

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
1 Anforderungen an optische Freiraumdatenübertragungssysteme	5
1.1 Erforderliche Datenrate	5
1.2 Erforderliche Reichweite	6
1.3 Einfluss von Störgrößen	8
1.3.1 Gleichlichtquellen	8
1.3.2 Modulierte Störgrößen	10
1.3.3 Beleuchtungsstärke	11
1.4 Trennung mehrerer Teilnehmer	15
2 Sender	17
2.1 LED Anzeige- und Beleuchtungselemente	17
2.1.1 Funktionsweise	19
2.1.2 Wirkungsgrad	20
2.1.3 Auskoppelkonzepte	22
2.1.4 Wärmeableitung	26
2.1.5 Weiße Leuchtdioden	27
2.1.6 Modulierbarkeit	30
2.2 Modulationsverfahren	32
2.2.1 NRZ On-Off-Keying	34
2.2.2 RZ-Format	35
2.2.3 Pulse Position Modulation	36
2.2.4 Ergebnisse	37
2.3 Sendeschaltung	38
2.3.1 Prinzip	38
2.3.2 Aufbau	39
2.3.3 Layout	41
2.3.4 Algorithmus	42
3 Empfänger	45
3.1 Photodetektor	45
3.1.1 Aufbau	47
3.1.2 Rauschquellen bei der optischen Detektion	49
3.2 Empfängerarchitektur	52

3.2.1	Frontend	52
3.2.2	Gleichanteilfilterung	54
3.2.3	Bandbreitenbegrenzung	56
3.2.4	Dynamikbereich	59
3.2.5	Nachverstärker und Komparator	63
3.2.6	Rauschquellen elektrischer Verstärker	63
3.3	Charakterisierung der Empfängerschaltung	64
4	Kommunikation zwischen Fahrzeugen	69
4.1	Gesetzliche Regelungen von Schluss-/Bremsleuchten	69
4.1.1	Zulässige Lichtstärke	69
4.1.2	Abstrahlcharakteristik und Position	70
4.1.3	Wellenlänge	71
4.2	Näherung Punktlichtquelle	73
4.3	Empfängermodul	73
4.3.1	Blende	75
4.3.2	Abbildungsoptik	77
4.3.3	Spektralfilter	77
4.3.4	Dimensionierung der Photodiodenzeile	78
4.3.5	Positionierung der Photodiodenzeile	82
4.4	Auswerteschaltung	83
4.5	Algorithmus	86
4.6	Bestimmung der Reichweite	89
4.6.1	Reichweite in Kurven	91
4.6.2	Reichweite bei Verkipfung	92
4.7	Aufbau und prototypische Integration	95
5	Freiraumdatenkommunikation im Kfz-Innenraum	99
5.1	Sendemodul mit LED-Leselampe	99
5.2	Empfängermodul und Auswerteschaltung	101
5.3	Systemexperiment	103
	Zusammenfassung und Ausblick	107
A	Geometrische Grundlagen	109
A.1	Raumwinkel	109
A.1.1	Kugelabschnitt und gerader Kreiskegel	109
A.1.2	Rechteck	111
A.2	Raumwinkelprojektion	112
A.2.1	Kugelabschnitt und gerader Kreiskegel	112
A.2.2	Rechteck	113
B	Strahlungsphysikalische und lichttechnische Größen	115
B.1	Strahlungsenergie–Lichtmenge	117
B.2	Strahlungsleistung–Lichtstrom	117

B.3	Spezifische Ausstrahlung/Lichtausstrahlung	117
B.4	Strahlstärke–Lichtstärke	117
B.5	Strahldichte–Leuchtdichte	118
B.6	Bestrahlungsstärke–Beleuchtungsstärke	118
B.7	Strahlungsaustausch-photometrisches Grundgesetz	118
B.8	Strahlungsphysikalische und lichttechnische Größen – Übersicht	119
C	CIE-Diagramm	121
D	Messaufbau zur Empfängercharakterisierung	125
E	Übertragungreichweiten mit Rückleuchten bei linearer Approximation	127
F	Berechnung des Sallen-Key-Bandpasses	131
F.1	Hochpass	131
F.2	Tiefpass	132
	Vorveröffentlichungen	142
	Literaturverzeichnis	143