Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105/106 (1935)
Heft: 14

Artikel: Grosse Autotunnels
Autor: Gruner, Eduard / Gruner, Georg
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-47496

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: 15.07.2025

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

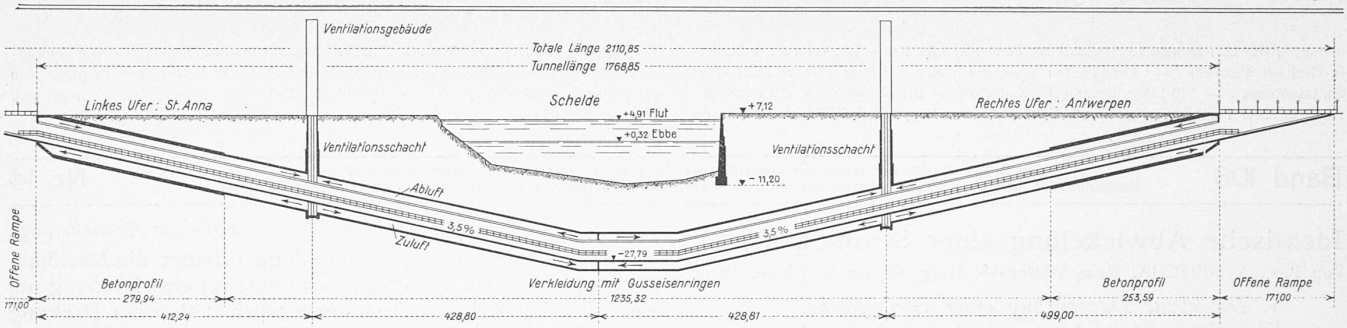
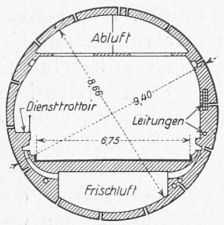


Abb. 1. Autotunnel unter der Schelde in Antwerpen. — Längenprofil. Längen 1 : 10 000, Höhen 1 : 1600.



Querschnitte 1 : 300.

Abb. 2. Gusseisenring-Profil des Schildvortriebes.

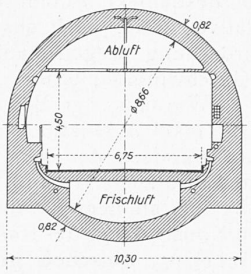


Abb. 3. Betonprofil der offenen Baugrube.

5. *Das Mass der Verzerrung eines identisch abgewikkelten Kanales.*

Aus der Abb. 2A sieht man, dass die Nachbarstreifen ausserhalb des W-Stromfadens einander etwas überdecken. Dieses Ueberdecken bedingt eine geringe Verkleinerung der Fläche des Kanallängsschnittes im Verhältnis

$$K = \frac{\Delta \Delta r}{2\,\Delta r_m} = \frac{b_n}{8\,\Delta r_m}\left(\frac{1}{\varrho_n} - \frac{1}{\varrho_{n+1}}\right),$$

das leicht aus einer einfachen Berechnung der Ueberdeckungsfläche ermittelt wird. Praktisch übersteigt diese Verkleinerung der Fläche kaum 2 % der Gesamtfläche des Kanales ($K = 0{,}98$). Wenn die W-Geschwindigkeit aus der Zeichnung ermittelt wird, so muss sie nach der obengenannten Formel um etwa 1 % vergrössert werden.

Selbstverständlich haben die Seitenbegrenzungen des abgewickelten Kanales die Eigenschaften der Identität nicht mehr, weshalb das Uebertragen der Schaufel auf die Modellschnitte nur nach den identischen Stromlinien 1-2 vorgenommen werden soll. Die Seitenbegrenzungen der Abwickelung dienen nur dazu, sich das Gesamtbild des Kanales besser vorstellen zu können (besser als nach einem konformen Bilde), und um die W-Geschwindigkeit aus der b_w-Breite auszurechnen.

6. *Zusammenfassung.*

Die besprochene identische Abwicklung erlaubt die Stromfäden in einem Turbinen- oder Pumpenrade mit doppelt gekrümmten Schaufeln winkel- und streckentreu auf eine Ebene abzuwickeln. Die Zeichenarbeit ist dabei einfacher als bei der konformen Abbildung. Da der relative W-, sowie der absolute C-Stromfaden auf der Zeichnung winkel- und streckentreu sind, so erlaubt die identische Abwickelung die exakte Anwendung der Geschwindigkeitsrissmethode auch auf doppelt gekrümmte Schaufeln.

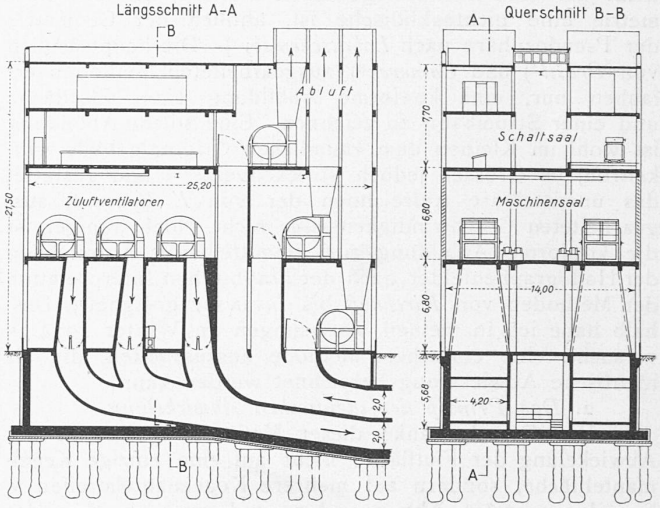


Abb. 4. Ventilatorenstation des Schelde-Fahrzeugtunnels in Antwerpen, 1 : 500.

