

THEORETISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER KONSTANTE HORIZONTALE UND VERTIKALE BELEUCHTUNGSSTÄRKEN BEI DER BELEUCHTUNG VON EINBAHNSTRASSEN

Von

T. LANTOS und F. LÁNYI

Lehrstuhl für Elektrotechnik, Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 27. März, 1969)

Vorgelegt von M. LUKÁTS

1. Problemstellung

Die Güte der Straßenbeleuchtung wird größtenteils im allgemeinen durch die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke — E_h — und deren Gleichmäßigkeit — g — bestimmt [1—5]. Neuerlich werden statt E_h und g die Leuchtdichte — L_h — [6] und deren Gleichmäßigkeit — g_L — bevorzugt. Es ist unbestreitbar, daß diese Änderung von Vorteil ist; die Sichtverhältnisse können jedoch weder durch E_h und g , noch mittels L_h und g_L eindeutig bestimmt werden; sie können selbst bei konstanten E_h bzw. L_h Werten — je nach der Ausführungsart — sehr verschieden sein.

Im weiteren werden daher die Sichtverhältnisse auf Einbahnstraßen anhand von 3 Beispielen theoretisch untersucht. Der Einfachheit halber wurde die Prüfung auf die horizontalen und vertikalen Beleuchtungsstärken beschränkt; in Kenntnis des Leuchtdichtefaktors läßt sich jedoch der Gedankengang restlos auch auf Leuchtdichteverhältnisse übertragen, die ähnliche Tendenzen aufweisen.

Die folgenden theoretischen Untersuchungen vernachlässigen u. a. die von der Rückstrahlung der Straßenfläche herrührende Beleuchtungsstärke auf dem Objekt, und beschränken sich auf eine zur Straßenachse parallele, durch die Leuchten gelegte vertikale Ebene.

Die für E_h und g in Normen angegebenen Richtwerte können auf Einbahnstraßen zumeist tatsächlich einfach, und gegebenenfalls auch verschiedenartig erzielt werden [7]. Dies ist beispielsweise auch aus Abb. 1 und 2 ersichtlich, wobei nicht nur die geometrischen Verhältnisse, — also die Höhe und der Abstand der Leuchten — sondern auch die horizontalen Beleuchtungsstärken und daher auch die Gleichmäßigkeiten gleich sind. ($h_1 = h_2$; $a_1 = a_2$; $E_{h1} = E_{h2} = \text{Konst}$; $g_1 = g_2 = 1$.) Verschieden sind nur die Lichtverteilungskurven (Abb. d_1 und d_2) und die Abschirmung der Leuchten — die Ausstrahlungsbereiche sind jedoch in beiden Fällen so gewählt, daß Blendung vermieden wird.

