Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 98 (1980)
Heft: 50: Zur Eröffnung des Seelisberg-Strassentunnels

Artikel: Tunnelbeleuchtung
Autor: Bühlmann, Horst
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-74280

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: 08.10.2025

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

- Maschinenraum für die Hydraulik- und Schmierölaggregate.

Beim vorgesehenen Raumprogramm kann die Werkstatt jeweils nur mit einem Ventilator des Seelisberg- oder Gotthardtunnels belegt werden.

Im wesentlichen werden bei *Revisionsarbeiten* folgende *Arbeitsgänge* ausgeführt:

1. *Demontage* der Ventilatoren:
   - Abheben des Gehäuseoberteils,
   - Demontage der Hydraulikverstellvorrichtung der Laufschaufeln,
   - Ausbau der auf dem Motorwellenende fliegend angeordneten Laufräder oder Auswechseln der Laufschaufeln,
   - Demontage der Motoren.

   Die einzelnen Komponenten werden in den mechanischen Werkstätten des Werkhofes Flüelen überholt oder, wenn erforderlich, den Lieferanten oder Unterlieferanten zugestellt.
2. *Montage* der Ventilatoren:
   Die Ventilatoren werden im Werkhof wieder zusammengebaut und die Lager und Laufschaufeln-Hydraulik-Systeme auf ihre Funktion und Dichtheit geprüft. Dafür ist je ein Lager, Schmieröl- und Hydrauliksystem, wie es in den beiden Tunnels je Ventilator eingebaut wurde, in der Werkstatt fest installiert.
3. *Laufversuche:*
   Nach dem Zusammenbau der Maschinen wird eine kurze mechanische Laufkontrolle mit geschlossenen Laufschaufeln durchgeführt. Während des Laufs werden die Motorlager auf ihre Lagerfrequenzen kontrolliert oder - sofern eine Auswechslung der Lager stattgefunden hat - die neuen Frequenzen festgehalten. Die Laufversuche werden mit einer reduzierten Drehzahl von 250 U./min während 5–10 Minuten vorgenommen, so dass das Lärmproblem für die Umgebung ausser acht gelassen werden kann.

Adresse des Verfassers: *A. Lanker*, Masch.-Ing. HTL, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, 8022 Zürich

Tunnelbeleuchtung

Von Horst Bühlmann, Basel

Die Tunnelbeleuchtung ist eine der vom Tunnelbenützer am meisten beachtete Anlage im Fahrraum. Ihr ist besondere Beachtung zu schenken, werden doch in Strassentunnels besonders hohe Anforderungen an die Sehleistung des Autofahrers gestellt. Berücksichtigt man ferner, dass in bezug auf Energieaufwand die Tunnelbeleuchtung nach der Ventilation der grösste Verbraucher ist, erhält die Tunnelbeleuchtung auch von der Kostenseite her ihre Bedeutung und die Forderung nach einer wirtschaftlichen Anlage.

Projektierung/Zeitlicher Ablauf

Bei der Planung der Beleuchtung wurden die *Richtlinien für die Projektierung von Strassentunneln* (ASB) sowie die *Leitsätze der Schweiz. Lichttechnischen Gesellschaft* (SLG) und die Empfehlungen anderer, anerkannter Fachgremien berücksichtigt. Ferner wurden die Erfahrungen bereits ausgeführter Anlagen ausgewertet. Aufgrund der Erkenntnisse wurden dann am *San-Bernadino-Tunnel* und am *Melide-Grancia-Tunnel* speziell für den Seelisberg- und Gotthard-Tunnel *Beleuchtungsversuche* durchgeführt mit verschiedenen Anordnungen und Fahrbahnleuchtdichten. Im Januar 1975 wurden durch das *Eidg. Amt für Messwesen* lichttechnische Messungen an einer Modellbeleuchtung im Melide-Grancia-Tunnel vorgenommen.

