

# Strassenbeleuchtung gemäss nationalen und internationalen Empfehlungen

Autor(en): **Riemenschneider, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **74 (1983)**

Heft 18

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-904858>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Strassenbeleuchtung gemäss nationalen und internationalen Empfehlungen

W. Riemenschneider

Die von einer Fachgruppe der Schweizerischen Lichttechnischen Gesellschaft erarbeiteten Leitsätze zur Bewertung und Planung von öffentlichen Beleuchtungsanlagen werden erläutert.

L'article présente des directives élaborées par un groupe d'experts de l'Union suisse pour la lumière et concernant l'évaluation et la planification d'installations pour l'éclairage public.

## 1. Entstehung der Leitsätze

Den Mitgliedern der Fachgruppe 51 der Schweizerischen Lichttechnischen Gesellschaft (SLG) stehen für ihre Arbeit drei Quellen zur Verfügung:

- die praktische Erfahrung der Mitarbeiter
- bestehende nationale Leitsätze und Empfehlungen
- internationale Arbeiten und Empfehlungen

Mit dem Erscheinen der CIE-Publ. 12 [1] war allen an der Strassenbeleuchtung Beteiligten klar, dass nicht nur eine Verbesserung der bisher angewandten Technik, sondern ein echter Durchbruch erzielt war, indem nicht das auf die Strasse eingestrahelte, sondern das von ihr reflektierte Licht bewertet wird.

Hierdurch waren die beiden ersten Quellen weitgehend erschöpft bzw. es musste verstärkt auf die internationalen Arbeiten abgestellt und die eigene Erfahrung rasch erweitert werden. Dies hat die Arbeiten erschwert und verzögert.

Die Publ. 12 bringt die Einbeziehung der Reflexionseigenschaften des Fahrbahnbelages und ermöglicht somit die Betrachtung des Leuchtdichtebildes, wie es sich dem Fahrer eines Fahrzeuges darbietet. Während bisher die Beleuchtungsstärken an einem Punkt berechnet wurden mit

$$E_h = \frac{I(\cos \gamma)^3}{h^2} \text{ [lx]}$$

aufgrund der Grössen (Fig. 1):

- Lichtstärke  $I(\gamma, C)$
- Lichtpunkthöhe  $h$
- Lichteinfallswinkel  $\gamma$  (= Ausstrahlungswinkel)

kommen nun dazu die Grössen

- Leuchtdichtefaktor  $r(\gamma, \rho)$  des Fahrbahnbelages,
- seitlicher Beobachtungswinkel  $\delta$  hinzu, wodurch die örtliche Leuchtdichte wird:

$$L_o = E_h \cdot r \text{ [cd/m}^2\text{]}$$

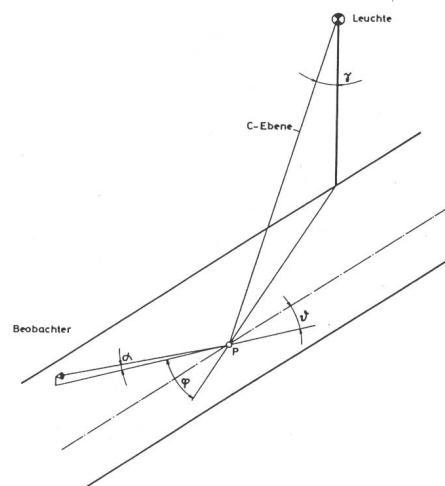


Fig. 1 Berechnungsmodell für die Beleuchtungsstärke

Die Zahl der Veränderlichen hat sich also fast verdoppelt, dies obwohl der Höhenbeobachtungswinkel  $\alpha$  mit  $1^\circ$  als konstant angenommen wird. Sein wahrer Wert schwankt zwischen  $0,5$  und  $1,5^\circ$ .

Eine grosse Anzahl von Belägen wurde gemessen [2] und nach gemeinsamen Eigenschaften untersucht, was schliesslich zu den sog. R-Klassen führte. Die Leitsätze empfehlen die Planung nach den Belägen R2 und R3 mit einem  $q_0 = 0,07$ , was einem dunklen, spiegelnden Belag entspricht.

