

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XVII
Abkürzungsverzeichnis	XIX
Symbolverzeichnis	XXIII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziel der Arbeit	2
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2 Stand der Technik	5
2.1 Kategorisierung	5
2.2 Anwendungen	6
2.3 Standardisierung	7
2.4 Forschung	8
2.4.1 OWC und Li-Fi	8
2.4.2 Linsen für die OWC	9
3 Physikalische und technische Grundlagen	11
3.1 Optisch-drahtlose Kommunikation	11
3.1.1 Kanalmodell	11
3.1.2 Leistungsübertragungsbilanz	13
3.1.3 Emmitter	14
3.1.4 Photodetektoren	21
3.2 Modulationsverfahren	25
3.2.1 On-Off-Keying	26
3.2.2 Orthogonales Frequenzmultiplexverfahren	27
3.3 Rauschen	29
3.3.1 Allgemeines	29
3.3.2 Rauschkenngrößen	30
3.3.3 Fehlerraten	31
3.3.4 Rauschquellen	31
3.4 Nichtlinearität	35
3.4.1 Verstärkungscompression	36
3.4.2 Harmonische Verzerrungen	36
3.4.3 Intermodulation	37

3.5	Optische Systeme	37
3.5.1	Physikalische Grundlagen	38
3.5.2	Lichtgeschwindigkeit und Brechungsindex	39
3.5.3	Fresnelreflexionen	39
3.5.4	Geometrische Oberflächen und Freiformoptiken	40
3.5.5	Transmitteroptik	41
3.5.6	Receiveroptik	42
3.5.7	Fertigung von Freiformoptiken	44
4	Analoges optisch-drahtloses Frontend	47
4.1	OFDM-Signal	47
4.2	Vorüberlegungen zur Leistungsübertragungsbilanz	48
4.2.1	Reichweite-Sichtfeld-Kompromiss	48
4.2.2	CNR über Reichweite	49
4.2.3	Bandbreite-Reichweite-Kompromiss	51
4.2.4	Schlussfolgerung und Einschränkung der Zielparameter	52
4.3	Transmitter	53
4.3.1	Anforderungen	53
4.3.2	Wahl des Emitters	54
4.3.3	Entwurf des Treibers	55
4.3.4	Ergebnisse	71
4.3.5	Diskussion	76
4.4	Receiver	80
4.4.1	Anforderungen	80
4.4.2	Wahl der Photodiode	80
4.4.3	Entwurf des Empfängerschaltkreises	82
4.4.4	Ergebnisse	98
4.4.5	Diskussion	105
4.5	Messungen an DCO-OFDM-Signalen	113
4.5.1	DCO-OFDM-Eingangssignal	113
4.5.2	Datenrate und CNR über der Empfangsleistung	114
4.5.3	Datenrate über der Transmitteraussteuerung	117
4.5.4	Datenrate über dem LED-Arbeitspunktstrom	119
4.5.5	Datenrate über der Bandbreite	120
4.5.6	Temperaturverhalten	121
4.6	Diskussion	122
4.6.1	Diskussion der OFDM-Datenübertragung	122
4.6.2	Vergleich mit anderen Systemen aus der Literatur	129
5	Freiformoptiken für die optisch-drahtlose Kommunikation	131
5.1	Entwurfsmethoden	131
5.1.1	Übersicht	131
5.1.2	Ray Mapping	132
5.1.3	Randstrahlenprinzip und Optimierung	135
5.2	Framework zum Design von Freiformoptiken	136
5.2.1	Initialisierung	137
5.2.2	Ein- und Ausgangsvektoren	137

5.2.3	Geometrisches Strahlziehen	137
5.2.4	Interpolation	137
5.2.5	Export	138
5.2.6	Simulation	138
5.2.7	Optimierung	139
5.2.8	Fertigung	139
5.2.9	Verknüpfung mit Transceiverperformanz	139
5.3	Entwurfsbeispiele Transmitterlinsen	141
5.3.1	Totalreflektierende Transmitterlinse	141
5.3.2	Transmitter-Freifform-Fresnellinse	144
5.3.3	Mehrwegelinse für hohe Leistungen	147
5.4	Entwurfsbeispiele Receiverlinsen	154
5.4.1	Dielectric Totally Internally Reflecting Concentrator	154
5.4.2	Rotationssymmetrische TIR-Receiverlinsen	155
5.4.3	Receiver-TIR-R-Freifform-Fresnellinse	160
5.5	Entwurfsbeispiel Hybridlinse	164
5.5.1	Motivation	164
5.5.2	Transmitterteil	164
5.5.3	Receiverteil	166
5.5.4	Ergebnisse	166
5.5.5	Diskussion	168
6	Anwendungsbeispiele	169
6.1	Transceiver für die Kommunikation und Ortung in Innenräumen	169
6.1.1	Motivation	169
6.1.2	Systemkonzept	169
6.1.3	Ergebnisse	171
6.1.4	Diskussion	177
6.2	OFDM-basierter Transceiver für hohe Reichweiten	178
6.2.1	Anforderungen	178
6.2.2	Systemkonzept	179
6.2.3	Simulationen	179
6.2.4	Diskussion	179
7	Zusammenfassung und Ausblick	183
	Literaturverzeichnis	185
A	Messgeräte	205
B	Messaufbauten	207
B.1	Messungen des Frequenzgangs	207
B.1.1	Allgemeines Vorgehen	207
B.1.2	Transmitter: LED-Strom	207
B.1.3	Transmitter: Optisches Signal	208
B.1.4	Receiver	208

B.2	Messung der THD	209
B.2.1	Allgemeines Vorgehen	209
B.2.2	THD im LED-Strom	210
B.2.3	THD im optischen Transmittersignal	210
B.2.4	THD im Ausgangssignal	210
B.3	Rauschmessungen	210
B.4	Temperaturcharakterisierung	211
C	Übersicht: Kommerzielle OPVs	213
D	Übersicht: Kommerzielle Leistungstransistoren	215
E	Übersicht: Kommerzielle NIR-LEDs	217
F	Übersicht: Kommerzielle Si-PIN-PDs	219
G	Übersicht über die Komponenten der betrachteten Schaltungen	221
H	Veröffentlichungsliste (Chronologisch, 23.02.2021)	223
	Literaturverzeichnis der Anhänge	225