

---

# Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung** ..... 1
  
- Teil I Grundlagen der Linguistik und Phonetik**
  
- 2 Sprachproduktion** ..... 9
  - 2.1 Wörter, Silben und Sprachlaute ..... 9
    - 2.1.1 Konzepte und semantische Netzwerke ..... 9
    - 2.1.2 Mentales Lexikon und mentaler Silbenspeicher ..... 11
    - 2.1.3 Mentaler Silbenspeicher und phonologische Bewusstheit ..... 14
  - 2.2 Die Artikulation ..... 18
    - 2.2.1 Motorische Ablaufpläne und Sprechbewegungseinheiten ..... 18
    - 2.2.2 Artikulatorische Kompensation ..... 22
    - 2.2.3 Artikulatorische Merkmale unterschiedlicher Lautklassen ..... 24
  - 2.3 Das akustische Sprachsignal ..... 29
    - 2.3.1 Phonation ..... 30
    - 2.3.2 Formanten ..... 36
    - 2.3.3 Formanttransitionen und sekundäre Schallquellen ..... 40
  - 2.4 Störungen der Sprachproduktion ..... 46
  - Literatur ..... 49
  
- 3 Sprachwahrnehmung** ..... 51
  - 3.1 Verarbeitungsstufen ..... 51
    - 3.1.1 Auditive Lautmerkmale ..... 52
    - 3.1.2 Phonologische Analyse ..... 59
    - 3.1.3 Sprachverstehen: Erkennen von Wörtern und ihrer Bedeutung ..... 61
    - 3.1.4 Aktive vs. passive Theorien der Sprachwahrnehmung ..... 62
  - 3.2 Invarianz und Variabilität des Sprachsignals ..... 64
    - 3.2.1 Unterschiedliche Sprecher ..... 64
    - 3.2.2 Unterschiedliches Sprechtempo ..... 66
    - 3.2.3 Was ist nun invariant bei gesprochener Sprache? ..... 68

3.3	Interaktion von Sprachproduktion und Sprachwahrnehmung . . . . .	69
3.3.1	Das Ziel ist immer die Kommunikation. . . . .	70
3.3.2	Auditive Kontrolle von Sprechbewegungseinheiten . . . . .	70
3.3.3	Somatosensorische Kontrolle von Sprechbewegungseinheiten . . . . .	72
3.4	Störungen der Sprachwahrnehmung . . . . .	73
	Literatur. . . . .	74
<b>4</b>	<b>Spracherwerb . . . . .</b>	<b>75</b>
4.1	Phasen des Spracherwerbs. . . . .	76
4.1.1	Babbeln . . . . .	76
4.1.2	Imitieren. . . . .	77
4.1.3	Aufbau des mentalen Lexikons . . . . .	80
4.1.4	Grammatikerwerb: die Produktion und das Verstehen ganzer Sätze. . . . .	82
4.2	Mechanismen des Spracherwerbs . . . . .	83
4.2.1	Zur Untrennbarkeit von Sprachproduktion, Sprachwahrnehmung und Spracherwerb . . . . .	83
4.2.2	Arten des Lernens . . . . .	84
4.3	Störungen des Spracherwerbs . . . . .	87
	Literatur. . . . .	88

