

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 86 (1968)  
**Heft:** 45

**Artikel:** Rasterbauwerke für Tunnel  
**Autor:** Beusch, Erwin  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-70177>

### **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:** 21.12.2024

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

- [5] Hollander, M. B.: Friction Welding: An «old Infant». «Tooling and Produktion», 1962, Heft 7/8.
- [6] Klopstock, H.: British Patent Nr. 572 789 vom 11. 9. 1942.
- [7] Richter, W.: DR-Patent Nr. 477 084 vom 31. 5. 1929.
- [8] Schaefer, R.: Reibschweissen von Metallen – Maschinen und Anwendungsbeispiele. «Industrie-Anzeiger», Schweiss- und Schneidtechnik. Verlag Girardet, Essen, 3. Febr. 1967.
- [9] Schaefer, R.: Schwungradschweissen – eine neue amerikanische Entwicklung. «Schweissen und Schneiden», 1967, Heft 2.
- [10] Tschudikov, A. J.: UdSSR-Patent Nr. 106 207 vom 16. 2. 1956.

- [11] Tylecote, R. F.: The Solid Phase Welding of Metals. Ed. Arnold Publishers. London, 1968.
- [12] Varga, D.: Reibschweissen – Ein praktisches Verfahren mit Zukunft. «Der Praktiker» (DVS), Dezember 1967.
- [13] Vill, V. J.: Reibschweissen von Metallen. Deutscher Verlag für Schweisstechnik, Krefeld.
- [14] Voinov, V. P.: The Fatigue Strength of Friction Welded Joints. Avt. Svarka, 1967, Nr. 2 BWRA, Abington, England.
- [15] Welding Handbook: Welding, Cutting and Related Processes. American Welding Society, New York, 1964.

## Rasterbauwerke für Tunnel

Von Erwin Beusch, dipl. Ing., Motor-Columbus AG, Baden

DK 625.712.35:628.92

### 1. Einleitung

Im Rahmen des schweizerischen Nationalstrassennetzes wurden in den letzten Jahren zahlreiche Tunnel fertiggestellt, andere sind zurzeit im Bau oder werden projektiert. Da es sich vorwiegend um kreuzungsfreie und teilweise richtungstrennte Hochleistungsstrassen handelt, werden sie für eine hohe Ausbaugeschwindigkeit angelegt. Ein in einem zügig trassierten Strassenzug liegender Tunnel kann die mögliche Kapazität der Strasse vermindern oder sogar eine Verkehrsgefährdung hervorrufen, wenn es nicht gelingt, die im Tunnel herrschenden Sichtverhältnisse denjenigen auf der freien Strecke anzupassen. Damit fällt der Tunnelbeleuchtung eine wichtige Rolle und dem projektierenden Bauingenieur und dem ihm zur Seite stehenden Beleuchtungsfachmann eine verantwortungsvolle Aufgabe zu.

Während eine normale Strassenbeleuchtung ihre Hauptfunktionen in der Nacht erfüllen muss, sind für die Anforderungen an die Beleuchtung eines Strassentunnels die Tageslichtverhältnisse massgebend. Die grössten Probleme stellen sich bei der Tunnel-einfahrt, wo der Übergang vom hohen Leuchtdichtepegel im Freien auf den viel tieferen im Tunnel bewerkstelligt werden muss. Es ist aus technischen, vor allem aber aus wirtschaftlichen Gründen ausgeschlossen, in der Einfahrzone Beleuchtungsverhältnisse zu schaffen, welche denjenigen im Freien entsprechen. Die Erfahrung mit einigen neuen Anlagen, welche dem heutigen Stand der Kenntnisse entsprechend gebaut wurden, zeigen auch, dass diese Forderung nicht sinnvoll wäre.

### 2. Physiologische und optische Grundlagen

Wenn sich ein Fahrzeuglenker einem unbeleuchteten oder schwach beleuchteten Tunnel nähert, wird er die Tunnelöffnung als schwarzes Loch empfinden, in welchem er keine Einzelheiten mehr unterscheiden kann. Diese Erscheinung, der sogenannte «Schwarzloch-Effekt», ist jedem Automobilisten bekannt. Aus Gründen der Verkehrssicherheit muss aber unbedingt gefordert werden, dass der Lenker mögliche Hindernisse im Tunnelinnern erkennen kann, und zwar auf eine Distanz, welche mindestens dem Anhalteweg entspricht.

Diese Sichtprobleme werden hauptsächlich durch zwei Eigenschaften des menschlichen Auges hervorgerufen, welche in eingehenden Versuchen von de Boer [1], Schreuder [2] sowie Mäder und Fuchs [3] näher bestimmt worden sind. Schreuder hat die verschiedenen Ergebnisse dieser Versuche verglichen [4] und festgestellt, dass trotz erheblichen Unterschieden in den Untersuchungsmethoden eine weitgehende Übereinstimmung besteht. Im folgenden werden die beiden Phänomene kurz erwähnt, ohne auf die Ergebnisse der vorher genannten Untersuchungen einzugehen. Näheres kann der Literatur entnommen werden.

