

Roland GREULE



# LICHT UND BELEUCHTUNG

IM MEDIENBEREICH

2., aktualisierte und erweiterte Auflage

HANSER



Greule

## Licht und Beleuchtung im Medienbereich



### **Bleiben Sie auf dem Laufenden!**

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

[www.hanser-fachbuch.de/newsletter](http://www.hanser-fachbuch.de/newsletter)

## **Medien**

Herausgeber: Ulrich Schmidt

Weitere Bücher der Reihe:

Fries: Mediengestaltung

Görne: Tontechnik

Kapp: Motion Picture Design

Petrasch: Videofilm

Raffaseder: Audiodesign

Rehfeld: Game Design und Produktion

Schmidt: Digitale Film- und Videotechnik

Roland Greule

# Licht und Beleuchtung im Medienbereich

2., aktualisierte und erweiterte Auflage

mit Beiträgen von Alexandra Ehrlitzer, Roland Heinz, Jens Langner, Fabian Oving,  
Martin Rupprecht, Matthias Wilkens

HANSER

**Autor:**

Professor Dr.-Ing. Roland Greule, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg,  
Fakultät DMI, Department Medientechnik



Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor(en, Herausgeber) und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht.

Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2021 Carl Hanser Verlag München

Internet: [www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Lektorat: Frank Katzenmayer

Herstellung: Melanie Zinsler

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, [www.rebranding.de](http://www.rebranding.de), München

Titelbild: JB-Lighting Lichtenlagentechnik GmbH, Blaustein-Wippingen

Satz: Eberl & Koesel Studio, Altusried-Krugzell

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

Print-ISBN 978-3-446-46865-8

E-Book-ISBN 978-3-446-46866-5

# Widmung

Ich widme dieses Buch meinen Eltern, Hedwig und Georg Greule.

Mit der zweiten Auflage geht eine zusätzliche Widmung an meine Schwiegermutter Helene Eckert, die dem Lichtlabor der HAW-HH das immer und überall präsente „Lichtschwein“ geschenkt hat, das bei allen Veranstaltungen der Lichtlabors immer dabei ist und allen Glück bringt.





# Inhalt

<b>Widmung</b> .....	<b>V</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>XXIII</b>
<b>Die Autoren</b> .....	<b>XXV</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Licht und Strahlung</b> .....	<b>3</b>
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 $\Phi_e$ .....	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
<b>3</b>	<b>Lichttechnische Grundgrößen .....</b>	<b>15</b>
3.1	Spektrale Hellempfindlichkeit .....	16
3.1.1	Messaufbau .....	16
3.1.2	Relative Hellempfindlichkeit bei Tagessehen .....	17
3.2	Lichtstrom $\Phi$ .....	18
3.2.1	Hellempfindlichkeit bei photopischem Sehen .....	19
3.2.2	Hellempfindlichkeit bei skotopischem Sehen .....	20
3.3	Lichtausbeute $\eta$ .....	20
3.4	Lichtstärke I .....	21
3.4.1	Raumwinkel $\Omega$ .....	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
3.8.1.1	Diffuse Reflexion .....	31
3.8.1.2	Gerichtete Reflexion .....	32
3.8.1.3	Gemischte Reflexion .....	33
3.8.2	Transmissionsgrad .....	34
3.8.3	Absorptionsgrad .....	35
3.8.4	Halbstreuwinkel .....	35
3.9	Übungsbeispiele .....	36

<b>4</b>	<b>Kontrast und Helligkeit</b> .....	<b>39</b>
4.1	Kontrast .....	39
4.1.1	Physiologischer Kontrast .....	39
4.1.2	Helligkeitsdetektion C .....	40
4.2	Kontrastdefinition im Film- und Fernsbereich .....	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* .....	48
4.5	Übungsbeispiele .....	48
<b>5</b>	<b>Auge und Wahrnehmung</b> .....	<b>49</b>
5.1	Physiologie des Sehens .....	49
5.1.1	Optisches System des Auges .....	49
5.1.2	Netzhaut .....	50
5.1.3	Fovea Centralis .....	52
5.1.4	Sehnerv .....	53
5.1.5	Gesichtsfeld und Sehschärfe .....	53
5.2	Nicht-visuelle Wirkung von Licht .....	55
5.3	Farbrezeptoren und Farbwahrnehmung .....	59
5.3.1	Dreifarbentheorie .....	59
5.3.2	SML-Zapfen .....	60
5.3.3	Gegenfarbentheorie nach Hering .....	61
5.3.4	Zonentheorie .....	61
5.3.5	Tag- und Nachtsehen .....	62
5.3.6	Verteilung der Rezeptoren .....	63
5.4	Grundlagen der Wahrnehmung .....	63
5.4.1	Fixation und Saccaden .....	64
5.4.2	Sehschärfe .....	66

