

DIE BAUTECHNIK

15. Jahrgang

BERLIN, 19. November 1937

Heft 50

Alle Rechte vorbehalten.

Wiederherstellung einer Verbruchstrecke im Tunnel Nr. 31 der Elburs-Nordrampe, Persien.

Von Ingenieur Ladislaus von Rabcewicz, Chefingenieur der Zentralverwaltung der Iranischen Staatsbahnen, Teheran.

Der Einsturz und seine Ursachen.

Für den in der Praxis tätigen Ingenieur sind besonders die Vorkommnisse im Zuge großer Bauarbeiten von Interesse, bei denen der Rahmen des gesteckten Bauprogramms verlassen wird und nicht alles so glatt, wie es geplant war, abläuft. — In dieser Hinsicht gab uns der Bau der Elburs-Nordrampe, des nördlichen Teiles der transiranischen Eisenbahn von Benderschah nach Benderschapour, deren Bauleitung dem Verfasser oblag, eine Anzahl von Problemen zu lösen.

Der Bau des Tunnels wurde im Herbst 1932 in Regle begonnen. Man wählte wegen der geringen Länge des Tunnels und wegen der Schwierigkeit der Beschaffung erstklassigen Einbauholzes die belgische Bauweise. Auch ein Sohlstollen war nötig, da der auf der Benderschahseite anschließende Linienteil mit Stein von einem Steinbruch, der auf der Teheransseite des Tunnels lag, versorgt werden mußte und daher eine Verbindung in Nivellettenhöhe unerlässlich war.

Der Sohlstollen wurde im Winter 1932/33 durchgeschlagen. Im März 1933, als der Firststollen bereits nahe dem Durchschlage war, wurden plötzlich die Bauarbeiten wegen der bevorstehenden Vergebung an Großbauunternehmungen eingestellt. Man beschränkte sich also bis zur Weiterführung auf eine Erhaltung der Stollenarbeiten, die nur in der Auswechslung von einigen wenigen Kappen und Stehern bestand.

Während des Vortriebes der Stollen stieß man auf keine Schwierigkeiten; die Tonschieferstrecken, von denen wir wußten, daß sie zu Blähungen neigten, mußten mäßig eingebaut werden. Die Sandsteinstrecken dagegen erhielten nur einen Firstverzug. Nur eine kurze Strecke nahe der Tunnelmitte im Tonschiefer, die etwas wasserführend war, erheischte einige Vorsicht.

Die Weiterführung der Tunnelarbeiten folgte erst im nächsten Winter, nachdem das Baulos im Spätherbst an die Unternehmung Pizzagalli & Co., Mailand, vergeben worden war. Da die Unternehmung viele Monate brauchte, bis sie ihren Gerätepark von Europa beschafft hatte und eine ansehnliche Anzahl von Facharbeitern zugereist war, gingen die Tunnelarbeiten zunächst nur langsam vorwärts. Man schlug den Firststollen durch und begann mit dem Vollausschub der Kalotte von beiden Seiten. Ende April 1934 war der Bauzustand auf der hier in Betracht kommenden Teheransseite etwa folgender:

Der Vollausschub des Firstgewölbes war in sechs aufeinanderfolgenden, an das Portal anschließenden Ringen von je 6 m Länge vollständig fertig, und weitere drei Ringe waren in Arbeit, was bei dem vorhandenen Material die normale Baulänge sicher übersteigt. Die einzelnen Kalottenzonen waren wie üblich durch Schuttlöcher mit dem Sohlstollen verbunden (s. Abb. 1, Schnitt A—A). Ferner war im ersten Ringe bereits der Betonbalken, der zur Unterfangung der Kalottenmauerung dienen sollte, fertiggestellt.

Während der Ausführung der obengenannten Vollausschubarbeiten stieß man ebenfalls auf keine nennenswerten Schwierigkeiten. Die gebräuchlichen Tonschieferstrecken waren mit der Haue und mit Hilfe einiger Schüsse leicht zu lösen und verlangten normalen Einbau, wobei für die ganze Kalotte sechs Kronbalken je Ring verwendet wurden.

Am 1. Mai 1934 trat nun plötzlich Druck in den Ringen 3 und 4 im Sohlstollen auf. Man verstärkte den Einbau sofort durch kräftige Unterzüge. Wenige Stunden später begann sich auch in der Kalotte ein Durchbiegen der Kronbalken und Einsinken der Sohlschweller auf der Bergseite bemerkbar zu machen. Es wurden auch da sofort mit aller Kraft Verstärkungsarbeiten vorgenommen, jedoch gelang es nicht, des plötzlich auftretenden gewaltigen Druckes Herr zu werden, und im Laufe des Vormittags des 2. Mai verbrachen Kalotte und Sohlstollen der ersten vier Ringe vollständig.

Der Verfasser selbst konnte auf der Baustelle den Verbruch genau beobachten (Abb. 2). Es handelte sich um einen Gleitflächenbruch; die Gleitfläche lag offenbar tiefer als der Sohlstollen, und die Grenzen des Bruches konnten über Tage nach den Rissen im Gelände annähernd festgestellt werden. Die Rutschung umfaßte zur Zeit des Verbruches den Voreinschnitt und die Ringe 1—4 (s. Abb. 1, Längenschnitt). Über Tage war außer einem Einsturztrichter über dem ersten Ring und reichlicher Rissebildung nichts zu sehen.

Man bemerkte nur, daß das untere Ende der bergseitigen Ständer des Sohlstollens sich gegen die Mitte hin bewegt hatte und die Sohle aufgestiegen war. Im Tunnel selbst konnte man oberhalb des Ringes 4 einen Hohlraum feststellen, von dem noch ständig Material nachstürzte, das sich in Form einer Halde bis an die ausgebrochene Kalotte des Ringes 5 und in den Sohlstollen ergoß.

Der Winter 1933/34 war sehr schnee- und niederschlagreich und das Frühjahr und der Sommer 1934 brachten eine außergewöhnliche Menge

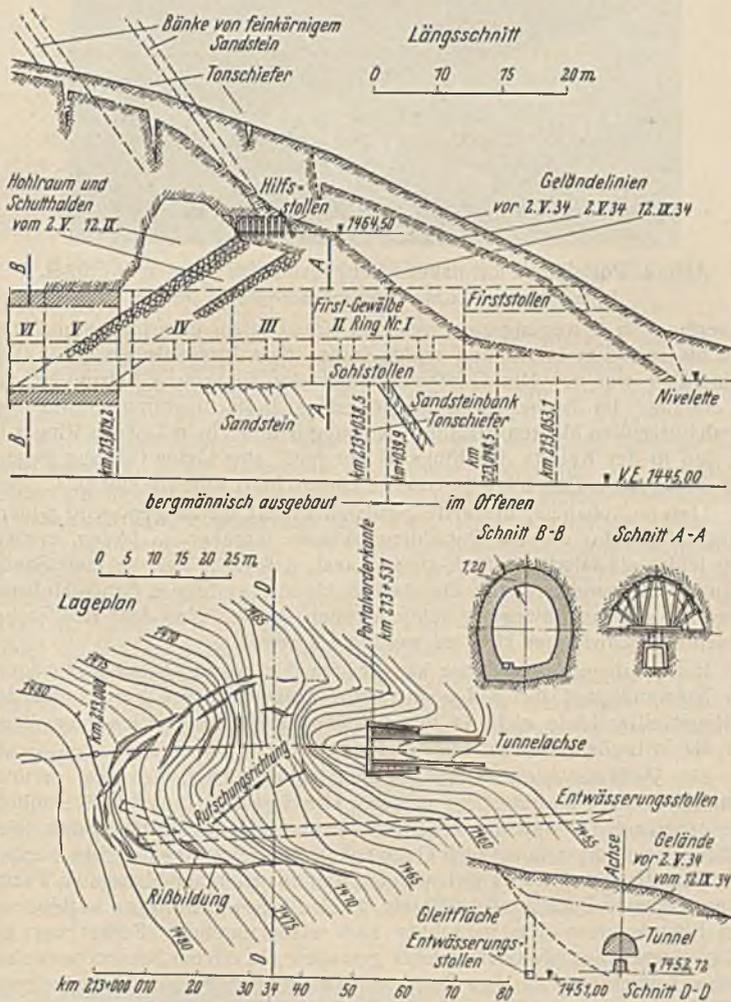


Abb. 1. Übersicht, Darstellung der Verbruchstrecke.

Der größte Teil der Bahn führt zwangsläufig durch sehr rutschgefährliches Gelände, und die bedeutenden Schwierigkeiten, die wir beim Ausbau zu überwinden hatten, sind fast ausnahmslos diesem Umstande zuzuschreiben. Der Verfasser hält die Veröffentlichung einiger Fälle für angezeigt, da sowohl die Probleme wie auch die Art und Weise ihrer Lösung der Erwähnung wert sein dürften. In dem nachstehend beschriebenen Falle handelt es sich um den Tunnel Nr. 31 der Nordrampe, einen 135 m langen Lehnentunnel, von dem ein an den Tunnelmund, Seite Teheran, anschließender Teil in einem ziemlich weit vorgeschrittenen Baustadium vollständig verbrach.

Der genannte Tunnel Nr. 31 durchörtert eine Nase, deren geologisches Profil in dem hier interessierenden Teile in Abb. 1 angedeutet ist. Das Gebirge besteht aus grauen Tonschiefern der Liasformation, reich an tierischen und pflanzlichen Fossilien, die durch Bänke von mürben, feinkörnigen Sandsteinen unterbrochen werden. Das Streichen der letztgenannten Schichten ist nahezu genau senkrecht zur Tunnelachse, und ihr Fall beträgt 55°.

von Regen. Wir bemerkten nach solchen Niederschlägen stets, daß einige Tage später im Stollen und in der Kalotte an verschiedenen Stellen und durch längere Zeit Tropfwasser auftrat.

