

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                                                  |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung .....</b>                                                                          | <b>17</b> |
| <b>2</b> | <b>Lichttechnische Grundlagen .....</b>                                                          | <b>21</b> |
| 2.1      | Spektrale Bewertung .....                                                                        | 21        |
| 2.2      | Lichtstrom .....                                                                                 | 21        |
| 2.3      | Beleuchtungsstärke .....                                                                         | 22        |
| 2.3.1    | Stufen der Beleuchtungsstärke .....                                                              | 23        |
| 2.3.2    | Horizontale, vertikale und zylindrische<br>Beleuchtungsstärke.....                               | 23        |
| 2.3.3    | Gleichmäßigkeit .....                                                                            | 24        |
| 2.3.4    | Beleuchtungsstärkenraster .....                                                                  | 24        |
| 2.3.5    | Wartungsfaktor .....                                                                             | 25        |
| 2.4      | Raumwinkel.....                                                                                  | 26        |
| 2.5      | Lichtstärke .....                                                                                | 26        |
| 2.6      | Leuchtdichte .....                                                                               | 28        |
| 2.7      | Blendung .....                                                                                   | 29        |
| 2.7.1    | Psychologische Blendung .....                                                                    | 29        |
| 2.7.2    | Physiologische Blendung.....                                                                     | 29        |
| 2.7.3    | Direktblendung .....                                                                             | 29        |
| 2.7.4    | Reflexblendung .....                                                                             | 30        |
| 2.7.5    | Bewertung der Blendung .....                                                                     | 31        |
| 2.7.5.1  | Innenbeleuchtung .....                                                                           | 31        |
| 2.7.5.2  | Außenbeleuchtung .....                                                                           | 31        |
| 2.8      | Äquivalente Schleierleuchtdichte (für physiologische<br>Blendung oder Schleierreflexionen) ..... | 32        |
| 2.9      | Lichtfarbe .....                                                                                 | 32        |
| 2.10     | Farbwiedergabe.....                                                                              | 32        |
| 2.11     | Flimmern und stroboskopische Effekte.....                                                        | 33        |
| 2.12     | Reflexionsgrad – Transmissionsgrad – Absorptionsgrad .....                                       | 33        |
|          | Literaturverzeichnis .....                                                                       | 34        |
| <b>3</b> | <b>Europäische Richtlinien und Arbeitsschutzanforderungen .....</b>                              | <b>35</b> |
| 3.1      | Allgemeines .....                                                                                | 35        |
| 3.2      | Rechtsgrundlagen in der Europäischen Union .....                                                 | 37        |

|          |                                                                                                                                         |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3      | Regulierung ohne Handelshemmnisse in der EU .....                                                                                       | 38        |
| 3.4      | Arbeitsschutz .....                                                                                                                     | 42        |
| 3.5      | Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU .....                                                                                              | 44        |
| 3.6      | EMV-Richtlinie 2014/108/EG (Elektromagnetische<br>Verträglichkeit) integriert in die Niederspannungs-<br>richtlinie 2014/35/EU .....    | 44        |
| 3.7      | EMF-Richtlinie 2013/35/EU (Elektromagnetische Felder).....                                                                              | 45        |
| 3.8      | ATEX-Richtlinien (Atmosphères Explosibles) .....                                                                                        | 46        |
| 3.8.1    | EU-Richtlinie 2014/34/EU (ATEX 95-<br>Produktrichtlinie) .....                                                                          | 46        |
| 3.8.2    | EU-Richtlinie 1999/92/EG (ATEX 137-<br>Betriebsrichtlinie).....                                                                         | 47        |
| 3.9      | Gefährdung durch optische Strahlung .....                                                                                               | 47        |