5.4.3	Akkommodation .....	67
5.4.4	Adaptation .....	67
5.5	Konstanzwahrnehmung .....	68
5.5.1	Helligkeitskonstanz .....	69
5.5.2	Farbkonstanz .....	69
5.5.2.1	Chromatische Adaptation .....	70
5.5.2.2	Stevens-und-Hunt-Effekt .....	70
5.6	UV-, IR- und Blaulichtgefährdung für Auge und Haut .....	70
<b>6</b>	<b>Farbmetrische Grundlagen .....</b>	<b>77</b>
6.1	Farbmetrische Grundgrößen .....	77
6.1.1	Farbreizfunktion .....	78
6.1.2	Farbempfindung .....	78
6.1.3	Farbvalenz .....	78
6.1.4	Helligkeit .....	79
6.1.5	Farbton (Bunton) .....	79
6.1.6	Sättigung (Buntheit) .....	79
6.1.7	Farbmischung .....	80
6.1.8	Niedrige und höhere Farbmetrik .....	80
6.2	Historische Entwicklung der Farbmetrik .....	81
6.2.1	Farbkreis .....	81
6.2.2	Dreidimensionale Farbsysteme .....	82
6.2.3	Farbordnungssysteme .....	83
6.3	Farbräume .....	83
6.3.1	RGB-Farbraum .....	84
6.3.2	CIE-XYZ-Farbraum .....	85
6.3.3	Farbtafel .....	88
6.3.4	CIE-UCS-Farbtafel .....	89
6.3.5	CIE-L*u*v* .....	91
6.3.6	CIE-L*a*b* .....	92
6.3.7	Farbabstandsformeln .....	92
6.3.8	CIECAM02 .....	94
6.3.9	Rec2020/BT.2020 .....	95

6.4	Additive und subtraktive Farbmischung .....	96
6.4.1	Additive Farbmischung .....	96
6.4.2	Subtraktive Farbmischung .....	97
6.5	Farbwiedergabefaktoren und Farbwiedergabeindex .....	98
6.5.1	Farbwiedergabefaktor $R_a$ .....	98
6.5.2	CQS .....	99
6.5.3	TM 30-15 .....	100
6.5.4	TLCI-2012 .....	102
6.6	Farbfolien, Farbgläser und Konvertierungsfolien .....	103
6.6.1	Farbfolien .....	103
6.6.2	Farbgläser .....	104
6.6.3	Konversionsfolien, Neutralfilter und Korrekturfilter .....	106
6.6.4	MIREN .....	106
6.6.5	Mired Shift Value .....	106
6.7	Übungsbeispiele .....	107
<b>7</b>	<b>Licht- und Farbmessstechnik .....</b>	<b>109</b>
7.1	Visuelle Fotometrie .....	109
7.2	Physikalische Fotometrie .....	110
7.2.1	Beleuchtungsstärkemesser .....	110
7.2.2	Leuchtdichtemesser .....	112
7.2.3	Messung von Lichtstärke-Verteilungs-Kurven .....	114
7.2.4	Ulbrichtkugel (U-Kugel) .....	114
7.2.5	Spektrale Fotometrie .....	116
7.3	Belichtungsmessung .....	116
7.3.1	Belichtung .....	116
7.3.2	Belichtungsmesser .....	116
7.3.3	Spotmeter .....	117
7.4	Farbmessung .....	117
7.4.1	Gleichheitsverfahren .....	118
7.4.2	Licht- und Körperfarben .....	118
7.4.2.1	Spektraler Reflexionsgrad $\beta(\lambda)$ .....	119
7.4.2.2	Farbvalenz von Körperfarben .....	119

7.4.3	Dreibereichsverfahren	119
7.4.4	Spektralverfahren	120
7.5	Messgeometrien	123
7.5.1	Messgeometrie $45^\circ/0^\circ$	123
7.5.2	Messgeometrie diffus $d/0^\circ$	123
7.5.3	Messgeometrie diffus $d/8^\circ$	123
7.6	Übungsbeispiele	124
<b>8</b>	<b>Lichtquellen</b>	<b>125</b>
8.1	Aufbau und Wirkungsweise	126
8.2	Lebensdauer und Lampenalterung	126
8.3	Glüh- und Halogenlampen	127
8.3.1	Die Glühlampe: Historie, Aufbau und Wirkungsprinzip	127
8.3.2	Temperaturstrahlung	128
8.3.3	Aufbau und Wirkprinzip der Halogenlampe	129
8.3.4	Halogenlampen im Fernseh-, Film- und Theaterbereich	131
8.4	Niederdruckentladungslampen	131
8.5	Hochdruckentladungslampen	134
8.5.1	Hochdruck-Metallhalogendampflampen	134
8.5.2	Hochdruckentladungslampen im Fernseh-, Film- und Theaterbereich	136
8.6	Lichtemittierende Dioden (LED)	136
8.6.1	Elektrolumineszenz	136
8.6.2	Lichterzeugung im III-V-Halbleiter	137
8.6.3	LED-Technologie	138
8.6.4	Aufbau und Wirkungsgrad von LED-Lichtquellen	139
8.6.5	Binning	141
8.6.6	LED-Produkte und Applikationsfelder	142
8.6.7	Einzel-LEDs und LED-Engines in Movinglights	144
8.7	Organische lichtemittierende Dioden (OLED)	147
8.7.1	Funktionsprinzip von OLED	147
8.7.2	OLED-Display	148