Man schuf nun sofort über Tage eine Reihe von Beobachtungslinien und stellte fest, daß der talseitige Teil des Tunnels von der Rutschung nicht ergriffen worden war. Es handelte sich also um einen Verbruch,

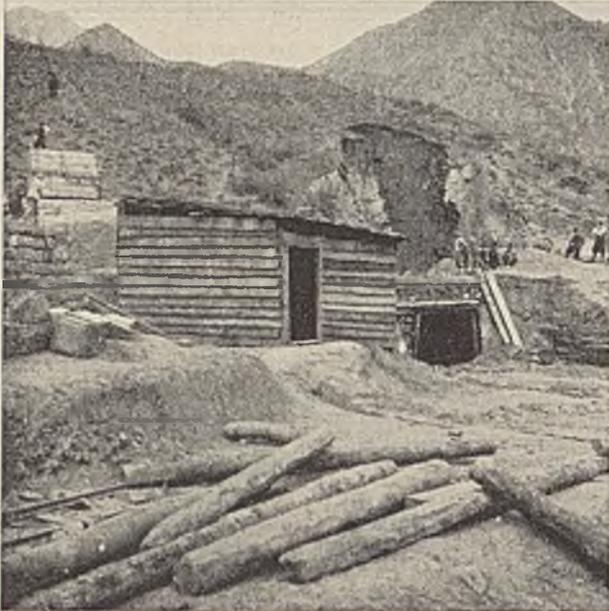


Abb. 2. Einsturztrichter nach dem Verbruche vom 2. Mai 1934.

dessen Ursache die Gleichgewichtsstörung durch den geschaffenen Tunnelhohlraum war und der durch die reichlichen Niederschläge und die damit in Verbindung stehenden Veränderungen des Tonschiefers begünstigt wurde. Außerdem hatte der Tunnel durch die besonderen Verhältnisse zu lange auf Holz gestanden.

Maßnahmen zur Wiederherstellung der Verbruchstrecke.

Wir beurteilten den Fall zunächst ziemlich leicht und nahmen an, daß die Rutschung nicht weitergreifen werde als bis zum ersten, im Längenschnitt eingezeichneten Sandsteinband. Wir beschlossen, die von der Bewegung noch nicht berührten Ringe 5 bis 8 sofort vollständig auszubauen, sodann das Portal, dessen Vorderkante ursprünglich bei km 213 + 084,5 geplant war, nach km 213 + 038,5 zurückzuverlegen, dieses mit einem anschließenden Ringe in offener Bauweise fertigzustellen und danach an den Ausbau der restlichen verbrochenen Strecke zu gehen. Der Voreinschnitt wäre bis zur obenerwähnten Sandsteinbank auszuheben gewesen.

Man begann mit dem Ausbau und der Verstärkung der Ringe 5 bis 8, die in Quadermauerwerk in einer Gewölbedecke von 80 bis 120 cm ausgeführt wurden und bis Anfang September einschließlich Sohlgewölbe vollständig fertig waren (s. Abb. 1, Längsschnitt und Schnitt B—B). Etwas verzögernd wirkte dabei der Umstand, daß nunmehr die Sohlstollenverbindung durch den Verbruch unterbrochen war und man erst ein Gleis



Abb. 3. Eisenbetonrahmen für die Ausführung des Portals in Schalung.
Im Vordergrund der gemauerte talseitige Portalblock.
In der linken oberen Ecke Bruchrand der Rutschung.

außen herumlegen mußte, um den Tunnel mit Mauerstein, der, wie oben erwähnt, nur auf der Teheranseite vorhanden war, zu versorgen.

Nach Fertigstellung der Ringe 5 bis 8 begannen wir mit dem Abgraben des Voreinschnittes, um das Portal, wie oben beschrieben, zurückzuverlegen. Kaum waren jedoch einige hundert Kubikmeter geleistet, so begann sich die Rutschung, die inzwischen vollkommen zum Stehen gekommen war,



Abb. 4. Portalblock mit nahezu fertiggestelltem talseitigen Flügel.
Beginn der Ausschachtung des ersten Ringes im Offenen.

neuerdings in Bewegung zu setzen und ihren Umfang derart zu vergrößern, daß bis zu 0,5 m breite und einige Meter tiefe Risse bis km 213 + 000 bemerkbar waren. Die Geschwindigkeit der Bewegung betrug bis zu 10 cm/Tag. Im Tunnelinnern vergrößerte sich der Hohlraum, und die herabstürzenden Massen erfüllten den Ring 5 und einen Teil des Ringes 6 so, daß in der Kalotte des Ringes 5 nur noch eine kleine Öffnung gegen den Hohlraum offen blieb (s. Abb. 1, Längsschnitt und Lageplan).

Unsere Annahme, die erste Sandsteinschicht werde genügend widerstandsfähig sein, um die Rutschung nicht weitergehen zu lassen, erwies sich leider als falsch, und wir stellten fest, daß nicht nur die erste Sandsteinschicht, sondern auch die darauffolgende, kräftigere Sandsteinbank nunmehr an der Bewegung teilgenommen hatte. Nun war der Sache wesentlich schwieriger Herr zu werden als zuvor.

Eine Verlegung der Achse kam wegen der hohen Kosten und wegen der Notwendigkeit des Aufgebens eines großen Stückes bereits nahezu fertiggestellter Linie nicht in Frage. Man mußte daher alles versuchen, um die kritische Stelle zu überwinden.

Der Verfasser stellte nun ein Bauprogramm auf, bei dem er von dem Grundsatz ausging, das gestörte Gleichgewicht sobald als tunlich wiederherzustellen und die Arbeiten so vorsichtig auszuführen, daß dem Gebirge so wenig wie möglich Gelegenheit zur Bewegung gegeben werde.

Zunächst handelte es sich darum, den rutschenden Massen in Form eines schweren Portals mit kräftigen, durch ein Sohlgewölbe zu verbindenden Flügelmauern den geraubten Fuß wiederzugeben. Ferner war es nötig, soweit dies die Geländeform gestattete, in offener Schachtbauweise einige Tunnelringe an das Portal anzuschließen. Sodann konnte man endlich den bergmännischen Ausbau des Restteiles nach einer besonders vorsichtigen Bauweise, die an die bei dem Christinatunnel verwendete Bauweise erinnert, ausführen. Der Ausbau des Portals mit den Flügelmauern, dessen Vorderkante vorsichtshalber nicht nur nicht zurückverlegt, sondern sogar nach km 213 + 053,1 vorgeschoben wurde (s. Abb. 1, Längenschnitt), war nicht einfach, da man mit den ständig in starker Bewegung befindlichen Massen zu kämpfen hatte.

Wir begannen mit der Ausführung des talseitigen Teiles des Portalblocks, wobei wir noch ein 2,3 m langes Stück des ersten Ringes mit einbezogen. Dieser Block, der zunächst bis auf + 3 m über Schwellenhöhe hochgeführt wurde, stützte sich gegen einwandfrei ruhiges, von der Rutschung nicht berührtes Gebirge. Um nun den in der Rutschung liegenden bergseitigen Teil des Portals ausführen zu können, bedienten wir uns zunächst einer Hilfskonstruktion: Es handelte sich darum, für die Ausschachtung und die Mauerung des bergseitigen Widerlagers eine Absteifung zu finden, die den Druck der rutschenden Massen auf das talseitige Widerlager sicher übertragen würde. Hierfür Holz zu nehmen, erschrän uns nicht zweckmäßig, da es sich in ähnlichen Fällen als zu wenig widerstandsfähig erwiesen hat und außerdem nicht in genügenden Längen vorhanden war. So wählten wir Eisenbeton und errichteten, bevor wir mit der Ausschachtung begannen, eine Rahmenkonstruktion,

deren Achse 2,34 m über Schwellenhöhe lag, gegen die wir dann später die eigentliche Zimmerung für den Aushub des bergseitigen Widerlagers abstützten. Die Länge dieses Rahmens war 4,8 m, und seine Breite entsprach der lichten Tunnelbreite (Abb. 3).

Nach Fertigstellung des Rahmens führten wir mit dem talseitigen Widerlager und dem Rahmen als Stützpunkt ein Sohlgewölbe aus, mit

Maße verminderte sich auch das Nachstürzen der Massen im Tunnelinnern und die Vergrößerung des Hohlraumes. Es war daher, wenn auch nicht ohne Gefahr, möglich, den Hohlraum zu vermessen und auf diese Art und Weise festzustellen, daß nur eine dünne, 3 m hohe Schicht über dem Hohlraum lagerte. Wir trieben nun von außen auf Hohenkote 1464,50 vorsichtig einen kleinen Hilfsstollen durch die Gebirgsdecke und hatten



Abb. 5. Zimmerung für die Ausschachtung des ersten Ringes.
Unter der Lehrbogenabstufung der Eisenbetonbalken.



Abb. 6. Fertiggestelltes Portal.
Oberhalb Eingang des Hilfsstollens.

dessen Unterkante wir stets unter der Gleitfläche blieben. Mit diesen beiden festen Punkten, dem Sohlgewölbe unten und dem Rahmen in Tunnelmitte, konnten wir dann mit kurzen Hölzern ohne Zwischenfall den bergseitigen Portalwiderlagerblock ausschachten und ausmauern.

