

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 58 (1967)
Heft: 6

Artikel: Vereinfachte Gütebewertung von Strassenbeleuchtungsanlagen unter Berücksichtigung der physiologischen Blendung
Autor: Furter, H.W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916235>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Vereinfachte Gütebewertung von Strassenbeleuchtungsanlagen unter Berücksichtigung der physiologischen Blendung

Von H. W. Furter, Buchs

628.971.6

Es wird ein Verfahren zur Beurteilung der Qualität von Strassenbeleuchtungsanlagen aufgrund der von der Internationalen Beleuchtungs-Kommission angegebenen drei Gütekriterien: mittlere Leuchtdichte, maximale Ungleichmässigkeit und Blendung, beschrieben.

L'auteur décrit un procédé pour le jugement de la qualité des éclairages routiers en se basant sur les trois critères: luminance moyenne, non-uniformité maximale et éblouissement, critères qui sont approuvées par la Commission Internationale de l'Eclairage.

In Fachkreisen ist es hinlänglich bekannt, dass die Beleuchtungsstärketechnik die gesehene Helligkeit einer Fahrbahn nicht zu beschreiben vermag. Die Beleuchtungsstärketechnik wird deshalb durch die Leuchtdichtetechnik ersetzt. Während jene den pro Flächeninhalt eingestrahlenen Lichtstrom bewertet, bestimmt die Leuchtdichtetechnik den von einer Flächeneinheit reflektierten Lichtstrom. Die Beleuchtungsstärke wird bestimmt durch die Lichtverteilungskurve der Leuchte und die Geometrie der Leuchten zur Strasse. Für die Leuchtdichte geht weiter die Reflexionsindikator der Fahrbahndecke ein, die abhängig ist von Art, Struktur, Alter und Feuchtigkeitszustand der Strasse. Bei gegebener Leuchte und Leuchtenanordnung ergibt sich immer dieselbe Beleuchtungsstärke, ob die Strasse nun eine Asphalt- oder eine Betondecke aufweist und ob sie nass oder trocken ist. Und dass ein und dieselbe Strasse in nassem Zustand ganz andere Verhältnisse zeigt, als in trockenem, ist eine Tatsache, die jeder Strassenbenutzer aus eigener Erfahrung kennt.

Auf die Berechnung von örtlicher und mittlerer Leuchtdichte soll hier nicht näher eingegangen werden (siehe [1; 2]¹⁾).

Wie bei der Beleuchtungsstärke, so ist auch bei der Leuchtdichte die Gleichmässigkeit ein massgebliches Kriterium für die Qualität einer Anlage. Allerdings ist hier nach Untersuchungen von *de Boer* und *Knudsen* [3] nicht das Verhältnis vom Minimalwert zum Mittelwert und zum Maximalwert, sondern der Leuchtdichtegradient massgebend. Als Mass für die Ungleichmässigkeit hat *de Boer* den Wert S_{\max} vorgeschlagen [3], der definiert ist als:

$$S_{\max} = \frac{\Delta L_{\max}}{\bar{L}} 100 \% \quad (1)$$

ΔL_{\max} ist die maximale Differenz zweier benachbarter örtlicher Leuchtdichten in Längs- oder Querrichtung bei 3 m Längsabstand und 1 m Querabstand der Messpunkte. \bar{L} ist die mittlere Leuchtdichte. Die von *de Boer* und *Knudsen* gefundene Abhängigkeit der Güte einer Anlage von den beiden Kriterien \bar{L} und S_{\max} ist in Fig. 1 dargestellt.

Da nun nach den Empfehlungen der CIE [2] als drittes Kriterium noch die Blendung für die Qualität einer Anlage von Bedeutung ist, wurde versucht [4], durch Erweiterung um eine Dimension auch die physiologische Blendung in die Bewertung nach Fig. 1 einzubauen. Dies führte zu Fig. 2, die nun den Gütewert in Abhängigkeit von allen drei Kriterien darstellt. Als Mass für die Blendung wurde dabei die Schleierleuchtdichte L_s verwendet.

