

Inhalt

Widmung	V
Vorwort	XXI
Die Autor:innen	XXV
1 Einführung	1
2 Licht und Strahlung	3
2.1 Strahlungsphysik und Fotometrie	3
2.2 Strahlung und Spektrum	4
2.2.1 Sichtbare Strahlung	4
2.2.2 UV-Strahlung	5
2.2.3 IR-Strahlung	5
2.3 Physikalische Größen	6
2.3.1 Strahlungsfluss Φ_e	6
2.3.2 Strahlstärke I_e	6
2.3.3 Bestrahlungsstärke E_e	6
2.3.4 Strahldichte L_e	7
2.3.5 Strahlungsphysikalische und lichttechnische Größen	7
2.4 Licht- und Emissionsspektren	7
2.4.1 Kontinuierliches Spektrum	8
2.4.2 Linienspektrum	8
2.5 Weißes und farbiges Licht	9
2.5.1 Farbiges Licht	9
2.5.2 Körperfarben	10

2.6	Schwarzer Strahler und Farbtemperatur	11
2.6.1	Farbtemperatur bzw. ähnlichste Farbtemperatur	11
2.6.2	Normlichtarten	14
3	Lichttechnische Grundgrößen	15
3.1	Spektrale Hellempfindlichkeit	16
3.1.1	Messaufbau	16
3.1.2	Relative Hellempfindlichkeit bei Tagessehen	17
3.2	Lichtstrom Φ	18
3.2.1	Hellempfindlichkeit bei photopischem Sehen	19
3.2.2	Hellempfindlichkeit bei skotopischem Sehen	20
3.3	Lichtausbeute η	20
3.4	Lichtstärke I	21
3.4.1	Raumwinkel Ω	22
3.4.2	Lichtstärkeverteilungskurve (LVK)	23
3.4.3	Lichtstärkeverteilungskurve eines Stufenlinsenscheinwerfers	24
3.5	Beleuchtungsstärke E	25
3.5.1	Schräger Lichteinfall	26
3.5.2	Fotometrisches Entfernungsgesetz	27
3.6	Belichtung H	29
3.7	Leuchtdichte L	29
3.8	Stoffkennzahlen	31
3.8.1	Reflexionsgrad	31
3.8.2	Transmissionsgrad	34
3.8.3	Absorptionsgrad	35
3.8.4	Halbstreuwinkel	35
3.9	Übungsbeispiele	36
4	Kontrast und Helligkeit	39
4.1	Kontrast	39
4.1.1	Physiologischer Kontrast	39
4.1.2	Helligkeitsdetektion C	40

4.2	Kontrastdefinition im Film- und Fernsehbereich	41
4.2.1	Objektkontrast	41
4.2.2	Lichtkontrast	42
4.2.3	Szenenkontrast	42
4.2.4	Kontrastumfang und Blendenstufen	43
4.3	Ratio	44
4.4	Helligkeit und Helligkeitsmodelle	45
4.4.1	Helligkeitsmodelle	46
4.4.2	Helligkeitsmodell CIE-L*	49
4.5	Übungsbeispiele	49
5	Auge und Wahrnehmung	51
5.1	Physiologie des Sehens	51
5.1.1	Optisches System des Auges	51
5.1.2	Netzhaut	52
5.1.3	Fovea Centralis	55
5.1.4	Sehnerv	56
5.1.5	Gesichtsfeld und Sehschärfe	56
5.2	Nicht-visuelle Wirkung von Licht	58
5.3	Farbrezeptoren und Farbwahrnehmung	62
5.3.1	Dreifarbentheorie	63
5.3.2	SML-Zapfen	63
5.3.3	Gegenfarbentheorie nach Hering	64
5.3.4	Zonentheorie	65
5.3.5	Tag- und Nachtsehen	66
5.3.6	Verteilung der Rezeptoren	66
5.4	Grundlagen der Wahrnehmung	67
5.4.1	Fixation und Saccaden	68
5.4.2	Sehschärfe	70
5.4.3	Akkommodation	70
5.4.4	Adaptation	71
5.5	Konstanzwahrnehmung	72
5.5.1	Helligkeitskonstanz	72
5.5.2	Farbkonstanz	73

