

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 60 (1969)
Heft: 25

Artikel: Verwendung von besonders asymmetrischen Leuchten (Schrägstrahlern) zur Beleuchtung von Tunneln
Autor: Mäder, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916201>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

Verwendung von besonderen asymmetrischen Leuchten (Schrägstrahlern) zur Beleuchtung von Tunneln

Von F. Mäder, Wabern

288 - 293

624.191.94:628.971.6

1. Einleitung

Nach den Schweizerischen Leitsätzen für die Beleuchtung von Strassentunneln und Unterführungen [1]¹⁾ muss die Leuchtdichte in der Einfahrzone eines Tunnels so gross sein, dass der auf den Tunnel zufahrende Fahrzeugführer noch vor dem Erreichen des Tunnelportals, also mit an die Aussenleuchtdichte adaptierten Augen, die Hindernisse in dieser Zone erkennen kann. Die dazu erforderliche Einfahrzonenleuchtdichte L_T soll nach folgender Formel berechnet werden:

$$L_T = 0,15 L_A^{0,9}$$

worin

L_T minimale Fahrbahnleuchtdichte (cd/m²) in der Einfahrzone;

L_A für die Adaptation massgebende Aussenleuchtdichte (cd/m²).

Diese Formel ist experimentell ermittelt worden. Als zu erkennendes Hindernis diente dabei eine rechteckige Fläche, welche dem Beobachter unter einem Winkel von 34' × 17' erschien und die gegenüber ihrer Umgebung einen Leuchtdichtekontrast von 20 % aufwies [1]. Da die Aussenleuchtdichte L_A vor dem Tunnel zuweilen ausserordentlich hohe Werte annimmt, ist es oft kaum möglich, die in obiger Formel enthaltene Bedingung mit Hilfe einer künstlichen Beleuchtung unter Verwendung der zurzeit verfügbaren Lampen und Leuchten zu erfüllen [2]. Eine befriedigende Tunnelleinfahrbeleuchtung führt in vielen Fällen zu finanziellen Aufwendungen, die einem finanzschwachen Kanton nicht zugemutet werden dürfen. Auf Vorschlag von Vertretern der Bernischen Kraftwerke AG hat sich die Schweizerische Beleuchtungs-Kommission entschlossen, eine kleine Arbeitsgruppe zu beauftragen, jede sich bietende Möglichkeit einer wirtschaftlich tragbaren Lösung dieses schwierigen Beleuchtungsproblems angemessen zu untersuchen.

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

2. Mögliche Massnahmen zur Bewältigung der Schwierigkeiten

In den erwähnten Schweizerischen Leitsätzen [1] finden sich einige Angaben über die Möglichkeit, die Kosten für die künstliche Beleuchtung herabzusetzen. Es sind dies die geeignete Gestaltung der Anfahrrzone, die baulichen Massnahmen zur Ausnützung des Tageslichtes in der Einfahr- und Übergangszone sowie das Aufhellen von Tunnelwänden und Bodenbelägen. Das zunehmende Vertrautwerden mit den Problemen der Leuchtdichtetechnik veranlasste ferner die Beleuchtungsfachleute, versuchsweise durch geeignet gebaute und geschickt angeordnete Leuchten die Fahrbahnleuchtdichte zu erhöhen [3].

2.1 Die asymmetrische Leuchte

Um die gerichtete Reflexion des Fahrbahnbelages so gut wie möglich zugunsten des Fahrzeugführers auszunutzen, muss die Leuchte den Hauptanteil des Lichtstromes gegen die Fahrtrichtung ausstrahlen. Dabei darf sie keine höhere Blendung aufweisen als eine Leuchte mit guter Abschirmung. Die Strahlung der Leuchte oberhalb eines Ausstrahlungswinkels von 60° gegen die Vertikale soll daher sehr schnell abnehmen. Eine geeignete derartige Leuchte war bisher im Handel nicht erhältlich. Es ist ja leicht ersichtlich, dass eine gewöhnliche handelsübliche Strassenleuchte, die man etwas gegen die Fahrtrichtung neigt, die oben angegebenen Bedingungen nicht erfüllt. Die Neigung der Leuchte würde in den meisten Fällen zu einer nicht zumutbaren Blendung der Fahrzeuglenker führen, und zudem bliebe ein grosser Teil des Lichtstromes unausgenutzt.