Die lichttechnischen Berechnungen werden wesentlich umfangreicher, muss doch nicht nur die Lichtstärke nach dem Seitenwinkel der C-Ebene und dem Höhenwinkel  $\gamma$ , sondern auch der Leuchtdichtefaktor  $r$  nach  $\gamma$  und  $\delta$  interpoliert werden.

Um eine gleichbleibende Genauigkeit der Berechnung zu sichern, wurden die Abstände zwischen den Werten für  $r$  (aber auch für die Lichtstärke  $I$ ) festgelegt; sie variieren je nach Lage zwischen  $2$  und  $15^\circ$ . Ebenso wurden die Berechnungsmethoden für die lichttechnischen Grössen festgelegt [3].

So wird eine Lichtstärkeverteilung (LVK) in 36 Höhenwinkeln und in 52 Ebenen - also mit insgesamt 1872

### Adresse des Autors

W. Riemenschneider, Dipl.-Ing., Geschäftsführer, Aktiengesellschaft für technische Beleuchtung, Seebergstrasse 1, 8952 Schlieren.

Werten – und die Leuchtdichtefaktoren eines Belages mit 25 Höhenwinkeln und 14 Seitenwinkeln – also mit 350 Werten – gegeben [8].

Vergleichsrechnungen zwischen dem Bundesamt für Messwesen und Leuchtenherstellern ergaben sehr gute Übereinstimmung der Resultate, wenn die Berechnungsparameter gleich angenommen werden. Dies sollte eigentlich eine Selbstverständlichkeit sein, die Praxis zeigt aber, dass dem doch nicht immer so ist.

Etwa zur gleichen Zeit war man in der Lage, die physiologische und psychologische Blendung zu beschreiben [4, 5] und die völlig unbefriedigende Beurteilung nach den absoluten Lichtstärken der Leuchten, dem sog. Cut-off-System, aufzugeben. Unbefriedigend war dieses System deshalb, weil weder die Anzahl der Leuchten im Gesichtsfeld noch deren Erscheinungswinkel noch die Fahrbahnleuchtdichte berücksichtigt wurden.

## 2. Gütemerkmale

Für die Bewertung [6] einer Strassenbeleuchtung werden folgende Gütemerkmale benutzt:

- mittlere Leuchtdichte der Fahrbahn  $L_m$
- Gesamtgleichmässigkeit der Leuchtdichte  $U_0$
- Längsgleichmässigkeit der Leuchtdichte  $U_1$
- psychologische Blendung  $G$
- physiologische Blendung  $TI$
- optische Führung
- Beleuchtung der angrenzenden Flächen

Für die fünf erstgenannten Merkmale bestehen quantitative Anforderungen, die nach Art des Verkehrs differenziert sind. Eine zeitliche Differenzierung ist in den Leitsätzen als Mitternachtschaltung gegeben, eine verkehrsabhängige Differenzierung ist zurzeit in Vorbereitung und Prüfung auf Eignung.

Die Figur 2 zeigt das für  $L_m$  massgebende Feld, das dem Beobachter zwischen  $-0,5$  und  $-1,5^\circ$  Höhenwinkel

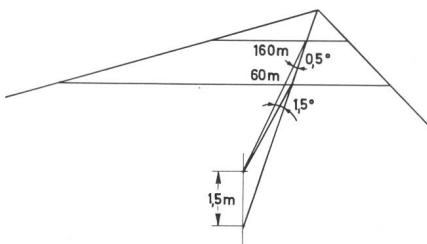


Fig. 2 Bewerteter Fahrbahnabschnitt für die Beurteilung der Leuchtdichte

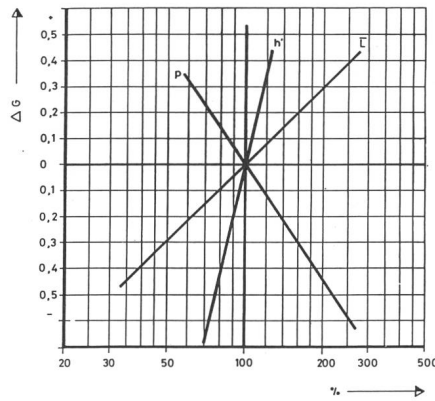


Fig. 3 Einfluss der Zahl der Leuchten ( $p$ ), Lichtpunkthöhe ( $h'$ ) und Fahrbahnleuchtdichte ( $L$ ) auf die psychologische Blendung ( $G$ )

erscheint und die ganze Fahrbahn (nicht die Strasse) erfasst.

