

Illumination

Alfonz Smola, prof. Ing. PhD., FEI STU, Ilkovicova 3, 812 19 Bratislava, Slovakia

Beleuchtung der Architektur der Gebäude ist nur eines von vielen Arten der Anwendung des künstlichen Lichtes und wird immer in grosserem Mass auf der ganzen Welt angewendet. In der Vergangenheit wurde die Aussenbeleuchtung nur bei bedeutenden Anlässen- bei Feiertagen und Feierlichkeiten installiert. Die Bezeichnung: „feierliche Beleuchtung“ wird auch bis heute verwendet. Heutzutage gibt es viele Objekte, die andauernd beleuchtet werden. Die Ursache ist nicht nur die fortkommende technische Entwicklung der Lichtquellen und Leuchten, sondern auch die Nützlichkeit der architektonischen Beleuchtung für die Gesellschaft und Umgebung in der wir leben. Beleuchtung wird nicht nur als ein wichtiges Mittel zum Zweck aber immer mehr auch als ein Mittel der architektonischen Gestaltung der nächtlichen Umgebung der Stadt und der Landschaft geltend gemacht.

Die Aufgabe der lichttechnischen architektonischen Gestaltung gesteuert durch gewissen Konzeptionsplan ist unter anderem die gesellschaftliche Bedeutung gewisser zentraler Objekte hervorzuheben, orientierungspunkte im nächtlichen Blick und vor allem ästhetisch wirkende Lichtbilder gebunden zu realen Objekten zu erschaffen. Mit dem Licht kann man ein Nachtbild des Objektes erstellen, einige Details der Fassade hervorzuheben oder dämpfen, eindrucksvolle leuchtdicht oder farbige Effekte übereinstimmend mit der Form des Objektes, der Struktur der Oberfläche des Reliefs oder der Art des Materials der beleuchtenden Flächen erstellen.

Architektonischer Projekt eines Gebäudes sollte auch seine Nachtform beinhalten, das Aussehen bei täglicher und nächtlicher Beleuchtung abstimmen, respektierend dabei manchmal paradoxe reflexe Eigenschaften der Fassadenmaterialien am Tag und Nacht. Grundsätze der Gebäudebeleuchtung liegen in der Gestaltung der Beleuchtungsanlagen die den architektonischen Gedanken widerspiegeln, wobei wichtig und auch ästhetisch ist die beleuchtende Anlage auch in den tages Exterieur einzuziehen. In der modernen architektonischen Gestaltung dominieren Konstruktionen aus Metall, mit grossen Fensterflächen.

Reflektions Eigenschaften dieser Stoffe haben eindeutige Richtungs-Eigenschaften und bei der Illumination könnten diese Materialien ungünstigen Einfluss nicht nur auf das ästhetische Aussehen aber es könnte auf ungemütliches, blendendes Befinden für benachbarte Teilnehmer aufkommen. Für diese Objekte verwendet man mit grossem Erfolg die innere Durchleuchtung der Fenster, welche mit ihrer Leuchtdichte beträchtlich die gesamten Proportionen des Objektes beeinflussen, und somit auch den komplexen Nachteffekt des Gebäudes, wobei auch in der Nacht aktive Oberflächen dunkel und uninteressant sein können. Für die Innenraum Durchleuchtungen kann man Beleuchtungsanlagen derjenigen Räume benutzen, ob im ganzem Umfang oder nur deren Teils. Man kann aber auch spezielle Leuchten installieren, die die Fensteröffnungen mit der Möglichkeit einer Realisation von gewisser gestalterischer Absicht durchleuchten. Wirkungsvoll scheinen auch Kombinationen der Innenraum Durchleuchtung mit den lokalen externen Illuminationen.

Bei den Gebäuden die auch in Abend- und Nachstunden verwendet werden, muss man den individuellen Benutzer respektieren, nicht störend in den Interieur eingreifen.

