

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 59 (1968)
Heft: 3

Rubrik: Leitsätze für öffentliche Beleuchtung : 2. Teil, Strassentunnel und -unterführungen

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: 30.01.2025

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

Leitsätze für öffentliche Beleuchtung

2. Teil: Strassentunnel und -unterführungen

Die Schweizerische Beleuchtungs-Kommission (SBK) publiziert den Entwurf zu Leitsätzen für öffentliche Beleuchtung, 2. Teil: Strassentunnel und -unterführungen. Er ist von der Fachgruppe 5B (Strassentunnel und Unterführungen)¹⁾ der SBK ausgearbeitet worden. Die Fachgruppe 5 (öffentliche Beleuchtung)²⁾ hat ihn am 30. August 1967 gutgeheissen und der Vorstand der SBK genehmigte seine Publikation an der Sitzung vom 24. Oktober 1967.

Wer an diesen Leitsätzen interessiert ist, wird eingeladen, den Entwurf zu prüfen und allfällige Änderungsvorschläge in *zweifacher Ausfertigung* dem Sekretariat der SBK, Seefeldstrasse 301, 8008 Zürich, bis *spätestens Samstag, 24. Februar 1968* einzureichen.

¹⁾ Die Fachgruppe 5B war zur Zeit der Ausarbeitung dieses Entwurfes wie folgt zusammengesetzt:

Präsident:

P. Rollard, prof., ingénieur-conseil, chemin du Gué 21, 1213 Petit-Lancy

Mitglieder:

P. Borel, dipl. Ing., Schweiz. Beratungsstelle für Unfallverhütung, Laupenstrasse 9, 3008 Bern
F. Gallati, Ing., Elektro-Watt AG, Talacker 16, 8001 Zürich
W. Gruber, dipl. Ing., Direktor der Rovo und Claude AG, Karstlernstrasse 9, 8048 Zürich
J. Guanter, dipl. Ing., Freiestrasse 84, 8032 Zürich
W. Heitz, Ing., Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, Postfach, 8023 Zürich
M. Herzig, Ing., Philips AG, Edenstrasse 20, Postfach, 8027 Zürich
M. Jenni, dipl. Ing., Ing.-Büro, Bergstrasse 3, 8142 Uitikon-Waldegg
H. Leuch, dipl. Ing., Rietstrasse 8, 8702 Zollikon
F. Mäder, Dr., Adjunkt, Eidg. Amt für Mass und Gewicht, Lindenweg 24, 3084 Wabern
A. Mathys, Ing., Vizedirektor, Baumann-Koelliker AG, Sihlstrasse 37, 8001 Zürich
W. Mathys, dipl. Ing., Chef des Technischen Dienstes des TCS, 9, rue Pierre Fatio, 1200 Genève

J. P. Piguet, ing., Société Générale pour l'Industrie, 17, rue Bovy-Lysberg, 1200 Genève
J. Rappo, ing., 3, chemin des Sauges, 1000 Lausanne
G. Rieder, Ing., Rätusstrasse 1, 7000 Chur
J. Rubeli, directeur, SWISEL, 8, rue Dassier, 1201 Genève
F. Ruckstuhl, dipl. Ing., Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau, Monbijoustrasse 45, 3000 Bern
K. Schild, dipl. Ing., Chef der Technischen Dienste des ACS, Laupenstrasse 2, 3008 Bern
E. Spendal, Ing., Breitwiesstrasse 3, 8135 Langnau
W. Stein, Ing., Vizedirektor, Sauber + Gisin AG, Höschgasse 45, 8008 Zürich
J. F. Weber, ing. dipl., ingénieur cantonal, Département des travaux publics, 6, rue de l'Hôtel-de-Ville, 1200 Genève

²⁾ In der Fachgruppe 5 unter der Leitung von Dir. R. Walthert, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern, haben ausser den unter der FG 5B genannten Herren mitgearbeitet:

G. Destraz, ing. dipl., Grand-Chêne 6, 1000 Lausanne
W. Egli, Ing., Bernische Kraftwerke AG, Viktoriaplatz 2, 3000 Bern
H. Kessler, Ing., Prokurist der Philips AG, Edenstrasse 20, Postfach, 8027 Zürich
H. König, Prof., Dr., Dr. h. c., Direktor des Eidg. Amtes für Mass und Gewicht, Lindenweg 24, 3084 Wabern
R. Maurer, Infranor S.A., 23, route des Acacias, 1200 Genève
H. Meier, Kantonsingenieur, Breitenhaus, 6370 Stans
W. Riemenschneider, Ing., Novelectric AG, Scheidtbachstrasse, 8107 Buchs
O. Sommerhalder, Lichttechniker, Bubenbergstrasse 10, 8027 Zürich
R. Serex, chef de la section de l'éclairage public, Service de l'Electricité, 12, rue du Stand, case postale 16, 1200 Genève
J. Stösser, Prokurist, Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Postfach, 8022 Zürich
H. Tanner, Direktor, Industrielle Betriebe Wohlen, 5610 Wohlen
H. Thalmann, dipl. Ing., Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau, Monbijoustrasse 45, 3000 Bern
W. Wartmann, Ing., Centralschweiz. Kraftwerk AG, Hirschengraben 33, 6002 Luzern
E. Wittwer, Ing., Prokurist der BAG, Bronzewarenfabrik AG, 5300 Turgi

Herausgeber:

Schweizerischer Elektrotechnischer Verein, Seefeldstrasse 301, 8008 Zürich.
Telephon (051) 34 12 12.

Redaktion:

Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, 8008 Zürich.
Telephon (051) 34 12 12.

«Seiten des VSE»: Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, 8001 Zürich.
Telephon (051) 27 51 91.

Redaktoren:

Chefredaktor: **H. Marti**, Ingenieur, Sekretär des SEV.
Redaktor: **E. Schiessl**, Ingenieur des Sekretariates.

Inseratenannahme:

Administration des Bulletins SEV, Postfach 229, 8021 Zürich.
Telephon (051) 23 77 44.

Erscheinungsweise:

14täglich in einer deutschen und in einer französischen Ausgabe.
Am Anfang des Jahres wird ein Jahresheft herausgegeben.

Bezugsbedingungen:

Für jedes Mitglied des SEV 1 Ex. gratis. Abonnemente im Inland: pro Jahr Fr. 73.—, im Ausland pro Jahr Fr. 85.—. Einzelnummern im Inland: Fr. 5.—, im Ausland: Fr. 6.—.

