

Konfliktfeld Licht.

Das Thema „Licht und Mensch“ ist komplex und breit aufgestellt. Hier stoßen die Wissenschaftsbereiche Physik, Medizin (Physiologie und Psychologie), Ökonomie, Umweltschutz und Bauwirtschaft zusammen. Das Leitmotiv dieses Beitrages sind die Lichteigenschaften und die damit verbundene Raumwirkung sowie die Empfindung des Menschen.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde wissenschaftlich bestätigt, dass Licht die menschliche Gesundheit beeinflusst. Es wirkt auf physiologische und biologische Prozesse. Licht steuert und organisiert unseren Tagesverlauf. Falsche oder nicht ausreichende Lichtverhältnisse machen Menschen krank. Besonders empfindlich sind Kinder. Nach derzeitigen Untersuchungen findet man Fotosensibilität (Lichtempfindlichkeit) bei ca. 8% aller Kinder im Alter von 5 bis 15 Jahren [1]. Andererseits hat sich die photobiologische Therapie mit Licht etabliert. Sie zeigt eine positive gesundheitliche Wirkung und wird mehr und mehr als Behandlungsmethode verwendet. [2]

Der natürliche Sonnenrhythmus mit Lichtwechsel besteht aus Morgen, Tag, Abend und Nacht. Entsprechend können wir von einer Aufwachphase, einer Versorgungs- oder Haupttätigkeitsphase bzw. einer aktiven Arbeitsphase und Phase sozialer Kommunikation (Hobby, Austausch, Kontakt mit Familie und Freunde) sprechen, der eine Erholungs- bzw. Schlafphase folgt. Unser Gehirn reagiert entsprechend dieser Struktur. In Bereichen hoher physischer wie psychischer Aktivität, z.B. der Sport- oder Arbeitswelt, ist die falsche Wahl der Lichtstärke bzw. Lichtintensität durch die Direktblendung folgeschwer. Kinder sind dieser Gefahr besonders ausgesetzt, weil sich ihre Augenlinsen noch in der Entwicklung befinden und das Licht nicht ausreichend filtern können [3].

Für einen Architekten als Planer besteht die Aufgabe, ein vielseitiges und individuelles Raumkonzept mit Berücksichtigung der richtigen Beleuchtungsverhältnisse zu entwickeln und eine architektonische Qualität und Funktionalität des Raums zu erzeugen.

Eine notwendige und unfallsichere Beleuchtung, die Blendung und Reflexionen vermeidet, ist Pflicht und gesetzlich geregelt. Es wurde ausführlich von Wissenschaftlern untersucht und bei der Arbeitsstättenrichtlinie ASR A3.4 [4] festgelegt. Ferner beschreibt der neue Entwurf der VDI-Richtlinie 6011:2015-04 [5] die Grundlagen der Raumbelichtung, den Umgang mit unterschiedlichen Lichtquellen und gibt Empfehlungen zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität für Menschen in Gebäuden.

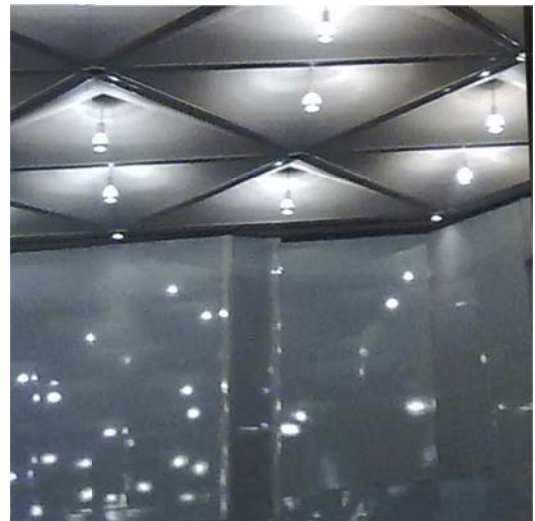


Bild 1.
Reflexionen bzw. störenden starken Spiegelungen

[1] Dr. med. Helmut Volkers <http://www.anfallskind.de/86.htm>

[2] „Heilende Krankenhausarchitektur“ <http://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/gesundheitsarchitektur-100.html>