2.2 Der Leuchtdichtekontrast der Hindernisse gegenüber der Fahrbahn

Wie eingangs erwähnt, gilt die in den Leitsätzen angegebene Formel für Hindernisse, welche gegenüber ihrer Umgebung einen Leuchtdichtekontrast von 20 % aufweisen.

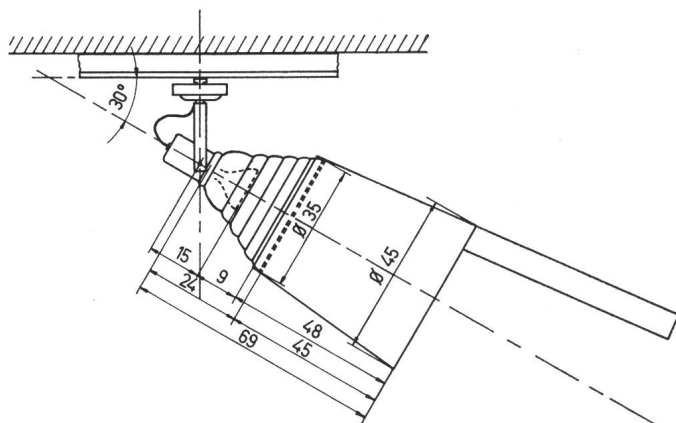


Fig. 1
Behelfsmässig hergestellte Musterleuchte
Schrägstrahler

Falls es gelänge, Beleuchtungsverhältnisse zu schaffen, bei denen der Leuchtdichteunterschied zwischen dem Hindernis und seiner Umgebung mit erhöhter Wahrscheinlichkeit grösser ausfiele als 20 %, so könnte man mit geringeren Fahrbahnleuchtdichten dem Automobilisten die erforderliche Sicherheit für das Erkennen von Hindernissen bieten. Darüber, wie hoch bei stärkeren Kontrasten die Einfahrzonenleuchtdichte sein muss, liegen allerdings vorläufig noch keine eigenen Untersuchungen vor. Dagegen lässt sich aus «The Lighting of Vehicular Traffic Tunnels» von Schreuder [4] entnehmen, dass für das sichere Wahrnehmen eines Hindernisses mit einem Leuchtdichtekontrast von 97 % (Silhouettensehen) die Leuchtdichte in der Tunneleinfahrzone ca. 6...7mal niedriger sein darf als bei einem Kontrast von 20 %. Somit lohnt es sich offenbar, nach einer Beleuchtungsart zu suchen, die einen grossen Leuchtdichtekontrast zwischen den Hindernissen und deren Hintergrund ergibt.

Hohe Leuchtdichtenkontraste entstehen entweder durch eine möglichst starke Beleuchtung der dem Automobilisten zugekehrten Hindernisflächen oder durch Vermeidung jeglicher Ausstrahlung der Leuchten in der Fahrtrichtung. Im ersten Fall erscheinen die Hindernisse dem Motorfahrzeuglenker hell auf dunklem Hintergrund und im zweiten dunkel auf hellem Hintergrund. Die Anwendung der zweiten Methode lässt sich auf einfache Weise mit der Absicht verbinden, dem Automobilisten durch gegen ihn gerichtetes Licht die Fahrbahn möglichst stark aufzuhellen. Man muss dazu nur eine Leuchte bauen, die möglichst kein direktes Licht auf die Hindernisflächen wirft, welche der Automobilist vor sich sieht.

3. Die Versuchsanlage

3.1 Der Tunnel

Zur Installation einer Versuchsanlage stellte die Direktion der Bernischen Kraftwerke in verdankenswerter Weise einen Zugangstollen des Kraftwerkes Handegg II zur Verfügung. Die Länge dieses Tunnels beträgt 150 m, seine Fahrbahnbreite misst 3,66 m und die Gewölbehöhe 4 m. Somit sind Fahrbahnbreite und Gewölbehöhe ungefähr halb so gross wie jene eines normalen Autobahntunnels.