Die wesentlichen *Anforderungen* an die Tunnelbeleuchtung sind:
- gute optische Führung und Kontraste,
- weitgehend blendungsfreie Beleuchtung,
- gute Gleichmässigkeit,
- kein Flimmern oder Flackern,
- das Beleuchtungsniveau muss sich an die Erfordernisse einer Tag- und Nachtschaltung sowie nach den Verkehrsfrequenzen anpassen lassen.

Eine *wesentliche Randbedingung* ist der *Fahrbahnbelag*, weil seine lichttechnischen Eigenschaften den erforderlichen Aufwand für die Beleuchtung entscheidend beeinflussen können. Diese Eigenschaften lassen sich im allgemeinen durch den Leuchtdichtekoeffizient q_0 und den Spiegelfaktor k_p genügend genau beschreiben.

Drei Belagsproben «5 Jahre alt» aus Strassen im Kanton Uri, in der ähnlichen Zusammensetzung wie für den Seelisbergtunnel vorgesehen, wurden im Labor ausgemessen, damit die Leistungsstufen der Vorschaltgeräte für die Leuchten in der Mittelzone und die Leuchtenanzahl in der Adaptationszone genau berechnet werden konnten. Nachdem alle Abklärungen erfolgt waren, zeigten die erwähnten Versuche folgende Ergebnisse:
- beidseitig durchgehende Lichtbänder ergeben die besten Resultate,
- beidseitig unterbrochene Lichtbänder sind nicht empfehlenswert (Flimmer- oder Flickereffekt, hervorgerufen durch periodische Leuchtdichteunterschiede),
- Auch mit einem einseitig durchgehenden Lichtband können, sofern die Leuchten entsprechend angeordnet sind, einwandfreie Beleuchtungsverhältnisse erreicht werden. Das Lichtband ist in Fahrrichtung gesehen links über der Fahrbahn anzuordnen, um Abschattungen zu vermeiden, da die vorfahrenden Fahrzeuge in der Regel niedrig sind und die hohen Lastwagen auf der rechten Spur fahren.

Im technischen Bericht vom Juli 1975 wurde der Bauherrschaft nach wirtschaftlichen Überlegungen für die *Mittelzonenbeleuchtung ein einseitig durchgehendes Lichtband mit Fluoreszenzlampen 1×40 W zur Ausführung vorgeschlagen*. Für die *Adaptationsbeleuchtung der beiden Tunneleinfahrten* wurden *Natriumdampf-Hochdrucklampen* empfohlen. Auf der Basis der Durchfahrgeschwindigkeit von 80 km/h und bei einer Aussenleuchtdichte von 2800 cd/m² wurde nach den Leitsätzen eine Abstufung der Adaptationsbeleuchtung in den entsprechenden Zonen definiert.

Eine Konzeptgenehmigung durch die Bauherrschaft erfolgte im Herbst 1975, und im Juli 1976 wurde die Lieferung und Montage der Beleuchtungsanlage mit zugehörigen Steuerungen und Installationen zur freien Bewerbung öffentlich ausgeschrieben. Die wesentlichsten *Randbedingungen* für die Offertstellung waren:
- Einseitig durchgehendes Lichtband für die Mittelzone mit einer Regulierbarkeit, damit die Fahrbahnleuchtdichten von 1 und 3 cd/m² erreicht werden. Es wurden Varianten ausgeschrieben mit drei und sechs Stufen

FL - Durchfahrtsbeleuchtung

	Leistung	Lichtstrom	Em	Leuchtdichte
STUFE I FL-BELEUCHTUNG NUR JEDE 10 LEUCHTE VOLL IN BETRIEB NOTBELEUCHTUNG	58 W *	100 %	9 Lx	0,8 cd/m²
STUFE II ALLE FL-LEUCHTEN DURCHGEHEND JEDOCH STARK REDUZIERT IN BETRIEB	17,5 W *	22 %	20 Lx	1 cd/m²
STUFE III ALLE FL-LEUCHTEN DURCHGEHEND JEDOCH REDUZIERT IN BETRIEB	34 W *	54 %	50 Lx	3 cd/m²
STUFE IV ALLE FL-LEUCHTEN DURCHGEHEND VOLL IN BETRIEB	58 W *	100 %	92 Lx	8 cd/m²

