

DIE BAUTECHNIK

17. Jahrgang

BERLIN, 28. April 1939

Heft 18

Alle Rechte vorbehalten.

Geschweißte Stahlbogenbrücken über die Reichsautobahnrennstrecke bei Dessau.

Von Dr.-Ing. Karl Schaechterle und Dipl.-Ing. Rudolf Riedl.

I. Rennstrecke.

Im Zuge der Reichsautobahnstrecke Berlin—München wird zwischen Bitterfeld und Dessau, etwa 30 km nördlich der Kreuzung mit der Strecke Halle—Leipzig, ein rd. 10 km langer Streckenabschnitt zu einer Rennstrecke ausgebaut (Abb. 1).

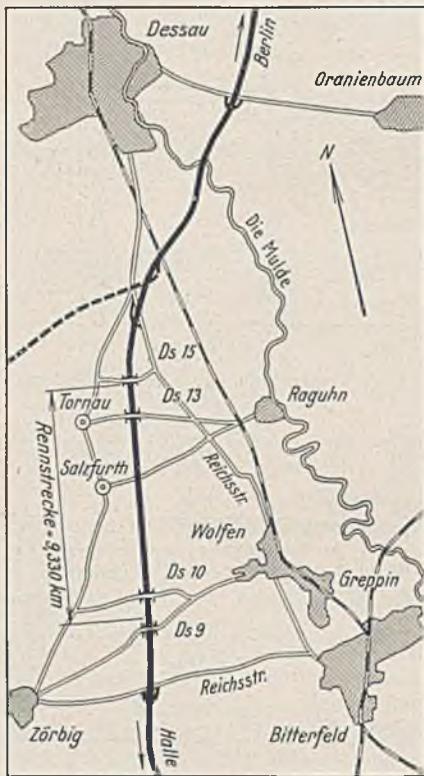


Abb. 1. Lageplan.

Die Rennstrecke verläuft 9,330 km vollkommen gerade, im Süden schließt ein flacher Bogen mit 10 000 m Halbmesser, im Norden ein Bogen mit $R = 5000$ m an, der später zu einer Anlaufgeraden von 7,000 km ausgebaut werden kann.

die Durchfahrt unter den Bauwerken den Rennfahrern große Schwierigkeiten. Die Luft konnte bei der großen Geschwindigkeit unter den Bauwerken nicht schnell genug ausweichen. Der Fahrer spürte einen starken Schlag und konnte oft nur mit Mühe den Rennwagen in der Richtung halten.

Der nächste Entwurf, ein Blechbalken mit 39,10 m Lichtweite und 42 m Stützweite, gefiel besser (Abb. 4). Um an Bauhöhe zu sparen, wurde ein Trogquerschnitt vorgesehen. Die Fußwege liegen innerhalb der Hauptträger, um bei Rennen zu vermeiden, daß Steine durch das Gelände auf die Fahrbahn fallen. Da die freie Öffnung gegenüber der Bogenbrücke etwas kleiner geworden war (180 m² gegenüber 220 m² bei der Wölbrücke) wurde auch dieser Vorschlag verlassen.

Man wandte sich nun wieder der Bogenform zu und versuchte die Überbrückung mit Stahlbogen und aufgeständerter Fahrbahn.

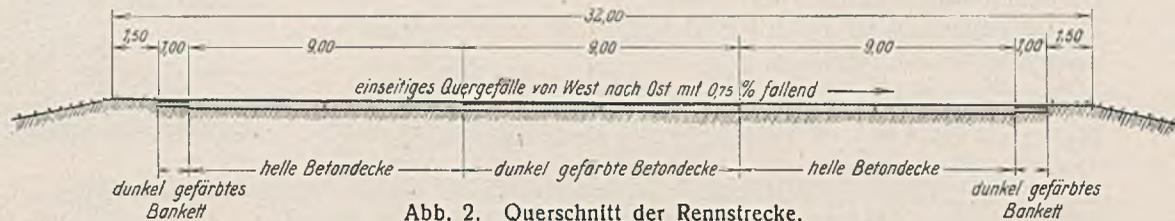


Abb. 2. Querschnitt der Rennstrecke.

Im Gegensatz zum Regelquerschnitt der Autobahn wurde der Mittelstreifen auf 9 m verbreitert und in die beiden ebenfalls auf 9 m verbreiterten Fahrbahnen mit einbezogen, so daß einschließlich der beiden je 1 m breiten Schutzstreifen eine nutzbare Fahrbahn von 29 m Breite entsteht. Mit den beiderseitigen, unbefestigten Schutzstreifen beträgt die Planumbreite

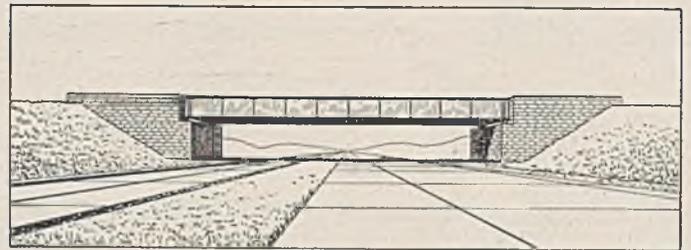


Abb. 4. Vorentwurf „Trogbrücke“.

32 m (Abb. 2). Die übliche Sattelung mit 1,5% Quergefälle wurde ebenfalls aufgegeben und die Fahrbahn einheitlich mit dem schwachen Gefälle von 0,75% von West nach Ost geneigt.

Der erste Vorentwurf der Stahlbogenbrücke sah zwei einsteigige Stahlbogen in 6,80 m Abstand von 46,00 m Stützweite und 7,30 m Pfeilhöhe vor, wobei am Rande der Schutzstreifen eine Lichthöhe von 4,50 m

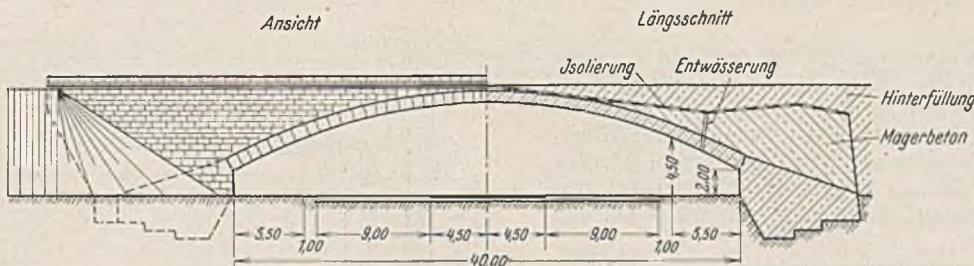
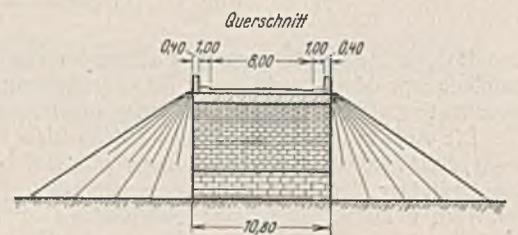


Abb. 3. Vorentwurf „Wölbrücke“.



eingehalten wurde. An Vergleichsbildern wurden verschiedene Stützenteilungen, Böschungsneigungen und Endwiderlagerausbildungen untersucht. Schwierigkeiten bereitete die Anordnung der Aussteifungen beim einsteigigen Bogenquerschnitt (Abb. 5). Abb. 6 zeigt zweiwandigen Stahlbogen.

Anstatt die Stützen und Querträger zu Halbrahmen zu verblinden, die unschön aussehen (Abb. 7), hat man die steife Stahlfahrbahn mit Buckelblechen zur Übertragung der Windkräfte auf die Ortswiderlager herangezogen. Die Stahlbogen werden durch die Fahrbahntafel in Brückenmitte festgehalten und die Stützen als reine Drucksäulen ausgebildet (Abb. 8).

Bei dem fortgeschrittenen Stande der Schweißtechnik war es möglich, dieses Bauwerk in St 37 vollkommen zu schweißen.

Von einer Stahlbau firma (Dortmunder Union) wurden zu dem Zweigelenbogenentwurf der OBR Halle zwei Gegenvorschläge gebracht (Abb. 9 u. 10). Die Zweigelenrahmen und Bogen mit eingespannten

II. Vorentwürfe für die Überführungsbauwerke.

Über diese Rennstrecke mußten vier Straßen übergeführt werden, und zwar eine Landstraße 1. Ordnung, zwei Straßen 2. Ordnung und ein Ortsverbindungsweg. Für die Planung und Gestaltung der Überführungsbauwerke waren folgende Gesichtspunkte maßgebend.

Da kein unbefahrbarer Mittelstreifen vorhanden ist, mußte auf eine Mittelstütze verzichtet werden. Die Widerlager wurden mit Rücksicht auf den freien Durchblick von der Fahrbahn abgerückt, so daß sich eine Lichtweite von etwa 38 bis 40 m ergab.

Eine massive Wölbrücke (Abb. 3) in dem vollkommen ebenen Gelände war zu schwer. Auch vom Standpunkte des Rennfahrers bestanden starke Bedenken gegen ein geschlossenes Bauwerk. Bei den bisherigen Schnelligkeitsversuchen auf der Reichsautobahn bei Frankfurt a. M. machte

Kämpfern ergaben jedoch keine wesentlichen Vorteile. Deshalb wurde der Entwurf der OBR Halle endgültig zur Ausführung bestimmt und zur Beurteilung der Gesamtwirkung ein Modell dieses Entwurfs angefertigt (Abb. 11).

Gleichzeitig war die Frage der Gründung des Bauwerks zu klären. Verlorene Bogenwiderlager erschienen bei dem Sandboden nicht unbedenklich. Durch Zusammenfassung der Bogenwiderlager mit den Stützen- und Ort- widerlagerfundamenten zu einem gemeinsamen Stampfbetonkörper konnte eine günstigere Neigung der Resultierenden zur Sohlfläche erreicht werden, da der Erddruck auf die Rückflächen dem Bogenschub entgegenwirkt.

Die größte zulässige Bodenpressung wurde mit 3 kg/cm² festgelegt.

III. Ausführungsentwürfe.

Die Bauwerke Ds 9 und Ds 10 sind gleich. Auf die Abweichungen in der Ausbildung des Bauwerks Ds 13 sowie auf die werkstatt-, schweiß- und aufstellungstechnischen Verschiedenheiten bei der Erstellung der Stahlüberbauten Ds 13 und 15 gegenüber Ds 9 und Ds 10 wird noch besonders hingewiesen.

Abb. 12 zeigt den Ausführungsentwurf für die Bauwerke Ds 9 und Ds 10 in Ansicht, Längs- und Querschnitt.

Die Spannweite der Bogen beträgt 45,50 m, die Pfeilhöhe 7,125 m, das Pfeilverhältnis $\frac{f}{l}$ demnach $\frac{1}{6,4}$.