Wie bei vielen neuen Tunneln besteht die Fahrbahn aus hellem Beton. Dieser ist wohl fein ausgeebnet, weist jedoch nicht den hohen Glanz einer vielbefahrenen Autostrasse auf, was im trockenen Zustand keine sehr hohen Leuchtdichten

entstehen lässt, sich aber in bezug auf Gleichmässigkeit der Leuchtdichte günstig auswirkt. Die Tunnelwände und die leicht gewölbte Decke sind mit einem hellen Farbanstrich versehen.

3.2 Leuchten und Lampen

Eine Leuchte, welche den in den Abschnitten 2.1 und 2.2 beschriebenen Anforderungen genügt und zudem den angegebenen Tunnelabmessungen einigermaßen entspricht, ist verständlicherweise im Handel nicht zu finden. Gestützt auf Versuche in einer kleinen Modellanlage stellte *Freiburghaus* behelfsmässig einige Leuchten her, die er hinsichtlich Grösse und Lampenbestückung dem Versuchstunnel anpasste. In Fig. 1 ist diese Leuchte dargestellt. Sie besteht aus einer Tiefstrahlerleuchte der Alumag-Belmag (Nr. 5600/51/31) mit vorgesetztem Tubus und Blendschutzschirm. An der unteren Tubusinnenwand ist die Oberfläche so gestaltet, dass gegen den heranfahrenden Automobilisten hin keine hohen Leuchtdichten entstehen können. Die Neigung der Leuchte lässt sich in der Richtung der Strassenachse beliebig verändern. Als Lichtquelle dient eine Spotglühlampe (150 W, 2200 lm). Damit erhält man eine enge Lichtbündelung, d. h. eine schmale Lichtstärkenverteilungskurve. Bei einer Neigung der Richtung maximaler Lichtstärke von 60° gegenüber der Vertikalen strahlt die Leuchte oberhalb eines Winkels von 75° kein direktes Licht mehr aus. Dies ermöglicht es dem Automobilisten, sein Gesicht durch den normalen Blendschirm des Wagens vor jeder direkten Bestrahlung durch die Leuchten zu schützen. Als Vergleichsleuchte wurde ein normal montierter Breitstrahler von Alumag-Belmag (Nr. 5603/51/31) gewählt (Fig. 2). Die von der Herstellerfirma dafür angege-

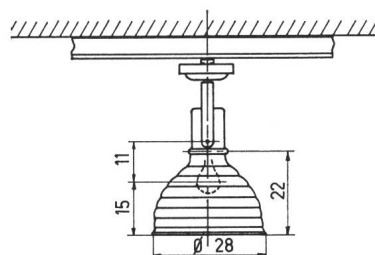


Fig. 2
Breitstrahler

bene Lichtstärkenverteilungskurve zeigt, dass es sich um eine sehr gut abgeschirmte Leuchte handelt (Fig. 3). Oberhalb eines Winkels von 70° strahlt die Leuchte praktisch kein Licht mehr aus. Zur Beleuchtung von Strassentunneln werden so gut abgeschirmte Leuchten kaum mehr verwendet. Aus leuchtdichtetechnischen Gründen geben die Beleuchtungsfachleute etwas ausgeprägteren Breitstrahlern, trotz erhöhter Blendungsmöglichkeit, den Vorzug. Die Bestückung der Leuchte bestand aus einer normalen Glühlampe (150 W, 2200 lm), einer Lampe mit gleicher Leistung und gleichem Lichtstrom wie jene in der Versuchsleuchte.

3.3 Anordnung der Leuchten

Um eine Beeinträchtigung der Resultate der tags durchgeführten photometrischen Messungen zu vermeiden, wurden die Versuchsbeleuchtungsanlagen möglichst weit vom Tunnelportal entfernt montiert. Die Anlage bestand aus zwei symmetrisch zur Tunnelmitte an der Decke angeordneten Leuchtenreihen. Als Reihenabstand wählte man 1,75 m. Damit hingen die Leuchten ungefähr über der Mitte der zwei «Fahrbahnen» des Automobil-tunnelmodells. Der Leuchten-

abstand in den Reihen betrug 2 m. Sowohl die behelfsmässig hergestellten Musterleuchten wie die normalen Breitstrahler waren so an der Decke befestigt, dass sich die Lampen in den beiden Leuchtenarten annähernd gleich hoch, d. h. ca. 3,2 m über der Fahrbahn befanden.