* = LEISTUNG INKL. LAMPE, VORSCHALTGERÄT UND HEIZTRANSFORMATOR

Adaptationsbeleuchtung (Einschaltung nach Aussenleuchtdichte)

STUFE AD 0 ADAPTATIONSBELEUCHTUNG AUS
STUFE AD I ADAPTATIONSBELEUCHTUNG KLEINE STUFE ca 22 % DER LEUCHTEN EINGESCHALTET
STUFE AD II ADAPTATIONSBELEUCHTUNG MITTLERE STUFE ca 52 % DER LEUCHTEN EINGESCHALTET
STUFE AD III ADAPTATIONSBELEUCHTUNG GROSSE STUFE ca 100 % DER LEUCHTEN EINGESCHALTET

Mittlere Leuchtdichte in cd/m² bei Betonfahrbahnbelag $\varkappa p = 0{,}22 / 0{,}33$ $q_o = 0{,}13$ Belag R2

PROGRAMM	TEILABSCHNITTE PRO TUNNELRÖHRE							
	ADAPTATIONS-U. ANPASSUNGSZONE					MITTELZONE	AUSFAHRZONE	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
2	1 (1 Band)	1 (1 Band)	1 (1 Band)	1 (1 Band)	1	1 oder 3	1	1 (1 Band)
3	6	6	6	3 (1 Band)	3	1 oder 3	1	1 (1 Band)
4	(24+6) 30 **)	(24+6) 30	(12+6) 18	6	3	1 oder 3	3	6
5	(63+6) 69	(63+6) 69	(12+6) 18	6	3	1 oder 3	3	6
6	(189+16) 205	(63+16) 79	(24+16) 40	16	3	1 oder 3	8	16

Leistungen und Energieaufwand

15 650 FL 40 W	ETWA	900 kW
260 NaH 400 W	ETWA	115 kW
BELEUCHTUNG NEBENANL.	ETWA	85 kW
MAX. LEISTUNGAUFNAHME	ETWA	1 100 kW

ENERGIEAUFWAND BELEUCHTUNG JÄHRLICH ETWA 4,5 Mio kWh

(1 BAND) WIRD NUR ALS AUSNAHME EINGETRAGEN IN DEN WEITEREN NICHT BEZEICHNETEN FELDERN SIND SONST DIE BEIDSEITIGEN LICHTBÄNDER IN BETRIEB

**) DIE KLAMMERWERTE VERSTEHEN SICH FÜR DIE LEUCHTDICHTEN DER NaH - FL LEUCHTEN

Tabelle 1. Beleuchtungsschaltungen. Stufen und Programme

sowie eine stufenlose Steuerung für die Regulierung des Lichtstromes. Die technische Lösung der Steuersysteme und die Festlegung der Speisespannung für den Anschluss der Leuchten wurde dem Offertsteller freigestellt.

- Für die Adaptationsbeleuchtung waren drei Stufen vorgeschrieben, und die verlangten Leuchtdichten in der Einfahrzone, Übergangszone 1 und Übergangszone 2 wurden angegeben.
- Seitliche Anordnung der Adaptationsbeleuchtung.

Es wurden von sechs Firmen Offerten mit insgesamt 85 Variantenvorschlägen eingereicht, von einer Firma allein 35 Unternehmervarianten.

Eine Lösung mit stufenloser Regulierung des Lichtstromes von Fluoreszenzlampen, die sogenannte *Parallelsteuerung* [1], wurde für den Seelisbergtunnel nicht zur Ausführung empfohlen, da keine Referenzobjekte angegeben werden konnten und abgesehen von Versuchen noch keine Langzeiterfahrung vorlag. Ferner hätten Energieeinsparungen nur in den oberen Regulierbereichen erzielt werden können, nicht aber in den vorgesehenen Stufen 1 cd/m² und 3 cd/m².