5.6	UV-, IR- und Blaulichtgefährdung für Auge und Haut	74
5.6.1	Gefährdung durch UV-Strahlung	74
5.6.2	Blaulichtgefährdung (Blue Hazard)	76
5.6.3	Strahldichtemessung	79
5.6.4	Schutzmaßnahmen (Schutzbrillen)	82
5.6.5	Wirkungsweise von UV-C-Strahlung zur Desinfektion	82
6	Farbmetrische Grundlagen	85
6.1	Farbmetrische Grundgrößen	85
6.1.1	Farbreizfunktion	86
6.1.2	Farbempfindung	86
6.1.3	Farbvalenz	86
6.1.4	Helligkeit	87
6.1.5	Farbton (Bunton)	87
6.1.6	Sättigung (Buntheit)	87
6.1.7	Farbmischung	88
6.1.8	Niedrige und höhere Farbmetrik	88
6.2	Historische Entwicklung der Farbmetrik	89
6.2.1	Farbkreis	89
6.2.2	Dreidimensionale Farbsysteme	90
6.2.3	Farbordnungssysteme	91
6.3	Farbräume	91
6.3.1	RGB-Farbraum	92
6.3.2	CIE-XYZ-Farbraum	93
6.3.3	Farbtafel	96
6.3.4	CIE-UCS-Farbtafel	97
6.3.5	CIE-L*u*v*	99
6.3.6	CIE-L*a*b*	100
6.3.7	Farbabstandsformeln	100
6.3.8	CIECAM02	102
6.3.9	Rec2020/BT.2020	103
6.4	Additive und subtraktive Farbmischung	104
6.4.1	Additive Farbmischung	104
6.4.2	Subtraktive Farbmischung	105

6.5	Farbwiedergabefaktoren und Farbwiedergabeindex	106
6.5.1	Farbwiedergabefaktor R_a	106
6.5.2	CQS	107
6.5.3	TM 30-15	108
6.5.4	TLCI-2012	110
6.6	Farbfolien, Farbgläser und Konvertierungsfolien	111
6.6.1	Farbfolien	111
6.6.2	Farbgläser	112
6.6.3	Konversionsfolien, Neutralfilter und Korrekturfilter	114
6.6.4	MIRED	114
6.6.5	Mired Shift Value	114
6.7	Übungsbeispiele	115
7	Licht- und Farbmessstechnik	117
7.1	Visuelle Fotometrie	117
7.2	Physikalische Fotometrie	118
7.2.1	Beleuchtungsstärkemesser	118
7.2.2	Leuchtdichtemesser	120
7.2.3	Messung von Lichtstärke-Verteilungs-Kurven	122
7.2.4	Ulbrichtkugel (U-Kugel)	122
7.2.5	Spektrale Fotometrie	124
7.3	Belichtungsmessung	124
7.3.1	Belichtung	124
7.3.2	Belichtungsmesser	124
7.3.3	Spotmeter	125
7.4	Farbmessung	125
7.4.1	Gleichheitsverfahren	126
7.4.2	Licht- und Körperfarben	126
7.4.3	Dreibereichsverfahren	127
7.4.4	Spektralverfahren	128
7.5	Messgeometrien	131
7.5.1	Messgeometrie $45^\circ/0^\circ$	131
7.5.2	Messgeometrie diffus $d/0^\circ$	131
7.5.3	Messgeometrie diffus $d/8^\circ$	131
7.6	Übungsbeispiele	132

8	Lichtquellen	133
8.1	Aufbau und Wirkungsweise	134
8.2	Lebensdauer und Lampenalterung	134
8.3	Glüh- und Halogenlampen	135
8.3.1	Die Glühlampe: Historie, Aufbau und Wirkungsprinzip	135
8.3.2	Temperaturstrahlung	136
8.3.3	Aufbau und Wirkprinzip der Halogenlampe	137
8.3.4	Halogenlampen im Fernseh-, Film- und Theaterbereich	139
8.4	Niederdruckentladungslampen	139
8.5	Hochdruckentladungslampen	142
8.5.1	Hochdruck-Metallhalogendampflampen	142
8.5.2	Hochdruckentladungslampen im Fernseh-, Film- und Theaterbereich	144
8.6	Lichtemittierende Dioden (LED)	144
8.6.1	Elektrolumineszenz	144
8.6.2	Lichterzeugung im III-V-Halbleiter	145
8.6.3	LED-Technologie	146
8.6.4	Aufbau und Wirkungsgrad von LED-Lichtquellen	147
8.6.5	Binning	149
8.6.6	LED-Produkte und Applikationsfelder	150
8.6.7	Einzel-LEDs und LED-Engines in Movinglights	152
8.7	Organische lichtemittierende Dioden (OLED)	155
8.7.1	Funktionsprinzip von OLED	155
8.7.2	OLED-Display	156
9	Scheinwerfer	157
9.1	Konventionelle Scheinwerfer	158
9.1.1	Fluter und Rampen	158
9.1.2	Blinder	160
9.1.3	Parabolspiegel-Scheinwerfer	161
9.1.4	Stufenlinsen-Scheinwerfer	163
9.1.5	Profil-Scheinwerfer	165
9.1.6	Stroboskope	167
9.1.7	Zubehör	167