Nachdruck:

Nur mit Zustimmung der Redaktion.

Nicht verlangte Manuskripte werden nicht zurückgesandt.

Leitsätze für öffentliche Beleuchtung

2. Teil: Strassentunnel und -unterführungen

Vorwort zur 1. Auflage

Die Leitsätze für öffentliche Beleuchtung sind in drei thematisch weitgehend unabhängige Teile gegliedert, die eine gesonderte Bearbeitung und Veröffentlichung gestattet haben. Der 1. Teil: «Strassen und Plätze» erschien bereits 1960 und enthält auch die licht- und beleuchtungstechnischen Grundlagen, auf denen die beiden andern Teile aufbauen. Der 3. Teil: «Autobahnen und Expreßstrassen» konnte 1964 herausgegeben werden. Der vorliegende 2. Teil behandelt einige neuartige Probleme, die im 1. und 3. Teil nicht auftraten. Das wichtigste ist die Beleuchtung der Tunneleinfahrten während des Tages.

Aufgabe einer guten Beleuchtung ist es, Leuchtdichteverhältnisse zu schaffen, auf die das Auge so adaptieren kann, dass die Sehaufgaben leicht und zuverlässig zu bewältigen sind. In vielen Fällen der Beleuchtungspraxis genügt dafür ein bestimmtes Beleuchtungsniveau, auf das sich das Auge fest einstellt. Dies gilt im allgemeinen auch noch bei der öffentlichen Beleuchtung für den rollenden Verkehr. Im Gegensatz dazu muss das Auge sich am Tage beim Einfahren in einen Tunnel oder eine Unterführung von den hohen Leuchtdichten des Vorfeldes auf die niedrigen Leuchtdichten im Tunnelinnern adaptieren. Diese Anpassung bedarf einer gewissen Zeit. Die Leuchtdichten müssen deshalb so abnehmen, dass die Adaptation zu folgen vermag. Wie dies zu geschehen hat, ist von seiten der Physiologie, des Verkehrs und der Sehaufgaben gut bestimmt.

Theoretische Überlegungen, Modellversuche und die praktische Erfahrung führen zu übereinstimmenden Ergebnissen. *Ihre Anwendung erweist sich zwar als sehr aufwendig, doch erachtet es die Schweizerische Beleuchtungs-Kommission als unverantwortlich, sie aus rein ökonomischen Gründen zu missachten. Darum muss grosser Wert darauf gelegt werden, alle geeigneten Mittel beleuchtungstechnischer und baulicher Art anzuwenden, um bei möglichst niedrigen Erstellungs- und Betriebskosten die zweckdienlichste Tunneleinfahrtbeleuchtung zu finden.*

Weitere Probleme der Tunnelbeleuchtung haben viel Gemeinsames mit jenen der Beleuchtung von Innenräumen und erfordern eine enge Zusammenarbeit zwischen Bauingenieur und Beleuchtungsfachmann.

Die vorliegenden Leitsätze legen die Bedingungen fest, denen die Beleuchtung eines Tunnels oder einer Unterführung genügen muss, und machen auf die Besonderheiten aufmerksam, die es zu beachten gilt. Fertige Rezepte lassen sich daraus nicht für jeden Einzelfall ableiten.

An der Ausarbeitung waren massgebend beteiligt: Beleuchtungsfachleute, Vertreter der Strassenverkehrsverbände und der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachmänner sowie der eidgenössischen und kantonalen Ämter, denen im Rahmen des Nationalstrassenbaus die Planung und Ausführung einer ganzen Reihe von Tunneln und Unterführungen übertragen ist. Wertvolle Mitarbeit leisteten ferner die Vertreter der Schweizerischen Beratungsstelle für Unfallverhütung, der Elektrizitätswerke sowie von Ingenieurbüros.

Die Schweizerische Beleuchtungs-Kommission dankt ihnen allen. Sie hofft, mit diesen Leitsätzen in manchen, sich wiederholenden Diskussionen Klarheit zu bringen und mitzuhelfen, dass die neu zu bauenden Strassentunnel und -unterführungen ein Höchstmass an Zweckmässigkeit und Sicherheit bieten.

11 Zweck und Geltungsbereich	3
12 Sehbedingungen und Beleuchtung am Tag	3
12.1 Sehbedingungen und Tunnelzonen	3
12.2 Anfahrszone	4
12.3 Einfahrzone	4
12.4 Übergangszonen	5
12.5 Mittelzone	7
12.6 Ausfahrzone	7
13 Sehbedingungen und Beleuchtung bei Nacht	7
14 Bauliche Mittel zur Verbesserung der Sehbedingung	7
14.1 Tunnel allgemein	7
14.2 Anfahrszone	7
14.3 Einfahr- und Übergangszonen	8
14.4 Ausfahrzone	9
15 Unterführungen und kurze Tunnel	9
15.1 Besonderheiten der Sehbedingungen	9
15.2 Unterführungen bis etwa 40 m Länge	10
15.3 Unterführungen und kurze Tunnel von etwa 40 m bis etwa 150 m Länge	10
16 Beleuchtungstechnische Mittel	10
16.1 Lampen	10
16.2 Leuchten	10
17 Ausführung von Beleuchtungsanlagen	11
18 Speisung, Betrieb und Unterhalt von Beleuchtungsanlagen	12
18.1 Speisung	12
18.2 Betrieb und Unterhalt	12
18.3 Schaltung der Beleuchtung	13
18.4 Wirtschaftlichkeit	13
19 Verkehrssignale	13
Literaturverzeichnis	13

Für die Hinweise im Text ist folgende Bezifferung zu beachten:

- | | |
|---|-----------------|
| 1. Teil: Strassen und Plätze | Ziffern 1... 9 |
| 2. Teil: Strassentunnel und -unterführungen | Ziffern 11...19 |
| 3. Teil: Autobahnen und Expreßstrassen | Ziffern 21...27 |

11 Zweck und Geltungsbereich**11.1**

Diese Leitsätze verfolgen das Ziel, für alle Benutzer von Strassentunneln und -unterführungen bei Tag und Nacht gute Sehbedingungen zu schaffen und damit einen flüssigen und unfallfreien Verkehr zu ermöglichen. Unfälle in Tunneln können sehr ernste Folgen haben. Deshalb ist es wichtig die Beleuchtung, insbesondere der Einfahr- und Übergangszonen (Fig. 1 u. 2), den örtlichen Verhältnissen anzupassen.