<b>9</b>	<b>Scheinwerfer</b> .....	<b>151</b>
9.1	Konventionelle Scheinwerfer .....	152
9.1.1	Fluter und Rampen .....	152
9.1.2	Blinder .....	154
9.1.3	Parabolspiegel-Scheinwerfer .....	155
9.1.4	Stufenlinsen-Scheinwerfer .....	157
9.1.5	Profil-Scheinwerfer .....	159
9.1.6	Stroboskope .....	161
9.1.7	Zubehör .....	161
9.2	Movinglights .....	162
9.2.1	Scanner .....	162
9.2.2	Spot-/Profile-Movinghead .....	163
9.2.3	Wash-Movinghead .....	165
9.2.4	Beam-Movingheads .....	167
9.2.5	Movinglights im Outdoorbereich .....	167
9.3	Hybridscheinwerfer, komplexe Pixelsysteme und kreative Scheinwerfer .....	168
<b>10</b>	<b>Lichtsteuerung und Lichtstellpulte</b> .....	<b>171</b>
10.1	Entwicklung der Lichtsteuerung .....	172
10.1.1	Analoge Steuertechnik .....	174
10.1.2	Analoges Multiplexing .....	174
10.1.3	Digitales Multiplexing .....	174
10.1.4	DMX-512 .....	175
10.1.5	DMX-512A .....	179
10.1.6	DMX-512 RDM (Remote Device Management) .....	179
10.1.7	Drahtloses DMX .....	179
10.2	Lichtnetzwerke .....	180
10.2.1	Ethernet .....	181
10.2.1.1	Aufbau eines Ethernet-Netzwerkes (Topologie) .....	182
10.2.1.2	Netzwerkkomponenten .....	182
10.2.2	Proprietäre Herstellerprotokolle .....	183
10.2.3	ArtNet .....	183

10.2.4	ACN (Architecture for Control Networks) .....	184
10.2.5	Klingnet .....	185
10.2.6	Weitere verbreitete Protokolle .....	185
10.3	Lichtstellpulte .....	186
10.3.1	Komponenten von Lichtstellpulten .....	188
10.3.2	Arbeitsweisen .....	188
<b>11</b>	<b>Digital Lighting .....</b>	<b>191</b>
11.1	LED-Wände .....	192
11.1.1	Grundlagen .....	192
11.1.2	Auflösung und Farbe .....	193
11.1.3	Helligkeit .....	194
11.1.4	Pixelpitch .....	194
11.2	Projektionen .....	195
11.2.1	Projektoren .....	196
11.2.2	Technische Grundlagen .....	196
11.2.2.1	Geometrie und Entzerrung .....	196
11.2.2.2	Farbe .....	197
11.2.2.3	Helligkeit .....	197
11.2.2.4	Auflösung und Format .....	198
11.3	Pixelmapping – Pixel und Scheinwerfer .....	198
11.4	Medienserver .....	200
11.4.1	Überblick Grundfunktionen .....	201
11.4.1.1	Layer .....	202
11.4.1.2	Content .....	203
11.4.1.3	Texturen und Manipulation .....	203
11.4.1.4	Ebenen .....	203
11.4.1.5	Ausgabe .....	204
11.4.1.6	Virtuelle Kamera und 3D-Raum .....	205
11.4.1.7	Erweiterte Funktionen .....	205
11.4.1.8	Zeitbasis .....	206
11.4.1.9	Steuerung und Ansteuerung .....	206
11.4.1.10	Integrierte Benutzeroberflächen .....	207