Für die praktische Verwendung ist nun jedoch diese dreidimensionale Darstellung nicht sehr geeignet, da es schwierig ist, aus ihr genaue Werte abzulesen. Da nun jedoch in die Formeln für die Schleierleuchtdichte L_s und für die physio-

logische Blendung φ die Ungleichmässigkeit S_{\max} nicht eingeht [5; 6], muss es möglich sein, die Verschlechterung des Gütewertes in Abhängigkeit von der Schleierleuchtdichte L_s und der mittleren Leuchtdichte \bar{L} zweidimensional darzustellen. Praktisch bedeutet das also, dass das Mass, um welches die Flächen von Fig. 2 nach rechts hinten ausbiegen, in Funktion von L_s und \bar{L} dargestellt werden soll. Diese Transformation wurde mathematisch durchgeführt, und es ergab sich der in Fig. 3 gezeigte recht einfache Zusammenhang.

Praktisch kann nun zur Bestimmung des Gütewertes einer Anlage wie folgt vorgegangen werden:

Mit \bar{L} und S_{\max} bestimmt man nach Fig. 1 den Gütewert G_B ohne Blendung. Mit L_s und \bar{L} bestimmt man in Fig. 3 die Reduktion ΔG des Gütewertes infolge Blendung. Durch Subtraktion

$$G_F = G_B - \Delta G \quad (2)$$

erhält man dann den Gütewert G_F mit berücksichtigter physiologischer Blendung.

Um den Gütewert G_F mittels Computer zu berechnen, kann folgende Formel verwendet werden:

$$G_F = \frac{2 - \log S_{\max}}{0,533} + \frac{\log(100\bar{L}) - 1,24}{0,263} - 1,224 [\log(100 L_s) - 0,8 (\log(10\bar{L}) - \log 2,4)]^2 + 0,279 [\log(100 L_s) - 0,8 (\log(10\bar{L}) - \log 2,4)] \quad (3)$$

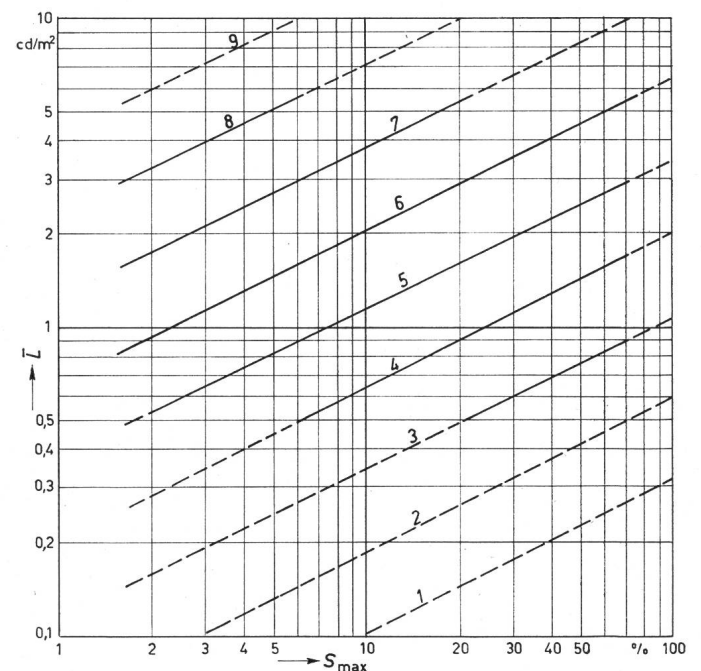


Fig. 1

Gütebewertung einer Strassenbeleuchtungsanlage in Abhängigkeit der mittleren Leuchtdichte \bar{L} und der Ungleichmässigkeit S_{\max} (nach de Boer)

