

Dr. phil. Walter Witting (Autor)  
Bartenbach Lichtgestaltung GmbH (Hg.)

## **Licht. Sehen. Gestalten.**

Lichttechnische und wahrnehmungspsychologische  
Grundlagen für Architekten und Lichtdesigner

Birkhäuser  
Basel

# Inhaltsverzeichnis

## LICHT UND LEBEN – Warm-up

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| 1.1   | Ein wenig Historisches          | 2  |
| 1.2   | Licht ist nicht sichtbar!       | 21 |
| 1.3   | Das elektromagnetische Spektrum | 22 |
| 1.4   | Solarkonstante                  | 26 |
| 1.5   | Solarstrahlung                  | 27 |
| 1.6   | Jenseits von Rot und Blau       | 32 |
| 1.6.1 | Ultraviolette Strahlung (UV)    | 32 |
| 1.6.2 | Infrarote Strahlung (IR)        | 36 |
| 1.7   | Empfindung und Licht            | 38 |
| 1.7.1 | Mensch                          | 38 |
| 1.7.2 | Pflanzen                        | 41 |
| 1.7.3 | Besondere Tiere                 | 45 |

## LICHT UND PHYSIK – Lichttechnische Grundlagen

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 2.1     | Grundgrößen der Lichtmessung                              | 50  |
| 2.1.1   | Raumwinkel [ $\Omega$ ]                                   | 50  |
| 2.1.2   | Lichtstrom [ $\Phi$ ]                                     | 57  |
| 2.1.2.1 | <i>Lichtausbeute</i>                                      | 61  |
| 2.1.2.2 | <i>Wirkungsgrade</i>                                      | 62  |
| 2.1.3   | Lichtstärke [I]   | 67  |
| 2.1.3.1 | <i>Lichtstärkeverteilungskurve (LVK)</i>                  | 68  |
| 2.1.4   | Beleuchtungsstärke [E]                                    | 73  |
| 2.1.4.1 | <i>Wirkungsgradverfahren</i>                              | 76  |
| 2.1.4.2 | <i>Quadratisches Entfernungsgesetz</i>                    | 77  |
| 2.1.4.3 | <i>Darstellung der Verteilung von Beleuchtungsstärken</i> | 84  |
| 2.1.4.4 | <i>Der Sonnenstand über Jahr und Tag</i>                  | 88  |
| 2.1.4.5 | <i>Der Tageslicht-Quotient [TQ]</i>                       | 89  |
| 2.1.5   | Leuchtdichte [L]  | 96  |
| 2.1.5.1 | <i>Messung der Leuchtdichte</i>                           | 98  |
| 2.1.5.2 | <i>Der Lambert-Strahler</i>                               | 100 |
| 2.1.5.3 | <i>Leuchtdichte und Ergonomie</i>                         | 102 |
| 2.1.6   | Zusammenfassung   | 104 |
| 2.2     | Farbtemperatur  | 104 |
| 2.2.1   | Temperaturstrahler  | 106 |
| 2.2.2   | Spektrale Zusammensetzung von Lichtquellen                | 111 |
| 2.2.3   | CIE-Farbdreieck   | 114 |
| 2.3     | Farbwiedergabe  | 121 |
| 2.4     | Wechselwirkung von Licht und Material                     | 129 |
| 2.4.1   | Reflexion – Absorption – Transmission                     | 131 |
| 2.4.1.1 | <i>Transmission und Brechung des Lichts</i>               | 138 |
| 2.4.2   | Konservatorische Aspekte der Beleuchtung                  | 144 |
| 2.5     | Lichtfarbe und Lichtmenge: Behaglichkeit                  | 151 |