Gegenüber den Vorentwürfen ist die Sichelform des Bogens noch stärker betont. Die Bogen sind am Kämpfer 600 mm, im Scheitel 860 mm dick.

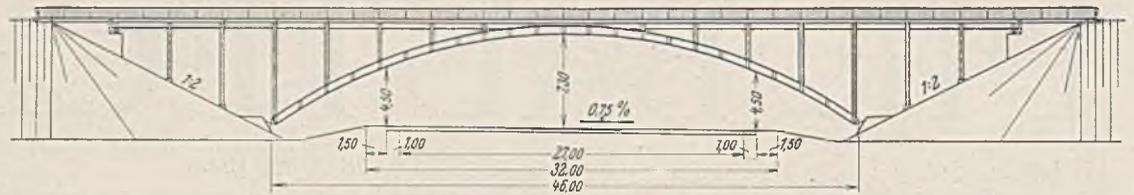


Abb. 5. Vorentwurf „einstegige Stahlbogen“.

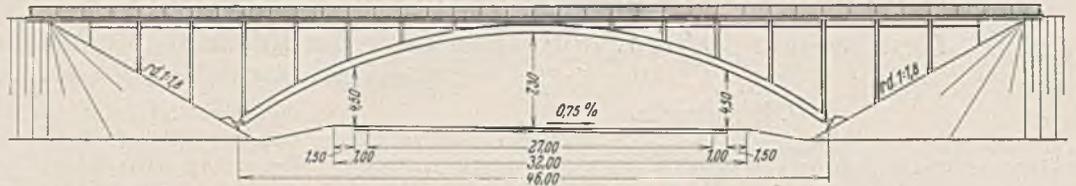


Abb. 6. Vorentwurf „zweiwandige Stahlbogen“.

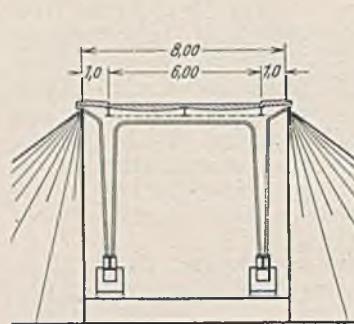


Abb. 7. Unschöne Querrahmen.

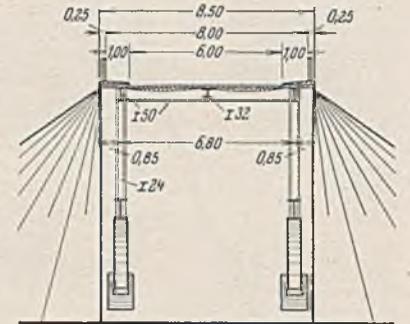


Abb. 8. Querschnitt ohne Rahmenecken.

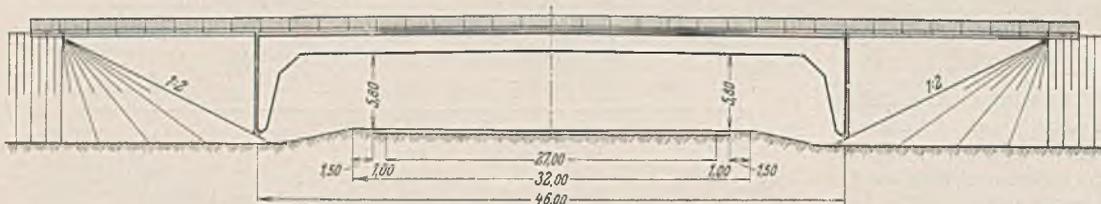
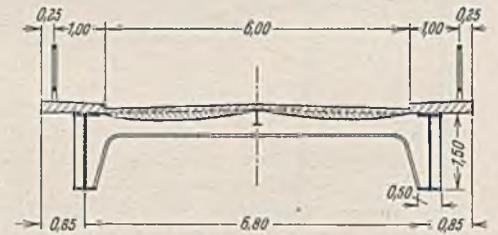


Abb. 9. Gegenvorschlag „Zweigelenkrahmen“.



Zu Abb. 9.

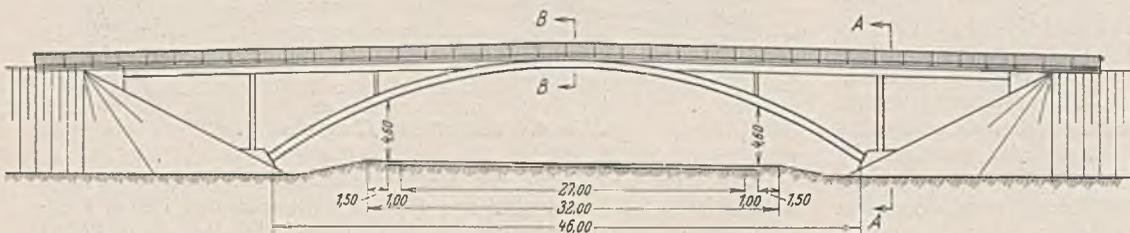
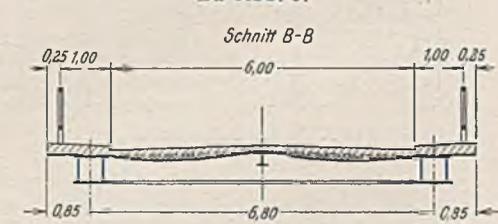
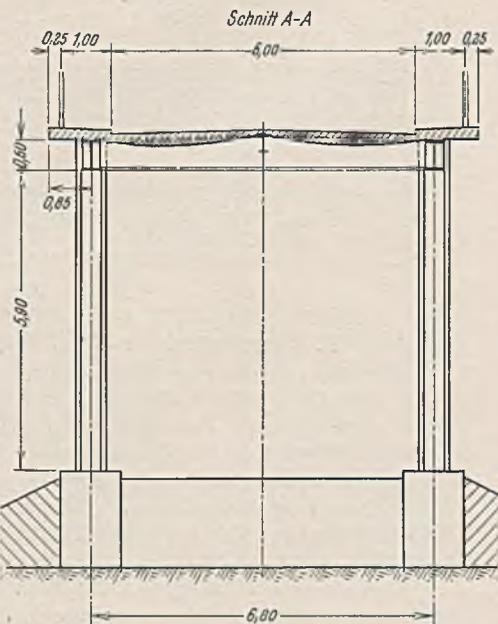


Abb. 10. Gegenvorschlag „Eingespannter Bogen“.



Schnitt B-B



Zu Abb. 10.

Die Bogenachse ist mit einem Halbmesser von 39,883 m gekrümmt. Bei der Wahl zwischen parabolischer oder kreisförmiger Bogenkrümmung erhielt die letztere den Vorzug, weil sie mit ihrer stets gleichbleibenden Krümmung die Bogenform besser zur Geltung bringt.

Die Aufständigung ist mit gleichbleibenden lichten Abständen von Widerlager zu Widerlager durchgeführt. Da die Endlager 500 mm hinter Vorderkante Widerlager sitzen, erhalten die Endfelder der Längsträger eine Stützweite von 4330 mm gegenüber 3950 mm bei den mittleren Feldern. Die Frage „Verbindung oder Trennung des Bogens“ war schon bei den



Abb. 11. Modell nach dem Ausführungsentwurf.

Vorentwürfen im ersteren Sinne entschieden worden. Neben schönheitlichen Gründen waren besonders statische Erwägungen für diese Lösung maßgebend. Der Bogen greift bis zur halben Höhe in den äußeren Längsträger ein. Die durch die Aufständering erzielte Gliederung ist auch in diesem Teil durch die stützenähnlichen Aussteifungen weitergeführt. Um eine Abstützung in Brückenmitte zu vermeiden, mußte die Felderzahl ungerade sein. Weiterhin sollen die dem Bogenlager benachbarten Stützen auf dem Bogen und auf der Böschung etwa gleich lang sein, damit dieses größte Feld ungefähr symmetrische Form erhält. Die Böschungen sind flach, etwa 1:2 geneigt und schütten die Widerlager und Säulenfundamente fast ganz ein. Nur die Bogenwiderlager treten stärker hervor und zeigen die für jede Bogenbrücke bedeutungsvollen Kämpfer deutlich.

Die Ansichtflächen der Brückenabschlüsse sind mit Löbejüner Porphyrsteinen verkleidet. Der gleiche Porphyr wurde zu den Stützenfüßen und Kämpfersteinen verwendet.

Es wurden folgende Belastungsfälle untersucht:

A. Brücke belastet, Hinterfüllung unbelastet ($p_{max} = 2,52 \text{ kg/cm}^2$),

B. Brücke unbelastet, Hinterfüllung belastet ($p_{max} = 2,26 \text{ kg/cm}^2$).

Im Falle A steht der waagerechten Seitenkraft des Erddrucks mit 532 t eine Gegenkraft von $2 \times H = 2 \times 189 = 378 \text{ t}$ gegenüber; im Falle B ist E waagrecht = 565 t und $2 \times H = 2 \times 97 = 194 \text{ t}$.

Bei der Durcharbeitung des geschweißten Stahlüberbaues war der Grundsatz maßgebend, unter Bedachtnahme auf eine schönheitlich einwandfreie Gestaltung die Vorteile der Schweißtechnik voll auszunutzen.

Für die Bogen (Abb. 13), deren äußere Abmessungen bereits genannt sind, stand schon beim Vorentwurf der Kastenquerschnitt als beste Lösung fest. Der einseitige Querschnitt zeichnet sich zwar durch kräftige Profilierung und Schattenwirkung aus, doch war die Anordnung der Aussteifungen befriedigend nicht zu lösen. Lotrechte Steifen zerschneiden das Bogenbild; radial gestellte Steifen sind mit den lotrechten Stützen nicht in Einklang zu bringen. Man entschied sich also schon deshalb

für den Kastenquerschnitt. Dabei konnte durch kräftiges Vorziehen der Gurtplatten über die Stegbleche (78 mm) eine Gliederung und Belebung der Ansicht erreicht werden. Damit der Bogen, der nur im Scheitel und an den Kämpfern festgehalten ist, dem Knicken aus der Ebene genügend Widerstand leistet, mußte er um die lotrechte Achse ein genügend großes

Trägheitsmoment erhalten. Im Scheitel durfte eine gewisse Einspannung angenommen werden, weil der Bogen auf etwa 7,5 m in die Fahrbahn einbindet.

