

Öffentliche Beleuchtung

Sicherheit im Verkehr und Schutz vor Kriminalität

Die öffentliche Beleuchtung (ÖB) hat die Aufgabe, allen Verkehrsteilnehmern das Wahrnehmen von Oberflächen, Fahrbahnen, Einmündungen, Kreuzungen, Hindernissen, Störungen und anderen Verkehrsteilnehmern zu erleichtern. Sie fördert damit die Verkehrsabwicklung, die Sicherheit und Ordnung auf der Strasse. Eine gute Beleuchtung vermindert Verkehrsunfälle und Kriminalität.

einen Zehntel bzw. rund 0,73 Mrd. kWh beträgt (Tabelle I). Dies ist immerhin etwa ein Drittel der produzierten Energie des Kernkraftwerks Mühleberg. Bedingt durch den Einsatz moderner Leuchtmittel hat der relative Anteil sinkende Tendenz. Bezogen auf die Bevölkerung in der Schweiz heisst dies für die öffentliche Beleuchtung:

- Etwa 100 kWh/Jahr und Einwohner werden für ÖB-Anwendungen eingesetzt.
- Setzt man die mittlere Brennzeit der ÖB mit 10 Stunden pro Tag ein, so ergibt sich für jede Person eine ÖB-Leistung von rund 28 W.

Eine genaue Energiestatistik ist leider nicht erhältlich, da die meisten EVUs den Energieverbrauch der öffentlichen Beleuchtung nicht messen bzw. auch andere Verbraucher (Billettautomaten, Buswartehäuschen usw.) an dieses Netz anschliessen. Man kennt allerdings die Anzahl Brennstellen und kann über die Einschaltdauer den mutmasslichen Energieverbrauch berechnen.

Der Bedarf an elektrischer Energie durch die öffentliche Beleuchtung ist relativ gering, vor allem wenn man deren Energieverbrauch mit dem Verkehr vergleicht. Ein Beispiel: 1 Liter Benzin hat einen Energieinhalt von rund 10 kWh. Setzt man diese Energie in einem Personewagen mit einem Verbrauch von 8,5 l/100 km um, so verbraucht dieses Fahrzeug 0,85 kWh/km. Nimmt man weiter an, dass die durchschnittliche Belastung einer Hauptstrasse innerorts etwa 2500 Fahrzeuge pro Nacht beträgt, so werden rund 2125 kWh durch die Motorfahrzeuge umgesetzt. Bewertet man den Energieverbrauch der öffentlichen Beleuchtung für 1 km Strasse auf der Basis einer installierten Leistung von 6000 W und einer Betriebszeit von 12 Stunden, so ergibt dies 72 kWh/km.

Die öffentliche Beleuchtung (ÖB) dient der Sicherheit der Bewohner, zum Schutz von Leib, Leben, Gesundheit und Sachen. Sie soll insbesondere den Schutz vor Kriminalität und Vandalismus sicherstellen und verkehrsbedingte Gefahren in der Dunkelheit abwenden. Sie fördert aber auch die Lebensqualität, Urbanität,

Hans R. Ris

Kommunikation und damit die Attraktivität der Wohn- und Geschäftsbereiche von Gemeinden und Städten. Speziell durch eine richtig dimensionierte Strassenbeleuchtung wird der Verkehrsteilnehmer

- die Geometrie der Strasse (Oberfläche, Verlauf und Begrenzung der Fahrbahn)
- Hindernisse und Einmündungen
- andere Verkehrsteilnehmer (Position und Bewegung)
- Störungen des Verkehrsablaufes

gut wahrnehmen können. Die Aussenbeleuchtung liefert damit einen wesentlichen Beitrag zur Verkehrssicherheit. Denn 80% der Sinneseindrücke erfolgen über das Auge, dessen Sehschärfe nachts nur etwa 3% bis 30% der Tagessehschärfe aufweist. Bedingt durch die niedrigen Beleuchtungsstärken ist auch das Farbsehen eingeschränkt, ebenso die räumliche Orientierung und das Gesichtsfeld. Zusätzlich behindert Blendung das Nachtsehen.

