

Inhalt

Vorwort 5

1 Einführung 11

2 Wahrnehmung 13

2.1 Anatomie des Auges 13

2.1.1 Optisches System des Auges..... 13

2.1.2 Netzhaut und Fovea centralis..... 13

2.1.3 Sehnerven..... 14

2.1.4 Gesichtsfeld und Sehschärfe..... 14

2.1.5 Emotionaler Pfad – Weiterverarbeitung visueller Reize 15

2.1.6 Biologische Wirkung von Licht – dritter Rezeptor 16

2.2 Farbrezeptoren und Farbwahrnehmung 18

2.2.1 Dreifarbentheorie zur Farbwahrnehmung 18

2.2.2 Gegenfarbentheorie nach Hering 19

2.2.3 Zonentheorie 19

2.2.4 Tag- und Nachtsehen 20

2.2.5 Verteilung der Rezeptoren 20

2.3 Objektwahrnehmung und Kontrast 20

2.3.1 Leuchtdichtekontrast (physiologischer Kontrast) 21

2.3.2 Blendung 21

2.3.3 Farbkontrast..... 22

2.3.4 Konstanzwahrnehmung 22

2.3.5 Simultankontrast..... 23

2.4 Helligkeit und Helligkeitsmodelle 23

2.4.1 Helligkeitsmodelle..... 23

2.4.2 Adaptation 24

2.4.3 Helligkeitsbedarf mit zunehmendem Lebensalter 25

2.5 Licht und Schatten..... 25

2.5.1 Lichtrichtungen..... 26

2.5.2 Lichteinfall und Schattenwirkung 27

2.5.3 Gerichtetes Licht 28

2.6 Direktes und moduliertes Licht..... 29

2.7 Wahrnehmung von Materialeigenschaften..... 31

3 Lichtquellen 33

3.1 Glüh- und Halogenglühlampen..... 34

3.2 Niederdruckentladungslampen 35

3.3 Hochdruckentladungslampen 38

3.4 Lichtemittierende Dioden (LEDs)..... 40

3.5 Organische lichtemittierende Dioden (OLEDs)..... 43

4 Leuchten 45

4.1 Leuchtauswahl als Planungsschritt 46

4.2 Leuchten und Lichtrichtung..... 48

4.2.1 Lichtstärkeverteilungskurve (LVK) 49

4.2.2	Direkte Beleuchtung	49
4.2.3	Indirekte/direkte Beleuchtung	51
4.2.4	Indirekte Beleuchtung	52
4.2.5	Klassiker der Leuchtenbranche	54
4.2.6	Trends	55
4.3	Zubehör	55
4.4	Schutzarten, Schutzklassen und Prüfzeichen	56
4.4.1	Schutzarten	56
4.4.2	Schutzklassen	57
4.4.3	Prüfzeichen	57
5	Kunstlichtplanung	59
5.1	Gütemerkmale für gutes Licht	59
5.1.1	Klassische Gütemerkmale für gutes Licht	60
5.1.2	Erweiterung der klassischen Gütemerkmale	61
5.1.3	LiTG-Schrift „Lichtqualität“	61
5.2	Bedarfsanalyse, Analyse der Raum- und Nutzungsanforderungen	62
5.2.1	Raumwahrnehmung	63
5.2.2	Raumanalyse und Dimensionen des psychischen Raumes	63
5.2.3	Nutzungsbereiche und deren spezifische Anforderungen	65
5.2.4	Präsentation der Lichtkonzepte hinsichtlich ihrer psychologischen Wahrnehmung	65
5.2.5	Helligkeitseindruck von Farboberflächen	66
5.3	Qualitative Lichtplanung nach Richard Kelly	67
5.3.1	Grundbeleuchtung: Licht zum Sehen (Ambient Luminescence)	68
5.3.2	Licht zum Hinsehen (Focal Glow)	68
5.3.3	Licht zum Ansehen (Play of Brilliants)	69
5.3.4	Planungsvorschläge für die Beleuchtung	70
5.4	Wahrnehmungsorientierte Lichtgestaltung nach William Lam	70
5.4.1	Orientierung in Raum und Zeit	71
5.4.2	Privatheit und Kommunikation	71
5.4.3	Überschaubarkeit und Verständlichkeit der umgebenden Strukturen	71
5.4.4	Abwechslung und Aufklärung	71
5.5	Acht Grundregeln der Lichtgestaltung	72
6	Tageslicht	79
6.1	Grundgrößen	80
6.2	Besonnung	80
6.2.1	Sonnenhöhe γ und der Azimutwinkel α	80
6.2.2	Ermittlung der Besonnungszeiten mittels Sonnenstandsdiagramm	81
6.2.3	Berechnung der Besonnungsdauer (Sonnenscheindauer)	82
6.2.4	Mindestanforderungen an Besonnung	83
6.2.5	Klarer Himmel	83
6.2.6	Bedeckter Himmel	83
6.3	Tageslichtquotient	84
6.3.1	Berechnung des Tageslichtquotienten	85
6.3.2	Minderungsfaktoren Glas, Versprossung, Staub und Verbauung	85
6.4	Vorschriften für Tageslichtquotienten und Sichtverbindung	88
6.4.1	Landesbauordnungen	88
6.4.2	Arbeitsstättenverordnung und Technische Regeln für Arbeitsstätten	88
6.4.3	DIN 5034 „Tageslicht in Innenräumen“	88
6.4.4	Regeln für gute Tageslichtplanung	89
6.5	Lichtlenksysteme	89
6.5.1	Light Shelves	90
6.5.2	Lichtlenkende Lamellensysteme	90
6.5.3	Köster-Solar-Glas	92
6.5.4	Holografische Systeme	93