Zur Überprüfung der abgegebenen Garantiewerte sowie Eignung des offerierten Montagesystemes wurden die beiden in Betracht gezogenen Firmen eingeladen, im Gotthardtunnel eine Musterstrecke von je 125 m Länge zu installieren. Parallel dazu wurde das offerierte Material dieser Firmen bei der EMPA einem *Korrosionstest* unterzogen. Da die Bauherrschaft grossen Wert auf eine weitgehend einheitliche Ausführung der beiden grossen Tunnelprojekte legte, wurden verschiedene gemeinsame Sitzungen mit den massgebenden Instanzen durchgeführt. Die Bestellung der Tunnelbeleuchtung erfolgte im August 1977, die Montage begann Mitte 1978 und war Mitte 1980 abgeschlossen.

Beschreibung der Anlage

Definitionen der einzelnen Abschnitte

Einfahrzone:
1. Teilabschnitt der Adaptationszone

Übergangszone 1:
2. Teilabschnitt der Adaptationszone

Übergangszone 2:
3. Teilabschnitt der Adaptationszone

Adaptationszone:
gesamte Strecke im Bereich mit NaH Hochdrucklampen (Teilabschnitt 1.+2.+3.)

Anfangszone:
4. Teilabschnitt Bereich der Beleuchtungsstrecke mit beidseitigen Lichtbändern mit Fluoreszenzlampen (Teilabschnitt 1.+2.+3.+4.)

Anpassungszone:
5. Teilabschnitt Bereich der Beleuchtungsstrecke zwischen dem Ende der Anfangszone mit beidseitigen Lichtbändern und der Mittelzone als Übergangszone

Mittelzone:
6. Teilabschnitt, die Tunnelinnenstrecke mit nur einem Lichtband

Ausfahrzone 1:
7. Teilabschnitt Bereich mit nur einem Lichtband

Ausfahrzone 2:
8. Teilabschnitt Bereich mit beidseitigen Lichtbändern zwischen Ende der Mittelzone und der Tunnelausfahrt

Länge der einzelnen Abschnitte

	Bergröhre	*Seeröhre*
Galerie	25 m	–
Einfahrzone	66 m	76 m
Übergangszone 1	95 m	105 m
Übergangszone 2	180 m	192 m
Total Adaptationszone	366 m	373 m
Anfangszone	482 m	755 m
Anpassungszone	435 m	447 m
Mittelzone	7127 m	7154 m
Ausfahrzone 1	448 m	436 m
Ausfahrzone 2	758 m	498 m
Gesamtlänge	9250 m	9290 m

Tunnelmittelzone

Die Tunnelmittelzone ist mit einem durchgehenden Lichtband (Bild 1) ausgerüstet. Der Anstellwinkel der Leuchten ist so gewählt, dass trotz der einseitigen Anordnung eine gleichmässige Beleuchtung über den Tunnelquerschnitt unter Einbezug der Wände erzielt wird.

Die Betriebsspannung der installierten Leuchten beträgt 300 V. Sie ist notwendig, um beim gewählten Steuersystem eine einwandfreie Zündung der Lampen auch bei Umgebungstemperaturen von −25°C sicherzustellen. Die Speisung der Beleuchtung erfolgt aus den Verteilungen in den Querschlägen, die in Abständen von je 300 m plaziert sind. Von jeder dieser Verteilung wer-