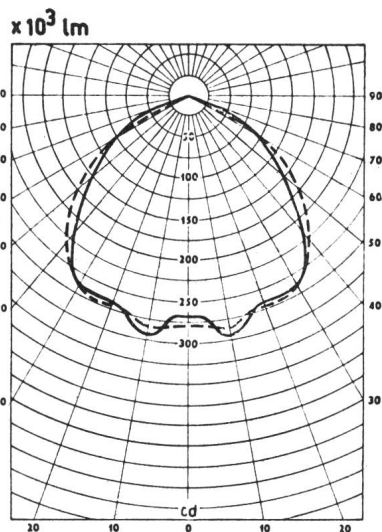


Fig. 3
Lichtstärkenverteilungskurve
des Breitstrahlers von Fig. 2

3.4 Beleuchtungsstärkenmessungen

Da die Leuchtdichtemessungen, wie später ausgeführt, ein ausgeleuchtetes Fahrbahnstück von 7 m Länge erfordern, erfolgte auch die Messung der horizontalen Beleuchtungsstärke auf einer entsprechend langen Strecke. Vor den Messungen wurden auf diesem von einer doppelten Reihe von 5...6 Leuchten erhellten Fahrbahnstück zwei Messpunktzeilen angezeichnet. Längs wie auch quer zur Fahrtrichtung betrug der Abstand der einzelnen Meßstellen 2 m. Die Punktzeilen verliefen symmetrisch zur Fahrbahnmitte. Für die Numerierung der Messpunkte gilt der in Fig. 4 dargestellte Plan.

Als Messgerät diente ein Luxmeter mit V_λ -Anpassungsfilter und mit einer Opalglaskalotte als Kosinuskorrekturvorsatz. Der Einfluss der Farbe und der Temperatur auf die Anzeige des Luxmeters sind bekannt.

Für die Untersuchung der Musterleuchtenanlage wählte man die Leuchtenneigungswinkel 60° , 70° und 80° gegen die Vertikale. Mit der Veränderung der Leuchtenneigung verschiebt sich auch der gleichmässig ausgeleuchtete und für die Messungen verwendete Fahrbahnbereich. Daher bedeutet die Meßstellenummer nicht für jede Neigung der Musterleuchten den gleichen Ort auf der Fahrbahn.

Ferner interessierten nicht nur die Beleuchtungsverhältnisse bei vollständig eingeschalteter Musteranlage, sondern auch jene für den Einsatz nur jeder zweiten und nur jeder dritten Leuchte.

In Tabelle I sind die Ergebnisse der Beleuchtungsstärkenmessungen zusammengestellt.

3.5 Leuchtdichtemessungen

Zur Messung der Leuchtdichten diente ein Photometer. Für die Bestimmung einer mittleren Leuchtdichte der rechten

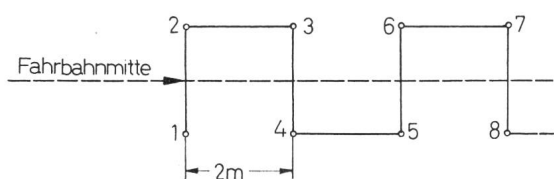


Fig. 4
Numerierungsplan der Beleuchtungsstärkenmeßstellen

Horizontalbeleuchtungsstärken auf der Fahrbahn

Tabelle I

Meßstelle	Beleuchtungsstärke in lx für					
	Breitstrahler 5603/51/31	Musterleuchtenanlage mit Neigung				
		60° 1/1	60° 1/2	60° 1/3	70° 1/1	80° 1/1
1	178	160	72	56	123	67
2	172	192	92	58	132	69
3	208	154	94	70	139	74
4	194	172	83	67	125	69
5	196	174	97	67	139	69
6	208	170	91	78	148	72
7	170	154	78	62	143	72
8	176	154	88	50	139	75
9	182	160	91	45	143	75
10	162	168	88	58	137	72
11		154	72	51	129	74
12		150	76	33	132	67
13				45	125	72
14				62	120	67
Mittel	185	163	85	57,5	134	71

Betriebsspannung: 210 V, Temperatur: 11 °C.

