

Inhalt

1	Einführung	21
2	Licht und Strahlung	23
2.1	Strahlungsphysik und Photometrie	23
2.2	Strahlung und Spektrum	24
2.2.1	Sichtbare Strahlung	24
2.2.2	UV-Strahlung.....	24
2.2.3	IR-Strahlung	25
2.3	Physikalische Größen.....	25
2.3.1	Strahlungsfluss Φ_e	25
2.3.2	Strahlstärke I_e	25
2.3.3	Bestrahlungsstärke E_e	25
2.3.4	Strahllichte L_e	26
2.3.5	Strahlungsphysikalische und lichttechnische Größen	26
2.4	Licht- und Emissionsspektren	26
2.4.1	Kontinuierliches Spektrum.....	26
2.4.2	Linienpektrum	27
2.5	Weißes und farbiges Licht	27
2.5.1	Farbiges Licht.....	27
2.5.2	Körperfarben	28
2.6	Schwarzer Strahler und Farbtemperatur	28
2.6.1	Farbtemperatur bzw. ähnlichste Farbtemperatur	29
2.6.2	Normlichtarten.....	30
3	Lichttechnische Grundgrößen	31
3.1	Spektrale Hellempfindlichkeit	31
3.1.1	Messaufbau.....	31
3.1.2	Relative Hellempfindlichkeit bei Tagessehen	32
3.2	Lichtstrom Φ	33
3.2.1	Hellempfindlichkeit bei photopischem Sehen	33
3.2.2	Hellempfindlichkeit bei skotopischem Sehen.....	34
3.2.3	Circadianer Wirkungsfaktor a_{cv}	34
3.3	Lichtausbeute η	35

3.4	Lichtstärke I	36
3.4.1	Raumwinkel Ω	37
3.4.2	Lichtstärkeverteilungskurve (LVK)	37
3.4.3	Lichtstärkeverteilungskurve eines Stufenlinsenscheinwerfers	38
3.5	Beleuchtungsstärke E	39
3.5.1	Schräger Lichteinfall	40
3.5.2	Photometrisches Entfernungsgesetz	41
3.6	Belichtung H	42
3.7	Leuchtdichte L	43
3.8	Stoffkennzahlen	44
3.8.1	Reflexionsgrad	44
3.8.1.1	Diffuse Reflexion	45
3.8.1.2	Gerichtete Reflexion	45
3.8.1.3	Gemischte Reflexion	45
3.8.2	Transmissionsgrad	46
3.8.3	Absorptionsgrad	47
3.9	Übungsbeispiele	49
4	Kontrast und Helligkeit	50
4.1	Kontrast	50
4.1.1	Physiologischer Kontrast	50
4.1.2	Helligkeitsdetektion C	51
4.2	Kontrastdefinition im Film- und Fernsbereich	51
4.2.1	Objektkontrast	52
4.2.2	Lichtkontrast	53
4.2.3	Szenenkontrast	53
4.2.4	Kontrastumfang und Blendenstufen	53
4.3	Ratio	54
4.4	Helligkeit und Helligkeitsmodelle	56
4.4.1	Helligkeitsmodelle	56
	Weber-Fechner'sche Regel	56
	Steven'sche Formel	57
	Adams und Cobb	57
4.4.2	Helligkeitsmodell CIE-L*	58
4.5	Übungsbeispiele	59
5	Auge und Wahrnehmung	60
5.1	Physiologie des Sehens	60
5.1.1	Optisches System des Auges	60
5.1.2	Netzhaut	61
5.1.3	Fovea Centralis	61
5.1.4	Sehnerv	61
5.2	SML-Zapfen und Farbwahrnehmung	62
5.2.1	Dreifarbentheorie	62
5.2.2	SML-Zapfen	62
5.2.3	Gegenfarbentheorie nach Hering	63