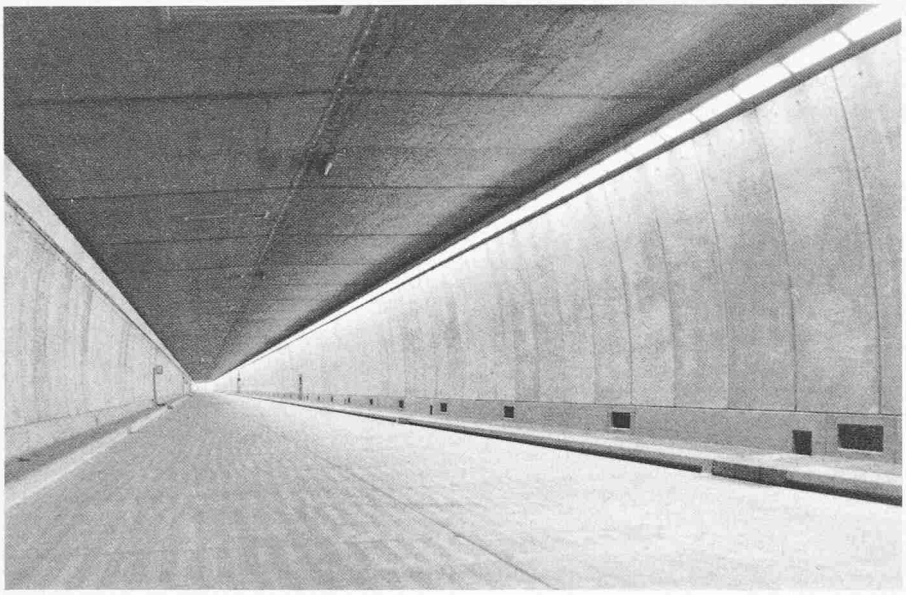

Bild 1. Beleuchtung der Mittelzone

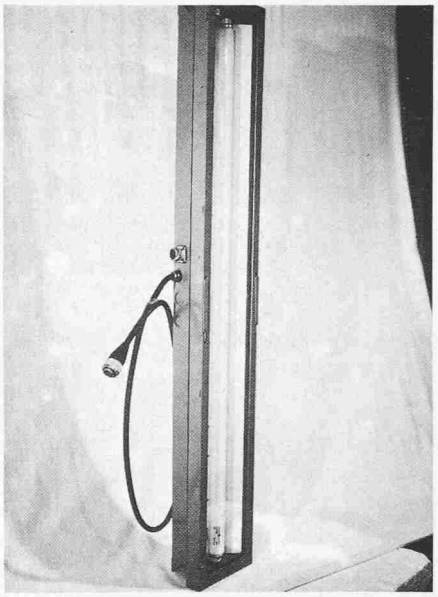

Bild 2. Fluoreszenzleuchte 1×40 W mit Kabel und Steckkupplung

den etwa 200 Normalleuchten und 20 Notleuchten sowie sechs Brandnotleuchten versorgt. Diese Einrichtungen sind für jede Tunnelröhre vorhanden. Die Steuerbefehle werden im allgemeinen zentral aus einem der Kommandoräume erteilt und in den Querschlagsverteilungen gespeichert. Hier kann die Steuerung auf «Lokal» umgeschaltet werden, und der zugehörige Leuchtenabschnitt wird von Hand gesteuert. Befehle, die während dieses Zeitabschnittes aus dem Kommandoraum eintreffen, werden gespeichert, so dass bei Rückstellung «Fern» der gespeicherte Zustand angenommen wird.

Die Beleuchtung der Mittelzone wird in Funktion der Verkehrsstärke reguliert, wobei die folgenden Werte angenommen wurden:

- Verkehrsstärke X kleiner 320 Fz/h = Fahrbahnleuchtdichte 1 cd/m²
- Verkehrsstärke X grösser 320 Fz/h = Fahrbahnleuchtdichte 3 cd/m²

Da für die kritische Verkehrsstärke X, bei der die Umschaltung erfolgen soll, keine Erfahrungswerte vorliegen, ist die Steuerung so ausgelegt, dass dieser Wert mühelos verändert werden kann.