#### 2.1 Induktion

Dies ist ein Problem des Kontrastsehens, d. h. der Wahrnehmung eines Leuchtdichte-Unterschiedes zwischen einem Gegenstand und dessen Umgebung oder dessen Hintergrund. Das menschliche Auge kann in einem dunkeln Teil des Gesichtsfeldes keine Einzelheiten wahrnehmen, solange die Empfindlichkeit des Auges auf die hohe Leuchtdichte des Umfeldes eingestellt ist. Dieser Fall ist bei der Tunneleinfahrt vorhanden, und unter bestimmten Umständen – ungünstige topographische Gegebenheiten, starker Lichteinfall an einem hellen Sommertag – kann auch ein gut beleuchteter Tunneleingang als dunkles Loch empfunden werden.

#### 2.2 Adaptation

Darunter versteht man die Anpassung der Empfindlichkeit des Auges an einen sich verändernden Leuchtdichtepegel. Das menschliche Sehorgan braucht für die Adaptation an eine andere Leuchtdichte eine gewisse Zeit, und zwar für den Übergang hell-dunkel bedeutend mehr als für den umgekehrten Vorgang.

### 3. Beleuchtungstechnische Grundlagen

Verschiedene Autoren haben die Ergebnisse der vorher erwähnten Untersuchungen ausgewertet und praktische Empfehlungen für die Planung einer guten Tunnelbeleuchtung ausgearbeitet. In der Schweiz hat sich die Schweizerische Beleuchtungs-Kommission (SBK) dieser Aufgabe angenommen und im Rahmen der Fachgruppe 5 (öffentliche Beleuchtung) dieses aktuelle Problem behandelt. Mitte dieses Jahres wurden die diesbezüglichen Leitsätze [5] veröffentlicht. Darin werden fünf beleuchtungstechnische Zonen unterschieden, welche wie folgt beschrieben werden:

I Anfahrzone: Zone vor dem Tunnelportal, in der durch eine zweckmässige Gestaltung der Umgebung die Leuchtdichten herabgesetzt werden, um das Auge auf das Sehen im Tunnel vorzubereiten. Ihre Länge beträgt 100 bis 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 Anhaltstrecke und hängt hauptsächlich ab von der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit, von der Neigung der Fahrbahn und von der Beschaffenheit des Strassenbelages.

III Übergangzone: 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.

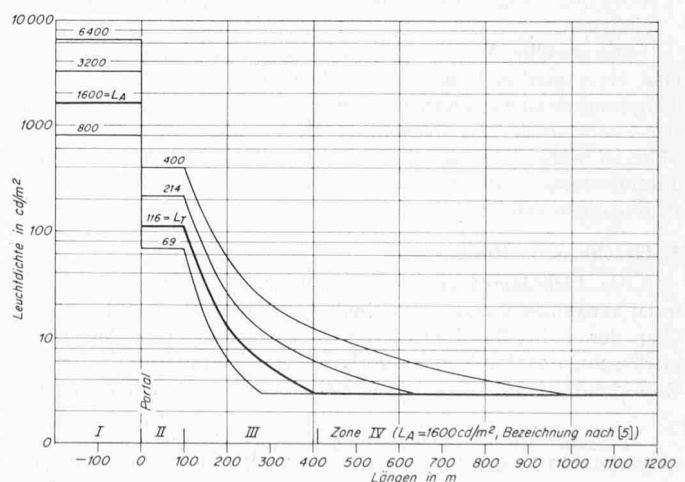


Bild 1. Leuchtdichte-Verlauf für Höchstgeschwindigkeit 80 km/h. Adaptationspunkt rund 25 m vor dem Portal. Anhaltstrecke nach SNV 40 130 a.  $L_A$  = Aussenleuchtdichte,  $L_T$  = Leuchtdichte im Tunnel

Besonders wichtig für den projektierenden Bauingenieur sind die Hinweise über die baulichen Mittel zur Verbesserung der Sehbedingungen. Damit werden zwei Ziele verfolgt: einerseits eine möglichst niedrige Leuchtdichte des Gesichtsfeldes in der Einfahrzone und andererseits eine möglichst hohe Leuchtdichte in der Einfahrzone (siehe Ziffer 14 in [5]). Diese Massnahmen können einen wesentlichen Einfluss auf die Linienführung der Strasse, den Entwurf der Tunnelportale usw. haben. Grosse Bedeutung erhalten dabei die Rasterbauwerke (Lichtdämpfungsbauten) vor den Tunnelportalen.

Mit den in den Leitsätzen [5] angegebenen Formeln lässt sich der ideale Leuchtdichte-Verlauf<sup>1)</sup> in Abhängigkeit von der Ausbaugeschwindigkeit und der Aussenleuchtdichte leicht berechnen. Für einen Nationalstrassentunnel mit einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h ergeben sich die in Bild 1 dargestellten Kurven. Daraus ist eindrücklich erkennbar, wie stark der Aufwand für die Tunnelbeleuchtung von der für die Adaptation massgebenden Aussenleuchtdichte  $L_A$  abhängig ist und wie wichtig die baulichen Massnahmen zur Verminderung der Leuchtdichte in der Einfahrzone sind.