## **LICHT UND AUGE – Psychophysiologie der Sehfunktionen**

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>3.1</b> | <b>Das menschliche Auge und seine Sehfunktionen</b>                                 | <b>156</b> |
| 3.1.1      | Ein wenig Evolution   | 156        |
| <b>3.2</b> | <b>Anatomischer Aufbau des Auges</b>  | <b>161</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Physiologie der Netzhaut</b>   | <b>166</b> |
| 3.3.1      | Typologie und Verteilung der Rezeptoren   | 167        |
| 3.3.2      | Spektrale Empfindlichkeit der Rezeptoren  | 170        |
| <b>3.4</b> | <b>Akkommodation (Entfernungsanpassung)</b>   | <b>171</b> |
| 3.4.1      | Augenoptik  | 171        |
| 3.4.2      | Akkommodationsbreite  | 174        |
| 3.4.3      | Kurzsichtig – Weitsichtig   | 177        |
| 3.4.4      | Blaues Licht und rotes Licht  | 178        |
| <b>3.5</b> | <b>Adaptation (Helligkeitsanpassung)</b>  | <b>182</b> |
| 3.5.1      | Pupillenreaktion  | 184        |
| 3.5.2      | Rezeptoradaptation  | 186        |
|            | 3.5.2.1 <i>Retinale Lokaladaptation</i>   | 189        |
|            | 3.5.2.2 <i>Zusammenfassung</i>  | 190        |
| 3.5.3      | Adaptation und Gesichtsfeld   | 191        |
| 3.5.4      | Blendung und Adaptation   | 198        |
|            | 3.5.4.1 <i>Schleierleuchtdichte</i>   | 201        |
|            | 3.5.4.2 <i>Kontrastminderung durch Blendung</i>                                     | 201        |
|            | 3.5.4.3 <i>Transiente Blendung/Adaptation</i>                                       | 203        |
|            | 3.5.4.4 <i>UGR-Blendformel</i>  | 204        |
| <b>3.6</b> | <b>Sehwellen: Grenzwerte der visuellen Wahrnehmung</b>                              | <b>206</b> |
| 3.6.1      | Absolutschwelle   | 207        |
| 3.6.2      | Reizstärke und Empfindung (Weber-Fechner'sches Gesetz)                              | 209        |
| 3.6.3      | Ortsschwelle: Sehschärfe  | 212        |
|            | 3.6.3.1 <i>Visus: Definition der Sehschärfe</i>                                     | 212        |
|            | 3.6.3.2 <i>Räumliche Verschmelzung (Anwendungsbeispiel)</i>                         | 217        |
| 3.6.4      | Gesichtsfeld und Scharfsehen  | 221        |
| 3.6.5      | Unterschiedsschwelle – Kontrastschwelle   | 223        |
| 3.6.6      | Kontrastmaße  | 224        |
| 3.6.7      | Leuchtdichtekontrast versus Farbkontrast  | 226        |
| 3.6.8      | Weiche/Harte Kontraste  | 227        |
| 3.6.9      | Unterschiedsempfindlichkeit   | 229        |
| 3.6.10     | Kontrast und Sehleistung  | 230        |
| 3.6.11     | Zeitschwelle – Verschmelzungsfrequenz   | 236        |
| <b>3.7</b> | <b>Gesichtsfeldparameter</b>  | <b>239</b> |
| 3.7.1      | Gesichtsfeld für Stäbchensehen  | 239        |
| 3.7.2      | Gesichtsfeld für Zapfensehen (Farbsehen)  | 241        |
| <b>3.8</b> | <b>Feldkomponenten des Gesichtssinns und ihre Bedeutung als Informationsquellen</b> | <b>242</b> |
| 3.8.1      | Sehen als Erkundungsverhalten im Raum   | 242        |
| 3.8.2      | Der Feldbegriff in der optischen Wahrnehmung  | 246        |
| <b>3.9</b> | <b>Erweiterte Differenzierung des Gesichtsfeldes</b>                                | <b>249</b> |
| 3.9.1      | Primäres Infeld   | 250        |
| 3.9.2      | Sekundäres Infeld   | 253        |

|             |   |            |
|-------------|---|------------|
| 3.9.3       | Primäres Umfeld                         | 254        |
| 3.9.4       | Sekundäres Umfeld                       | 256        |
| 3.9.5       | Tertiäres Umfeld                        | 258        |
| 3.9.6       | Darstellung der Gesichtsfeldanteile     | 260        |
| <b>3.10</b> | <b>Theoretisches Leuchtdichtemodell</b> | <b>260</b> |
| 3.10.1      | Stabilität der Wahrnehmung              | 265        |