Die mittlere Leuchtdichte  $L_m$  ist der Integralwert über die Bezugsfläche, und sollte auch als solcher gemessen werden. Bei numerischen Berechnungen wird heute allgemein der arithmetische Mittelwert aller (gleichabständigen) Berechnungspunkte genommen.

Für die Gleichmässigkeit  $U_0$  wird das ganze Feld betrachtet, während die Längsgleichmässigkeit  $U_1$  auf der Spur des Beobachters ermittelt wird.

Die psychologische Blendung  $G$  wird aufgrund der Lichtstärken  $I_{80}$  und  $I_{88}$  sowie von  $L_m$ ,  $h$  und  $p$ , der Anzahl der Leuchten je km und der leuchtenden Fläche  $A_{76}$  der Leuchte unter dem Betrachtungswinkel von  $14^\circ$  (Ausstrahlungswinkel  $76^\circ$ ) berechnet.

$$G = 13,84 - 3,31 \cdot \log(I_{80}) + 1,3 \cdot \sqrt{\log \frac{I_{80}}{I_{88}}} - 0,08 \cdot \log \left( \frac{I_{80}}{I_{88}} \right) + 1,29 \cdot \log(A_{76}) + 0,97 \cdot \log(L_m) + 4,41 \cdot \log(h') - 1,46 \cdot \log(n)$$

Die Figur 3 zeigt den Einfluss einiger wichtiger Parameter auf die Blendung. So ist gut ersichtlich, dass die Lichtpunkthöhe  $h'$  den stärksten Einfluss auf den  $G$ -Wert hat, gefolgt von der Anzahl Leuchten je km ( $n$ ).

Die Berechnung der physiologischen Blendung  $TI$  (Threshold Increment) erfolgt aufgrund der vertikalen Beleuchtungsstärke  $E_v$  am Auge des Beobachters, verursacht durch die einzelnen Leuchten. Die Figur 4 zeigt die

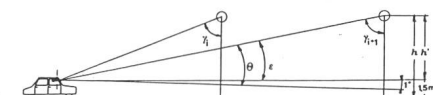


Fig. 4 Massgebliche Grössen für die Berechnung der physiologischen Blendung

entsprechende Geometrie. Die erste Leuchte hat einen so grossen Abstand zum Beobachter, dass der Betrachtungswinkel  $\epsilon = 70^\circ$  wird.

$$L_s = 10 \cdot \frac{\Phi}{(h')^2} \cdot \frac{I}{\Theta^2} \cdot \cos \Theta \cdot \sin^2 \epsilon$$

$$TI = 65 \cdot \frac{L_s}{L_m^{0,8}}$$

Erfahrungsgemäss gibt die 1. Leuchte etwa 50% der gesamten Schleierleuchtdichte  $L_s$ . Für die Berechnung der Blendung sind einfache, programmierbare Taschenrechner ausreichend.

## 3. Planung

Die lichttechnische Planung erfolgt wohl immer nach dem Schema:

