

# INHALT

	Seite
1. Einführung	1
2. Grundprobleme der automatischen Spracherkennung	4
2.1 Akustisch-phonetische Analyse	4
2.2 Entscheidungstheoretische Formulierung der Satzerkennung	6
3. Vorverarbeitung des Sprachsignals	11
3.1 Kurzzeitspektren	11
3.2 Funktionsmodell der Lautheitsempfindung	14
3.3 Lineare Prädiktion	16
3.4 Vergleich der verschiedenen Verfahren zur Vorverarbeitung	18
3.5 Vokalstichprobe für experimentelle Untersuchungen	20
4. Methoden der Klassifikation	23
4.1 Linearer Klassifikator	27
4.1.1 Generalisierte Entscheidungsfunktionen	30
4.1.2 Trennbarkeit des linearen Klassifikators	32
4.1.3 Lernverfahren bei linearen Klassifikatoren	35
4.1.3.1 Lösung des Systems von Ungleichungen	35
4.1.3.2 Stochastische Approximation für mehrere Klassen	39
4.1.4 Experimentelle Untersuchungen mit Vokalspektren	42
4.2 Abstandsklassifikatoren	45
4.2.1 Nächster-Nachbar-Regel	46
4.2.2 Mahalanobis-Klassifikator	48
4.2.3 Experimentelle Untersuchungen mit Vokalspektren	51
4.3 Statistische Klassifikatoren	54
4.3.1 Der optimale Klassifikator	54
4.3.2 Annahme von Normalverteilungen	57
4.3.3 Schätzung von Normalverteilungen	60
4.3.4 Schätzung allgemeiner Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen	61
4.3.5 Experimentelle Untersuchungen mit Vokalspektren	63
4.3.6 Zusammenfassung der experimentellen Ergebnisse aus Abschn. 4.	64

5. Methoden der Merkmalsextraktion	67
5.1 Grundprobleme	68
5.2 Diskrete Karhunen-Loève-Reihenentwicklung	70
5.2.1 Zusammenhang mit der Hauptachsen-Transformation	73
5.2.2 Informationstheoretische Betrachtung der KL-Reihenentwicklung	76
5.3 Generalisierte Karhunen-Loève-Reihenentwicklung	80
5.3.1 Verwendung mehrerer Transformationen	80
5.3.2 Verwendung einer gemeinsamen Transformation	82
5.3.2.1 Auswahl der Achsen	83
5.3.2.2 Optimale Transformation bezüglich der Klassenmittelpunkte	84
5.3.2.3 Experimentelle Untersuchungen mit Vokalspektren	87
5.4 Gütemaße für Merkmale zur Bewertung der Trennbarkeit	92
5.4.1 Fehlerrate des optimalen Klassifikators	92
5.4.2 Abstandsmaße für Verteilungsdichten bei 2 Klassen	94
5.4.3 Transinformation als Gütemaß	97
5.5 Merkmalsselektion	100
5.5.1 Schrittweise Merkmalsauswahl	100
5.5.2 Optimale Merkmalsauswahl mit Hilfe eines Baumsuchverfahrens	101
5.5.3 Experimentelle Untersuchungen mit Vokalspektren	103
6. Automatische Spracherkennung auf der Basis silbenorientierter Einheiten	106
6.1 Grundkonzepte für Spracherkennungssysteme	106
6.2 Die Rolle der Silbe in der Sprachverarbeitung	109
6.3 Halbsilben als Verarbeitungseinheiten	112
6.4 Vokale und Konsonantenfolgen als Entscheidungseinheiten	113
7. Experimentelle Untersuchungen zur silbenorientierten Spracherkennung	116
7.1 Segmentierung in Halbsilben	117
7.2 Klassifikation der Konsonantenfolgen und Vokale	123
7.2.1 Klassifikation anhand von Gesamtmustern	124
7.2.1.1 Dynamische Interpolation	124
7.2.1.2 Mustervergleich mit Dynamischer Programmierung	125
7.2.1.3 Experimentelle Ergebnisse	127
7.2.2 Auswertung akustisch-phonetischer Merkmale	129
7.2.2.1 Extraktion der akustischen Merkmale	133
7.2.2.2 Klassifikation der Merkmalsvektoren	138
7.2.2.3 Kontrollexperiment mit Gesamtmustern	143

7.3 Silbenorientierte Lexikonsuche	146
7.3.1 Optimale Korrektur von Erkennungsfehlern	147
7.3.2 Lexikonsuche mit spektralen Repräsentanten	150
7.4 Erkennung gesprochener Sätze	154
7.4.1 Aussprachemodelle für Wörter	155
7.4.2 Satzerkennung mit 1-stufiger Dynamischer Programmierung	157
7.4.3 Experimentelle Ergebnisse zur Satzerkennung	160
7.4.4 Verwandtschaft zu Markov-Modellen	161
7.4.5 Berücksichtigung der Syntax	167
7.4.6 Experimentelle Ergebnisse zur Satzerkennung mit Syntax	169
8. Spezielle Algorithmen der Spracherkennung	172
8.1 Mustervergleich durch Dynamische Programmierung	172
8.1.1 1-stufiger DP-Algorithmus	176
8.2 "Hidden-Markov"-Modelle (HMM)	178
8.2.1 Berechnung der Emissionswahrscheinlichkeiten	182
8.2.2 Lernverfahren für HMMs	184
8.3 Neuronale Netze für die Spracherkennung	186
8.3.1 Lernverfahren für Neuronale Netze	189
8.3.2 Erkennung von Musterverläufen	193
9. Schlußbetrachtung	195
10. Zusammenfassung	197
11. Verzeichnis der wichtigsten mathematischen Symbole	199
12. Literatur	200
13. Anhang A: Liste der 1001 häufigsten Wörter des Deutschen	207
B: Liste der 16 Testsätze	211
Stichwortverzeichnis	212