

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation und Umfeld der Arbeit	1
1.1.1	Zielsetzung der Arbeit	4
1.1.2	Einführung in die Fahrzeug-zu-Fahrzeug Kommunikation	5
1.1.3	Einführung zu Mehrantennensystemen	6
1.2	Stand der Technik	7
1.3	Lösungsansatz und Gliederung der Arbeit	10
2	Der drahtlose Kommunikationskanal	13
2.1	Beschreibung des Übertragungskanals	14
2.1.1	Kenngößen der Zeitvarianz	18
2.1.2	Kenngößen der Frequenzselektivität	19
2.1.3	Kenngößen der Richtungsselektivität	20
2.2	Beschreibung des MIMO-Übertragungskanals und der MIMO-Kapazität	22
2.3	Beschreibung der Antennen	26
2.3.1	Kenngößen von Antennen	26
2.3.2	Antennengruppen	28
2.3.3	Korrelationseigenschaften von Mehrantennensystemen	30
2.3.4	Effective Isotropic Radiated Power Limitierung	31
2.4	Beschreibung der Kanalmodellierung	32
2.4.1	Umgebungsmodellierung	32
2.4.2	Verkehrsmodellierung	34
2.4.3	Modellierung der Wellenausbreitung	35
2.4.4	SISO zu MIMO Extrapolation	37
3	Antennensynthese	39
3.1	Syntheseansatz	40
3.1.1	Intrinsische Kapazität und Konzept der Abtastantennen	40
3.1.2	Kanaldiagonalisierung	43

3.1.3	Strahlformung durch Kanaldiagonalisierung	45
3.1.4	Ablauf der Synthese im zeitinvarianten Kanal	47
3.2	Abtastalternativen	50
3.2.1	Räumliche Abtastung	51
3.2.2	Winkelbasierte Abtastung	52
3.2.3	Mehrmodenantennen zur Abtastung	53
3.3	Antennensynthese in zeit- und ortsvarianten Übertragungskanälen	54
3.3.1	Mittelungsansatz	55
3.3.2	Belegungsvektoreuzuordnung	57
3.3.3	Phasenkorrektur	59
3.3.4	Schwellwertentscheidungen über die Anzahl der relevanten Subkanäle	59
3.4	Berücksichtigung unterschiedlicher Freiheitsgrade bei der Antennensynthese	60
3.4.1	Freiheitsgrad der Richtcharakteristik	60
3.4.2	Freiheitsgrad der räumlichen Trennung	62
3.4.3	Freiheitsgrade der räumlichen Trennung und der Richtcharakteristik	63
3.4.4	Freiheitsgrade der Polarisation und der Richtcharakteristik	65
3.5	Bewertungskriterien	66
3.6	Alternative Optimierungskriterien	67
3.7	Zusammenfassung und Fazit	68
4	Messtechnische Verifizierung in zeitinvarianten Kanälen	71
4.1	Messaufbau und Messantenne	71
4.2	Fehlerbeschreibung der Messungen	74
4.2.1	Fehler durch Messung mit einer realen Antenne	74
4.2.2	Fehler durch zeitvariantes Verhalten des Kanals und des Messequipments	76
4.3	Messungen	77
4.3.1	Antennenmesskammer	78
4.3.2	Besprechungszimmer	81
4.3.2.1	Auswertung unterschiedlicher Abtastauflösungen	84
4.3.2.2	Auswertung des Einflusses der realen Abtastcharakteristik bei unterschiedlichen Polarisationen	85

4.3.2.3	Verifikation der synthetisierten Richtcharakteristiken im Raum	86
4.3.2.4	Analyse der örtlichen Varianz	91
4.3.2.5	Durchführen und Interpretieren einer Mehrortsynthese	93
4.3.3	Garage	93
4.4	Zusammenfassung und Fazit	96

5 Antennensynthese für die Fahrzeug-zu-Fahrzeug

Kommunikation	99
5.1	Antennenpositionen 99
5.2	Szenarien 102
5.3	Untersuchung verschiedener Syntheseparameter 107
5.3.1	Einfluss unterschiedlicher Mittelungen 108
5.3.2	Einfluss unterschiedlicher Schwellwerte 109
5.3.3	Einfluss unterschiedlicher Abtastvolumen 111
5.3.4	Synthese zur Reduzierung der Doppler-Verbreiterung . . 113
5.4	Auswertung aller Szenarien 114
5.4.1	Synthese eines SISO-Systems 114
5.4.2	Synthese eines Systems mit Diversität bezüglich der Richtcharakteristik 120
5.4.3	Synthese eines Systems mit Diversität bezüglich der Richtcharakteristik und der Polarisierung 123
5.4.4	Untersuchung eines C2C Dachantennensystems mit Diversität bezüglich des Raumes 124
5.4.5	Untersuchung eines C2C Mehrantennensystems mit Diversität bezüglich der Standorte 127
5.4.6	Mehrortsynthese für die C2C Kommunikation 128
5.5	Fazit und Zusammenfassung 131

6 Mehrmodenbasierte Synthese einer Dachantenne 135

6.1	Mehrmodenantennendesign 136
6.1.1	Simulation der nichtidealen Mehrmodenantenne 137
6.1.2	Syntheseparameter 139
6.1.3	Syntheseszenarien 141
6.1.4	Syntheseergebnisse mit den simulierten Moden 143

6.2	Aufbau der Mehrmodenantenne	145
6.2.1	Aufbau des Entkoppelnetzwerkes	145
6.2.2	Messung der Mehrmodenantenne am Fahrzeug	146
6.2.3	Antennensynthese mit der vermessenen Mehrmodenantenne	150
6.3	Realisierung der synthetisierten Antennenrichtcharakteristiken	152
6.4	Zusammenfassung und Fazit	155
7	Schlussfolgerungen	157
A	zu Kapitel 4	161
A.1	Mechanischer Aufbau des Messtisches	161
A.2	Elektrischer Aufbau	162
A.3	Messantenne	163
A.4	Messungen in der Antennenmesskammer	164
A.5	Messungen in dem Besprechungszimmer	166
A.6	Messungen in der Garage	167
B	zu Kapitel 5	169
B.1	Abtastpositionen und -parameter	169
B.2	Syntheseergebnisse der einzelnen Szenarien	176
C	zu Kapitel 6	181
C.1	Syntheseergebnisse der simulierten Moden mit EVD-Mittelung	181
C.2	Vergleich gemessener und simulierter Richtdiagramme (Moden 2-4)	182
C.3	Netzwerklayout und seine Bestandteile	184
C.4	Ergebnisse des realisierten Speisenetzwerkes	187