Beleuchtungsmöglichkeiten sind also begrenzt. Bei empfindsamem Vorgang sind aber manche Formen der Beleuchtung des örtlichen Charakters möglich.

Die Bedeutung des beleuchteten Gebäudes beruht ausser der Einblicke auch in dem Beitrag zur Beleuchtung der Umgebung, zur Orientierung des Bewohners oder des Besuchers der Wohnsiedlung und nicht letzten Endes zur Sicherstellung des Gebäudes vor dem Einbruch oder auch in schneller Erfassung des Brandes.

Die Grundsätze der Beleuchtung von künstlerischen Skulpturen, kleiner Architektur oder Grünanlagen sollten aus der Auswahl einzelner Objekte anhand der Sichtganzheit auskommen, sie sollten sich den Anforderungen der Gestaltung ganzer Komposition des Nachtbildes des gewissen Gebietes unterstellen.

Tab. 1 - Kategorisierung der Objekte für die Festbeleuchtung

Grad	Städtebauliche Charakteristik	Sehabstand	Entworfen Leuchtdichte [cd.m ⁻²]	Durchschnitt liche Beleuchtungs- stärke[lx]	Hintergrund und Umgebung	Umliegender öffentliche Beleuchtung [lx]
1.	dominante	wichtige Fernansichten	20 und mehr	180 und mehr	sehr beleuchtet	mehr als 30
2.	bedeutende	Fernansichten	10 – 20	90 -180	mehr beleuchtet	15 – 30
3.	örtlich dominante	Gesamte Fernansichten	5 -10	45 – 90	mäßig beleuchtet	5 – 15
4.	in gewöhnlicher Verbauung	Ansichten aus der Umgebung	3 – 5	25 – 45	dunkel	2 – 5
5.	in Parkanlagen, Obstgärten usw.	Ansichten aus nahen Umgebung	1 -3	10 - 25	Sehr dunkel	weniger als 2

Es gibt eine grosse Skala an Elementen, die die Hervorhebung durch Licht verdienen. Es sind zum Beispiel künstlerische Skulpturen, dekorative Mauerwerke, stille Ecken mit Ruhebänken, Fontänen, künstliche kleine Seen, Grasflächen, stauartige Bewachsung, Bäume oder Blumenbeete. Die Formen der Gestaltung der Beleuchtungsanlagen sind vielfältig, das Ergebnis sollte aber gutes ästhetisches Aussehen der Ruheräume der Wohnsiedlung mit festlichem Stil, die Schönheit des Kunstwerkes und Natur in ihrer Zwanglosigkeit zeigen.

In die Beleuchtungsanlagen der Architekturen gehört auch Lichtwerbung, spezifisch durch die Dynamik und auch Farbigkeit des Lichtes. Mit ihrem Charakter sind ihnen die Anlagen der Lichtinformationen und Einrichtungen für die aufklärungs Tätigkeiten, oder bei dem gelegentlichen Festdekor der Wohnsiedlung ähnlich.

Kategorisierung der Objekte für die Festbeleuchtung und empfohlene Werte der Leuchtdichte (für theoretische Reflexion der Fassade 3,35) sind in der Tabelle 1 angeführt.

Grundbedürfnisse auf die Gebäudebeleuchtung

Technische und künstlerische Möglichkeiten der architektonischen Beleuchtung sind unterschiedlich. Architektonische Beleuchtung kann man zum Beispiel durch Durchleuchten der verglasenen Flächen, Befestigung der Lichtquellen direkt auf die vordere Wand des Gebäudes, Verwendung der Leuchtröhren, Scheinwerfer oder durch die Kombination dieser Lichtquellen erzielen.