#### 4. Raster-Bauwerke

Die Verwirklichung einer einwandfreien Einfahrbeleuchtung durch künstliches Licht kann unter Umständen sehr grosse finanzielle Mittel für den Bau und den Betrieb beanspruchen. Man versucht deshalb, den Gesamtaufwand durch Vorschalten von Rasterbauwerken zu vermindern (Bild 2). Die Lichtraster schirmen einen grossen Teil des natürlichen Tageslichtes ab und gewährleisten so die in der Einfahrzone gewünschte tiefe Leuchtdichte.

Die Rasterbauwerke müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Es dürfen keine ungünstigen Nebeneinwirkungen entstehen, zum Beispiel Flimmereffekte oder Blendung.
- Das Sonnenlicht darf nie direkt durch den Raster einfallen. Die in einem Tunnel immer vorhandenen Verunreinigungen der Luft würden als leuchtender Schleier erscheinen und die Sicht behindern. Auf der Windschutzscheibe könnte ein unangenehmer Licht-Schatten-Wechsel auftreten.
- Die Rasterelemente, vor allem diejenigen der seitlichen Abschlüsse, sollen derart geformt sein, dass sie für den Fahrzeuglenker wie eine geschlossene Wand erscheinen, sonst würde innerhalb des Gesichtsfeldes ein unerwünschter Hell-Dunkel-Wechsel auftreten.
- Die Rasterbauwerke müssen eine Lichtdurchlässigkeit von mindestens 10 % aufweisen. Sie erfüllen dann die in [5] verlangte Anforderung bezüglich Mindestleuchtdichte.
- Die Lichtdurchlässigkeit soll möglichst unabhängig von Alterungserscheinungen des verwendeten Materials sein.
- Die Witterung (Schnee!) und Verschmutzungen sollen die Lichtdurchlässigkeit möglichst wenig beeinträchtigen.
- Der Unterhalt der Lichtraster muss ohne Gefahren für das Personal oder Behinderung des Verkehrs erfolgen können. Vorteilhaft wäre eine leichte Auswechselbarkeit der Montageeinheiten.

Die gestellte Aufgabe lässt sich auf verschiedene Weise lösen. Das Hauptmerkmal jeder Lösung ist mit der Art der Lichtdämpfungselemente gegeben. Man erhält einen geschlossenen Raster, wenn man eine lückenlose Decke aus lichtdurchlässigem Material wählt. Man kann aber auch offene Raster aus lichtundurchlässigem Material konstruieren, welche die obengenannten Bedingungen erfüllen.

#### 5. Geschlossene Raster

Als Lichtdämpfungselement soll ein lichtdurchlässiges Material verwendet werden, das eine geschlossene Decke oder Haube über der Fahrbahn bildet. Aus naheliegenden Gründen ist es erwünscht, das im Tunnel vorhandene Lichtraumprofil für das Rasterbauwerk zu übernehmen. Bei einem Tunnel mit annähernd

<sup>1)</sup> Früher wurde als Bewertungsmaßstab allgemein die Beleuchtungsstärke (Masseinheit: Lux) angewendet. Die für das Auge massgebende Grösse, die Leuchtdichte (Masseinheit: Candela/Flächeneinheit), bietet leider erhebliche Schwierigkeiten für deren Messung oder Berechnung [6]. Sie wurde deshalb erst in neuerer Zeit vermehrt als Bewertungsmaßstab eingesetzt.

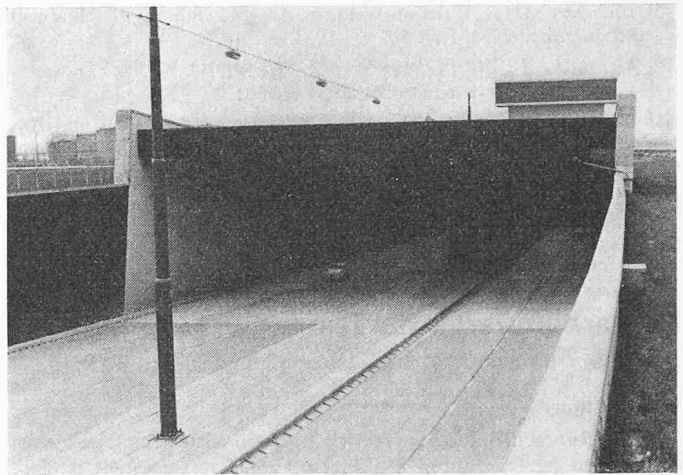


Bild 2. Einfahrzone des Benelux-Tunnels unter der Neuen Maas in Rotterdam

rechteckigem Lichtraumprofil, zum Beispiel bei einem künstlich belüfteten Tunnel mit Zwischendecke, ergeben sich dann zwangsläufig grössere Unterhaltsarbeiten durch die unerlässliche Schneeräumung auf der Decke. Ausserdem muss die Tragkonstruktion so bemessen werden, dass sie allfällige Schneelasten aufnehmen kann. Geschlossene Raster sind deshalb vor allem für gewölbte Lichtraumprofile oder für Orte mit geringen Schneefällen geeignet.