5.2.4	Zonentheorie.....	63
5.2.5	Tag- und Nachtsehen.....	64
5.2.6	Verteilung der Rezeptoren	64
5.3	Grundlagen der Wahrnehmung.....	64
5.3.1	Fixation und Saccaden.....	65
5.3.2	Sehschärfe	66
5.3.3	Akkommodation	66
5.3.4	Wahrnehmungsbereich/Gesichtsfeld.....	66
5.3.5	Adaptation	67
5.4	Konstanzwahrnehmung.....	67
5.4.1	Helligkeitskonstanz.....	68
5.4.2	Farbkonstanz.....	68
	5.4.2.1 Chromatische Adaptation	68
	5.4.2.2 Stevens-und-Hunt-Effekt	69
5.5	UV-, IR- und Blaulichtgefährdung für Auge und Haut.....	69
6	Farbmetrische Grundlagen.....	71
6.1	Farbmetrische Grundgrößen.....	71
6.1.1	Farbreizfunktion.....	72
6.1.2	Farbempfindung	72
6.1.3	Farbvalenz	72
6.1.4	Unbunte Farbvalenzen.....	72
6.1.5	Bunte Farbvalenzen.....	73
6.1.6	Helligkeit.....	73
6.1.7	Farbton (Buntton)	73
6.1.8	Sättigung (Buntheit)	73
6.1.9	Farbmischung	73
6.1.10	Niedrige und höhere Farbmetrik	74
6.2	Historische Entwicklung der Farbmetrik.....	74
6.2.1	Farbkreis.....	74
6.2.2	Dreidimensionale Farbsysteme.....	75
6.2.3	Farbordnungssysteme	75
6.3	Farbräume.....	76
6.3.1	RGB-Farbraum.....	76
6.3.2	CIE-XYZ-Farbraum	77
6.3.3	Farbtafel	79
6.3.4	CIE-UCS-Farbtafel.....	79
6.3.5	CIE- $L^*u^*v^*$	80
6.3.6	CIE- $L^*a^*b^*$	81
6.3.7	Farbabstandsformeln	82
6.4	Additive und subtraktive Farbmischung.....	83
6.4.1	Additive Farbmischung	83
6.4.2	Subtraktive Farbmischung.....	84
6.5	Farbwiedergabe R_a	84
6.6	Farbfolien, Farbgläser und Konvertierungsfolien.....	85
6.6.1	Farbfolien.....	86

6.6.2	Farbgläser	87
6.6.3	Konversionsfolien, Neutralfilter und Korrekturfilter	87
6.6.4	MIRED	88
6.6.5	Mired Shift Value.....	88
6.7	Übungsbeispiele.....	89
7	Licht- und Farbmessetechnik.....	90
7.1	Visuelle Photometrie	90
7.2	Physikalische Photometrie	91
7.2.1	Beleuchtungsstärkemesser	91
7.2.2	Leuchtdichtemesser	93
7.2.3	Messung von Lichtstärke-Verteilungs-Kurven	94
7.2.4	Ulbrichtkugel (U-Kugel)	95
7.2.5	Spektrale Photometrie	96
7.3	Belichtungsmessung	96
7.3.1	Belichtung.....	96
7.3.2	Belichtungsmesser	97
7.3.3	Spotmeter.....	97
7.4	Farbmessung.....	97
7.4.1	Gleichheitsverfahren	98
7.4.2	Licht- und Körperfarben.....	98
7.4.2.1	Spektraler Reflexionsgrad $\beta(\lambda)$	98
7.4.2.2	Farbvalenz von Körperfarben.....	98
7.4.3	Dreibereichsverfahren.....	99
7.4.4	Spektralverfahren.....	100
7.5	Messgeometrien	102
7.5.1	Messgeometrie 45° 0°	102
7.5.2	Messgeometrie diffus d/0°	102
7.5.3	Messgeometrie diffus d/8°	103
7.6	Übungsbeispiele.....	103
8	Lichtquellen	104
8.1	Aufbau und Wirkungsweise.....	105
8.2	Lebensdauer und Lampenalterung	105
8.3	Glüh- und Halogenlampen.....	105
8.3.1	Die Glühlampe: Historie, Aufbau und Wirkungsprinzip	106
8.3.2	Temperaturstrahlung	107
8.3.3	Aufbau und Wirkprinzip der Halogenlampe	108
8.3.4	Halogenlampen im Fernseh-, Film- und Theaterbereich	109
8.4	Niederdruckentladungslampen	110
8.5	Hochdruckentladungslampen	112
8.5.1	Hochdruck-Metallhalogendampflampen.....	112
8.5.2	Hochdruckentladungslampen im Fernseh-, Film- und Theaterbereich....	113
8.6	Lichtemittierende Dioden (LED)	113
8.6.1	Elektrolumineszenz	113
8.6.2	Lichterzeugung im III-V-Halbleiter.....	114

