

DIE BAUTECHNIK

17. Jahrgang

BERLIN, 3. November 1939

Heft 47/48

Der Bau des Scheiteltunnels der Elburs-Nordrampe der Transiranischen Eisenbahn.

Von Dipl.-Ing. L. v. Rabcewicz, zur Zeit Mannheim.

Alle Rechte vorbehalten.

Über die geologischen Verhältnisse und die Trassenführung der Transiranischen Eisenbahn und insbesondere der Elburs-Nordrampe ist bereits in einem früheren Aufsatz das Nötige gesagt worden; s. Bautechn. 1938, Heft 27, S. 349 ff. In folgendem soll nun der Bau des Scheiteltunnels der Nordrampe behandelt werden.

Der Bau des Scheiteltunnels zerfällt in zwei Abschnitte. Während der das erste Arbeitsjahr umfassenden ersten Bauperiode, in der die Baustelle erschlossen und der Tunnel von beiden Seiten begonnen wurde, arbeitete die Regierung in eigener Regie. Diese Arbeitsperiode stand von Anfang an im Zeichen unzureichender Materialversorgung und Installation, weil das gewählte System des Regiebaues wegen der bürokratischen Schwierigkeiten nicht fähig war, dem Bedarf des mit aller Energie begonnenen Baues der Nordlinie auch nur angenähert gerecht zu werden.

Die Unzulänglichkeiten dieses Systems wurden denn auch rechtzeitig von der Regierung erkannt. Diese entschloß sich daher, die Durchführung des Baues der Transiranischen Eisenbahn im Mai 1933 an das dänische Konsortium Kampsax zu treuen Händen zu übergeben. Dieses Konsortium sorgte für die Vergebung der einzelnen Bauabschnitte auf Grund von beschränkten Ausschreibungen an Großbauunternehmungen.

In dieser Weise wurde das Baulos, in dem der Scheiteltunnel lag, im August 1933 von der Bauunternehmung „Brüder Redlich, Brünn“, erstanden, die als Tochtergesellschaft der ehemaligen österreichischen Bauunternehmung „Brüder Redlich & Berger, Wien“, über bedeutende Erfahrungen und ein ausgezeichnetes Personal auf dem Gebiete des Tunnelbaues verfügte. Ausgeführt wurde der Bau in Arbeitsgemeinschaft mit der Tunnelbau-firma Ingenieur Zdenko Kruliš, Prag, die auch an den größten Tunnelbauten in der Tschecho-Slowakei in der Nachkriegszeit beteiligt war.

Die Übernahme des Baues durch die Unternehmung „Brüder Redlich“ leitete die zweite Bauperiode ein, während deren die Arbeiten mit ausreichender maschineller Einrichtung fortgesetzt und in ausgezeichneter Weise fünf Monate vor dem Termin zu Ende geführt wurden.



Abb. 1. Ansicht der Südseite des Scheiteltunnels.

Linienführung nach Höhe und Richtung, Absteckung.

Der Scheiteltunnel durchörtert den 2216 m hohen Gaduksattel, der die tiefste Einsattelung im östlichen Teile des Elbursgebirges und gleichzeitig die höchste Erhebung der Nordlinie der Transiranischen Bahn zwischen Benderschah und Teheran bildet¹⁾, die auf 240 km Baulänge von einer Höhe von — 27 m am Kaspischen Meer zu einer Höhe von 2110 m emporsteigt.

Abb. 1 zeigt eine Ansicht der Südseite des Scheiteltunnels; in Bildmitte sieht man den Voreinschnitt mit dem daran anschließenden Damm. Am Nullpunkte Magazine und Werkstätte, links jenseits der Straße das jüngst entstandene Arbeiterdorf, rechts Spital und Kanzleigebäude.

Die Richtung der Tunnelstrecke ist eine Gerade, die sich noch nach Norden um 360 m und nach Süden um 260 m über die Portale hinaus verlängert.

Für den nördlichen Ast des Scheiteltunnels wurde die Rampenhöchststeigung von 28 auf 15% erniedrigt. Diese Ermäßigung ist keineswegs zu hoch gegriffen, da das örtliche Klima sehr feucht und neblig ist. Der höchste Punkt wird dann bei Tunnelkilometer 1,640 erreicht, von wo jenseits die Tunnelstrecke mit 2,5% gegen Süden fällt.

