



Christian Klünder (Autor)

**Einfluss leistungsstarker elektromagnetischer
Störquellen auf drahtlose digitale
Übertragungssysteme im 2,4-GHz-ISM-Frequenzband**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6586>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Gliederung der Arbeit	4
2	Drahtlose Datenübertragung	5
2.1	Allgemeine Nachrichtentechnik	6
2.2	Digitale Nachrichtenübertragung	7
2.2.1	Digitale Modulationsverfahren	8
2.2.2	Multiplexverfahren	9
2.2.3	Frequenzspreizverfahren	11
2.2.4	ISO/OSI-Referenzmodell	12
2.3	Übertragungsstandards im 2,4-GHz-ISM-Frequenzband	14
2.3.1	Regionale Anforderungen	15
2.3.2	Wireless LAN	16
2.3.3	Bluetooth	18
2.3.4	ZigBee	22
2.3.5	Frequenzübersicht	24
3	Leistungsstarke elektromagnetische Störquellen	25
3.1	Transiente elektromagnetische Störquellen	28
3.1.1	EMP - Elektromagnetischer Feldimpuls	28
3.1.2	Vergleich elektromagnetischer Feldimpulse	31
3.2	Periodische elektromagnetische Störquellen	33
3.2.1	Radar	33
4	Kopplungsmechanismen in drahtlose Übertragungssysteme	37
4.1	Allgemeine Kopplungsmechanismen	37
4.1.1	Frontdoor-Kopplung	39
4.1.2	Backdoor-Kopplung	40
4.2	Relevanz für drahtlose Übertragungssysteme im 2,4-GHz-ISM-Frequenzband	42
4.2.1	Relevanz transienter elektromagnetischer Störquellen	42
4.2.2	Relevanz periodischer elektromagnetischer Störquellen	43



4.3	Messumgebung zur Einkopplungsuntersuchung	45
4.3.1	Nachbildung von UWB-Feldimpulsen	46
4.3.2	Nachbildung von Radarimpulsen	47
4.4	Einkopplungsvorgänge durch Frontdoor-Kopplung in Antennen für das 2,4-GHz-ISM-Frequenzband	49
4.4.1	Aufbau der untersuchten Antennen	50
4.4.2	Eigenschaften der untersuchten Antennen	51
4.4.3	Frontdoor-Kopplung von UWB-Feldimpulsen	57
4.4.4	Frontdoor-Kopplung von S-Band-Radarimpulsen	60
4.5	Einkopplungsvorgänge durch Backdoor-Kopplung	61
4.5.1	USB - Universal Serial Bus	62
4.5.2	Abstrahlung von USB-Modulen drahtloser Übertragungssysteme	63
4.5.3	Backdoor-Kopplung von UWB-Feldimpulsen	67
4.5.4	Backdoor-Kopplung von S-Band-Radarimpulsen	70
4.6	Zusammenfassung	71
5	Einflüsse im Basisband von drahtlosen Übertragungssystemen	73
5.1	Quadraturmodulator und -demodulator	74
5.1.1	Quadraturmodulator	74
5.1.2	Quadraturdemodulator	75
5.2	Einfluss auf das Basisbandsignal eines digitalen Empfängersystems	76
5.2.1	Einfluss von UWB-Feldimpulsen auf das Basisbandsignal	78
5.2.2	Einfluss von S-Band-Radarimpulsen auf das Basisbandsignal	79
5.3	Einfluss auf ein demoduliertes Wireless LAN-Signal	80
5.3.1	Einfluss von UWB-Feldimpulsen auf ein demoduliertes Wireless LAN-Signal	81
5.3.2	Einfluss von S-Band-Radarimpulsen auf ein demoduliertes Wire- less LAN-Signal	82
5.4	Einfluss auf eine grundlegende Datenübertragung im 2,4-GHz-ISM-Frequenzband	84
5.4.1	Aufbau einer grundlegenden Datenübertragung im 2,4-GHz-ISM-Frequenzband	84
5.4.2	Beeinflussbarkeit der grundlegenden Datenübertragung	86
5.5	Zusammenfassung	89
6	Einflüsse auf kommerzielle drahtlose Übertragungssysteme	91
6.1	Einflüsse auf kommerzielle drahtlose Übertragungssysteme	92
6.1.1	Einflüsse auf Wireless LAN nach IEEE 802.11b/g	94
6.1.2	Einflüsse auf Bluetooth 1.1 und Bluetooth 2.0 EDR	98
6.1.3	Vergleich der Ergebnisse	103



6.2	Worst-Case-Untersuchung kommerzieller drahtloser Übertragungssysteme	105
6.2.1	Untersuchungsaufbau	105
6.2.2	Ergebnisse	106
6.3	Schutzkonzepte	109
7	Zusammenfassung	111
	Literaturverzeichnis	113
	Lebenslauf	121