8.6.3	LED-Technologie	114
8.6.4	Aufbau und Wirkungsgrad von LED-Lampen	115
8.6.5	LED-Produkte und Applikationsfelder	116
8.7	Organische lichtemittierende Dioden (OLED)	117
8.7.1	Funktionsprinzip von OLED	117
8.7.2	OLED-Display	118
9	Scheinwerfer	119
9.1	Konventionelle Scheinwerfer	119
9.1.1	Plankonvex-Scheinwerfer (PC-Scheinwerfer).....	119
9.1.2	Stufenlinsenscheinwerfer (Fresnelscheinwerfer)	120
9.1.3	Profilscheinwerfer	121
9.1.3.1	Ellipsenspiegel-Linsenscheinwerfer.....	121
9.1.3.2	Zoom-Profilscheinwerfer	122
9.1.3.3	Verfolgerscheinwerfer	122
9.2	Parabolspiegel-Scheinwerfer	122
9.2.1	PAR-Scheinwerfer (Parabolspiegelscheinwerfer).....	123
9.2.2	Unterscheidung PAR 36, PAR 56, PAR 64	124
9.3	Flächen- und Horizontleuchten	125
9.4	Zubehör.....	125
9.5	Moving Lights und Moving Heads	128
9.5.1	Moving Lights (Multifunktionsscheinwerfer).....	128
9.5.1.1	Washlights.....	129
9.5.1.2	Spotlights.....	129
9.5.2	Scanner	130
9.5.3	B-Mover	131
9.5.4	LED-Scheinwerfer	131
9.6	Spezielle Scheinwerfer im Filmbereich.....	132
9.6.1	Dedo-Light.....	132
9.6.2	Fresnelscheinwerfer hoher Leistung.....	132
9.6.3	Weichstrahlende Scheinwerfer.....	132
9.6.3.1	Kino-Flo.....	133
9.6.3.2	Chimera.....	133
10	Lichtsteuerung, Lichtstellpulte und Dimmer	135
10.1	Entwicklung der Lichtsteuerung.....	135
10.2	Grundlagen von DMX (Digital Multiplex).....	137
10.2.1	Analoge Steuerungstechnik.....	137
10.2.2	Analoges Multiplexing.....	137
10.2.3	Digitales Multiplexing	137
10.2.4	DMX-512	137
10.2.5	Übertragungsprotokoll von DMX-512.....	138
10.2.5.1	Daten	139
10.2.5.2	Verkabelung	139
10.2.6	Neuere Entwicklungen - digitale Multiplexsignale	140
10.2.6.1	DMX-512A	140
10.2.6.2	RDM (Remote Device Management).....	140