Fahrbahnseite wurde das Leuchtdichtemessgerät so auf der Mitte der rechten Fahrbahn aufgestellt, dass seine optische Achse in der Hauptblickrichtung des Automobilisten einen Neigungswinkel von -1° aufwies und das Gerät die Leuchtdichte eines ca. 7 m langen und 0,1 m breiten elliptischen Flächenstücks jenes Fahrbahnstücks bewertete, an dessen Oberfläche man die Beleuchtungsstärkenmessungen durchführte (Messfläche 1 in Fig. 5). Von der gleichen Stelle aus erfolgten die Leuchtdichtemessungen der linken Fahrbahn 2 sowie der rechten 3 und linken Tunnelwand 4 der Versuchsbeleuchtungsstrecke.

Aus den Messergebnissen lässt sich folgendes entnehmen:

a) In der mit den Breitstrahlern ausgerüsteten Anlage erreicht das Verhältnis der mittleren Beleuchtungsstärke (lx)

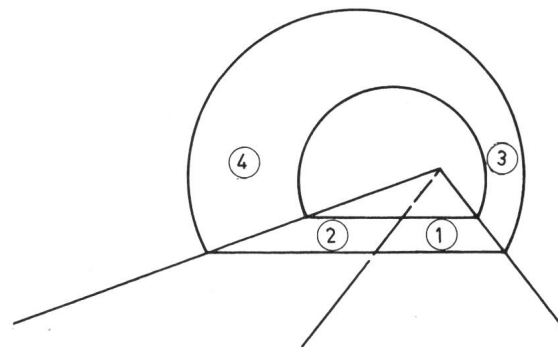


Fig. 5

Messflächen für die Leuchtdichtemessungen

1 rechte Fahrbahn; 2 linke Fahrbahn; 3 rechte Tunnelwand; 4 linke Tunnelwand

Die Messflächen werden in dieser Figur durch Kreise dargestellt, welche auf der Fahrbahn die obere und untere horiz. Begrenzungslinie tangieren. Auf der Fahrbahn sind diese Messfelder elliptische Flächenstücke, deren Grösse im Text angegeben ist

zur Leuchtdichte (cd/m^2) an der Messfläche 1 einen Wert von 11,5. Für eine Leuchtenanordnung über der Fahrbahn ist dieses Verhältnis nicht besonders gut. Bei praktisch gleichartig ausgeführten Anlagen hat man dafür Werte von 8...10 festgestellt. Das ungünstigere Verhältnis rührt von der starken Abschirmung der Leuchte her. Wie erwähnt, bevorzugen

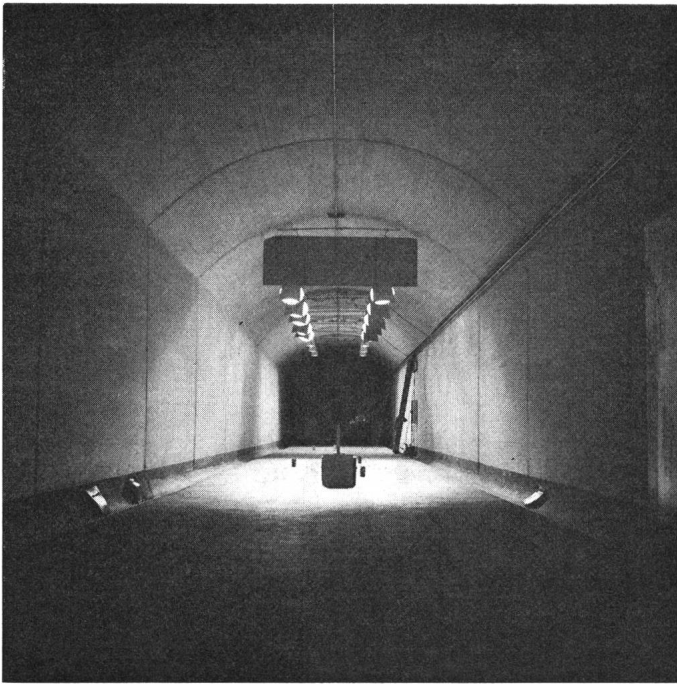


Fig. 6
Gegenstände auf der Fahrbahn des mit den Musterleuchten beleuchteten Tunnelteils
Mitten auf der Fahrbahn die mattweisse Tafel

deshalb die Beleuchtungstechniker Leuchten mit ausgeprägterer Breitstrahlung.