[3] Dr. A. E. Çakır http://www.lichtundgesundheit.de/Lichtundgesundheit/LEDs_als_Gefahr.html

[4] ASR A3.4 Technische Regel für Arbeitsstätten „Beleuchtung“

[5] VDI „LED-Beleuchtungen“- Praktischer Leitfaden für die Auswahl in Privathaushalten; September 2014 https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gma_dateien/z06_Verbrauchertipps_LED_FINAL_WEB.pdf

Die Regelwerke schreiben „eine angemessene natürliche und / oder künstliche Beleuchtung“ vor, obwohl das Adjektiv „angemessen“ dabei nicht weiter definiert wird. Die sensorische Farbbeurteilung unter verschiedenen Beleuchtungssystemen ist diesbezüglich von hoher Bedeutung. [6]

Bei der Wahl von Leuchtmitteln, die nach Einsatz- und Anspruchsprofil unterschiedlich sein können, sind der Farbwiedergabeindex und die Lichtfarbe entscheidend. Standardlichtfarben sind historisch in fünf Gruppen unterteilt und für den Benutzer in Kelvin angegeben. Wichtig ist die Dosierung der Wirkung von Helligkeit und Lichtfarbe: Kalte Lichtfarben regen zu Aktivitäten an, aber bei übermäßiger Helligkeit sowie erhöhtem Blauspektrum kann dies zu Nervosität oder gar Aggressivität führen sowie eine Abneigung hervorrufen, sich in einem Raum aufzuhalten [7]. Starke Kontraste oder flackerndes Licht, z.B. mit unregelmäßigem Spitze-Welle-Muster, können zudem Konzentrationsstörungen bewirken [1]. In diesem Zusammenhang ist die unbewusste Abneigung von Schülern gegen Sportunterricht in der Halle im Vergleich zu Sportaktivität im Außenbereich bekannt, wofür das „unangenehme“, übermäßig kalte, künstliche Lichtspektrum ursächlich sein kann. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, sollte Licht mit alternativen Lichtquellen oder eine Einrichtung mit warmen Farben verwendet werden.

Die berühmte Angst vor der zahnärztlichen Behandlung liegt auch zum Teil an der unterbewussten Wahrnehmung von kaltem, künstlichem Licht in weiß gefliesten, unpersönlich wirkenden Räumen. Der Patient braucht ein Geborgenheitsgefühl, das bereits im Wartebereich durch angenehmere Lichtverhältnisse erzeugt werden kann. Bei der Gestaltung von Arztpraxen wird heute mehr und mehr die langjährige Tradition des kalten und sterilen Designs durchbrochen. Die beruhigende Wirkung und das Gefühl des Wohlbefindens werden durch eine freundliche Farbwahl erreicht.

Als weitere positive Beispiele sind Gestaltungen in neuen Kindergärten zu nennen, bei denen Erzieher und Planer mit der Wahl von warmen Farben der Einrichtung ein freundliches Flair verleihen.

Die normativen Grundlagen für Lichtquellen und Eigenschaften sind in der CIE 845-03-34 [8] und der DIN 5033 [9] festgelegt. Für das Arbeitsumfeld werden diese in branchenspezifischen Regelwerken aufgeführt [4]. Durch die rasante industrielle Entwicklung in diesem Bereich bilden sich immer wieder neue „Nischenbereiche“ [10]. Sehr kompliziert ist die sensorische Farb- und Lichtbeurteilung unter verschiedenen Beleuchtungssystemen und deren Kombinationen.