In der Praxis treten meistens Gebäude auf, deren Umfassungswände aus der Sicht von Baukonstruktion und verwendeten Werkstoffen Besonderheit haben, die man hiermit beschreiben kann:

- Im vorderem Teil des Gebäudes überwiegen feste Umfassungswände, verglasene Flächen bilden nur kleineren Teil der Umfassungswände des Gebäudes
- Die Wände des Gebäudes haben überwiegend matte Oberflächen mit Lichtstreuung die diffus ist (Beton, Verputz, Ziegel, unpolierter Stein usw.),
- Objekt wurde absichtlich nicht architektonisch für die Situation der externen künstlichen Beleuchtung gelöst

Tab. 2 – Empfohlene Werte der Leuchtdichte für die architektonische Beleuchtung der Gebäude in der Stadt (Beleuchtungsstärke für das mittlere Reflexionsvermögen der Stirnseite $A=0,35$ und dunkler Stirnseite $B=0,12$)

Städtebauliches Vorhaben des Objektes	Sehabstand	Hintergrund und Umgebung	öffentliche Beleuchtung in der Umgebung [lx]	Leuchtdichte der Stirnseite [cd/m^2]	Beleuchtungsstärke der Stirnseite [lx]	
					A	B
Städtebaulich dominant	wichtige Sehabstände	Beleuchtet sehr	Mehr als 30	20 und mehr	180 und mehr	500 und mehr
Städtebaulich bedeutend	Sehabstand	Beleuchtet stark	15 – 30	10 – 20	90 – 180	250 – 500
dominant	Ansichten aus der Stadt	Beleuchtet mässig	5 – 15	5 – 10	45 – 90	120 – 250
in gewöhnlicher Verbauung	Ansichten aus der Umgebung	dunkel	2 – 5	3 – 5	25 – 45	80 – 120

Für die architektonische Beleuchtung solcher Objekte ist üblich am besten und am einfachsten ein System von Scheinwerfern um das Gebäude anzubringen.

Anforderungsbereich für ein Projekt der Beleuchtung kann man einfach in diese wesentliche Prinzipien verengen:

- Objekt soll so lichttechnisch hervorgehoben sein, damit es vor allem durch seine Leuchtdichte von der Umgebung und von dem Hintergrund unterschieden wird. Unter dem versteht man solche Beleuchtung, bei welcher das Objekt deutlich um vieles mehr heller erscheint gegenüber seiner Umgebung, aber nicht so hell, dass er seine Umgebung unterdrückt (siehe Tabelle 2)
- Beleuchtung soll solches Gebilde von Lichtern und Schatten erzeugen, damit plastischer Erscheinungsbild des Bauobjektes im Einklang mit dem architektonischen Stil des ganzen Objektes und seiner Einzelteile erzielt wird
- Wirkung der Lichtbetonung bestimmtes Bauteiles des Gebäude soll in Einklang mit dessen Architektur, Funktion und Betrieb sein. Mit dem Licht werden zum Beispiel die Eingangsportale, bedeutende kunst Verzierungen usw. betont. Betonung hat direkte funktionelle Auswirkung, denn die Aufmerksamkeit des Auges ist reflektiv zu wichtigen Bauteilen des Gebäudes angezogen.

- Lichtkontraste sollen solche Grenzgebiete haben, damit sie den vorausgehenden Vorhaben erwidern, wobei niedrige Kontraste im Grunde die plastische Gestalt unterdrücken und zu hohe Kontraste Sehunbehaglichkeit aufrufen.
- Das Vorhaben künstlerisch wirkungsvolle Wirkung zu erzielen sollte nicht selbstzweckmässig sein, es sollte die architektonische Form respektieren und sollte dem Zweck entsprechen.
- Die Wahl der Lichtquellen anhand der spektralen Charakteristiken soll mit dem Hinblick auf den komplexen Vorhaben verwirklicht werden, ebenfalls mit dem Hinblick auf die natürliche Farbe der Oberfläche des Gebäudes, besonders dort, wo die Farbigkeit ein wesentlicher Bestandteil der Architektur des Objektes ist.
- Die Auswahl der Leuchten und die Wahl der Beleuchtungsanlage sollte die grösste Aussnutzung des Lichtstroms und der Leistungsaufnahme verfolgen, damit es nicht zu nutzlosen Verschwendung der Energie kommt.
- Die technische Lösung der Beleuchtungsanlage muss regelmässige Wartung, annehmbare Austauschzyklus der Lichtquellen anhand deren Lebensdauer ermöglichen und muss den wirtschaftlichen Aspekt und Investitionskosten respektieren. Dieser Faktor des Entwurfs ist nicht unbeträchtlich, denn er beeinflusst direkt die Lebensdauer der Beleuchtungsanlage und somit auch die Existenz der Beleuchtung.