Da bei dem engen Kasten — die Innenlichtmaße betragen am Kämpfer nur $440 \times 532 \text{ mm}$ — die zuletzt aufgelegte Gurtplatte nicht mit inneren Kehlnähten angeschlossen werden kann, mußte man sich dazu entschließen, diese Gurtplatte nur durch äußere Nähte mit dem Stegblech zu verbinden. Um aber eine einseitige

Verformung des Bogens beim Schweißen zu vermeiden, gab man dieser Naht den gleichen Querschnitt wie den anderen beiden zusammen und bildete sie als V-Naht aus, wodurch auch die Winkelschrumpfung vermindert und das Stegblech plangehalten wurde. Da die Entfernung der beiden Bogensteg-

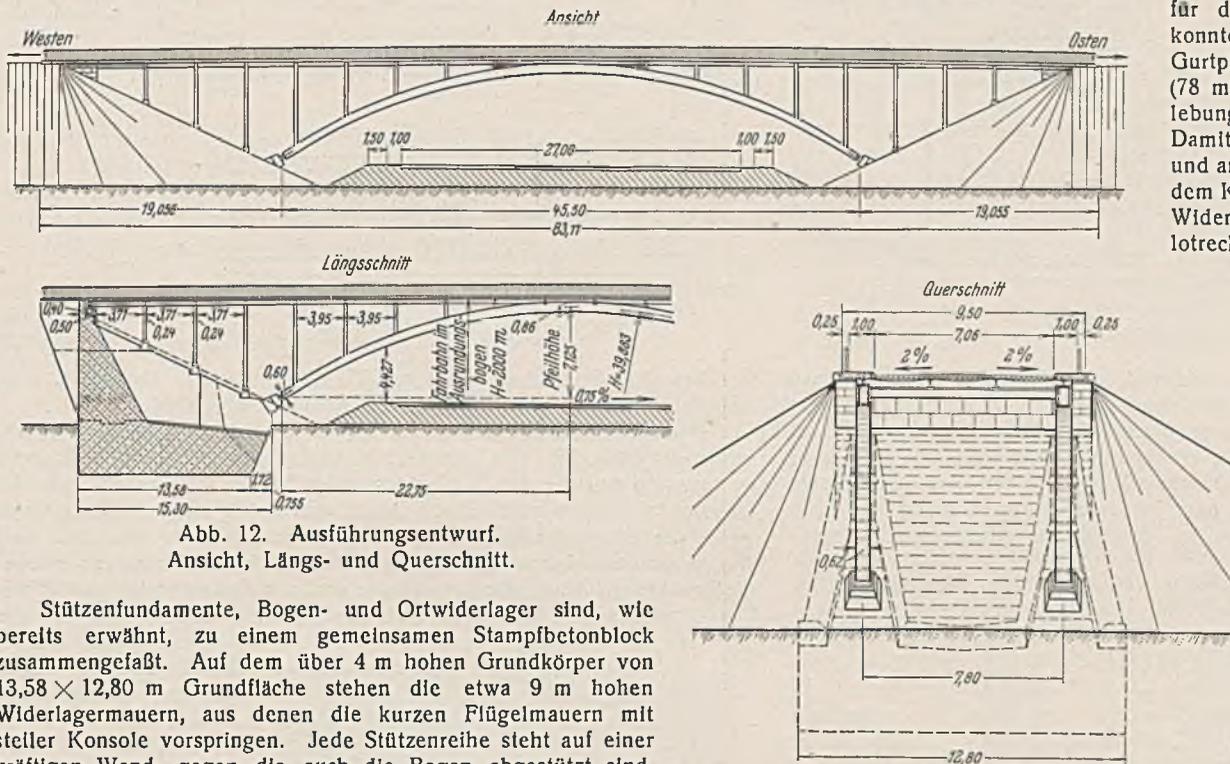


Abb. 12. Ausführungsentwurf. Ansicht, Längs- und Querschnitt.

Stützenfundamente, Bogen- und Ortwiderlager sind, wie bereits erwähnt, zu einem gemeinsamen Stampfbetonblock zusammengefaßt. Auf dem über 4 m hohen Grundkörper von $13,58 \times 12,80 \text{ m}$ Grundfläche stehen die etwa 9 m hohen Widerlagermauern, aus denen die kurzen Flügelmauern mit steller Konsole vorspringen. Jede Stützenreihe steht auf einer kräftigen Wand, gegen die auch die Bogen abgestützt sind. Die ungewöhnliche Form dieses gemeinsamen Widerlagerkörpers ist aus Abb. 12 zu erkennen. Die Bogenkämpfersteine sind für sich allein nicht standfest. Beim fertigen Bauwerk geht die Summenkraft aus Stützdruck des Bogens und Gewicht der Steine durch den Kern der Aufstandsfläche.

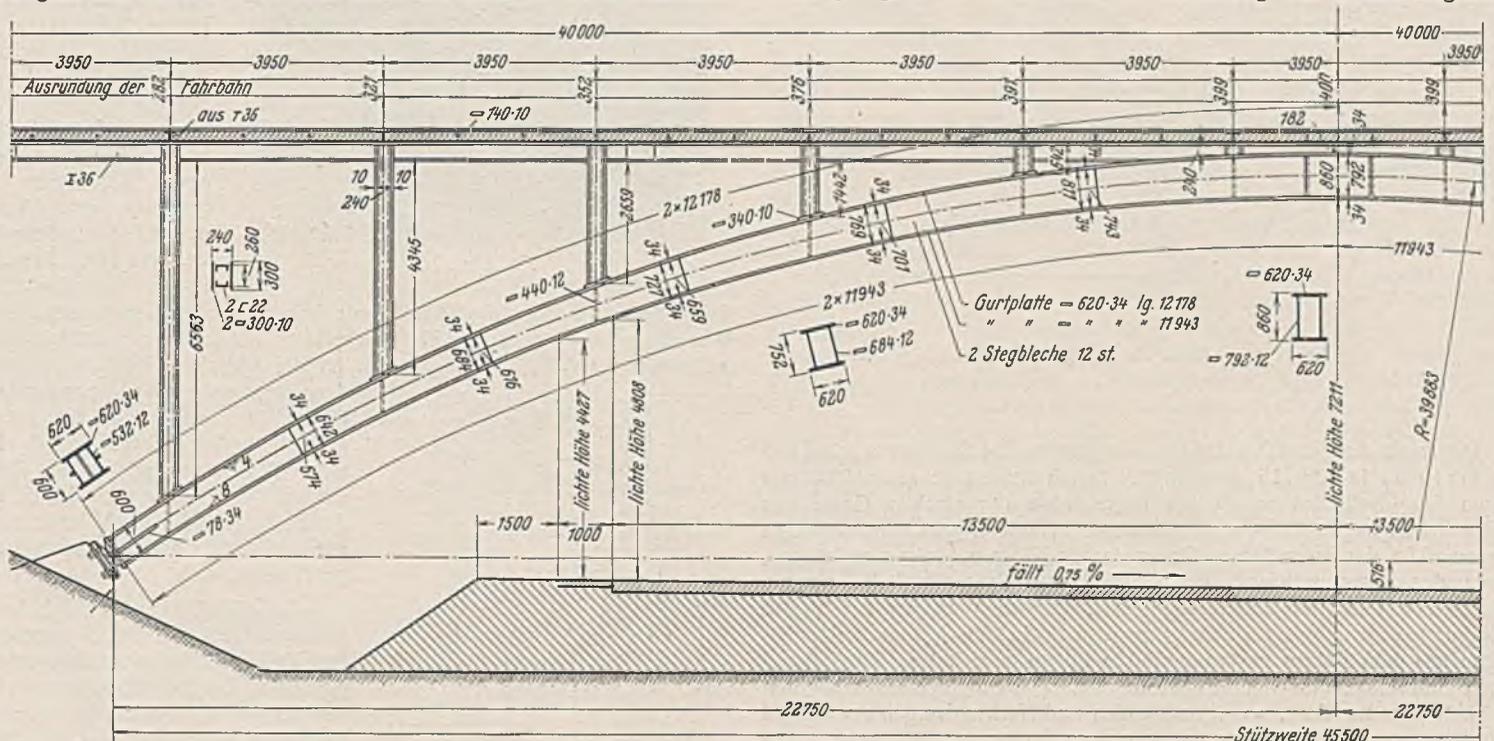


Abb. 13. Bogen.

bleche (452 mm) nur etwa das 13 fache der Gurtplattendicke (34 mm) beträgt, konnte auch auf das Anschweißen der inneren Querschotten an diese Gurtplatte verzichtet werden.

Beim Bauwerk Ds 13, mit breiteren Gurtplatten (Abb. 14), ließ die ausführende Firma in dem Kasten einen Schweißer arbeiten. Die Querschotten erhielten Mannlöcher, so daß das ganze Bogeninnere im Werk zugänglich war. Beim Schweißen im Innern des Kastens ergaben sich keine Anstände. Es war lediglich erforderlich, an einem Bogenende während des Schweißens Luft abzusaugen, damit der Schweißer nicht unter Atemnot und Hitze zu leiden hatte. Dieser Schweißvorgang wurde dann auch beim zuletzt ausgeführten Bauwerk Ds 15 belbehalten.

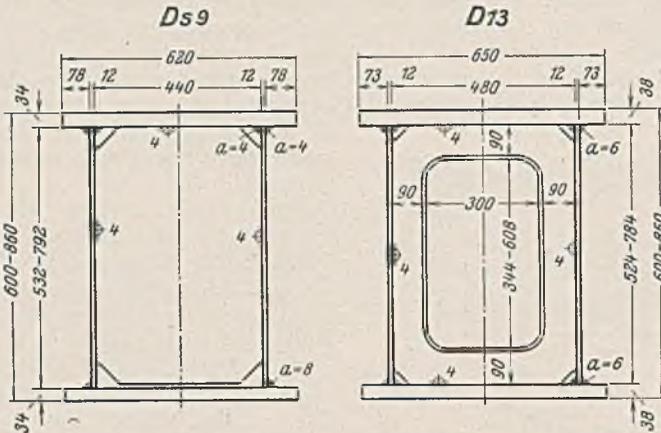


Abb. 14. Bogenquerschnitte.

Nach dem Zusammenbau erhielten die KastenInnenflächen einen Bleimennigeanstrich, der als ausreichender Rostschutz angesehen wurde. Die im Bogeninnern verbleibende feuchte Luft wird bei Kälte Wasser ausscheiden, das sich am Eisen niederschlägt und Rost bildet. Dieser Vorgang kann sich aber nicht wiederholen. Wenn das überflüssige Wasser einmal gebunden ist, hört jede weitere Rostbildung auf, weil eine Lufterneuerung von außen bei dem allseits geschlossenen Kasten nicht stattfinden kann.