- Annahme der Werte,
- 1. Berechnung,
- Korrektur,
- wiederholte Berechnung,

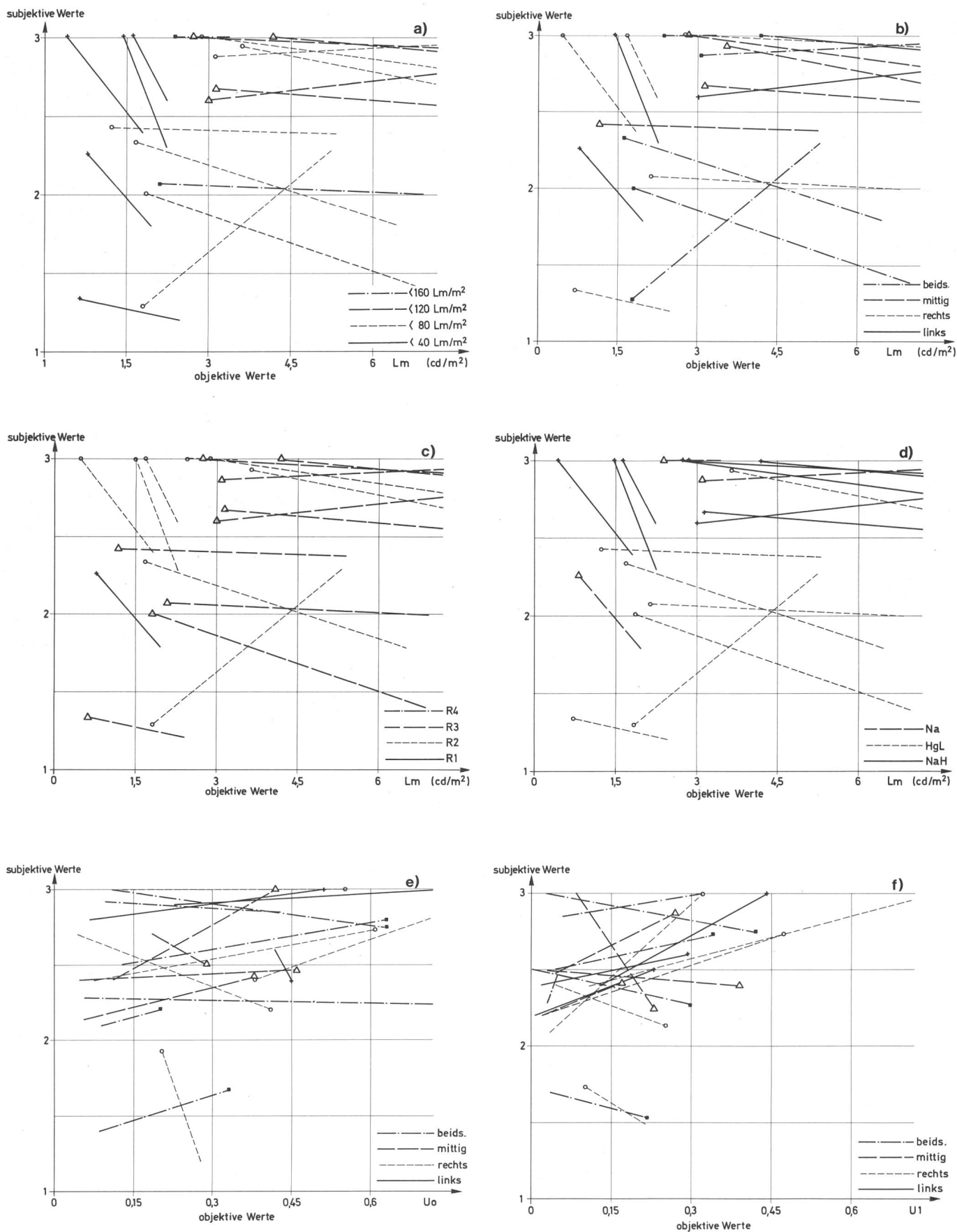
da der theoretisch wohl mögliche, umgekehrte Weg einen zu grossen Planungsaufwand bedingen würde.

Um nicht gleiche oder ähnliche Berechnungen immer wieder durchführen zu müssen, wird in den Leitsätzen vorgeschlagen, den möglichen Anwendungsbereich einer Leuchte systematisch durchzurechnen und die Ergebnisse in einem Anlagediagramm grafisch aufzuzeichnen.

Die Planung der Strassenbeleuchtung erfolgt für die Reflexionseigenschaften von trockenen Fahrbahnen, d.h. mit den Belägen R2 (wenig spiegelnd) oder R3 (spiegelnd) mit einem mittleren Leuchtdichtekoeffizienten  $q_0 = 0,07$ . Messungen des Bundesamtes für Messwesen bestätigen, dass diese beiden Arten von Belägen am häufigsten vorkommen.