11.2

Diese Leitsätze sind aufgestellt auf Grund von Erfahrungen mit bestehenden Beleuchtungsanlagen¹⁾; sie stützen sich ferner auf Ergebnisse von Laboratoriumsversuchen²⁾ und berücksichtigen Lichtquellen, wie sie zur Zeit der Bearbeitung der Leitsätze erhältlich waren. Sie zeigen, wie man technisch zweckmässig und möglichst wirtschaftlich das oben genannte Ziel erreicht. Ihre Anwendung soll den stets wachsenden Ansprüchen des Verkehrs und der Entwicklung der Beleuchtungstechnik folgen.

12 Sehbedingungen und Beleuchtung am Tag**12.1 Sehbedingungen und Tunnelzonen****12.1.1**

Einem Fahrzeugführer, der am hellen Tag auf einen Tunnel zufährt, und dessen Sehorgan an die hohe Aussenleuchtdichte adaptiert ist, erscheint ein unbeluchteter Tunnel mit unsichtbarem Ausgang als ein «schwarzes Loch», in dem er keine Hindernisse zu erkennen vermag. Vor und hinter dem Tunnelportal müssen deshalb mit baulichen und beleuchtungstechnischen Mitteln so günstige Sehbedingungen geschaffen werden, dass — gemäss einem allgemeinen Grundsatz — Hindernisse wenigstens auf die Länge der Anhaltestrecke wahrgenommen werden können. Art und Ausmass der Mittel werden bestimmt durch die Aussenleuchtdichten, die zugelassene Höchstgeschwindigkeit und durch die Adaptation des Sehorgans der Fahrzeugführer.

12.1.2

Entsprechend den bei einer Tunneldurchfahrt sich verändernden Sehbedingungen unterscheidet man *beleuchtungstechnisch* folgende Zonen (Fig. 1), deren Länge von der Fahrgeschwindigkeit abhängig ist.

I Anfahrzone: Zone vor dem Tunnelportal, in der durch eine zweckmässige Gestaltung der Umgebung die Leuchtdichten herabgesetzt werden können, um das Auge auf das Sehen im Tunnel vorzubereiten. Ihre Länge beträgt 100...200 m.

II Einfahrzone: Zone unmittelbar hinter dem Tunnelportal, in der die Leuchtdichte so gross sein muss, dass der Fahrzeugführer noch vor dem Erreichen des Portals, also bei an die Anfahrzone adaptiertem Auge, Hindernisse erkennen kann. Ihre Länge ist gleich der Anhaltestrecke und hängt hauptsächlich ab von der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit, von der Neigung der Fahrbahn und von der Beschaffenheit des Strassenbelages.

III Übergangszone: Zone, die an die Einfahrzone anschliesst, und in der die Leuchtdichte entsprechend der Fahrgeschwindigkeit und der fortschreitenden Adaptation allmählich abnehmen darf, ohne dass die Sehbedingungen ungenügend werden.

IV Mittelzone: Zone mit gleichbleibender, niedriger Leuchtdichte im Tunnelinnern.

V Ausfahrzone: Zone, in der sich das Auge des Fahrzeugführers wieder auf die Aussenleuchtdichte adaptiert.

^{1) 2)} Siehe Literaturverzeichnis am Schluss der Leitsätze.

12.2 Anfahrzone

Die Massnahmen zur Verbesserung der Sehbedingungen bestehen darin, die Aussenleuchtdichten der näheren und weiteren Umgebung des Tunnelportals niedrig zu halten, damit der Unterschied zur wirksamen Leuchtdichte in der Einfahrzone möglichst klein wird (Ziff. 14.2).

12.3 Einfahrzone**12.3.1**

Die in der ganzen Einfahrzone erforderliche minimale Leuchtdichte (L_T ³⁾ wird wie folgt berechnet:

$$L_T = 0,15 L_A^{0,9} \quad (1)$$

L_T minimale Fahrbahnleuchtdichte (cd/m²) in der Einfahrzone

L_A für die Adaptation massgebende Aussenleuchtdichte (cd/m²) vor dem Tunnel

Tabelle I enthält die nach dieser Formel ermittelten Mindestleuchtdichten in der Einfahrzone für verschiedene Aussenleuchtdichten.

Mindestleuchtdichten in der Einfahrzone
in Abhängigkeit von der Aussenleuchtdichte

Tabelle I

Anfahrzone Aussen- leuchtdichte L_A	Einfahrzone mittlere Leuchtdichte L_T ⁴⁾ auf der Fahrbahn
cd/m ²	cd/m ²
600	47
800	62
1200	90
1600	110
2400	165
3200	210

In gekrümmten Einfahrzonen sollte die Tunnelwand an der Kurvenausseite höhere Leuchtdichten aufweisen als die Fahrbahn.

³⁾ Diese Formel ist experimentell ermittelt worden und stammt aus einer Untersuchung des Eidg. Amtes für Mass und Gewicht, Bern, worüber die Autoren Mäder und Fuchs in ihrer Publikation «Beitrag zur Frage der Eingangsbeleuchtung von Strassentunneln» (siehe Literaturverzeichnis) eingehend berichten. Die Formel gilt unter folgenden Voraussetzungen: Das zu erkennende Objekt mit einem um 20% höheren Reflexionsgrad als der Reflexionsgrad der Umgebung entspricht einem auf der Fahrbahn stehenden Hindernis von etwa 40 cm Breite und 20 cm Höhe, das aus einer Entfernung von ca. 40 m (ungefähre Anhaltestrecke bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h, Ziff. 12.4.2) erkannt werden soll.

⁴⁾ Um die im Tunnelinnern benötigte mittlere Horizontalbeleuchtungsstärke in lx aus der nach Formel (1) bzw. (2) berechneten Leuchtdichte L_T bzw. L_t zu erhalten, muss die Anzahl cd/m² je nach Reflexionsverhältnissen mit 8 bis 10 multipliziert werden.