## **LICHT UND WAHRNEHMUNG – Interpretative visuelle Apperzeption**

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>4.1</b> | <b>Einleitung</b>   | <b>270</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Modellkonstrukte der visuellen Wahrnehmung</b>                 | <b>274</b> |
| 4.2.1      | Drei-Stufen-Modell  | 274        |
| 4.2.2      | Flaschenhals-Modell   | 278        |
| <b>4.3</b> | <b>Reizkontext und Wahrnehmung</b>                                | <b>280</b> |
| 4.3.1      | Tarnung   | 285        |
| <b>4.4</b> | <b>Konstanzleistungen der visuellen Wahrnehmung</b>               | <b>289</b> |
| 4.4.1      | Größenkonstanz  | 291        |
| 4.4.2      | Formkonstanz  | 293        |
| 4.4.3      | Farb- und Helligkeitskonstanz                                     | 296        |
| <b>4.5</b> | <b>Gestaltpsychologische Prinzipien der visuellen Wahrnehmung</b> | <b>302</b> |
| 4.5.1      | Gleichartigkeit und Nähe  | 303        |
| 4.5.2      | Geschlossenheit   | 307        |
| 4.5.3      | Gute Fortsetzung  | 309        |
| 4.5.3.1    | <i>Interposition</i>  | 316        |
| 4.5.4      | Einfache Form (Gestalt)   | 319        |
| 4.5.4.1    | <i>Superzeichenbildung – Piktogramme – Symbole</i>                | 321        |
| 4.5.5      | Figur und Hintergrund   | 326        |
| 4.5.6      | Gemeinsame Helligkeit/Farbe                                       | 331        |
| 4.5.7      | Gemeinsames Schicksal   | 332        |
| 4.5.8      | »Gestalten am Himmel«   | 333        |
| <b>4.6</b> | <b>Tiefenwahrnehmung</b>  | <b>335</b> |
| 4.6.1      | Binokulare Tiefenkriterien der visuellen Wahrnehmung              | 335        |
| 4.6.1.1    | <i>Disparität</i>   | 335        |
| 4.6.1.2    | <i>Konvergenzwinkel</i>   | 337        |
| 4.6.1.3    | <i>Akkommodation</i>  | 338        |
| 4.6.1.4    | <i>Schärfentiefe</i>  | 339        |
| 4.6.1.5    | <i>Bewegungsparallaxe</i>   | 342        |
| 4.6.2      | Monokulare Tiefenkriterien der visuellen Wahrnehmung              | 345        |
| 4.6.2.1    | <i>Relative Größe</i>   | 347        |
| 4.6.2.2    | <i>Relative Klarheit</i>  | 347        |
| 4.6.2.3    | <i>Interposition</i>  | 348        |
| 4.6.2.4    | <i>Perspektivischer Kontext</i>                                   | 349        |
| 4.6.2.5    | <i>Transparenz-Suggestion</i>                                     | 352        |
| 4.6.2.6    | <i>Licht und Schatten</i>   | 353        |
| 4.6.2.7    | <i>Strukturgradienten</i>   | 358        |
| 4.6.2.8    | <i>Horizont-Suggestion</i>  | 361        |
| 4.6.2.9    | <i>Größen-Erfahrung</i>   | 363        |

## **DAS PHÄNOMEN FARBE – Physikalisches und Psychologisches**

|         |                                       |     |
|---------|---------------------------------------|-----|
| 5.1     | Einleitung                            | 366 |
| 5.2     | Objektive Erfassung von Farben        | 367 |
| 5.2.1   | Farbmischung                          | 367 |
| 5.2.2   | Additive Farbmischung                 | 367 |
| 5.2.2.1 | <i>Der Farbenkreis</i>                | 369 |
| 5.2.3   | Subtraktive Farbmischung              | 370 |
| 5.2.4   | Komplementärfarben                    | 372 |
| 5.2.5   | Sättigung                             | 372 |
| 5.3     | Der L*a*b*-Farbraum                   | 374 |
| 5.4     | Zwei Farbsysteme                      | 377 |
| 5.4.1   | RAL-Farbsystem                        | 378 |
| 5.4.2   | Natural-Colour-System (NCS)           | 380 |
| 5.5     | Psycho-assoziative Wirkung von Farben | 387 |
| 5.5.1   | Lasst Farben sprechen!                | 387 |
| 5.5.1.1 | <i>Farb-Synästhesie</i>               | 389 |
| 5.5.2   | Wissenschaftliches                    | 390 |
| 5.5.2.1 | <i>ROT-Facetten</i>                   | 393 |
| 5.5.2.2 | <i>GRÜN-Facetten</i>                  | 398 |
| 5.5.2.3 | <i>BLAU-Facetten</i>                  | 402 |
| 5.5.2.4 | <i>GELB-Facetten</i>                  | 407 |
| 5.5.2.5 | <i>VIOLETT-Facetten</i>               | 413 |
| 5.5.2.6 | <i>BRAUN-Facetten</i>                 | 418 |
| 5.5.2.7 | <i>SCHWARZ-Facetten</i>               | 423 |
| 5.5.2.8 | <i>WEISS-Facetten</i>                 | 428 |
| 5.5.3   | Zusammenfassung                       | 434 |

## **ANHANG**

|     |                      |     |
|-----|----------------------|-----|
| 6.1 | Stichwortverzeichnis | 438 |
| 6.2 | Abbildungsnachweis   | 449 |
| 6.3 | Literaturverzeichnis | 457 |
| 6.4 | Epilog               | 460 |