| 3.10     | RoHS-Richtlinie 2011/65/EU .....                                                                                                        | 48        |
| 3.11     | WEEE-Richtlinie 2012/19/EU .....                                                                                                        | 49        |
| 3.12     | ErP-Richtlinie zur umweltgerechten Gestaltung von<br>energieverbrauchsrelevanten Produkten (Ökodesign-<br>Richtlinie 2009/125/EG) ..... | 51        |
| 3.13     | Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie 2010/31/EU .....                                                                                      | 52        |
| 3.14     | Verordnung 244/2012 zur Ergänzung der Gebäude-<br>energieeffizienzrichtlinie .....                                                      | 53        |
| 3.15     | Grüne öffentliche Beschaffung.....                                                                                                      | 54        |
| 3.15.1   | GPP-Kriterien.....                                                                                                                      | 56        |
| 3.15.2   | Überwachung und Bewertung des GPP-Niveaus<br>der EU-Mitgliedstaaten .....                                                               | 57        |
| 3.15.3   | GPP-Kriterien für die Straßenbeleuchtung und<br>für Verkehrsampeln .....                                                                | 58        |
| 3.15.4   | EU-Kriterien für die umweltorientierte öffentliche<br>Beschaffung von Innenbeleuchtungen .....                                          | 58        |
| 3.15.5   | EU-Ecolabel- und GPP-Kriterien für Bürogebäude .....                                                                                    | 59        |
| 3.16     | Das EU-Umweltzeichen für Lichtquellen.....                                                                                              | 59        |
| 3.17     | Zusammenfassung und Ausblick .....                                                                                                      | 60        |
|          | Literaturverzeichnis .....                                                                                                              | 63        |
| <b>4</b> | <b>Beleuchtungsaufgaben im Industriebereich.....</b>                                                                                    | <b>65</b> |
| 4.1      | Arbeitsstätten in Innenräumen .....                                                                                                     | 65        |
| 4.1.1    | Normung .....                                                                                                                           | 66        |
| 4.1.2    | Produktivitätsfaktor Licht.....                                                                                                         | 67        |
| 4.1.3    | Licht für die Sehaufgabe .....                                                                                                          | 71        |
| 4.1.4    | Energieeffizientes Licht .....                                                                                                          | 73        |

|         |                                                                                     |            |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1.5   | DIN EN 12464-1 [2] – ASR A3.4.....                                                  | 75         |
| 4.1.6   | Wartung.....                                                                        | 77         |
| 4.2     | Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien.....                                       | 82         |
| 4.2.1   | Grundlagen der Gestaltung der Beleuchtung<br>von Arbeitsstätten im Freien.....      | 82         |
| 4.2.2   | Lichttechnische Anforderungen .....                                                 | 83         |
| 4.2.3   | Gegenüberstellung der Anforderungen der<br>DIN EN 12464-1 [2] und der ASR A3.4..... | 89         |
| 4.2.4   | Verkehr, Straßen und Wege.....                                                      | 92         |
| 4.2.5   | Lager und Logistik .....                                                            | 96         |
| 4.2.6   | Baustellen .....                                                                    | 98         |
| 4.2.7   | Kanäle, Schleusen und Hafenanlagen .....                                            | 99         |
| 4.2.8   | Flughäfen und Bahnanlagen .....                                                     | 101        |
| 4.3     | Tageslichttechnik .....                                                             | 102        |
| 4.3.1   | Tageslichttechnik mit Fenster .....                                                 | 108        |
| 4.3.2   | Tageslicht Dachoberlichter.....                                                     | 111        |
| 4.3.2.1 | Lichttechnische Planung .....                                                       | 112        |
| 4.4     | Not- und Sicherheitsbeleuchtung.....                                                | 150        |
| 4.4.1   | Allgemeines .....                                                                   | 150        |
| 4.4.2   | Historie zu den lichttechnischen Anforderungen<br>in der Notbeleuchtung.....        | 151        |