10.3	Lichtnetzwerke	140
10.3.1	Ethernet	141
10.3.1.1	Aufbau eines Ethernet-Netzwerkes (Topologie)	141
10.3.1.2	Netzwerkknotten/Nodes	142
10.3.2	MA-Net (MA Lighting)	142
10.3.3	ArtNet	142
10.3.4	ACN (Architecture for Control Networks)	142
10.3.5	ETCNet (ETC-Electronic Theatre Controls)	143
10.3.6	Power over Ethernet/LAN	143
10.3.7	Wireless DMX (kabellose Lichtsteuerung)	143
10.4	Lichtstellpulte	143
10.4.1	Manuelle Lichtsteuerung	144
10.4.2	Speicherlichtsteuerungen	145
10.4.2.1	Lichtsteuerung für konventionelles Licht	145
10.4.2.2	Hybride Lichtsteuerung für konventionelles Licht und Moving Lights	145
10.4.2.3	Moving-Light-Steuerung	145
10.4.2.4	Lichtstellpulte im Fernsehstudio	146
10.4.2.5	Lichtstellpulte im Theaterbereich	146
10.4.3	Begriffsdefinitionen	146
10.4.3.1	Hauptpult	146
10.4.3.2	Havariepult	146
10.4.3.3	Nebenspult	146
10.4.3.4	Lastteil	146
10.4.3.5	Lastkreis	147
10.4.3.6	Stromkreis	147
10.4.3.7	Lichtstimmung (Cue)	147
10.4.3.8	Register	147
10.4.4	Bedienelemente eines Lichtstellpultes	147
10.4.4.1	Kreissteuerung	148
10.4.4.2	Submaster	148
10.4.4.3	Playback-System	148
10.4.4.4	Meistersteller/Grand Master	148
10.4.4.5	Steuereinrichtungen für Multifunktionsgeräte	148
10.4.4.6	Effektsteuerung	165
10.5	Dimmer und Dimmeranlagen	165
10.5.1	Dimmersysteme	165
10.5.2	Dimmeransteuerung	166
10.6	Anwendungsbeispiel	166
11	Digital Lighting	168
11.1	LED-Wände	168
11.1.1	Grundlagen	169
11.1.2	Auflösung	169
11.1.3	Pixelpitch	170

11.2	Projektionen.....	171
11.2.1	LCD- und DLP-Projektoren.....	171
11.2.2	Technische Grundlagen.....	172
11.2.2.1	Geometrie und Entzerrung.....	172
11.2.2.2	Farbe.....	173
11.2.2.3	Helligkeit	173
11.2.2.4	Auflösung und Format.....	173
11.3	Medienserver.....	174
11.3.1	Überblick Grundfunktionen	175
11.3.1.1	Layer.....	175
11.3.1.2	Content.....	176
11.3.1.3	Ausgabe.....	176
11.3.1.4	Texturen und Manipulation.....	177
11.3.1.5	Ebenen.....	177
11.3.1.6	Virtuelle Kamera und 3D-Raum	177
11.3.1.7	Erweiterte Funktionen	178
11.3.1.8	Zeitbasis.....	178
11.3.1.9	Steuerung und Ansteuerung.....	179
11.3.1.10	Integrierte Benutzeroberflächen.....	179
11.3.1.11	Bedienung durch Lichtstellpulte.....	180
11.3.1.12	Manager-Anwendung und Timeline.....	181
11.3.2	Signale und Schnittstellen	182
11.3.2.1	Ansteuerung.....	183
11.3.2.2	Bildschnittstellen.....	183
11.3.2.3	Sonstige Schnittstellen	183
12	Lichtführung	184
12.1	Licht und Schatten	185
12.1.1	Natürliche Lichtrichtungen.....	185
12.1.2	Licht zur Orientierung.....	186
12.2	Lichtrichtungen	186
12.3	Schattigkeit	187
12.3.1	Gerichtetes Licht.....	187
12.3.2	Kernschatten bzw. Zentralschatten	188
12.3.3	Halbschatten.....	188
12.3.4	Harter bzw. weicher Schatten.....	188
12.3.5	Lichteinfallslinie.....	189
12.3.6	Punktuelles Licht.....	189
12.3.7	Weiches Licht	190
13	Lichtgestaltung und Lichtdesign	191
13.1	Kurzer historischer Überblick	191
13.2	Grundregeln der Lichtgestaltung	192
13.2.1	Lichtgestaltung/Lichtstimmung/Lichtdesign	192
13.2.2	Personen	192
13.3	Ausleuchten des Darstellers (Personenlicht)	193

