

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Mathematische Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Grundbegriffe der statistischen Signalverarbeitung	3
2.1.1	Zufallsexperiment	3
2.1.2	Absolute und relative Häufigkeit	3
2.1.3	Wahrscheinlichkeit	4
2.1.4	Zufallsvariablen	4
2.1.5	Verteilungs- und Verteilungsdichtefunktion	5
2.1.6	Erwartungswerte	8
2.1.7	Verbunderwartungswerte	10
2.1.8	Erwartungswerte von Vektoren und Matrizen	11
2.1.9	Momente und Kumulanten	12
2.1.10	Stochastische Prozesse	16
2.1.11	Stationarität	18
2.1.12	Transformation stochastischer Prozesse durch Nichtlinearitäten	18
2.1.13	Transformation stochastischer Prozesse durch LTI-Systeme	20
2.2	Matrizen und Vektoren	21
2.2.1	Definition der verwendeten Matrix- und Vektorschreibweise	21

2.2.2	Besondere Matrix- und Vektorstrukturen . . . . .	22
2.2.3	Grundlegende Rechenregeln für Matrizen und Vektoren	25
2.2.4	Eigenschaften von Matrizen und Vektoren . . . . .	27
2.2.5	Weitere Rechenregeln und abgeleitete Größen . . . . .	28
2.2.6	Matrix- und Vektor-Normen . . . . .	33
<b>3</b>	<b>Optimierung</b> . . . . .	<b>37</b>
3.1	Überblick . . . . .	37
3.2	Minimierung einer Funktion einer Variablen . . . . .	38
3.2.1	Problemstellung und Optimalitätsbedingungen . . . . .	38
3.2.2	Numerische Optimierungsverfahren . . . . .	39
3.3	Minimierung einer Funktion mehrerer Variablen ohne Nebenbedingungen . . . . .	41
3.3.1	Problemstellung und Optimalitätsbedingungen . . . . .	41
3.3.2	Numerische Optimierungsverfahren . . . . .	43
3.3.3	Schrittweitenbestimmung . . . . .	49
3.3.4	Abbruch und Re-Start . . . . .	52
3.4	Skalierungsfragen . . . . .	53
3.5	Minimierung unter Gleichungsnebenbedingungen . . . . .	54
3.5.1	Problemstellung und Optimalitätsbedingungen . . . . .	54
3.5.2	Optimierungsalgorithmen . . . . .	58
3.6	Minimierung unter Gleichungs- und Ungleichungsnebenbedingungen . . . . .	59
3.6.1	Problemstellung und Optimalitätsbedingungen . . . . .	59
3.6.2	Weitere Lösungsansätze . . . . .	60
3.7	Weitere Bemerkungen . . . . .	61
<b>4</b>	<b>Bayes-Schätzung</b> . . . . .	<b>63</b>
4.1	Überblick . . . . .	63
4.2	Schätztheorie . . . . .	64
4.2.1	Zielstellung . . . . .	64

4.2.2	Bewertungskriterien für Schätzer .....	65
4.2.3	Die Cramér-Rao-Schranke .....	66
4.3	Verfahren der Bayes-Schätzung .....	68
4.3.1	Die Berechnung der A-posteriori-Verteilungsdichte .....	68
4.3.2	Klassische Schätzverfahren im Kontext der Bayes-Schätzung .....	70
4.4	Die Maximum-Likelihood-Schätzung .....	74
4.5	Der Expectation-Maximization-Algorithmus .....	77
4.5.1	Überblick .....	77
4.5.2	Maximum-Likelihood-Schätzung mit unvollständigen Daten .....	77
4.5.3	Die mathematischen Grundlagen des EM-Algorithmus .	79
4.5.4	Der EM-Algorithmus am Beispiel von MOG-Modellen..	81
<b>5</b>	<b>Blinde Quellentrennung</b> .....	<b>89</b>
5.1	Überblick .....	89
5.2	Informationstheorie .....	90
5.3	Independent Component Analysis .....	94
5.4	Kontrastfunktionen und ihre Optimierung .....	96
5.4.1	Definition .....	96
5.4.2	Informationstheoretische Kontrastfunktionen .....	96
5.4.3	Statistik höherer Ordnung .....	104
5.5	Der natürliche Gradient .....	105
5.6	Hauptkomponentenanalyse .....	108
5.6.1	Überblick .....	108
5.6.2	Berechnung der Transformationsmatrix .....	109
5.6.3	Variablenreduktion .....	112
5.6.4	Pre-Whitening .....	113
5.7	Blinde Quellentrennung mit Statistik zweiter Ordnung .....	114
5.7.1	Blinde Quellentrennung mit Zeitverzögerungsverfahren .	114
5.7.2	Blinde Quellentrennung mit linearen Operatoren .....	116
5.7.3	Blinde Quellentrennung mit FIR-Filtern .....	118
5.8	Die Verbunddiagonalisierung .....	120