12.3.2

Die für die Adaptation massgebende Aussenleuchtdichte L_A wird wohl von der näheren und weiteren Umgebung des Tunnelportals bestimmt, doch wird sie von der Leuchtdichte der Fahrbahn im allgemeinen am stärksten beeinflusst. Diese hängt von der Einstrahlungsrichtung des natürlichen Lichtes (Sonnenstand) auf die Fahrbahn, von deren Reflexionseigenschaften und von der Blickrichtung des Fahrzeugführers ab. Bei bekannten Reflexionseigenschaften der Strassenbeläge [Leuchtdichtefaktoren $(\frac{cd/m^2}{lx})$] lassen sich die Fahrbahnleuchtdichten in Abhängigkeit vom Sonnenstand abschätzen. Diese können bei trockener Fahrbahn Werte annehmen, die je nach Wetterlage, Jahres- und Tageszeit von wenigen 100 cd/m^2 bis über 30000 cd/m^2 reichen; bei nasser Fahrbahn und Gegenlicht können sie wesentlich höher ausfallen.

12.3.3

Bei der Projektierung sollte die an sonnigen Tagen zu erwartende höchste Leuchtdichte des trockenen Strassenbelages vor dem Tunnelportal näherungsweise ermittelt werden. Erreicht diese Leuchtdichte einen höheren Wert als ca. 1500 cd/m^2 , so ist auf jeden Fall zu untersuchen, ob ihre Herabsetzung durch bauliche Massnahmen eine wirtschaftlichere Lösung ergibt als die Erstellung und der Betrieb der erforderlichen Beleuchtungsanlage. In diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind alle Massnahmen einzubeziehen, die gestatten, das Tageslicht auf einer genügend langen Strecke vor dem Tunnelportal nach und nach abzuschwächen.

12.4

Übergangzone

12.4.1

Die in der Übergangzone gegen die Mittelzone hin abnehmende, minimale Leuchtdichte auf der Fahrbahn kann für Werte von t , die grösser sind als 2 bis 3 s, nach folgender Formel⁵⁾ berechnet werden:

$$L_t = \frac{L_A}{17} t^{-1,3} \quad (2)$$

- L_t Fahrbahnleuchtdichte (cd/m^2) in der Übergangzone bei einer Entfernung vom Portal entsprechend: Anhaltstrecke (m) plus Fahrgeschwindigkeit (m/s) mal Fahrzeit (s)
- L_A für die Adaptation des Auges massgebende Aussenleuchtdichte (cd/m^2) vor dem Tunnel
- t Fahrzeit (s): Abstand vom Tunnelportal (m) weniger Anhaltstrecke (m), geteilt durch Fahrgeschwindigkeit (m/s)

12.4.2

Bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h ($16\frac{2}{3}$ m/s) und einer Anhaltstrecke von ca. 40 m, wie sie bei dieser Geschwindigkeit erwartet werden darf, ergeben die Formeln (1) und (2) für Aussenleuchtdichten L_A von 3200 cd/m^2 , 1600 cd/m^2 und 800 cd/m^2 den in Tabelle II, Kolonnen 2 bis 4, angegebenen Gesamtverlauf der Leuchtdichten in der Einfahr- und Übergangzone.

⁵⁾ Die Formel ist experimentell bestimmt worden. Die Bedingungen sind in der in Anmerkung 3 angeführten Arbeit definiert. Die Konstanten der Formel sind so berechnet, dass 75% der Beobachter das Hindernis erkennen können.

Leuchtdichteverlauf vom Portal gegen das Tunnelinnere für eine Geschwindigkeit von 60 km/h und drei verschiedene, wirksame Aussenleuchtdichten Tabelle II

Abstand vom Portal m	Leuchtdichte ⁶⁾ in cd/m^2 für		
	$L_A = 3200 \text{ cd/m}^2$	$L_A = 1600 \text{ cd/m}^2$	$L_A = 800 \text{ cd/m}^2$
1	2	3	4
bis 40	210	110	62
100	37	18	9
150	17	8	4
200	10	5	2,5 ⁷⁾
250	7	3,5	—
300	5	2,5 ⁷⁾	—
350	4	—	—
400	3,5	—	—
450	3	—	—

Für andere Werte der Aussenleuchtdichte L_A und andere Geschwindigkeiten ist der Verlauf der Leuchtdichte zu berechnen.

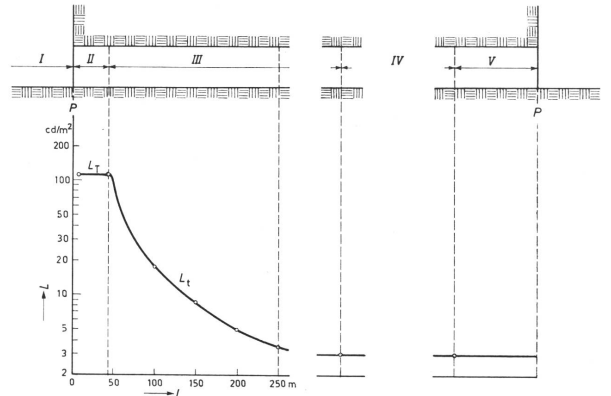


Fig. 1 Verlauf der minimalen Leuchtdichte in den beleuchtungstechnischen Zonen eines Tunnels für eine Fahrzeuggeschwindigkeit von 60 km/h und eine Aussenleuchtdichte $L_A = 1600 \text{ cd/m}^2$

I Anfahrzone; II Einfahrzone; III Übergangzone; IV Mittelzone; V Ausfahrzone; P Portale; L_t Fahrbahnleuchtdichte in der Einfahrzone; L_t Fahrbahnleuchtdichte in der Übergangzone; l Entfernung vom Tunnelportal

⁶⁾ Siehe Bemerkung 4.
⁷⁾ Siehe dazu Ziff. 12.5.

12.4.3

In Fig. 1 ist der Verlauf der minimalen Fahrbahnleuchtdichte für eine Aussenleuchtdichte von 1600 cd/m² gemäss Tabelle II in den verschiedenen Tunnelzonen dargestellt.

Mittelzone

In der Mittelzone eines Tunnels soll während des Tages die mittlere Leuchtdichte⁸⁾ mindestens 3 cd/m² betragen.

Ausfahrzone

Weil das Auge sich viel schneller zunehmenden als abnehmenden Leuchtdichten anpasst, kann in Tunneln mit Einbahnverkehr auf die Verstärkung der Beleuchtung in der Ausfahrzone verzichtet werden.

13 Sehbedingungen und Beleuchtung bei Nacht

13.1

Mit Rücksicht auf die Verkehrssicherheit sind Strassentunnel nachts zu beleuchten. Die mittlere Leuchtdichte kann auf der ganzen Länge des Tunnels gleich sein und soll im Betriebszustand mindestens 2 cd/m² betragen.