Nachdem zunächst im Zuge der allgemeinen Absteckung der Strecke die Achse einfach über Tage abgesteckt worden war, führte man vor Beginn der Tunnelarbeiten zur Kontrolle und zur Erzielung größerer Genauigkeit eine Triangulierung aus. Zu diesem Zwecke wurde auf der Bauhöhe in verhältnismäßig sanftem Gelände eine Grundlinie von 700 m Länge gemessen. Die günstige Lage der den Gaduksattel zu beiden Seiten begrenzenden Höhenzüge gestattete eine sehr einfache Durchführung der Triangulierung; nur sieben Netzpunkte einschließlich

der zwei Basispunkte waren nötig, um die Tunnelrichtung festzulegen. Der Durchschlag ergab eine Abweichung von nur 42 mm in der Richtung und 12 mm in der Höhe.

Geologische Verhältnisse.

Allgemeines. Der Tunnel durchfährt — abgesehen von der südlichen Strecke — ausschließlich Schichten der Devon-Formation, die in dem Gebiete des Talartales als älteste Schichtgruppe im wesentlichen durch folgende Gesteine vertreten ist:

1. durch Quarzsandsteine, feinkörnige zum Teil glimmerige Tonsandsteine und Tonschiefer von roter oder graugrüner bis dunkelgrauer Farbe, die, miteinander wechsellagernd, das Hauptgestein darstellen;

2. durch hellgraue (zum Teil auch gelbliche) bis fast schwarze Kalke und Dolomite, die als mehr oder weniger weit andauernde Lagen oder langgestreckte Linsen auftreten und sehr häufig stark verkieselt sind. Im unverkieselten Zustande zeigen sie meist eine gute Schichtung;

3. durch Diabas und Diabastuffe; diese Gesteine stecken entweder in Form von unregelmäßigen Körpern in den Tonschiefern oder liegen auch als dünne Linsen, vielfach in Begleitung der Kalke und Dolomite, mehr oder weniger übereinstimmend zwischen den Schichten. Bei Gaduk treten vorwiegend Diabastuffe in der letztgenannten Lagerungsform auf. Untergeordnet erscheinen helle Quarzite und dunkle, dichte Kieselgesteine.

Diese ganze Gesteinsfolge fällt bei Gaduk 50 bis 65° gegen NW unter den nächst jüngeren karbonen Kohlenkalk. Im SO ist sie dagegen entlang einer ebenfalls steil gegen NW fallenden Fläche auf enggefaltete, viel jüngere Schichten (Trias und Jura) aufgeschoben (Gaduker Störung). Technisch von besonderer Bedeutung ist der Umstand, daß die Tunnelachse das Schichtstreichen unter einem sehr spitzen Winkel schneidet, stellenweise sogar annähernd mit ihm parallel verläuft.

Im Süden durchfährt der Tunnel auf einer 390 m langen Strecke jüngere (miozäne) Schichten (mehr oder weniger verfestigte Schotter, Sande und Tone), die die älteren, gefalteten Gesteine ungleichförmig überlagern. Schmale Bänder von verkitteten Sanden, wie sie bei Tunnel-km 0,960 (Quellaustritt) und bei Tunnel-km 2,245 (mit Lehmassen) angetroffen wurden, dürften wohl sekundäre, durch Kalksinter verfestigte Kluffüllungen sein.

Druckfestigkeit der Gesteine. Die abwechslungsreiche Aufeinanderfolge so verschiedenartiger Gesteine bedingte im Tunnel selbstverständlich auch einen fortwährenden Wechsel der technischen Verhältnisse. Wie zu erwarten, hatten die Kalke und Dolomite sowie der Großteil der Sandsteine eine verhältnismäßig große Druckfestigkeit. Überraschend gering war dagegen die Festigkeit der in Zersetzung begriffenen Diabastuffe. Eine Ausnahme machte hierin nur der etwas festere Diabas bei Tunnel-km 2,28. Die Tonschiefer, die sehr zum „Blähen“ neigten, sowie die jungen Schotter, Sande und Tone an der Südseite hatten natürlich die geringste Druckfestigkeit. Unabhängig von der Gesteinsbeschaffenheit dürfte das technische Verhalten der Gesteine örtlich sehr durch die Auswirkungen der in unmittelbarer Nähe vorbeiziehenden Gaduker Störung (Verklüftung und Zertrümmerung) verändert worden sein.