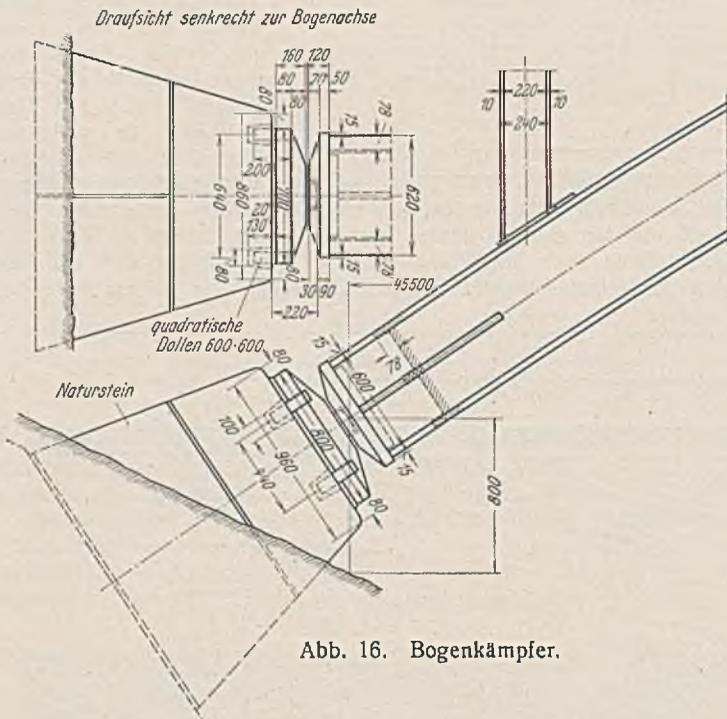


Abb. 16. Bogenkämpfer.

Die Ausbildung des Baustoßes in Bogenmitte bei den Bauwerken Ds 9 und Ds 10 ist in Abb. 15 dargestellt. Durch Aussparen eines 1200 mm langen Stegblechteiles waren die Tulpennähte der starken Gurte von beiden Seiten zugänglich und konnten so als Nähte erster Güte hergestellt werden. Um der Schrumpfung dieser starken Nähte frei folgen zu können, wurde der Bogen während des Schweißens freiverschieblich gelagert, außerdem ein Behelfsbau teil eingebaut, der dem Bogen bei dieser Bewegung eine gewisse Führung gab. Die beiden mittleren Behelfsbleche mit dem Bolzen gestatteten, den Bogen zunächst als Dreigelenkbogen zusammenzubauen und auszurichten. Die Stegblechnähte wurden als Nähte zweiter Güte, ohne Auskreuzen und Nachschweißen der Wurzel ausgeführt, was mit Rücksicht auf die in Bogenmitte geringeren Beanspruchungen ohne weiteres zugelassen werden konnte.

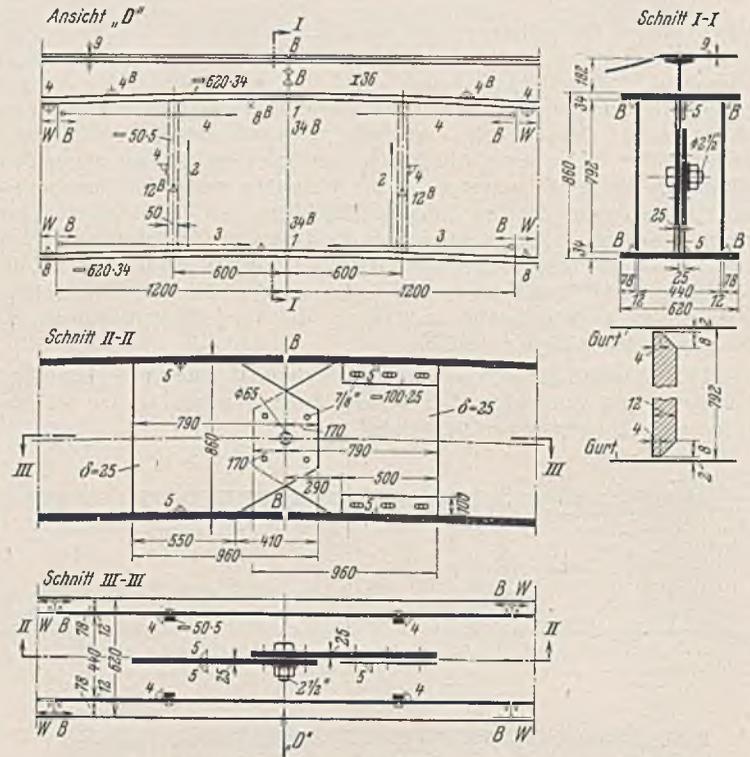
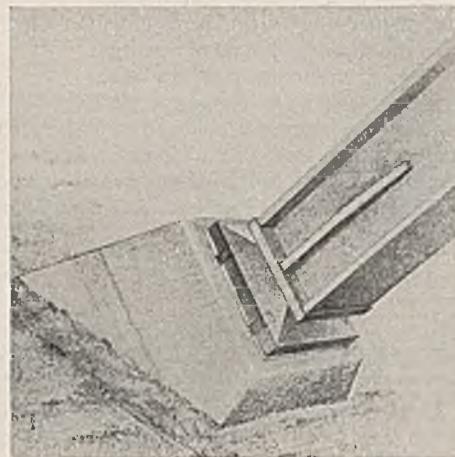


Abb. 15. Baustoß der Bogen.

Bei den Bauwerken Ds 13 und Ds 15 wurde der Mittelstoß ohne Behelfsbau teil und ohne besondere Führung verschweißt.

Besondere Sorgfalt wurde auf die Durchbildung der Bogenkämpfer verwendet (Abb. 16). Die Lagerkörper sind zum Gelenk hin deutlich eingezogen, so daß die Art der Lagerung des Bogens klar zu erkennen ist. Die Bogenbleche wurden durch innen und außen liegende Rippen versteift, die erst nachträglich aufgeschweißt wurden. Um die Kräfte vom Kasten in den oberen Lagerkörper einwandfrei zu übertragen, wurden die Berührungsflächen der Lagerkörper und der Kasten sauber geschliffen. Die schwache Kehlnaht dient nur zur Dichtung. Die Dollen für den Lagerunterteil wurden bündig mit den Lagerflächen abgeschnitten, so daß auch der Unter teil ohne störende, vor- oder einspringende Dolleneisen glatt und sauber wirkt.



Zu Abb. 16.

Die Stützen sind aus zwei $\square 22$ und zwei Platten $300 \cdot 10$ in der konstruktiv einfachsten Art zu einem Kasten zusammengesetzt. Der Vorsprung der Platten ist wie bei den Bogen dem Beschauer zugewandt und belebt durch seine Schattenwirkung die Ansichtsfäche. Auf den Steinfundamenten werden die Stützen mit Ankerschrauben festgemacht. Zum Ausrichten wurden in den Unterlagsplatten entsprechende Aussparungen vorgesehen (Abb. 17). Zugänglich ist die Schraube durch eine kleine Ausnehmung in der abgewendeten Platte, die nach der endgültigen Befestigung der Stütze durch Einschweißen eines passenden Blechstückes geschlossen wird. Im Bereich des Bogens sind diese Verankerungsschrauben am Bogengurt stumpf aufgeschweißt.

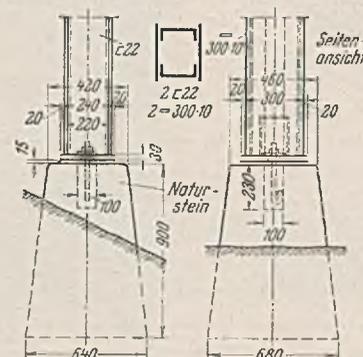


Abb. 17. Stützenfuß.

Auf Abb. 18 ist die Fahrbahn für Bauwerk Ds 9 und Ds 10 dargestellt. Die Bauhöhe ist möglichst niedrig gehalten. Die Leichtfahrbahn ist mit nur 60 mm Überdeckung über den Buckelblechen ausgebildet. Die Querträger sind aus Nasenprofilgurtplatten

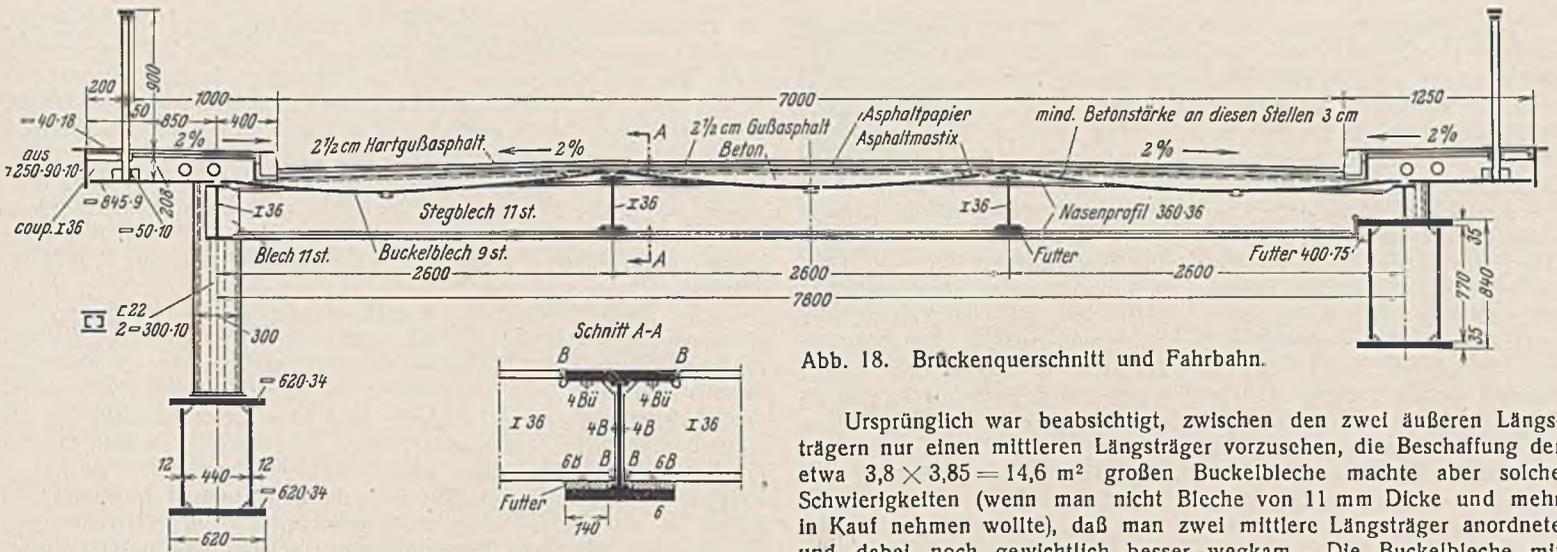


Abb. 18. Brückenquerschnitt und Fahrbahn.

360 · 36 und einem 11 mm dicken Stegblech zusammengesetzt und im Obergurt dem Quergefälle der Brücke entsprechend gesattelt. Sie sind bei den Stützen 360 mm (entsprechend dem äußeren Längsträger I 36), in Brückenmitte 420 mm hoch.

