://www.rwth-aachen.de/bv>
 - alle anderen Dienste ausser „Lehr/Lernplattform(Pilot)“ deaktivieren
 - Passwort festlegen, Button „submit“, dann „logout“
 - Ihr TIM-Login-Name zusammen mit dem jetzt generierten Passwort --> Zugang zu L²P

Weitere Referate nach Literatur (Pflicht)

- 1) Das neurolinguistische Modell der Sprachproduktion von Levelt
- 2) Lexikalischer Zugriff im Levelt-Modell und das Konzept des mentalen Syllabariums
- 3) Das Modell der Sprachproduktion nach Guenther (2 Referate)
- 4) Das Modell der Sprachproduktion nach van der Merve in McNeil

Pflichtliteratur: (befindet sich auf der CD)

ad 1) Indefrey, Levelt (2004) Cognition

ad 2) Levelt (2001) PNAS, Levelt (1992) Cognition,
Levelt Wheeldon (1994) Cognition

ad 3) Roelofs (1992) Cognition, Roelofs (1997) Cognition,
Roelofs (2003) Psychological Review

Nicht mehr aktuell: weitere Themen für Referate:

- Ideen zum Einsatz eines visuellen Artikulationsmodells in der Therapie (siehe Beitrag A. Diem, Phonetik-Veranstaltung WS02/03, Internet: <http://www.phoniatrie.u-kaachen.de> > Lehre > vergangene Lehrveranstaltungen > Artikulatorische, akustische und perzeptive Phonetik)
- Supraglottale Störungen des Stimmklanges: Näseln, Störungen der Resonanzbildung
- Einführung in den metrischen Ansatz zur Therapie der Sprechapraxie nach Ziegler (2 Referate, siehe Literatur)
- Stimmstörungen: Symptome, Diagnose, Therapie
- Sprechstörungen: Symptome, Diagnose, Therapie
(Basisliteratur: Böhme, aber bitte darauf aufbauend eigene und aktuelle Literatur hinzuziehen)

Einzelreferate hierzu:

- Artikulationsstörungen und Sprachentwicklungsstörungen
- Sprechapraxie
- Lippen-Kiefer-Gaumenspalten

- Näseln
- Redeflussstörungen: Stottern und Poltern

Weitere konkrete Einzelreferate:

- Der metrische Ansatz in der Therapie der Sprechapraxie:
Ziegler W, Jaeger M (1993) Aufgabenhierarchien in der Sprechapraxie-Therapie und der „metrische“ Übungsansatz. *Neurolinguistik* 7: 17-29
Jaeger M, Ziegler W (1993) Der metrische Übungsansatz in der Sprechapraxiebehandlung. Ein Fallbericht. *Neurolinguistik* 7: 31-41
- Zur Definition dysarthrischer Syndrome (→ Ziegler 1998)
- Phonetische Methoden in der Diagnostik von Dysarthrie (→ Ziegler 1998)

Zum Übungscharakter dieser Veranstaltung:

Einführung in Software zur Artikulation und Akustik

- *Artikulation* weitgehend anhand der Software „SpeechTrainer“ [SpeechTrainer](#)
- *Akustik* anhand von „SpeechTrainer“ und „Speak“: Erlernen von artikulatorisch-akustischen Zusammenhängen
- *Akustik* anhand von „Praat“ (<http://www.praat.org>): Akustische Analyse

Übungen sind über L²P zu Hause durchzuführen (Testfragen).

Alle Programme und Übungsaufgaben werden aber innerhalb der Veranstaltung nach Bedarf vorgestellt.

Literatur zur Phonetik:

Einführungen:

Grassegger, H. (2001): Phonetik – Phonologie. (Schulz-Kirchner Verlag, Idstein)

Pompino-Marschall, Bernd (1995): Einführung in die Phonetik. (deGruyter Studienbuch, Berlin)

Weiterführende Lehrbücher zur Phonetik:

Catford, John Cunnison (1992): A Practical Introduction to Phonetics. (Clarendon Press, Oxford)

Clark, John; Yallop, Colin (1990): An Introduction to Phonetics and Phonology. (Basil Blackwell, Oxford)

Hall, T. Allan (2000): Phonologie. (deGruyter Studienbuch, Berlin)

Johnson, Keith (1997): Acoustic and Auditory Phonetics. (Blackwell Publishers, Cambridge, Mass.)

→ Kent, R.D. (1997): The speech sciences. Singular Publishing Group, San Diego.