Um für die Ausführung des bergseitigen Portalflügels, der ja auch noch zum Teil in der Rutschung lag, kürzere Holzlängen zu bekommen, füllten wir einen Teil des Sohlstollens, der durch den ganzen Voreinschnitt ging (s. Abb. 2), mit Magerbeton derart an, daß er als Stützpunkt für die Zimmerung dienen konnte. Die deutlich ausgesprochenen Gleitflächen fanden wir bei der Ausführung der bergseitigen Fundamente in einer Höhe von i. M. 1,5 m unter Schwellenhöhe. Überall stießen wir in der Nähe der Gleitfläche auf Wasser. Auch die beiden Flügel wurden noch durch ein Sohlgewölbe miteinander verbunden.

Es gelang tatsächlich, mit diesem Block (Abb. 4) der Bewegung der rutschenden Massen Einhalt zu gebieten. Nur in den oberen Teilen, in denen reichliche Risse und Hohlräume vorhanden waren, dauerte die Bewegung noch an.

An das so ausgeführte Portal schlossen wir dann noch zwei Ringe je 4,2 m zwischen km 213 + 039,90 und km 213 + 048,30 an, die in offener Schachtbauweise ausgeführt wurden. Abb. 4 u. 5 zeigen den ersten Ring in Ausschachtung. Auch in den beiden so ausgeführten Ringen wurde eine Versteifung durch zwei Betonbalken je Ring in der Tunnelmitte angebracht, die ein Zusammendrücken des Mauerungskörpers verhinderten.

Bevor wir nun zur Ausführung des mittleren Teiles zwischen km 213 + 019,20 und km 213 + 039,90, der, wie erwähnt, in bergmännischer Weise gemacht werden sollte, schreiten konnten, war es notwendig, einige Vorarbeiten auszuführen. Zunächst galt es, die Gefahr zu bannen, die den Arbeitern durch einen etwaigen Einsturz der über dem Hohlraum hangenden (noch in Bewegung befindlichen) Massen drohte (s. Abb. 1, Längenschnitt).

Wie erwähnt, war die Bewegung durch den Bau des Portals (Abb. 6) und der anschließenden Ringe bereits stark eingedämmt. Im gleichen

nach wenigen Metern den Hohlraum erreicht. Diesen füllten wir mit Magerbeton und großen Steinen aus und erreichten damit, daß nicht nur die Einsturzgefahr beseitigt, sondern auch die Bewegung der rutschenden Massen weiterhin eingedämmt wurde. Den Erfolg dieser Arbeit fühlten wir sogleich bei der Ausführung des obenerwähnten letzten Ringes im Offenen, die nach der Ausmauerung des Hohlraumes stattfand und weniger schwierig war als die des vorhergehenden.

Weiter war es unerlässlich, die verbrochenen Massen gegen Ring 5 hin abzuriegeln. Wir errichteten daher am Ende des Ringes 5 eine Wand aus soliden Bohlen, die sich mittels zweier kräftiger Sprengwerke gegen die ausgeführte Tunnelmauerung des Ringes 5 stützte (s. Abb. 12, Vordergrund).

Nach diesen Vorarbeiten konnte man an die Bewältigung des schwierigsten letzten Teiles schreiten. Da nach der Formänderung des Sohlstollens anzunehmen war, daß die Rutschfläche mindestens teilweise bis unter die Nivellette reichte, war es notwendig, den Ausbau damit zu beginnen, daß man zunächst den unteren Teil des Tunnels ausführte und auf die so geschaffene feste Unterlage das Firstgewölbe aufsetzte.

Auch hier war es für uns Grundsatz, von vornherein alle Hilfskonstruktionen so kräftig wie möglich durchzuführen, um Bewegungen oder gar Verbrüche nach menschlichem Ermessen zu verhindern. Vom Ring 5 ausgehend, trieben wir also einen Sohlstollen vor, dessen Abmessungen mit Rücksicht auf die Arbeiten, die von ihm aus durchgeführt werden sollten, beträchtlich waren und der daher besonders verstärkt werden mußte (Abb. 7). Diese Verstärkung bestand aus vier Unterzügen aus doppelten Eisenbahnschienen, die miteinander verschraubt wurden und deren Zwischenraum mit Beton ausgefüllt war. Als Einbaumaterial verwendeten wir nur bestes eichenähnliches Hartholz (Abb. 9, Querschnitt B—B und Einzelheit A).

Die noch auszubauende Verbruchstrecke von 20,7 m Länge zwischen km 213 + 019,20 und 039,90 teilten wir in sieben Ringe (s. Abb. 9), drei Hauptringe Nr. II, IV, VI und vier Zwischenringe Nr. I, III, V und VII. Die Auskleidung des Tunnels in dem in Abb. 9 skizzierten Querschnitt (Gewölbedicke 80 cm, Widerlagerdicke an den Kämpfern 105 cm, Sohlgewölbe

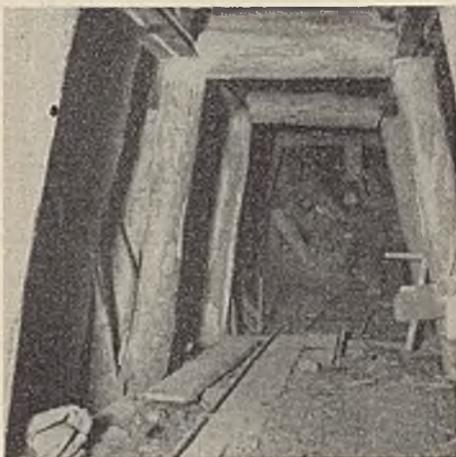


Abb. 7. Sohlstollen mit Verstärkung durch Vollbahnschienenunterzüge.

Im Hintergrunde ist an der Brust der vollkommen zerdrückte Einbau zu sehen.



Abb. 8. Brust des Sohlstollens mit zerdrücktem Einbau.

60 cm) war in Eisenbeton geplant. Die beiderseitige Bewehrung bestand aus Rollbahnschienen (7 kg/lfdm), in Abständen von 55 cm durch Bügel und Längsbewehrung aus 20 mm ϕ verbunden.

Wir erstellten nun vorerst die untere Hälfte der 3 m langen Hauptringe Nr. II, IV, VI in folgender Weise: Vom Sohlstollen ausgehend, trieben wir zunächst den Querschlag 1 vor. Nach beendeter Ausschachtung versahen wir den Sohlgewölbe- und Widerlagerteil 1a mit der vorgesehenen Rollbahnschienenbewehrung und betonierten ihn aus. Als Schutz gegen Hereindrücken von der Bergseite wurden sofort nach Fertigstellung des Teiles 1a zwei 70 cm dicke Betonwände (1b) errichtet, die das Widerlager gegen die Sohlstollenunterzüge abstellte.

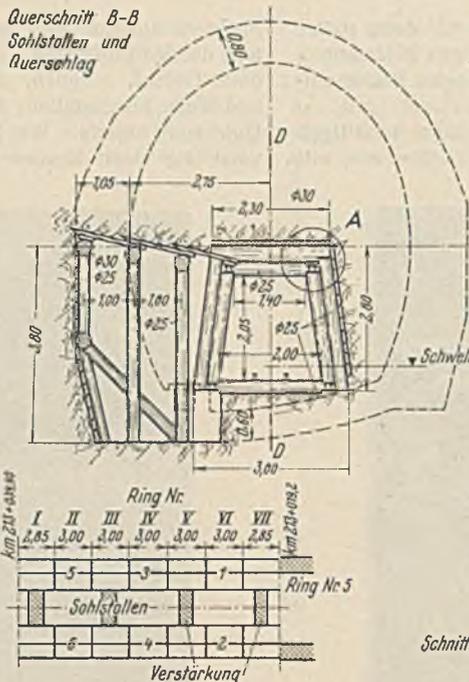
Dann folgte der Ausbruch des Querschlages 2 (Abb. 10), wobei der ganze Rest des Sohlgewölbes und die Widerlager ausgehoben wurden. Wir bewehrten und betonierten Sohlgewölbe und Widerlager (Teil 2a) und errichteten sodann die Absteifungswände 2b. Als Abschluß wurden dann die beiden gegenüberliegenden Absteifungswände im Stollenfirst miteinander verbunden (2c), womit die Ausführung von Sohlgewölbe und Widerlager im Hauptringe VI beendet und so gesichert war, daß voraussichtlich keine Formänderung auftreten konnte. In gleicher Weise wurden die übrigen beiden Hauptringe II und IV hergestellt (s. Abb. 9, Ausführungsweise der Querschläge).

Der Sohlstollen in der Zone der Ringe II bis V wurde ziemlich stark seitlich verdrückt, so daß wir gezwungen waren, den Ausbau durch bewehrte Betonrahmen in den Zwischenringen I, III und V zu verstärken. Doch auch diese kräftigen Betonrahmen erfuhren eine geringe Formänderung, wie aus Abb. 11 ersichtlich ist (s. den Zugriß in der linken oberen Ecke).

Immerhin war der Vortrieb des Sohlstollens durch die zertrümmerten Reste des alten Einbaues und die stark verdichteten Rutschungsmassen — abgesehen von dem mühsamen Aushacken des alten Einbauholzes — weniger unangenehm, als wir erwartet hatten, weil talseltis noch solides Gebirge vorhanden war und die zerdrückten Tonschiefermassen auf der Bergseite derart verdichtet waren, daß man meistens sogar ohne Brustverzug vorgehen konnte. Druckerschneidungen traten nicht sofort, sondern nach mehreren Tagen, oft auch erst nach Wochen auf.

Nach Fertigstellung der unteren Hälfte des ersten Hauptringes begannen wir mit dem Vortrieb des Firststollens von Ring 5 aus. Im Gegensatz zum Sohlstollen war der Firststollenvortrieb durch die lockeren, erst vor kurzem herabgestürzten Schuttmassen schwierig; er verlangte saubere Zimmerungsarbeit, wobei jede Bildung von Hohlräumen vermieden werden mußte (Abb. 12).