Die Kurven in Abb. c_1 und c_2 zeigen die Vertikal-Beleuchtungsstärke-

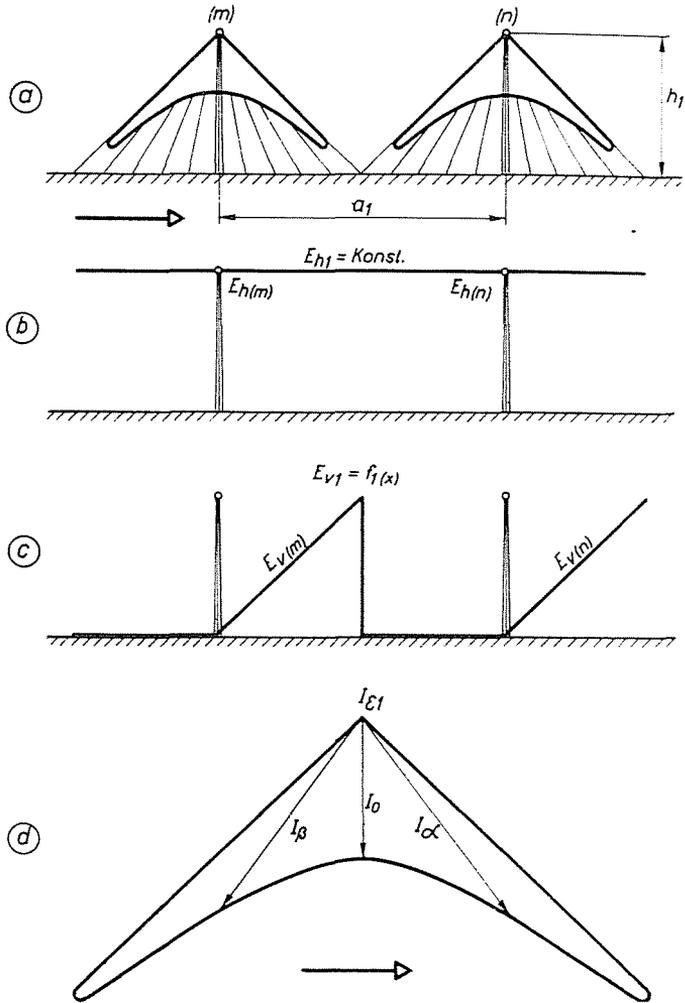


Abb. 1

Verhältnisse (E_v), durch die die Beleuchtung der Hindernisse bewertet wird. Aus den Abbildungen läßt sich entnehmen, daß diese Werte, und damit auch der Dunkel—Hell-Kontrast zwischen den Hindernissen und der Fahrbahnoberfläche in den geprüften Beispielen sehr verschieden sind. Da einem größeren Helligkeitsunterschied bekanntlich eine hohe Bedeutung zukommt [8, 9], wäre es vorteilhaft, wenn außer E_h und g auch für E_v/E_h Grenzwerte vorgeschrieben werden könnten, damit sich die Hindernisse genügend dunkel von der hellen Fahrbahn abheben. Es wäre dabei von besonderer Bedeutung, wenn sich Anlagen mit $E_v/E_h = \text{Konst.}$ verwirklichen ließen.

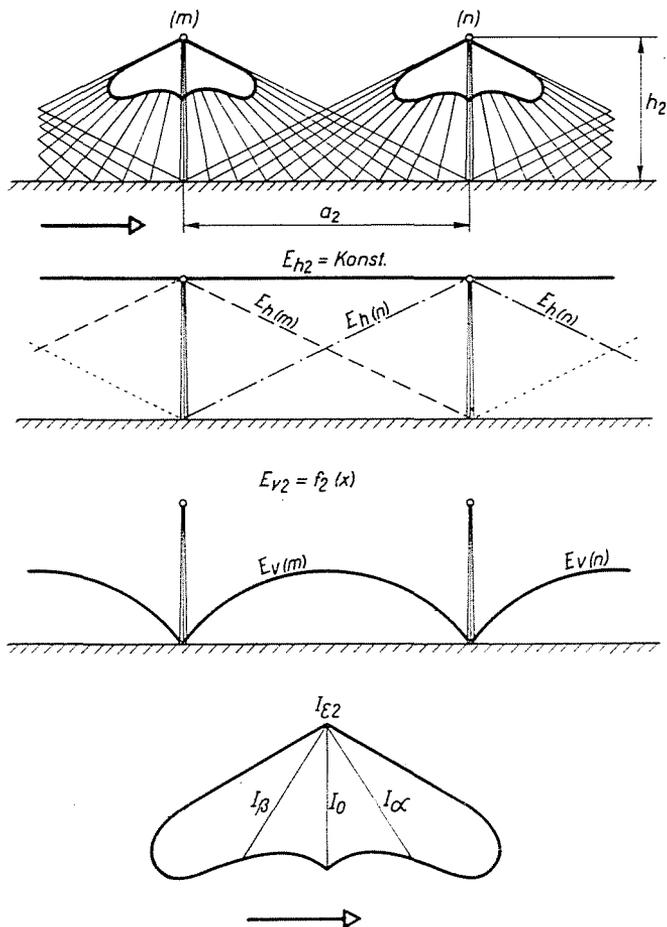


Abb. 2

Abb. 1 und 2. Beleuchtungsbeispiele mit $E_h = \text{Konst.}$ h — Lichtpunkthöhe; a — Leuchtenabstand; E_h — Horizontalbeleuchtungsstärke; E_v — Vertikalbeleuchtungsstärke; α — Ausstrahlungswinkel in Verkehrsrichtung; β — Derselbe in Gegenrichtung