13.4	Lichtrichtungen	194
13.4.1	Vorderlicht	194
13.4.2	Seitliches Vorderlicht	195
13.4.3	Oberlicht	195
13.4.4	Kopflicht (Toplight)	196
13.4.5	Hinterlicht bzw. Gegenlicht	196
13.4.6	Seitenlicht	196
13.4.7	Gassenlicht	197
13.4.8	Rampenlicht, Unterlicht, Fußlicht	197
13.4.9	Horizont- bzw. Hintergrundlicht	198
13.5	Lichtgestaltung für Fernsehkameras	198
13.5.1	Lichtrichtungen im Fernsbereich	198
13.5.2	Personenausleuchtung im Fernsbereich	199
13.5.2.1	Einpunkt-Ausleuchtung	199
13.5.2.2	Zweipunkt-Ausleuchtung	200
13.5.2.3	Dreipunkt-Ausleuchtung	200
13.5.2.4	Vierpunkt-Ausleuchtung	200
13.5.2.5	Green-/Blue-Box-Ausleuchtung	201
13.5.3	Lichtsetzung im Film	201
13.6	Fotografische Stile	201
13.6.1	Normal-Stil	202
13.6.2	Low-Key-Stil	202
13.6.2.1	„Unausgeglichener Low-Key“	203
13.6.2.2	„Aufgehellter Low-Key“	203
13.6.3	High-Key-Stil	203
13.6.4	Grundregeln der Lichtführung	203
14	Theater-Licht	205
14.1	Kurzer historischer Überblick	205
14.2	Verantwortliche Personen	207
14.3	Scheinwerfer und Standorte	208
14.3.1	Scheinwerfertypen	208
14.3.2	Standorte der Beleuchtungseinrichtungen	209
14.4	Lichtgestaltung im Theaterbereich	209
14.4.1	Theorie nach McCandless - Qualitäten des Lichts	210
14.4.1.1	Intensität (Intensity)	210
14.4.1.2	Farbe (Colour)	210
14.4.1.3	Verteilung des Lichtes (Distribution)	210
14.4.1.4	Bewegung (Movement)	210
14.4.2	Theorie nach McCandless - Funktionen des Lichts	211
14.4.2.1	Sichtbarkeit (Visibility)	211
14.4.2.2	Natürlichkeit/Formgebung (Naturalism)	211
14.4.2.3	Gestalterischer Aufbau (Composition)	211
14.4.2.4	Stimmung (Mood)	211
14.4.3	Umsetzung der Theorien nach McCandless	211
14.4.4	Theorie nach Richard Pilbrow	212

15.6	Fernseh-Licht	230
15.6.1	Lichtkonzepte	230
15.6.1.1	Punktuelles Licht.....	231
15.6.1.2	Flächiges Licht.....	232
15.6.2	Ausleuchtung mehrerer Personen.....	232
15.6.3	Beleuchtung bei Talk-Sendungen im Fernsehen.....	232
15.6.4	Beleuchtung von Zuschauern im Fernsehen	232
15.6.5	Beleuchtung des Sets im Fernsehen	233
15.7	Sendeablauf.....	233
15.7.1	Vor der Sendung	233
15.7.2	Einleuchten.....	233
15.7.3	Lichtplan	235
15.7.4	Pultkonzept.....	235
15.7.5	Lichtänderung während der Sendung	235
15.7.6	Lichtwechsel.....	236
15.7.7	Sendung	237
16	Film-Licht.....	238
16.1	Kurzer historischer Überblick	238
16.2	Filmempfindlichkeit	239
16.2.1	Belichtung.....	239
16.2.2	Dichtewert D.....	240
16.2.3	Gradation	240
16.2.4	Lichtempfindlichkeit (ISO - DIN/ASA).....	241
16.2.5	Kontrastumfang beim Filmmaterial	241
16.2.6	Lichtempfindlichkeit digitaler Filmkameras	241
16.2.7	Schärfentiefe versus Tiefenschärfe	242
16.3	Personen	244
16.4	Messtechnik	244
16.5	Eingesetzte Scheinwerfer.....	244
16.5.1	Dino Lights	245
16.5.2	Spacelights	246
16.5.3	Heliumballon.....	246
16.5.4	Butterfly	247
16.5.5	Bouncing.....	247
16.5.6	Fahnen/French Flags	247
16.6	Lichtstile im Filmbereich	248
16.7	Modelling.....	249
17	Konzert-Licht	250
17.1	Kurzer historischer Überblick	250
17.2	Personen.....	252
17.3	Eingesetzte Scheinwerfer.....	252
17.4	Lichtkonzeption und Produktion.....	253
17.5	Produktionsablauf.....	254
17.5.1	Rigging.....	254