Die Leuchten der Mittelzone (Bild 2) sind mit einem Kabel mit Steckkupplung sowie einer Abzweigdose versehen. Diese Lösung gestattet es, die Leuchten mit eingesetzter Lampe auf die Baustelle zu liefern und zu montieren, ohne die Leuchten zu öffnen. Ein weiterer Vorteil besteht bei dem gewählten montagefreundlichen System darin, dass bei eventuellen Defekten in der Leuchte, die nicht an Ort und Stelle behoben werden können, eine Auswechslung der Leuchte als Ganzes sehr schnell erfolgen kann.

Obwohl der Seelisbergtunnel mit einer äusserst zuverlässigen Energieversorgung ausgestattet ist, muss mit zeitweiligen *Spannungsunterbrüchen* gerechnet werden. Sie können sowohl den ganzen Tunnel umfassen, als auch partiell, infolge eines Defektes in der tunnelinternen Verteilung, auftreten. Diese Unterbrüche bewirken einen Ausfall der Tunnelbeleuchtung und damit verbunden eine plötzliche Reduktion der Sichtweite. Bei einem Fahrzeuglenker kann dies zu Fehlreaktionen und als Folge davon zu einem Unfall führen. Nebst Fahrzeugen, die mit einer eigenen Beleuchtung ausgestattet sind, die bei der Durchfahrt eingeschaltet ist, muss im Tunnel mit *Fussgängern (Pannenfahrzeuge)* gerechnet werden. Um diese Gefahrenquellen auszuschalten, ist der Tunnel mit einer *Notbeleuchtung* versehen. Sie ist in die Normalbeleuchtung integriert, so dass keine speziellen Notleuchten installiert werden mussten. Jede zehnte Leuchte der Fluoreszenzbeleuchtung (Bild 3) wird dauernd von einem *Wechselrichter* gespeist. Bei vorhandenem Netz erhält der Wechselrichter die Spannung von einem Gleichrichter. Bei einem Netzausfall übernehmen *Batterieanlagen* diese Funktion. Die Kapazität der Batterieanlagen ist so ausgelegt, dass die Notbeleuchtung sowie weitere angeschlossene Sicherheitsanlagen während drei Stunden betrieben werden können.

Bei einem *Ausfall der Speisespannung* schalten die am Wechselrichter betriebenen Leuchten automatisch auf maximale Helligkeit. Die Fahrbahnleuchtdichte mit der Notbeleuchtung beträgt 0,8 cd/m². Die Spannungsüberwachung erfolgt dezentral in den Querschlägen, wo sich die Schalteinrichtungen befinden. Damit ist gewährleistet,

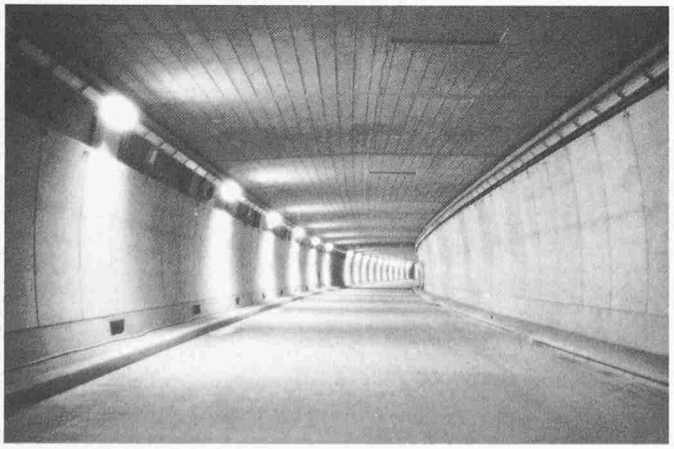

Bild 3. Notbeleuchtung (jede 10. Leuchte voll in Betrieb)