| 4.4.3   | Änderungen in DIN EN 1838:2013-10 [66]<br>gegenüber der Ausgabe von 1999 [81] ..... | 152        |
| 4.4.4   | Wesentliche Aspekte der DIN EN 1838 [66].....                                       | 153        |
| 4.4.4.1 | Arten der Notbeleuchtung .....                                                      | 153        |
| 4.4.4.2 | Sicherheitsbeleuchtung.....                                                         | 154        |
| 4.4.4.3 | Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege .....                                       | 154        |
| 4.4.4.4 | Antipanikbeleuchtung .....                                                          | 156        |
| 4.4.4.5 | Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze<br>mit besonderer Gefährdung.....          | 157        |
| 4.4.4.6 | Ersatzbeleuchtung.....                                                              | 158        |
| 4.4.5   | Anforderungen an Sicherheitszeichen .....                                           | 159        |
|         | Literaturverzeichnis .....                                                          | 160        |
| 5       | <b>Wirkung des Lichtes auf den Menschen.....</b>                                    | <b>167</b> |
| 5.1     | Circadianer Wirkrhythmus .....                                                      | 171        |
| 5.2     | Aktivierende Wirkung von Licht.....                                                 | 177        |
| 5.3     | Folgerungen für die Industriebeleuchtung.....                                       | 178        |
| 5.4     | Stand der Normung.....                                                              | 180        |
|         | Literaturverzeichnis .....                                                          | 184        |

|          |                                                                                 |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6</b> | <b>Elektrische Lichtquellen .....</b>                                           | <b>189</b> |
| 6.1      | Übersicht und Struktur der relevanten Normen<br>für Lichtquellen .....          | 189        |
| 6.2      | Glühlampen .....                                                                | 189        |
| 6.2.1    | Funktionsprinzip .....                                                          | 189        |
| 6.2.2    | Lichtausbeute.....                                                              | 192        |
| 6.2.3    | Lichtspektrum und Farbtemperatur .....                                          | 192        |
| 6.2.4    | Lebensdauer.....                                                                | 193        |
| 6.2.5    | Niedervolt-Glühlampen .....                                                     | 193        |
| 6.2.6    | Halogen-Glühlampen .....                                                        | 194        |
| 6.3      | Niederdruck-Entladungslampen .....                                              | 194        |
| 6.3.1    | Leuchtstofflampen (Quecksilberdampf-<br>Niederdrucklampe).....                  | 194        |
| 6.3.1.1  | Einsatz von T5-Lampenadapter für T8-Leuchten .....                              | 197        |
| 6.3.2    | Natrium-Niederdrucklampe .....                                                  | 199        |
| 6.4      | Hochdruck-Entladungslampen .....                                                | 201        |
| 6.4.1    | Übersicht Entladungslampen.....                                                 | 201        |
| 6.4.2    | Lebensdauer und Gleichrichtereffekt bei<br>Hochdruck-Entladungslampen.....      | 203        |
| 6.5      | LED-Lichtquellen .....                                                          | 204        |
| 6.5.1    | Technische Grundlagen von LED-Lichtquellen.....                                 | 204        |
| 6.5.2    | Definitionen von Begriffen der LED-Lichtquellen-<br>technologie .....           | 211        |
| 6.6      | Retrofit-Lampen .....                                                           | 212        |
|          | Literaturverzeichnis .....                                                      | 216        |
| <b>7</b> | <b>Sonderthemen mit LED .....</b>                                               | <b>217</b> |
| 7.1      | Umwelteinflüsse, chemische Beständigkeit .....                                  | 217        |
| 7.2      | Lebensdauer .....                                                               | 220        |
| 7.3      | Thermomanagement .....                                                          | 226        |
| 7.3.1    | Einfluss des Thermomanagements auf die licht-<br>technischen Eigenschaften..... | 226        |
| 7.3.2    | Grundlagen der Wärmeübertragung .....                                           | 228        |
| 7.3.3    | Durchführung des Thermomanagements .....                                        | 232        |
| 7.4      | Binning und Farbwiedergabe .....                                                | 234        |
| 7.4.1    | Farbraum und MacAdam-Ellipsen.....                                              | 234        |
| 7.4.2    | Binning von LEDs .....                                                          | 239        |
| 7.4.3    | Farbwiedergabe .....                                                            | 245        |