Grosse Autotunnels.

Von EDUARD GRUNER & GEORG GRUNER, Ingenieure, Basel.

Die ausserordentlich starke Entwicklung des Autoverkehrs bedingt in zunehmendem Masse den Ausbau der grossen Durchgangstrassen. Diese machen vor natürlichen Hindernissen, wie Flussläufen mit Grosschiffahrt und hohen Bergzügen nicht mehr Halt, sondern haben begonnen, solche Hindernisse verkehrstechnisch einwandfrei zu überwinden. So sind z. B. in der letzten Zeit ganze Hafengebiete untertunnelt worden. Diese ausgeführten Tunnels haben zur Klärung der technischen Gesichtspunkte und der Wirtschaftlichkeit von Strassentunnels wesentlich beigetragen. Noch wichtiger als die Untertunnelung von Hafengebieten ist die Durchfahrung der hohen Gebirgszüge, in erster Linie der Alpen, deren wichtigste Pässe während $^2/_3$ des Jahres durch Schnee versperrt sind. Bereits sind auch schon Vorschläge gemacht worden für einen Montblanc-Strassentunnel zwischen Chamonix und Entrèves, sowie für eine Untertunnelung des Bernhardinpasses zwischen Hinterrhein und San Bernardino.

Im Nachfolgenden soll ein Einblick in die Bauart der bereits ausgeführten und im Betrieb befindlichen Autotunnels gegeben und sodann das Problem eines Autotunnels durch die Alpen näher erläutert werden.

Name des Tunnels	Eröffnung	Länge	Anzahl Spuren	Anzahl Tunnelrohre	Breite einer Fahrspur	Fahrbahnbelag	Lüftungssystem	Anzahl Ventilatorenstationen	Anzahl Ventilatoren	Totale Ventilatorleistung	Totale Frischluftmenge
		m			m					PS	m³/sec
Holland-Tunnel (New York)	1927	2610	4	2	3,05	Granit	quer	4	84	6000	1780
Oakland-Alameda (U. S. A.)	1928	1080	2	1	3,48	Beton	„	2	16	1200	530
Detroit-Windsor (U. S. A.)	1930	1570	2	1	3,35	Granit	„	2	24	1700	466
Boston-Tunnel (U. S. A.)	1933	1720	2	1	3,28	Granit	„	2	24		
Schelde-Tunnel (Antwerpen)	1933	1770	2	1	3,37	Granit	„	2	24	1600	500
Midtown Hudson (New York)	im Bau	2450	2 (4)	1 (2)	3,30	—	„	3	—	—	—
Mersey-Tunnel (Liverpool)	1934	3220	4 (6)	1	2,75	Gusseisen	halbquer	6	30	5140	1160
Liberty-Tunnel (Pittsburgh)	1924	1800	4	2	3,20	Beton	längs	1	8	600	330

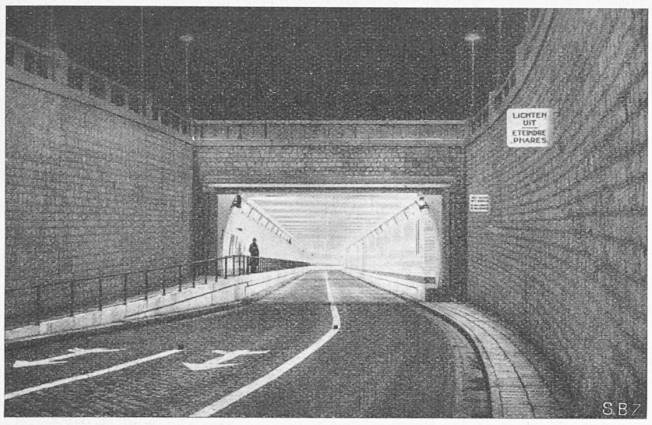


Abb. 5. Einfahrt von Antwerpen in den Scheldetunnel.

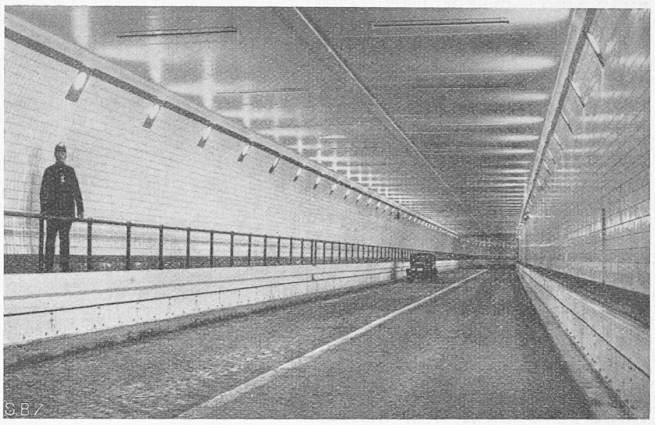


Abb. 6. Im Scheldetunnel. Zu- und Abluftschlitze sichtbar. Natriumdampflampen.

AUSGEFÜHRTE AUTOTUNNELS.