Gemäss einer Studie der CIE (Technical Report 8/2) wirkt sich eine gut ge-

plante Strassenbeleuchtung im Innerortsverkehr positiv auf das Unfallgeschehen aus:

- Unfälle mit Verunfallten: –20%
- Unfälle mit Getöteten: –55%
- Unfälle mit Fussgängern: –50%

Vermutlich hat sich die qualitativ hoch stehende öffentliche Beleuchtung in der Schweiz in den letzten Jahren neben anderen Effekten positiv auf das Unfallgeschehen ausgewirkt: 1965, damals waren 1 216 473 Motorfahrzeuge immatrikuliert, starben 1365 Personen durch Verkehrsunfälle. 2005 liegt die Anzahl Tote unter 500, bei einem Bestand von 4 900 000 Motorfahrzeugen. Innerhalb von 40 Jahren hat sich der Motorfahrzeugbestand also vervierfacht und die tödlichen Verkehrsunfälle haben um den Faktor 2,7 abgenommen.

Energie

In der Schweiz betrug 2004 der Endverbrauch elektrischer Energie 56,3 Mrd. kWh. Davon schätzt man etwa 13% für Lichtenwendungen insgesamt, wovon der Anteil der öffentlichen Beleuchtung etwa

Tabelle I Energieverbrauch in der Schweiz 2004

Gesamtenergie-Endverbrauch CH 2004	243,7 Mrd. kWh	
– davon Elektrizität	23,1%	56,3 Mrd. kWh
– davon Licht insgesamt	≈ 13%	≈ 7,3 Mrd. kWh
– ÖB-Anteil		≈ 0,73 Mrd. kWh

Lichtquellen							
Festkörperlampen				Entladungslampen			
Halbleiter	Temperaturstrahler			Hochdruck		Niederdruck	
LED OLED Laserdioden	Halogen-glühlampe	Glühlampe	Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	Halogen-Metaldampf-lampe	Natriumdampf-Hochdrucklampe	Natriumdampf-Niederdrucklampe	Leuchtstofflampe
		(Mischlichtlampe)					

Tabelle II Übersicht über die Lampensysteme

Dass eine beleuchtete Strasse sicherer ist als eine unbeleuchtete, belegen Statistiken zur Genüge. Im obigen Beispiel beträgt der Anteil ÖB-Energie nur rund 3,3% der Energie der fahrenden Motorfahrzeuge. Eine lohnende Investition.

In der Schweiz gelten Energieverbrauchs-grenzwerte bezüglich Leistung und Energieverbrauch (Dok. Nr. 450/94 «Empfehlung SLG: Energie in der ÖB»). Die Energieeffizienz der Beleuchtungsanlagen wird dort bestimmt durch die beiden Kennwerte:

1. Leistungsgrenzwert [W/m²], als diejenige Leistung, die pro Quadratmeter beleuchteter Fahrbahnfläche für die Beleuchtung höchstens aufgewendet werden darf. Die Werte liegen bei 0,5 bis 1,4 W/m², je nach Strassentyp und Strassenbreite.
2. Energieverbrauchsgrenzwert [kW/m²·a], als diejenige Energie pro Jahr, die pro Quadratmeter beleuchteter Fahrbahnfläche für die Beleuchtung höchstens aufgewendet werden darf. Die Werte liegen bei 1,8 bis 4,5 kW/m²·a, je nach Strassentyp und Strassenbreite.

Lampen

Lampen sind Vorrichtungen zum Erzeugen von Licht. Im Prinzip können alle Lampensysteme verwendet werden. Eine Übersicht zeigt Tabelle II. Die Auswahlkriterien sind:

- Ökonomie: Lichtausbeute und Lebensdauer
- Farbe: Lichtfarbe und Farbwiedergabe
- Leistung: Lichtstrom und Wattage
- Geometrie: Lampenabmessungen
- Betriebsverhalten (Anlauf, Wiederzünden)

Tabelle III zeigt die unterschiedlichen Eigenschaften der Lampensysteme. Es sind daher nicht alle Lichtquellen gleich gut für Anwendungen in der öffentlichen Beleuchtung geeignet.