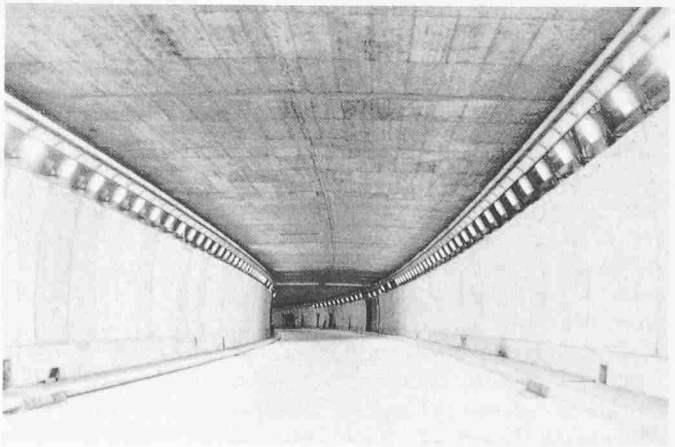

Bild 4. Adaptationsbeleuchtung

dass lokale Störungen nicht zu einem totalen Beleuchtungsausfall in den entsprechenden Abschnitten führen.

Bei einem *Brand* im Tunnel können sich die Sichtverhältnisse infolge von Rauch im Bereich der Tunneldecke stark verschlechtern. Es ist zudem möglich, dass infolge Hitzeeinwirkungen die Beleuchtungsinstallationen stark beschädigt werden und die Normal- und die Notbeleuchtung ausfallen. Um wenigstens sicherzustellen, dass Automobilisten den Verlauf der Fahrbahn erkennen und Fussgänger den nächstgelegenen Querschlag aufsuchen können, ist eine spezielle *Brandnotbeleuchtung* installiert. Sie besteht aus *Glühlampenleuchten*, die 50 cm über dem Gehweg in Abständen von rund 50 m montiert sind. Die Speisung der Glühlampen erfolgen mit 220 V Gleichstrom ab den gleichen Batterien, welche die Wechselrichter bei Netzausfall speisen. Aus Sicherheitsgründen werden die Brandnotleuchten bei jedem Netzausfall im entsprechenden Abschnitt eingeschaltet.

Die Tunnelbeleuchtung erforderte insgesamt 15 650 Fluoreszenzleuchten 1×40 W und 429 Brandnotleuchten.

Adaptationsbeleuchtung

Für die Adaptationsbeleuchtung (Bild 4) wurden Leuchten mit *Natriumdampf-Hochdrucklampen 1×400 W mit asymmetrischen Reflektoren* verwendet. In den Einfahrzonen sind die Leuchten beidseitig mit Abständen von 2 m, in den Übergangszonen 1 beidseitig mit Abständen von 6 m und in den Übergangszonen 2 einseitig mit Abständen von 8 m angeordnet. Die Steuerung der Adaptationsbeleuchtung erfolgt in Funktion der Aussenhelligkeit getrennt für die Portale Rütenen und Büel. Die Fluoreszenzleuchten bis zur Anpassungszone sind im Schaltprogramm der Adaptationsbeleuchtung zugeordnet. Total sind 260 Leuchten mit Natriumdampf-Hochdrucklampen 1×400 W installiert worden.

Zusammenfassung

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wesentlichen technischen Daten der Tunnelbeleuchtung und über die vorgesehenen Schaltprogramme:

- Programm 1 Notbeleuchtung,
- Programm 2 Nachtbeleuchtung,
- Programme 3 bis 6 Schaltungen in Abhängigkeit der Aussenhelligkeit.

Die Montage und Installation der Beleuchtungsanlage nahm zwei Jahre in Anspruch. Eine gute und flexible Beleuchtungsanlage wurde installiert, und es ist nun Sache des Betreibers, durch Auswertung der Betriebsstatistiken und Anpassungen an die Steuerung die Flexibilität auszunützen, um die Betriebskosten so niedrig wie möglich zu halten, ohne die Sicherheit zu beeinträchtigen. Der rationelle Umgang mit der Energie ist eine wichtige Zukunftsaufgabe, jedoch sind *Sparmassnahmen bei Tunnelbeleuchtungen Grenzen gesetzt*, weil Beleuchtungsgüte und Verkehrssicherheit eng zusammenhängen.