|          | Literaturverzeichnis .....                                                      | 257        |

|          |                                                                                                 |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>8</b> | <b>Betriebsgeräte.....</b>                                                                      | <b>259</b> |
| 8.1      | Übersicht und Struktur der relevanten Normen.....                                               | 262        |
| 8.2      | Betriebsgeräte für Leuchtstofflampen .....                                                      | 264        |
| 8.3      | Betriebsgeräte für Hochdruck-Entladungslampen.....                                              | 270        |
| 8.3.1    | Leistungsreduzierung bei Hochdruck-Entladungslampen .....                                       | 277        |
| 8.3.2    | Zündgeräte für Hochdruck-Entladungslampen.....                                                  | 279        |
| 8.4      | EVG für LED-Module (LED-Treiber) .....                                                          | 286        |
| 8.4.1    | Schutz gegen netzseitige Überspannungsspitzen.....                                              | 288        |
| 8.4.1.1  | Maßnahmen zur Verbesserung der Immunität von Leuchten in Verbindung mit LED-Vorschaltgeräten .. | 289        |
| 8.4.2    | Weitere Eigenschaften von LED-Vorschaltgeräten ....                                             | 291        |
| 8.4.3    | LED-Vorschaltgeräte mit Konstantstromquelle .....                                               | 292        |
| 8.4.4    | LED-Vorschaltgeräte mit Konstantspannungsquelle ..                                              | 293        |
| 8.5      | Betrieb von LED-Modulen an Netzspannung (ohne EVG).....                                         | 293        |
|          | Literaturverzeichnis .....                                                                      | 294        |
| <b>9</b> | <b>Dimmen, Überwachen und Steuern .....</b>                                                     | <b>297</b> |
| 9.1      | Dimmen von Lichtquellen .....                                                                   | 297        |
| 9.1.1    | Netzspannungsglühlampen und Hochvolt-Halogenglühlampen.....                                     | 298        |
| 9.1.2    | Niedervolt-Halogenglühlampen .....                                                              | 299        |
| 9.1.3    | Leuchtstofflampen .....                                                                         | 299        |
| 9.1.4    | Hochdruck-Entladungslampen.....                                                                 | 299        |
| 9.1.5    | LED-Lichtquellen.....                                                                           | 301        |
| 9.1.6    | Dimmen von LED-Lichtquellen .....                                                               | 302        |
| 9.1.6.1  | Analoges Dimmen .....                                                                           | 302        |
| 9.1.6.2  | Puls-Weiten-Modulation.....                                                                     | 303        |
| 9.1.6.3  | Kombinierte Analogsteuerung und Pulsweitenmodulation.....                                       | 304        |
| 9.2      | Dimmmethoden.....                                                                               | 304        |
| 9.2.1    | Dimmen mit analoger Schnittstelle 1–10 V.....                                                   | 304        |
| 9.2.2    | Dimmen mit der Schnittstelle „Digital Addressable Lighting Interface“ (DALI) .....              | 306        |
| 9.3      | Anwesenheitsdefinierte und tageslichtabhängige Steuerung/Regelung.....                          | 308        |
| 9.3.1    | Gebäudemanagementsystem.....                                                                    | 309        |
| 9.4      | Powerline .....                                                                                 | 310        |
| 9.5      | IP-basierende Systeme.....                                                                      | 311        |

|           |                                                                                                          |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.6       | Digitale lastleistungsseitige Schnittstelle zur Beleuchtungssteuerung (DLT) .....                        | 311        |
|           | Literaturverzeichnis .....                                                                               | 314        |
| <b>10</b> | <b>Sicherheitsanforderungen an Leuchten unter besonderer Berücksichtigung von LED-Lichtquellen .....</b> | <b>315</b> |
| 10.1      | Sicherheit nach IEC/EN 60598 .....                                                                       | 315        |
| 10.1.1    | Kennzeichnungen von Leuchten .....                                                                       | 315        |
| 10.1.2    | Schutzklassen .....                                                                                      | 321        |
| 10.1.3    | Hinweise in Montageanweisungen .....                                                                     | 323        |
| 10.1.4    | Thermische Anforderungen .....                                                                           | 325        |