Für die Zulässigkeit der großen Schlankheit $\frac{H}{L} = \frac{420}{7800} = \frac{1}{18,5}$ des Querträgers sprach, daß er durch eine gewisse Rostwirkung der fast ebenso hohen Längsträger, besonders bei den für die Bemessung maßgebenden Einzellasten, entlastet wird.

Ursprünglich war beabsichtigt, zwischen den zwei äußeren Längsträgern nur einen mittleren Längsträger vorzusehen, die Beschaffung der etwa $3,8 \times 3,85 = 14,6 \text{ m}^2$ großen Buckelbleche machte aber solche Schwierigkeiten (wenn man nicht Bleche von 11 mm Dicke und mehr in Kauf nehmen wollte), daß man zwei mittlere Längsträger anordnete und dabei noch gewichtlich besser wegkam. Die Buckelbleche mit $2,50 \times 3,85 = 9,6 \text{ m}^2$ Fläche konnten mit 9 mm Dicke beschafft werden. Die Buckelbleche erhielten einen Stich von 100 mm, das ist $\frac{1}{38}$ der größeren und $\frac{1}{25}$ der kleineren Spannweite. Sie sind mit 40 bis 70 mm auf den Längs- und Querträgern aufgelagert und sowohl von oben als auch von unten (überkopf) mit Kehlnähten angeschlossen. Durch Verzicht auf die Überkopfnähte kann an Schweißarbeit auf der Baustelle erheblich gespart werden. Man ist deshalb neuerdings dazu übergegangen, die Auflagerbreite schmäler zu halten (nicht über 35 mm), wobei ein Abheben der Bleche nicht mehr zu befürchten ist. (Schluß folgt.)

Alle Rechte vorbehalten.

Der Straßentunnel und seine Ausrüstung.

Von Prof. Dr.-Ing. E. Neumann, Stuttgart.

(Schluß aus Heft 16.)

Tunnel für Kraftfahrbahnen.

Wenn auch eine scharfe Trennung hinsichtlich Liniensführung und Querschnittsform zwischen dem Tunnel für Straßen und Kraftfahrbahnen nicht möglich sein wird, so werden sie einige Unterscheidungsmerkmale doch aufweisen, weil die größere Fahrgeschwindigkeit auf der Kraftfahrbahn gegenüber der Landstraße besondere Anforderungen stellt. Die

Trennung der beiden Fahrrichtungen durch Zuweisung besonderer Fahrbahnen zwingt von vornherein zur Anlage von zwei Tunnelröhren. Eine Zusammenlegung beider Fahrrichtungen in einer Röhre würde die Verkehrsgefahren erhöhen und zu einem Tunnelquerschnitt führen, der technisch nicht durchzuführen ist. Denn die Fahrbahnen werden in der gleichen Breite im Tunnel wie auf der freien Strecke weitergeführt werden müssen. Einschließlich des breiten Randstreifens würde in Fahrbahnhöhe eine Breite von mindestens 9,50 m notwendig sein. Bei Zusammenlegung beider Fahrrichtungen in einem Bauwerk würde durch die Trennstreifen in der Mitte eine Mindestbreite von etwa 20 m sich ergeben. Solche Abmessungen sind außergewöhnlich und bisher noch nicht ausgeführt. Sehr große Breiten haben die Überholungsstation des Apennintunnel 16,98 und der viergleisige Bergen Hill-Tunnel der Eriebahn mit 17,07 m. Je breiter der Tunnel wird, desto höher muß auch das Gewölbe werden, desto größer wird auch der Vollaussbruch. Die Berechnungen für die Reichsautobahn haben ergeben, daß für einen in zwei Richtungen befahrenen Tunnel der Reichsautobahnen eine Breite von 30 m und mindestens eine Höhe von 20 m notwendig gewesen wäre, Abmessungen, die einen Vollaussbruch von 500 m² erfordert hätten. Dagegen hat die Aufteilung in zwei Tunnelrohre — für jede Fahrrichtung eine — am Engelbergtunnel der Reichsautobahn Stuttgart—Ludwigsburg mit dem Querschnitt der Abb. 13 nur einen Tunnelausbruch von je 145 m² ergeben, der am Lämmerbuckeltunnel der Strecke Stuttgart—Ulm wegen des tragfähigen Gesteins sogar nur 110 m² beträgt⁷⁾. Die Wahl von zwei Tunnelröhren erfordert aber einen gewissen Achsabstand, der bei mürbem Gebirge besonders groß sein muß, wie das Beispiel der beiden Tunnel am Engelberg beweist, deren Achsen auf der Nordseite 34 m, auf der Südseite 56 m bei 40 m Überdeckung auseinander liegen. Dann müssen aber an den Voreinschnitten die Fahrbahnen so weit auseinandergezogen werden, daß hier ein erheblicher Mehraushub entsteht, der bei Anlage eines offenen Einschnitts mit einer nur 24 m breiten Fahrbahn wesentlich vermindert werden kann. Wenn man außerdem die schon erwähnten sonstigen Nachteile des Tunnel, die mit der künstlichen Beleuchtung, Entlüftung und Geräuschbildung verbunden sind, berücksichtigt, verschiebt sich bei Autobahnen die Entscheidung, selbst bei großen Einschnitttiefen, immer mehr zugunsten des offenen Einschnitts.

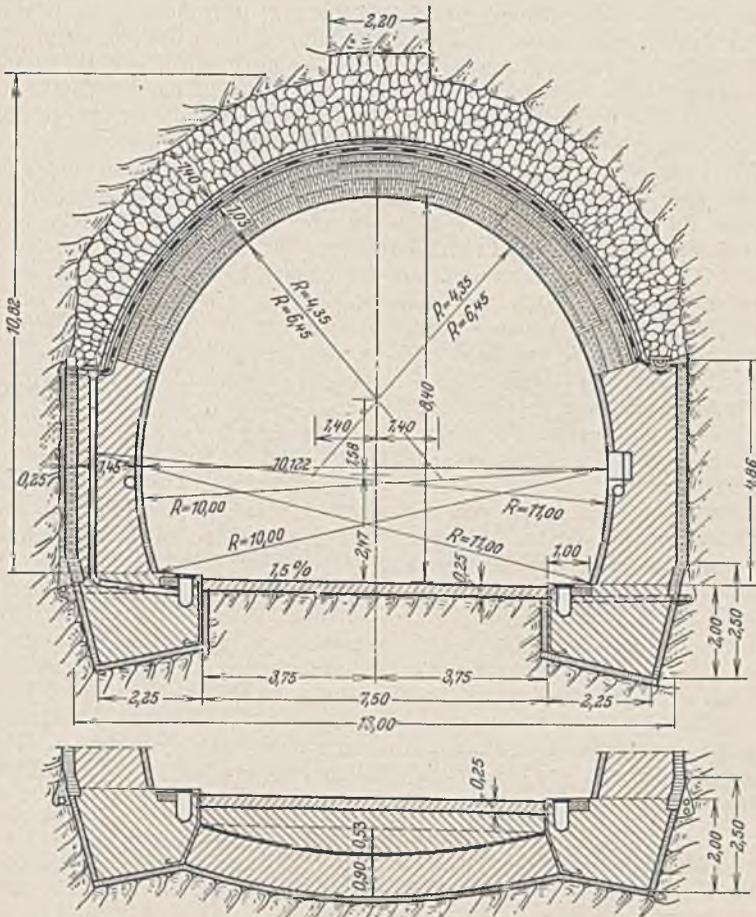


Abb. 13. Engelbergtunnel der Reichsautobahn Stuttgart—Ludwigsburg.

Hochgebirgstunnel.

Ebensowenig der Wunsch nach Verbesserung der Verkehrsbeziehungen, wie der Wunsch, auch im Winter den Straßenverkehr im Hochgebirge aufrecht zu erhalten, hat eine Anzahl von Vorschlägen für die Straßentunnel in den Alpen entstehen lassen, die hier kurz zusammengestellt werden sollen.

⁷⁾ Die Straße 1938, Heft 10, S. 306.

1. Der Tunnel unter dem Montblanc. Die Verkehrsbeziehungen zwischen Italien und Frankreich sowohl in Eisenbahn- wie Straßenverkehr sind gering und liegen nicht übermäßig günstig. Ein neuer Durchbruch durch den Montblanc-Stock würde eine unmittelbare Verbindung zwischen Paris und Norditalien bis Rom schaffen. Der schon seit 1907 bearbeitete Entwurf eines Eisenbahntunnels ist in einen Tunnel für Kraftverkehr umgewandelt worden. Die geothermischen Schätzungen lassen eine Temperatur von 34 bis 43,5° C erwarten, weshalb eine kräftige Lüftung vorgesehen werden muß, auch später für die Abführung der Auspuffgase. Der letzte italienische Entwurf sieht die Tunneleinfahrt auf + 1212 auf der Seite von Chamonix vor, während die Ausmündung auf der italienischen Seite auf + 1360 NN liegen soll⁸⁾. (Gefälle 8‰ bei einer Gesamtlänge von 12,5 km.) Man erwartet aus dem Höhenunterschiede eine Erleichterung der Lüftung. Die höchste Höhe der Deckung wird bei einer Tunnelage auf + 1328 NN etwa 2000 m betragen. Zwei Tunnelröhren sind im Abstände von 25 m Achse zu Achse vorgesehen, jede für eine Fahrrichtung mit 6 m Gewölbebreite. Die Fahrbahn ist zweispurig (5 m zwischen den Bordkanten). Von französischer Seite ist ein Gegenvorschlag ausgearbeitet worden, nach dem die Einfahrt auf französischer Seite auf + 1054 NN liegt. Die Rampe auf französischer Seite wird 7150 m länger, so daß die Steigung auf 4‰ verringert werden kann. Auf italienischer Seite sollte die Ausmündung dann auf 1317,5 liegen.

2. Der Simplon-Tunnel. Von den beiden Tunnelröhren des Simplon soll eine für den Bahnverkehr verbleiben, die andere als Kraftwagenstraße umgebaut werden. Das erfordert besondere Lüftungseinrichtungen, die nach dem Vorschlag (Abb. 14) eingerichtet werden sollen. Die Straße würde nur einspurig, die Bahnlinie nur eingleisig sein, die Verkehrsleistung beider also beschränkt, so daß aus bau- und verkehrstechnischen Gründen und wegen der unvorteilhaften Lage der Simplonlinie zu den europäischen Nord-südverbindungen dieser Vorschlag keine Aussicht auf Verwirklichung hat.