Ein solches Rasterbauwerk (Bild 3) würde aus folgenden Teilen bestehen:

- Äussere Haut aus witterungsbeständigem, lichtdurchlässigem Material mit glatter Oberfläche zur Verminderung der Schmutz- und Schneehaftung. Die Haut muss eine gewisse Tragfähigkeit zur Aufnahme von Windlasten oder von Schneelasten im Scheitelpunkt aufweisen.
- Innere Haut aus lichtdurchlässigem Material mit grosser Korrosionsbeständigkeit gegen Abgase und deren Umwandlungsprodukte. Die Haut soll nicht stark profiliert sein und keine scharfkantigen oder stark hervorstehenden Befestigungselemente aufweisen. Mechanische Beanspruchungen beim Reinigen mit Bürsten oder mit Druckwasserstrahl dürfen keine Schäden hervorrufen.
- Tragwerk aus gebogenen Stahlträgern (z. B. Wabenträger, Gitterträger) im Abstand von ungefähr 4 bis 6 m, die in zwei bis drei Teilen hergestellt und am Bau gestossen werden. Als sekundäre Tragelemente und zur Befestigung der äusseren und inneren Haut dienen Längsträger sowie ein Windverband.
- Foundation, bestehend aus Einzel- oder Streifenfundamenten, welche den örtlichen Verhältnissen angepasst werden.

Das Lichtdämpfungselement besteht also aus zwei parallel verlaufenden, lichtdurchlässigen Schalen. An sich würde eine einzige Haut auch genügen. Diese Lösung wird aber im allgemeinen nachteilige Folgen für den Unterhalt aufweisen. Als Konstruktionsmaterial kommen in erster Linie Kunststoffe in Frage, zum Beispiel ebene oder leicht gewellte Platten und geeignete Folien. Durch eine verschieden starke Färbung des Materials

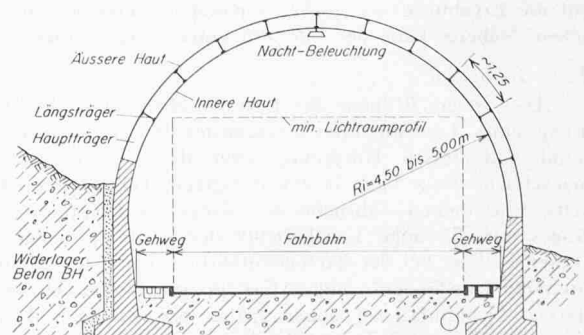


Bild 3. Rasterbauwerk, typischer Querschnitt 1:200

kann die Lichtdurchlässigkeit praktisch nach Belieben hergestellt werden. Ohne zusätzlichen Aufwand sind auf diese Weise Helligkeitsabstufungen bei längeren Rasterbauten möglich. Das Bauwerk lässt sich ohne Schwierigkeiten den örtlichen Gegebenheiten anpassen. So wird man zum Beispiel bei einem dem Hang schräg anscheidenden Trasse die bergseitige Fundation als Wandmauer ausführen, welche die Form des anschliessenden Tunnelgewölbes hat.

Ein möglicher Nachteil muss allerdings hervorgehoben werden. Bei Tunneln, welche fast die für eine natürliche Belüftung massgebende Grenzlänge erreichen, würde der Bau von längeren, geschlossenen Rastern die Lüftungsverhältnisse wesentlich verschlechtern oder sogar eine künstliche Belüftung des Tunnels bedingen.

## 6. Offene Raster

Fast alle grossen Rasterbauwerke, die bisher gebaut worden sind, wurden bei Unterwassertunneln oder bei im Tagbau erstellten Unterführungen von anderen Verkehrswegen errichtet. Meistens führen ziemlich lange Rampen mit beidseitigen Stützmauern zu diesen Tunneln, welche in der Regel ein rechteckiges Lichtraumprofil aufweisen. Diese Gegebenheiten legen die Wahl eines rechteckigen Lichtraumprofils für das Rasterbauwerk nahe. Um den Nachteil der unerwünschten Schneeräumung im Winter zu vermeiden, wurden Lösungen mit offenen Rastern gesucht. Die Lichtdämpfungselemente aus lichtundurchlässigem Material haben eine nach oben und unten offene Form, zum Beispiel ähnlich Bienenwaben. Sie müssen sonnendicht sein, also zu jeder Tageszeit einen lückenlosen Schatten erzeugen.