## **Teil II Grundlagen der Neurobiologie und ihrer Computersimulation**

<b>5</b>	<b>Anatomischer Aufbau und funktionale Struktur des Nervensystems . . . . .</b>	<b>91</b>
5.1	Zur funktionalen Struktur des Nervensystems. . . . .	92
5.1.1	Arten von Neuronen im zentralen und peripheren Nervensystem. . . . .	92
5.1.2	Neuronale Netzwerke. . . . .	98
5.1.3	Exzitatorische und inhibitorische synaptische Verbindungen . . . . .	98
5.2	Das Gehirn. . . . .	101
5.2.1	Anatomischer Aufbau des Gehirns . . . . .	101
5.2.2	Die Großhirnrinde . . . . .	102
5.2.3	Der Balken. . . . .	110
5.2.4	Basalganglien und Thalamus. . . . .	111
5.2.5	Das limbische System . . . . .	115
5.2.6	Das Kleinhirn. . . . .	116
5.3	Die afferenten Nervenbahnen: die sensorischen Bahnen. . . . .	117
5.3.1	Die auditive Bahn. . . . .	118
5.3.2	Die visuelle Bahn. . . . .	120
5.3.3	Die somatosensorische Bahn . . . . .	121
5.4	Die efferente Nervenbahn: die motorische Bahn. . . . .	123
5.4.1	Die pyramidale Bahn . . . . .	123
5.4.2	Die extrapyramidale Bahn . . . . .	124

5.5	Ein erstes Modell der Sprachverarbeitung und des Spracherwerbs. . . . .	125
5.5.1	Sprachproduktion und Sprachwahrnehmung: die sensorische und motorische Ebene . . . . .	126
5.5.2	Lexikalische Verarbeitung und Satzgenerierung . . . . .	128
5.5.3	Neuronale Lernmechanismen im Spracherwerb . . . . .	132
	Literatur. . . . .	138
<b>6</b>	<b>Neuronale Modellierung: der STAA-Ansatz . . . . .</b>	<b>139</b>
6.1	Knoten: die STAA-Neuronensembles . . . . .	141
6.1.1	Aktivierungslevel, Aktivierungsfunktion und synaptisches Verbindungsgewicht. . . . .	141
6.1.2	Reizintensität und Aktivierungslevel bei Rezeptorneuronen. . . . .	143
6.1.3	Aktivierungslevel und Grad der Muskelkontraktion bei Motoneuronen . . . . .	144
6.2	Konnektionismus: einfache neuronale Netze im STAA-Ansatz . . . . .	146
6.2.1	Zwei- und Drei-Buffer-Netzwerke. . . . .	146
6.2.2	Überwachtes Lernen in einfachen gerichteten Netzwerken. . . . .	150
6.3	Kohonen-Netzwerke: sich selbst organisierende Buffer . . . . .	154
6.3.1	Zur Architektur von Kohonen-Netzwerken . . . . .	154
6.3.2	Nicht überwachtes Lernen und sich selbst organisierende Buffer . . .	157
6.3.3	Ein Beispiel: das Erlernen von phonetischen Vokalkategorien . . . .	159
	Literatur. . . . .	163
<b>7</b>	<b>Neuronale Modellierung: der NEF-Ansatz. . . . .</b>	<b>165</b>
7.1	Einführung in NEF. . . . .	166
7.1.1	LIF-Neuronen im NEF. . . . .	166
7.1.2	Neuronensembles. . . . .	167
7.1.3	Einfache neuronale Transformationen. . . . .	170
7.1.4	Rekurrente Neuronensembles: Kurzzeitspeicherung und Oszillation. . . . .	174
7.2	S-Pointer und S-Pointer-Architektur (SPA). . . . .	177
7.2.1	S-Pointer . . . . .	177
7.2.2	S-Pointer-Architektur (SPA) . . . . .	180
7.2.3	Die Assoziation von S-Pointern: assoziative Speicher. . . . .	188
7.2.4	Binden, inverses Binden und addieren von S-Pointern . . . . .	190
7.3	Zur Ablaufsteuerung neuronaler Prozesse . . . . .	193
7.3.1	Beispiel: Wortproduktion aufgrund visueller und auditiver Initiierung. . . . .	193
7.3.2	Die neuronale Realisierung der Ablaufsteuerung . . . . .	200
7.3.3	Sequenzierung motorischer Ereignisse . . . . .	204
7.4	S-Pointer-Netzwerke . . . . .	207
7.4.1	Semantisches Netzwerk. . . . .	208