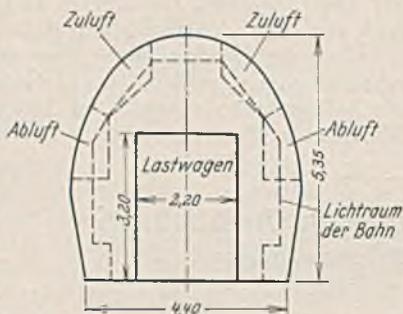


Abb. 14. Umbau einer Röhre des Simplontunnels für Straßenverkehr.

3. Bernhardin-Tunnel. Die Paßstraße vom Rhetal nach Oberitalien über den Bernhardin auf der Höhe 2060 soll durch einen Scheiteltunnel von 5,1 km Länge auf 1700 NN verlegt werden. Die Lage abseits von den Hauptverkehrsstraßen und die nicht genügend schneefreie Lage lassen diesen Vorschlag als unzweckmäßig erscheinen.

4. Der St. Gotthard-Autotunnel⁹⁾ liegt verkehrsgeographisch am günstigsten. Der Entwurf ist daher auch am weitesten durchgearbeitet. Zwei Gegenvorschläge liegen vor, ein Basistunnel auf + 1200 NN von 15,1 km Länge, der etwa 200 m über dem Eisenbahntunnel zwischen Göschenen und Airolo liegt, und ein 9,8 km langer Scheiteltunnel auf ungefähr + 1500 NN. Da die beiderseitigen Zufahrtrampen für den Basistunnel schon vorhanden und schneefrei zu halten sind, erweist sich dieser als der vorteilhaftere. Die Scheitelhöhe liegt auf + 1224,6 NN. Das Längsgefälle beträgt 3,5‰ auf der Nordhälfte und 3‰ auf der Südhälfte. Der Tunnel benötigt sechs Lüftungsschächte, deren Länge zwischen 178 und 735 m liegt. Die nach Westen mit einem Halbmesser von 9000 m ausbuchtende Tunnelachse ist

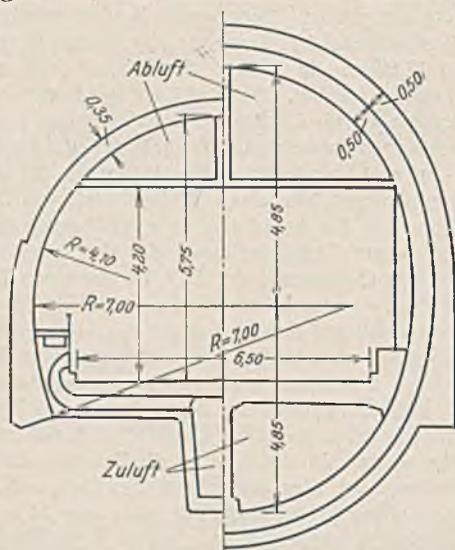


Abb. 15. Querschnitt des St. Gotthard-Tunnels (Entwurf).

so geführt, daß die Lüftungsschächte mit möglichst geringen Längen und ihre Mündlöcher auch an jederzeit schnee- und lawinenfreien Hängen angelegt werden können. Der Tunnel hat zwei Fahrspuren für jede Richtung (Abb. 15). Die Fahrbahnbreite von 6,5 m, für zwei Fahrrichtungen, ist bei einer Tunnelänge von 15,1 km völlig unzureichend. Sie müßte mindestens 7,5 m betragen, wenn bei größerer Fahrgeschwindigkeit, Lastkraftwagen

und Omnibus die nötige Sicherheit vorhanden sein soll. Dann aber vermehren sich der Tunnelausbruch und damit die Kosten in solchem Ausmaße, daß die Anlagekosten viel zu niedrig veranschlagt sind. Der Tunnel ohne die Schächte erfordert einen Ausbruch von 1 105 000 m³. Die Verbreiterung der Fahrbahn um 1 m würde für den kleinsten Tunnelquerschnitt im standfesten Gebirge den Vollausbuch um etwa 10 m² vergrößern, für die ganze Tunnelstrecke um rd. 150 000 m³, d. h., mindestens 15‰. Die Baukosten des Tunnels allein, ohne die Schächte (Ausbruch, Mauerwerk und Eisenbahnkonstruktion), die zu 67 Mill. Schweizer Franken veranschlagt sind, würden sich dann mindestens um 77 Mill. Fr. erhöhen.

Aber abgesehen von den Kosten, werden gegen den Bau solcher Autotunnel und die geringen Aussichten für die angemessene Kostendeckung, eine ganze Reihe anderer beachtlicher Einwände erhoben, die es sehr zweifelhaft erscheinen lassen, ob solche Tunnel für den öffentlichen Verkehr überhaupt geeignet sind. Der erste ist wohl der am meisten beachtliche, daß solche Tunnel, besonders wenn eine Gebühr erhoben wird, nur im Winter benutzt werden. Im Sommer wird jeder Kraftfahrer — vor allem die Touristen, die den Hauptteil der Kraftwagen stellen — die offene Gebirgsstraße bevorzugen. Ertragsberechnungen, die von einer jährlichen Inanspruchnahme anfangs von 100 000, später von 300 000 Wagen ausgehen, sind unwahrscheinliche Annahmen¹⁰⁾.

Wenn die Aufgabe darin gesehen wird, jeder Verkehrsart die ihr eigentümlichen Wege und Verkehrsaufgaben zuzuweisen, so ist festzustellen, daß der Kraftwagen, der zufolge der Bauart seines Motors auch starke Steigungen voll ausgelastet überwinden kann, Tunnel nicht nötig hat, durch die verlorene Steigungen erspart werden sollen. Bei den Eisenbahnen liegen andere Verhältnisse vor. Das Einzugsgebiet der Alpentunnel erstreckt sich von den Küsten von Antwerpen bis Hamburg im Norden und Genua und Triest im Süden, wie aus den Staatsverträgen, die zur Erbauung des Gotthardtunnels geführt haben, zu entnehmen ist. Massengüter werden hier auf weiten Strecken befördert. Diese werden der Schienenbahn verbleiben. Die Güterbeförderung im Kraftwagen wird sich auf die hochwertigen Stückgüter beschränken, deren Einflußbereich flächenmäßig größer aber inlenmäßig kürzer und schwächer als bei der Eisenbahn ist und bleiben wird. Es ist verkehrstechnisch eine Verkennung der Aufgaben des Kraftwagens, Basistunnel für ihn zu erbauen, die nur berechtigt sind, wenn ein sehr weites Einzugsgebiet bedient wird, die auch nur unter diesem Gesichtspunkte sich als wirtschaftlich erweisen. Der Personenverkehr im Kraftwagen, soweit er auch im Winter anfällt, ist nur ein geschäftlicher, dem durch Verbesserung und Verbilligung der Beförderung der Kraftwagen mit der Bahn durch den Tunnel genügt werden kann. Schienenbahn und Kraftwagen ergänzen sich dann leistungsgemäß. Darum geht man in der Schweiz von der Ansicht aus, daß ein Bedarf für Autotunnel nicht besteht, wenn die Beförderung der Kraftwagen mit der Bahn durch die Eisenbahntunnel leistungsfähiger, billiger und bequemer gestaltet wird. Für den Touristenverkehr sind die Tunnel aber überflüssig, da jener im wesentlichen auf den Sommer beschränkt bleiben wird. Die ganzjährige Offenhaltung des Julier-Passes von Chur über Lenzerheide nach dem Engadin und von dort über den Maloja nach Italien, deckt alle motorischen Sportwünsche auch für den Winter. Ausgenommen von allen diesen Überlegungen sind die Tunnel, die zur Landesverteidigung sich als notwendig erweisen.

Der Kraftfahrer fühlt sich auf der offenen Landstraße sicherer und freier, die ihm durch ihre stets wechselnde Umgebung und landschaftlichen Reize höheren Genuß gewährt als im Tunnel. Vor allem stellt die Lenkung auf freier Strecke viel geringere Anforderungen an den Fahrer als im Tunnel. Eine Befragung der Kraftfahrer würde sicherlich die Auffassung von Th. Gubler, Basel¹¹⁾, bestätigen, daß die Tunnelfahrt auf den Fahrer entnervend wirkt. Diese Erfahrung hat er in den modernen Tunneln auf der Autocamionale Genua—Val de Po gemacht, deren längster 909 m lang ist, und auch von der Fahrt über die Glocknerstraße berichtet er, daß selbst von dem nur 311 m langen Hochtortunnel der Glocknerstraße, der hell ausgemauert, stark beleuchtet, mit hellem Betonbelag und guter Abtrennung für die beiden Fahrbahnen, kurzum das Muster von einer solchen Anlage ist, jeder froh ist, wenn die Tunnelfahrt rasch zu Ende geht. Der Autotunnel kann also als besondere Errungenschaft der Technik nicht angesehen werden. Der Kraftwagen ist ein Freiluftfahrzeug. Wo er zwangenermaßen auf Tunnel verlesen wird, stellt er außerdem an die Ausrüstung des Tunnels hinsichtlich Ent- und Belüftung und Beleuchtung Anforderungen, die nicht nur kostspielig und unwirtschaftlich sind, sondern auch einen Betrieb verlangen, der gegen Störungen und Unregelmäßigkeiten sehr empfindlich ist und überraschend schnell die Benutzung in Frage stellt.

Tunnellüftung.

Die Grundlagen der Tunnellüftung sind neuerdings im Handbuch für Eisenbeton, 4. Aufl., Bd. XII, eingehend behandelt. Auf sie wird

⁸⁾ Le Strade 1935, Heft 11, S. 650.

⁹⁾ Schweiz. Bauztg. 1935, S. 174.

¹⁰⁾ Schweiz. Bauztg. 1935, S. 170 (s. a. Bauing. 1936, S. 78).

¹¹⁾ Autostraße 1938, Heft 12.

Bezug genommen, aber einige ergänzende Folgerungen aus neuen Erfahrungen und neuen Entwürfen sollen gezogen werden.

1. Von welcher Länge an werden Straßentunnel künstlich belüftet werden müssen? Das wird abhängen von der örtlichen Lage zu den Himmelsrichtungen und zu den vorherrschenden Winden, von dem Tunnelgefälle, von der Zahl der gleichzeitig im Tunnel befindlichen Fahrzeuge und der Beschaffenheit und Menge ihrer Auspuffgase.

Während bei dem Bahntunnel damit gerechnet wird, daß bei der Fahrt durch Druck und Zug die Luft erneuert wird, sind die gleichen Wirkungen für Straßentunnel noch nicht genügend nachgewiesen. Wenn beide Fahrrichtungen in einer Röhre vereinigt sind, werden sich die Wirkungen aufheben und daher nicht mit in Rechnung gestellt werden können. Bei Zuweisung je einer Verkehrsrichtung in einem Tunnel kann je nach der Luftströmung die Fahrrichtung den Luftstrom unterstützen oder ihm entgegenarbeiten, mit einer zuverlässigen Mitwirkung ist also nicht zu rechnen.