11.4.1.11	Bedienung durch Lichtstellpulte .....	208
11.4.1.12	Manager-Anwendung und Timeline .....	209
11.4.2	Signale und Schnittstellen .....	211
11.4.2.1	Ansteuerung und Synchronisation .....	211
11.4.2.2	Bildschnittstellen .....	211
11.4.2.3	Sonstige Schnittstellen .....	212
11.5	Berufsfeld „Digital Lighting“ .....	213
<b>12</b>	<b>Lichtführung .....</b>	<b>217</b>
12.1	Licht und Schatten .....	218
12.2	Lichteinfall und Schattenwirkung .....	219
12.2.1	Gerichtetes Licht .....	220
12.2.2	Kernschatten (Zentralschatten, Schlagschatten, Umbra) .....	221
12.2.3	Halbschatten (Penumbra) .....	221
12.2.4	Harter bzw. weicher Schatten .....	221
12.2.5	Licht zur Orientierung .....	222
12.3	Ausleuchtung von Personen (Personenlicht) nach McCandless .....	223
12.4	Lichtrichtungen .....	225
12.4.1	Vorderlicht .....	226
12.4.2	Seitliches Vorderlicht .....	226
12.4.3	Oberlicht .....	226
12.4.4	Kopflicht (Toplight) .....	227
12.4.5	Hinterlicht bzw. Gegenlicht .....	227
12.4.6	Seitenlicht .....	228
12.4.7	Gassenlicht .....	229
12.4.8	Rampenlicht, Unterlicht, Fußlicht .....	229
12.4.9	Horizont- bzw. Hintergrundlicht .....	229
12.5	Lichtgestaltung für Fernsehkameras .....	230
12.5.1	Lichtrichtungen im Fernsbereich .....	230
12.5.2	Personenausleuchtung im Fernsbereich .....	231
12.5.2.1	Einpunkt-Ausleuchtung .....	232
12.5.2.2	Zweipunkt-Ausleuchtung .....	232
12.5.2.3	Dreipunkt-Ausleuchtung .....	232

12.5.2.4	Vierpunkt-Ausleuchtung .....	233
12.5.2.5	Personenbeleuchtung bei Green-/Blue-Box- Anwendung .....	233
12.5.2.6	Personenbeleuchtung bei der Tagesschau .....	234
12.6	Lichtsetzung im Film .....	234
12.6.1	Fotografische Stile .....	234
12.6.2	Normal-Stil .....	235
12.6.3	Low-Key-Stil .....	235
12.6.3.1	Unausgeglichener Low-Key .....	236
12.6.3.2	Aufgehellter Low-Key .....	236
12.6.4	High-Key-Stil .....	236
12.6.5	Grundregeln der Lichtführung .....	236
<b>13</b>	<b>Lichtgestaltung und Lichtdesign .....</b>	<b>239</b>
13.1	Kurzer historischer Überblick .....	240
13.2	Grundregeln der Lichtgestaltung bzw. des Lichtdesigns .....	242
13.3	Lichtinszenierung nach McCandless .....	243
13.3.1	Qualitäten des Lichts .....	243
13.3.2	Funktionen des Lichts .....	244
13.3.3	Theorie nach Richard Pilbrow .....	245
13.4	Erzeugung eines Looks .....	246
13.4.1	Dramaturgieverlauf zur Erzeugung von Emotionen .....	246
13.4.1.1	Dramaturgie .....	249
13.4.1.2	Ästhetik .....	249
13.4.1.3	Bühnenraum bzw. -design .....	249
13.4.1.4	Video-Content .....	249
13.4.2	Gestaltungsregeln .....	249
13.4.3	Anordnung der Scheinwerfer .....	250
13.4.4	Grundlagen Farbkonzept .....	252
13.5	Bühnenbeispiele .....	253
13.5.1	Kleine Bühne .....	253
13.5.2	Mittlere Bühne .....	255
13.5.3	Große Bühne .....	256
13.5.4	Beispiel: Eurovision Song Contest 2012 in Baku – große Bühne	257

<b>14 Theater-Licht</b> .....	<b>259</b>
14.1 Kurzer historischer Überblick .....	260
14.2 Verantwortliche .....	262
14.3 Scheinwerfer und Standorte .....	263
14.3.1 Scheinwerfertypen .....	263
14.3.2 Standorte der Beleuchtungseinrichtungen .....	264
14.4 Lichtkonzeption und Produktion .....	265
14.4.1 Planung .....	266
14.4.2 Produktionsablauf .....	267
14.4.3 Beleuchtungsproben .....	268
14.5 Bühne und Bühnenformen .....	268
14.6 Bühnen- und Lichtstile im Theater .....	269
14.7 Sprech-, Musik- und Tanztheater .....	270
14.7.1 Sprechtheater .....	270
14.7.2 Musiktheater .....	271
14.7.2.1 Musical .....	271
14.7.2.2 Oper .....	271
14.7.3 Tanztheater .....	272
14.8 Verständnisfragen .....	273
<b>15 Fernseh-Licht</b> .....	<b>275</b>
15.1 Studios .....	275
15.1.1 Aufsager- oder Schaltstudio .....	275
15.1.2 Nachrichten-, Magazin- oder Spartenstudio .....	276
15.1.3 LED-Wand-Studio .....	278
15.1.4 Multifunktionsstudio .....	278
15.1.5 Show-Studio/-Atelier .....	279
15.1.6 Streaming-Studio .....	280
15.2 Sendungsgenre .....	281
15.3 An der Lichtgestaltung beteiligte Personen .....	282
15.3.1 Regie .....	282
15.3.2 Setdesign .....	282
15.3.3 Lichtdesign .....	282
15.3.4 Kameramann .....	283