Aktuell steht die Entwicklung von ökonomischen und umweltfreundlichen, modernen Lichttechnologien unter Verwendung von LED (light-emitting diode) und OLED (organic light-emitting diode) im Fokus. Diese Lichtquellen sind nachhaltig, energieeffizient und haben eine lange Lebensdauer. Sie sind quecksilberfrei, emittieren keine UV-Strahlen und sind daher umwelt- und gesundheitsverträglich. Diese Lichttechnologien helfen außerdem, den weltweiten Ausstoß von Treibhausgas zu reduzieren.

Zur Freude der Architekten sind sie kompakt und flexibel, was bei Gestaltungen äußerst praktisch ist. Des Weiteren existieren in Europa viele Normen zu LED- und OLED-Lampen, zu Produktspezifikationen und Sicherheitsanforderungen sowie zu Grenzwerten und Messungen für Funkstörungen und sonstigen lichttechnischen Größen, z.B. DIN EN 13032-4:2015-08 [11], DIN EN 62504:2015-06 [12] DIN EN 62442-3; VDE 0712-27:2015-03 [13].

[4] ASR A3.4 Technische Regel für Arbeitsstätten „Beleuchtung“

[6] VO (EG) 852/2004; DIN EN 13032-4:2015-08 Licht und Beleuchtung - Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten - Teil 4

[7] Dr. Rüdiger Paschotta Artikel „Spektrum des sichtbaren Lichts“ Auszug aus RP-Energie-Lexikon https://www.energielexikon.info/energiesparlampen_gesundheitsschaedlich.html

[8] CIE 845-03-34 CIE-Normfarbsystem siehe EN ISO 11664-3:2013-08: Farbmeterik - Teil 3: CIE-Farbwerte (ISO 11664-3:2012); Colorimetry - Part 3: CIE tristimulus values (ISO 11664-3:2012) Deutsche Fassung EN ISO 11664-3:2013, Berlin Beuth Verlag

[9] DIN 5033: 2009-05 Farbmessung - Teil 1: Grundbegriffe der Farbmeterik. Berlin Beuth Verlag

[10] BAuA „Verbraucherinformation zu Licht emittierenden Dioden (LED)“

Licht aus Licht emittierenden Dioden(LED) hat zahlreiche positive Eigenschaften, aber auch Nachteile. So kann starkes und kontrastreiches Licht nicht nur eine Komforteinbuße zur Folge haben, sondern auch innere Unruhe auslösen. Das deutsche Fraunhofer Institut fordert nach heutigem Wissensstand [14], dass Licht unter Berücksichtigung der Lichtwirkung anhand von quantitativen Parametern (z.B. Intensität, Spektralverteilung, Lichtfarbe) ausgewählt wird. Heute ist es wissenschaftlich bewiesen, dass jede Altersgruppe eine individuelle Lichtintensivität braucht.

Das Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) macht auf folgende technische Aspekte aufmerksam, dass bei dem Austausch von alten Leuchtobjekten gegen neue Technologien soll auch auf Kompatibilität geachtet werden. Eine andere Lichtintensivität und Lichtstreuung ändern die lichttechnischen Merkmale der Raumbelichtung.

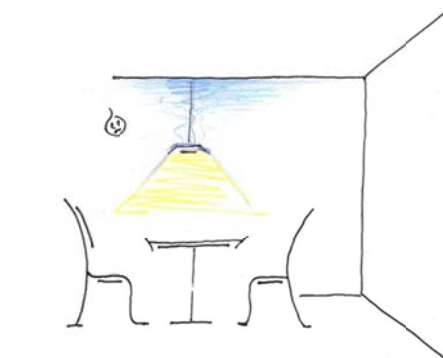
Zitat: „Einige dieser LED-Lampen ... verfügen über keinen oder keinen ausreichenden Berührungsschutz.“ [15].