Literatur

[1] Bühlmann, H.: «Die Parallelsteuerung des Lichtstromes von Leuchtstofflampen». ETZ 18 (1979) S. 988–991

Adresse des Verfassers: *H. Bühlmann*, Ing. HTL, Suiselectra, Ingenieurunternehmung AG, 4010 Basel

Brand im Strassentunnel – Katastrophe oder beherrschbares Ereignis?

Von Hansueli Mettler, Münsingen

Die Erschliessung des europäischen Raumes mit Autostrassen und Autobahnen führte – vor rund 100 Jahren war das gleiche Problem für die Eisenbahnen zu lösen – dazu, dass an verschiedenen Orten Gebirgszüge mit Tunneln zu durchstossen waren. Nach Montblanc-, San-Bernadino-, Tauern-, Katschberg-, Arlberg- und Gotthardtunnel, um einige repräsentative Strassentunnels zu nennen, wird am 12. Dezember 1980 der beinahe 10 km lange, doppelröhrige Seelisberg-Autobahntunnel dem Verkehr übergeben.

Ein durch einen Tunnel führender Strassenabschnitt stellt für den Betrieb und die Sicherheit der Benützer ganz andere und wesentlich vielfältigere Anforderungen als dies üblicherweise der Fall ist. Eines der Probleme, das im Tunnel einen hohen Dringlichkeitsgrad erhält bilden die Massnahmen im Hinblick auf einen Brandausbruch.

Obwohl sich bisher in Europa glücklicherweise keine grösseren Brandunglücke in Autostrassentunnels ereignet haben, wird dem Aspekt der Sicherheit im Zusammenhang mit Brandfällen von allen zuständigen Stellen grosser Wert beigemessen. Heute werden auch in sehr kurzen Tunnelabschnitten Brandmeldeanlagen sowie die zugehörigen Sekundärmassnahmen vorgesehen.

Brandversuche in Autobahntunnels

Bei der Übergabe der Brandmeldeanlagen an die zuständigen Autobahnämter konnten sowohl im *Rugentunnel* (Interlaken) als auch im *Expressstrassentunnel Tierspital-Aubrugg* (Zürich) *Brandversuche* durchgeführt werden. Beide Tunnels verfügen über eine *automatische* Brandmeldeanlage, die mit der im Seelisbergtunnel identisch ist. Es handelt sich um das *Transafe-Brandmeldesystem*, dessen linearer, an der Decke der Tunnelröhre montierter Wärmedifferentialfühler die gesamte Länge des Tunnels überwacht und beim Überschreiten eines festgelegten Wertes des Temperaturanstiegs pro Zeiteinheit Alarm auslöst.

In beiden zuvor erwähnten Tunneln, deren lichter Profilquerschnitt 57 m² bzw. 67 m² beträgt, wurden etwa 150 m vom einen Portal entfernt, je 6 Liter Benzin in einer Wanne von 1 m² bzw. 18 Litern Benzin in einer Wanne von 3 m² entzündet. Den Bildern 1 und 2 ist der Temperaturverlauf in der Nähe des Fühlers, etwa 30 m in axialer Richtung vom Feuer entfernt, sowie der Zeitpunkt des Auslösens des Brandalarms abzulesen. Die Einstellempfindlichkeit des Brandmeldesystems beträgt etwa 4°C/min., ein Wert, der sich in der Praxis als störungsunempfindlich erwiesen hat: stehende Autokolonnen oder klimatische Einwirkungen (Föhn) bewirken nur in Ausnahmefällen einen Temperaturgradienten dieser Grössenordnung. Dennoch ist die Ansprechzeit äusserst kurz; im Aubruggtunnel infolge des grösseren Tunnelquerschnittes