15.3.5	Beleuchtungsmeister/lichtsetzender Kameramann	283
15.3.6	Lichtpult-Operator	283
15.3.7	Oberbeleuchter/Beleuchter	283
15.3.8	Bildingenieur	284
15.3.9	Maske	284
15.3.10	Kostüm	284
15.3.11	Protagonisten	284
15.4	Eingesetzte Scheinwerfer	285
15.4.1	Fresnel-Scheinwerfer	285
15.4.2	Weitere Scheinwerfer im Fernsehstudio	286
15.5	Fernsehsystem	287
15.5.1	Die Fernsehübertragungskette	287
15.5.2	High Dynamic Range und Wide Colour Gamut	288
15.5.3	Display und Bildbeurteilung	289
15.5.4	Kamera und Objektiv	290
15.5.4.1	Objektiv	290
15.5.4.2	Lichtempfindlichkeit, Arbeitsblende und Lichtniveau der Produktion	291
15.5.4.3	Weißabgleich	292
15.6	Fernseh-Licht	293
15.6.1	Lichtkonzepte	293
15.6.1.1	Punktuelles Licht	293
15.6.1.2	Flächiges Licht	295
15.6.2	Ausleuchtung mehrerer Personen	295
15.6.3	Beleuchtung bei Talk-Sendungen im Fernsehen	295
15.6.4	Beleuchtung von Zuschauern im Fernsehen	296
15.6.5	Beleuchtung des Sets im Fernsehen	296
15.7	Sendeablauf	297
15.7.1	Vor der Sendung	297
15.7.2	Einleuchten	297
15.7.3	Lichtplan	299
15.7.4	Pultkonzept	299
15.7.5	Lichtänderung während der Sendung	300

15.7.6	Lichtwechsel .....	301
15.7.7	Sendung .....	301
<b>16</b>	<b>Film-Licht .....</b>	<b>303</b>
16.1	Kurzer historischer Überblick .....	303
16.2	Filmempfindlichkeit .....	304
16.2.1	Belichtung .....	305
16.2.2	Dichtewert D .....	305
16.2.3	Gradation .....	305
16.2.4	Lichtempfindlichkeit (ISO - DIN/ASA) .....	306
16.2.5	Kontrastumfang beim Filmmaterial .....	307
16.2.6	Lichtempfindlichkeit digitaler Filmkameras .....	307
16.2.7	Schärfentiefe versus Tiefenschärfe .....	308
16.3	Personen .....	310
16.4	Messtechnik .....	311
16.5	Eingesetzte Scheinwerfer .....	311
16.5.1	Fresnel- und HMI-Scheinwerfer .....	312
16.5.2	Dedo-Light .....	313
16.5.3	Weichstrahlende Scheinwerfer .....	314
16.5.3.1	Kino-Flo .....	314
16.5.3.2	Chimera .....	315
16.5.4	Dino Lights .....	316
16.5.5	Spacelights .....	316
16.5.6	Heliumballon .....	317
16.5.7	Butterfly .....	317
16.5.8	Bouncing .....	318
16.5.9	Fahnen/French Flags .....	318
16.6	Lichtstile im Filmbereich .....	319
16.7	Modelling .....	320
<b>17</b>	<b>Konzert-Touring-Licht .....</b>	<b>323</b>
17.1	Kurzer historischer Überblick .....	323
17.2	Personen .....	325
17.3	Eingesetzte Scheinwerfer .....	326

17.4	Bühnenformen und Lichtdesign für Konzert-Touring .....	327
17.4.1	Bühnenformen .....	327
17.4.2	Lichtdesign .....	328
17.5	Lichtkonzeption und Produktion .....	328
17.5.1	Entwurfsphase .....	328
17.5.2	Planungsphase .....	330
17.5.3	Probenphase .....	330
17.5.4	Aufbau vor Ort .....	331
17.5.5	Einleuchten/Fokussieren/Presets ziehen .....	332
17.6	Beispiele .....	333
17.6.1	SEED BAM BAM Tour 2019 .....	333
17.6.2	Festival .....	335
17.7	Remote-Verfolger und Tracking-Systeme .....	336
17.7.1	Remote-Verfolger (halbautomatisches Tracking-System) .....	336
17.7.2	Vollautomatische Tracking-Systeme .....	338
<b>18</b>	<b>Licht für wirtschaftsbezogene Veranstaltungen .....</b>	<b>341</b>
18.1	Kurzer historischer Überblick .....	342
18.2	Personen .....	343
18.3	Lichtdesign und Lichtfachplanung .....	344
18.4	Produktionsprozess .....	344
18.4.1	Entwurfsphase .....	344
18.4.2	Ausführungsphase .....	345
18.4.3	Umsetzungsphase .....	345
18.5	Beispiel Audi-Messestand IAA 2015 .....	346
<b>19</b>	<b>Lichtpläne und Lichtsimulation .....</b>	<b>349</b>
19.1	Grundlagen .....	349
19.1.1	Modellbau .....	350
19.1.2	Simulation .....	351
19.2	Lichtpläne .....	352
19.3	Begriffe der Computersimulation .....	355
19.3.1	Drahtgittermodell (Wireframe) .....	355
19.3.2	Materialbeschreibung .....	356