### 6.1 Formgebung

Vorerst muss also bestimmt werden, welche Formen sonnendicht sind. Dazu muss die Sonnenbahn bekannt sein. Massgebend für die Lichttraster an der Decke ist derjenige Tag, an welchem die Sonne am höchsten steht, also der 21. Juni. Für einen bestimmten Ort und ein bekanntes Datum kann die Sonnenbahn wie folgt berechnet<sup>2)</sup> werden:

$$(1) \sin \beta = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \xi$$

$$(2) \sin \alpha = \cos \delta \cdot \frac{\sin \xi}{\cos \beta}$$

$\alpha$  = Azimut des Sonnenstandes gegenüber der Südrichtung

$\beta$  = Höhenwinkel der Sonne (Sonnenhöhe)

$\varphi$  = Geographische Breite

$\delta$  = Deklination ( $-23^\circ 27' \leq \delta \leq +23^\circ 27'$ )

$\xi$  = Stundenwinkel (6.00 Uhr entspricht  $-90^\circ$ , 18.00 Uhr entspricht  $+90^\circ$ )

Der Weg, welcher zu einer Aussage über die sonnendichte Formgebung führt, soll an einem Beispiel erläutert werden. Man stelle sich ein einzelnes Rasterelement, bestehend aus einem lotrecht stehenden Kreiszyylinder vor. Eine Gerade, die einen Punkt am oberen Rand mit dem gegenüberliegenden Punkt am unteren Rand verbindet, kann als einfallender Sonnenstrahl angesehen werden. Die Steigung der Geraden stellt dann den oberen Grenzwert für den erlaubten Höhenwinkel der Sonne dar. Im Beispiel ist dieser Winkel konstant, also von der Lage der Vertikalebene durch die Gerade gegenüber den Himmelsrichtungen unabhängig. Durchmesser und Höhe des Zylinders werden nun so gewählt,

<sup>2)</sup> Diese Formeln wurden uns freundlicherweise von der Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich bekanntgegeben.

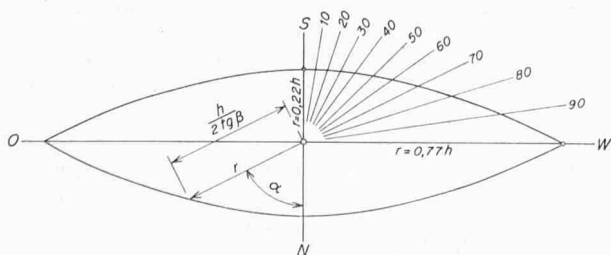


Bild 4. Theoretische Begrenzungslinie für horizontal liegende Raster, berechnet für  $\varphi = 47^\circ 02,6'$  (Luzern) und  $\delta = 23^\circ 27,4'$  (21. Juni)

dass der Steigungswinkel  $\vartheta$  der Geraden mit dem zur Südrichtung gehörenden Höhenwinkel  $\beta$  identisch ist. Dann ist die Form sonnendicht. Es gilt also:

$$(3) \frac{h}{2r} = \operatorname{tg} \vartheta \geq \operatorname{tg} \beta \text{ oder}$$

$$(4) r \leq \frac{h}{2 \operatorname{tg} \beta}$$

Wir erhalten damit die theoretische Begrenzungslinie für alle sonnendichten Rasterformen (Bild 4). Ihre räumliche Deutung ist folgende: Eine oben und unten offene Form mit lotrechten Seitenwänden ist sonnendicht, wenn sie innerhalb eines Zylinders liegt, dessen Querschnittsfläche die Form der Begrenzungslinie nach Bild 4 hat. Für Formen mit geneigten Seitenwänden gilt eine ähnliche Formulierung.

Die zur Ausführung geeigneten Formen müssen möglichst einfach sein, damit eine preisgünstige Anfertigung der Elemente erwartet werden darf. Nachstehend werden drei sonnendichte Formen untersucht, die aus ebenen Teilflächen bestehen (Bild 5). Natürlich sind auch andere Formen mit ebenen oder gekrümmten Teilflächen denkbar, zum Beispiel solche, die aus gewellten Streifen zusammengesetzt werden.

Für die Beurteilung der Vorschläge werden folgende Kriterien benützt:

- Spezifische Materialfläche  $f$ : Totale Materialfläche der Rasterform pro Einheit der Grundrissfläche, ohne Berücksichtigung des Materialbedarfes für Randverstärkungen, Verbindungsmittel usw.
- Lichtdurchlässigkeit  $k$ : Gemessene Werte von Laboruntersuchungen bei einer Wandreflexion von 0,78 (blankes Aluminium), siehe [4].

Aus praktischen Gründen sollen die Rasterelemente so angeordnet werden, dass ihre Diagonalen (Form B) oder ihre Seitenflächen (Form A und C) parallel bzw. senkrecht zur Strassenachse stehen. Dann ist es möglich, die Raster-Fertigteile (Montageeinheiten) und das Tragwerk in einem zur Strassenachse orthogonalen Rost anzuordnen. Als wichtigste Variable tritt somit der Winkel  $\omega$  zwischen der Südrichtung und der Strassenachse auf. Für jeden gegebenen Winkel  $\omega$  können bei allen drei Formen die noch frei wählbaren geometrischen Grössen so variiert werden, dass  $f$  minimal wird. Selbstverständlich muss dabei immer die Bedingung erfüllt sein, dass die Rasterform sonnendicht ist. Für die resultierenden Formen wird anhand von Diagrammen [4] die Lichtdurchlässigkeit  $k$  bestimmt.