7.4.2	Phonologisches Netzwerk . . . . .	209
7.4.3	Berechnung von Ähnlichkeiten von S-Pointern in S-Pointer-Netzwerken . . . . .	212
7.4.4	Koaktivierungen von S-Pointen in gleichen und unterschiedlichen SPA-Buffern . . . . .	212
7.4.5	Beantwortung von Fragen (inverses Binden) in S-Pointer-Netzwerken . . . . .	215
7.4.6	Autoassoziative Speicher und Clean-up-Prozesse . . . . .	217
7.5	Modellierung gestörter neuronaler Prozesse . . . . .	222
7.5.1	Verspäteter Erwerb sprachlicher Fertigkeiten . . . . .	222
7.5.2	Fehlerhaftes Lernen . . . . .	222
7.5.3	Funktionsuntüchtige Neuronen in kortikalen Bereichen . . . . .	223
7.5.4	Abgestorbene kortikale Bereiche . . . . .	223
7.5.5	Untypische Konzentration an Neurotransmittern in den Basalganglien . . . . .	223
	Literatur . . . . .	224

### **Teil III Modelle der Sprachverarbeitung und des Spracherwerbs**

<b>8</b>	<b>Eine Literatúrauswahl an Modellen . . . . .</b>	<b>227</b>
8.1	Datengetriebene Modelle . . . . .	228
8.1.1	Mentales Lexikon und mentaler Silbenspeicher: Levelt . . . . .	228
8.1.2	Aktivierung von Motorplänen und ihre Ausführung: Riecker et al. . . . .	229
8.1.3	Sensomotorische Steuerung: Price et al. . . . .	229
8.1.4	Sprachwahrnehmung: Hickok und Poeppel . . . . .	231
8.2	Simulationsmodelle . . . . .	233
8.2.1	Mentales Lexikon: Dell . . . . .	233
8.2.2	Mentales Lexikon und Silbenspeicher: Roelofs . . . . .	234
8.2.3	Sensomotorische Steuerung: Guenther . . . . .	234
8.2.4	Sprachwahrnehmung: McClelland und Elman . . . . .	235
8.2.5	Spracherwerb: Li . . . . .	235
8.2.6	Frühe Phasen des Spracherwerbs: Warlaumont . . . . .	235
8.2.7	Artikulation und Perzeption: Bekolay . . . . .	236
8.3	Perspektiven biologisch basierter Modelle in der Sprachtechnologie . . . . .	237
8.3.1	Sprachsynthese . . . . .	237
8.3.2	Spracherkennung . . . . .	237
	Literatur . . . . .	238
<b>9</b>	<b>Das LS-Modell (Lexikon-Silbenspeicher-Modell) . . . . .</b>	<b>241</b>
9.1	Das LS1-Modell . . . . .	242
9.1.1	Aufbau des Modells . . . . .	242

---

9.1.2	Simulation des Spracherwerbs . . . . .	244
9.1.3	Simulation der Sprachproduktion und Sprachwahrnehmung . . . . .	252
9.2	Das LS2-Modell als Ausgangspunkt für weitere Arbeiten . . . . .	253
9.3	Das artikulatorisch-akustische Modell: Ansteuerung und Feedback . . . . .	254
9.3.1	Die Ansteuerung: Feedforwardkontrollparameter . . . . .	254
9.3.2	Auditive und somatosensorische Feedbackinformation . . . . .	259
9.3.3	Von Motorplänen zu primärmotorischen Aktivierungen im LS2-Modell . . . . .	260
9.4	Ausblick . . . . .	263
	Literatur . . . . .	264
<b>10</b>	<b>Glossar . . . . .</b>	<b>267</b>
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>279</b>

Neuronale Modellierung der Sprachverarbeitung und  
des Sprachlernens

Eine Einführung

Kröger, B.J.

2018, XIII, 290 S. 141 Abb., 54 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-55458-6