6.5.5	Fotochrome, thermochrome und elektrochrome Gläser.	93
6.5.6	Light Pipes bzw. Heliostatensysteme.	93
6.6	Energieeinsparpotenzial durch den Einsatz von Tageslicht.	93
7	Projektbeispiele mit Kunst- und Tageslicht.	97
7.1	Projektbeispiel Verwaltungsbau – CC01 HafenCity, Hamburg.	98
7.2	Projektbeispiel Retail – Menicon, Berlin.	102
7.3	Projektbeispiel Hotel – Reichshof, Hamburg.	104
7.4	Projektbeispiel Museumsbeleuchtung – Kunsthistorisches Museum, Wien.	108
7.5	Projektbeispiel Fassadenbeleuchtung – Skyline Plaza, Frankfurt a. M.	112
7.6	Projektbeispiel Tageslicht – Elbarkaden HafenCity, Hamburg.	116
7.7	Projektbeispiel farbige Beleuchtung – Trauerkapelle auf dem Dorotheenstädtischen Friedhof, Berlin.	120
8	Physikalische und lichttechnische Grundlagen.	125
8.1	Licht und Strahlung.	125
8.1.1	Strahlungsphysik und Fotometrie.	125
8.1.2	Strahlung und Spektrum.	125
8.1.3	Licht- und Emissionsspektren.	126
8.1.4	Schwarzer Strahler und Farbtemperatur.	126
8.2	Lichttechnische Grundgrößen.	128
8.2.1	Spektrale Hellempfindlichkeit.	128
8.2.2	Lichtstrom (Φ_v).	129
8.2.3	Circadianer Wirkungsfaktor (a_{cv}).	129
8.2.4	Lichtausbeute (η).	130
8.2.5	Lichtstärke (I).	130
8.2.6	Beleuchtungsstärke (E).	131
8.2.7	Leuchtdichte (L).	132
8.2.8	Stoffkennzahlen (Reflexionsgrad, Transmissionsgrad, Absorptionsgrad). ...	132
8.3	Messtechnik.	134
8.3.1	Visuelle Fotometrie.	134
8.3.2	Physikalische Fotometrie.	134
8.3.3	Farbmessung.	135
9	Grundlagen der Farbmetriek und der Farbenlehre.	137
9.1	Farbmetrische Grundgrößen.	137
9.2	Helligkeit, Buntton, Buntheit.	138
9.3	Additive und subtraktive Farbmischung.	138
9.4	Farbsysteme.	140
9.4.1	Farbkreis.	140
9.4.2	Übersicht über dreidimensionale Farbsysteme (Farbordnungssysteme). ...	140
9.4.3	Das Farbsystem nach Munsell.	141
9.4.4	Das Natural Colour System (NCS).	141
9.5	CIE-Farbräume.	143
9.5.1	CIE-Farbtafel x, y.	144
9.5.2	CIE-Farbraum $L^*u^*v^*$ und $L^*a^*b^*$	144
10	Vorschriften, Regelwerke und Nachhaltigkeitszertifikate.	147
10.1	Rechtliche Grundlagen.	147
10.2	Arbeitsschutz und Arbeitsstättenverordnung.	147
10.2.1	Arbeitsstättenverordnung und Technische Regeln.	148
10.2.2	Unfallversicherungsträger.	148
10.3	Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (OStrV).	149
10.4	Lichtimmission.	149
10.5	DIN-Normen.	150