Der Inhalt dieser Rahmenbedingungen sollte die Ausgangsvoraussetzung für die Planung der Beleuchtungsanlage sein, damit das Vorhaben des Autors der Architektur nicht begrenzt wird.

Beleuchtung der Denkmäler

Bildnerische Planung der Beleuchtung zeigt sich bei den Bildwerken mehr als bei Beleuchtung anderer Objekte. Solcher Projekt der Beleuchtung muss aus vielen Standpunkten ausgehen und den ganzheitlichen Charakter der Skulptur respektieren, deren Unterbringung, Werkstoff, Art der Oberfläche, Form, Umrisse und ähnliche. Zu den technischen Grundparametern bei einem Lichtprojekt gehört die Bestimmung der nötiger Leuchtdichte der Skulptur, die Wahl der Lichtquellen aufgrund der Farbwirkung, die Wahl überwiegender Lichtrichtung hinsichtlich der Entstehung der Schatten, die räumliche Form der Skulptur modellierend usw. Damit die Skulptur angemessenen gegenüber seiner Umgebung und Hintergrund hervorragt, muss die Skulptur so beleuchtet werden, dass bei gewählter Beleuchtungsstärke die nötige Leuchtdichte der Oberfläche erzielt wird. Präziser Entwurf der Beleuchtungsstärke hängt von mehreren Faktoren:

- Von dem Reflexionsgrad der betrachteten Oberfläche
- Von dem Sehabstand
- Von dem Staubgehalt der Luft
- Von der Beleuchtung der Umgebung und des Hintergrundes des Objektes

Der Wert des Reflexionsgrades des beleuchteten Objektes ist unterschiedlich und ändert sich stark abhängig von der Verschmutzung.

Orientierungsangaben des Reflexionsgrades für manche Werkstoffe sind in Tab. 3 angeführt.

Tab. 3 - Reflexionsgrad der Baumaterialien

Werkstoff	Reflexionsgrad des Standes der Oberfläche			Bemerkung
	neuer sauber	mittelalt	alt verschmutzt	
Marmor	0,60	0,50	0,30	Matter (dunkler)
	0,80	0,60	0,40	glänzender
Granit	0,45	0,25	0,10	heller
Beton	0,25	0,18	0,10	dunkel
	0,60	0,45	0,30	weiss
Ziegel	0,30	0,20	0,10	Hellrot
	0,15	0,10	0,05	Dunkelrot
heller Putz	0,70	0,55	0,40	Stuckputz
	0,50	0,35	0,20	Kalkputz
dunkler Putz	0,30	0,20	0,10	–

In der Praxis wird die Bewertung des Reflexionsgrades in der Regel durch die subjektive Vergleichung der Oberfläche mit gemessenen Proben bestimmt. Falls die Skulptur auch aus grosseren Entfernungen betont werden sollte, muss man sie auf höhere Leuchtdichtenwerte beleuchten.

Sehabstand kann man in vier Klassen unterteilen:

- Ansichten aus der Nähe (bis 10 m)
- Ansichten aus der Weite (bis 100 m)
- Ansichten aus den mittleren Entfernungen (bis 1000 m)
- Fernansichten (über 1000 m)

Bei der aus geringer Entfernung beobachteter Skulptur muss man den Wert der Leuchtdichte nur Aufgrund deren unmittelbaren Umgebung entwerfen. Gewöhnlich wird das Zehnfache der mittleren Leuchtdichte entworfen. Bei den Skulpturen die aus mittleren Entfernungen sichtbar sind, muss man auch mit der Leuchtdichte in der Umgebung der verschiedenen Beobachtungsposten rechnen. Für die Projektierung sind die Werte der empfohlenen Leuchtdichten für die Beleuchtung unterschiedlicher Objekte in Tab.4 angeführt.