Die ersten Strassentunnels, wie der Glasgow-Harbour-Tunnel in Glasgow, der Blackwall- und der Rotherhithe-Tunnel in London und sodann der Elbe-Tunnel in Hamburg waren für den Pferdeverkehr gebaut und ohne künstliche Belüftung befahrbar. Erst die Benützung der Tunnels durch das Automobil zeigte, dass ohne besondere Massnahmen der Verkehr nicht sicher und hygienisch einwandfrei abgewickelt werden kann. Darum musste bei den beiden Londoner Tunnels durch nachträglichen Einbau von Schächten die Lüftung notdürftig verbessert werden. Zum ersten Male wurde das Ventilationsproblem bei der Projektierung des Holland-Tunnels unter dem Hudsonriver in New York eingehend studiert.

Die Tabelle auf Seite 158 gibt Aufschluss über die Bauarten der verschiedenen bis jetzt erstellten Tunnels.

a) *Allgemein Bauliches.*

Die bis anhin zumeist unter Flüssen ausgeführten Autotunnels bestehen bei zwei Fahrspuren aus einem und bei vier Fahrspuren meist aus zwei Tunnelrohren. Diese sind unter dem Flussbett und den beidseitigen Ufern derart verlegt, dass das Bauwerk weder für den Flusslauf noch für die Schiffahrt und den Hafenbetrieb irgend ein Hindernis bildet. Der Tunnel besteht in der Regel aus einer Mittelzone geringeren Gefälles, an die sich beidseitig längere Rampentunnels anschliessen, die bei den Mündungen in offene Strasseneinschnitte übergehen. Das Gefälle der Rampen wird normalerweise unter 3,5 % gehalten, damit durch den Lastwagenverkehr keine merkliche Geschwindigkeitsverminderung bedingt wird (Abb. 1). Ausserhalb der Tunnelportale sind die Rampen mindestens um eine Ueberholungsspur verbreitert (Abb. 5). Bei den Tunneleingängen hat man grössere Plätze vorgesehen, um Verkehrsstockungen bei der Ein- und Ausfahrt möglichst zu vermeiden.

Die Erfahrung an den in Betrieb befindlichen Tunnels hat gezeigt, dass für eine Verkehrsspur eine Mindestbreite von 3,2 bis 3,3 m benötigt wird. Auf der einen Seite der Fahrbahn ist ein um rd. 1 m erhöhter und 60 bis 70 cm breiter Dienstweg anzuordnen (Abb. 2 und 3).

Als Fahrbahnbelag hat sich in Beton verlegtes ausgefugtes Granitpflaster sehr bewährt. Die Wände müssen hell sein, damit die unbeleuchteten Fahrzeuge gut sichtbar bleiben. Zur Ermöglichung einer einfachen Reinigung sind sie glatt auszubilden. Die Beleuchtung muss den Verkehr mit ausgelöschten Scheinwerfern gestatten. In regelmässigen Abständen sind Feuerlöschstellen vorzusehen, die mit Sand, Schaumlöschern, Gaslöschern und Telephon ausgestattet sind. Da Wasser bei Benzinbränden nicht verwendet werden darf, sind die für Reinigungszwecke erforderlichen Wasserhydranten von den Feuerlöschstellen vollständig zu trennen. In ungefähr gleichmässigen Abständen sind Verkehrslichter und Leuchtschriften anzubringen, die gestatten, den Fahrern bei Verkehrstockungen Anweisungen zu geben.

Die Unterwassertunnels wurden nach verschiedenen Methoden gebaut. Erwähnenswert sind besonders zwei Baumethoden, die bei schwierigen Untergrundverhältnissen Anwendung fanden. Nach der „trench method" wird die Tunnelröhre in einzelnen Abschnitten im Trockendock hergestellt, schwimmend an den Bauort gebracht und dort in einen unter Wasser ausgebaggerten Graben versenkt. Wo die örtlichen Verhältnisse diese Methode nicht erlauben, z. B. wegen zu starkem Hafenverkehr oder schlechten Fundationsverhältnissen, muss die Ausführung an Ort und Stelle mit Schildvortrieb erfolgen. Die Rampenzone kann teilweise in offener Baugrube hergestellt werden. Beim Bau und nachfolgenden Betrieb des Tunnels ist durch Pumpenanlagen für eine einwandfreie Entwässerung zu sorgen.

b) *Die Tunnellüftung.*

Bei der *Querlüftung* wird das Tunnelprofil in drei Zonen unterteilt: den Frischluftkanal unter der Fahrbahn, den Verkehrsraum und den Abluftkanal im Gewölbescheitel (Abb. 2 und 3). Die Frischluft wird durch Schächte in den Frischluftkanal eingeführt und strömt durch seitliche Oeffnungen auf die ganze Länge gleichmässig verteilt in den Verkehrsraum aus. Im Verkehrsraum steigt sie hoch und wird als verbrauchte Luft durch den Abluftkanal wieder weggeleitet.

Die Vorteile dieses Systems liegen darin, dass die Frischluft auf die ganze Tunnellänge gleichmässig verteilt in den Verkehrsraum tritt, Abluft und Abgase rasch daraus entfernt werden und trotzdem im Verkehrsraum nur geringe Luftgeschwindigkeiten auftreten. Bei allfälligen Bränden werden nur die Luftverhältnisse einer beschränkten Tunnelzone ungünstig in Mitleidenschaft gezogen. Wenn auch das Querlüftungs-System insbesondere wegen seines grössern Tunnelgesamtquerschnittes etwas höhere Baukosten verursacht als die beiden andern, so ist doch die damit erreichte Betriebsicherheit derart massgebend, dass es sozusagen bei sämtlichen neuern Autotunnels zur Anwendung gekommen ist.