Kohler, Klaus J. (1995): Einführung in die Phonetik des Deutschen. (2. Aufl., Erich Schmidt Verlag, Berlin)

Laver, John (1994): Principles of Phonetics. (Cambridge Univ. Press, Cambridge)

Neppert, Joachim; Petursson, Magnus (1986): Elemente einer akustischen Phonetik. (Helmut Buske Verlag, Hamburg)

Ramers, Karl-Heinz; Vater, Heinz (1995): Einführung in die Phonologie. (KLAGE Kölner Linguistische Arbeiten - Germanistik, Gabel, Hürth)

Weiterführende Literatur (nur Bücher) zur Phonetik:

- Hardcastle, William J.; Hewlett, Nigel (Hrsg.) (1999): Coarticulation: Theory, Data and Techniques. (Cambridge Univ. Press, Cambridge)
- Hardcastle, William J.; Laver, John (Hrsg.) (1997): The Handbook of Phonetic Sciences. (Blackwell Publ., Oxford)
- IPA (1999): Handbook of the International Phonetic Association: A Guide to the Use of the International Phonetic Alphabet. (International Phonetic Association, IPA)
(Cambridge Univ. Press, Cambridge)
- Ladefoged, Peter; Maddieson, Ian (1996): The Sounds of the World's Languages. (Blackwell Publ., Oxford)
- McNeil MR (1997) Clinical management of sensorimotor speech disorders. (Thieme)
- Pisoni, David B., Remez, Robert E. (2005) The Handbook of Speech Perception.
- Stevens, Kenneth N. (1998): Acoustic Phonetics. (The MIT Press, Cambridge, Mass.)

Literatur zur klinischen Phonetik

- Baken, R.J., Orlikoff, R.E. (2000) Clinical Measurement of Speech and Voice (Singular, Thomson Learning) 2nd Edition.
- Ball, Martin, J., Code, Chris (Hrsg.) (1997): Instrumental Clinical Phonetics. (Whurr Publishers, London)
- Ball, Martin J., Rahilly, Joan, Tench, Paul (1996): The Phonetic Transcription of Disordered Speech. (Singular Publishing, San Diego, London)
- Grassegger, H. (2001): Phonetik – Phonologie. (Schulz-Kirchner Verlag, Idstein)
- Ziegler, W., Vogel, M. Gröne, B., Schröter-Morasch, H. (1998) Dysarthrie. (Thieme, Stuttgart) (Erschienen in der Reihe Forum Logopädie, herausgegeben von Luise Springer und Dietlinde Schrey-Dern)

Literatur zur Neurophonetik

- Guenther, FH (1994) A Neural network model of speech acquisition and motor equivalent speech production. *Biological Cybernetics* 72: 43-53
- Guenther FH (1995) Speech sound acquisition, coarticulation, and rate effects in a neural network model of speech production. *Psychological Review* 102: 594-621
- Guenther FH, Bohland JW (2002) Learning sound categories: A neural model and supporting experiments. *Acoustical Science and Technology* 23: 213-220
- Guenther FH, Ghosh SS, Nieto-Castanon A (2003) A neural model of speech production. *Proceedings of the 6th International Seminar on Speech Production, Sydney, Australia*, pp. 85-90
- Guenther FH, Nieto-Castanon A, Ghosh SS, Tourville JA (2004) Representation of sound categories in auditory cortical maps. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47: 46-57
- Guenther FH, Ghosh SS, Tourville JA (in press) Neural modeling and imaging of the cortical interactions underlying syllable production. *Brain and Language*.

- Johnson K (1997) Speech perception without speaker normalization: An exemplar model. In K Johnson, JW Mullenix (eds.) *Talker Variability in Speech Processing*. Academic Press, pp. 145-165
- Keysers C, Kohler E, Umiltà MA, Fogassi L, Nanetti L, Gallese V (2003) Audio-visual mirror neurons and action recognition. *Experimental Brain Research* 153: 628-636
- Kohonen T (1990) The Self-Organizing Map. *Proceedings of the IEEE*, Vol. 78 (9): 1464-1480
- Kuhl PK (1991) Human adults and human infants show a "perceptual magnet effect" for the prototypes of speech categories, monkeys do not. *Perception and Psychophysics* 50: 93-107
- Kuhl PK, Iverson P (1995) Linguistic experience and the "Perceptual Magnet Effect". In: Strange, W. (ed.) *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross-language research*. MD York Press, pp. 121-154.
- Lacerda F (1995) The perceptual-magnet effect: An emergent consequence of exemplar-based phonetic memory. *Proc. ICPHS (Stockholm)*, 2: 140-147
- Perkell JS, Matthies ML, Lane H, Wilhelms-Tricarico R, Wozniak J, Guiod P (1997) Speech motor control: Segmental goals and the use of feedback. *Speech Communication* 22: 227-250

- Pierrehumbert J (2001) Exemplar dynamics: Word frequency, lenition and contrast. In: J Bybee, P Hopper (eds.) *Frequency and the Emergence of Linguistic Structure*. Benjamins, pp. 137-157
- Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, Fogassi L (1996) Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research* 3: 131-141
- Ruff S, Cardebat D, Marie N, Demonét JF (2002) Enhanced response of the left frontal cortex to slowed down speech in dyslexia: an fMRI study. *Neuroreport* 13: 1285-1289
- Saltzman EL, Munhall KG (1989) A dynamic approach to gestural patterning in speech production. *Ecological Psychology* 1: 333-382