LEDs eignen sich gegenwärtig aus ökonomischen Gründen noch nicht für allgemeine ÖB-Anwendungen. Sie werden eingesetzt, wo kleine Lichtströme ausreichen, oder zur Orientierungs-, Sicherheits- und Effektbeleuchtung.

Glühlampen und Halogen-glühlampen kommen nur für Spezialanwendungen in Frage: für einfache Installationen, Scheinwerferanwendungen oder eine Anstrahlung kombiniert mit Bewegungsmelder.

Quecksilberdampf-Hochdrucklampen sind nicht sehr wirtschaftlich und werden daher in Neuanlagen nicht mehr eingesetzt (neu eher Halogen-Metaldampf-lampen, weisse SON, Mini-FL). Sie werden noch dort eingesetzt, wo die weisse Lichtfarbe bevorzugt wird, für Strassen und Fussgängerzonen.

Natriumdampf-Hochdrucklampen werden dort eingesetzt, wo es in erster Linie auf die Wirtschaftlichkeit und nicht auf die Farbwiedergabe ankommt: bei Strassen, Anstrahlungen, Parkflächen, Tunnels usw.

Halogen-Metaldampf-lampen sind eine Weiterentwicklung der Quecksilberdampf-Hochdrucklampen mit verbesserter Lichtausbeute auf Kosten der Lampenlebensdauer. Sie werden dort verwendet, wo es auf eine gute Farbwiedergabe und auf die Wirtschaftlichkeit ankommt, für dekorative Beleuchtungen, Sportstätten und Anstrahlungen.

Bei Leuchtstoff- und Kompaktleuchtstofflampen ist der Lichtstrom temperaturabhängig. Sie werden daher vor allem in der Innenbeleuchtung angewendet oder bei Aussenbeleuchtung in Fussgängerzonen, (kleinen) Strassen oder Tunnels.

Natriumdampf-Niederdrucklampen kommen dort zum Einsatz, wo es in erster Linie auf die Wirtschaftlichkeit und nicht auf die Farbwiedergabe ankommt: bei Autobahnen im Ausland, Strassen, Fussgängerstreifen, Tunnels oder Sicherheitsbeleuchtungen von Gebäuden.

Mischlichtlampen sind eine Kombination aus Glüh- und Quecksilberdampf-Hochdrucklampen. Sie sind veraltet, sind aber in der öffentlichen Beleuchtung teilweise immer noch im Einsatz.

Störende Lichtimmissionen

Störende Lichtimmissionen werden heute vielfach unter dem Begriff Lichtverschmutzung subsumiert. Im Umfeld der öffentlichen Beleuchtung wird dies auch zu einem öffentlichen Thema. Dabei handelt es sich um die Vermeidung störender Lichteinflüsse im Umfeld von Wohngebieten wie zum Beispiel das Aufhellen von Wohnräumen oder störende Blendung. Verursacher können die öffentliche Beleuchtung sein, aber auch

Eigenschaften	Glühlampe Halogen-glühlampe	Leuchtstofflampe	Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	Halogen-Metaldampf-lampe	Natriumdampf-Hochdrucklampe	Natriumdampf-Niederdrucklampe	Mischlichtlampe – im Betrieb wie GL und Quecksilber	LED
Lichtausbeute	⊗	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊗	⊗
Lebensdauer	⊗	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊗	⊕
Zündgerät	Nein	Nein	Nein	(Ja)	(Ja)	Nein	Nein	Nein
Spez. Betriebsgerät	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja
Vorschaltgerät	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Farbwiedergabe	⊕	⊕	⊕	⊕	⊗	⊗	⊗	⊕
Zeitlicher Lichtstromaufbau	⊕	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊕	⊕
Sofortwiederzündung	⊕	⊕	⊗	⊗	⊗	⊕	⊕	⊕
Lampenpreis	⊕	⊕	⊕	⊗	⊗	⊗	⊕	⊗
Regulierbarkeit	⊕	⊕	⊕	⊗	⊗	⊗	⊗	⊕