Die *Halb-Querlüftung* ist eine Kombination des transversalen mit dem longitudinalen System. Während die Frischluftzuführung wie bei der Querlüftung angeordnet ist, erfolgt der Abzug der Abluft durch den obern Teil des Verkehrsraumes, der durch keinerlei Trennwand abgeteilt ist (Abb. 8 bis 11).

Bei der *Längslüftung* wird die Frischluft in der Längsrichtung durch den Verkehrsraum eingeblasen und entsprechend die Abluft abgesogen. Da die Luftgeschwindigkeit im Verkehrsraum aus hygienischen Gründen niedrig zu halten ist, ist die Frischluftmenge beschränkt. Diesem Uebelstand kann durch die Anordnung von Belüftungsschächten teilweise abgeholfen werden. Das System kann in diesem Falle auf zwei Arten arbeiten. Beim Richtungsverkehr ist es vorteilhaft, in der Verkehrsrichtung zu belüften. In diesem Falle werden die Schächte zweiteilig für Frischluft und Abluft ausgeführt; am unteren Schacht-

ende sind Vorkehrungen gegen ein Vermischen der beiden Luftströme zu treffen (Abb. 13a und 14). Beim zweiseitigen Verkehr kann abwechslungsweise durch einen Schacht Frischluft gespiesen und im nächsten Abluft weggesogen werden (siehe Abb. 13b). Längslüftung ist bei Autotunnels bis jetzt nur ausnahmsweise angewendet worden.

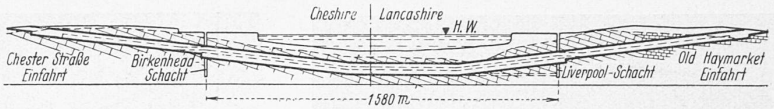
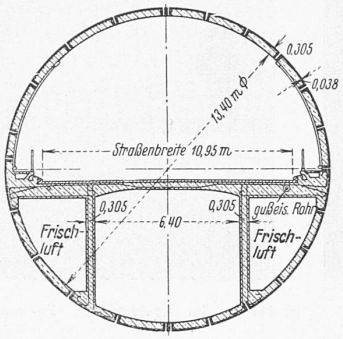
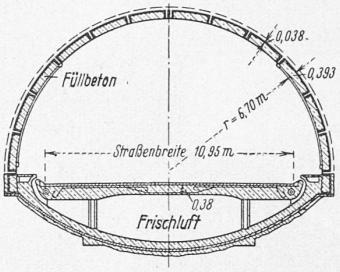


Abb. 7. Längsprofil des Merseytunnels in Liverpool, Längen rd. 1 : 30000.





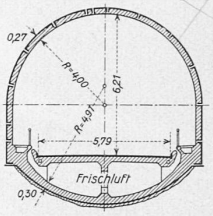


Abb. 9. Profil in den Rampen.
Abb. 8 (links). Unterwasser-Profil (zwischen den Schächten).

Abb. 10. Profil der Hafen-Zweigtunnels. Querschnitte 1 : 300.

Wie die Erfahrung lehrt, ist die Tunnelventilation hauptsächlich zur Unschädlichmachung der Automobilabgase erforderlich. Diese bestehen aus O, H, N, CO_2, CH_4 und CO. Von diesen sind die drei letzten schädlich, das Kohlenmonoxyd ist das gefährlichste. Es führt bei längerer Einatmung, schon bei Bruchteilen von Promillen der Luftmenge zu gefährlichen Vergiftungserscheinungen. Es hat ungefähr das gleiche spezifische Gewicht wie die Luft, ist farblos und geruchlos; seine Ansammlung im Tunnel wird deshalb meist zu spät erkannt.

Anlässlich der Projektierung des Holland-Tunnels wurden durch eingehende Versuche die Grundlagen für die erforderliche künstliche Ventilation geschaffen. An etwa 100 Automobiltypen wurde durch 2000 Versuche in der Mines Experiment Station von Pittsburgh der Kohlenmonoxydgehalt bestimmt, der bei verschiedener Belastung der Motoren in den Abgasen enthalten ist. Die Mines Experiment Station der Yale-Universität bestimmte sodann die Beimengung von Kohlenmonoxyd in der Luft, die für den Menschen bei einstündigem Aufenthalt noch erträglich ist. Auf Grund dieser Versuchsergebnisse wurde für die maximal zu erwartende Verkehrsdichte des Holland-Tunnels ein maximaler Frischluftbedarf von 225 l/sec/m Fahrspur ermittelt. Diese enorme zu fördernde Luftmenge führte zur Wahl der Querlüftung.

Ueber deren Wirkungsweise wurden von der Engineering Experiment Station der Universität von Illinois Strömungsversuche an Tunnelmodellen und an einem vorzeitig fertiggestellten Tunnelabschnitt durchgeführt. Diese Versuche ergaben die Rauhigkeitsbeiwerte in den Luftkanälen und ermöglichten die Aufstellung der Formeln, die bei der Dimensionierung der Luftkanäle anzuwenden sind. Sie zeigten aber auch die Zweckmässigkeit der Anordnung der Belüftungskanäle mit Einführung der Frischluft von unten und des Abzugs der Abluft im Tunnelscheitel.

c) *Beispiele von Tunnels mit Querlüftung.*

Interessante Beispiele sind *Holland-Tunnel* und *Schelde-Tunnel* (Abb. 1 bis 6). Ihre Hauptabmessungen gehen aus der Tabelle hervor. Beim Bau des Schelde-Tunnels verwertete man die Erfahrungen, die beim Holland-Tunnel gemacht wurden; ein Vergleich der beiden ist deshalb besonders lehrreich.