13.2

Bei Tunneln, die im Zuge unbeleuchteter Strassen liegen, soll eine Übergangsbeleuchtung erstellt werden (Ziff.5.8), um zu verhindern, dass an den Tunnelausgängen Adaptationsschwierigkeiten auftreten.

14 Bauliche Mittel zur Verbesserung der Sehbedingungen

Die in Ziff. 12 genannten Leuchtdichten haben zur Folge, dass es aus Kostengründen vor allem in der Einfahrzone oft schwierig ist, mit künstlichem Licht allein gute Sehbedingungen zu erreichen.

Die folgenden Hinweise zeigen, welche weiteren Massnahmen getroffen werden können, um diese Bedingungen zu verbessern.

14.1 Tunnel allgemein

Helle, beleuchtete Tunnelwände begünstigen das Silhouettensehen, erhöhen den Wirkungsgrad der Beleuchtungsanlage und erleichtern die Überwachung des Verkehrs mit Fernsehkameras.

Durch einen Anstrich der Tunnelwände kann der Reflexionsgrad gehoben werden. Zudem lassen sich damit zwischen Wänden und Fahrbahn Helligkeits- und Farbkontraste erzeugen, welche die Führung verbessern. Bei der Farbwahl ist die Lichtfarbe der Lampen zu berücksichtigen. Der Anstrich soll einen mittleren Glanzgrad aufweisen und muss leicht gereinigt werden können.

Eine gute Belüftung des Tunnels sorgt dafür, dass Nebel, Staub und Rauch abgeführt werden. Dadurch wird die Lichtdurchlässigkeit der Luft gewährleistet und die Verschmutzung der Wände und Leuchten vermindert.

14.2 Anfahrzone

14.2.1

Es ist ein dunkler Strassenbelag zu wählen. Das Portal und die Stützmauern sollten ebenfalls dunkel sein und zudem eine raue Oberfläche aufweisen. Eine betonte Profilierung begünstigt die Schlagschattenbildung und kann dadurch die Leuchtdichte vermindern.

⁸⁾ Siehe Bemerkung 4.

14.2.2

Die Böschungen sollten, wenn möglich, mit winterfesten Laub- oder Nadelbäumen bzw. Sträuchern bepflanzt werden.

Einfahr- und Übergangzone

14.3.1

Strassenbelag und Wände sollten möglichst hell sein.

14.3.2

Eine kurvenförmig verlaufende Einfahrt kann hinsichtlich der Sehbedingungen einer geradlinigen Einfahrt überlegen sein, weil sie die Kontrastbildung von Hindernissen gegenüber den Wänden begünstigt und Blendung verhindert, welche durch die hohe Leuchtdichte eines sichtbaren Ausganges entsteht.

14.3.3

Gemäss Ziff. 12, Tab. I, ist bei hohen Aussenleuchtdichten für die Einfahrzone ebenfalls eine hohe mittlere Leuchtdichte bzw. Beleuchtungsstärke erforderlich. Dafür ist je nach der zugelassenen Fahrgeschwindigkeit eine beträchtliche elektrische Leistung notwendig. Diese lässt sich u. U. dadurch vermindern, dass die Einfahr- und Übergangszonen von Tunneln mit durchbrochenen oder durchscheinenden Decken versehen werden. Das sind Lichtdämpfungsbauten (Paralumes), welche einen Teil des natürlichen Lichtes auffangen und damit annehmbar verminderte Leuchtdichten zu erreichen gestatten, so dass am Tag auf einer möglichst langen Strecke in der Einfahr- und Übergangzone eine künstliche Beleuchtung sich erübrigt (Fig. 2).

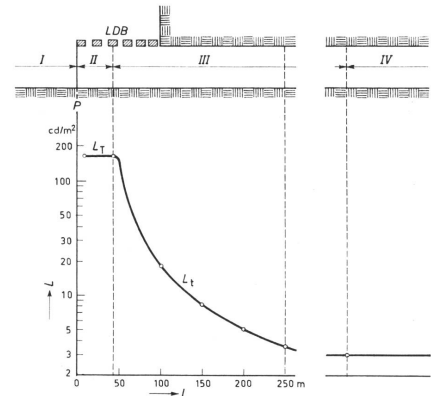


Fig. 2
Verlauf der minimalen Leuchtdichte in den beleuchtungstechnischen Zonen eines Tunnels mit Lichtdämpfungsbauten für eine Fahrzeuggeschwindigkeit von 60 km/h und eine Aussenleuchtdichte $L_A = 1600 \text{ cd/m}^2$; Durchlassgrad der Lichtdämpfungsbauten in der Einfahrzone = 10%
I Anfahrzone; II Einfahrzone; III Übergangzone; IV Mittelzone; LDB Lichtdämpfungsbauten; P Portal; L_T Fahrbahnleuchtdichte in der Einfahrzone; L_t Fahrbahnleuchtdichte in der Übergangzone; l Entfernung vom Beginn der Lichtdämpfungsbauten

14.3.4

Wenn zur Dämpfung des natürlichen Lichtes Glasbausteine verwendet werden, muss die Räumung des Schnees stets sichergestellt sein. Werden die Lichtdämpfungsbauten mit Deckenlamellen oder -rastern ausgeführt, ist der Verhütung einer Vereisung der Strasse als Folge des von den Lamellen oder Rastern abfliessenden Schmelzwassers besondere Beachtung zu schenken.

14.3.5

Lichtdämpfungsbauten dürfen das Sonnenlicht keinesfalls direkt auf die Strasse einfallen lassen. Die Strahlenbündel würden Staub, Dieselruss, Ölrückstände usw. beleuchten und dadurch leuchtende Schleier erzeugen, die die Sicht behindern.

14.3.6

Wenn die örtlichen Verhältnisse es zulassen, können in den Wänden der Lichtdämpfungsbauten oder gar im Tunnel selbst Öffnungen (Galerien) angebracht werden, um die zu rasche Verminderung der natürlichen Beleuchtung auf der Fahrstrecke zu verhindern.

14.3.7

Um den Bedingungen in Ziff. 12 (Tab. I und II) zu genügen, sollten die Lichtdämpfungsbauten in der Einfahrzone einen Mindestdurchlassgrad von etwa 10% aufweisen. Bei hohen Aussenleuchtdichten entstehen dadurch in der Einfahrzone höhere Leuchtdichten als die nach Formel (1) berechneten, was zu besseren Sehbedingungen führt.