9.2	Movinglights	168
9.2.1	Scanner	168
9.2.2	Spot-/Profile-Movinghead	169
9.2.3	Wash-Movinghead	171
9.2.4	Beam-Movingheads	173
9.2.5	Movinglights im Outdoorbereich	173
9.2.6	Beam-Movinglight mit Weißlichtlaserlichtquellen	174
9.3	Hybridscheinwerfer, komplexe Pixelsysteme und kreative Scheinwerfer	177
10	Lichtsteuerung und Lichtstellpulte	179
10.1	Entwicklung der Lichtsteuerung	180
10.1.1	Analoge Steuertechnik	182
10.1.2	Analoges Multiplexing	182
10.1.3	Digitales Multiplexing	182
10.1.4	DMX-512	183
10.1.5	DMX-512A	187
10.1.6	DMX-512 RDM (Remote Device Management)	187
10.1.7	Drahtloses DMX	187
10.2	Lichtnetzwerke	188
10.2.1	Ethernet	189
10.2.2	Proprietäre Herstellerprotokolle	191
10.2.3	ArtNet	191
10.2.4	ACN (Architecture for Control Networks)	192
10.2.5	Klingnet	193
10.2.6	Weitere verbreitete Protokolle	193
10.3	Lichtstellpulte	194
10.3.1	Komponenten von Lichtstellpulten	196
10.3.2	Arbeitsweisen	196
11	Digital Lighting	199
11.1	LED-Wände	200
11.1.1	Grundlagen	200
11.1.2	Auflösung und Farbe	201

11.1.3	Helligkeit	201
11.1.4	Pixelpitch	202
11.2	Projektionen	203
11.2.1	Projektoren	203
11.2.2	Technische Grundlagen	204
11.3	Pixelmapping – Pixel und Scheinwerfer	206
11.4	Medienserver	207
11.4.1	Überblick Grundfunktionen	209
11.4.2	Signale und Schnittstellen	219
11.5	Berufsfeld „Digital Lighting“	221
12	Lichtführung	225
12.1	Licht und Schatten	226
12.2	Lichteinfall und Schattenwirkung	227
12.2.1	Gerichtetes Licht	228
12.2.2	Kernschatten (Zentralschatten, Schlagschatten, Umbra)	229
12.2.3	Halbschatten (Penumbra)	229
12.2.4	Harter bzw. weicher Schatten	229
12.2.5	Licht zur Orientierung	230
12.3	Ausleuchtung von Personen (Personenlicht) nach McCandless	231
12.4	Lichtrichtungen	233
12.4.1	Vorderlicht	234
12.4.2	Seitliches Vorderlicht	234
12.4.3	Oberlicht	234
12.4.4	Kopflicht (Toplight)	235
12.4.5	Hinterlicht bzw. Gegenlicht	235
12.4.6	Seitenlicht	236
12.4.7	Gassenlicht	237
12.4.8	Rampenlicht, Unterlicht, Fußlicht	237
12.4.9	Horizont- bzw. Hintergrundlicht	237
12.5	Lichtgestaltung für Fernsehkameras	238
12.5.1	Lichtrichtungen im Fernsehbereich	238
12.5.2	Personenausleuchtung im Fernsehbereich	239