Wasserführung. Für die Wasserführung ist vor allem der Umstand von Bedeutung, daß das Tunnelprofil beinahe parallel zum Streichen der Schichten und der Gaduker Störung (und damit auch zu den durch diese Störung bedingten Klüften) verläuft. Dies wirkte sich beim Bau besonders in den wasserundurchlässigen Tonschiefern, in denen sich das Wasser in den hier überall nach oben offenen Schichtfugen und Klüften staut, in der Weise aus, daß verschiedentlich starke, mit dem Vortrieb mitgehende Wasseraustritte auftraten (z. B. zwischen Tunnel-km 1,020/1,160 und Tunnel-km 1,220/1,270 sowie zwischen Tunnel-km 1,870/2,000 und Tunnel-km 2,060/2,110).

Interessant ist, daß an zwei Stellen auch der Diabas sehr stark wasserführend war (bei Tunnel-km 0,555 und Tunnel-km 0,840); wahrscheinlich ist dies auf eine starke Zerklüftung und auf die schon weit vorgeschrittene

¹⁾ Bautechn. 1938, Heft 29, S. 377, Abb. 10 u. 10a.

Zersetzung dieses Gesteins zurückzuführen. Die starke Quelle bei Tunnel-km 0,960 kommt aus der erwähnten, mit ver kitteten Sanden erfüllten Kluft.

Anderer Art waren die beiden unterirdischen Wasserbecken auf der Südseite bei Tunnel-km 2,560 und 2,480, die durch den Tunnel angefahren und zum Auslaufen gebracht wurden. Das Wasser befand sich hier in den lockeren jungen Konglomeraten und Sanden und wurde teils durch Lehmschichten, teils durch den Felsuntergrund abgedichtet.

Die Bau- und Betriebsweise.

Nach reiflichen Überlegungen entschlossen wir uns für den gegebenen Fall zur Wahl der belgischen Bauweise mit Sohlstollen, und in der Folge wurde die gleiche Bauweise auch für die meisten längeren Tunnel der Transiranischen Eisenbahn angewendet.

Hierzu veranlaßte uns vor allem der Umstand, daß das Bauholz (es stand vorwiegend Buchenholz zur Verfügung) nicht in der geeigneten Qualität und Länge zu bekommen war. Die meist etwas krummen Stämme verjüngten sich stark gegen den Zapf, und Längen über 6 m waren nur schwer und sehr teuer erhältlich. Überdies erhöhte noch der Antransport mittels Lastautos auf eine Entfernung von 50 km (wobei ein Höhenunterschied von 1800 m zu überwinden war) den Holzpreis um mehr als die Hälfte.

Ferner war für die Wahl der belgischen Bauweise bestimmend, daß sämtliche anderen Bauweisen größere Anforderungen an die Kenntnisse der Mineure stellen. Da es nun in Persien überhaupt keine Mineure gab und alle Arbeiter dieses Faches vom Auslande hergebracht werden mußten, war man naturgemäß bei dem großen Umfang der zu leistenden Tunnelarbeiten (81,74 km Tunnelänge in 5 Jahren) bestrebt, die Anzahl der teuren ausländischen Spezialarbeiter, die den zehnfachen Lohn der einheimischen Arbeiter bezogen, möglichst zu beschränken.

Endlich war noch die Überlegung ausschlaggebend, daß man für einen großen Teil des Tunnels mit mildem, druckhaftem Gebirge (quartäre Tone, Tonschiefer und Schieferstone) rechnen mußte, wo es im allgemeinen galt, die geschaffenen Hohlräume so rasch als möglich zu schließen, um so die Entstehung größerer Auflockerungen im Gebirge und damit die Bildung von Druckstreifen tunlichst zu vermeiden. Diesem Bestreben entsprach keine andere Bauweise so gut wie die belgische.

Um die Unterfangung des Firstgewölbes zu erleichtern und zu sichern, sowie um die Setzungen auf ein möglichst geringes Maß zu beschränken, stellte man die Kämpfer, wie üblich, auf einen leicht bewehrten Eisenbetonbalken.

