

Lichttechnik und optische Wahrnehmungssicherheit im Straßenverkehr

Dr.-Ing. habil. Martin Eckert



Verlag Technik GmbH Berlin · München

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichenverzeichnis	9
1 Einleitung	11
2 Gegenstand und Bedeutung der optischen Wahrnehmungssicherheit im Straßenverkehr	13
2.1 Verkehrssicherheit und optische Wahrnehmungssicherheit	13
2.2 Zusammenhang von Sichtverhältnissen und Unfallgeschehen	13
2.2.1 Allgemeines	13
2.2.2 Kennziffern	15
3 Lichttechnische Grundlagen	22
3.1 Grundgrößen und Einheiten der Lichttechnik	22
3.2 Lichttechnische Stoffkennzahlen	28
3.3 Zusammenhang zwischen den lichttechnischen Größen	31
3.4 Lichttechnische Messungen	35
3.4.1 Grundlegende Meßverfahren	35
3.4.2 Strahlungsempfänger	36
3.4.3 Mittel und Methoden zur Messung der wichtigsten lichttechnischen Größen	38
3.4.3.1 Geräteeigenschaften und Fehlerkompensation	38
3.4.3.2 Messung der Beleuchtungsstärke	39
3.4.3.3 Messung der Leuchtdichte	41
3.4.3.4 Lichtstärke und Lichtstrom	42
4 Physiologisch-optische Grundlagen und visueller Wahrnehmungsprozeß	43
4.1 Charakterisierung der Sehfunktionen	43
4.2 Aufbau des optischen Analysators	43
4.3 Sehleistungen	48
4.3.1 Leuchtdichte und Adaptation	48
4.3.1.1 Adaptationsvorgang, Adaptationszustand	48
4.3.1.2 Leuchtdichteunterschiedsempfindlichkeit und Kontrast	52
4.3.1.3 Adaptationsleuchtdichte bei inhomogener Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld	57
4.3.1.4 Transiente Adaptationserscheinungen	61
4.3.1.5 Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf die Adaptation und die Blendeeinwirkung	63
4.3.2 Sehschärfe und Formenempfindlichkeit	65
4.3.2.1 Definition	65

4.3.2.2	Dämmerungssehschärfe	67
4.3.2.3	Dynamische Sehschärfe, Bewegungssehschärfe	71
4.3.3	Gesichtsfeld, Blickfeld, Sichtbarkeitsfeld	75
4.3.4	Räumliche Wahrnehmung	76
4.3.5	Augenbewegungen, Such- und Blickverhalten	77
4.3.6	Farbsehen	83
4.3.6.1	Grundzüge der niederen Farbmometrik	83
4.3.6.2	Farbfehlsichtigkeit und Verkehrssicherheit	85
4.3.6.3	Arten und Auftreten von Farbwahrnehmungsanomalien	85
4.3.6.4	Zusammenhang von Unfallgeschehen und Farbfehlsichtigkeit	87
4.3.7	Schleistungsstörungen durch Blendung	90
4.3.8	Wahrnehmungsmodelle im Straßenverkehr bei künstlicher Beleuchtung	95
4.3.8.1	Allgemeines	95
4.3.8.2	Wahrnehmungsmodell bei stationärer Straßenbeleuchtung	96
4.3.8.3	Wahrnehmungsmodell bei Kfz-Scheinwerfer-Beleuchtung	97
4.4	Erkennungsgeschwindigkeit und Reaktionsleistungen	97
4.4.1	Wahrnehmungs- und Erkennungsgeschwindigkeit	97
4.4.2	Reaktionsleistungen	102
4.4.2.1	Allgemeines	102
4.4.2.2	Grundlegende Zusammenhänge beim Reaktionsablauf von Notbremsvorgängen	103
4.4.2.3	Mathematisch-statistische Behandlung des Problems	106
4.4.2.4	Ergebnisse von bisher durchgeführten Untersuchungen bei Variation der lichttechnischen Parameter	108
5	Visuelle Aufgaben beim Führen von Fahrzeugen	111
5.1	Grundlegende Aufgaben	111
5.2	Kritische visuelle Elemente beim Fahren in der Dunkelheit	114
5.3	Ablauf des visuellen Wahrnehmungsprozesses	115
6	Wahrnehmungsbedingungen bei verschiedenen Tageslichtverhältnissen und bei Nebel	120
6.1	Lichttechnische Bedingungen bei Tageslicht	120
6.1.1	Allgemeines	120
6.1.2	Globalstrahlung und horizontale Beleuchtungsstärke bei Tageslicht	120
6.1.3	Himmelsleuchtdichte	122
6.1.4	Zusammenhang verschiedener lichttechnischer Größen bei Tageslicht	124
6.1.4.1	Beleuchtungsstärke und Himmelsleuchtdichte	124
6.1.4.2	Beleuchtungsstärkeverhältnisse bei verschiedenen Bebauungsvarianten	127
6.2	Lichttechnische Bedingungen bei Dämmerung und Schaltschwellen für die künstliche Beleuchtung	129
6.2.1	Allgemeines und Unfallsituationen in der Dämmerung	129
6.2.2	Entstehen der Dämmerung und Dämmerungsverlauf	130
6.2.3	Schaltschwellen für die Straßenbeleuchtung	133