Die Hersteller sind aufgefordert – u.a. nach EU-Verordnung – zumindest bei Lampen mit Richtwirkung zwingend u.a. den Abstrahlwinkel zu nennen, außerdem neben dem Lichtstrom in Lumen auch die Lichtstärke in Candela [16]. Ein kleiner Abstrahlwinkel bedeutet einerseits eine intensive Flächenbeleuchtung, aber gleichzeitig einen größeren Schattenbereich rund um und Kontrast zu der nicht beleuchteten Fläche. Die Konzentration von dunkleren Tönen in der Umgebung wirkt fest, schwer und kompakt.

Ein direkter Vergleich der LED Lampe zur konventionellen Glühlampe oder zum Halogenstrahler ist jedoch nicht einfach. Die bisherigen Glühbirnen verfügten über einen ca. 360° Abstrahlwinkel. Handelsübliche Halogenstrahler haben einen Abstrahlwinkel von nur ca. 30-35 Grad. Der Abstrahlwinkel von LED-Lampen kann zwischen 25° und 120° (z.B. bei LED-Streifen) variieren. [17]



Bild 2.
(Fotoaufnahmen u. Grafik V. Wolf)



Deckenleuchte abgehängt; Downlight

Hier wird in Bild 2 ein Standardbeispiel eines Besprechungsbereiches mit starkem Kontrast von blendender LED-Hängeleuchte zu drückender dunkler Decke gezeigt.

Generell eignet sich für die Grundbeleuchtung von Wohnräumen ein Abstrahlwinkel von 120°. Möchte man hingegen Wegbereiche ausleuchten, ist ein Abstrahlwinkel von 90° zu empfehlen.

Der Abstrahlwinkel und die Abstrahlrichtung der Leuchtmittel müssen sorgfältig überprüft werden.

[14] „Heliosity“-Potenziale der Arbeitsplatzgestaltung durch dynamisches Licht, Fraunhofer IAO, <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/images/produktblaetter/heliosity.pdf>

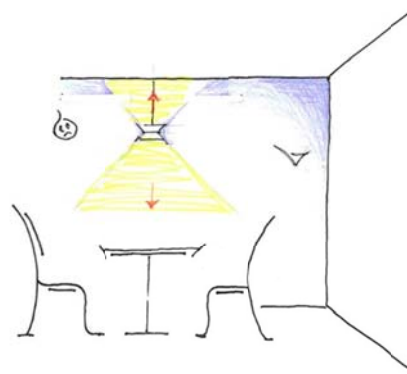
[15] BAuA „Verbraucherinformation zu Licht emittierenden Dioden (LED)“ . Abs. „Nachteile der LED-Lampen“

[16] EU-Verordnung 1194/2012 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lampen mit gebündeltem Licht, LED-Lampen und dazugehörigen Geräten.

[17] www.gruenspar.de



Bild 3. Deckenleuchte abgehängt;
(Fotoaufnahmen u. Grafik V. Wolf)



Downlight + Uplight

Bild 3.

Mit nach oben gerichtetem Lichtstrahl versuchen mehrere Hersteller die Situation in den Griff zu bekommen. In diesem Beispiel – eine Arbeitsatmosphäre – wäre eine gleichmäßige Raumausleuchtung von Vorteil.

Das Beleuchtungskonzept (Bild 2 und Bild 3) wirkt modern und konstruktiv, zeigt Zeitgeist und Firmenstil. Andererseits wäre eine freundlichere Wirkung des Raumes von Vorteil. Für Teamwork sind die Atmosphäre und ein offenes Ambiente erzeugt durch ein angenehmes, weiches und kontrastarmes Licht entscheidend.

Dunklere Deckenflächen im Raum bilden ein erdrückendes Gefühl beim Erwachsenen und können bei Kindern Ängste hervorrufen. Um diese Wirkung zu vermeiden, wäre es sinnvoll, hellere Töne zu wählen. Alternativ wäre es möglich, eine zusätzliche Deckenbeleuchtung beziehungsweise einen Deckenfluter einzusetzen.

