

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	III
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Gliederung der Arbeit	2
2 Der MIMO-Kanal	5
2.1 Gedächtnisfreier MIMO-Kanal	5
2.1.1 Deterministische MIMO-Kanäle im Mehrnutzerfall	8
2.1.2 Deterministische MIMO-Kanäle im Einnutzerfall	11
2.1.3 Statistische Modelle	15
2.2 Frequenzselektiver MIMO-Kanal	17
2.3 Zusammenfassung	18
3 Theoretische Grundlagen der Quellenseparierung	21
3.1 Kriterien zur blinden Quellenseparierung	21
3.2 ML-Detektion einer Multi-Layer-Übertragung	26
4 Algorithmen zur instantanen Quellenseparierung	29
4.1 Exkurs: lineare Entzerrung	29
4.1.1 Zero-Forcing-Entzerrung	30
4.1.2 MMSE-Entzerrung	30
4.2 Räumliche Dekorrelation / Principal Component Analysis	32
4.3 Higher Order Verfahren	34
4.3.1 JADE	34
4.3.2 MADE/SSARS	38
4.3.3 FastICA	39
4.3.4 Vergleich der HOS-Kriterien zur Quellenseparierung	40
4.3.5 Bitentscheidung	45
4.3.6 Vergleich der HOS-Algorithmen	46

4.4	Geometrische Ansätze, CMA	49
4.4.1	MIMO CMA	49
4.4.2	Vergleich der CMA-Ansätze	53
4.5	Exkurs: Interference Cancellation / V-BLAST	55
4.6	Iterative Verbesserung durch Entscheidungsrückkopplung, Hybrider Detektor	57
4.6.1	Leistungsfähigkeit der iterativen Verbesserung	60
4.7	Verhalten von Quellenseparierungsalgorithmen	62
4.7.1	Verhalten einer Quellenseparierung bei Unter- und Überschätzung der Quellenanzahl	62
4.8	Zusammenfassung	67
5	Aspekte der Realisierung	69
5.1	Symboltaktsynchronisation unter MIMO-Bedingungen	69
5.1.1	Klassische Konzepte zur Symboltaktsynchronisation in SISO-Systemen	69
5.1.2	Timing Error Detector nach Gardner	71
5.1.3	Timing Error Detector nach Oerder	72
5.1.4	Erweiterung auf MIMO-Systeme	74
5.2	Schätzung des Signal-Rauschabstandes	76
5.2.1	SNR-Schätzung bei SISO-Systemen	76
5.2.2	SNR-Schätzung bei MIMO-Systemen	81
5.3	Zusammenfassung	83
6	Fallbeispiele praktischer Separierungen	85
6.1	Messaufbau und Übertragungssystem	86
6.2	Messergebnisse ausgewählter Szenarien	86
6.2.1	Szenarien im Flur des Gebäudes NW1 der Universität Bremen	87
6.2.2	Verbesserung durch Iterationen	92
7	Frequenzselektive Quellenseparierung	95
7.1	Blinde Separierung von OFDM-Signalen	96
7.1.1	Blinde OFDM Separierung zweiter Ordnung bei spe- ziellen Kanälen	97
7.1.2	Blinde Separierung von OFDM-Signalen durch Ent- scheidungsrückkopplung	101
7.2	Subraumansatz zur frequenzselektiven Quellenseparierung	105
7.3	Zusammenfassung	110
8	Zusammenfassung der Arbeit	113

A	MIMO-Demonstrator	117
A.1	Konzept des Demonstrators	117
A.2	Messablauf und Rahmensynchronisation	118
B	Messung von MIMO-Kanälen	123
B.1	Messverfahren	123
B.2	Praktische Messung	127
C	Zusammenhänge der Statistik höherer Ordnung	129
C.1	Zusammenhänge von Kumulanten und Verteilungsdichten . . .	129
C.2	Approximation einer Verteilungsdichte mit Kumulanten . . .	131
	Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	135
	Literaturverzeichnis	139