Sobald wir mit dem Firststollen in der Mitte des Zwischenringes V angekommen waren, wurden die Vortriebsarbeiten eingestellt, und der Firststollen wurde durch vier Unterzüge aus Vollbahnschienen, ähnlich wie im Sohlstollen, verstärkt.



Ausführungsreihenfolge

- Sohlstollenvortrieb und Unterzugeinbau
- Verstärkung des Sohlstollens durch E.B. Rahmen
- Ausbruch und Betonierung der Querschläge 1,2,3,4,5,6

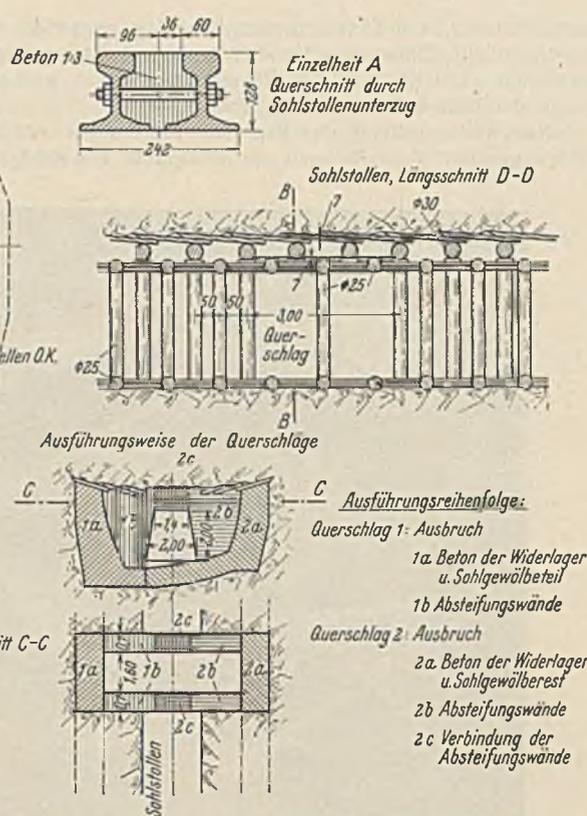


Abb. 9. Bergmännischer Teil der Wiederherstellungsarbeiten. Sohlstollen und Querschläge.

Da eine starke Senkung und seitliche Verdrückung des Firststollens zu gewärtigen war, beschlossen wir, den vorgetriebenen Teil so rasch wie möglich auf den fertiggestellten unteren Teil des Hauptringes VI solide abzustützen und mit den geschaffenen festen Punkten — den fertiggestellten Absteifungswänden der Hauptringe — zu verbinden. Wir trieben also einen Schacht in der Breite der Firststollensohle und in der Länge des Hauptringes, vom Firststollen ausgehend, bis auf die Absteifungswände der Widerlager herunter und verlängerten dann die Absteifungswände dergestalt nach oben, daß der Einbau des Firststollens mit seinen Unterzügen auf ihnen zu ruhen kam. Gleichzeitig mit den so hergestellten Abstützungs- oder Unterfangungswänden betonierten wir auch zwei leichtbewehrte Verbindungsbalken, die die ersten gegen Verschiebung in der Längsrichtung schützten und außerdem als Auflager für die Streben der Kalottenzimmerung dienten (Abb. 13, Querschnitt durch den Tunnel im Bauzustande des Kalottenausbruchs).

In dieser Weise erreichte man eine einwandfreie Unterfangung des Firststollens, und es war nicht zu befürchten, daß bei der Ausführung des Kalottenausbruchs die übliche Senkung beim Tieferlegen der Sohlschwelle durch das Auswechseln der Streben eintreten würde. Immerhin mußte mit einer geringen Senkung bis zur beendeten Unterfangung des Firststollens gerechnet werden; wir hatten deshalb den Firststollen um 25 cm höher gelegt, was sich als durchweg ausreichend erwiesen hat.

Nach Fertigstellung des unteren Teils des Hauptringes VI wurde der Firststollen dann bis in die Mitte des Zwischenringes III vorgetrieben, die



Abb. 10. Talseltiger Querschlag mit bewehrtem Widerlager. Betonierung bereits begonnen.

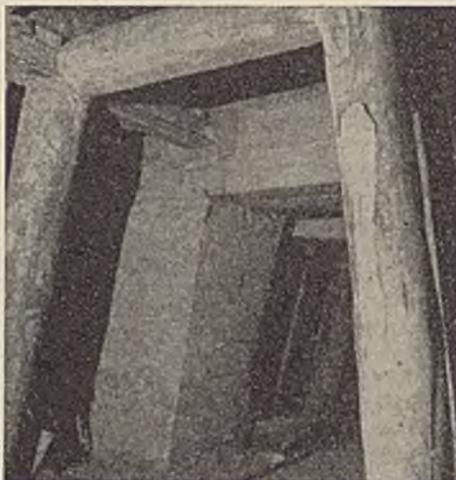


Abb. 11. Verstärkung des Sohlstollens durch bewehrte Betonrahmen. Zugriß in der linken oberen (bergseitigen) Ecke.



Abb. 12. Vortrieb des Firststollens vom gemauerten Firstgewölbe des Ringes 5 aus. Im Vordergrund die Abriegelung der Rutschungsmassen durch die Bohlenwand.

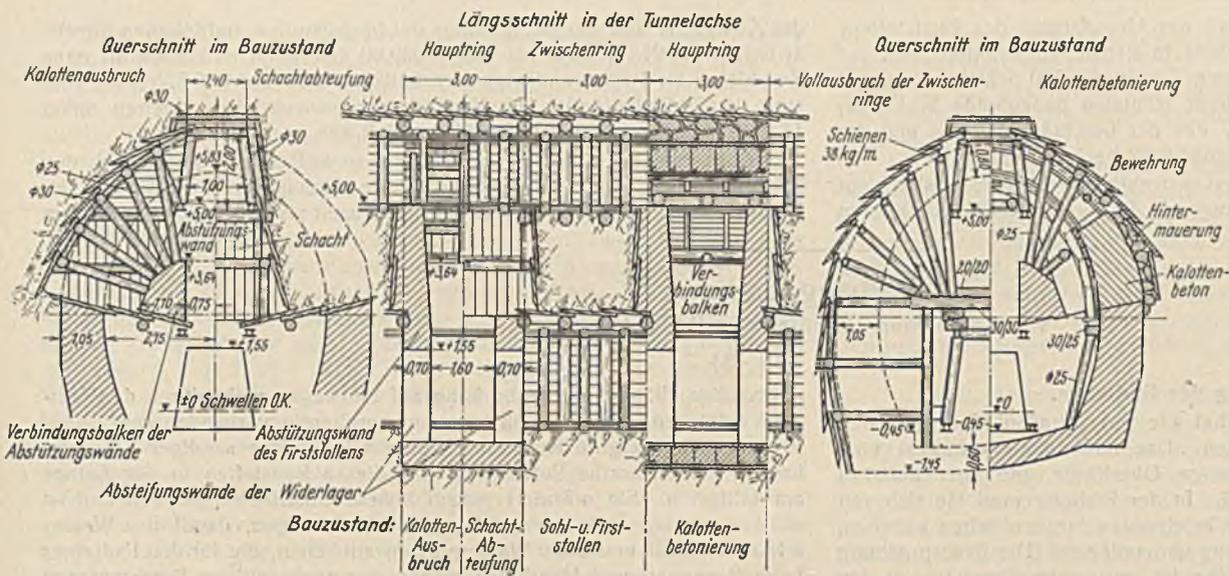


Abb. 13. Bauzustand der Wiederherstellungsarbeiten während des Kalottenausbruches.

Verstärkung und die Unterfangung, wie beschrieben, durchgeführt und derselbe Vorgang auch für den Rest der Verbruchstrecke beibehalten. Sobald die Unterfangung des Firststollens über dem mittleren Haupttring vollendet war, wurde mit dem Ausbruch der Kalotte im Haupttring VI begonnen. Selbstverständlich mußte auch hierbei saubere Mineurarbeit geleistet werden, aber da die unangenehmste Erscheinung, die Senkung der Zimmerung durch das Auswechseln der Kronbalkenstreben, gebannt war, gingen die Ausbrucharbeiten rasch und ohne Zwischenfall vorstatten.

Die Kronbalken ordneten wir außerhalb des Verkleidungsprofils an, um die Bewehrung ungehindert und plangemäß verlegen zu können. Nach dem Bewehren wurde die Kalotte betoniert und die Hintermauerung ausgeführt, wobei natürlich alle Kronbalken verloren waren und die Vorsteckbretter nicht entfernt werden konnten. — In gleicher Weise wurden dann auch die Kalotten der beiden letzten Haupttringe ausgeführt, womit der schwierigste Teil der Arbeit erledigt war.

Aus Abb. 13 lassen sich die verschiedenen Baustadien im Quer- und Längsschnitt leicht erkennen, und zwar die Abteufung des Verbindungsschachtes zwischen First- und Sohlstollen, die Ausbetonierung der Unterfangungswände und der Verbindungsbalken, Kalottenausbruch und Kalottenbetonierung (Abb. 14 u. 15).

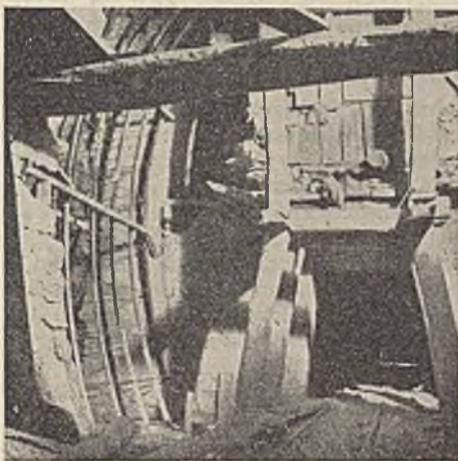


Abb. 14. Zwischenring VII nach Bewehrung. Man sieht den betonierten Haupttring VI sowie seine Absteifungs- und Abstützungswand, ferner vorn links die gemauerten Widerlager des Ringes 5.