Gelungene Alternativen zu alten Leuchtstoffröhrlampen sind LED-Lichtpaneele, die gewöhnliche Oberlichter imitieren. Sie sind flach und fügen sich konform in vorhandene Rasterdecken ein. Die Platzierung von Dioden ist dezentriert und deren Licht wird durch matte Abdeckplatten zerstreut. Manche sind dimmbar und können in kaltes oder warmes Licht nach eingestellter Farbtemperatur den Raumeinblick verändern.

Ein einfacher Austausch von alten Lichtquellen zu energieeffizienten LED ist ökologisch und ökonomisch von Vorteil. Dennoch hat das LED-Licht einige Tücken, z.B. den sogenannte „Blaustich“ (siehe auch DIN IEC/TR 62778; DIN SPEC 42778:2014-03 [18]). Leuchtdioden sind im Gegensatz zu Glühlampen keine Wärmestrahler. Für allgemeine Beleuchtungszwecke werden meist blaue Leuchtdioden mit Leuchtstofflampen kombiniert. Neben dem breiten Spektrum des Leuchtstoffes verfügen sie über einen schmalbandigen, blauen Lichtanteil. Es verändert die Farbwiedergabe im Unterschied zu Glühlampen. Aus psychologischer Sicht wird dieser blaue Lichtanteil mit dem Blitz oder der Eiszeit unbewusst assoziiert und signalisiert eine Gefahr. Dieses Signal bringt ein Gefühl der inneren Unruhe und Unbehaglichkeit mit sich.

Eine weitere Problematik besteht in der Auflösung von ungewollten Lichtkontrasten im Raum. Diesem kann zum Beispiel durch Teilung der Lichtquellen bzw. Einsatz von zusätzlichen Lichtquellen begegnet werden. Dazu gehört etwa die Nutzung von Tischlampen zusätzlich zum allgemeinen Raumlicht. Dabei ist allerdings eine Dissonanz durch unausgeglichenes warmes und kaltes Licht von unterschiedlichem Charakter (z. B. Sparlampe und Halogenlampe, flackerndes Licht von Leuchtstofflampen) zu vermeiden. Die Aufgabe des Planers ist es, dies mit der Farbwahl der Beleuchtungsverhältnisse in Bezug auf geplante oder vorhandene Einrichtungsgegenstände positiv auszugleichen.

[18] DIN IEC/TR 62778; DIN SPEC 42778:2014-03 Anwendung von IEC 62471 zur Beurteilung der Blaulichtgefahr von Lichtquellen und Leuchten (IEC/TR 62778:2012). Berlin Beuth Verlag



Bild 4.



Bild 5.

Der Einsatz von Downlights oder Einbauleuchten im Unterschied zu Punktlichtquellen erlaubt eine gleichmäßigere Beleuchtung im Raum und hat sich weitgehend durchgesetzt.

Weitere sichtbare und notwendige Auslässe wie Lüftungsgitter oder Lautsprecher sind jedoch nach wie vor gestaltungstechnisch ungelöst.



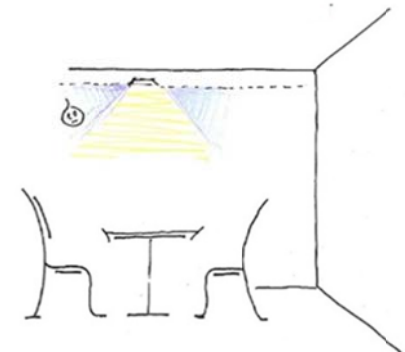
Bild 6

Die gleichmäßige Anordnung der Lichtquellen wirkt eintönig.



Bild 7

Mit unterschiedlichen Größen der Lichtquellen gewinnt das Design an Attraktivität.



Schematische Darstellung einer abgehängten Decke.

Einziger Nachteil von abgehängten Decken ist eine Minderung der lichten Raumhöhe.