Hinsichtlich der Veränderung der Reflexionseigenschaften durch Regen kann aufgrund der durchgeführten Messungen und Beurteilungen gesagt werden, dass die Verkehrssicherheit im nassen Zustand nicht abnimmt, obwohl die Leuchtdichte-Ungleichmässigkeit viel grösser wird. Voraussetzung ist, dass die Anlage im trockenen Zustand die Anforderungen erfüllt, vor allem hinsichtlich ihrer mittleren Leuchtdichte.

Die Figuren 5a bis 5f zeigen, wie sich sowohl die objektiven Werte  $L_m$ ,  $U_0$ ,  $U_1$  als auch ihre subjektive Beurteilung unter Regen verändern.



**Fig. 5 Veränderung von Beleuchtungsdaten unter Regen**

- a) bis d) Leuchtdichte  $L_m$ : trockene ( $\Delta$ ;  $\circ$ ;  $+$ ) gegenüber nasser Fahrbahn
- e) Gleichmässigkeit  $U_0$ : trockene ( $\Delta$ ;  $\circ$ ;  $+$ ) gegenüber nasser Fahrbahn
- f) Gleichmässigkeit  $U_1$ : ( $\Delta$ ;  $\circ$ ;  $+$ ) trockene gegenüber nasser Fahrbahn

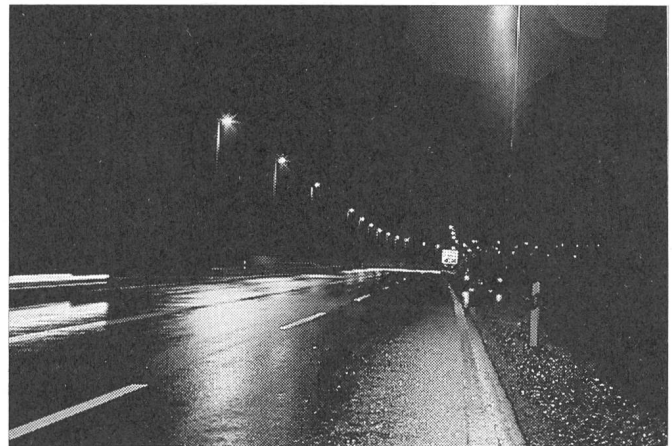
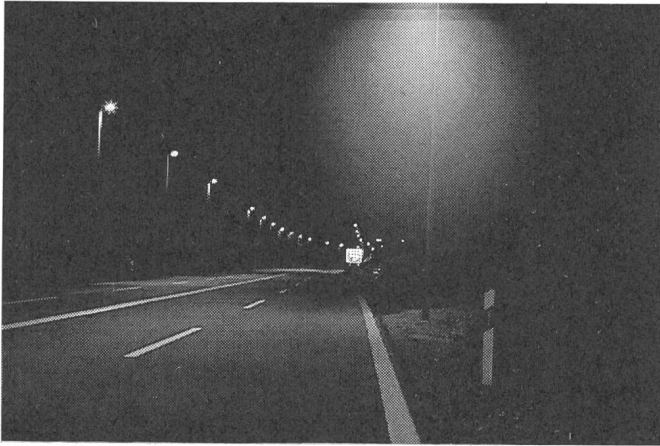