2. Eine theoretische Näherungslösung

Da bekanntlich

$$E_v = E_h \tan \varepsilon \tag{1}$$

ist, kann die obige Forderung im Falle einer einzigen Leuchte (z. B. Abb. 1) nicht befriedigt werden. Handelt es sich aber um eine Anlage, wo sich die Wirkungen mehrerer Lichtquellen überlagern (z. B. Abb. 2 und 3), so ist eine annähernde Lösung schon möglich. Beim Summieren sind immer nur die Leuchten in Betracht zu ziehen, die an der Beleuchtung der zu prüfenden Meßfläche beteiligt sind.

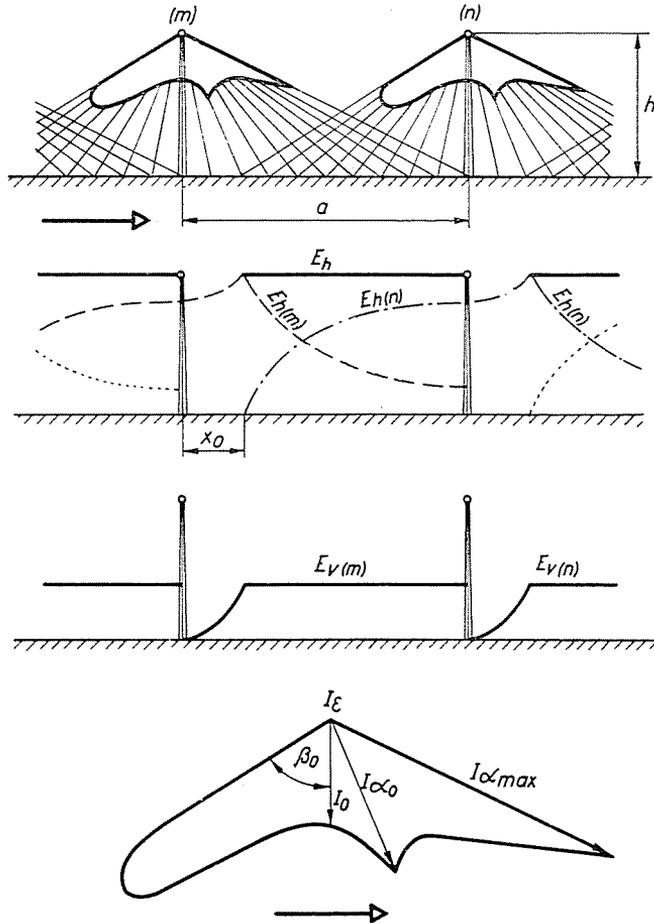


Abb. 3. Asymmetrische Lichtverteilungskurve zum Befriedigen der Gl. (6/a) und (6/b) bei $a = 2h$ und $x_0 = 0,2a$. x_0 — Die Strecke, wo nur die Leuchte (m) wirksam ist; β_0 — Größter Ausstrahlungswinkel in Gegenrichtung; α_0 — Der β_0 entsprechende Ausstrahlungswinkel in Verkehrsrichtung ($\tan \alpha_0 = x_0/h$); h, a, E_h, E_v, α und β wie in Abb. 1 und 2

Zwischen zwei benachbarten Masten ist demnach (s. Abb. 3)

$$E_h = E_{h(m)} + E_{h(n)} \tag{2}$$

aber nur

$$E_v = E_{v(m)} \tag{3}$$

Um der Forderung $E_v = \text{Konst.}$ nachzukommen, muß

$$E_{h(m)} = K_1 \frac{1}{\tan \alpha(m)} \tag{4}$$

sein, wobei $K_1 = \text{Konst.} = E_v$ ist.

