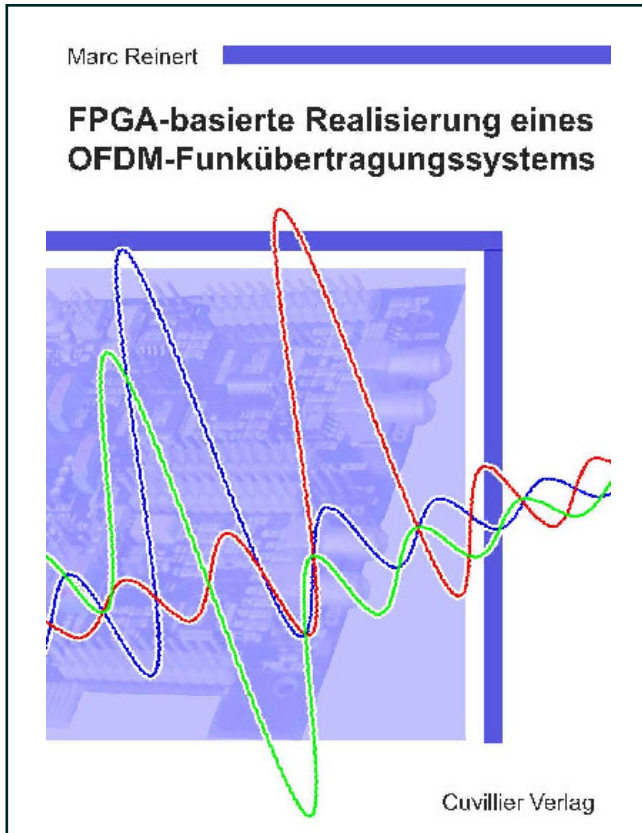




Marc Reinert (Autor)  
**FPGA-basierte Realisierung eines OFDM-  
Funkübertragungssystems**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/1076>

Copyright:  
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

---

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	5
2 OFDM-Übertragungstechnik.....	9
2.1 Historie und Grundlagen von OFDM.....	9
2.2 Mobilfunkkanäle.....	11
2.3 Mathematisches Model.....	16
2.4 Parameter und Verhalten von OFDM im Mobilfunkkanal.....	19
2.5 Verarbeitungsschritte realer OFDM-Übertragungssysteme.....	22
2.6 Vorteile und Herausforderungen zukünftiger OFDM-Systeme .....	25
2.7 Ausblick und Alternativen zu OFDM .....	27
3 FPGAs – Aufbau und Eigenschaften.....	31
3.1 Historie der programmierbaren Logikbausteine.....	31
3.2 Prinzipieller Aufbau von FPGAs.....	33
3.3 Besonderheiten der Xilinx Virtex-II Architektur.....	35
3.4 Programmierung von Schaltungsstrukturen in VHDL.....	36
3.5 Vorteile FPGA-basierter Hardware.....	39
3.6 Optimierungsmöglichkeiten im FPGA .....	43
3.7 Was wird die zukünftige FPGA-Technologie bieten?.....	47
4 Analog/Digital Schnittstelle.....	49
4.1 Digital/Analog- und Analog/Digital-Wandlung.....	49
4.1.1 D/A-Wandler am Beispiel AD9767.....	50
4.1.2 A/D-Wandler am Beispiel AD9433.....	53
4.2 Quantisierung.....	56
4.3 Zahlenbereichsanpassung.....	58
4.4 Suboptimale A/D- und D/A-Wandlung.....	61
5 Komponenten eines OFDM-Systems.....	65
5.1 Scrambler.....	67
5.2 Fehlerschutz.....	69

---

5.2.1 Fehlerschutz mit Faltungscodes.....	70
5.2.2 Punktierung.....	83
5.2.3 Interleaver.....	86
5.3 Digitale Modulation.....	91
5.4 IFFT/FFT.....	99
5.5 Synchronisation.....	105
5.5.1 Zeitsynchronisation.....	106
5.5.2 Einfluss von Rauschen auf die Zeitsynchronisation.....	111
5.5.3 Frequenzsynchronisation .....	116
5.6 Kanalschätzung und Entzerrung.....	120
5.6.1 Präambelbasierte Entzerrung.....	120
5.6.2 Pilotenbasierte Phasennachführung (Phase Tracking).....	124
5.6.3 Implementierungsdaten der Kanalschätzung und Entzerrung.....	125
5.7 Digitale ZF-Modulation.....	126
5.8 Auflösung der D/A- und A/D-Wandler.....	131
6 Experimentalhardware und Implementierungsdaten des OFDM-Demonstrators.....	135
6.1 Die Experimentalhardware .....	136
6.2 Bedienoberfläche des aufgebauten Demonstrator-Systems.....	138
6.3 Hardwaretest mit simulierten Kanalmodellen.....	140
6.4 Platzbedarf der einzelnen OFDM-Komponenten innerhalb des FPGAs.....	141
6.5 Maximale Taktraten der OFDM-Schaltungsteile .....	145
7 Zusammenfassung.....	149
Anhang A: Soft Value Approximation.....	151
Anhang B: Herleitung der FFT Radix-2 <sup>2</sup> Struktur .....	154
Anhang C: Vergleich der physikalischen Schicht von HiperLAN/2 und IEEE802.11a .....	159
Anhang D: Der CORDIC-Algorithmus zu Betrags- und Phasenbestimmung.....	160
Abkürzungen.....	163
Formelzeichen.....	166
Literaturverzeichnis.....	168
Stichwortverzeichnis.....	173