| 10.1.5    | Schutz gegen elektrischen Schlag, Berührbarkeit von LED .....                                            | 329        |
| 10.1.6    | Kriech- und Luftstrecken .....                                                                           | 333        |
| 10.1.7    | Isolation von Leuchteneinbaukomponenten .....                                                            | 339        |
| 10.1.8    | IP-Schutzart, mechanische Sicherheit .....                                                               | 342        |
| 10.1.9    | Wartung, Austausch von Lampen und LED-Modulen .....                                                      | 346        |
| 10.1.10   | Photobiologische Sicherheit von Leuchten .....                                                           | 347        |
| 10.2      | Elektromagnetische Felder (EMF) von Leuchten .....                                                       | 352        |
| 10.2.1    | Wirkungen von EMF auf den menschlichen Organismus .....                                                  | 353        |
| 10.2.2    | Messverfahren zur Messung elektrischer Felder von Leuchten .....                                         | 354        |
| 10.2.3    | Anwendung der DIN EN 62493 [21] .....                                                                    | 356        |
| 10.2.4    | Abschätzungskriterien, ob die Anforderungen der DIN EN 62493 [21] eingehalten werden .....               | 359        |
| 10.2.5    | „Van der Hoofden“-Messaufbau für Leuchten .....                                                          | 361        |
|           | Literaturverzeichnis .....                                                                               | 362        |
| <b>11</b> | <b>Explosionsgeschützte Beleuchtung .....</b>                                                            | <b>365</b> |
| 11.1      | Einleitung .....                                                                                         | 365        |
| 11.2      | Gesetzliche Grundlagen .....                                                                             | 365        |
| 11.2.1    | Richtlinie 94/9/EG .....                                                                                 | 365        |
| 11.2.2    | EG-Richtlinie 99/92/EG .....                                                                             | 366        |
| 11.3      | Technische Grundlagen .....                                                                              | 367        |
| 11.3.1    | Gerätegruppen .....                                                                                      | 367        |
| 11.3.2    | Zoneneinteilung (nach Richtlinie 1999/92/EG) .....                                                       | 367        |
| 11.3.3    | Gerätekatégorien .....                                                                                   | 369        |
| 11.3.4    | Temperaturklassen gemäß IEC 60079-0 [2] .....                                                            | 370        |

|           |                                                                                                |            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 11.3.5    | Gruppe II .....                                                                                | 371        |
| 11.3.6    | Gruppe III .....                                                                               | 371        |
| 11.3.7    | Einordnung brennbarer Gase, Nebel, Dämpfe .....                                                | 371        |
| 11.3.8    | Zündschutzarten .....                                                                          | 371        |
| 11.3.8.1  | Druckfeste Kapselung „D“ .....                                                                 | 373        |
| 11.3.8.2  | Erhöhte Sicherheit „e“ .....                                                                   | 374        |
| 11.3.9    | Kennzeichnung .....                                                                            | 374        |
| 11.3.10   | Brennbare Stäube, Fasern und Flusen .....                                                      | 375        |
| 11.4      | Besondere Einsatzbedingungen .....                                                             | 378        |
|           | Literaturverzeichnis .....                                                                     | 379        |
| <b>12</b> | <b>Performance: Anforderungen an Lichtquellen und Leuchten .....</b>                           | <b>381</b> |
| 12.1      | Allgemeine Anforderungen an LED-Module<br>(DIN EN 62717 [3]) .....                             | 382        |
| 12.2      | Allgemeine Anforderungen an Leuchten<br>(DIN EN 62722-1[4]) .....                              | 388        |
| 12.3      | Spezielle Anforderungen an LED-Leuchten<br>(DIN EN 62722-2-1[5]) .....                         | 390        |
| 12.4      | Anwendungshinweise zu den DIN EN Arbeitsweise-<br>normen für LED-Module und LED-Leuchten ..... | 393        |
|           | Literaturverzeichnis .....                                                                     | 406        |
| <b>13</b> | <b>Kunststoffe im Leuchtenbau .....</b>                                                        | <b>409</b> |
| 13.1      | Definition der Bezeichnung Kunststoffe .....                                                   | 409        |
