

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 62 (1971)
Heft: 18

Artikel: Versuche zur Ermittlung des Einflusses von Belagsaufhellern auf die Tunnelbeleuchtung
Autor: Mäder, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915851>

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: 21.02.2026

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

Versuche zur Ermittlung des Einflusses von Belagsaufhellern auf die Tunnelbeleuchtung

Von F. Mäder, Wabern

628.971.6:624.19

1. Einleitung

In den Schweizerischen Leitsätzen für öffentliche Beleuchtung, 2. Teil: Strassentunnel und -unterführungen wird im Abschnitt 14: «Bauliche Mittel zur Verbesserung der Sehbedingungen» [1]¹⁾ unter anderem empfohlen, die Strassenbeläge möglichst hell zu gestalten. Obwohl seit geraumer Zeit verschiedene Aufhellungsmittel im Handel erhältlich sind, und von einzelnen aufgehellten Belägen Resultate lichttechnischer Messungen vorliegen [2], so ist doch über ihren besonderen Einfluss auf die Tunnelbeleuchtung recht wenig bekannt. Das Amt für Strassen- und Flussbau liess daher im Blatt-Tunnel einige Versuchsbeläge auftragen, deren lichttechnische Eigenschaften vor der Freigabe für den Verkehr und nach etwa einjähriger Abnutzung untersucht wurden. Als Ergänzung dazu benützte das Amt das freundliche Angebot der Mailänder Behörden, an verschiedenen Stellen in Mailand Strassenbelagsproben für Laboratoriumsuntersuchungen entnehmen zu

dürfen. Zum Vergleich führte man entsprechende lichttechnische Messungen für einen abgefahrenen Betonbelag durch.

2. Versuchsanordnung

2.1 Die Anordnung der Beläge im Blatt-Tunnel

In Fig. 1 sind die Anordnung, die Art und der Aufhellungsgehalt der untersuchten Beläge angegeben. Die Gewichtsprozent Synopal (auch Sinopal) bzw. Luxovit ergaben sich aus der Untersuchung einzelner Proben. Möglicherweise stimmen diese Angaben nicht mit den Mittelwerten überein, die bei den photometrischen Messungen wirksam waren. Zudem entsprechen die Aufhellerbeigaben nicht den ursprünglich geplanten Mengen.

2.2 Die Versuchsbeleuchtung

Da die im Tunnel installierten Leuchten nicht für alle Probestflächen die gleichen geometrisch-optischen Beleuchtungsverhältnisse ergeben, liess sich die vorhandene

Beleuchtungsanlage für die Vergleichsmessungen nicht verwenden. Es erwies sich als notwendig, die Versuche mit einer fahrbaren Beleuchtungseinrichtung durchzuführen. Diese bestand aus einer in der Beleuchtungspraxis üblichen, mit einer Quecksilberdampf-Leuchtstofflampe (400 W) bestückten Leuchte, die an einem Mast auf einem Versuchsfahrzeug befestigt wurde (Fig. 2). Neuere Tendenzen der Leuchtdichtetechnik berücksichtigend, erhielt die Leuchte eine geringe Neigung gegen die Fahrt- d.h. Beobachtungsrichtung. Die Beleuchtungseinrichtung für die Laboratoriums-Messungen entsprach, so gut sich das machen liess, jener im Tunnel. Es gelangte die gleiche Leuchte mit der gleichen Lampe bestückt zur Verwendung. Dagegen gestattete die Kleinheit der Laboratoriumsproben nicht die genau gleichen Beleuchtungsverhältnisse nachzubilden, wie sie im Tunnel vorhanden waren. Man sorgte lediglich dafür, dass, wie im Tunnel, die Einstrahlungsrichtung nach der Mitte der Probestfläche mit der Vertikalen einen Winkel von ca. 18° bildete und gegen das Leuchtdichtemessgerät zu geneigt war. Um trotzdem eine möglichst gute Vergleichbarkeit der Labormessungen mit den Messungen im Tunnel zu erhalten, wurden im Tunnel drei Belagsproben ent-