Moderne Alternativen zu abgehängten Decken sind Deckensegel oder sogenannte „Deckenlandschaften“. Der Anbau ist oft mit akustischen Funktionen verbunden. Die unterschiedlichen Höhenniveaus verstärken Schallstreuung und -absorption. Es sorgt für Behaglichkeit und Schattenspiele durchbrechen die Uniformität der Decke. Sie bringen eine Abwechslung in hellhörige große Hallen. Die Deckentechnik sowie weitere sichtbare und notwendige Auslässe wie Lüftungsgitter oder Lautsprecher können optisch gleichzeitig kaschiert werden.

Von architektonischer Seite imponieren Deckensegel gegenüber den vollflächig abgehängten Decken durch die erhaltene Raumhöhe und das Luftigkeitsgefühl. Sie punkten ferner mit verkürzten Montagezeiten und kreativem Ausdruck. Durch Ihre Umriss verändern Sie zudem das Raumbild und stehen für moderne Ästhetik.

Gewöhnlich werden sie in Gruppen mittig im Raum oder in symmetrischer Anordnung aufgehängt. Dabei entsteht aus den Schatten von Deckensegeln und Leuchtquellen auf der Deckenfläche ein neues Schattenspiel, welches ein neues Beleuchtungskonzept fordert. Bei Beleuchtungskonzepten sollten mehrere horizontale Funktionsflächen gleichzeitig betrachtet werden: Böden, Unterseite von Deckensegeln und deren Vorsprünge sowie die Deckenfläche des Raums. Durch die unterschiedlichen Aufhängehöhen, Lichtreflexionen und zum Teil Verschattungen durch verschiedene Segel wird das Deckenbild komplexer. Oft werden sie mit Punktlichtquellen oder Downlights benutzt.

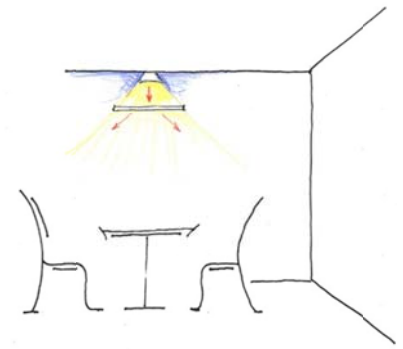
Dabei bleibt der Wunsch nach helleren Deckenflächen (Bild 9) und gut beleuchteten Bodenflächen unverändert. Ein Planer benötigt zusätzliche Lichtquellen, um die Raumecken heller zu gestalten. Dafür sind Wand- und Deckenfluter gut geeignet. Abkastungen mit entsprechenden integrierten Effektbeleuch-



Bild 8.
(Fotoaufnahmen u. Grafik V.Wolf)



Bild 9.



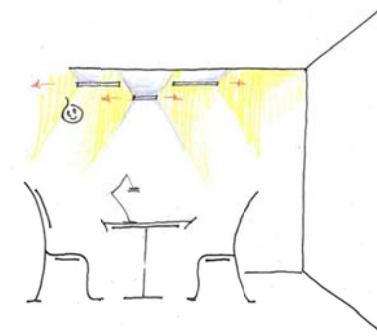
Schematische Darstellung
Deckenlandschaft

tungen können den Raumriss kontrastieren. Durch die Montage von Abkantungsförmigen Leuchtelementen mit Bohrarbeiten für die Unterbringung und den Ausgleich von Unterkonstruktionen sowie nachfolgenden Anstreicherarbeiten verlängert sich die Bauzeit. Außerdem bedeutet jede weitere Lichtquelle die Notwendigkeit Strom zuzuführen sowie Elektroleitungen zu verlegen und Schaltstelle einzurichten. Der Slogan der „schnellen und preiswerten Montage“ gilt nicht mehr. Komplikationen während der Ausführung sind besonders bei Sanierungen sowie beim Bauen im Bestand zu erwarten.

Die Idee der vorgefertigten Deckenlandschaft ist es, Licht- und Farbeinstellungen, Design und Schallschutz zu verbinden, um o.g. Nachteile zu umgehen.