| 13.2      | Anforderungen an Kunststoffe .....                                                             | 410        |
| 13.2.1    | Mechanische Anforderungen .....                                                                | 410        |
| 13.2.2    | Thermische Anforderungen .....                                                                 | 413        |
| 13.2.3    | Beständigkeit gegen Feuer und Entzündung .....                                                 | 416        |
| 13.2.4    | Elektrische Anforderungen .....                                                                | 419        |
| 13.2.5    | Konstruktive Anforderungen an Kunststoffteile .....                                            | 422        |
| 13.2.5.1  | Kriech- und Luftstrecken .....                                                                 | 422        |
| 13.2.5.2  | Berührungsstrom und Schutzleiterstrom .....                                                    | 423        |
| 13.2.6    | Wasseraufnahme, UV- und chemische<br>Beständigkeit .....                                       | 424        |
| 13.3      | Thermoplaste .....                                                                             | 427        |
| 13.3.1    | Polymethylemetacrylat (PMMA) .....                                                             | 427        |
| 13.3.2    | Polycarbonat (PC) .....                                                                        | 431        |
| 13.3.3    | Polyamid (PA) .....                                                                            | 433        |
| 13.3.4    | Polypropylen (PP) .....                                                                        | 435        |

|           |                                                                                                                 |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 13.3.5    | Polyoxymethylen (POM).....                                                                                      | 436        |
| 13.3.6    | Polyvinylchlorid (PVC).....                                                                                     | 438        |
| 13.3.7    | Polybutylenterephthalat (PBT).....                                                                              | 439        |
| 13.3.8    | Polyethylen (PE).....                                                                                           | 440        |
| 13.3.9    | Polystyrol (PS), Styrol/Acrylnitril-Copolymer (SAN) .                                                           | 441        |
| 13.3.10   | Acrylnitril-Butadien-Styrol-Polymer (ABS).....                                                                  | 442        |
| 13.4      | Verarbeitungsverfahren für Thermoplaste .....                                                                   | 443        |
| 13.4.1    | Spritzgießen .....                                                                                              | 443        |
| 13.4.2    | Extrusion .....                                                                                                 | 447        |
| 13.4.3    | Warmverformung/Thermoformen.....                                                                                | 448        |
| 13.4.4    | Rotationsformen .....                                                                                           | 449        |
| 13.5      | Duroplast [glasfaserverstärktes ungesättigtes Polyester<br>(GF-UP)].....                                        | 451        |
|           | Literaturverzeichnis .....                                                                                      | 455        |
| <b>14</b> | <b>Elektromagnetische Verträglichkeit von Leuchten .....</b>                                                    | <b>457</b> |
| 14.1      | Gesetzliche Grundlagen – Das EMV-Gesetz (EMVG).....                                                             | 458        |
| 14.2      | CE-Kennzeichnung und Konformitätsbewertung .....                                                                | 459        |
| 14.3      | Normungsgremien .....                                                                                           | 461        |
| 14.4      | Störaussendung.....                                                                                             | 462        |
| 14.5      | Störfestigkeit.....                                                                                             | 472        |
| 14.6      | Netzstromüberschwingungen .....                                                                                 | 472        |
| 14.7      | Spannungsschwankungen und Flicker.....                                                                          | 475        |
| 14.8      | Verhalten von unabhängigen Komponenten und<br>Retrofit-Lampen .....                                             | 479        |
| 14.9      | Verhalten von Einbaukomponenten .....                                                                           | 479        |
| 14.10     | Verhalten von kompletten Leuchten .....                                                                         | 480        |
|           | Literaturverzeichnis .....                                                                                      | 481        |
| <b>15</b> | <b>Zertifizierungsverfahren von Leuchten .....</b>                                                              | <b>483</b> |