Die nebenstehende Tabelle gibt eine Übersicht über den Schichtenaufwand für die Ausführung der bergmännisch betriebenen Strecke. Vergleicht man damit den Aufwand für den Ausbruch einer Tunnelstrecke im Tonschiefer unter gewöhnlichen Verhältnissen (etwa 1,8 Schichten für 1 m³ Ausbruch), so findet man, daß die Verbruchstrecke etwa den doppelten Schichtenaufwand erforderte. Der Materialverbrauch stellte sich für 1 m³ Ausbruch in bergmännisch betriebener Strecke auf 0,055 m³ Rund- und 0,085 m³ Schnittholz, 0,88 kg Rundeseisen, 1,24 kg Karbid und 0,15 kg Dynamit. Ferner wurden an Stelle der Kronbalken in den Zwischenringen insgesamt 5,24 t Altschienen eingebaut; die Altschienen der Unterzüge im Sohl- und Firststollen wurden an anderen Orten wieder verwendet.

Gegenstand	Querschnitt m ²	Insgesamt m ³	Schichtenaufwand								Arbeits-tage	Anmerkung				
			Mineure I		Mineure II		Maurer		Zimmerer				Helfer		Summe	
			zus.	je m ³	zus.	je m ³	zus.	je m ³	zus.	je m ³	zus.	je m ³	zus.	je m ³		
A) Ausbruch																
Sohlstollen mit Verstärkung	7,3	148	279	1,88	528	3,56	—	—	—	—	544	3,69	1351	9,13	71	0,29 m ³ in 24 h
Ausbruch der Querschläge, Sohlgewölbe und Widerlager in den Haupttringen	19,1	172	258	1,51	428	2,50	—	—	—	—	436	2,54	1122	6,55	74	25 Tage für 1 Haupttring
Firststollen mit Verstärkung	5,9	121	182	1,51	271	2,25	—	—	—	—	256	2,12	709	5,88	66	0,31 m ³ in 24 h
Kalottenausbruch und Schächte in den Haupttringen	22,8	205	38	0,48	153	0,75	—	—	—	—	155	0,76	406	1,99	26	9 Tage für 1 Haupttring
Vollausbruch der Zwischenringe	41,9	480	47	0,10	778	0,37	—	—	—	—	258	0,54	483	1,01	32	8 Tage für 1 Ring
Summe			1126	864	0,77	1558	1,38	—	—	—	1649	1,47	4071	3,62		
B) Bewehrung und Betonierung																
Sohlgewölbe und Widerlager	11,55	104	8	0,08	—	—	49	0,47	21	0,21	536	5,76	614	5,92	25	8 1/2 Tage für 1 Ring
Kalotte der Haupttringe einschl. Hintermauerung	10,07	91	8	0,09	—	—	32	0,35	20	0,20	490	5,39	550	6,05	26	8 1/2 Tage für 1 Ring
Zwischenringe einschl. Hintermauerung	21,52	248	16	0,06	—	—	95	0,38	30	0,12	778	3,13	919	3,96	32	8 Tage für 1 Ring
Summe			443	32	0,07	—	—	176	0,40	71	0,16	1804	4,09	2083	4,72	
Absteifungs- und Unterfangungswände, Eisenbetonrahmen, Verstärkungen des Sohlstollens			721	88	—	105	—	40	—	30	—	647	—	910	7,50	



Abb. 15. Kalotte des Zwischenringes VII. Man sieht den betonierten Haupttring VI, Firststollenverstärkung, Abstützungswand und im Vordergrund die gemauerte Kalotte des Ringes 5.

Der Ausbruch der Zwischenringe wurde, wie aus Abb. 13, Querschnitt, ersichtlich, nach der österreichischen Bauweise durchgeführt. Für die Zwischenringe benutzten wir an Stelle von Kronbalken aus Holz Altschienenstücke, die wir beiderseits in die Hintermauerung der benachbarten Haupttringe einließen, und die dann später mit eingemauert wurden. Der Gebirgsdruck war durch die geschaffenen festen Punkte so weit gebannt, daß in den meisten Ringen ein großer Teil der Altschienenstücke ohne Unterstützung durch Streben belassen werden konnte, was die Ausführung der Bewehrungs- und Betonierungsarbeiten wesentlich erleichterte.

Die einzige Schwierigkeit bei den Zwischenringen machte der Schluß des Tunnelgewölbes. Man

half sich in der Weise, daß man Formsteine einbaute und den hinter den Formsteinen verbleibenden Hohlraum durch Einspritzen mit Mörtel ausfüllte. Die Betonabsteifungswände entfernte man erst sechs Monate nach der Fertigstellung des Tunnels, nachdem man annehmen konnte, daß das Gebirge vollständig zur Ruhe gekommen sei und über Tage keine Bewegungen mehr festgestellt werden konnten.

Erwähnt sei noch, daß wir noch vor Inangriffnahme des bergmännisch ausgeführten Teiles einen Entwässerungsstollen unter der Rutschung vortrieben, dessen Sohle betoniert wurde (s. Abb. 1, Lageplan). Obwohl dieser Stollen nur 0,5 l/min Wasser lieferte, hatte er doch die Wirkung, daß der Tunnel auf die ganze Länge der kritischen Ausführung vollständig trockengelegt wurde.

Die oben beschriebene Tunnelstrecke wurde während der zwei auf die Ausführung folgenden Jahre genau beobachtet, ohne daß die geringste Formänderung bemerkt wurde.

Bauzeit, Bauleistungen und Kosten.

Die Bauzeit für die Bewältigung der bergmännisch betriebenen Strecke betrug von Beginn des Sohlstollenvortriebes bis zur Fertigstellung der Betonierung des letzten Zwischenringes genau sechs Monate.

Die Ausführung der betonierten Versteifungs- und Abstützungswände für

die Verspannung der Widerlager und das Unterfangen des Firststollens sowie die Verstärkung des Sohlstollens in Rahmenkonstruktion und der Abbau der genannten Konstruktionen benötigte 910 Schichten, wobei 221 m³ Beton geleistet wurden. Dieser scheinbar bedeutende Schichtenaufwand ist darauf zurückzuführen, daß der beschränkte Raum und die kleinen Mengen die Leistung sehr ungünstig beeinflussten.

Die Kosten der Verstärkungsstrukturen beliefen sich auf 41 300 Rials (zur Zeit der Ausführung war 1 £ = 85 Rials). Die Kosten

des Ausbruchs und der Betonierung der bergmännisch betriebenen Strecke zwischen km 213 + 0,20 bis 213 + 039,90 (an Lohn und Material ohne Zuschläge für Regie und Gewinn) beliefen sich auf 385 520 Rials (das sind 18 620 Rials/lfdm). Die Verstärkungsstrukturen machen daher 11 % der Gesamtausgaben für diesen Teil aus.

Zieht man die schwierigen Verhältnisse in Betracht, so ist nach den Erfahrungen des Verfassers das geschilderte Ergebnis sowohl in finanzieller Hinsicht wie auch mit Rücksicht auf die Bauzeit als günstig zu bezeichnen.

Radwegbau.

Von Landesbaurat Großjohann, Düsseldorf.

(Schluß aus Heft 48.)

VI. Befestigung der Radwege.

Die Befestigung der Radwege hat wie jede Straßenbefestigung den Verkehrsbedürfnissen zu entsprechen. Der Radverkehr erfordert eine ebenflächige, staubfreie und feinporige Oberfläche, die aber auch in feuchtem Zustande griffig sein soll. In der Färbung muß sie sich von angrenzenden, für anderen Verkehr bestimmten Straßenflächen abheben, sofern nicht eine anderweitige Trennung vorhanden ist. Die Beanspruchung der Befestigung durch den Radverkehr ist gering im Vergleich zu den Fahrbahnflächen, weil die Lasten, die Geschwindigkeit und damit auch die Stoßwirkungen viel kleiner sind als die Einwirkungen des Kraftwagenverkehrs. Trotzdem muß bei Auswahl und Dickenbemessung des Belages der Radwege der Umfang des aufzunehmenden Verkehrs eine gewisse Berücksichtigung finden. Die Art der Befestigung von Radwegen an Straßen ist wesentlich durch die Forderung bedingt, daß sie für den Radfahrer mindestens so angenehm zu befahren sind wie die Fahrbahnbefestigung. Es wäre unbillig, die Benutzung eines mangelhaft befestigten Radweges zu verlangen, wenn die Fahrbahn eine bequemere Fahrfläche darbietet. Wenn auch dieser Gesichtspunkt für selbständige Radwege und für Radwanderwege keine Bedeutung hat, die letztgenannten außerdem vorzugsweise nur bei gutem Wetter benutzt werden, sollte man bei stärkerer Verkehrsbelastung auch diese Wege mit einer guten Befestigung, wie sie der Verkehr erfordert, versehen. Neben der Beeinträchtigung des Zweckes der Entspannung und Erholung durch das Radfahren infolge einer mangelhaften Fahrfläche sind auch die Unterhaltungskosten zu leicht befestigter Radwege hoch. Nur Radwege auf Anschüttungen, die sich noch setzen, werden zweckmäßig zunächst mit billigen vorläufigen Belägen befestigt.