b) Obwohl es in der Musterleuchtenanlage bei gleicher Lampenleistung und gleicher Lampenzahl je m² nicht gelingt, eine ebenso hohe mittlere Beleuchtungsstärke auf der Fahrbahn zu erhalten wie mit Hilfe der Breitstrahler, so ist doch die gemessene Fahrbahnleuchtdichte in der Musteranlage je nach Neigung der Leuchten 6...14mal höher als in dem mit Breitstrahlern ausgerüsteten Tunnelteil. Solche Leuchtdichtenunterschiede fallen jedem Beobachter sofort deutlich auf. Für eine Leuchtenneigung von 60° gegen die Vertikale, die Neigung, welcher die grösste praktische Bedeutung zukommt, beträgt das Verhältnis der mittleren Beleuchtungsstärke zur Leuchtdichte in der Messfläche I nur ca. 1,6.

3.6 Leuchtdichtekontrast zwischen Hindernis und Fahrbahn

Vergleicht man die Musterleuchtenanlage mit der Breitstrahler-Anlage, so fällt auf, dass der Helligkeitskontrast der Hindernisse gegenüber der Fahrbahn in der Musteranlage eindeutig stärker ist als in der Breitstrahler-Anlage. In der Musteranlage erscheinen die Gegenstände auf der Fahrbahn stets dunkel in heller Umgebung und werden daher leicht und sicher erkannt (Fig. 6). Für eine mattweiss gespritzte

Tafel ergaben die Leuchtdichtemessungen in der Musteranlage einen Leuchtdichtekontrast gegenüber der Fahrbahn von 97 %! Wie erwähnt, würden so hohe Kontraste nur noch $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{7}$ der leitsatzgetreuen Einfahrzonen-Leuchtdichte erfordern. Freilich war in der Musteranlage der Leuchtdichtekontrast der weissen Tafel gegen die Tunnelwand nicht so gross. Da jedoch kein direktes Lampenlicht auf die Tafel fiel, erreichte der Kontrast noch einen Wert von über 80 %. In einer herkömmlichen Breitstrahler-Anlage kann dieser Kontrast unter 20 % sinken, was auch bei leitsatzgetreuer Beleuchtung das Erkennen der Hindernisse sehr erschwert oder gar verunmöglicht.

3.7 Blendung des Strassenbenützers

Ist die Neigung der Musterleuchte, d. h. die Richtung ihrer maximalen Lichtstärke bezogen auf die Vertikale, nicht grösser als 60°, so darf die Leuchte als gut abgeschirmt bezeichnet werden. Jedenfalls kann dabei der Automobilist sein Gesicht durch den Schatter vor direkter Bestrahlung schützen. Alle anderen Strassenbenützer, insbesondere die Motorradfahrer, haben jedoch diese Möglichkeit nicht, und es dürfte auch fraglich sein, ob die Automobilisten von ihrem Vorteil Gebrauch machen. In den herkömmlichen Tunnelbeleuchtungsanlagen liegen ähnliche, ja oft sogar schlimmere Blendsituationen vor. Erfahrungsgemäss sind aber die daraus sich ergebenden Gefahren nicht immer allzu gross. Immerhin sollte man die Tragbarkeit der vorhandenen Blendung durch Fahrversuche bestätigen.

Wie aus Tabelle II hervorgeht, ist durch eine Erhöhung der Leuchtenneigung von 60° auf 70° eine bedeutende Steigerung der Fahrbahn-Leuchtdichte zu erzielen. Die mit diesem Gewinn verbundene Verstärkung der Blendung ist jedoch Grund genug, auf die höhere Leuchtdichte zu verzichten.