Die Ergebnisse sind in den Bildern 6 und 7 aufgezeichnet. Sie zeigen eindeutig, dass die Form C eine optimale Lösung darstellt, weil sie einerseits die kleinste spezifische Materialfläche  $f$  und andererseits die grösste Lichtdurchlässigkeit  $k$  der drei untersuchten Formen aufweist. Die Gesamtkosten werden aber nicht nur vom Materialaufwand, sondern auch durch die Herstellung (Formgebung und Fertigung) wesentlich beeinflusst. Dieser Kostenfaktor lässt sich nur schlecht schätzen, da er je nach Herstellerwerk verschieden sein wird. Es ist daher möglich, dass die Form B in bestimmten Fällen eine preisgünstigere Lösung ergibt.

### 6.2 Materialwahl

Als Konstruktionsmaterial für die Rasterelemente kommen Stahlbeton, Holz, Eternit, Metalle und Kunststoffe in Frage. Bei

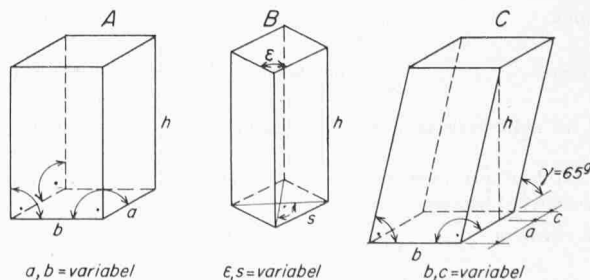


Bild 5. Rasterformen A, B, C

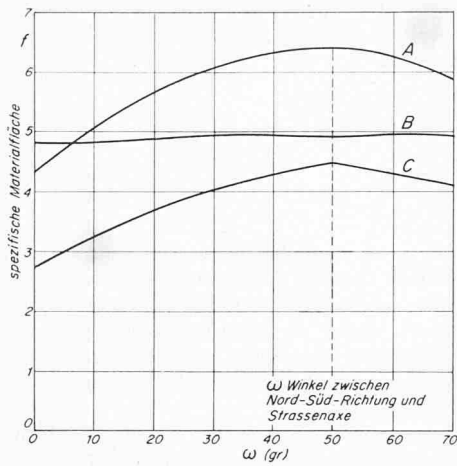


Bild 6. Spezifische Materialfläche  $f$  in Funktion von  $\omega$ , dargestellt für die drei Rasterformen nach Bild 5

den bisher erstellten Rasterbauwerken sind alle genannten Materialien, ausgenommen Kunststoff, schon angewendet worden. In Tabelle 1 sind einige für die Materialwahl entscheidende Gesichtspunkte zusammengestellt und die verschiedenen Werkstoffe qualitativ bewertet worden. Daraus geht hervor, dass Aluminium das am besten geeignete Konstruktionsmaterial ist. In der Tat ist auch für die überwiegende Zahl der bisher ausgeführten Raster Aluminiumblech verwendet worden.

Beim Entwurf müssen Formgebung und Materialwahl aufeinander abgestimmt werden. Die konstruktiven Einzelheiten sollten den zur Verfügung stehenden maschinellen Einrichtungen angepasst sein, um eine wirtschaftliche Fabrikation zu ermöglichen. Im konkreten Fall wäre es daher zweckmässig, in der Ausschreibung nur die Anforderungen an die Raster genau festzulegen und die Details den interessierten Firmen zu überlassen.

### 6.3 Seitenraster

Häufig wird der Fall eintreten, dass die Tunnelzufahrten nicht in einem Einschnitt liegen. Das Rasterbauwerk ragt dann über das Gelände. Verschiedene Gründe beleuchtungs- oder belüftungstechnischer und auch ästhetischer Natur sprechen dafür, dass die Seitenwände nicht als massive Mauer gebaut werden. Der seitliche Abschluss muss aber in der Regel auch sonnendicht sein. Prinzipiell könnten ähnliche Formen angewendet werden wie für die Decke. Die Begrenzungslinie für die Formgebung müsste neu aufgezeichnet werden, weil die Rasterebene nun vertikal steht und zudem der Tag mit dem tiefsten Sonnenstand massgebend wird. Es ist aber nicht nötig und auch kaum wirtschaftlich vertretbar, die selben Typen anzuwenden. Einfachere Raster aus stehenden oder horizontal liegenden Lamellen erfüllen die Anforderungen auch.

### 6.4 Witterungseinflüsse

Bei den offenen Rastern ist die Fahrbahn annähernd den gleichen Witterungseinflüssen unterworfen wie die offene Strecke, sie liegt jedoch dauernd im Schatten. Die Gefahr von Eisbildung

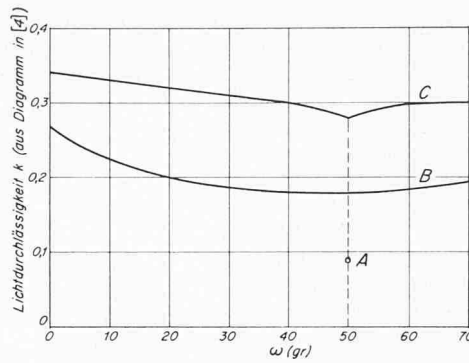


Bild 7. Lichtdurchlässigkeit  $k$  in Funktion von  $\omega$ , dargestellt für die drei Rasterformen nach Bild 5