Natürliche Lüftung kann durch drei Zustände bewirkt werden:

a) Unterschiede in der Lufttemperatur innerhalb und außerhalb des Tunnels.

Bei tiefen Tunneln wird die stets größere Innenwärme nach außen abzustreichen suchen. Bei kurzen Tunneln kann Besonnung an einem Tunnelmund und Schatten am anderen eine Art Querlüftung bewirken.

Die beiden Röhren des Engelbergtunnel der Reichsautobahn Stuttgart—Hellbronn steigen vom nördlichen zum südlichen Tunnelmund mit 1,5 und 3,1‰; man erwartet dadurch eine natürliche Lüftung. Auch der längste Tunnel der italienischen Autostraße Genua—Po-Ebene (909 m) hat keine Lüftung, weil er auch von Norden nach Süden liegt, die Achse keinen Knick hat und daher mit einer ausreichenden natürlichen Lüftung gerechnet wird. Da auch die Tunnel grundsätzlich keine stärkere Neigung als 2‰ haben, ist es nicht notwendig, den Motoren der Autozüge Vollgas zu geben, so daß auch die Menge der Auspuffgase gering bleibt. Man nimmt an, daß auch ein stärkerer Verkehr als der gegenwärtige (570 Lastwagen, davon 307 mit Anhänger, 582 Personenwagen täglich) noch keine künstliche Lüftung erfordern wird. Allerdings ist schon starke Schwadenbildung am südlichen Tunnelmund festgestellt¹²⁾. Auf jeden Fall ist vorgesehen, in dem oberen Segment der Tunnelwölbung, oberhalb einer Fahrbahnhöhe von 4,2 m eine Lüftungsleitung von 2,5 m Breite und 0,72 bis 1,42 m Höhe nachträglich einzubauen (s. Abb. 5).

b) Lüftung infolge Unterschiedes des barometrischen Druckes ist nur dort vorhanden, wo der Höhenunterschied der Tunnelmündungen erheblich ist (s. Montblanc-Tunnel).

c) Winddruck kann vorteilhaft sein, — beim Königsstuhl-tunnel der Reichsbahn am Bahnhof Heidelberg wird er, wenn er günstig liegt, ausgenutzt — er kann aber auch nachteilig sein und muß dann abgefangen werden, wie beim Liberty-Straßentunnel in Pittsburgh, bei dem durch besondere Windfallen Schutz dagegen geschaffen werden mußte.

Ist schon die Einschätzung, ob mit dem Eintreten der natürlichen Lüftung durch die Einflüsse a bis c je allein oder zusammen zu rechnen ist, höchst unsicher, so ist noch zweifelhafter, ob die Lüftung auch genügt, die Auspuffgase der Kraftwagen rechtzeitig abzuführen und für die nötige Lufterneuerung zu sorgen. Es fehlen alle sicheren Rechnungsunterlagen. Der längste Alpentunnel am Col di Tenda, auf der Grenze zwischen den Seealpen und den Ligurischen Alpen, 3182 m lang auf 1321 m Höhe, erbaut im Jahre 1883, hat keine Lüftung. Aber seine Verkehrsleistung scheint unbedeutend zu sein.

Dagegen hat der 1280 m lange Wawona-Tunnel (Abb. 1) in Kalifornien eine künstliche Lüftung erhalten. Man kann also davon ausgehen, daß Straßentunnel, selbst solche mit lebhaftem Verkehr, bei Längen unter 1000 m, wenn ihre Aufrißlinie eine Gerade ist und das Gefälle unter 2‰ bleibt, durch natürlichen Längszug entlüftet werden können.

Sobald aber das Tunnelgefälle einen Knick hat nach oben, oder bei den Unterwassertunneln nach unten (Sack), ist eine künstliche Lüftung schon bei geringer Länge notwendig.

2. Wie wird die Lüftung angeordnet? Die erste Maßnahme ist, Schächte anzulegen, etwa nach den Anordnungen der Abb. 16, wie sie am Liberty-Straßentunnel bei Pittsburgh und am Königsstuhl-tunnel vorgesehen sind. Diese Form der Längslüftung bleibt auf Eisenbahntunnel (Simplon) und kurze Straßentunnel beschränkt. Querlüftung ist erforderlich, wenn die dem Tunnel zuzuführende Luftmenge so groß ist,

daß die Geschwindigkeit > 4 m/sek wird. Für längere Straßentunnel kommt die Querlüftung, allenfalls eine Vereinigung von Längs- und Querlüftung in Frage¹³⁾. Der Luftbedarf errechnet sich aus den Anforderungen, daß der Gehalt an CO, erzeugt durch die Auspuffgase der Motoren, durch Luftzufuhr so verdünnt und mit den andern Schwergasen und den Rauchschwaden so schnell abgeführt werden, daß er 4 auf 10 000 R.-T. nicht übersteigt. Auch 5 und 10 R.-T. für kurze Zeiten werden zugelassen.

Nach amerikanischen Ermittlungen erzeugt ein Lastkraftwagen bei einer Fahrgeschwindigkeit von 24 km/h und 4‰ Steigerung 68,71 l/min CO und ein Personenwagen 37,64 l/min CO. Je nach dem Verhältnis der Lastkraftwagenzahl in einer Stunde zu der der Personenwagen und ihrer Fahrgeschwindigkeiten ergibt sich die Menge an schädlichen Auspuffgasen, die für amerikanische Tunnelverhältnisse zu 60 l/min ermittelt ist. Wenn der Höchstgehalt, den der Mensch ohne Schaden ertragen kann, auf 4 R.-T. CO auf 10 000 R.-T. Luft angenommen wird, errechnet sich die erforderliche Frischluftmenge Q für einen zweispurigen Tunnel von L km Länge, der von c Wagen mit V km/h befahren wird, nach der folgenden Formel

$$Q = \frac{1}{6} \cdot 0,25 \cdot 60 \cdot 2 c L / V \text{ m}^3/\text{sek}$$

und daraus ein stündlicher Luftwechsel

$$n = \frac{3600 Q}{1000 L F} \quad (F = \text{Tunnelquerschnitt}).$$

Bei den Lüftungsmaßnahmen ist besonders noch auf außergewöhnliche Fälle Rücksicht zu nehmen; bei Unfällen, die den gesamten Verkehr aufhalten, einen dichten Anschluß der zum Stehen kommenden Fahrzeuge bewirken, deren Zahl dann viel größer ist als die bei Verkehrsspitzen, muß die Lüftung verstärkt werden. Die gesamte Anlage muß also für solche außergewöhnlichen Fälle bemessen werden und stets betriebsbereit sein. Gerät ein Fahrzeug im Tunnel in Brand, so muß dafür gesorgt werden, daß der Herd beschränkt bleibt und nicht durch den Luftzug das Feuer sich weiter ausbreitet. Durch die Anordnung der Querlüftung sucht man dieser Gefahr zu begegnen, bei der die Luftzufuhr und Abfuhr innerhalb begrenzter Abschnitte geschieht. Die bisher übliche Luftzuführung unten an der Fahrbahn und die Abführung nach oben, wie in den Tunneln nach Abb. 15 vorgesehen, soll unzweckmäßig sein, weil der von unten nach oben steigende Luftstrom die Rauchschwaden der Motoren besonders von Dieselmotoren) in die obere Tunnellage führt und dadurch die Sicht stark behindert wird. Die umgekehrte Lüftung soll diesen Übelstand beseitigen. Die Annahme, daß mit dem thermischen Auftrieb des CO auch die Einblaswirkung hinzukommt, hat sich als trügerisch erwiesen. Die Luftmischung und CO-Verdünnung tritt im Gegenstromverfahren kräftiger ein. Die Frischluftzuführung von oben und das Absaugen der Gase an der Fahrbahn dürfte vorteilhafter sein. Nach diesem Verfahren ist die Lüftung für den 5,8 km langen Titlis-Straßentunnel, der eine einseitige Steigung von 6‰ hat, entworfen¹⁴⁾. Der Tunnel hat zwei Schächte. Da die Betriebskosten jeder Tunnellüftung sehr hoch sind, wird die Luftmenge nach der Stärke des Verkehrs bemessen, und die Gebläse werden in einzelne Stufen aufgeteilt, die je nach Bedarf arbeiten. Zur Anpassung an den Luftbedarf wird die Luftzusammensetzung selbsttätig auf den CO-Gehalt überwacht und bei Überschreitung des kritischen Wertes auch selbsttätig die Lüftung verstärkt. Die Unterschiede der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit können bei Straßentunneln in höheren Lagen zur Eis- und zur Nebelbildung führen, Vorgänge, die beide durch entsprechende Maßnahmen in der Lüftung verhindert oder wenigstens vermindert werden können, über die aber noch keine Erfahrungen vorliegen, weil die Tunnellüftung bisher nur bei Unterwassertunneln in größerem Ausmaße angewendet ist, die diesen Einflüssen nicht ausgesetzt sind. Mit der Tunnellänge vermehren sich natürlich in unverhältnismäßigem Ausmaße die Möglichkeiten von Gefahren, Unfällen, Bränden und daher auch die Schutzmaßnahmen und damit die Anlage- und Betriebskosten. Diese, vereint mit den natürlichen Hemmungen und der Nervenabnutzung, denen der Fahrer bei der Tunnelfahrt ausgesetzt ist, sollte von der Anlage allzulanger Tunnel abschrecken. Tunnel passen nur für schienengebundene Dampf- oder elektrische Züge, aber nicht für freibewegliche Fahrzeuge mit Motoren.

Tunnelbeleuchtung.

Das schon erwähnte Unbehagen und Gefühl der Unsicherheit, das den Kraftfahrer im Tunnel beherrscht, kann nur zum Teil durch eine Beleuchtung gemildert werden. An sich hat die Beleuchtung dieselben Bedingungen zu erfüllen, die ihr auch auf den Straßen selbst gestellt sind, die aber insofern erschwert sind, als durch die Tunnelwände Lichtspiegelungen eintreten können. Helle Wände, die dem Raum ein gleichmäßiges Licht geben, sind bisher bevorzugt. Die Beleuchtung soll vor allem so angeordnet werden, daß bei starkem Sonnenlicht die Unter-

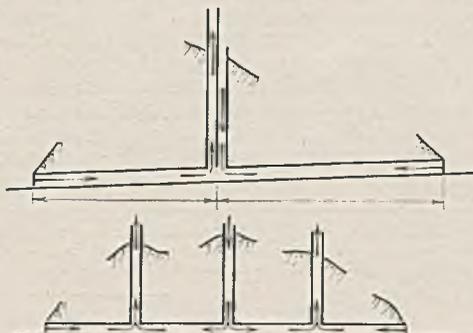


Abb. 16. Schächte zur Tunnelentlüftung.