<b>6</b>	<b>Wiener-Filter</b>	125
6.1	Überblick	125
6.2	Algorithmus	125
6.3	Orthogonalitätsprinzip	128
6.4	Wiener-Filter im Frequenzbereich	131
6.5	Weitere Bemerkungen	132
<b>7</b>	<b>Kalman-Filter</b>	133
7.1	Überblick	133
7.2	Rekursive Filterung	137
7.3	Kalman-Filter in Zustandsraum-Darstellung	141
7.3.1	Zustandsraum-Darstellung	141
7.3.2	Algorithmus	142
7.4	Erweiterte Kalman-Filter	146
7.5	Implementierungsfragen	147
7.5.1	Überblick	147
7.5.2	QR- und Cholesky-Faktorisierung	148
7.5.3	Quadratwurzel-Kalman-Filterung	149
7.5.4	Householder-Reflexionen und Givens-Rotationen	151
<b>8</b>	<b>Adaptive Filter</b>	157
8.1	Überblick	157
8.2	Kostenfunktion	160
8.3	Algorithmen mit adaptivem Gradienten	162
8.4	Konvergenzverhalten des Gradientenverfahrens	164
8.5	Recursive-Least-Squares-Filter	167
8.6	Blockadaptive Filter	170
8.6.1	Überblick	170
8.6.2	Block-LMS-Algorithmus	170
8.6.3	Exakter Block-LMS-Algorithmus	171
8.6.4	Blockadaptive Verfahren im Vergleich	176

<b>9</b>	<b>Blinde Entfaltung und Entzerrung</b>	177
9.1	Überblick	177
9.2	Bussgang-Verfahren	179
9.2.1	Bussgang-Entzerrung	179
9.2.2	Bussgang-Entfaltung	181
9.2.3	Der gedächtnislose Schätzer als Nichtlinearität	181
9.2.4	Konvergenz von Bussgang-Entzerrern	184
9.3	Kumulantenbasierte Entfaltungsalgorithmen	184
9.3.1	Kostenfunktion	184
9.3.2	Optimierung der Kostenfunktion	186
<b>10</b>	<b>Nichtlineare Filterung mit künstlichen neuronalen Netzen</b>	189
10.1	Nichtlineare Filterung	189
10.2	Das Multilagen-Perzeptron	190
10.2.1	Aufbau	190
10.2.2	Training der Verbindungsgewichte	192
10.2.3	Netzwerk-Komplexität	195
10.3	Filteranwendungen	196
10.4	Weitere Bemerkungen	197
<b>11</b>	<b>Sprachverbesserungssysteme mit spektraler Subtraktion</b>	199
11.1	Überblick	199
11.2	Prinzip der spektralen Subtraktion	200
11.3	Transformation in den Frequenzbereich	202
11.4	Algorithmen der spektralen Subtraktion	203
11.4.1	Amplituden- und Spektralsubtraktion	203
11.4.2	Wiener-Filter	205
11.4.3	Maximum-Likelihood-Spektralsubtraktion	205
11.4.4	Ephraim-Malah-Filter	207
11.5	Algorithmische Erweiterungen	207
11.5.1	Probleme der spektralen Subtraktion	207

X	Inhaltsverzeichnis	
	11.5.2 Schätzung des Rauschspektrums	208
	11.5.3 Spektrogramm-Filterung	209
	11.5.4 Nachverarbeitung zur Entfernung des Musical Noise	209
	11.6 Sprachpausenerkennung	210
	11.7 Das Ephraim-Malah-Filter	211
	11.7.1 Überblick	211
	11.7.2 Algorithmus	211
	11.7.3 Interpretation der Funktionsweise	214
	<b>Literaturverzeichnis</b>	217
	<b>Index</b>	225



<http://www.springer.com/978-3-540-23491-3>

Konzepte der statistischen Signalverarbeitung

Köhler, B.-U.

2005, X, 230 S. 61 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-540-23491-3