Für den Untergrund und für Anschüttungen gelten dieselben Grundsätze, die für den Straßenbau im allgemeinen angewendet werden und die besonders in den letzten Jahren weiter entwickelt und klarer herausgestellt sind. Die Tragfähigkeit des Untergrundes kann geringer sein, als für Fahrbahnen erforderlich; wasserhaltende und das Aufsteigen des Grundwassers begünstigende bindige Bodenarten unter der Befestigung müssen vermieden werden. Vor allem muß aber der Mutterboden restlos beseitigt werden, weil sonst das Durchwachsen von Unkraut und Gras durch die dünne Befestigungsschicht bei Asche- oder Kiesbelägen nicht zu verhindern ist. Für den Radfahrer sind stark verkrautete Fahrflächen nicht nur unbequem, sondern auch gefahrbringend. Frostschäden treten bei Radwegen selten in großem Umfange auf, weil die Belastung im allgemeinen nicht groß genug ist, um die Befestigung in den weich gewordenen Untergrund hineinzudrücken. Immerhin soll aber unter dem Belag eine etwa 0,25 m dicke Schicht aus Sand oder sonstigen durchlässigen Bodenarten vorhanden sein. Vor Aufbringen des Unterbaues muß das Planum der Radwege profilmäßig hergestellt und, wenn erforderlich, abgewalzt werden.

Für den Unterbau, der gewöhnlich in einer Dicke von 8 bis 10 cm ausgeführt wird, sind alle Baustoffe geeignet, die witterungsbeständig und wenigstens so fest sind, daß sie den Druck leichter Walzen aushalten. Ungeeignet sind Gesteinsarten, die unter der Einwirkung der Witterung zerfallen wie manche Tonschiefer. Im übrigen wird man nach Möglichkeit örtlich vorhandene Baustoffe bevorzugen. Neben Schotter aus Naturgestein oder aus Hochofenschlacke sowie beim Steinbrechen abfallendem Gesteinschrott können Ziegelbruch, Betonbrocken, beim Aufbruch alter Straßendecken gewonnene Baustoffe, Kies und geeignete harte Kesselasche Verwendung finden. Der Unterbau wird nach Art der sandgebundenen Schotterdecke mit Sand als Bindemittel hergestellt und unter Wasserzugabe mit leichten Walzen von 3 bis 5 t Dienstgewicht eingewalzt. Der Sand hat zweckmäßig einen nicht zu großen Anteil an bindigen Stoffen. Beim Abwalzen von Kesselasche bildet sich durch Zerdrücken poröser Stücke der Bindestoff in der Regel von selbst. Die Oberfläche des Unterbaues muß eben sein und das vorgeschriebene Quergefälle, das sich nach der Art der Decklage richtet, aufweisen.

Als Deckschicht für Radwege sind an sich alle bekannten Bauweisen, wie sie für Straßenfahrbahnen verwendet werden, geeignet, sofern sie sich in dünnen Schichten herstellen lassen und nicht der Einwirkung starken und schweren Verkehrs zur Nachverdichtung und Erzielung des endgültigen Zustandes bedürfen. Die für bituminös gebundene Beläge

notwendige dichte Oberfläche kann auf Radwegen nicht durch den Verkehr entstehen, sondern muß hier von vornherein vorhanden sein.

Überall, wo gute Kesselasche oder feinkörniger sandiger Kies vorhanden sind, ist eine Befestigung mit diesen Baustoffen in der Anlage am billigsten. Sie erfordert jedoch höhere Unterhaltungskosten und ist nicht staubfrei. Das Quergefälle soll 4 % betragen, damit das Wasser schnell abfließt und nicht Wasserpfützen entstehen, die für den Radfahrer beim Begegnen und Überholen wegen der gegenseitigen Beschmutzung unangenehm und für den Bestand der Befestigung höchst nachteilig sind. Die Bauausführung der Kies- und Aschenbeläge ist sehr einfach. Die ausgesiebte feine Asche oder der Kiessand werden im Verhältnis 5:1 mit fettem zerkleinertem Grubenlehm von Hand vermischt. Diese Mischung wird in 3 cm Dicke gleichmäßig auf dem Unterbau ausgebreitet und unter leichtem Annässen abgewalzt, wobei die Schicht auf etwa 2 cm zusammengedrückt wird. Die Unterhaltung ist einfach auszuführen, indem entstehende Mulden mit dem gleichen Baustoff ausgefüllt werden und in gewissen Zeitabständen nach Bedarf eine neue Decklage geringerer Dicke aufgebracht wird, wenn nicht inzwischen eine bessere Befestigung notwendig geworden ist. Besonders empfindlich ist diese Befestigungsart im Frühjahr nach Abgang des Frostes und bei länger anhaltenden Niederschlägen, weil die Deckschicht dann weich wird und in diesem Zustande bei lebhaftem Verkehr nicht genügend widerstandsfähig bleibt.

Unter Verwendung der im vorstehenden Absatz behandelten Baustoffe oder auch geeigneten, an Ort und Stelle vorhandenen sandigen Bodens, dem Kies oder Kesselasche nach Bedarf zur Verbesserung zugesetzt werden können, kann man dichte Decklagen herstellen durch Vermischung mit etwa 14 Gew.-% stabiler Bitumenemulsion nach Art des Bodenmischverfahrens, wie es für Flugplätze, Parkplätze für leichte Kraftwagen, Schulhöfe und Fußwege in der letzten Zeit vielfach Anwendung findet. Die Zuschlagstoffe werden in erdfeuchtem Zustande mit der Emulsion gemischt. Das Mischgut wird in 3 cm Dicke gleichmäßig auf den Unterbau verteilt und abgewalzt. Nach Verdunstung des Wassers, die eine gewisse Zeit erfordert, erhält man auf diese Weise einen dichten und festen Belag, dessen Kosten infolge der Verwendung örtlich vorhandener billigster Zuschlagstoffe sich in sehr mäßigen Grenzen halten. Da die Abschlußschicht in ihrer ganzen Dicke bituminös gebunden ist, eignet sich diese Art der Befestigung auch für stärker befahrene Radwege und ist als Dauerbefestigung anzusehen.

Oberflächenbehandlungen, die vorzugsweise mit erhitztem Teer oder im Kaltverfahren mit Bitumenemulsionen hergestellt werden, sind für mittleren Verkehr ebenfalls als Dauerbefestigung geeignet. Sie werden meist auf Wegen angeordnet, die bereits eine Aschen- oder Kiesbefestigung haben und die man staubfrei machen will. Ihre Haltbarkeit hängt sehr wesentlich von der Herstellung einer guten Verbindung mit der Unterlage ab. Diese ist besonders bei Aschenbefestigungen schwer zu erreichen, weil hier in der Oberfläche viel feiner Staub enthalten ist, der auch durch sorgfältiges Abkehren nicht völlig zu beseitigen ist. Man kann diesen Staub jedoch restlos binden, indem man etwa 0,5 kg/m² stabile Bitumenemulsion mit der gleichen Menge Wasser verdünnt aufbringt und mit Plassavabesen verbürstet. Durch dieses Verfahren wird die Unterlage dicht abgeschlossen und eine innige Verbindung mit der Oberflächenbehandlung erzielt. Vor Aufbringen des Überzuges muß das Emulsionswasser völlig verdunstet sein. Im übrigen wird die Behandlung in der üblichen Weise hergestellt. Der Abdecksplitt enthält zweckmäßig neben der Korngröße 3/6 mm einen nicht zu geringen Anteil an Feinkorn 1/3 mm, damit die Oberfläche feinporig und dicht wird.

Der Oberflächenbehandlung überlegen, aber auch in der Anlage kostspieliger sind Tränkbeläge oder nach Art des Streumakadams hergestellte Deckschichten. Beide Bauweisen erfordern für das Mineralgerüst sauberen Feinschlag oder Grobsplitt aus nicht zu weichem Gestein. Schichten unter 4 cm Dicke sind in diesen Bauweisen schwer ausführbar. Der Bedarf an bituminösem Bindemittel für die Trängung ist beim Heißverfahren, das meist mit Teer ausgeführt wird, 2,5 bis 3,5 kg/m², beim Kaltverfahren mit Bitumenemulsionen entsprechend größer, also verhältnismäßig hoch. Für beide Bauweisen ist eine abschließende Oberflächenbehandlung notwendig. Sie sind für starken Radverkehr geeignet.

Eine sehr einfach herzustellende, vor allem wenn der Baustoff fertig bezogen werden kann, und dabei leistungsfähige Befestigung für Radwege, die in größtem Umfange ausgeführt wird, sind Teppichbeläge von 2 bis 3 cm Dicke aus kalt einbaufähigem geteertem oder mit Verschnittbitumen umhülltem Splitt. Für einen 2 cm dicken Belag sind erforderlich 30 kg/m² Splitt der Korngröße 5/15 mm als untere Schicht und 10 kg/m² Grus 0/3 mm als Abschluß und zur Dichtung der Oberfläche. Dickere Beläge werden zweckmäßig in einer einzigen Schicht aus kornabgestuften Mineralgemischen von 0 bis 15 mm Korngröße hergestellt, weil sie unter dem Radverkehr kaum nachverdichtet werden. Für 3 cm dicke Decklagen werden 55 bis 60 kg/m² solchen Mischgutes benötigt. Soweit die Oberfläche die erforderliche Dichtheit nicht schon durch die Kornzusammensetzung erhält, ist eine leichte Oberflächenbehandlung nötig, zumal wenn der Belag erst im Herbst gebaut wird, damit er mit völlig geschlossener Oberfläche in den Winter geht. Teppiche aus bituminös gebundenen Massen, die nach dem Betonprinzip aufgebaut sind, wie Asphalt-, Teer- asphalt- oder Teerbeton, bedürfen keiner Nachverdichtung und sind in der Gesamtmasse dicht. Sie sind daher für Radwege besonders geeignet. Ihre Anwendung scheitert aber in der Regel daran, daß sie warm eingebaut werden müssen und bei den gewöhnlich nur in Frage kommenden geringen Flächen die Aufstellung einer Mischanlage sich nicht lohnt. Im Bereich von festen Anlagen jedoch, auf Entfernungen bis zu 50 km, können sie mit Vorteil verwendet werden. Gußasphaltbeläge werden häufiger auf Radwegen an städtischen Straßen angeordnet.