Tab. 4 - Empfohlene Leuchtdichten beleuchtener Objekte

Bezeichnung	Umgebung und Hintergrund	Sehabstand	Empfohlene Leuchtdichte [cd.m^{-2}]
A	dunkel	Ansichten aus der Nähe	2 – 5
B	mässig beleuchtet	Ansichten aus der Umgebung	5 – 10
C	sehr beleuchtet	Ansichten durch die Stadt	10 – 20
D	sehr beleuchtete Innenstadt	Fernansichten	20 – 40

Bei der Beleuchtung der Skulpturen ist ausser deren Lichtbetonung gegenüber dem Hindergrund und der Umgebung auch der Einfluss der Richtungsbeleuchtung auf dessen plastische Aussehen wichtig. Bei modernen abstrakten oder geometrischen Skulpturen kann man eindeutige Schatten und grossere Kontraste der Leuchtdichten anzuwenden.

Eine Skulptur kann bei der künstlichen Beleuchtung wirkungsvoller als bei Tageslichtbeleuchtung erscheinen.

Beleuchtung senkrecht auf die Skulptur, wobei die Richtung der Beleuchtung identisch mit der Richtung der Beobachtung ist, plattet das Objekt ab. Die Statuen werden deswegen schief zur Richtung der Beobachtung beleuchtet, damit der Beobachter die entstandenen Schatten wahrnehmen kann

Es wird empfohlen dass die Richtung der Beleuchtung mit der Achse des Einblickes den Winkel in Bereich zwischen 30° – 70° bildet. Gutes Ergebnis wird erzielt meistens bei 45° . Bei den Skulpturen mit gegliederter Oberfläche entstehen bei der Beleuchtung aus einer Seite grössere Flächen kontraster Schatten, die man durchleuchten muss. Dafür wird Zusatzbeleuchtung aus der anderen Richtung verwendet. Der Winkel zwischen beiden Kategorien der Beleuchtung liegt zwischen 40° – 100° .

Das günstigste Verhältnis beider Systeme ist bei verschiedenen Skulpturen unterschiedlich und das beste ist es am Platz durchzumessen.

Gewöhnlich wird empfohlen dass, das Verhältnis unter den Werten der Beleuchtungsstärke beider Systeme bei 10:1 liegt, wenn für beide Systeme Quellen mit gleicher Farbtemperatur angewendet werden. Gute Ergebnisse kann man auch mittels Verwendung der Quellen mit unterschiedlicher Farbtemperatur erzielen.

Für die Hauptbeleuchtung wird gewöhnlich eine Quelle mit niedriger Farbtemperatur (Glühlampen, Natriumhochdruckentladungslampen) verwendet, für die Nebenbeleuchtung wird gewöhnlich eine Quelle mit höherer Farbtemperatur (Quecksilberhochdruckentladungslampen) verwendet. In diesen Fällen kann das Verhältnis der Beleuchtungsstärke kleiner als 10:1 sein, zum Beispiel 3:1. Bei den Statuen, die in der Umgebung von gut beleuchteten Strassen und Plätzen platziert werden, kann die Wirkung der Nebenbeleuchtungsanlage durch den Einfluss der der umgebender Verkehrsbeleuchtung hervorgebracht werden.