1 schlecht; 3 ungenügend; 5 genügend; 7 gut; 9 sehr gut

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

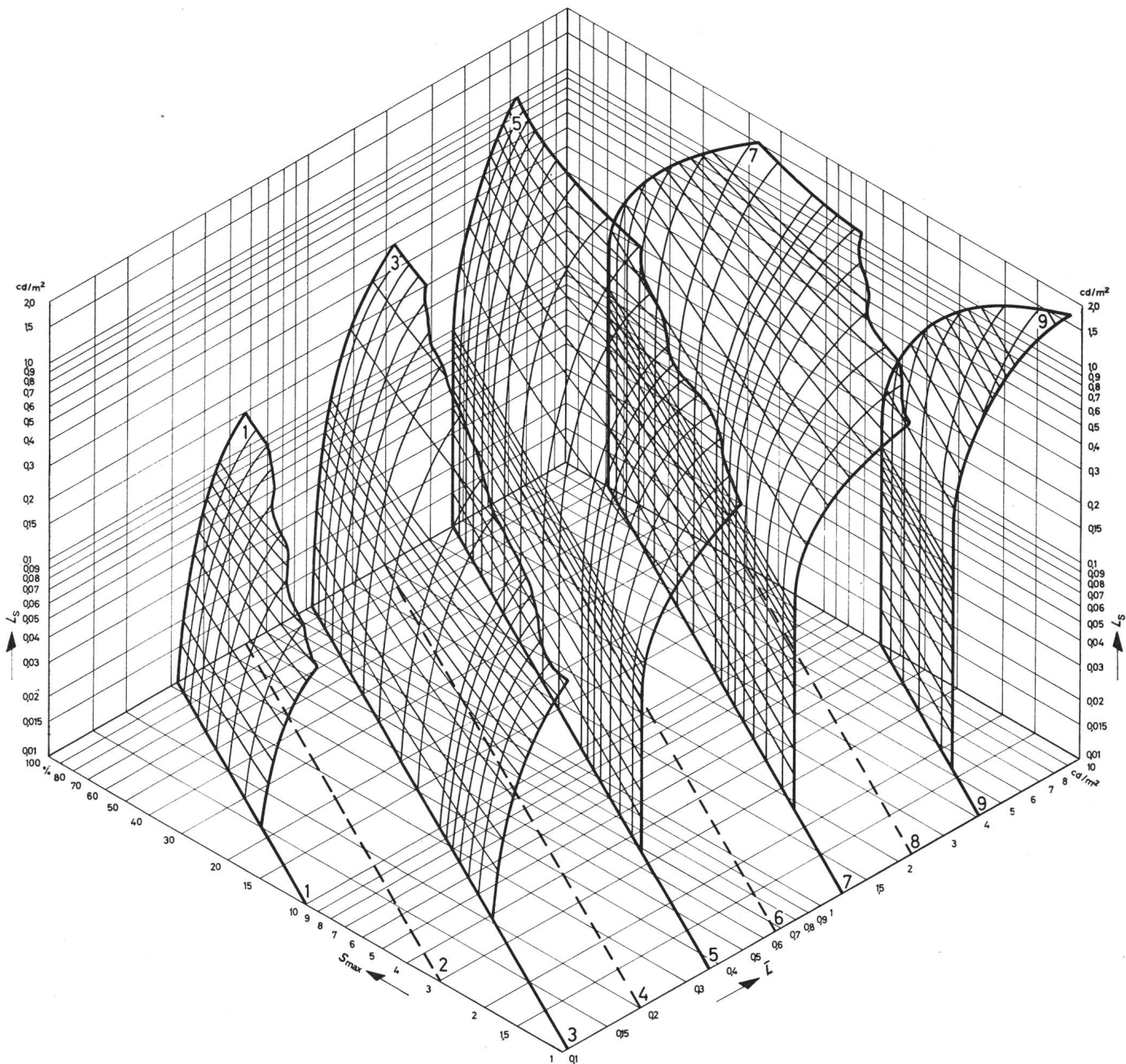


Fig. 2

Gütebewertung von Strassenbeleuchtungsanlagen in Abhängigkeit der mittleren Leuchtdichte L , der Ungleichmässigkeit S_{max} und der Blendung L_s (Schleierleuchtdichte)

1, 3, 5, 7, 9 Gütebewertung (siehe Fig. 1)

Als Beispiel seien noch zwei Anlagen angeführt, die im Freiluftlaboratorium des Lichtzentrums Buchs der Nov-electric AG aufgebaut, leuchtdichtemässig und beleuchtungsstärkemässig mittels Computer durchgerechnet und auch durchgemessen wurden. Die Fig. 4 und 5 zeigen die Anlagen.