Tabelle III Eigenschaften von Lampen

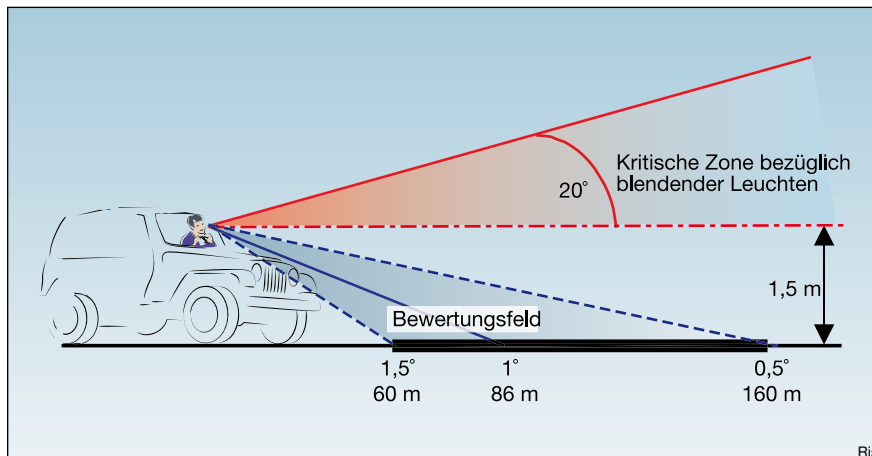


Bild 1 Bewertungsfeld, das der Autofahrer während der Fahrt beobachtet

Sportanlagen, Scheinwerfer, Reklamebeleuchtung usw.

Ein weiteres Problem ist der Insektenflug. Bekannt ist, dass Insekten für kurzwelliges Licht von 300 bis 400 nm wesentlich empfindlicher sind als Menschen. Dies führt dazu, dass die nachtaktiven Tiere vor allem von den bläulich-weißen Lichtfarben der Quecksilber- und Halogen-Metaldampflampen angezogen und häufig infolge thermischer Wirkungen getötet werden. Verbesserungen schaffen

- Lampen, die vorwiegend gelb/rotes Licht und wenig Blau/Grün, wenig UV ausstrahlen. Die gelblichen Natriumdampflampen sind in dieser Beziehung günstig;
- geringe Lichtpunkthöhe, weil dadurch der durchflogene Raum und damit die Schädigungswirkung geringer ist;
- abgeschirmte Leuchten, da die Anlockungs-Reichweite geringer ist. Leuchten in der Schutzart IP 43 sind insektendicht.

Vermutlich werden auch die Zugvögel in ihrer Orientierung gestört, da das Licht der öffentlichen Beleuchtung das für die Orientierung schwache Sternenlicht überdecken kann. Zusätzlich kann die öffentliche Beleuchtung auch die Menschen stören, sei es durch direkte Blendung, unerwünschte Helligkeit in der Wohnung – oder einfach durch die Tatsache, dass die Nacht nicht mehr dunkel ist!

Gütekriterien in der öffentlichen Beleuchtung

In Europa gelten nicht nur einheitliche Verkehrsregeln, sondern auch einheitliche Mindestanforderungen an die Güteermerekmale der öffentlichen Beleuchtung. Verschiedene Normen (EN 13201 Teil 1 bis 4, EN 60598 und andere) definieren

diese Mindestanforderungen. Die wesentlichsten Kriterien sind

- Leuchtdichte (evtl. Beleuchtungsstärke)
- Gleichmässigkeit
- Blendungsbegrenzung
- optische Führung
- Adaption
- Energie- und Leistungswerte

Damit die optischen und geometrischen Anforderungen definiert werden können, wird für den Verkehrsteilnehmer eine Augenhöhe von 1,50 m angenommen. Seine Blickrichtung ist gemäss Bild 1 um 1° von der Horizontalen nach unten gerichtet, das Bewertungsfeld auf der Fahrbahn reicht damit von 60 bis 160 m, und auf Grund der konstruktiven Gestaltung der Windschutzscheibe in einem PW ist sein Gesichtsfeld nach oben bei 20° beschränkt.