| 15.1      | Die CE-Kennzeichnung .....                                                                                      | 483        |
| 15.1.1    | Richtlinien .....                                                                                               | 483        |
| 15.1.2    | EU-Konformitätserklärung.....                                                                                   | 484        |
| 15.2      | Nationale Zulassungen durch Prüf- und Zertifizierungs-<br>institute (z. B. Sicherheit, Arbeitsweise, EMV) ..... | 485        |
| 15.2.1    | Privatrechtliche Prüfzeichen für Sicherheit<br>(Beispiel VDE-Zeichen) .....                                     | 485        |
| 15.2.2    | Nationale gesetzliche Zeichen für Sicherheit (DE) ...                                                           | 486        |

|           |                                                                                                                                                   |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 15.2.3    | Privatrechtliches EMC-Zeichen<br>(Beispiel VDE-EMC-Zeichen) .....                                                                                 | 487        |
| 15.2.4    | Privatrechtliche Zertifikate über die Einhaltung<br>der Arbeitsweise .....                                                                        | 488        |
| 15.2.4.1  | Zertifikate zur ErP-Richtlinie .....                                                                                                              | 488        |
| 15.2.4.2  | Zertifikate zur Lichtverteilungskurve (LVK) .....                                                                                                 | 489        |
| 15.2.4.3  | Zertifikate zu photometrischen Eigenschaften .....                                                                                                | 489        |
| 15.2.4.4  | Zertifikat zu Arbeitsweiseeigenschaften .....                                                                                                     | 490        |
| 15.2.4.5  | Das Zertifikat Qualitätsprodukte .....                                                                                                            | 490        |
| 15.3      | Europäische Zulassungen.....                                                                                                                      | 490        |
| 15.3.1    | ENEC-Zeichen.....                                                                                                                                 | 490        |
| 15.3.2    | ENEC+ .....                                                                                                                                       | 492        |
| 15.4      | Internationale Zulassungen (CB-Verfahren) .....                                                                                                   | 494        |
|           | Literaturverzeichnis .....                                                                                                                        | 495        |
| <b>16</b> | <b>Energieeffizienz .....</b>                                                                                                                     | <b>497</b> |
| 16.1      | Übersicht der europäischen Richtlinien.....                                                                                                       | 497        |
| 16.2      | Produktanforderungen für Lichtquellen,<br>Betriebsgeräte und Leuchten .....                                                                       | 499        |
| 16.2.1    | Ungerichtete Lichtquellen, Verordnungen<br>244, 859 und 1428.....                                                                                 | 501        |
| 16.2.2    | Lampen, Betriebsgeräte und Leuchten<br>für den tertiären Bereich, Verordnung<br>245, 347 und 1428.....                                            | 503        |
| 16.2.3    | Gerichtete Lichtquellen einschließlich LED und<br>LED-Module, LED-Betriebsgeräte und LED-<br>Leuchten, Verordnung 1194/2012 und<br>1428/2015..... | 511        |
| 16.2.4    | Energieverbrauchskennzeichnung von<br>elektrischen Lampen und Leuchten,<br>Verordnung 874/2012 .....                                              | 521        |
| 16.3      | Gebäude und Anlagen .....                                                                                                                         | 524        |
| 16.3.1    | Energetische Bewertung von Gebäuden –<br>Energetische Anforderungen an die Beleuchtung,<br>EN 15193 [1] .....                                     | 524        |
| 16.3.2    | National: ENEC (DIN EN 15603 [3] etc.,<br>DIN V 18599 [4]) .....                                                                                  | 525        |
| 16.4      | EU Eco-Label und „Blauer Engel“, „EU-Blume“ .....                                                                                                 | 525        |
|           | Literaturverzeichnis .....                                                                                                                        | 527        |
|           | <b>Stichwortverzeichnis.....</b>                                                                                                                  | <b>528</b> |