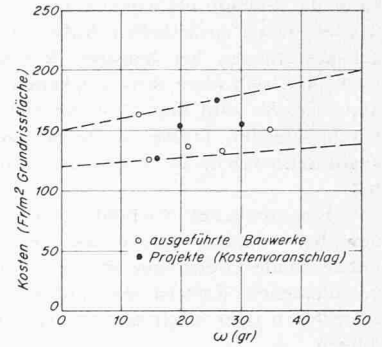


Bild 8. Kosten für offene Raster ohne seitliche Abschlüsse und Tragkonstruktionen

auf der Fahrbahn, sei es durch Tropfwasser der Fahrzeuge oder Schmelzwasser von den Rasterelementen, ist daher besonders gross. Dieser Gefahr kann durch häufiges Salzstreuen begegnet werden. Dadurch wird aber die Korrosionsgefahr bei den metallischen Teilen des Rasterbauwerkes erhöht. Eine komfortablere Lösung stellt der Einbau einer Fahrbahnheizung dar. Weil sich das Auftreten von Frost kaum zuverlässig voraussagen lässt, muss die träge wirkende Fahrbahnheizung über lange Zeitspannen fast dauernd in Betrieb stehen und verursacht grosse Energiekosten. Günstigere Kostenfolgen sind zu erwarten, wenn es gelingt, die Fahrbahnheizung so zu entwerfen, dass das Aufheizen während einiger Nachtstunden mit billiger Energie genügt.

## 7. Kosten

Durch die Rasterbauwerke kann der aufwendigste Teil der künstlichen Einfahrbeleuchtung weggelassen werden. Damit entstehen sowohl Einsparungen bei den Beleuchtungsinstallationen wie auch eine wesentliche Verminderung der jährlichen Betriebskosten. Die Einsparungen müssen bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung angemessen berücksichtigt werden. Zudem darf man feststellen, dass die Anordnung eines Rasterbauwerkes in den meisten Fällen bessere Adaptationsverhältnisse ermöglicht als eine künstliche Einfahrbeleuchtung allein, deren Beleuchtungsstärke den vom Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau empfohlenen Wert von 1000 Lux aufweist.

Leider ist es nicht möglich, hier genaue Angaben zu machen, anhand welcher entschieden werden könnte, wann oder mit welcher Länge die Anordnung eines Rasterbauwerkes wirtschaftlich ist. Die örtlichen Verhältnisse (Baugrund, Topographie, Winkel zwischen Südrichtung und Strassenachse) haben einen ausserordentlich grossen Einfluss auf die Erstellungskosten. Man muss also von Fall zu Fall die geeigneten Rasterformen auswählen und eine Wirtschaftlichkeitsberechnung aufstellen. Aus Bild 8 kann man immerhin herauslesen, welche Grössenordnung die Kosten für die offenen Rasterformen erreichen. Da es sich bei den ausgeführten Bauten ausnahmslos um ausländische Beispiele handelt, dürfen die Kostenangaben nicht unbesehen übernommen werden. Ein weiterer Hinweis wird in [5] gegeben, nämlich, dass für eine überschlägige Rentabilitätsberechnung die Länge des

Tabelle 1. Gesichtspunkte für die Materialwahl

	Stahlbeton	Holz (Sperrholz)	Eternit	Stahl	Aluminium	Kunststoff
Formgebung	giessen	schneiden	giessen, formen	pressen, biegen, abkanteln	pressen, biegen, abkanteln	pressen, giessen
Verbindungen	schrauben, kleben	nageln, schrauben, kleben	schrauben, kleben	nieten, schrauben, schweissen (kleben)	nieten, schrauben, schweissen (kleben)	nieten, schrauben, schweissen (kleben)
Eignung für differenzierte Formgebung	gering	beschränkt	beschränkt	gut	gut	gut
Eignung für Vorfabrikation von auswechselbaren Elementen	schlecht	gut	beschränkt	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Unterhalt (Kosten)	gering	gross	gering	gering bis erheblich	sehr gering	sehr gering
Beispiele von ausgeführten Bauten	Velsen (NL), Rendsburg (NL)	Hangerlane (GB), Mersey (GB)	La Fontaine (CA)	—	Orly (F), Ij (NL), Benelux (NL), Coen (NL)	—

Rasterbauwerkes gleich der Länge der Einfahrzone gewählt werden soll. Eigene Untersuchungen für zwei konkrete Fälle haben zu ähnlichen Ergebnissen geführt.

Adresse des Verfassers: E. Beusch, dipl. Ing. ETH, 5400 Baden, Motor-Columbus AG.

#### Literaturverzeichnis:

- [1] J. B. de Boer: Untersuchungen der Sehverhältnisse bei Tunneleinfahrten. «Lichttechnik» 15 (1963), 3.
- [2] D. A. Schreuder: The Lighting of Vehicular Traffic Tunnels. Philips Technical Library, Eindhoven, 1964.