Für die Sehbedingungen des Verkehrsteilnehmers sind die Leuchtdichten im Gesichtsfeld massgebend. Wichtigstes Gütekriterium der ÖB ist daher die Leuchtdichte L der Fahrbahn. Diese ist massgebend für den Helligkeitseindruck, den der Verkehrsteilnehmer von der Strassenoberfläche hat. Sie bestimmt dessen Adaptionszustand und damit die visuelle Leistungsfähigkeit.

In der Praxis liegen die Leuchtdichten der öffentlichen Beleuchtung im Bereich von 0,2 bis 4 cd/m². In diesem Bereich ist die Kontrastempfindlichkeit und die

Farbtüchtigkeit des Auges eingeschränkt. Die Leuchtdichte hängt ab

- vom Lichtstrom der Lampe
- von der Lichtstärkeverteilung der Leuchten
- von der Anordnung der Leuchten
- von der Reflexion der Strassenoberfläche
- vom Standort des Beobachters

Die Prozedur zur Bestimmung der Güteermerekmale der öffentlichen Beleuchtung einer bestimmten Strasse gliedert sich gemäss Bild 2 in drei Schritte.

Leuchten

Gemäss dem internationalen Wörterbuch der Lichttechnik ist eine Leuchte «ein Gerät, das zur Verteilung, Filterung oder Umformung des Lichtes von Lampen dient, einschliesslich der Befestigung, zum Schutz und der Energieversorgung der Lampen notwendigen Bestandteile». Die Anforderungen bezüglich Lichttechnik, Verwendungsort, Montageart und Lampentechnik sind in der Norm EN 60598 definiert:

- Mechanische, thermische und sicherheitstechnische Anforderungen
- Konformitätsnachweis zum Beispiel durch das Sicherheitszeichen des SEV bzw. durch das harmonisierte europäische ENEC-Zeichen
- Normiertes Typenschild
- Definierte Betriebsbedingungen
- Schutzklassen und Schutzarten
- Winddruck
- Definierte Lichtlenkung (LVK) entsprechend den Anforderungen
- Immissionsschutz

Messung der Güteermerekmale

In der SN-EN 13201-4 sind die «Methoden zur Messung der Güteermerekmale der Strassenbeleuchtungsanlagen» beschrieben. Der Zweck der Messung ist

- Neue Anlagen: Vergleich der geplanten und erreichten Werte
- Bestehende Anlagen: Um den aktuellen Zustand einer Beleuchtungsanlage zu erfassen (Wartung, Reinigung, Lampenwechsel) oder zum Vergleich von Anlagen

1. Schritt		2. Schritt		3. Schritt
Auswahl der Beleuchtungssituation	Zuordnen der Beleuchtungsklasse	Definieren der Beleuchtungsklasse	Bezeichnen der Beleuchtungsklasse	Bestimmen der minimalen Güteermerekmale

Bild 2 Bestimmen der Güteermerekmale der öffentlichen Beleuchtung in drei Schritten

Verwendet werden Beleuchtungsstärkemesser (Luxmeter) bzw. Leuchtdichtemesser, aber auch Leuchtdichtemesskameras. Wichtig ist, dass die Messgeräte kalibriert sind. Dies ist alle drei Jahre notwendig, zum Beispiel bei METAS (Bundesamt für Metrologie) oder beim Messgerätehersteller.

Die Messungen sind anspruchsvoll, wobei die Leuchtdichtemessung schwieriger ist als die Messung der Beleuchtungsstärke. Es sind gemäss der EN definierte Messpunkte festzulegen und die Messwerte in einem Protokoll festzuhalten. Bei der Auswertung sind allfällige Korrekturfaktoren für die Messgeräte und/oder der Beleuchtungsanlage (Spannung, Temperatur, Alterung) mit zu berücksichtigen.