17.5.2	Positionierung und Adressierung von Scheinwerfern	255
17.5.3	Einleuchten/Fokussieren	255
17.6	Bühnenform und Lichtrichtungen	256
17.6.1	Bühnenformen	256
17.6.2	Traversen	256
17.6.3	Lichtrichtungen	257
17.7	Bühnenbeispiele.....	258
17.7.1	Kleine Bühne.....	258
17.7.2	Mittlere Bühne.....	259
17.7.3	Große Bühne.....	260
18	Show- und Event-Licht.....	261
18.1	Beispiel: Eurovision Song Contest 2012 in Baku (Aserbaidtschan)	262
18.2	Lichtdesign.....	262
18.2.1	Erzeugung eines „Looks“	263
18.2.1.1	Dramaturgie	264
18.2.1.2	Ästhetik.....	264
18.2.1.3	Bühnendesign	264
18.2.1.4	Video-Content	264
18.2.2	Gestaltungsregeln	264
18.2.3	Anordnung der Scheinwerfer	265
18.3	Grundlagen Farbkonzept	265
19	Lichtpläne und Lichtsimulation	267
19.1	Grundlagen	267
19.1.1	Modellbau	267
19.1.2	Simulation.....	268
19.2	Lichtpläne.....	269
19.3	Begriffe der Computersimulation.....	271
19.3.1	Drahtgittermodell (Wireframe)	271
19.3.2	Materialbeschreibung.....	271
19.3.3	Beleuchtung.....	272
19.3.4	Rendering	272
19.4	Rechenalgorithmen.....	272
19.4.1	Flat-Shading	273
19.4.2	Gourand-Shading.....	273
19.4.3	Phong-Shading.....	273
19.4.4	Radiosity- bzw. Punkt-zu-Punkt-Verfahren	274
19.4.5	Raytracing-Verfahren.....	274
19.4.6	Hybrid-Verfahren (Two-Path-Methode).....	275
19.5	Lichtsimulationsprogramme.....	276
19.5.1	Einteilung der Programme in Anwendungsbereiche	276
19.5.1.1	High-End-Programme	276
19.5.1.2	Middle-Programme	276
19.5.1.3	Programme aus dem Veranstaltungsbereich.....	276
19.5.1.4	Lichtberechnungsprogramme.....	277
19.5.1.5	Game-Engines	277

19.5.2	Spezielle Programme für den Einsatz im Showbereich	277
19.5.2.1	wysiwyg	277
19.5.2.2	grandMA 3D.....	278
20	Ausblick: Lichttechnik in der Zukunft.....	279
20.1	Zusammenwachsen von Eventwelt und Lichtarchitektur	280
20.2	Zusammenwachsen von Licht, Video und Netzwerktechnik	280
	Die Autoren	283
	Anhang A Lösungen der Übungsaufgaben und Verständnisfragen	285
	Anhang B Webadressen (Verbände).....	287
	Literaturverzeichnis	289
	Fachzeitschriften	290
	Bildnachweis.....	291
	Index	297