	Anlage 1	Anlage 2
Lichtpunktstand a	30 m	30 m
Lichtpunkthöhe h	8 m	10 m
Bestückung	2 Leuchten zu je 1 × 400 W HgM pro Mast	1 Leuchte zu 1 × 250 W HgM pro Mast
Mittlere Beleuchtungsstärke E_m	105 lx	13,5 lx
Gleichmässigkeit E_{min}/E_m g_1	1 : 2,7	1 : 1,6
Gleichmässigkeit E_{min}/E_{max} g_2	1 : 6,1	1 : 2,7
Mittlere Leuchtdichte \bar{L}	10,57 cd/m ²	0,94 cd/m ²
Max. Ungleichmässigkeit S_{max}	49,2%	20,3%
Leuchtdichteausbeute	2,23 cd/W 0,301 cd/dlm 10,0 m ² lx/cd	0,63 cd/W 0,175 cd/dlm 14,4 m ² lx/cd

Gütwert nach <i>de Boer</i>	7,5	4,1
Schleierleuchtdichte \bar{L}_s	3,17 cd/m ²	0,160 cd/m ²
Physiologische Blendung φ	0,230	0,148
Psychologische Blendung ψ	37,9	13,7
Gütwert mit Blendung G_F	6,1	3,6

Die Anlage 1 hat also die dreifache Leistung der Anlage 2 und — wegen der höheren Lichtausbeute der HgM-Lampen — etwa den fünffachen Lichtstrom. Infolge der kleineren Lichtpunkthöhe der Anlage 1 erhält man die achtfache Beleuchtungsstärke und die elffache mittlere Leuchtdichte der Anlage 2. Hätte man bei der Anlage 1 eine kleine Ungleichmässigkeit, z.B. 20% wie bei der Anlage 2, so ergäbe sich ein Gütwert G_B von 8,1. Die grosse Ungleichmässigkeit von 49,2% reduziert G_B aber auf 7,5. Infolge der hohen physiologischen Blendung der Anlage 1 erhält man aus Fig. 3 eine Reduktion ΔG von 1,4, so dass $G_F = 6,1$ wird. Die leuchtdichtemässig sehr gute Anlage 1 wird also durch grosse Ungleichmässigkeit

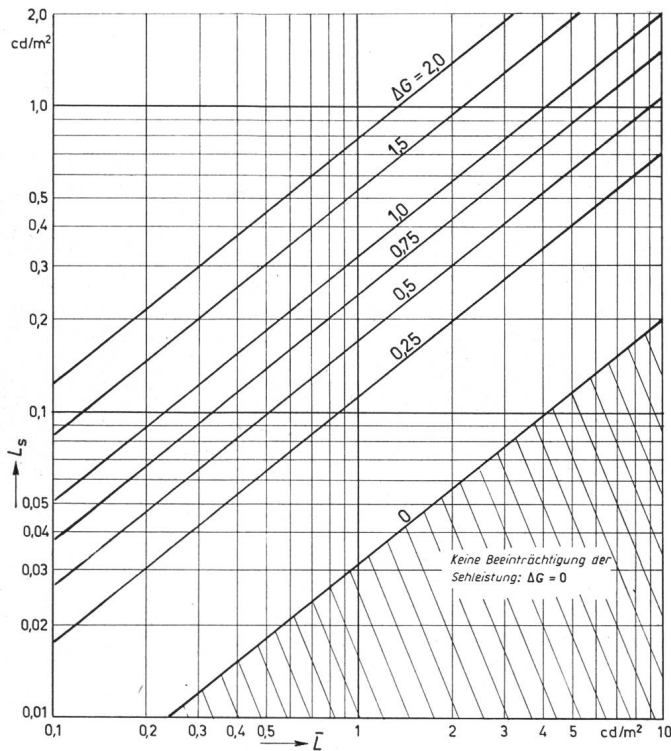


Fig. 3

Reduktion ΔG des Gütewertes infolge Blendung \bar{L}_s in Abhängigkeit der mittleren Leuchtdichte \bar{L}

und starke Blendung um etwa 2 Punkte verschlechtert. Dieser Gütewert von $G_F = 6,1$ könnte bei einer Ungleichmässigkeit von 20% und ohne Blendung bereits mit einer mittleren Leuchtdichte von 3 cd/m^2 , also einem Drittel des Lichtstromes der Anlage 1, erreicht werden. Man sieht daraus mit aller Deutlichkeit, welche eminente Bedeutung Ungleichmässigkeit und Blendung für die Qualität einer Anlage haben, wenn mit einer bezüglich Ungleichmässigkeit und Blendung guten Leuchte mit $1/3$ der Betriebskosten die gleiche Anlagequalität erreicht werden kann, wie mit einer schlechten Leuchte. Natürlich geht dann auch die mittlere Beleuchtungsstärke auf etwa $1/3$ zurück, was zeigt, dass die mittlere Beleuchtungsstärke über die Qualität einer Anlage überhaupt nichts aussagt.