¹²⁾ Th. Gubler, Autostraße 1938, Heft 12.

¹³⁾ Über die Anordnung dieser Lüftungsformen s. Handb. f. Eisenbetonbau, IV. Aufl., Bd. XII.

¹⁴⁾ Schweiz. Bauztg. 1938, Heft 8, S. 85.

schiede der Helligkeit bei der Einfahrt in den Tunnel und bei der Ausfahrt aus dem Tunnel oder aus dem gedämpften Licht der nächtlichen Beleuchtung in den hellen Tunnel und wiederum bei der Ausfahrt, gemildert werden, weil sie bei schneller Fahrt den Fahrer beeinflussen und unsicher machen. Einige Maßnahmen, um diese Lichtverhältnisse an den Tunnelmündungen den jeweiligen Helligkeitsunterschieden anzupassen, sind im Handb. f. Eisenbetonbau, 4. Aufl., Bd. XII, S. 368 angegeben. Ein ganz neues Verfahren wird zur Abstufung der Helligkeit an den Tunnelenden in Eng. News-Rec. Bd. 120, S. 259 beschrieben. Bei Tunneln, die nur in einer Richtung befahren werden, soll die Lichtquelle so angeordnet werden, daß die rechte Bordschwelle einen kräftigen Schatten wirft, der dem Fahrer die rechte Begrenzung scharf kennzeichnet und ihm dadurch ermöglicht, sich so weit rechts als möglich zu halten und infolgedessen die Überholungspur genügend freizugeben. Bei zerstreuten Lichtverhältnissen auf der Fahrbahn zieht der Fahrer vor, aus Sicherheitsgründen, in Fahrbahnmitte zu bleiben, wodurch die Verkehrsleistung gestört wird. Sonst gelten die üblichen beleuchtungstechnischen Regeln. Da es sich hier nicht um bautechnische Anlagen, sondern um beleuchtungstechnische Fragen handelt, sollen diese Hinweise genügen.

Vermischtes.

Hafenbautechnische Gesellschaft E. V. Die 17. ordentliche Hauptversammlung findet anlässlich des 25jährigen Bestehens der HBG. vom 18. bis 21. Mai d. J. in Lübeck und Kopenhagen statt. Vorträge werden halten am Donnerstag, den 18. Mai: Staatssekretär Koenigs vom Reichs- und Preussischen Verkehrsministerium, Berlin, über „Hafenpolitik“; Senator Schröder, Polizeipräsident Lübeck, über „Die Häfen Lübeck und Travemünde und deren Entwicklung“; Regierungsbaurat Dr.-Ing. Walther, Reichswasseramt Lübeck, über „Die Trave als Seewasserstraße“; Ministerialrat Barelmann, Reichsluftfahrtministerium, Berlin, über „Anlage und Einrichtung von Seeflughäfen“.

Die Besichtigungen erstrecken sich auf den Lübecker Hafen, das Hochofenwerk Lübeck und die Hafenanlagen in Kopenhagen.

2,5-t-Explosionsstamper. Um beim Verdichten loser Schüttungen eine größere Tiefenwirkung als mit den 0,5- oder 1-t-Explosionsstampfern¹⁾ zu erreichen, ist das Gewicht des Stampfers Bauart Delmag auf 2,5 t erhöht worden. Der Stamper (Abb. 1) mit einem Hubraum von 55 l und einer Sprunghöhe von 40 bis 50 cm führt 50 Schläge/min aus und verbraucht an Benzol als Treibstoff 56 bis 64 l/8 h.



Abb. 1.
2,5-t-Explosionsstamper Bauart Delmag während des Sprunges.
Werkaufnahme.

Vor dem Sprung des Stampfers befindet sich über dem Kolben *a* (Abb. 2) das Benzol-Luft-Gemisch, das durch die Zündkerze *b* zur Explosion gebracht wird und dabei den Stamper mit Ausnahme der Kolben *a* und *c* hochwirft. Beim Springen, am Ende der Ausdehnung der Verbrennungsgase, legt der Zylinder *d* die Auspuffschlitze *e* frei, so daß die Verbrennungsgase über dem Kolben *a* entweichen können. Während sich der Zylinder *d* infolge des Beharrungsvermögens weiter nach oben bewegt, beginnen die Kolben *a* und *c* infolge der Wirkung der Luft, die unter dem Kolben *c* verdichtet wurde, sich ebenfalls zu heben und folgen dem hochspringenden Zylinder *d* nach. Da der Kolben *a* leichter als der Kolben *c* ist, dringt durch die Bohrungen *f* Luft zwischen die Kolben *a* und *c* und hebt den Kolben *a* rascher als den Kolben *c* an, so daß sich die beiden Kolben voneinander trennen. Gleichzeitig bewegen sich beide Kolben weiter nach oben, wodurch der Kolben *a* die Auspuffschlitze *e* freigibt und der Raum zwischen den beiden Kolben drucklos wird. Der

Diese Anforderungen an die bau- und betriebstechnische Ausrüstung von Straßentunneln, die selbstverständlich noch ein vielköpfiges Wartepersonal erfordern, wachsen mit der Länge der Tunnel zum Teil in gestiegenerem Verhältnis und ebenso die Anlage- und Unterhaltungskosten. Nur dort, wo ein starkes Verkehrsbedürfnis vorliegt, wie z. B. bei städtischen Tunneln, ist daher eine solche Anlage vertretbar. Im Überlandverkehr und auch im Hochgebirge spricht alles gegen die Anlage von Tunneln größerer Länge, wie sie sich beim Eisenbahnbetrieb bewährt haben und nicht mehr fortzudenken sind. Wenn die Aufgabe gestellt ist, jedem Verkehrsmittel die ihm artgemäße Bahn und Verkehrsbereiche zuzuweisen, dann zeigt dieses Beispiel, wie Schienenbahn und Kraftwagen unterschiedlich zu behandeln sind.

Vor allen Dingen ist zu beachten, daß das Kraftfahrzeug nicht ortgebunden ist und damit den Vorteil genießt, sich den jeweilig auftretenden Anforderungen des Verkehrs anpassen zu können, dessen schnelle Veränderungen und Verlagerungen ein Kennzeichen unseres Zeitalters ist. Darum sollte der Aufwand für die Wegeanlage das unbedingt notwendige Maß nicht überschreiten, er könnte überflüssig und entwertet werden, schneller als angenommen wird.

Kolben *a* fliegt darauf nur durch sein Beharrungsvermögen weiter nach oben. Dabei schiebt er die über sich befindlichen Abgasreste durch das Ventil *g* und die Schlitze *e* ins Freie.

Wenn der Stamper die höchste Sprungstellung erreicht hat und wieder zu fallen beginnt, legt sich der Kolben *a* am Zylinderdeckel *h* an.

Der Kolben *c* hat seine höchste Lage ebenfalls erreicht und bleibt mit dem Kolben *a* während des Fallens in dieser Stellung.

Durch das Aufschlagen auf den Boden, den Arbeitsgang des Stampfers, bewegt sich der Kolben *a* durch das Beharrungsvermögen und sein Gewicht im Zylinder *d* nach unten und saugt durch das Ventil *i* aus dem Vergaser *k* das Brennstoff-Luft-Gemisch für den nächsten Sprung an. Sitzt der Kolben *a* auf dem Kolben *c* wieder auf, so ist die Ausgangsstellung wieder erreicht, und das nächste Arbeitsspiel kann beginnen. — Die Zündung geschieht durch den Bedienungsmann, der den Stamper durch die gabelförmige, gelenkig angebrachte Deichsel in der Sprungrichtung lenkt.
R.—

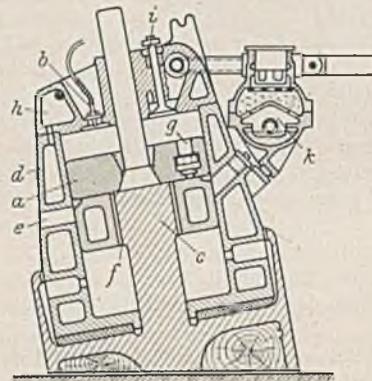


Abb. 2. Schnitt durch den Stamper.
a, c Kolben, *b* Zündkerze, *d* Zylinder, *e* Auspuffschlitze, *f* Bohrungen für den Luftdurchlaß, *g* Auspuffventil, *h* Zylinderdeckel, *i* Ansaugventil, *k* Vergaser.

Patentschau.

Spaltabdeckungen für Brücken und ähnliche Bauwerke. (Kl. 19 d, Nr. 639 510, vom 25. 5. 1935, von Demag AG in Duisburg.) Um größere Spalte abzudecken, wird eine aus mehreren beweglich miteinander verbundenen Einzelplatten bestehende Abdeckplatte verwendet, die mit ihrem einen Rand an dem beweglichen Fahrbahnteil 2 angelenkt ist und mit ihrem anderen freien Rand unter den feststehenden Fahrbahnteil 1 verschiebbar ist. Zwischen den beiden Teilen 1 und 2 verbleibt der Spalt *S*;

die Spaltabdeckung geschieht durch die aus den Einzelplatten 3 und der Endplatte 4 bestehenden Abdeckplatte. Die Platten 3 sind unter sich und dem beweglichen Teile der Brücke 2 am Spaltrand 2*a* durch Bolzen 5 verbunden und stützen sich auf eine Unterlage 6 ab; diese Unterlage wird mit Führungen 7 versehen, die von Klauen 8 der Einzelplatten 3 umfaßt werden, so daß sich die Platten nicht beim waagerechten Schub nach oben abheben können. Bei Temperaturerhöhung dehnt sich der Teil 2 nach links aus und schiebt dabei die Abdeckplatten 3 nach links, so daß sie unter den Spaltrand 1*a* wandern. Die Unterseite der Abdeckplatte ist entsprechend der Krümmung der Bahn 7 hohlgekrümmt; die Einzelplatten stützen sich auf die Enden 3*a* auf, die um den Mittelpunkt der Bolzen 5 gekrümmt sind und daher eine einwandfreie Abstützung der Platten ermöglichen. Die Einzelglieder der Abdeckplatte können auch durch ein biegsames Zugmittel untereinander verbunden werden.

INHALT: Geschweißte Stahlbogenbrücken über die Reichsautobahnstrecke bei Dessau. — Der Straßentunnel und seine Ausrüstung. (Schluß). — Vermischtes: Hafenbautechnische Gesellschaft E. V. — 2,5-t-Explosionsstamper. — Patentschau.

Verantwortlich für den Inhalt: A. Laskus, Geh. Regierungsrat, Berlin-Friedenau.
Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin.

¹⁾ Bautechn. 1934, Heft 15, S. 214; 1935, Heft 17, S. 224.