Der Holland-Tunnel verbindet 3 km nördlich der Südspitze von Manhattan die City von New York mit der Stadt New Jersey.

Der Schelde-Tunnel in Antwerpen wurde gebaut, um das Gelände auf dem linken Scheldeufer gegenüber der Stadt zu erschliessen. Für diese Verbindung war sowohl mit einem starken Autoverkehr als auch mit einem intensiven Radfahrverkehr und Fussgängerverkehr zu rechnen. Aus verkehrstechnischen Gründen wurde ein Autotunnel und ein Fussgängertunnel erstellt, diese Trennung erwies sich als ökonomisch. Da im Fussgängertunnel[1]) keine künstliche Ventilation eingebaut ist, wird im nachfolgenden nur der Autotunnel beschrieben.

[1]) Vergl. hierüber S. 164* dieser Nummer. Red.

Die beiden Tunnelrohre des Holland-Tunnels haben einen Axabstand von 13,57 m. Die Fahrbahnbreite von 6,10 m hat sich als zu schmal erwiesen und wurde deshalb beim Schelde-Tunnel auf 6,75 m vergrössert. Die lichte Höhe des Verkehrsraumes beträgt 4,11 m, bzw. 4,50 m, entsprechend den zulässigen Fahrzeughöhen von 3,6 und 4,0 m. Das Rampengefälle von 3,8 % wurde in Antwerpen auf 3,5% herabgesetzt. Zur Entwässerung des Tunnels sind Pumpstationen eingerichtet (beim Holland-Tunnel z. B. fünf Stationen mit einem totalen Fördervermögen von 0,5 m³/sec).

Bei der in der Tabelle angegebenen Ventilation sind 1/3 Reserven inbegriffen. Die Länge der Ventilationsabschnitte schwankt zwischen 243 und 518 m. Der maximal zu erzeugende Druck beträgt 95 mm W. S. in New York und 70 mm W. S. in Antwerpen.

Die Kontroll- und Verkehrssicherungs-Einrichtungen sind in beiden Tunnels ähnlich ausgebaut.

Sämtliche Maschinen und Apparate können von einem einzigen Schaltraum aus überwacht und bedient werden. Der durch ein thermisches Verfahren festgestellte Kohlenmonoxydgehalt der Luft wird dort fortlaufend registriert. Dementsprechend wird die Belüftungsintensität variiert. Die Leuchtschemas der Warte zeigen dem Kontrollbeamten stets die in Betrieb befindlichen Maschinen, Leitungen und Apparate, sowie auch sämtliche Verkehrszeichen, nach denen die Verkehrsabwicklung vor sich geht. Im Bedarfsfalle kann der Kontrollbeamte von sich aus den Verkehr anhalten oder auf eine Fahrspur überleiten. Diese Massnahmen können bei Unfällen und Feuergefahr erforderlich werden — Vorkommnisse, von denen der Kontrollbeamte umgehend benachrichtigt wird.

In den Tunnels werden nur Automobile zugelassen, bis zu einem Maximalachsdruck von 12 t im Holland-Tunnel und 15 t im Schelde-Tunnel. Der Durchfahrtstarif richtet sich nach Grösse und Belastung der Fahrzeuge. Die minimale Fahrgeschwindigkeit beträgt 10, bzw. 15 km/h. Im Holland-Tunnel ist sie im Maximum auf 50 km/h beschränkt. Der Abstand zwischen zwei Fahrzeugen soll mindestens 20 m betragen. Die Scheinwerfer sind auszulöschen. Für die Tunnelbeleuchtung, die im Holland-Tunnel je zwei 150 Watt-Lampen in 6,1 m Abstand erforderte, genügten im Schelde-Tunnel zwei 100 Watt-Natriumdampflampen in 8 m Abstand. Die mittlere Tagesfrequenz beträgt im Holland-Tunnel bis anhin 20 500 Fahrzeuge, im Maximum passierten 56 000 Fahrzeuge den Tunnel während 24 h

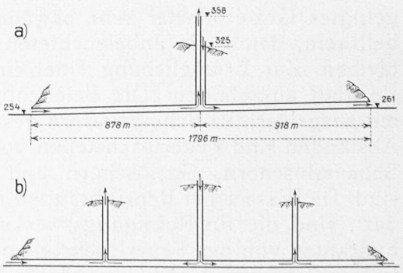


Abb. 13. Systeme der Längslüftung.
a) für Richtungsverkehr. b) für zweiseitigen Verkehr.

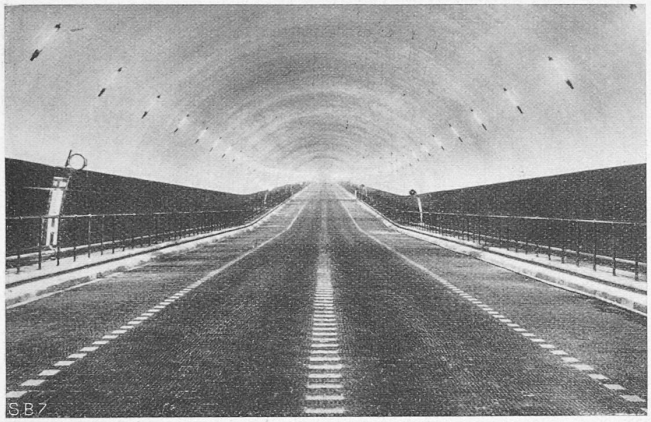


Abb. 11. Der Mersey-Tunnel Liverpool-Birkenhead.

in beiden Richtungen. Beim Schelde-Tunnel betragen die entsprechenden Zahlen 2500 und 7000 Fahrzeuge.