14.3.8

Die Beleuchtung, die sich aus der gedämpften natürlichen Beleuchtung und einer allfällig zusätzlichen künstlichen Beleuchtung ergibt, muss zusammen mindestens der Leuchtdichte gemäss Formel (1) bzw. Tab. I entsprechen. Erstrecken sich die Lichtdämpfungsbauten bis in die Übergangszone, dann muss der Durchlassgrad gegen das Tunnelinnere abnehmen, um den Leuchtdichteverlauf gemäss Formel (2) den Werten in Tab. II und Fig. 2 anzunähern. Je geringer der Durchlassgrad ist, umso stärker muss die künstliche Beleuchtung auf der Strecke der Lichtdämpfungsbauten sein.

14.3.9

Der Durchlassgrad der Lichtdämpfungsbauten ist zeitlich nicht konstant, da er von den Einstrahlungsverhältnissen des natürlichen Lichtes abhängt. Die Länge der Lichtdämpfungsbauten ist von den örtlichen Verhältnissen und von den Baukosten abhängig, welche den Installations- und Betriebskosten für eine entsprechend leistungsfähige Beleuchtungsanlage gegenüberzustellen sind.

14.3.10

Als Länge der Lichtdämpfungsbauten kann für eine erste überschlägige Rentabilitätsberechnung die Anhaltestrecke, die der Länge der Einfahrzone entspricht, gewählt werden.

14.4**Ausfahrzone**

Ausfahrten in Kurven sind geradlinigen Ausfahrten vorzuziehen.

15 Unterführungen und kurze Tunnel**15.1 Besonderheiten der Sehbedingungen**

Die Sehbedingungen können anders als in langen Tunneln sein. Wenn der Führer schon beim Einfahren die Ausfahrt sehen kann, wird er kein «schwarzes Loch» vor sich haben, sondern den Eindruck eines «dunklen Rahmens» (Fig. 3) empfinden, der ein mehr oder minder helles Zentrum umgibt. Ein Hindernis, das sich vor dem dunklen Rahmen befindet, ist u.U. nur schwer zu erkennen. Wenn die Einfahrt in einer Kurve liegt, herrschen ähnliche Verhältnisse wie in einem langen Tunnel.



Fig. 3

Kurzer Tunnel, der den Eindruck eines «dunklen Rahmens» hervorruft

15.2 Unterführungen bis etwa 40 m Länge

Im allgemeinen bedürfen sie am Tage keiner künstlichen Beleuchtung. Nachts muss die Beleuchtung jener der Zufahrtsstrassen angepasst sein (Ziff. 5.8)

15.3 Unterführungen oder kurze Tunnel von etwa 40 m bis etwa 150 m Länge

Der Tunnel muss immer dann beleuchtet werden, wenn die natürliche Beleuchtung ungenügende Sehbedingungen schafft. Die zweckmässigste Beleuchtungsart ist in jedem einzelnen Fall zu prüfen.

16 Beleuchtungstechnische Mittel**16.1****Lampen**

Bei der Wahl der Lampen sind Wirtschaftlichkeit, Lichtfarben und Betriebseigenschaften (Ziff. 4.1), aber auch die baulichen Gegebenheiten, vor allem das Profil der Tunnel und Unterführungen, ferner die Farbe der Wände zu berücksichtigen. Mitbestimmend sind auch die schaltungstechnischen Massnahmen, die nötig sind, um die Beleuchtung in der Einfahr- und Übergangszone den schwankenden Tageslichtverhältnissen anzupassen.

16.2**Leuchten****16.2.1**

Die Leuchten haben die Aufgabe, den von den Lampen ausgestrahlten Lichtstrom mit den geringsten Verlusten auf Fahrbahn und Wände zu lenken (Ziff. 17.1 und 17.2). Dabei müssen die an die örtliche Gleichmässigkeit der Leuchtdichte auf diesen Flächen sowie die zur Vermeidung von Blendung gestellten Bedingungen erfüllt werden (Ziff. 2.2 und 2.4). Als Leuchten kommen die folgenden Typen in Betracht:

- a) freistrahrende Leuchten
- b) Reflektorleuchten

16.2.2

Freistrahlende Leuchten kommen in der Regel bei Tunneln und Unterführungen mit geringer Höhe zur Anwendung und auch dann, wenn die Wände hell gehalten sind. Freistrahlende Leuchten sind im allgemeinen mit Lichtquellen grosser Leuchtfläche aber geringer Leuchtdichte zu bestücken. Je nach der Montagehöhe kann es notwendig sein, Leuchten hoher Leuchtdichte mit einem Blendschutz (z.B. Lamellen) zu versehen.

16.2.3

Reflektorleuchten eignen sich im allgemeinen für hohe Tunnel und Unterführungen, und wenn die Wände dunkel sind. Solche Leuchten, die vorzugsweise mit Lampen hoher Leuchtdichte ausgerüstet werden, können auch als zusätzliche Leuchten zur Erzielung eines sehr hohen Beleuchtungsniveaus in der Einfahr- und Übergangszone der Tunnel und in Unterführungen verwendet werden.

16.2.4

Die Leuchten haben den allgemeinen Anforderungen der Ziff. 4.2 zu genügen. Darüber hinaus soll noch beachtet werden, dass sie

- a) den Sicherheitsvorschriften für Leuchten (Publ. SEV 1053) entsprechen,
- b) korrosionsfest und unempfindlich gegen Abgase, Waschmittel, Zementmilch usw. sind,
- c) einen besonders gut dichtenden Abschluss aufweisen, damit weder Staub, Schmutz, Spritzwasser noch zur Tunnelreinigung verwendetes, warmes Druckwasser mit Waschmittelzusätzen in die Leuchten eindringen kann,
- d) teilweise ohne Unterbruch im Betrieb sind, weshalb der Einhaltung einer zweckmässigen Leuchtentemperatur im Sommer wie im Winter besondere Bedeutung zukommt.

17**Ausführung von Beleuchtungsanlagen****17.1**

Die Leuchten sind so anzubringen, dass sie die Benutzer nicht blenden. Die Leuchtenanordnung soll aber die visuelle Führung im Tunnelinnern unterstützen. In Tunneln mit mehreren Fahrspuren ist dafür zu sorgen, dass das Beleuchtungsniveau auf allen Fahrspuren gleich empfunden wird.

