

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Grundlagen terrestrischer Broadcast-Übertragung	3
2.1. Charakterisierung des Übertragungskanals	3
2.1.1. AWGN-Kanal	4
2.1.2. Mehrwegekanäle	5
2.1.3. Zeitvariante Kanäle	6
2.2. Transinformation und Kanalkapazität	6
2.2.1. Shannon-Kapazität	7
2.2.2. Coded-Modulation-(CM)-Kapazität	8
2.2.3. Bit-Interleaved-Coded-Modulation-(BICM)-Kapazität	9
2.3. Komponenten terrestrischer Broadcast-Übertragungssysteme	10
2.3.1. Vorwärtsfehlerschutz	10
2.3.2. QAM-Modulation	11
2.3.3. Bit-Interleaved-Coded-Modulation	12
2.3.4. Interleaving und Frame-Building	13
2.3.5. OFDM-Modulation	13
2.4. DVB-T2 – Ein System für die terrestrische Broadcast-Übertragung	14
2.5. Grenzen der Leistungsfähigkeit am Beispiel von DVB-T2	16
2.6. Ansätze für die Optimierung	19
2.6.1. Verbesserung des Vorwärtsfehlerschutzes	20
2.6.2. Neue Modulationsverfahren	20
2.6.3. Erhöhung der Diversität	22
2.6.4. MIMO-Mehrantennentechnik	23
2.6.5. Verbesserung der Signalisierungsstruktur	23
2.6.6. Nutzung eines unterstützenden Übertragungsweges	24
3. Ungleichmäßige QAM-Konstellationen	27
3.1. Ausgangs-Konstellationen	27
3.1.1. PAM-Konstellationen	28
3.1.2. APSK-Konstellationen	30

3.1.3.	QAM-Konstellationen	31
3.2.	Optimierung ungleichmäßiger QAM-Konstellationen	32
3.2.1.	Berechnung der CM/BICM-Kapazität	33
3.2.2.	Maximierung der Kapazität mit dem Gradientenverfahren	35
3.2.3.	Vorgehen beim Optimierungsprozess	36
3.3.	Geometrische Eigenschaften der optimierten Konstellationen	38
3.3.1.	Konstellationsdiagramme	38
3.3.2.	Geometrische Metriken	44
3.4.	Leistungsfähigkeit der optimierten Konstellationen	46
3.4.1.	Vergößerung der CM-Kapazität	47
3.4.2.	Vergößerung der BICM-Kapazität	50
3.4.3.	Verringerung der Bitfehlerrate am Beispiel von DVB-T2	58
3.5.	Betrachtung der Komplexität beim Demapping	66
3.5.1.	Komplexitätsreduktion durch Kondensierung	69
3.5.2.	Resultierende Komplexität	72
3.6.	Zusammenfassung	73
4.	Nutzung eines unterstützenden Übertragungsweges: Redundancy on Demand	75
4.1.	Voraussetzungen und Rahmenbedingungen	75
4.2.	Algorithmen zur optimalen Nutzung des unterstützenden Übertragungswegs	76
4.2.1.	Schätzung der Link-Quality-Metric	77
4.2.2.	Ansätze für die Erzeugung von Redundanzdaten	80
4.2.3.	Schätzung der optimalen Menge zu übertragender Redundanzdaten	84
4.2.4.	Synchronisation der Broadcast- und der Redundanzdaten	88
4.3.	Evaluation der vorgeschlagenen Algorithmen	89
4.3.1.	Genauigkeit der Schätzung der Link-Quality-Metric	89
4.3.2.	Effizienzanalyse der Ansätze zur Erzeugung von Redundanzdaten .	91
4.3.3.	Genauigkeit der Schätzung der Menge benötigter Redundanzdaten .	101
4.3.4.	Overhead der Synchronisationsdaten	103
4.4.	System- und Architekturaspekte	106
4.4.1.	Beiträge zur Übertragungsverzögerung	107
4.4.2.	RoD-Empfänger-Architekturen	110
4.4.3.	RoD-Server-Architekturen	114
4.5.	Ein Vorschlag für ein Gesamtsystem	116
4.6.	Realisierung des Vorschlags als softwarebasierter Echtzeitdemonstrator .	117
4.6.1.	Aufbau und Struktur des Demonstrators	118
4.6.2.	Implementierung des DVB-T2-Gateways und des RoD-Servers . . .	119
4.6.3.	Implementierung des RoD-Empfängers	120

4.6.4. Durchführung eines Feldversuchs	122
4.7. Zusammenfassung	123
5. Verbesserung der Signalisierungsstruktur	125
5.1. Ein Überblick über die Signalisierungsstruktur von DVB-T2	125
5.1.1. Frame- und Superframestruktur	125
5.1.2. Modulation und Codierung der Signalisierungsdaten	126
5.1.3. Aufbau und Inhalt der Signalisierungstabellen	128
5.1.4. Eigenschaften der Signalisierung	129
5.2. Ein Vorschlag zur Reduktion des Signalisierungs-Overheads	134
5.2.1. n-periodische Signalisierung	134
5.2.2. Zweistufige Signalisierung durch Erweiterung des P1-Symbols	138
5.3. Eigenschaften der vorgeschlagenen Signalisierung	140
5.3.1. Robustheit der Signalisierungsdaten	140
5.3.2. Reduktion des Signalisierungs-Overheads	143
5.3.3. Benötigte Zeit für die Signal-Akquisition	144
5.3.4. Zusammenfassung der diskutierten Eigenschaften	146
6. Zusammenfassung	149
A. Anhang	151
A.1. SNR-Gewinn der ungleichmäßigen QAM-Konstellationen	151
A.2. Optimierung des QAM-Demappings	154
A.3. QAM-Konstellationen mit ungerader Anzahl Bits	155
A.4. Mehrdimensionale ungleichmäßige QAM-Konstellationen	158
Abkürzungsverzeichnis	161
Symbolverzeichnis	163
Literaturverzeichnis	167
Veröffentlichungen des Autors	179