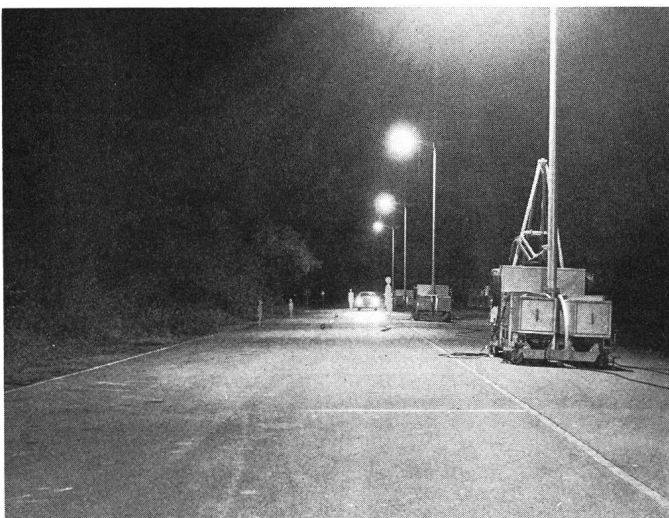


Fig. 4
Versuchsanlage 1

Ein Vergleich der beiden bewerteten Anlagen bezüglich Gleichmässigkeit von Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte liesse vermuten, dass g_2 , g_1 und S_{\max} parallel laufen. Eingehende Versuche haben jedoch gezeigt, dass dies nicht der Fall ist, dass also von g_2 und g_1 nicht auf S_{\max} geschlossen werden kann. Desgleichen kann ja auch von E_m nicht auf \bar{L} geschlossen werden.

Mit der vorliegenden Gütebewertung hat der Praktiker ein Mittel in der Hand, um aus verschiedenen Beleuchtungsprojekten die optimale Lösung auszuwählen, wenn er von allen die drei Gütekriterien \bar{L} , S_{\max} , und L_s besitzt. Er hat sodann durch die Leuchtdichtetechnik die Gewähr, dass beim ersten Einschalten der gebauten Anlage wirklich das Bild erscheint, das er bei der Projektierung berechnet hat. Wie bereits erwähnt, ist mit \bar{L} allein die Güte der Anlage überhaupt noch nicht bestimmt. Sie kann vielmehr mit hohem S_{\max} und hohem L_s um mehrere Punkte zurückgehen. In der Zukunft wären deshalb nicht mehr Werte für die mittlere Beleuchtungsstärke E_m oder mittlere Leuchtdichte \bar{L} zu empfehlen, sondern Gütewerte, die dann eine in jedem Fall richtige und die tatsächlichen Lichtverhältnisse berücksichtigende Beurteilung einer projektierten oder bestehenden Anlage ermöglichen.



Fig. 5
Versuchsanlage 2

Literatur

- [1] J. B. de Boer, V. Oñate and A. Oostrijck: Practical Methods for Measuring and Calculating the Luminance of Road Surfaces. Philips Res. Rep. 7(1952)1, S. 54...76.
- [2] Internationale Beleuchtungs-Kommission: Internationale Empfehlungen für die öffentliche Beleuchtung. CIE-Publikation Nr. 12, Paris 1965.
- [3] J. B. de Boer and B. Knudsen: The Pattern of Road Luminance in Public Lighting. In: Internationale Beleuchtungskommission: Compte rendu de la 15^e session Vienne, juin 1963. Volume D: Eclairage et circulation, P-63-17, S. 569...577. CIE-Publikation 11 D, Paris 1964.
- [4] H. Furter: Gütebewertung von Strassenbeleuchtungsanlagen unter Berücksichtigung der physiologischen Blendung. Lichttechnik 18(1966)5, S. 57 A...61 A.
- [5] L. L. Holladay: The Fundamentals of Glare and Visibility. Journal of the Optical Society of America 12(1926)4, S. 271...319.
- [6] L. L. Holladay: Action of a Light-Source in the Field of View in Lowering Visibility. Journal of the Optical Society of America 14(1927)1, S. 1...15.

Adresse des Autors:

H. W. Furter, Lichtzentrum Buchs der Novelectric AG, 8107 Buchs.