Bei beiden Tunnels sind die Tunnelrohre aus Gusseisensegmenten zusammengesetzt und ihr Bau erfolgte in der Unterwasserstrecke mit Schildvortrieb.[2]) Der Holland-Tunnel ist mit Ausnahme eines kurzen Felsabschnittes in tonigem Schlamm erstellt worden. Der Bau der Rampen erfolgte zum Teil in offener Baugrube. Beim Schelde-Tunnel wurden verschiedene Sand- und Schlammschichten durchfahren, bis man mit dem tiefsten Teil auf eine Tonschicht stiess. Die Rampentunnels wurden als Eisenbetonkonstruktion in offener Baugrube mit Grundwasserabsenkung zwischen eisernen Spundwänden ausgeführt.

d) Beispiel eines Tunnels mit Halb-Querlüftung.

Der Mersey-Tunnel (Abb. 7 bis 12) verbindet die Stadt Liverpool mit Birkenhead unter dem Mersey River. Auf jedem Ufer zweigt vom vierspurigen Haupttunnel ein zweispuriger Zweigtunnel (Abb. 10) zur Hafengegend ab.

Die vier nebeneinander liegenden Fahrspuren haben eine Gesamtbreite von 11 m. Diese geringe Fahrbahnbreite ist mit Rücksicht auf die Trennung des Lastwagen- und Personenwagen-Verkehrs zulässig: auf den äussern Spuren fahren Lastwagen, auf den innern Personenwagen. Neben der Autofahrbahn sind beidseitig Dienstwege angeordnet. Fussgängerverkehr wird nicht zugelassen.

Unter der Eisenbetontragkonstruktion der Fahrbahn ist zwischen den beiden Frischluftkanälen ein Raum für eine zweispurige Trambahn vorgesehen. Da diese vorläufig noch nicht gebaut wird, ist der Ausbau dieses Bahntunnels auf die Unterwasserzone beschränkt worden (Abb. 8). Bei den Rampen ist der Raum unter der Strassenfahrbahn nur in der von der Ventilation geforderten Grösse ausgebaut (Abb. 9).

Der Fahrbahnbelag besteht aus gusseisernen Platten. Auf eine kurze Versuchsstrecke wurde ein Gummibelag verlegt, der sich aber wegen der Gleitgefahr nicht bewährte.

[2]) Näheres siehe Seite 164* dieser Nummer. Red.

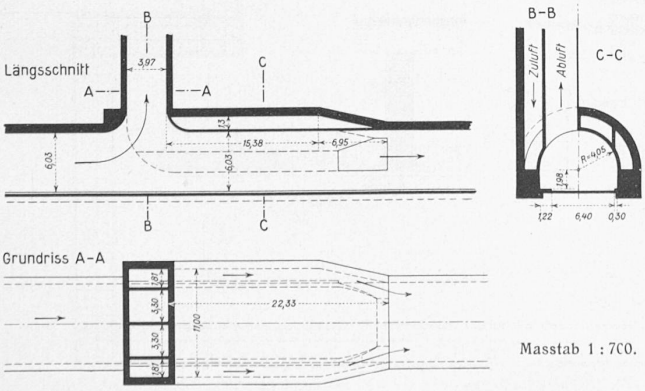


Abb. 14. Einmündung des Lüftungsschachts in den Liberty-Tunnel in Pittsburgh.

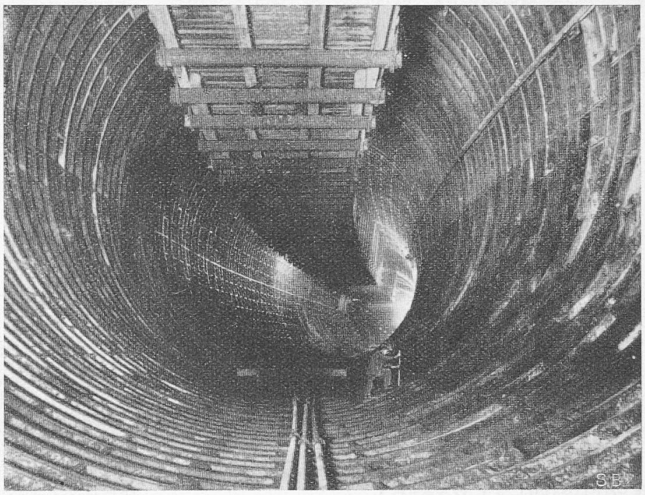


Abb. 12. Gusseisenpanzer des Merseytunnels. Der Arbeiter gibt einen Masstab für die Grösse des Tunneldurchmessers von 13,4 m.

Die Wände sind bis auf Mannshöhe mit schwarzen Glasplatten verkleidet; darüber wurde das Gewölbe verputzt und mit heller Oelfarbe gestrichen (Abb. 11).

Die Belüftung erfolgt von sechs Ventilationsgebäuden aus, die beidseitig je am Flussufer, an der Tunnelgabelung und an der Hafenzufahrt errichtet sind. Die Ueberwachung der Belüftung und des Verkehrs erfolgt von einer einzigen Warte aus. Dort wird ausser dem Kohlenmonoxyd der Luft besonders auch die Sicht im Tunnel auf photoelektrischem Wege ständig überwacht. An den Gabelungen wird der Verkehr nach dem go and stop-System geregelt.