17.2

In den Einfahr- und Übergangszonen, die hohe Beleuchtungsstärken erfordern, sind zusätzliche Leuchten anzubringen, welche in der Regel auf mehrere Reihen aufgeteilt werden. Dabei können verschiedene Lampen- und Leuchtenarten kombiniert werden.

Weil in diesen Zonen eine gute Kontrastbildung zwischen Fahrzeugen und Wänden besonders erstrebenswert ist, soll der Lichtstrom auch auf die Wände gerichtet sein. In besonderen Fällen können die Wände als selbstleuchtende Flächen ausgebildet werden.

17.3

Bei tiefbreitstrahlenden Leuchten für kolbenförmige Entladungslampen soll die Lichtstärke in Richtung der Tunnelachse oberhalb des Ausstrahlungswinkels von 65° (gegenüber der Senkrechten) abnehmen (Cutt-off).

17.4

Sind die Leuchten einzeln montiert, und hat es zwischen ihnen dunkle Zonen, dann werden die Leuchten selber oder die von ihnen erzeugten Reflexe in spiegelnden Teilen des eigenen, der vorausfahrenden und der entgegenkommenden Fahrzeuge periodisch sichtbar. Dies führt zu Flimmereffekten, deren störende Wirkung von der Frequenz, den Leuchtdichtekontrasten und deren zeitlichem Verlauf abhängt. Die Störung ist am stärksten, wenn die Reflexe etwa 3- bis 10mal in der Sekunde auftreten.

Deshalb sollen die Abstände von Leuchtenmittelpunkt zu Leuchtenmittelpunkt ausserhalb der kritischen Grenzwerte liegen. Diese betragen:

- für eine Fahrgeschwindigkeit von 60 km/h: zwischen 1,7 und 5,5 m
- für eine Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h: zwischen 2,2 und 7,4 m
- für eine Fahrgeschwindigkeit von 100 km/h: zwischen 2,8 und 9,3 m

Für eine gute Leuchtdichteverteilung sind niedrige Tunnel ungünstiger als hohe. Helle Wände vermindern die Leuchtdichtekontraste und die störende Flimmerwirkung.

18 Speisung, Betrieb und Unterhalt von Beleuchtungsanlagen**18.1****Speisung****18.1.1**

Die hohen elektrischen Leistungen für die Beleuchtung und unter Umständen auch die Belüftung erfordern oft eine Hochspannungszuleitung. Für kurze Tunnel oder Unterführungen genügt in der Regel eine einzige Transformatorstation an einem der Tunnelportale; für längere Tunnel ist es nötig, eine Transformatorstation an jedem Portal und u. U. weitere Stationen im Tunnelinnern vorzusehen. Wird die Beleuchtung von zwei oder mehr Transformatorstationen aus gespeist, so ist es betriebs-sicherer, die Leuchten eines jeden Tunnelabschnittes wechselseitig an zwei verschiedene Stationen anzuschliessen.

18.1.2

Die Versorgung soll gemäss den Hausinstallations-Vorschriften (Publ. SEV 1000) und den Vorschriften oder Angaben des energieliefernden Elektrizitätswerkes erfolgen. Die Anschlüsse sind so vorzunehmen, dass bei Ausfall eines Netzteils der Strassenverkehr im Tunnel, wenn auch mit verminderter Geschwindigkeit, sichergestellt bleibt.

Die Lampen sind auf die drei Phasen derart zu verteilen, dass das Netz gleichmässig belastet wird und keine stroboskopischen Erscheinungen auftreten. An die einzelnen Stränge der Zuleitungen sollen nur so viele Leuchten angeschlossen werden, dass leicht verlegbare Leiter mit kleinen Querschnitten verwendet werden können. Es ist zweckmässig, die Lampen einzeln abzusichern, z. B. durch den Einbau von Feinsicherungen in die Leuchten. Durch diese Massnahmen werden Störungen begrenzt und können rasch behoben werden.

Bei Verwendung von Entladungslampen gelten hinsichtlich der Verbesserung des Leistungsfaktors die Angaben in Ziff. 6.

18.1.3

Eine Notbeleuchtungsanlage soll bei Ausfall des Netzes die Unfallgefahr vermindern und eine Mindestleuchtdichte von 0,3 cd/m² gewährleisten.

18.1.4

Die Beleuchtungsanlagen in Tunneln sind der Verschmutzung durch Staub, Dieselruss, Ölrückstände usw. unterworfen. Auch sind sie dem Druckwasser ausgesetzt, das zur Reinigung verwendet wird, und dem oft Waschmittel zugefügt werden. Unter Umständen kann auch Wasser durch Undichtigkeiten in den Tunnel eindringen. Das verwendete Installationsmaterial muss allen diesen Beanspruchungen gewachsen sein.

18.2**Betrieb und Unterhalt****18.2.1**

Betrieb und Unterhalt der Beleuchtungsanlagen in Tunneln verursachen hohe Energie- und Überwachungskosten.

18.2.2

Die Wartung wird durch die Notwendigkeit, den Strassenverkehr nur während kürzester Zeit zu unterbrechen oder zu verlangsamen, stark erschwert. Deshalb ist

allen Erleichterungsmöglichkeiten für den Unterhalt, insbesondere für die Reinigung der Leuchten und Tunnelwände und den Lampenersatz, grösste Beachtung zu schenken. Dadurch kann auch die Wahl des Montageortes der Leuchten im Tunnelquerschnitt beeinflusst werden.

18.2.3

Eine gruppenweise Auswechslung der Lampen gemäss Ziff. 7.3 ist besonders angezeigt.

18.3

Schaltung der Beleuchtung

Das Ein- und Ausschalten soll automatisch durch tageslichtabhängige Steuerung erfolgen. Die Dämmerungsschalter werden zweckmässigerweise an gut ausgewählten Stellen bei den Tunnelportalen angebracht. Mindestens drei Schaltstufen sind nötig.

18.4

Wirtschaftlichkeit

Die Hinweise in Ziff. 7.4 sind zu beachten. Diese haben umso grössere Bedeutung, als Erstellung und Wartung von Beleuchtungsanlagen für Tunnel häufig teuer sind als für Strassen.

19

Verkehrssignale

19.1

Grundsätzlich gelten die Bestimmungen der Ziff. 8. Die Signale sind mit Eigenbeleuchtung zu versehen. Dies erfordert, das sie nach Art, Zahl und Standort bereits bei der Projektierung durch die zuständigen Verkehrsfachleute bestimmt werden, damit die elektrischen Anschlüsse und Zuleitungen rechtzeitig ausgeführt werden können.