10.5.1	DIN EN 12464-1	150
10.5.2	DIN 5034	150
10.6	Energieeinsparverordnung (EnEV).....	152
10.6.1	EnEV-Referenzgebäude	152
10.6.2	Energiebewertung nach DIN V 18599	152
10.6.3	Musterberechnungen nach EnEV 2014 (3-Achs-Büro-Musterraum)	155
10.6.4	Musterberechnungen nach EnEV 2014 (Flur)	156
10.7	Nachhaltigkeitszertifikate	156
10.7.1	BREEAM	156
10.7.2	LEED	156
10.7.3	DGNB-Zertifikat.....	156
11	Lichtsteuerung	159
11.1	Schalten und Dimmen	160
11.1.1	Phasenanschnitt- und Phasenabschnittsteuerung	160
11.1.2	Pulsweitenmodulation (PWM)	161
11.1.3	Bewegungsmelder	161
11.2	Lichtsteuer- und Bussysteme	162
11.2.1	Analoge Schnittstelle 1-10 V	163
11.2.2	Lichtsteuerung via Ethernet.....	163
11.2.3	Lichtsteuerung mit dem DALI-Bus.....	163
11.2.4	Lichtsteuerung mit dem KNX/EIB-Bus	164
11.2.5	Lichtsteuerung mit dem DMX-Steuerprotokoll.....	164
11.2.6	Power over Ethernet (PoE).....	166
11.2.7	Lichtsteuerung durch kabellose Datenübertragung	166
11.2.8	Die Steuersysteme Raspberry Pi und Arduino.....	166
11.3	Firmeneigene BUS-Steuersysteme.....	166
11.3.1	Zumtobel (Luxmate, LITECOM).....	166
11.3.2	Crestron	168
11.3.3	e:cue lighting control	168
11.4	Anwendungsbeispiel: Wohnen 2.0 – Living Place	170
12	Lichtsimation	171
12.1	Grundlagen der Simulation	171
12.2	Begriffe der Computersimulation	173
12.2.1	Drahtgittermodell (Wireframe).....	173
12.2.2	Materialbeschreibung.....	174
12.2.3	Beleuchtung.....	174
12.2.4	Rendering.....	174
12.3	Rechenalgorithmen für die Lichtberechnung.....	174
12.3.1	Shading-Programme.....	174
12.3.2	Radiosity- bzw. Punkt-zu Punkt-Verfahren	175
12.3.3	Raytracing-Verfahren	175
12.4	Lichtsimationsprogramme	177
12.4.1	Physikalisch (fotometrisch) korrekte Lichtberechnungsprogramme	178
12.4.2	Echtzeit-Programme.....	178
12.5	Virtual Reality	181
12.5.1	CAVE (Cave Automatical Virtual Environment).....	181
12.5.2	Oculus-Rift-Brille	182
12.6	Lichtsimation unter einem künstlichen Himmel	182
13	Anhang	185
13.1	Literaturverzeichnis	185
13.2	Stichwortverzeichnis.....	187