19.3.3	Beleuchtung .....	357
19.3.4	Rendering .....	357
19.4	Rechenalgorithmen .....	358
19.4.1	Flat-Shading .....	358
19.4.2	Gourand-Shading .....	359
19.4.3	Phong-Shading .....	359
19.4.4	Radiosity- bzw. Punkt-zu-Punkt-Verfahren .....	359
19.4.5	Raytracing-Verfahren .....	361
19.5	Lichts simulationsprogramme .....	363
19.5.1	Lichtberechnungsprogramm Relux Desktop und DIALuxEvo... ..	364
19.5.2	Echtzeit-Lichts simulationsprogramme .....	365
19.5.3	Spezielle Programme für den Einsatz im Showbereich .....	366
19.5.3.1	grandMA 3D .....	366
19.5.3.2	WYSIWYG Lighting Design .....	367
19.5.3.3	depençe <sup>2</sup> .....	368
19.5.3.4	Vectorworks Spotlight .....	368
19.5.4	Virtual Reality .....	368
19.5.4.1	CAVE (Cave Automatical Virtual Environment) .....	369
19.5.4.2	VR- und MR-Brillen: Oculus Rift, HTC-Vive, Hololens, Google Glass .....	369
19.5.4.3	VR-Anwendung von GDTF-Daten und Unity-Engine ...	371
<b>20</b>	<b>Ausblick: Lichttechnik in der Zukunft .....</b>	<b>373</b>
20.1	Zusammenwachsen von Eventtechnik und Lichtarchitektur .....	373
20.2	Neue Sende- und Videoformate (Zoom-Meetings, Green-Screen-Studios für Online-Lehre) .....	375
20.3	Virtual Production .....	377
20.3.1	Hybride virtuelle Produktion .....	378
20.3.2	Live LED Wall In-Camera Virtual Production .....	378
20.4	Augmented Reality und Interaktivität .....	380
20.4.1	Interaktivität .....	380
20.4.2	Einsatz von AR und Interaktivität bei Medienfassaden .....	381
20.5	Cross-Reality(XR)-Plattformen für hybride Eventformate .....	383

20.5.1 XRchitecture .....	383
20.5.2 Clubevent und Lichteditor mit XR/VR-Techniken .....	385
20.5.3 Nutzungs- und Gestaltungsmöglichkeiten von XR-Techniken im Digitalen Theater .....	386
20.5.4 Ausblick .....	388
20.6 BIM (Building Information Modelling) .....	388
20.7 Fotogrammetrie .....	390
20.8 Einsatz von KI und neuronalen Netzen im Lichtdesign .....	391
<b>Lösungen der Übungsaufgaben und Verständnisfragen .....</b>	<b>393</b>
<b>Literatur und weitere Informationsmedien .....</b>	<b>395</b>
Literaturverzeichnis .....	395
Fachzeitschriften .....	397
Webadressen (Verbände) .....	398
<b>Bildnachweis .....</b>	<b>399</b>
<b>Index .....</b>	<b>407</b>



# Vorwort

Das Thema Licht und Beleuchtung begleitet mich seit vielen Jahren im Berufsleben, beginnend mit dem Studium an der TU in Karlsruhe, der praktischen Umsetzung im Berufsalltag als Lichtplaner und Lichtdesigner bis hin zu der wissenschaftlichen Arbeit als Hochschullehrer. Dabei hat das Thema Farbe und die Faszination der Visualisierung von Licht mit Rechenprogrammen bis heute Bestand. Durch die rasante Entwicklung der LEDs und ihre Einsatzmöglichkeiten im Theater-, Fernseh- und Showbereich wird das Thema Licht und Farbe noch faszinierender wie bisher. Lassen Sie sich überraschen.

## **Danksagung**

Ich möchte an dieser Stelle dem Hanser Verlag, vor allem meiner Lektorin Frau Werner, für die sehr gute Zusammenarbeit danken. Mein Dank geht auch an den Herausgeber der Reihe, meinem Kollegen Prof. Dr. Ulrich Schmidt.

Ein besonderer Dank geht auch an die Mitautoren Frau Alexandra Ehrlitzer, Herrn Martin Rupprecht, Herrn Fabian Oving und Herrn Dr. Roland Heinz. Vielen Dank für die Unterstützung im Kapitel 15 „Fernseh-Licht“ durch Herrn Matthias Wilkens, sowie seine detaillierten Diskussionen, um dem Buch seine jetzige Form zu geben.