12.6	Lichtsetzung im Film	242
12.6.1	Fotografische Stile	243
12.6.2	Normal-Stil	243
12.6.3	Low-Key-Stil	243
12.6.4	High-Key-Stil	244
12.6.5	Grundregeln der Lichtführung	245
13	Lichtgestaltung und Lichtdesign	247
13.1	Kurzer historischer Überblick	248
13.2	Grundregeln der Lichtgestaltung bzw. des Lichtdesigns	250
13.3	Lichtinszenierung nach McCandless	251
13.3.1	Qualitäten des Lichts	251
13.3.2	Funktionen des Lichts	252
13.3.3	Theorie nach Richard Pilbrow	253
13.4	Erzeugung eines Looks	254
13.4.1	Dramaturgieverlauf zur Erzeugung von Emotionen	254
13.4.2	Gestaltungsregeln	257
13.4.3	Anordnung der Scheinwerfer	258
13.4.4	Grundlagen Farbkonzept	260
13.5	Bühnenbeispiele	261
13.5.1	Kleine Bühne	261
13.5.2	Mittlere Bühne	263
13.5.3	Große Bühne	264
13.5.4	Beispiel: Eurovision Song Contest 2012 in Baku – große Bühne	265
14	Theater-Licht	267
14.1	Kurzer historischer Überblick	268
14.2	Verantwortliche	270
14.3	Scheinwerfer und Standorte	271
14.3.1	Scheinwerfertypen	271
14.3.2	Standorte der Beleuchtungseinrichtungen	272
14.4	Lichtkonzeption und Produktion	273
14.4.1	Planung	274
14.4.2	Produktionsablauf	275
14.4.3	Beleuchtungsproben	276

14.5	Bühne und Bühnenformen	276
14.6	Bühnen- und Lichtstile im Theater	277
14.7	Sprech-, Musik- und Tanztheater	278
14.7.1	Sprechtheater	278
14.7.2	Musiktheater	279
14.7.3	Tanztheater	280
14.8	Verständnisfragen	282
15	Fernseh-Licht	283
15.1	Studios	283
15.1.1	Aufsager- oder Schaltstudio	283
15.1.2	Nachrichten-, Magazin- oder Spartenstudio	284
15.1.3	LED-Wand-Studio	286
15.1.4	Multifunktionsstudio	286
15.1.5	Show-Studio/-Atelier	287
15.1.6	Streaming-Studio	288
15.2	Sendungsgenre	289
15.3	An der Lichtgestaltung beteiligte Personen	290
15.3.1	Regie	290
15.3.2	Setdesign	290
15.3.3	Lichtdesign	290
15.3.4	Kameramann	291
15.3.5	Beleuchtungsmeister/lichtsetzender Kameramann	291
15.3.6	Lichtpult-Operator	291
15.3.7	Oberbeleuchter/Beleuchter	291
15.3.8	Bildingenieur	292
15.3.9	Maske	292
15.3.10	Kostüm	292
15.3.11	Protagonisten	292
15.4	Eingesetzte Scheinwerfer	293
15.4.1	Fresnel-Scheinwerfer	293
15.4.2	Weitere Scheinwerfer im Fernsehstudio	294

15.5	Fernsehsystem	295
15.5.1	Die Fernsehübertragungskette	295
15.5.2	High Dynamic Range und Wide Colour Gamut	296
15.5.3	Display und Bildbeurteilung	297
15.5.4	Kamera und Objektiv	298
15.6	Fernseh-Licht	301
15.6.1	Lichtkonzepte	301
15.6.2	Ausleuchtung mehrerer Personen	303
15.6.3	Beleuchtung bei Talk-Sendungen im Fernsehen	303
15.6.4	Beleuchtung von Zuschauern im Fernsehen	304
15.6.5	Beleuchtung des Sets im Fernsehen	304
15.7	Sendeablauf	305
15.7.1	Vor der Sendung	305
15.7.2	Einleuchten	305
15.7.3	Lichtplan	307
15.7.4	Pultkonzept	307
15.7.5	Lichtänderung während der Sendung	308
15.7.6	Lichtwechsel	309
15.7.7	Sendung	309
16	Film-Licht	311
16.1	Kurzer historischer Überblick	311
16.2	Filmempfindlichkeit	312
16.2.1	Belichtung	313
16.2.2	Dichtewert D	313
16.2.3	Gradation	313
16.2.4	Lichtempfindlichkeit (ISO – DIN/ASA)	314
16.2.5	Kontrastumfang beim Filmmaterial	315
16.2.6	Lichtempfindlichkeit digitaler Filmkameras	315
16.2.7	Schärfentiefe versus Tiefenschärfe	316
16.3	Personen	318
16.4	Messtechnik	319