Alle diese Befestigungsarten sollen mit einer einfachen Randbefestigung seitlich eingefast werden, wenn sie nicht unmittelbar an andere Befestigungen angrenzen. Schon beim Einbau wirkt sich ein solcher Schutz der Kanten vorteilhaft aus, indem die Verdichtung durch die Walze an den Rändern wirksamer ausgeführt werden kann. Ferner wird die Abbröckelung der Kanten verhindert und das unordentliche Aussehen ausgefränkter Ränder vermieden. Wenn durch Wahl hell gefärbter Randsteine die Abgrenzung sich in der Farbe von dunklen Oberflächen abhebt, ist das als besonderer Vorteil für alle Straßenbenutzer zu werten.

Zementbeton ist in Deutschland als Befestigung für Radwege bisher weniger benutzt worden, obwohl er für diesen Zweck sehr geeignet ist, da er sich besonders leicht befährt und seine Hellfärbigkeit bei Dunkelheit wegen der besseren Sichtbarkeit ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist. In Belgien und Holland sind mit Beton oder Betonplatten befestigte Radwege auch auf den Landstraßen häufig anzutreffen.

Müssen unter den Radwegen im Stadtgebiete Leitungen verlegt werden, die spätere Aufbrüche erfordern, so wird zweckmäßig eine Befestigung gewählt, deren Baustoffe wieder verwendbar sind. Geeignet sind Mosaikpflaster oder Platten, die in verlängerten Zementmörtel verlegt werden.

Radstreifen in städtischen Straßen, deren Fahrbahn mit bituminösen Decken oder mit gutem Pflaster befestigt sind, bedürfen keiner besonderen Maßnahmen. Notwendig ist aber eine gut sichtbare Bezeichnung ihrer Grenzen durch Farbstreifen oder, besonders bei Durchführung über Straßenkreuzungen oder Plätze, durch Verkehrsnägel aus blankem Metall, da an diesen Stellen die Farbe sehr häufig erneuert werden muß. Altes, holpriges Pflaster ist für Radfahrer nicht nur sehr unbequem zu befahren, sondern auch wegen der Glätte der runden Pflastersteinköpfe besonders bei Regen gefährlich. Man hat früher auf den Radstreifen das alte Pflaster durch solche aus Mansfelder Kupferschlackensteinen ersetzt, die sich wegen ihrer ebenen griffigen Oberfläche dafür besonders eignen. Seit Jahren wird aber meist eine erheblich billigere Bauweise gewählt, nämlich die Herstellung eines dünnen bituminösen Überzuges auf den Radstreifen oder auch nur eine Füllung der Pflasterfugen mit einem bituminösen Bindemittel und geeignetem Splitt als Füllstoff. Man kratzt die Fugen 2 bis 3 cm tief aus und reinigt sie mit Wasser, nachdem vorher Mulden oder Löcher im Pflaster ausgebessert oder mit geteertem oder bituminiertem Splitt ausgefüllt und die Flickstellen abgestampft oder durch den Verkehr zusammengedrückt sind. Dann wird erhitzter Teer in einer Menge von

1,0 bis 1,5 kg/m² oder normal zerfallende Bitumenemulsion (1,5 bis 2,5 kg/m²) aufgespritzt und mit etwa 15 kg/m² hartem Gesteinsplitt von 3/6 mm Korngröße abgedeckt. Der Splitt wird mit Besen in die Fugen eingefegt. Die so entstehende Oberfläche läßt sich überraschend leicht mit Fahrrädern befahren.

Auf Landstraßen schließen die Radstreifen meist an bituminöse Decken oder an Kleinpflaster an. Sie werden in der Regel mit Schotter befestigt, in den Bindemittel nach dem Tränkverfahren eingegossen oder mit Bindemittel umhüllter Splitt nach Art des Streumakadams eingewalzt wird. Bei hellfarbigem Pflaster ist eine optische Abgrenzung gegen die Fahrbahn nicht notwendig. Bei dunklem Pflaster und bei Schwarzdecken muß dagegen die Grenze durch einen Farbstrich oder zweckmäßiger durch hell gefärbte Randsteine bezeichnet werden.

VII. Abgrenzung und Beschilderung der Radwege.

In den bisherigen Ausführungen ist schon mehrfach auf die Trennung der Radwege von den übrigen Verkehrsstreifen der Straßen hingewiesen. Neben der Lage des Radweges im Straßenquerschnitt ist die zweckmäßige Abgrenzung ausschlaggebend für die Sicherheit der Radfahrer wie des übrigen Straßenverkehrs. Dabei ist die Trennung zwischen Radweg und Fahrbahn wegen der viel größeren Gefährdungsmöglichkeit von überwiegender Bedeutung. Jedoch sind bei lebhaftem Verkehr auch Einrichtungen notwendig, durch die die Grenze zwischen Rad- und Fußwegen gekennzeichnet wird.

In städtischen Straßen liegen die Radwege in der Regel an den Außenseiten der Fahrbahnen gegen diese erhöht. Nicht zu hohe Rand-

steine mit stark geneigten Vorderflächen sind für den Radverkehr insofern günstig, als bei dieser Anordnung beim Abweichen nach der Fahrbahn hin ein Abstürzen der Radfahrer nicht vorkommen kann. Jedoch können Kraftwagen besonders bei Dunkelheit leicht auf den Radweg geraten. Es ist daher unbedingt notwendig, daß sich diese Randsteine durch geeignete Färbung gegen die Fahrbahnfläche gut abheben. Noch besser wirkt es, wenn nur einzelne Steine in etwa 3 m Abstand entsprechend gefärbt sind. Aber auch Randsteine der üblichen Form sollten in derselben Weise die Grenze der Fahrbahn optisch kenntlich machen. Dadurch wird gleichzeitig dem Radfahrer wie dem Benutzer der Fahrbahn gedient. Wird auf Landstraßen ein Radweg in erhöhter Lage angeordnet und durch Randsteine eingefast, was hier nur selten vorkommen wird, so ist die optische Kennzeichnung natürlich noch wichtiger, da auf der Landstraße die Straßenbeleuchtung fehlt. Als Abtrennung gegen Fußwege genügt ein Höhenunterschied von 5 bis 6 cm, der durch einen schmalen, möglichst hell gefärbten Randstein etwa in den Abmessungen 8/18 cm hergestellt wird (Abb. 2). Liegt zwischen Radweg und Fahrbahn eine Baumreihe, so sind im allgemeinen weitere Maßnahmen entbehrlich.

Gegen die Fahrbahn nicht erhöhte Radwege, wie sie auf Landstraßen in der Regel angelegt werden, auch wenn sie nicht außerhalb der Baumreihe liegen, müssen durch einen 0,80 m breiten Streifen von der Fahrbahn getrennt werden. Dieser wird durch einen hellen Randstein gegen



Abb. 2.



Abb. 3.



Abb. 4.

die Fahrbahn begrenzt und entweder leicht befestigt oder mit Gras eingesetzt, wenn er eine Hecke oder Buschwerk aufnehmen soll. Die Befestigung soll sich in der Farbe von dem Radweg wie von der Fahrbahn deutlich abheben. Abb. 3 zeigt die Anordnung des Radweges auf der nördlichen Zubringestraße von Düsseldorf zur Reichsautobahn Köln—Duisburg. Der mit dunklem Basaltplitt abgedeckte Zwischenstreifen ist gegen die Fahrbahn mit einem 15 cm breiten Streifen aus weißen Teerbetonplatten abgegrenzt. An der Außenseite sind weiße Kalksandsteine in normalem Ziegelsteinformat verlegt. Bemerkenswert ist das hölzerne Geländer, das an Böschungen von mehr als 1,5 m Höhe angebracht ist. Die Oberkante des Holms muß mindestens 0,60 m über der Radwegfläche liegen, damit nicht ein hochstehendes Radpedal mit 55 cm Höhe auf ihn geraten kann. Die auf Abb. 4 sichtbaren 40 cm hohen Leitsteine werden in Abständen von 33 m gesetzt; sie sind mit weißer Kahasilfarbe gestrichen und mit Rückstrahlern versehen. Die auf dem Bilde sichtbare Aufstellung hart am Rande des Radweges ist nicht zweckmäßig; zur Einhaltung des Verkehrsraumes sollten sie vielmehr 0,25 m von der Kante entfernt stehen. Leitsteine bilden keinen Schutz für die Radfahrer, wenn sie diesen auch ein Gefühl größerer Sicherheit geben, als wenn lediglich der Trennstreifen vorhanden ist. Für die Kraftfahrer bedeuten sie eine gewisse Gefahr, wenn sie auch im allgemeinen beim Anfahren glatt umgelegt werden, ohne die Kraftwagen zu beschädigen oder in Gefahr zu bringen. Die Meinungen über die Zweckmäßigkeit der Steine sind daher geteilt und die Frage, ob sie aufgestellt werden sollen, noch nicht entschieden. Man wird praktische Erfahrungen abwarten müssen. Hecken erfordern regelmäßigen Schnitt; Buschgruppen lassen sich zweckmäßig nur auf breiteren Zwischenstreifen unterbringen.