A. Versuchsobjekt: Blatt-Tunnel N 3 / Schwyz
B. Ort: Röhre Nord, Tunnelmitte
C. Versuchsanordnung:

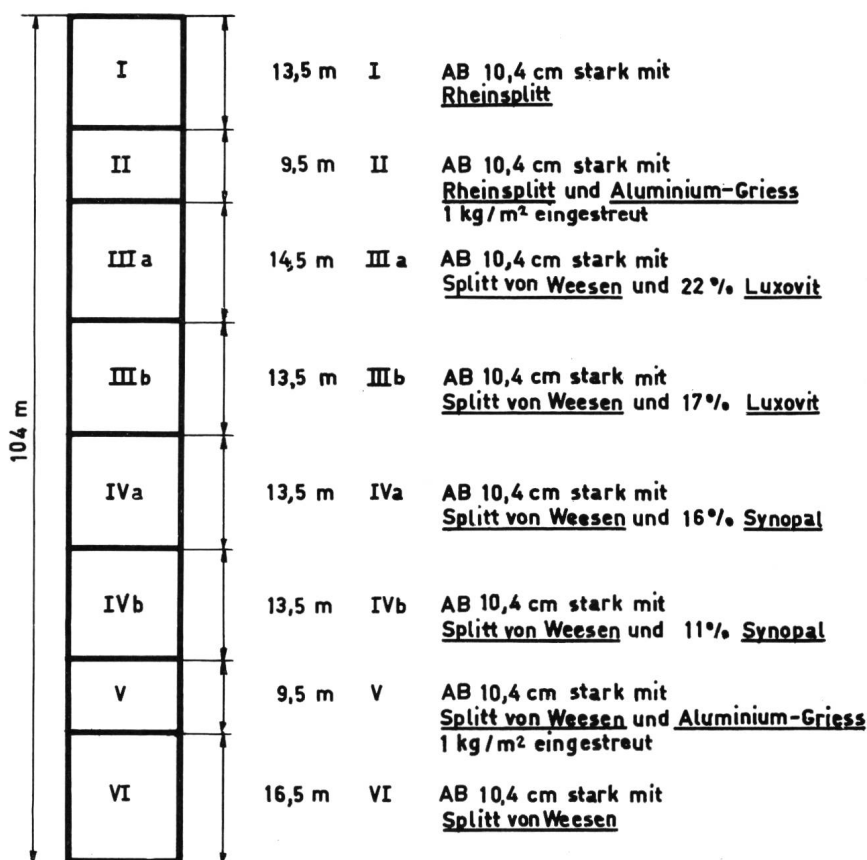


Fig. 1
Angaben der untersuchten Beläge

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

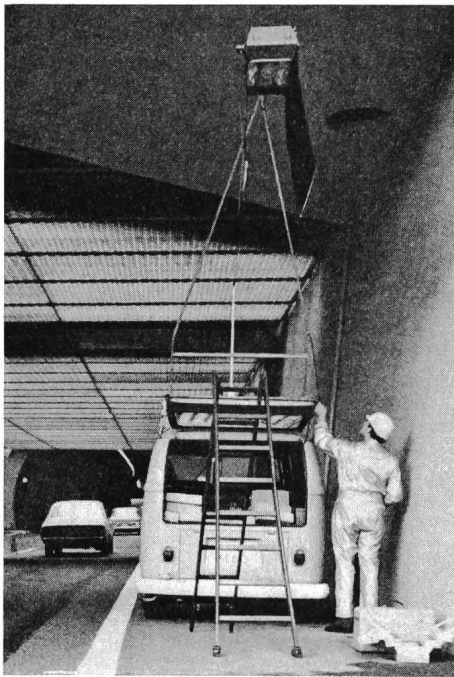


Fig. 2
Montieren der Versuchsbeleuchtung vor dem Tunnelportal

nommen und zusammen mit den gleich grossen Proben aus Mailand im Laboratorium geprüft.

2.3 Leuchtdichtemessungen

Zur Messung der Leuchtdichten diente ein Spectra-Pritchard-Photometer mit einem Öffnungswinkel von $2'$. Das Gerät wurde so aufgestellt, dass seine optische Achse in der Fahrtrichtung eine Neigung von -1° besass und das Photometer im Tunnel die mittlere Leuchtdichte eines 2,3 m langen und im Laboratorium jene eines 0,3 m langen elliptischen Fahrbahnflächenstückes anzeigte.

2.4 Beleuchtungsstärkenmessungen

Als Meßstellen an der Probeoberfläche wählte man die Mitte der elliptischen Messzone sowie je eine Stelle gegen die Enden der Ellipsenlängsachse hin. Die Messungen erfolgten mit Hilfe eines Luxmeters, dessen Photoelement an die V_λ -Kurve angepasst und mit einer Cosinus-Korrektur-Kalotte versehen war.