Kontrolle von öffentlichen Beleuchtungsanlagen

Seit dem Inkrafttreten der revidierten NIV am 1. Januar 2002 unterstehen Anlagen für die öffentliche Beleuchtung der Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (StV; SR 734.2) und der Verordnung über elektrische Leitungen (LeV; SR 734.31). Gemäss Art. 18 und 19 der StV sind bestimmte Kontrollperioden einzuhalten und ein schriftlicher Kontrollbericht aufzubewahren. Dabei gilt gemäss der ESTI-Mitteilung STI Nr. 244.1202 d:

Abnahmekontrolle: Bei Neuinstallationen, Leuchtenwechsel, Kabelwechsel und Änderungen im Netz ist eine Abnahmekontrolle mit den erforderlichen Messungen durchzuführen und zu protokollieren.

Elektrische und mechanische Zustandskontrolle: Eine Zustandskontrolle der Beleuchtung ist mindestens alle fünf Jahre oder kontinuierlich mit dem Lampenwechsel durchzuführen und zu protokollieren.

Datenerstaufnahme oder elektrische Sicherheitskontrolle: Für jede Beleuchtungsanlage ist mindestens einmal pro Anlage eine Datenerstaufnahme zu machen. Ist eine Abnahmekontrolle



Bild 3 Beleuchtung eines Verkehrskreuzes mit Fussgängerstreifen

Tagung: Öffentliche Beleuchtung

25. Januar 2006, Technopark Zürich

Bessere Ausleuchtung fordern die einen, von Lichtverschmutzung und Immissionen sprechen die andern. An der ETG-Tagung, die in enger Zusammenarbeit mit SLG, GNI und VSEI durchgeführt wird, kommen einerseits die Normen und die Technik für die öffentliche Beleuchtung zur Sprache, andererseits aber auch das Gestalterische. Information und Anmeldung: www.electrosuisse.ch/etg

(Schlusskontrolle) durchgeführt worden, ist keine separate Datenerstaufnahme erforderlich.

Kontrollpersonal: Berechtig, Kontrollen an öffentlichen Beleuchtungsanlagen vorzunehmen, sind Netzelektriker und Elektromonteur mit eidgenössischem

Fähigkeitszeugnis sowie generell instruierte und sachverständige Personen im Sinne von Art. 3 Ziff. 15 und 23 Starkstromverordnung.

Anlagedokumentation: Die Mindestanforderungen an die Anlagedokumentation sind vom Betreiber zu präzisieren.

Weihnachtsbeleuchtung ab öffentlicher Beleuchtung: Es gilt das Info-Blatt 2058 der Electrosuisse vom November 2002.

Weiterführende Literatur

SN EN 13201 Teil 1 bis 4 und SN EN 60598 SLG 201, 202
StV; LeV; SR 734.2, SR 734.31, ESTI-Mitteilung STI Nr. 244.1202 d
SLG-Seminar Öffentliche Beleuchtung
H. R. Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker, AZ Fachverlage AG

Angaben zum Autor

Hans R. Ris, dipl. El.-Ing. FH, unterrichtete über 33 Jahre an der STF Winterthur Lichttechnik, ist Chefredaktor der Fachzeitschrift Elektrotechnik und Verfasser verschiedener Fachbücher.
h.r.ris@bluwin.ch

Résumé

Éclairage public

Sécurité routière et protection contre le crime. L'éclairage public a pour but de faciliter à tous les usagers de la route la perception des surfaces, chaussées, débouchures, croisements, obstacles, perturbations ainsi que des autres usagers. Il favorise ainsi l'écoulement du trafic, la sécurité et l'ordre sur la route. Un bon éclairage permet de réduire le nombre d'accidents et de crimes.



Bild 4 Innenansicht von Leuchten für die öffentliche Beleuchtung: links eine alte, rechts eine neue Leuchte