Danke an die Kollegen, die mir Bilder bzw. Grafiken zur Verfügung gestellt haben (Herbert Bernstädt, Markus Beug-Rapp, Marc Briede, Michael Feldmann, Carsten Grigo, Lutz Hassenstein, Markus Hegi, Berthold Jäger, Sebastian Jakob, Michael Kersten, Sofia Layer, Dominik Mentzos, Daniel Müller, Matthias Wilkens). Danke auch an Dr. Thomas Lemke für die Erstellung vieler Grafiken.

Ein Dankeschön an die Firmen, die mir Bildmaterial zur Verfügung gestellt haben (ArKaos, ARRI, Barco, BRAINPOOL, Christie, Coolux, Dedo Weigert, Despar, ETC, FGL, Highend Systems, JB-Lighting, Konica Minolta, Looptlight, Lumiblade, MA Lighting, Martin Professional, MCI, Niethammer, Relux AG, SMI, Sony, TechnoTeam).

Und ein großes Dankeschön auch an meine Frau für das intensive Korrekturlesen und die Zeit, die sie mit mir bzgl. Diskussionen und Details verbracht hat.

*Roland Greule*

Hamburg, September 2014

## ■ Vorwort zur 2. Auflage

Seit Erscheinen des Buches hat sich im Bereich Event sowie der Scheinwerfer- und LED-Technik sehr viel geändert und rasant weiterentwickelt. Aus diesem Grund wurden vor allem die Kapitel 17 Konzert-Touring-Licht, Kapitel 9 Scheinwerfer und Kapitel 10 Lichtsteuerung und Lichtstellpulte überarbeitet und aktualisiert. Zudem wurde ein neues Kapitel 18 Licht für wirtschaftsbezogene Veranstaltungen ergänzt, da die Eventbranche in diesem Bereich sehr erfolgreich ist. Natürlich wurden die anderen Kapitel allgemein überarbeitet, aktualisiert und auch teilweise umstrukturiert und thematisch zusammengefasst. In Kapitel 19 Lichtpläne und Lichtsimulation wurde der Bereich AR (Augmented Reality) und VR (Virtual Reality) mit aufgenommen. Kapitel 20 (Lichttechnik in der Zukunft) wurde völlig neu bearbeitet und deutlich erweitert, auch in Richtung AR/XR (eXtented Reality) und Interaktivität bis hin zu hybriden Events.

### Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle dem Hanser Verlag, vor allem meinen Lektoren Frau Kubiak und Herrn Katzenmayer, für die sehr gute Zusammenarbeit danken.

Wie schon bei der ersten Auflage geht ein besonderer Dank an die Mitautoren:innen Herrn Dr. Roland Heinz (Kap. 8), Herrn Fabian Oving (Kap. 9 +10), Herrn Martin Rupprecht (Kap. 11), Frau Alexandra Ehrlitzer (Kap. 14), Herrn Matthias Wilkens (Kap. 15), Herrn Jens Langner (Kap. 17+18), Herrn Martin Kuhn (Kap. 17.6) und Frau Anke von der Heide (Kap. 20.5),

Danke an die Kollegen:innen und Firmen, die mir Grafiken und Bilder zur Verfügung gestellt haben.

Und auch wieder ein großes Dankeschön an meine Frau für das intensive Korrekturlesen.

*Roland Greule*

Hamburg, August 2021

# Die Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Alexandra Ehrlitzer hat Medientechnik an der HAW Hamburg studiert. Sie war freie Lichtplanerin und Lichtdesignerin und arbeitete als wissenschaftliche Mitarbeiterin in Forschungsprojekten zu Lichtwirkung an der HAW. Seit einigen Jahren arbeitet Frau Ehrlitzer bei der Firma macom in den Bereichen Nachwuchsförderung und Lichtplanung.

Prof. Dr.-Ing. Roland Greule lehrt am Department Medientechnik der HAW Hamburg die Fächer Licht- und Beleuchtungstechnik, Lichtdesign, Farbmeterik und Digital Reality. Parallel forscht er zur Lichtwahrnehmung, der emotionalen Wirkung von Licht und Farbe und der fotorealistischen Lichtsimulation von Innenräumen. Er ist seit 2017 Leiter des Forschungs- und Transferzentrums Digital Reality.

Dr. habil. Roland Heinz leitete von 2006–2013 die Philips Lighting Academy in Hamburg. Er gründete mit Partnern 2014 die Lichtplaner-Akademie. Herr Heinz lehrt zudem seit 2001 an der TU Graz und an der Hochschule München die Fächer Lichterzeugung und Innovationsmanagement.

M.Sc. Jens Langner hat an der Beuth Hochschule für Technik Berlin studiert. Im Anschluss war er mehrere Jahre bei der RGB GmbH als Lichtfachplaner im Automobilbereich tätig. Seit 2017 arbeitet er als Business Development Manager für die Firma Robe Deutschland GmbH. Er war Initiator des VLLV e. V. (Verband der Lichtdesigner und Licht- und Medienoperator in der Veranstaltungswirtschaft e. V.). Des Weiteren ist er Projektleiter für NRG Germany (Next Robe Generation), ein Nachwuchsförderprogramm der Firma Robe für den lichttechnischen Nachwuchs. Seit 2020 moderiert er die digitalen Lichtgespräche, eine Streamingsendung, in der Lichtdesigner über ihre Projekte erzählen. Herr Langner ist an mehreren Hochschulen als Gastdozent tätig.