4. Anwendung in der Beleuchtungspraxis

Gewiss gibt es noch verschiedene Probleme abzuklären, bevor man die beschriebene Beleuchtungsart mit Überzeugung zur Anwendung empfehlen kann. Vor allem erfordert die Untersuchung der Blendwirkung sowie deren Verminderung weitere Messungen und auch Fahrversuche in einem normalen Autobahntunnel. Die in der Handegg ermittelten Messresultate dürfen selbstverständlich nicht bedenkenlos auf einen normalen Autobahntunnel übertragen werden. Immerhin sind die Resultate so vielversprechend, dass sie mindestens für die Einfahrzone die Installation einer Musteranlage in einem normaldimensionierten Strassentunnel rechtfertigen. Im Strassentunnel wird wie in der Modellanlage die für genügende Sicht aufzuwendende elektrische Energie herabgesetzt durch:

- a) Gebündelte Schrägstrahlung gegen die Fahrtrichtung;
- b) Vermeidung der direkten Anstrahlung der den Augen des Automobilisten zugekehrten Hindernisseite (Silhouettensehen).

Versuchsergebnisse mit praktischer Bedeutung sind nur zu erwarten, falls Leuchten für den Einsatz von Entladungslampen, wie Natriumhochdrucklampen, Quecksilberleuchtstofflampen mit Halogenzusatz oder evtl. sogar Natriumniederdrucklampen und Fluoreszenzlampen zur Verfügung stehen. Diese Leuchten sollten hinsichtlich Lichtstärkenverteilung und Abschirmung den von *Freiburghaus* be-

Leuchtdichte der Tunnelfahrbahn und der Tunnelwände

Tabelle II

Messfläche	Leuchtdichten in cd/m ² für				
	Breitstrahler 5603/51/31	Musterleuchtenanlage mit Neigung			
		60° 1/1	60° 1/2	70° 1/1	80° 1/1
①	16	105	53,5	220	128
②	15,5	125	65	160	153
③	18	20			29
④	18	20			28

(Betriebsbedingungen wie in Tabelle I)

helfsmässig hergestellten Modelleuchten einigermaßen entsprechen.

Wichtig ist ferner, dass der für die Versuche ausgewählte Tunnel eine genügende Länge und eine schwache Krümmung aufweist, damit das vom Ausgangsportal her stammende Licht die Beobachtungen der Versuchspersonen nicht beeinflusst.

Interessant wäre es auch, wenn man sich dazu entschliessen könnte, als Vergleich in derselben Tunneleinfahrzone eine sehr gute herkömmliche Beleuchtung zu installieren.

Literatur

- [1] *Schweizerische Beleuchtungskommission*: Leitsätze vom 9. Mai 1968 für öffentliche Beleuchtung. Teil 2: Strassentunnel und -unterführungen. Publ. 4024 des SEV, Zürich 1968.
- [2] *F. Mäder*: Die Leuchtdichte der Strassenoberfläche an hellen Tagen. Bull. SEV 57(1966)18, S. 809...817.
- [3] *G. Smiatek und J. Rock*: Verkehrsgerechte Beleuchtungssysteme für Autobahnen und Schnellstrassen. Strassen und Autobahn -(1968)3, S. 96...104.
- [4] *D. A. Schreuder*: The lighting of vehicular traffic tunnels. Dissertation T. H. Eindhoven 1964, Philips Technical Library.

Adresse des Autors:

Dr. F. Mäder, Adjunkt des Eidg. Amtes für Mass und Gewicht, Lindenweg 24, 3084 Wabern.

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Sitzungen der Groupes de Travail 1, Huiles inhibées, und 2, Analyse de Gaz, des SC 10, Huiles isolantes à base d'hydrocarbures, vom 25. und 26. September 1969 in Baden