3. Messergebnisse

In den nachstehenden Tabellen sind nur die Verhältnisse der gemessenen mittleren Leuchtdichten zu den mittleren Beleuchtungsstärken des Messfeldes angegeben. Dabei interessierten nicht die Verhältniswerte in cd/m^2 pro lx, sondern die relativen Unterschiede gegenüber dem trockenen frischen oder dem trockenen abgefahrenen nichtaufgehellten Bitumenbelag. Mit diesen relativen Unterschieden sind die Wirkungen der Aufheller, die Wirkung der Alterung sowie das Verhalten der verschiedenen Belagsarten bei Benetzung der Fahrbahn dargestellt.

Für über der Fahrbahn angeordnete herkömmliche Leuchten erreichen erfahrungsgemäss die Leuchtdichtefaktoren in Tunneln mit nichtaufgehellten Fahrbahnbelägen Werte zwischen 0,125 und 0,1 cd/m^2 pro lx. Die Leuchtdichtefaktoren werden für seitliche Anordnung der Leuchten kleiner und können Werte von 0,07 cd/m^2 pro lx und weniger annehmen.

Wenn vielleicht in etwas geringerem Masse, so sind doch auch die relativen Leuchtdichtefaktor-Unterschiede von einer Belagsart zur andern von der Leuchtenanordnung und der Leuchtenart abhängig. Die angegebenen relativen Werte gelten daher nur für die verwendete Versuchsbeleuchtung und Messanordnung.

3.1 Die Alterung

Um die Alterung bei den verschiedenen Belagsarten im Blatt-Tunnel zu ermitteln, wurden die ersten Leuchtdichte- und Beleuchtungsstärkenmessungen im Oktober 1968 unmittelbar vor der Freigabe des Tunnels für den Verkehr und die zweiten im August 1969 durchgeführt. In Mailand konnte leider die Alterung nicht untersucht werden. Die Strassenfachleute teilten nur mit, dass erst nach mehrmonatigem Befahren der Strassen das Synopal zur vollen Wirkung gelangt. Ebenso fehlt eine Untersuchung der Alterungsveränderung von Betonfahrbahnen.

In Tabelle I sind die praktisch gleich grossen Leuchtdichtefaktoren (cd/m^2 pro lx) der trockenen und frischen Beläge AB 10 mit Rheinsplitt und AB 10 mit Splitt von Weesen gleich 100 gesetzt.

Zwischen den Leuchtdichtefaktoren des nichtaufgehellten Belages mit Rheinsplitt und jenem mit Splitt von Weesen sowie zwischen den Leuchtdichtefaktoren dieser Beläge und jenen, welche mit 11 und 16 Gewichtsprozenten Synopal oder 17 und 23 Gewichtsprozenten Luxovit aufgehellte sind, war im frischen Zustand kein gesicherter Unterschied feststellbar. Demgegenüber besaßen die mit Aluminium-Griess aufgehellten Beläge im frischen Zustand bei gleicher Beleuchtung eine um 40 % höhere Leuchtdichte. Dieser Unterschied der mit Aluminium-Griess aufgehellten Beläge gegenüber den nichtaufgehellten Belägen erhöhte sich durch die Alterung auf 45 %. Leider erwies sich die Aluminium-Griess-Aufhellung im Blatt-Tunnel als wenig dauerhaft. Schon im Verlaufe einer Benützungszeit von 10 Monaten entstanden auf der Fahrbahn Stellen, an denen das Aluminium völlig fehlte, und die daher nicht heller waren als die nicht aufgehellten Beläge. Im Gegensatz dazu zeigten die mit Synopal oder Luxovit aufgehellten Beläge nach der gleichen Benützungszeit keine derartigen Schäden. Bei gleicher Beleuchtungsart und -stärke war jedoch die Leuchtdichte der abgefahrenen mit Synopal oder Luxovit aufgehellten Beläge gegenüber den abgefahrenen nicht aufgehellten Belägen nur 15 % höher.