B.Sc. Fabian Oving hat Medientechnik an der HAW Hamburg studiert. Er ist seit 6 Jahren wiss. Mitarbeiter des Lichtlabors der HAW-Hamburg. Neben seiner Arbeit als Freiberufler im Bereich Veranstaltungstechnik und Lichtprogrammierung arbeitet er auch als Gastdozent an verschiedenen Departements der HAW.

Dipl.-Ing. (FH) Martin Rupprecht hat Medientechnik an der HAW Hamburg studiert. Er ist freier Lichtdesigner, Spezialist für Digital Lighting und unterrichtet als Lehrbeauftragter im Department Medientechnik das Fach Lichtdesign und Digital Lighting.

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Wilkens hat Medientechnik an der HAW Hamburg studiert. Er ist seit vielen Jahren als Bildingenieur beim NDR und als Lehrbeauftragter an der HAW-Hamburg für das Fach Videotechnik tätig. Er arbeitet auch als Dozent bei BET Michael Mücher in Hamburg.

# 1

## Einführung

Wie der Theaterreformer Adolf Appia zu Anfang des 19. Jahrhundert sagte: „Licht wird nicht mehr gemalt, sondern geleuchtet“, ist der Einsatz von Licht und Beleuchtung im Medienbereich vielfältig. Beginnend vom Theaterstück über Fernsehsendungen, den Film bis hin zu großen Events. Der visuelle Kanal ist bei Menschen immer noch dominant, da rund 80% der Wahrnehmung über das Auge erfolgt.

Die Wirkung des Lichts im Medienbereich kann man in verschiedene Bereiche unterteilen. Licht macht Objekte wahrnehmbar und ist verantwortlich für die Güte der Wahrnehmung. Licht hat eine dramatische Rolle in der Weise, dass es als untrennbarer Teil der szenischen Handlung auftritt. Licht rückt die Bühne, die Filmkulisse, aber auch die Architektur ins „rechte Licht“. Licht bringt Farben und Oberflächen zur Geltung. Licht beeinflusst die physiologischen Vorgänge beim Sehen und Erkennen und Licht wirkt motivierend auf die Menschen.

In diesem Lehrbuch wird der Bogen vom Theater über das Fernsehen, den Film bis zum Event- und Showbereich gezogen. Dabei wird im ersten Drittel des Lehrbuches die Theorie betrachtet, wie z.B. die physikalischen Eigenschaften des Lichts, die lichttechnischen Grundgrößen wie Lux und Lumen bis hin zur Physiologie des Auges.

Ausgehend von dem menschlichen Auge und unter Berücksichtigung der Helligkeits- und Farbwahrnehmung werden dann die grundlegenden Parameter der Farbmeterik vorgestellt. Wer sich mit Licht und Beleuchtung beschäftigt, muss die Grundlagen der Farbmeterik kennen sowie die dazu notwendigen Messtechniken. Auf dieser Theorie aufbauend, werden im zweiten Teil des Buches die „Geräte“, d.h. die Lichtquellen, die Scheinwerfer, die Lichtstellanlagen und die Medienserver erläutert.

In den letzten Kapiteln des Buches werden dann die Anwendungen betrachtet. Dabei werden die Besonderheiten bei der Theaterbeleuchtung, dem Fernsehlicht, der Filmbeleuchtung sowie das Besondere beim Show- und Event-Licht und das Zusammenwirken der verschiedenen Bereiche aufgezeigt.

Abschließend werden umfangreich die Lichttechnik der Zukunft und ihre Möglichkeiten vorgestellt sowie das Zusammenwachsen der Lichttechnik mit der Lichtarchitektur betrachtet.

Am Ende dieses Buches werden Sie verstehen, warum es in den letzten Jahren ein immer stärkeres Zusammenwachsen der verschiedenen Bereiche Licht, Video und Netzwerktechnik gibt. Andererseits werden Sie die unterschiedlichen Herangehensweisen in den einzelnen Medienbereichen kennenlernen, je nachdem, ob Sie über Licht im Theater, im Fernsehen, beim Film oder über Event sprechen.

Es ist ein Grundlagenbuch, geschrieben für Studierende in Medienstudiengängen wie z. B. Medientechnik, Veranstaltungstechnik und Mediengestaltung, für Auszubildende im AV- und im Veranstaltungsbereich sowie für Lichtplaner und Lichtdesigner. Natürlich auch für all diejenigen, die sich für das Thema Licht und Beleuchtung in Medien interessieren.