6.3	Lichttechnische Bedingungen bei Nebel	136
6.3.1	Häufigkeit des Auftretens und Dauer des Nebels	136
6.3.2	Unfallgeschehen bei Nebel	137
6.3.3	Grundlegende physikalische Eigenschaften des Nebels	138
6.3.3.1	Entstehung von Nebel, Tropfengröße, Nebelarten	138
6.3.3.2	Lichttechnische Zusammenhänge	140
6.3.4	Anwendung der Schwächungsgleichung zur Einschätzung der licht- technischen Einrichtungen und zur Unfallanalyse	143
6.3.4.1	Streuleuchtdichte der Scheinwerfer	143
6.3.4.2	Sichtweite bei Scheinwerferbeleuchtung	145
6.3.4.3	Wirkung der Nebelscheinwerfer bei klarer Atmosphäre	147
6.3.4.4	Tragweite von Signalleuchten	147
7	Unfalluntersuchung und Rekonstruktion von Straßenverkehrsunfällen aus der Sicht der optischen Wahrnehmungssicherheit	150
7.1	Allgemeine Prinzipien der Unfalluntersuchung und der Rekonstruk- tion	150
7.2	Rekonstruktionsablauf und lichttechnische Messungen	151
7.2.1	Art der Rekonstruktion	151
7.2.2	Voraussetzungen für die Rekonstruktion und durchzuführende Mes- sungen	152
7.2.3	Möglichkeiten und Methoden zur Erfassung der Leuchtdichtever- hältnisse und deren Auswertung	154
7.2.3.1	Prinzipielle Möglichkeiten	154
7.2.3.2	Fotografische Leuchtdichtemessung	154
7.2.3.3	Auswertung der Fotonegative	157
7.3	Rechnerische Verarbeitung der Meßdaten	158
7.3.1	Ermittlung der Adaptationsleuchtdichte	158
7.3.2	Ermittlung des Einflusses der physiologischen Blendung	160
7.3.3	Bestimmung der Erkennbarkeitsweite	161
7.4	Beispiele ausgeführter Rekonstruktionen	162
8	Lichttechnische Bauteile und Einrichtungen	183
8.1	Stationäre Straßenbeleuchtung	183
8.1.1	Gütekennziffern, Definitionen	183
8.1.2	Beleuchtung von Kreuzungen und Einmündungen	189
8.1.3	Fußgängerüberwegbeleuchtung	190
8.1.4	Beleuchtung von kurzen Tunneln	192
8.2	Kfz-Scheinwerfer-Beleuchtung	197
8.2.1	Gütekriterien	197
8.2.2	Normative Regelungen	202
8.2.3	Entwicklungstendenzen	204
8.3	Lichttechnische Eigenschaften der Straßendeckschichten	205
8.3.1	Allgemeines	205
8.3.2	Definition der Leuchtdichtekoeffizienten	205

8.3.3	Leuchtdichtekoeffizienten bei stationärer Straßenbeleuchtung	206
8.3.3.1	Beleuchtungs- und Beobachtungsgeometrie, Bewertungsfeld	206
8.3.3.2	Mittlerer Leuchtdichtekoeffizient q_0	214
8.3.3.3	Mittlerer Leuchtdichtekoeffizient q_m	215
8.3.4	Leuchtdichtekoeffizienten bei Kfz-Scheinwerfer-Beleuchtung	218
8.3.5	Leuchtdichtekoeffizienten bei Tageslicht	220
8.3.6	Materialeigenschaften und örtliche Inhomogenitäten, Witterungseinflüsse	221
8.3.7	Messung der Leuchtdichtekoeffizienten	225
8.3.7.1	Zielstellung und Anforderungen an die Messung	225
8.3.7.2	Messungen der Gesamtindikatrix	225
8.3.7.3	Transportable Straßenreflektometer	227
8.4	Stationäre Lichtsignalanlagen	230
8.4.1	Gütekriterien und internationale Empfehlungen	230
8.4.2	Normative Regelungen	236
8.5	Fahrzeugeigene Signaleinrichtungen	237
8.6	Verkehrszeichen	239
8.7	Sichtfeld nach vorn und Sicht nach hinten	243
8.7.1	Direktes Sichtfeld	243
8.7.2	Rückblickspiegel	244
8.7.3	Meßmöglichkeiten der direkten und indirekten Sichtwinkel	248
Literaturverzeichnis		249
Sachwörterverzeichnis		257