3.2 Relative Leuchtdichtefaktoren verschiedener Strassenbeläge in trockenem und nassem Zustand

Vollständige Vergleiche der trockenen und nassen Fahrbahnbelagsproben liessen sich nur für die abgefahrenen Beläge

Relative Leuchtdichtefaktoren für trockenen Belag

Tabelle I

Art des Belages	Relative Leuchtdichtefaktoren	
	frisch	gealtert
AB 10, 4 cm stark mit Rheinsplitt oder Splitt von Weesen	100	110
AB 10, + 1 kg/m^2 eingestreutes Aluminium-Griess	140	160
AB 10 mit Splitt von Weesen und Synopal (11 und 16 Gew. %) oder Luxovit (17 und 22 Gew. %)	100	125

Tabelle II

Belagsart	Aufhellungsmittel Gewichtsprozent Synopal S Luxovit L	Relative Leuchtdichte cd/m ² /lx	
		trocken	nass
AB 10, 4 cm stark mit Rheinsplitt oder Splitt von Weesen alt	—	100	20
AB 10, 4 cm stark mit Rheinsplitt oder Splitt von Weesen frisch	—	90	20
Schwarzbelag v. Mailand alt	—	75	20
AB 10, 4 cm stark mit Splitt von Weesen und Synopal oder Luxovit alt	11 % + 16 % S 17 % + 22 % L	115	40
Mailänderbelag alt	35 % S Mittel von 5 Proben	130	60
Mailänderbelag alt	52 % S	190	85
AB 10 + 1 kg/m ² eingestreutes Aluminium-Griess alt	—	145	60
Betonbelag alt	—	135	30

durchführen. Bei den Messresultaten für die nassen Proben ist noch zu beachten, dass mit dem Leuchtdichtemessgerät in der verwendeten Versuchsanordnung nicht das Spiegelbild der Versuchsluchte, sondern ein Fahrbahnteil anvisiert wurde, der sich hinter dem Leuchtspiegelbild befand. Die Leuchtdichte der nassen Fahrbahn hängt recht stark von der Art der Benetzung ab. Darin liegt eine gewisse Unsicherheit der Messresultate. Um die daraus sich ergebenden Mess-Streuungen möglichst klein zu halten, sorgte man dafür, dass die Fahrbahn d. h. die Probefläche während der Messungen nie von Wasser überschwemmt war.

In Tabelle II sind die gemessenen Leuchtdichtefaktoren (cd/m² pro lx) für die trockenen und gealterten Beläge AB 10 mit Rheinsplitt sowie für AB 10 mit Splitt von Weesen 100

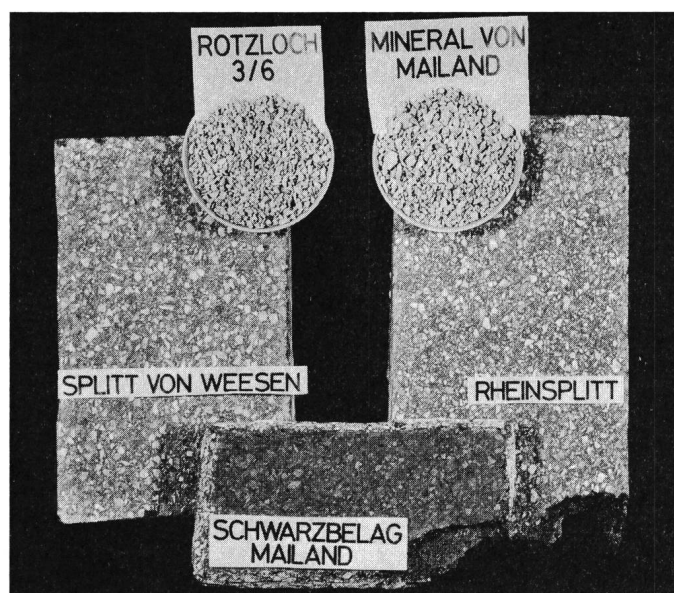


Fig. 3

Mailändersplitt und Schweizer Splitt (vom Rotzloch) ungefähr gleich hell
«Schwarzbelag» von Mailand dunkler als «Schwarzbeläge» mit Rheinsplitt
oder Splitt von Weesen

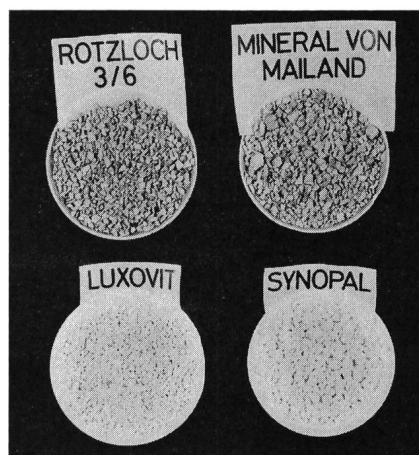


Fig. 4

Schweizersplitt (vom Rotzloch), Splitt von Mailand, Luxovit und Synopal trocken

gesetzt. Auch hier gelten die angegebenen Werte nur für die beschriebenen Versuchsbeleuchtungen.