GT 1, Huiles inhibées

Am 26. September 1969 trat die Arbeitsgruppe «Huiles inhibées» in Baden, Schweiz, zu der 2. Arbeitssitzung dieses Jahres zusammen. Das Thema dieser Sitzung war die Auswertung der zweiten Serie von Rundversuchen zur Bestimmung des Alterungsverhaltens inhibierter Öle sowie die sich aus den Resultaten ergebenden Konsequenzen. Das Ergebnis der Diskussionen lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Als Hauptkriterium für die Alterungsbeständigkeit inhibierter Isolieröle ist die sog. «Induktionsperiode» zu betrachten. Darunter ist die Alterungszeit zu verstehen, die vergeht, bis der Inhibitor seine Wirkung verloren hat und das Öl merkliche Mengen leicht flüchtiger Säuren bildet. Sie wird bestimmt, indem man den das Testgefäss verlassenden Sauerstoffstrom durch eine Wasservorlage leitet und die in der Vorlage gelöste Säure täglich titriert. Unter Umständen lässt sich das Verfahren noch vereinfachen, indem man anstelle des Wassers eine bestimmte Menge Lauge vorlegt, einen Farbindikator zusetzt und die Zeit bis zum Farbumschlag des Indikators als Induktionsperiode festlegt.

Die Bestimmung weiterer Kennzahlen (Neutralisationszahl, Schlammgehalt) des gealterten Öles kann zusätzliche Aussagen möglich machen. Der Zeitpunkt, zu dem diese Bestimmung zu erfolgen hat, ist jedoch noch eindeutig festzulegen. Z. Zt. stehen 10 Tage nach Ende der Induktionsperiode zur Diskussion.

Die in der Publ. 74 der CEI, Méthode pour évaluer la stabilité à l'oxydation des huiles isolantes, festgelegten Testbedingungen für die künstliche Alterung von Isolierölen wurden für die Prüfung inhibierter Öle wie folgt geändert:

Temperatur: 120 °C; Länge des Kupferdrahtes: 91,5 cm.

Zur Abklärung weiterer Fragen wird eine dritte Serie von Rundversuchen durchgeführt.

GT 2, Analyse de Gaz

Anlässlich der letzten Generalversammlung der CEI im September 1968 in London wurde beschlossen, im Rahmen des SC

10A «Huiles Minérales» eine Arbeitsgruppe «Analyse de Gaz» zu bilden, die sich mit Problemen der Analysen von in Transformatoren gebildeten Zersetzungsgasen zu beschäftigen hat. Diese Gruppe hat ihre Arbeit nunmehr aufgenommen und ist zu ihrer ersten Sitzung in Baden, Schweiz, zusammengetreten. Diese erste Sitzung diente zunächst einmal der Feststellung des augenblicklichen Standes sowohl des Wissens als auch der Analysetechnik. Ausserdem wurden die gestellten Aufgaben fest umrissen und bereits über einige grundsätzliche Dinge diskutiert. Über folgende Punkte wurde Übereinstimmung erzielt:

1. Ziel der Arbeit

Die Arbeitsgruppe hat drei Teilziele zu verfolgen:

a) Ausarbeitung einer Empfehlung zur Probennahme von Zersetzungsgasen aus Gassammelrelais oder von Transformatorenölen, in denen Zersetzungsgase gelöst sind.

b) Ausarbeitung einer Empfehlung zur Durchführung der Gasanalysen.

c) Ausarbeitung eines Auswertungsschemas für die erhaltenen Ergebnisse sowohl im Hinblick auf die Aufdeckung noch verborgener, «schleichender» Fehler als auch im Hinblick auf die weitere Aufklärung bereits aufgetretener Havarien.

2. Festlegung der Gase, die zu bestimmen sind

Bis auf weiteres wird es als nützlich erachtet, folgende Gase zu bestimmen:

Wasserstoff, gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe von C₁ bis C₃, Kohlenmonoxyd, Kohlendioxyd zu atmosphärische Gase.

Die Konzentrationen der einzelnen Gaskomponenten sind in Mol/Lit. Gas bzw. Mol/Lit. Öl oder in Konzentrationsmassen anzugeben, die sich unmittelbar aus den obigen Massgrössen ergeben (z. B. Partialdruck oder Sättigungsgrade).

Zur Abklärung einer Reihe noch offener Fragen wurde die Durchführung von Rundversuchen beschlossen, deren Organisation und Auswertung in den Händen des Schweizer Nationalkomitees liegt. Die nächste Sitzung ist für den 24. August 1970, anlässlich der nächsten CIGRE-Tagung in Paris vorgesehen. J. Schober