Bild 10.
(Fotoaufnahmen u. Grafik V.Wolf)



Deckensegel mit Lichtquellen
Perimetrale Anordnung

Das innovative Lightboard-System mit energieeffizienten LED, die einbaufertig sind, ist einfach und schnell unter die Raumdecke aufzuhängen. Mit einer Bedienungseinheit können mehrere Lichtkreise mit jeweils getrennter Steuerungsmöglichkeit geschaltet werden, was für mehr Nutzerkomfort sorgt.

Allseitige Umfassungen mit LED-Streifen bewirken eine Dezentrierung der Dioden und bessere Ausleuchtung des Raumes. Die LEDs strahlen in die Wandrichtung und gleichzeitig „von oben nach unten“. Das erzeugte Licht reflektiert dabei von der Decken- und Segelfläche und bildet damit diffuse Lichtverhältnisse. Größere Schatten an der Decke und an Boden werden durch diese Lichtverteilung minimiert. Farben können für jeden Lichtkreis gesondert und innerhalb des warmen bis kalten Spektrums differenziert eingestellt werden. Bei der Zusammenschaltung von mindestens zwei Lichtkreisen mit unterschiedlichen Farben wird eine Farbbalance erreicht. Das empfundene, oft als unangenehm „blaustichige“ Spektrum einer LED-Leuchte wird damit überspielt. Genauso wie in der Natur ergänzen sich Licht, Schatten und Farbe und bilden das stimmungsvolle Ambiente. Die Möglichkeit, Licht zu dimmen, lässt sich zusammen mit den Farbwechseln entsprechend der Tageszeit verändern. In den Wintermonaten (Winterdepressionen) oder düsteren, regnerischen Zeit wird mit diesen Möglichkeiten eine Gegenstimmung erzeugt.



Bild 11.



Bild 12.



Bild 13.

Bild 11 – Bild 13. (Fotoaufnahmen der Fa. Home-Style-Design UG)

Beispiel einer markanten Beleuchtung, die farbliche Akzente setzt und maximalen Komfort bietet. Entsprechend der gewünschten Stimmung kann eine verlockende Licht-Inszenierung erzeugt werden, die einem magischen Sonnenauf- bis Sonnenuntergang am Mittelmeer oder dem Polarlicht ähnelt.

Je nach Tagesabschnitt - Morgen, Mittag, Abend, Nacht - sind Kommunikation und Erholung für einen Menschen wichtig. Die richtige Beleuchtung in diesen Phasen hängt von der Individualität des Einzelnen, seiner Herkunft und Beschäftigung ab. Deshalb bestehen bei der Empfindung von Licht und Farbe erhebliche Unterschiede. Dies bestätigen auch Untersuchungen des Fraunhofer Instituts. Aufgrund der modernen Lebensart mit übermäßiger Beleuchtung und falscher Lichtfarbe wurde in der Wissenschaft der Begriff „Heliosity“ [14] eingeführt. Er steht für einen übermäßigen künstlichen Lichteinfluss.



Bild 15

(Fotoaufnahmen der Fa. Home-Style-Design UG)

Während der Tagesphase ist es sinnvoll, von direkten auf indirekte Lichtquellen zu wechseln. Das indirekte Licht schafft Atmosphäre. Für den Privatbereich ist eine dimmbare Lampe mit Umstellungsmöglichkeiten von einer warmen auf eine kalte Lichtfarbe von Vorteil. Laut psychologischer Studien sorgt ein warmes Farbspektrum des Lichts für Entspannung und eine verbesserte Kommunikation. [19]

Nach Untersuchungen des Umweltbundesamtes [20] „verbringen die Menschen in Deutschland den größten Teil ihres Lebens in Innenräumen.“ Der Begriff „wohlfühlende Räumlichkeiten“ ist in Bezug auf Luftwechsel, Temperatur und Feuchtigkeit weitgehend standardisiert. Bei der Empfindung von Licht und Farbe wird ein individueller Zugang benötigt. Daher ist das Thema „künstliches Licht im Raum“ von zentraler Bedeutung angesichts der dargelegten Herausforderungen.