Die für die Messungen gewählten Beleuchtungs- und Beobachtungsverhältnisse gestatten es kaum, aus den einzelnen Bestandteilen eines Belages auf dessen Leuchtdichtefaktor zu schließen. Ausser von den Beleuchtungs- und Beobachtungsverhältnissen sowie vom Reflexionsgrad hängt die Leuchtdichte wesentlich von der Oberflächenstruktur der Probe ab, welche neben anderem auch von Art und Zustand des Bindemittels beeinflusst wird (Glanz). Nebenbei sei erwähnt, dass die Beläge aus Mailand einen Bindemittelgehalt von ca. 5,5 Gewichtsprozenten aufweisen, während jener der Probebeläge im Blatt-Tunnel im Mittel ca. 6,5 Gewichtsprocente erreicht. Aus all diesen Gründen und wegen der nicht vermeidbaren Inhomogenität des Mischgutes ist die zufällig praktische Übereinstimmung der Leuchtdichte der beiden nichtaufgehellten Beläge im Blatt-Tunnel verständlich, obwohl der normale Reflexionsgrad des Splittes von Weesen und des Rheinsplittes sicher verschieden sind. Andererseits ist der gemessene Leuchtdichtefaktor des Schwarzbelages von Mailand deutlich niedriger als jener der nicht aufgehellten Beläge im Blatt-Tunnel, obgleich der im Mailänderbelag enthaltene Splitt mindestens so hell ist wie der i. A. in der Schweiz verwendete Splitt (Fig. 3).

Bei Betrachtung der Belagsproben unter einem wesentlich steileren Winkel als 1° erscheint der Helligkeitsunterschied der schweizerischen und der italienischen «Schwarzbelagsprobe» grösser als er aus Tabelle II hervorgeht. Statt 100:75 wie in Tabelle II angegeben, verhält sich z. B. die Leuchtdichte der nicht aufgehellten Beläge im Blatt-Tunnel zu jener des Schwarzbelages von Mailand wie 100:55 (Fig. 3). Anlässlich einer Studienreise machten einige Teilnehmer auf die auffallende «Schwärze» der nichtaufgehellten italienischen Strassenbeläge aufmerksam. Wie schon angedeutet, lässt sich diese «Schwärze» nicht auf den allgemein verwendeten Splitt zurückführen. Leider stand für die Messung nur eine 30 cm lange und 15 cm breite Probe des Mailänder Schwarzbelages zur Verfügung. Daher dürfte der in Tabelle II angegebene relative Leuchtdichtefaktor kaum einem guten Mittelwert entsprechen. Ähnliche Bedenken gelten auch für die Probe mit 52 Gewichtsprozent Synopalgehalt. Durch die Messungen zuverlässig bestätigt ist das günstige lichttechnische Verhalten von Synopal und Luxovit bei Benetzung (Fig. 4 und 5). Während die Leuchtdichte der nichtaufgehellten Beläge des Blatt-Tunnels in

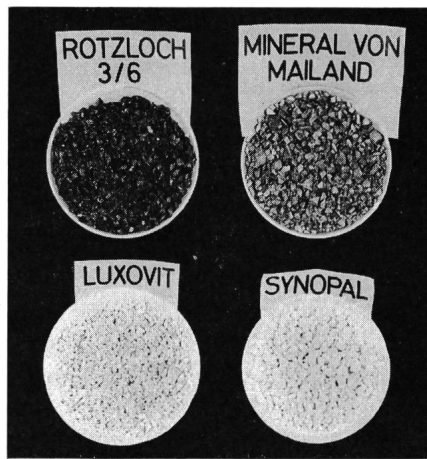


Fig. 5

Schweizersplitt (vom Rotzloch), Splitt von Mailand, Luxovit und Synopal
nass

nassem Zustande auf einen Fünftel von jener des trockenen Belages hinuntersinkt, ist die Leuchtdichte des mit nur 11 bis 16 Gewichtsprozent Luxovit aufgehellten nassen Belages für die gleiche Beleuchtung schon doppelt so hoch. Für die in Italien gebräuchlichen Synopalbeigaben von 35 bzw. 50 Gewichtsprozenten steigt die Leuchtdichte sogar auf den 3- bzw. 4fachen Wert der entsprechenden Leuchtdichte der nassen nicht aufgehellten Beläge des Blatt-Tunnels an.