16.5	Eingesetzte Scheinwerfer	319
16.5.1	Fresnel- und HMI-Scheinwerfer	320
16.5.2	Dedo-Light	321
16.5.3	Weichstrahlende Scheinwerfer	322
16.5.4	Dino Lights	324
16.5.5	Spacelights	324
16.5.6	Heliumballon	325
16.5.7	Butterfly	325
16.5.8	Bouncing	326
16.5.9	Fahnen/French Flags	326
16.6	Lichtstile im Filmbereich	327
16.7	Modelling	328
17	Konzert-Touring-Licht	331
17.1	Kurzer historischer Überblick	331
17.2	Personen	333
17.3	Eingesetzte Scheinwerfer	334
17.4	Bühnenformen und Lichtdesign für Konzert-Touring	335
17.4.1	Bühnenformen	335
17.4.2	Lichtdesign	336
17.5	Lichtkonzeption und Produktion	336
17.5.1	Entwurfsphase	336
17.5.2	Planungsphase	338
17.5.3	Probenphase	338
17.5.4	Aufbau vor Ort	339
17.5.5	Einleuchten/Fokussieren/Presets ziehen	340
17.6	Beispiele	341
17.6.1	SEED BAM BAM Tour 2019	341
17.6.2	Festival	343
17.7	Remote-Verfolger und Tracking-Systeme	344
17.7.1	Remote-Verfolger (halbautomatisches Tracking-System)	344
17.7.2	Vollautomatische Tracking-Systeme	346

18	Licht für wirtschaftsbezogene Veranstaltungen	349
18.1	Kurzer historischer Überblick	350
18.2	Personen	351
18.3	Lichtdesign und Lichtfachplanung	352
18.4	Produktionsprozess	352
18.4.1	Entwurfsphase	352
18.4.2	Ausführungsphase	353
18.4.3	Umsetzungsphase	353
18.5	Beispiel Audi-Messestand IAA 2015	354
19	Lichtpläne und Lichtsimulation	357
19.1	Grundlagen	357
19.1.1	Modellbau	358
19.1.2	Simulation	359
19.2	Lichtpläne	360
19.3	Begriffe der Computersimulation	363
19.3.1	Drahtgittermodell (Wireframe)	363
19.3.2	Materialbeschreibung	364
19.3.3	Beleuchtung	365
19.3.4	Rendering	365
19.4	Rechenalgorithmen	366
19.4.1	Flat-Shading	366
19.4.2	Gourand-Shading	367
19.4.3	Phong-Shading	367
19.4.4	Radiosity- bzw. Punkt-zu-Punkt-Verfahren	367
19.4.5	Raytracing-Verfahren	369
19.5	Lichtsimulationsprogramme	371
19.5.1	Lichtberechnungsprogramm Relux Desktop und DIALuxEvo	372
19.5.2	Echtzeit-Lichtsimulationsprogramme	373
19.5.3	Spezielle Programme für den Einsatz im Showbereich	374
19.6	Virtual Reality	377
19.6.1	CAVE (Cave Automatical Virtual Environment)	377
19.6.2	VR- und MR-Brillen: Oculus Rift, HTC-Vive, Hololens, Google Glass, Quest 3, Apple Vision Pro	378

19.6.3	VR-Anwendung von GDTF-Daten und Unity-Engine	380
19.6.4	Anwendung von VR in der Eventbranche	380
20	Ausblick: Lichttechnik in der Zukunft	383
20.1	Zusammenwachsen von Eventtechnik und Lichtarchitektur	383
20.2	Neue Sende- und Videoformate (Zoom-Meetings, Green-Screen-Studios für Online-Lehre)	385
20.3	Virtual Production	387
20.3.1	Hybride virtuelle Produktion	388
20.3.2	Live LED Wall In-Camera Virtual Production	388
20.4	Augmented Reality und Interaktivität	390
20.4.1	Interaktivität	390
20.4.2	Einsatz von AR und Interaktivität bei Medienfassaden	391
20.5	Cross-Reality (XR)-Plattformen für hybride Eventformate	392
20.5.1	XRevent	393
20.5.2	Clubevent und Lichteditor mit XR/VR-Techniken	395
20.5.3	Nutzungs- und Gestaltungsmöglichkeiten von XR-Techniken im Digitalen Theater	396
20.5.4	Cross-Reality-Konzerte	397
20.5.5	Soziale Interaktion in Cross-Reality-Umgebungen	399
20.5.6	Ausblick	400
20.6	BIM (Building Information Modelling)	400
20.7	Fotogrammetrie	403
20.8	Einsatz von KI und neuronalen Netzen im Lichtdesign	405
20.8.1	Systemdesign mit neuronalen Netzen (Neural Network – NN)	405
20.8.2	Echtzeit-Verfahren	407
20.8.3	Einsatz von KI für die Vorvisualisierung	408
	Lösungen der Übungsaufgaben und Verständnisfragen	409
	Literatur und weitere Informationsmedien	411
	Bildnachweis	415
	Index	423