Als Besonderheit soll erwähnt werden, dass jeder Wagen vor der Einfahrt photoelektrisch auf seine Ladehöhe und mittelst einer automatischen Waage bezüglich seines Gewichtes überprüft wird, um unzulässige Wagen zurückweisen zu können. Nach dem Ladegewicht wird übrigens auch die Durchfahrtsgebühr festgesetzt.

Die Baudurchführung erfolgte für den einen Rampen-Tunnel grösstenteils in offener Baugrube, für den andern mit Schildvortrieb. Die mittlere Tunnelzone liegt in tragfestem dichtem Buntsandstein, weshalb ein normaler Tunnelausbruch ohne Druckluftbetrieb durchgeführt werden konnte. Auf die ganze Tunnellänge wurde ein aus Gusseisensegmenten zusammengesetztes Rohr von 14,1 m Aussendurchmesser eingebaut (Abb. 12, sowie Seite 163).

e) Beispiel eines Tunnels mit Längslüftung.

Der doppelte *Liberty Tunnel* verbindet das Zentrum von Pittsburgh mit einem Aussenquartier, er unterfährt den 150 m hohen Mount Washington. Die beiden Tunnelrohre sind in Abständen von 152 m durch Querstollen miteinander verbunden. Die Fahrbahnen erhielten Betonbelag, die Wände Glattstrichverputz.

Bezüglich der Ventilation glaubte man beim Bau mit der Ausführung eines Schachtes in Tunnelmitte auskommen zu können. Diese erste Ausführung ohne künstliche Belüftung war aber ein voller Misserfolg. Die Kaminwirkung des Schachtes war zu schwach und die im Tunnel befindliche Luft zeigte öfters überhaupt keine Strömung nach dem Schacht, oder wurde im Tunnel selbst hin und her bewegt. Es zeigten sich somit ähnliche Erscheinungen, wie sie bei der Schachtventilation des Hauenstein-Basis-Tunnels vor Einbau der Ventilatoren auch beobachtet wurden. Allein aus hygienischen Gründen musste der Tunnel deshalb zweimal täglich auf eine halbe Stunde für den gesamten Verkehr gesperrt werden. Trotzdem stellte sich nach etwa halbjährigem Betrieb bei einer Verkehrsstockung am Ausgang während einer grossen Verkehrsdichte eine solche Anreicherung an Kohlenmonoxyd ein, dass das Tunnelpersonal ohnmächtig wurde. Dies verursachte eine furchtbare Panik und wurde der Anlass zum Einbau der künstlichen Ventilation.

Die Belüftung erfolgt in der Fahrrichtung gemäss Abb. 13a. Die Luft wird durch das Einfahrtsportal gegen den Schacht gesogen und durch diesen ausgestossen. In einem davon getrennten Kanal wird die Frischluft durch den Schacht eingeblasen und tritt durch besondere Oeffnungen in den Tunnel aus, den sie gegen das Ausfahrtsportal durchströmt. Die Massnahmen gegen ein Vermischen der Abluft mit Frischluft am unteren Schachtende sind auf Abb. 14 zu sehen.

Der Bau des Tunnels, der in gutem Fels liegt, erfolgte nach der in Amerika üblichen Methode des sofortigen Aussprengens des ganzen Profils. (Schluss folgt.)

Die reformierte Kirche in Gerliswil (Luzern).

Arch. A. ZEYER, Luzern.

Das Projekt dieser neuen Kirche ging aus einem Wettbewerb hervor, der im Jahre 1931 unter Luzerner Architekten durchgeführt wurde. Bei der Ausführung hat man das mitprojektierte Pfarrhaus aus finanziellen Gründen vorläufig zurückgestellt.

Die Kirche steht am Südostabhang des Gerliswilerberges mit Blick auf Reusstal und Alpenkette. Ihr Innenraum ist auf die einfachste Grundrissform zurückgeführt. Windfänge, Orgel, Sängerempore sind als lose Einbauten in den Gesamtraum einbezogen. Die südliche Fensterwand ist mit Klarglas verglast und gestattet einen prachtvollen Ausblick auf das Alpenpanorama.

Der Innenraum ist in schlichter Art und ohne besondern Aufwand ausgeführt worden. Die Blickwand ist mit dem Bibelspruch versehen: „Gott ist Geist, und die ihn anbeten, die müssen ihn im Geist und in der Wahrheit anbeten". In diesem Sinne ist auch gebaut worden. Die farbige Behandlung ist auf drei Grundfarben beschränkt: Fensterpfeiler und geschlossene Längswand (Tragelemente) erhielten eine stumpf-blaue, Chorwand, Brüstungen und Kanzel eine papier-graue Tönung. Orgelgitterwand und Bestuhlung sind in einem warmen Erdbraun gebeizt, die Decke ist weiss. Alle übrigen Bauteile, wie Böden, Vorhänge usf. sind den Grundfarben untergeordnet.