[14] „Heliosity“-Potenziale der Arbeitsplatzgestaltung durch dynamisches Licht, Fraunhofer IAO, <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/images/produktblaetter/heliosity.pdf>

[19] <http://www.ergo-online.de/> Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz

[20] UBA Innenraumluft <http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/innenraumluft>

Literatur

- [1] Dr. med. Helmut Volkers <http://www.anfallskind.de/86.htm>
- [2] „Heilende Krankenhausarchitektur“ <http://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/gesundheitsarchitektur-100.html>
- [3] Dr. A. E. Çakır http://www.lichtundgesundheit.de/Lichtundgesundheit/LEDs_als_Gefahr.html
- [4] ASR A3.4 Technische Regel für Arbeitsstätten „Beleuchtung“
- [5] VDI „LED-Beleuchtungen“- Praktischer Leitfaden für die Auswahl in Privathaushalten; September 2014 https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gma_dateien/z06_Verbrauchertipps_LED_FINA_L_WEB.pdf
- [6] VO (EG) 852/2004; DIN EN 13032-4:2015-08 Licht und Beleuchtung - Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten - Teil 4
- [7] Dr. Rüdiger Paschotta Artikel „Spektrum des sichtbaren Lichts“ Auszug aus RP-Energie-Lexikon https://www.energie-lexikon.info/energiesparlampen_gesundheitsschaedlich.html
- [8] CIE 845-03-34 CIE-Normfarbsystem siehe EN ISO 11664-3:2013-08: Farbmeterik - Teil 3: CIE-Farbwerte (ISO 11664-3:2012); Colorimetry - Part 3: CIE tristimulusvalues (ISO 11664-3:2012) Deutsche Fassung EN ISO 11664-3:2013, Berlin Beuth Verlag
- [9] DIN 5033: 2009-05Farbmessung - Teil 1: Grundbegriffe der Farbmeterik. Berlin Beuth Verlag
- [10] BAuA „Verbraucherinformation zu Licht emittierenden Dioden (LED)“
- [11] DIN EN 13032-4:2015-08 Licht und Beleuchtung - Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten - Teil 4: LED-Lampen, -Module und -Leuchten; Deutsche Fassung EN 13032-4:2015. Berlin Beuth Verlag
- [12] DIN EN 62504:2015-06 Allgemeinbeleuchtung - Licht emittierende Dioden (LED) Produkte und verwandte Ausrüstung - Begriffe und Definitionen (IEC 62504:2014); Deutsche Fassung EN 62504:2014. Berlin Beuth Verlag
- [13] DIN EN 62442-3; Energieeffizienz von Lampenbetriebsgeräten - Teil 3: Betriebsgeräte für Halogenlampen und LED-Module - Messverfahren zur Bestimmung des Wirkungsgrades des Betriebsgerätes (IEC 62442-3:2014); Deutsche Fassung EN 62442-3:2014. Berlin Beuth Verlag
- [14] „Heliosity“-Potenziale der Arbeitsplatzgestaltung durch dynamisches Licht, Fraunhofer IAO, <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/images/produktblaetter/heliosity.pdf>
- [15] BAuA „Verbraucherinformation zu Licht emittierenden Dioden (LED)“ . Abs. „Nachteile der LED-Lampen“
- [16] EU-Verordnung 1194/2012 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lampen mit gebündeltem Licht, LED-Lampen und dazugehörigen Geräten.
- [17] www.gruenspar.de
- [18] DIN IEC/TR 62778; DIN SPEC 42778:2014-03 Anwendung von IEC 62471 zur Beurteilung der Blaulichtgefahr von Lichtquellen und Leuchten (IEC/TR 62778:2012). Berlin Beuth Verlag
- [19] <http://www.ergo-online.de/> Beleuchtung am Bildschirmarbeitsplatz
- [20] UBA Innenraumlufte <http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/innenraumlufte>