- [3] F. Mäder, O. Fuchs: Beitrag zur Frage der Eingangsbeleuchtung von Strassentunneln. «Bulletin SEV» 57 (1966) 8.
- [4] D. A. Schreuder: Ein Vergleich von Empfehlungen für Tunnelein-fahrt-Beleuchtung. «Lichttechnik» 20 (1968), 2.
- [5] SBK: Leitsätze vom 9. Mai 1968 für öffentliche Beleuchtung, zweiter Teil. Strassentunnel und -unterführungen. SEV 4024. 1968.
- [6] F. Mäder: Anforderungen an die Beleuchtung von Strassentunneln. «Strasse und Verkehr» 53 (1967), 1.
- [7] D. A. Schreuder: Über die Beleuchtung von Verkehrstunneln. «Lichttechnik» 17 (1965), 12.

Weitere Literaturhinweise siehe in [2] und [5].

## Hotel «Atlantis» in Zürich

DK 728.51

Projektverfasser: Hans und Annemarie Hubacher-Constam und Peter Issler, Architekten BSA/SIA, Zürich

Dieser Tage wurde die Grundsteinlegung zum Bau des neuen «Residential Hotel» im Quartier Friesenberg am Fusse des Ütliberges gefeiert. Dieses Bauvorhaben ist dadurch ermöglicht worden, dass das bis vor kurzem landwirtschaftlich genutzte Land des Döltschihofes durch einen Tauschvertrag zwischen der Stadt Zürich und den Grundbesitzern als Gesamtareal von rund 41 000 m<sup>2</sup> zusammengefasst und einer Bauordnung unterstellt werden konnte. Unterhalb des Waldrandes am Ütliberghang wurde ein Bauverbot errichtet, jedoch in dieser künftigen Grünzone ein Areal von rund 6000 m<sup>2</sup> für den Hotelbau ausgeschieden. Das weitere, sich hangabwärts erstreckende Gelände wird zur Wohnbauzone erklärt. Diese Gesamtplanung entstand in Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung. In der Folge trat der Eigentümer des Döltschihofes das als Hotelbauzone ausgesparte Grundstück im Baurecht an die Hotel Atlantis AG als Baurechtsnehmerin ab. Diese führt das Bauvorhaben aus und wird das Hotel auf eigene Rechnung betreiben.

Im Spätsommer 1963 veranstaltete die Bauherrschaft einen Wettbewerb auf Einladung unter sieben in- und ausländischen Architekten. Das Projekt der Architekten BSA/SIA Hans und Annemarie Hubacher und Peter Issler, Zürich, erhielt den ersten Preis und wurde zur Ausführung empfohlen. Im Preisgericht wirkten neben zwei Hotelfachleuten als Architekten mit: Adolf Müller (Hochbauamt der Stadt Zürich), Theo Schmid und Werner Stücheli, alle in Zürich.

Nach gründlicher Studienarbeit unter Beizug von Fachexperten (u. a. des Beratungsdienstes des Schweizer Hoteliervereins und

der Schweiz. Hoteltreuhandgesellschaft) wurde das Projekt behördlich genehmigt. Die endgültige Baubewilligung wurde im Juli 1967 erteilt, nachdem der Stadtrat einem nachträglichen Gesuch um eine Vergrösserung der Bettenzahl, d. h. um die Erhöhung des Baus durch ein weiteres Vollgeschoss zugestimmt hatte.

Die Ausführung des in der zweiten Jahreshälfte 1970 zu eröffnenden Hotelbaus liegt in den Händen der *Generalunternehmung Mobag*, die seit 1958 in Zürich etabliert ist (mit Niederlassungen seit 1960 in Genf und seit 1967 in Bern). U. Ingold, der Direktor der Mobag, möchte hier – so äusserte er sich beim Baubeginn – die Idealkonzeption seiner Firma verwirklicht sehen: Der Architekt soll unabhängig bleiben. Er ist und bleibt der Schöpfer des Projektes. Der Generalunternehmer setzt sich für eine fachgerechte, wirtschaftliche und reibungslose Ausführung ein (was durch die strikte Einhaltung der Bauqualität und des festgelegten Endtermins sowie des Kostenvoranschlages vertraglich garantiert wird). Für die zunächst folgenden Aushubarbeiten und Geländeverschiebungen wurde die seit 75 Jahren bestehende Firma *Spross*, Gartenbau, Zürich, eingesetzt.

#### Die Konzeption des Hotels Atlantis

wurde auf Grund eingehender Untersuchungen unter Beteiligung in- und ausländischer Fachleute gefasst. Eine «Beurteilung der Lage» sprach offensichtlich dafür, dass für Zürich noch ein dringlicher Bedarf an Hotelbetten vor allem in der gehobenen Klasse besteht. Für Zürich darf auf Grund der seit Ende 1965

Modellaufnahme des Erstklasshotels «Atlantis» am Fusse des Ütliberges. Die Y-Form ermöglicht an der nach Nordosten exponierten Hanglage eine optimale Besonnung und gute Disposition der Gästezimmer. Die drei Schmalfassaden richten sich gegen weniger zu berücksichtigende Aspekte der näheren Umgebung