Die Orgel ist über dem seitlichen Nebeneingang in loser, unbeschwerter Form aufgebaut. Die Trennung zwischen Sängerempore und Orgelaufbau übernimmt ein bis an die Decke reichendes Holzgitter, das über dem erwähnten Nebeneingang eine offene, fächerartige Aufteilung durch senkrechte Bretter und wagrechte Leisten erhielt. Die innere Anord-

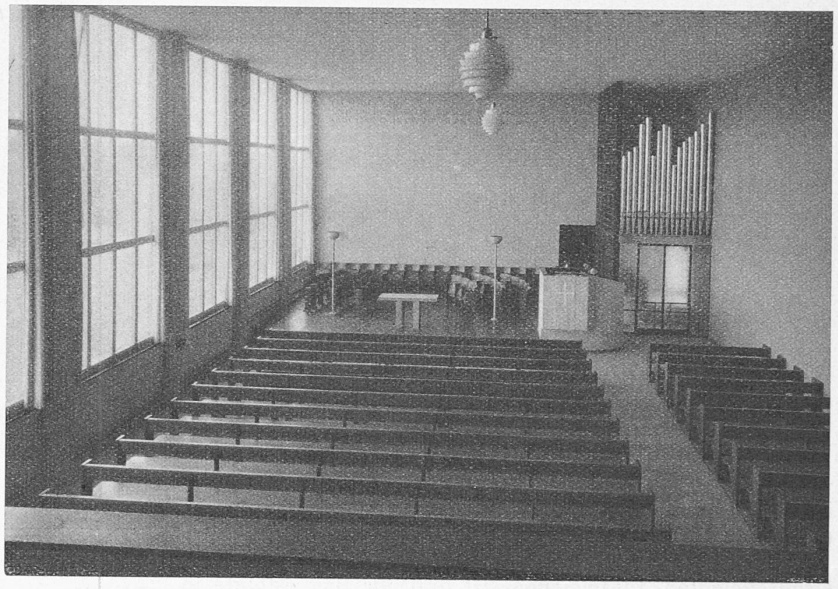


Abb. 4. Blick von der Empore in den Kirchenraum.

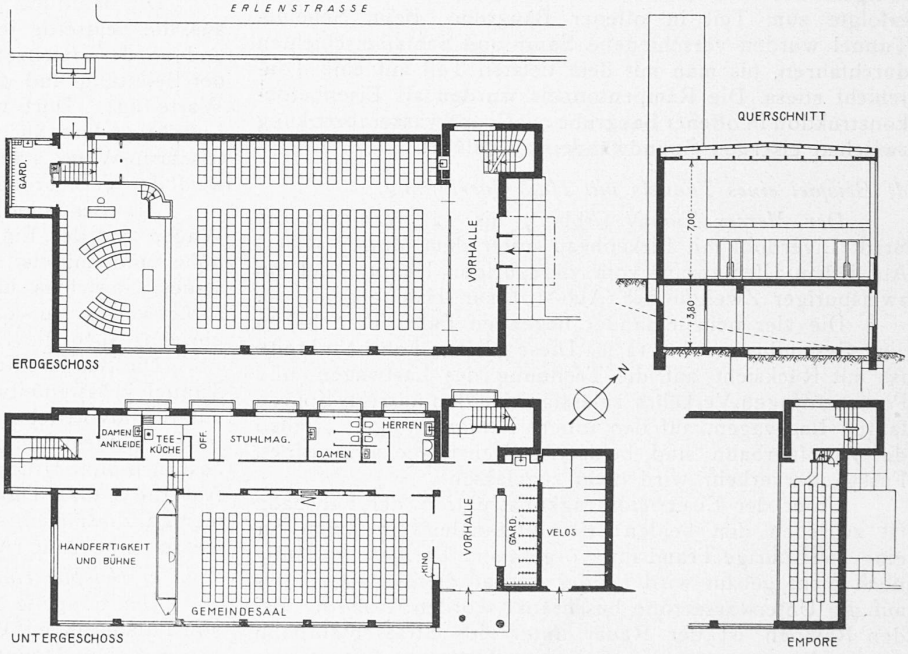


Abb. 1. Grundrisse und Querschnitt der Kirche Gerliswil. — Masstab 1 : 400.

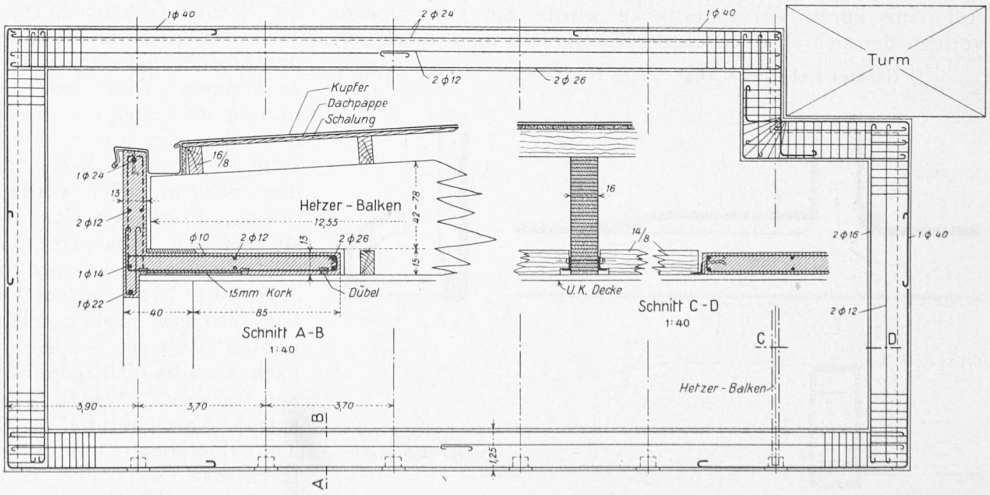


Abb. 6. Horizontalrahmen des Daches 1 : 200, Schnitte dazu 1 : 40.