Beleuchtung der Wasserarchitektur

Springbrunnen, Kaskaden und kleine Seen sind untrennbare Bestandteile heutiger Städte und Wohnsiedlungen. Durch die geeignete künstliche Beleuchtung kann man aus denen einen anziehenden Element erschaffen, der das nachtlche Aussehen der Gärten, Plätze oder anderen Räumlichkeiten beträchtlich beeinflusst. Es ist ein unabdenkbare Bestandteil jedes bedeutungsvolleres Platzes. Es kann hinnennehmen, erfrischen und unterhalten.

Gewissen Effekt kann man durch die Beleuchtung des Wasser Korpuses mittels Scheinwerfer die in der Umgebung platziert sind erschaffen. Wirkungsvoller ist aber jedoch die Durchleuchtung des Wasserstrahles mittels versenkbaren Leuchten, die in Wasser angebracht sind. Wasser leitet das Licht sehr gut, also wird es auch als Medium für die Anleuchtung verwendet. Individuell erstellte Lösung wird einerseits in der Farbigkeit der Beleuchtung durch die Verwendung von Scheinwerfern mit festen, oder variablen farbigen Filtern, andererseits in der Zeitumstellung der Beleuchtung mittels Dimmung der Leuchten erreicht.

Beleuchtung der Kaskaden ist sehr umständlich, denn mann muss dass eigene Korpus sowohl auch das fallende Wasserstrom beleuchten. Gewöhnlich werden Tauchleuchten mit, kleinen Abmessungen die in den Wasserreservoirs platziert sind verwendet.

Kleinere Wasserflächen können mittels Tauchscheinwerfer durchgeleuchtet werden. Gewöhnlich verwendet man Scheinwerfer mit engerem Fächerbündel, platziert unter Wasser bei dem Ufer, die optische Achse ist gerichtet mässig schief von der Wasseroberfläche zum Seegrund.

Bei mässig welliger Wasseroberfläche kann man auch das von ihr reflektierte Licht für die künstliche Beleuchtung der Objekte am Ufer ausnutzen. Diesen Effekt kann man verwenden, wenn der Winkel zwischen der Wasseroberfläche und dem einfallendem Licht klein ist.

Der Reflexionsgrad einer stationären Wasseroberfläche ist für die gestreute Beleuchtung etwa 0,10. Bei gerichteter Beleuchtung ändert sich der Reflexionsgrad abhängig von dem Einstrahlwinkel des Lichtes in der Richtung von der Senkrechte auf die Wasseroberfläche, siehe Tab.6.

Tab. 6 - Reflexionsgrad der Wasseroberfläche

Winkel des Lichteinfalls	85°	80°	75°	60°	45°
Reflexionsgrad	0,55	0,38	0,20	0,10	0,05

Bei Einstrahlwinkel grosser als 85° kann der Reflexionsgrad zwischen 0,7 – 0,8 liegen. Bei der Verwendung der versenkbaren Leuchten muss man mit der Brechung des Lichtes auf der Grenzfläche der Wasseroberfläche rechnen. Brechzahl für die Grenzfläche Wasser-Luft ist 1,33.

In den letzten Jahren haben die Mitarbeiter der lichttechnischen Abteilung Entwürfe von mehr als 50 Illuminationen in bedeutenden Städten der Slowakei durchgeführt. And den beigefügten Bildern sind ein Paar von den realisierten Illuminationen angeführt.



Bild 1 Illumination des Hauptplatzes in Bratislava



Bild 2 Illumination der Synagoge in Trenčín



Bild 3 Illumination der St. Johann des Täufer Kirche in Trnava

Dieser Beitrag wurde mittels finanzieller Mittel unterstützt durch die wissenschaftliche Agentur VEGA das Projekt Nummer 1/3114/06.

Literatur:

1. Ganslandt, R., Hofman, H.: Handbuch der Lichtplanung. Darmstadt, Vieweg 2005
2. Speiser, R.: Handbuch für Beleuchtung. Essen, Girardet 2005
3. Lesňák, P., Löffner, K., Zaťko, J., Lomen, M.: Osvetlenie Hlavného námestia v Bratislave. Tímový projekt. FEI STU 2004