Nicht selten entstehen Unfälle durch mangelnde oder unzureichende Kenntlichmachung der Anfangs- und Endpunkte von Radwegen. An diesen Stellen muß auf jeden Fall eine optische Abgrenzung sowohl der in Höhe der Fahrbahn liegenden wie der gegen sie erhöhten Radwege,

die am Anfang und Ende mit Rampen die Fahrbahnhöhe wieder erreichen müssen, auf 5 m Länge, mindestens aber auf die Länge der Rampen, vorhanden sein. Daß für die Radfahrer jede Stufe, auch geringer Höhe, bei der Einmündung der Radwege in die Fahrbahn vom Übel ist und die Benutzung der Wege erschwert und behindert, ist selbstverständlich. An Stellen, wo Radwege in Querstraßen einbiegen, muß durch Wahl eines möglichst großen Halbmessers dafür gesorgt werden, daß die Radfahrer nicht zu kleine Krümmungen fahren müssen. Auch an diesen Stellen ist die optische Abgrenzung besonders notwendig.

In diesem Zusammenhange muß auf die Kenntlichmachung der Radwege durch Verkehrsschilder hingewiesen werden. Nach der Ausführungsanweisung zu § 25 der Reichsstraßen-Verkehrsordnung müssen vorhandene Radwege von den Radfahrern benutzt werden, bei einseitigen Wegen in beiden Richtungen, wenn sie entsprechend bezeichnet sind. Dazu dient die Tafel IIc 5, eine runde weiße Scheibe mit rotem Rand und der schwarzen Aufschrift „Radfahrweg“, die durch Hinzufügung eines Richtungspfeils ergänzt werden kann. Auch Radstreifen müssen diese Bezeichnung haben, wenn ihre Benutzung den Radfahrern vorgeschrieben wird. Bei stärkerem Verkehr werden die Tafeln zweckmäßig beleuchtet oder mit Rückstrahlern versehen, damit sie auch bei Dunkelheit sowohl für die Radfahrer wie für die Kraftfahrer sichtbar sind. Einer besonders sorgfältigen Sicherung bedürfen Kreuzungen von Radwegen mit der Fahrbahn. Sowohl auf dem Radweg wie an der Straßenfahrbahn werden zu diesem Zweck Warnungstafeln für Kreuzungen, bei Bedarf beleuchtet oder selbstleuchtend, aufgestellt.

Die große Bedeutung, die der Frage der Abgrenzung der einzelnen Verkehrsstreifen der Straßen allgemein beigemessen wird, ergibt sich daraus, daß auf dem VIII. Internationalen Straßenkongreß 1938 im Haag die Trennung der verschiedenen Verkehrsarten auf den Straßen und unter ihnen auch der Radwege erörtert werden soll. In dem Bericht zur vierten auf dem Kongreß zu behandelnden Frage wird dieses Gebiet eingehend bearbeitet

Vermischtes.

Technische Hochschule Hannover. An Stelle des in den Ruhestand getretenen Wasserbaudirektors Müller ist vom 1. November d. J. ab der Wasserbaudirektor Pfaue mit der Wahrnehmung der Geschäfte eines staatlichen Kommissars für die Diplomprüfungen an der Technischen Hochschule in Hannover — Abteilung für Bauingenieurwesen — durch den Reichs- und Preußischen Verkehrsminister beauftragt worden.

Beton-Kalender 1938¹⁾. Zu den Angaben des Kalenders über Sonderbewehrungsstahl, I. Teil, S. 143 ff., ist nachträglich noch folgendes mitzuteilen:

1. Für das auf S. 143 behandelte Baustahlgewebe als Sonderbewehrung gelten gemäß Min.-Erl. v. 16. 9. 37 geänderte Zulassungsbedingungen, insbesondere sind (bei einer Streckgrenze des Stahles $\sigma_F \cong 5000 \text{ kg/cm}^2$) nunmehr die zulässigen Spannungen $\sigma_{e \text{ zul}}$ der Längs- und Querdrahte wie folgt zu wählen:

Bei einer Würfel Festigkeit des Betons in kg/cm^2 von
 $W_{b28} \cong 120$ ist $\sigma_{e \text{ zul}} = 1200 \text{ kg/cm}^2$
 $W_{b28} \cong 160$. . . = 2200 .
 $W_{b28} \cong 220$. . . = **2400** .

Bei Ausnutzung der hohen zul. Spannungen 2200 und 2400 kg/cm^2 müssen die besonderen Bedingungen der „Deutschen Best. 1932“ § 29, Ziff. 2 (s. S. 383 u. 384 des Kalenders) erfüllt werden.

In der Tabelle S. 144 ist übrigens als neue Drahtdicke zwischen 4,2 und 5,0 mm einzuschalten 4,6 mm mit 0,130 kg/m Gewicht und 0,166 cm^2 Querschnitt für einen Draht.

2. Für Drillwulst-Stahl (s. Berichtigungsverzeichnis S. XIV) gelten nach Min.-Erl. v. 11. 3. 37 folgende zulässigen Spannungen $\sigma_{e \text{ zul}}$:

Belastungsweise	$W_{b28} \cong$ kg/cm^2	$\sigma_{e \text{ zul}}$ in kg/cm^2			
		Platten	Rechteckquerschnitt	Plattenbalken	
				$F_e \leq 5,31 \text{ cm}^2$	$F_e > 5,31 \text{ cm}^2$
Bewegte Lasten	225	1800	1800	1500	1500
Vorwiegend ruhende Lasten	120	1200	1200	1200	1200
	160	1800	1800	1500	1500
	225	2000	1800	1800	1500

Drillwulst-Stahl darf nicht geschweißt werden. — Die Bestimmungen von § 29, Ziff. 2 der „Deutschen Best. 1932“ sind auch bei dieser Sonderbewehrung zu beachten.

3. Für Isteg-Stahl (s. S. 145) gelten gem. Min.-Erl. v. 11. 3. 37 dieselben Bestimmungen wie unter 2. Als Druckbewehrung darf Isteg-Stahl nicht in Rechnung gestellt werden.

¹⁾ Besprechung s. Bautechn. 1937, Heft 46, S. 600.

Zu den in der Tabelle der Deckeneisenquerschnitte, S. 145, angeführten Isteg-Stählen von 5,5, 6, 7, 8 mm kommt jetzt noch 9 mm hinzu.

4. Als weitere Sonderbewehrung ist nachträglich der Nockenstahl der Röchlingschen Eisen- und Stahlwerke, Völklingen (Saar), zu nennen, d. i. Rundstahl mit aufgewalzten Nocken, die sich am Umfange der Stäbe alle $\frac{1}{3}$ m wiederholen. Die Stäbe haben Durchmesser von 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 mm. Gewichte, Querschnitte und Umfänge wie bei gewöhnlichem Rundstahl (s. S. 126, 127). Zugfestigkeit $\sigma_B \cong 7500 \text{ kg/cm}^2$, Streckgrenze $\sigma_F \cong 5000 \text{ kg/cm}^2$, Bruchdehnung $\delta_{20} = 14\%$.

Beton $W_{b28} \cong$ kg/cm^2	Zul. Stahlspannung $\sigma_{e \text{ zul}}$ in kg/cm^2	
	Platten	Plattenbalken u. Balken
120	1200	1200
160	2200	1200
225	2200	1800

Zulässige Spannung bei Eisenbetonteilen im Hochbau, die der Witterung nicht ausgesetzt sind, bei vorwiegend ruhiger Belastung zu entnehmen aus nebenstehender Tabelle.

5. Die Werkstoffeigenschaften der Sonderbewehrungen unter 1. bis 4. sind durch Werkatteste nachzuweisen. Bei Verwendung der Sonderbewehrungen unter 2. bis 4. für Steineisendecken sind höhere Spannungen als 1200 bzw. 1000 kg/cm^2 gemäß „Deutsche Best. 1932“ B, § 13, Ziff. 2a, nicht zulässig. —

Berichtigung zu Teil I, S. 479: Nürnberg, Zeile 4: Abteilung für Statik; Gewerbebaurat I. Kl. Ernst Geißelbrecht; Zeile 8: Gewerbeoberchemikerat Dr.-Ing. Hans Wagner. Ls.

Personalmeldungen.

Deutsches Reich. Deutsche Reichsbahn. Betriebsverwaltung: Ernann: zum Reichsbahnoberrat: Reichsbahnrat Köhn, Vorstand des Betriebsamts Dresden 4.

Versetzt: Vizepräsident Linnenkohl in Hannover nach Stettin als Leiter der Reichsbahndirektion; die Reichsbahnoberräte Wildbrett, Dezernt der RBD Erfurt, als Dezernt zur RBD Wuppertal, Künlén, Vorstand des Betriebsamts Friedrichshafen, als Dezernt zur RBD München, Zeininger, Vorstand des Betriebsamts Stendal, als Dezernt zur RBD Hannover; die Reichsbahnräte Hager, Vorstand des Betriebsamts Regensburg, als Dezernt zur RBD Erfurt, Dressel, Vorstand des Betriebsamts Neuwied 2, zur RBD Frankfurt (Main); die Reichsbahnbaussessoren Rieß beim Betriebsamt Oldenburg 1 zur RBD Karlsruhe, Witte beim Betriebsamt Husum zum Betriebsamt Hamburg und Bendorf beim Betriebsamt München 4 zur RBD Regensburg.

Gestorben: Direktor der Oberbetriebsleitung Dr.-Ing. Tecklenburg in Essen; Reichsbahnoberrat Göhner, Dezernt der RBD Kassel.

Im Ruhestand verstorben: Reichsbahnrat Enßlin in Stuttgart, zuletzt bei der RBD Stuttgart.

INHALT: Wiederherstellung einer Verbruchstrecke im Tunnel Nr. 31 der Elburs-Nordrampe, Perslen. — Radwegbau. (Schluß.) — Vermischtes: Technische Hochschule Hannover. — Beton-Kalender 1938. — Personalmeldungen.

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