19.2

Den Markierungen auf der Fahrbahn sowie den Rand- und Hindernismarkierungen ist hinsichtlich Farb- und Helligkeitskontrast, Dauerhaftigkeit und Eindeutigkeit besondere Aufmerksamkeit zu schenken (SNV-Norm 40 851...40 858).

Literaturverzeichnis

1. Beschreibungen von Tunnelbeleuchtungen

- Zijk H.: Autotunnel bei Velsen. Internationale Licht-Rundschau 9(1958)1, S. 26...29.
 Käss P.: Beleuchtung des Wagenburg-Tunnels in Stuttgart. Lichttechnik 10(1958)12, S. 605...607.
 Spriewald W. u. Niedenführ R.: Die Beleuchtung des Tunnels und des ersten Abschnitts der innerstädtischen Autobahn Westberlins. Lichttechnik 11(1959)2, S. 72...76.
 Guanter J. u. Rieder G.: Beleuchtung zweier Strassentunnel auf der Strecke Thusis-Rongellen. Bull. SEV 50(1959)6, S. 225...232.
 Skootsky G. u. Brass J. R.: Versatile lighting system for highway tunnels. Illuminating Engineering 55(1960)3, S. 147...160.
 Busson A.: Les éclairages de la traversée routière et des grands espaces de l'aéroport d'Orly. Lux (1960)8, S. 105...117.
 Rubeli J.: Les dispositions d'éclairage au tunnel du Grand-Saint-Bernard. Etudes Routières IV(1961)7, S. III, IV und VI.
 Jainski P.: Die Beleuchtung des Strassentunnels Rendsburg. Lichttechnik 13(1961)11, S. 551...555.
 A mountain tunnel how to light it. Illuminating Engineering 56(1961)12, S. 676...677.
 Rieder G. u. Fischer M.: Die Beleuchtung des Bernhardin-Tunnels. Schweiz. Bauzeitung 81(1963)39, S. 679...680.
 Mathys A.: Die Beleuchtung der Tunnel und Galerien der Walensestrasse. Strasse und Verkehr (1964)10, S. 424...427.

Fishmann I. u. Hin G.: Continuous fluorescent system for the Holland Tunnel. Illuminating Engineering 60(1965)2, S. 69...70.

Die Beleuchtung des Engelberg-Tunnels bei Leonberg. Elektrizitäts-Verwertung 40(1965)3/4, S. 83.

Déribéré M.: Der Montblanc-Tunnel. Internationale Licht-Rundschau 15(1966)1, S. 12...17.
 Antoine J.: Réalisation d'éclairage de tunnels longs routiers urbains. Lux (1966)38, S. 255...260.

Sagouit H.: Influence de l'éclairage des tunnels sur leur construction. Lux (1966)38, S. 261...270.

van den Bijllaardt D.: Der Coentunnel in Amsterdam. Internationale Licht-Rundschau 17(1966)6, S. 192...196.

Wehmeyer W. u. Kraushaar F.: Die Beleuchtungsanlage Innsbruckerring in München. Lichttechnik 18(1966)8, S. 94A...98A. Stellungnahme von F. Tomek sowie Erwiderng Wehmeyer und Kraushaar. Lichttechnik 19(1967)3, S. 35A...36A.

Hüttermann T.: Beleuchtung einer schwedischen Autoschnellstrasse. Lichttechnik 19(1967)1, S. 7A...11A.

Rieder G.: Die Beleuchtung des San-Bernardino-Tunnels. Neue Bündner Zeitung 91(1967), Sondernummer 1, 1. Dez. 1967.

2. Theoretische Arbeiten zur Frage der Tunnelbeleuchtung

de Boer J. B.: Le problème de l'éclairage de transition dans les entrées de tunnel. Lux (1961)14, S. 183...189.

Waldrum J. M.: Lighting and visibility in the approaches to underpasses. G. E. C. Journal 29(1962)3, S. 119...129.

Tomek F.: Die Beleuchtung von Schnellstrassen und Unterführungen. Licht und Beleuchtung (ÖZE) 15(1962)4, S. 1...4.

de Boer J. B.: Untersuchungen der Sehverhältnisse bei Tunneleinfahrten. Lichttechnik 15(1963)3, S. 124...127.

Kabayama Hisao: Studies on adaptive illumination for sudden change of brightness. Journal of the Illuminating Engineering Institute of Japan 47(1963), S. 488...496.

Aanbevelingen voor Tunnelverlichting. Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde. Moormans Periodieke Pers N. V. Den Haag, 1963.

Schreuder D. A.: The lighting of vehicular traffic tunnels. Philips Technical Library 1964.

Basche E.: Zur Planung der Beleuchtung für Einfahrten in Tunneln und Unterführungen. Lichttechnik 17(1965)1, S. 3A...5A.

Huber P.: Das Problem der künstlichen Beleuchtung. Strassenverkehrstechnik 9(1965)5/6, S. 90...95.

Mäder F. u. Fuchs O.: Beitrag zur Frage der Eingangsbeleuchtung von Strassentunneln. Bull. SEV 57(1966)8, S. 359...366.

Mäder F.: Stand der Leuchtdichtetechnik mit besonderer Berücksichtigung der Planung und Kontrolle öffentlicher Beleuchtungsanlagen. Bull. SEV 57(1966)11, S. 475...479.

Mäder F.: Die Leuchtdichte der Strassenoberfläche an hellen Tagen. Bull. SEV 57(1966)18, S. 809...817.

Barthès E.: L'éclairage des tunnels longs. Lux (1966)38, S. 245...251.

Gonnet P.: Régulation électronique du niveau d'éclairage des tunnels éclairés par lampes fluorescentes. Lux (1966)38, S. 252...254.

Stolzenberg K.: Beurteilung der Leuchtdichteverhältnisse in ausgeführten Strassenbeleuchtungsanlagen. Lichttechnik 19(1967)4, S. 47A...50A.

Mäder F.: Anforderungen an die Beleuchtung von Strassentunneln. Strasse und Verkehr (1967)1, S. 4...8.

Ruckstuhl F.: Wirtschaftliche Gesichtspunkte bei der Beleuchtung von Nationalstrassentunneln. Strasse und Verkehr (1967)1, S. 9. 10.