Berücksichtigt man die Bedingung $E_h = \text{Konst.}$, so ist ferner

$$E_{h(n)} = K_2 - K_1 \frac{1}{\tan \alpha_{(m)}} \tag{5}$$

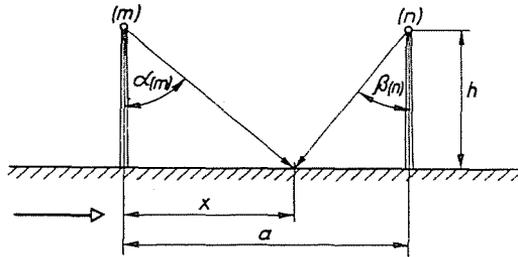


Abb. 4. Zur Gleichung (5/a). x — Abstand des Straßenpunktes vom Fußpunkt der Lichtquelle; h, a, E_h, E_v, α und β wie in Abb. 1 und 2

und $K_2 = \text{Konst.} = E_h$. Die Gl. (5) läßt sich auch in Form

$$E_{h(n)} = K_2 - \frac{K_1}{a/h - \tan \beta_{(n)}} \tag{5a}$$

schreiben (s. Abb. 4).

Es muß also eine Leuchte mit asymmetrischer Lichtverteilung angewendet werden, die in Verkehrsrichtung eine horizontale Beleuchtungsstärke nach

$$E_{h(m)} = \frac{E_v}{\tan \alpha_{(m)}} \tag{6a}$$

und in Gegenrichtung eine unterschiedliche nach

$$E_{h(n)} = E_h - \frac{E_v}{a/h - \tan \beta_{(n)}} \tag{6b}$$

ergibt.

Da (6/b) nur im positiven Bereich deutbar ist, nimmt $\tan \beta_{(n)}$ bei $E_{h(n)} = 0$ einen Extremwert

$$\tan \beta_0 = \frac{a}{h} - \frac{E_v}{E_h} < \frac{a}{h} \tag{7}$$

an.

Auf der kurzen x_0 -Strecke, wo $\beta > \beta_0$ (d. h. $\alpha < \alpha_0$) ist, wirkt demzufolge nur die Leuchte (m) allein. Auf Grund der Gl. (1) ist hier der maßgebende

$$\frac{E_{v(m)}}{E_{h(m)}} = \tan \alpha < \tan \alpha_0 = \frac{E_v}{E_h} \tag{8}$$

Quotient also zwar nicht konstant, jedoch noch kleiner, folglich günstiger, als auf der $a - x_0$ langen Konstanten-Strecke.

3. Schlußfolgerung

Im Falle von Einbahnstraßen können die beiden Forderungen

$$E_v = K_1 \text{ und } E_h = K_2$$

durch spezielle, asymmetrische, hauptsächlich in Fahrtrichtung strahlende Leuchten praktisch befriedigt, und damit konstante Kontrastverhältnisse erzielt werden.

Zusammenfassung

Anhand von Beispielen wird gezeigt, daß die Kontrastverhältnisse auch bei gleicher, ja selbst bei konstanter E_h also g , — bzw. L_h also g_L — je nach der Ausführungsart sehr verschieden sein können.

Um eine gleichmäßige Sichtbarkeit zu gewährleisten, wird der Grundgedanke einer Beleuchtungsanlage für Einbahnstraßen vorgelegt, durch die praktisch konstante Kontrastverhältnisse erzielt werden können.

Literatur

1. Közvilágítás létesítése és korszerűsítése. NIMSZ 214—1962.
2. Beleuchtung mit künstlichem Licht — Außenbeleuchtung. TGL 200—0617, Blatt 9, 1966.
3. Straßenbeleuchtung DIN 5044, Richtlinien 1963.
4. American Standard Practice for Roadway Lighting, New York, D 12.1—1963.
5. Code de Bonne Pratique de l'Eclairage des Voies Publiques. NBN 254, Bruxelles, 1965.
6. Publ. CIE Nr. 12 (E—3.3.1) 1965: Internationale Empfehlungen für die öffentliche Beleuchtung.
7. LANTOS, T.: Über die Notwendigkeit der Einführung von neuen lichttechnischen Parametern. Periodica Polytechnica, 1969.
8. REEB, O.: Zur Frage der Kontrastverhältnisse bei der Straßenbeleuchtung. Lichttechnik 8 (1954).
9. DE BOER, J. B.: Beleuchtung wichtiger Verkehrsstraßen. Philips Technische Rundschau 7—8, (1961/62).

Dr. Tibor LANTOS }
 Dr. Ferenc LÁNYI } Budapest XI., Budafoki u. 8. Ungarn