4. Schlussbemerkungen

Wo es gelingt, mit tragbaren Mitteln eine leitsatzgetreue Beleuchtung zu installieren, wie in der Mittelzone von Tunneln, u. U. aber auch in der Tunneleinfahrzone, darf man bei gleichbleibenden Lichtverteilungsverhältnissen die Beleuchtungsstärke entsprechend der Aufhellung herabsetzen. Gleiche relative Lichtverteilung vorausgesetzt liesse sich z. B. bei einer Synopalbeigabe von ca. 50 Gewichtsprozenten die Beleuchtungsstärke gegenüber jener bei nichtaufgehellten Belägen fast um die Hälfte verkleinern, ohne dadurch die Fahrbahnleuchtdichte zu vermindern. In all den Tunneleinfahrzonen, in welchen es aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich ist, die Beleuchtung den schweizerischen Leitsätzen entsprechend zu gestalten, ergibt eine Aufhellung des Fahrbahnbelages wenn nicht für alle Fälle eine genügende, so doch eine verbesserte Sicht. Zudem kann sich in den Tunneleinfahrzonen auch das

günstige lichttechnische Verhalten von nassem Synopal und Luxovit vorteilhaft auswirken.

Ob sich eine Beigabe von Synopal oder Luxovit rechtfertigt, hängt von umfassenden wirtschaftlichen Erwägungen ab. Wo bei geringen Helligkeitsansprüchen (z. B. Tunnelmittelzonen) die Fahrbahnleuchtdichte verdoppelt werden soll, wird i. a. eine Verdoppelung der künstlichen Beleuchtung billiger zu stehen kommen als eine entsprechende Aufhellung des Fahrbahnbelages durch Synopal- oder Luxovitbeigaben. Wo jedoch eine sehr hohe Leuchtdichte gefordert wird (z. B. Tunneleinfahrzonen), ist i. a. die Anwendung eines guten Belagaufhellers wirtschaftlich vorteilhafter als eine entsprechende Verstärkung der künstlichen Beleuchtung.

Da Synopal etwa die gleiche Härte besitzt wie Quarz, dürfte die Dauerhaftigkeit der aufgehellten Beläge bei Verwendung geeigneter Binde- oder Haftmittel so gut sein wie jene der nichtaufgehellten schweizerischen Beläge. Nach Ergebnissen von Laboratoriumsuntersuchungen haftet Bitumen schlecht an Synopal, so dass für die Herstellung von Synopalbelägen ein besonderes Haftmittel erforderlich ist. Der Rezeptur von Belägen mit Aufhellern muss ganz allgemein besondere Beachtung geschenkt werden.

Luxovit besitzt nicht nur einen etwas niedrigeren Reflexionsgrad, sondern sein Zertrümmerungsgrad scheint ebenfalls weniger gute Werte zu erreichen als Synopal.

Zu den wirtschaftlichen Erwägungen gehört auch die Frage nach der Eignung von Synopal- oder Luxovit-Belägen im Hinblick auf die Verkehrssicherheit. In verschiedenen Instituten wurden in diesem Zusammenhang Griffigkeitskennwerte oder Reibungskoeffizienten von Fahrbahnbelägen mit ca. 30 Gewichtsprozenten Synopalgehalt gemessen. Die Untersuchungen ergaben, dass die Synopalbeläge gegenüber den nichtaufgehellten Belägen hinsichtlich Verkehrssicherheit mindestens keinerlei Nachteile aufweisen.

Literatur

- [1] Leitsätze vom 9. Mai 1968 für öffentliche Beleuchtung. 2. Teil: Strassentunnel und -unterführungen. Publikation des SEV 4024.1968.
- [2] B. Knudsen: Helle und dunkle Strassendecken. Strassenverkehrstechnik 13(1964)4, S. 104...109.

Adresse des Autors:

Dr. F. Mäder, Adjunkt des Eidg. Amtes für Mass und Gewicht, Lindenberg 50, 3084 Wabern.