Fig. 6 Gegenüberstellung einer trockenen und einer nassen Fahrbahn

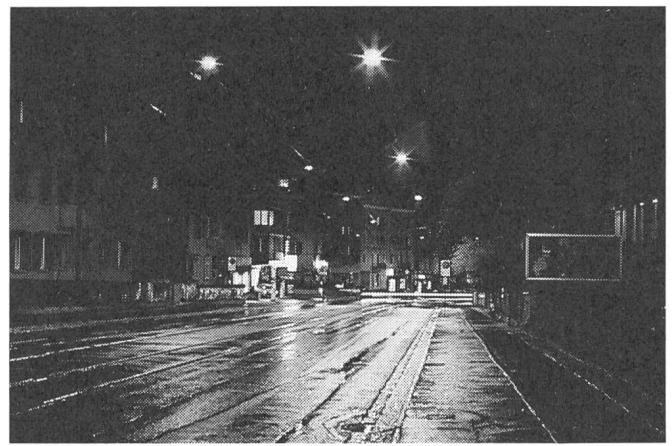
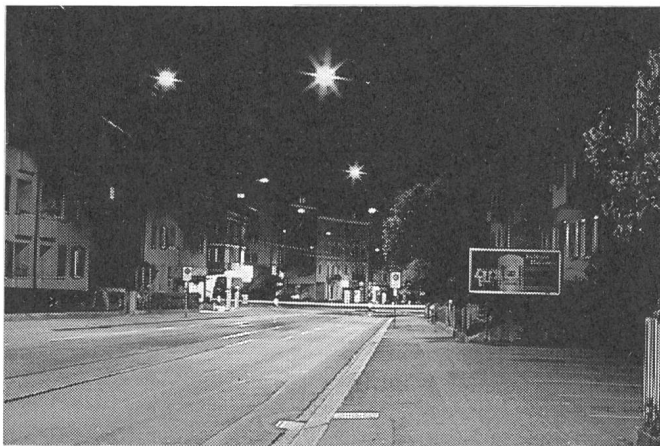


Fig. 7 Gegenüberstellung einer trockenen und einer nassen Fahrbahn

Wenn eine Anlage  $2 \text{ cd pro m}^2$  aufweist oder der installierte Lichtstrom grösser als  $80 \text{ lm pro m}^2$  ist, wird sie im nassen Zustand gleich gut beurteilt wie im trockenen. Entscheidend hierfür dürfte das Anwachsen der mittleren Leuchtdichte um den Faktor 2,8 sein. Die Verschlechterung der Gleichmässigkeit ist nicht entscheidend, da die Leuchtdichtemuster auf der Strasse Hindernisse erkennen und deren Bewegung abschätzen lassen. Die Figuren 6 und 7 zeigen zwei Strassenabschnitte mit unterschiedlicher Beleuchtung im trockenen und im nassen Zustand und vermitteln einen guten Eindruck über die durch den Regen stattfindende Veränderung.

#### 4. Kontrolle

Eine Kontrolle der lichttechnischen Werte einer Anlage ist nicht leicht, vor allem deshalb, weil man die Reflexionseigenschaften des Fahrbahnbelages nicht in der Hand hat.

Eine Kontrolle darüber, ob die lichttechnischen Werte der Anlage mit der Planung übereinstimmen, erfolgt deshalb zweckmässigerweise über ein Beleuchtungsstärkemuster, da dieses auf die gegebenen Schwankungen der Reflexionseigenschaften nicht reagiert.

Für die Messung der lichttechnischen Grössen geht man am besten

nach den vor kurzem erschienenen Leitsätzen [7] vor.

#### Literatur

- [1] Publ. CIE Nr. 12, 1970, «Empfehlungen für die Beleuchtung von Strassen für den Kraftfahrzeugverkehr».
- [2] Erbay, Ahsen 1974, «Atlas der Reflexionseigenschaften von Fahrbahndecken», Institut für Lichttechnik der Technischen Universität Berlin.
- [3] Publ. CIE Nr. 30, 1976, «Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting».
- [4] Blendung in der Strassenbeleuchtung, Bericht Symposium Sept. 1974, SLG Dok.-Nr. 700/74.
- [5] Publ. CIE Nr. 31, 1976, «Glare and uniformity in road lighting installations».
- [6] SEV 8907-1.1977 und SEV 8907-2.1981: «Öffentliche Beleuchtung von Strassen und Plätzen sowie Expressstrassen und Autobahnen».
- [7] SEV 8910.1982, «Messen und Bewerten von Beleuchtungsanlagen».
- [8] Benoit F.: «Eclairage public conformément aux directives nationales et internationales». Bull. SEV/VSE 74(1983)18.