Die Tunnelbetriebsweise (worunter wir die Anordnung und Entfernung der einzelnen Arbeitsstellen in der Längsrichtung des Tunnels verstehen) trachtete man im Sinne der Vereinfachung der organisatorischen Durchführung und Verbilligung der Arbeiten, soweit tunlich, „fortlaufend“ zu gestalten, d. h. man schuf für den Ausbruch des Firstgewölbes nur eine einzige, ununterbrochene Arbeitszone, an die dann die Zone der Firstgewölbemauerung, darauf die des Widerlagerausbruchs und Mauerung und endlich, wenn nötig, die Herstellung des Sohlgewölbes, anschloß. Eine solche Betriebsweise ermöglicht nicht nur ein flottes Fortschreiten der Arbeiten, sondern erhöht auch, durch bequemere und übersichtlichere Raumverhältnisse, deren Güte. In dieser Weise wurde erreicht, daß die ausgebrochenen Teile nur durch kurze Zeit auf Holz standen. Größere Druckentwicklungen traten daher nur vereinzelt auf, wodurch man wieder an Mauerungsabmessungen sparen konnte.

In Abb. 3 ist als kennzeichnendes Beispiel für den Normalbetrieb des Scheiteltunnels ein Schnitt durch die Tunnel-Südseite (Bauzustand vom Juni 1934) dargestellt. Der Sohlstollen ist nur um ein geringes voraus. Man vermied absichtlich ein größeres Voreilen, um die Sohlstollenstrecke, deren Einbau in dem milden Gebirge starken Verdrückungen ausgesetzt war, so kurz wie möglich zu halten und damit ihre Unterhaltungskosten auf einen Mindestbetrag zu beschränken. Der Kalottenausbruch war normal auf fünf Ringe zu 8 m Länge beschränkt, worauf meist ein bis zwei fertig ausgebrochene Ringe folgten, die als Reserve dienten, um die Mauerungsarbeiten ohne Störung fortsetzen zu können, wenn aus irgendeinem Grunde der Ausbruch verzögert wurde.

Sodann folgte auf sechs Ringe verteilt die Gewölbemauerung und Ausschalung, wovon man im ersten Ringe die Lehrbogen aufstellte, im zweiten und dritten den Eisenbetonbalken und den darüberliegenden Betonteil der Kalotte ausführte, und im vierten das Gewölbe durch Mauerung schloß. Nach einem Ring, in dem nicht gearbeitet wurde, folgte dann im nächsten die Gewölbeausschalung und die Einziehung der Querstreben und hierauf meist wieder ein bis zwei Ringe als Reserve, bevor man die Unterfangungsarbeiten begann.

Die Zone des Ausbruchs und der Untermauerung der Widerlager erforderte etwa neun bis zehn Ringe. Die Arbeitsweise hierfür geht aus Abb. 3 hervor. Zumeist war auch ein Sohlgewölbe nötig, das dann der Widerlager-Arbeitszone in kurzem Abstände folgt.

Die gesamte Baulänge vom Sohlstollenort bis zum fertigen Widerlager schwankte also zwischen 105 m und 360 m und betrug im Mittel 198 m.

Es wäre verfehlt, sich durch die Baulängen allein zu einem Urteil über die Güte der Betriebsweise bestimmen zu lassen, da ja für den Grundsatz, geschaffene Hohlräume so rasch als möglich zu schließen, vielmehr die Zeit maßgebend ist. Betrachtet man von diesem Gesichtspunkte aus das Fortschrittsprogramm (Abb. 4), so findet man, daß eine recht kurze Bauzeit im Bereiche von Tunnel-km 2,0 und 2,4 erzielt wurde, wo nur 12 bis 15 Wochen vom ersten Anfahren durch den Sohlstollen bis zur Erstellung der Widerlager erforderlich waren. In dieser Strecke waren die Baulängen aber nicht ein Mindestmaß, sondern betragen 130 bis 175 m. Die dabei erzielte Leistung betrug 38 m fertigen Tunnels im Monat.

Im allgemeinen wurde diese Mindestbauzeit nicht wesentlich überschritten; gemittelt hat man im Teil Tunnel-km 0 bis 2,470 für die Erstellung eines Ringes vom Anfahren durch den Sohlstollen bis zur fertigen Widerlagermauerung 18 Wochen gebraucht. Im Mittel wurden in der obenerwähnten Strecke 56 m fertigen Tunnels auf einer Seite monatlich hergestellt.

Größere Schwierigkeiten bereitete die Strecke Tunnel-km 2,470 bis 2,880. Hier war man wegen der nassen, stark druckhaften quartären Tone zumeist gezwungen, sehr vorsichtig zu arbeiten. Man beschränkte daher die Kalottenausbruchzone auf nur ein bis zwei Ringe und vermied die Einschaltung von Reserveringen, um das Firstgewölbe möglichst rasch zu schließen. Da man so zu langsam vorwärts gekommen wäre,

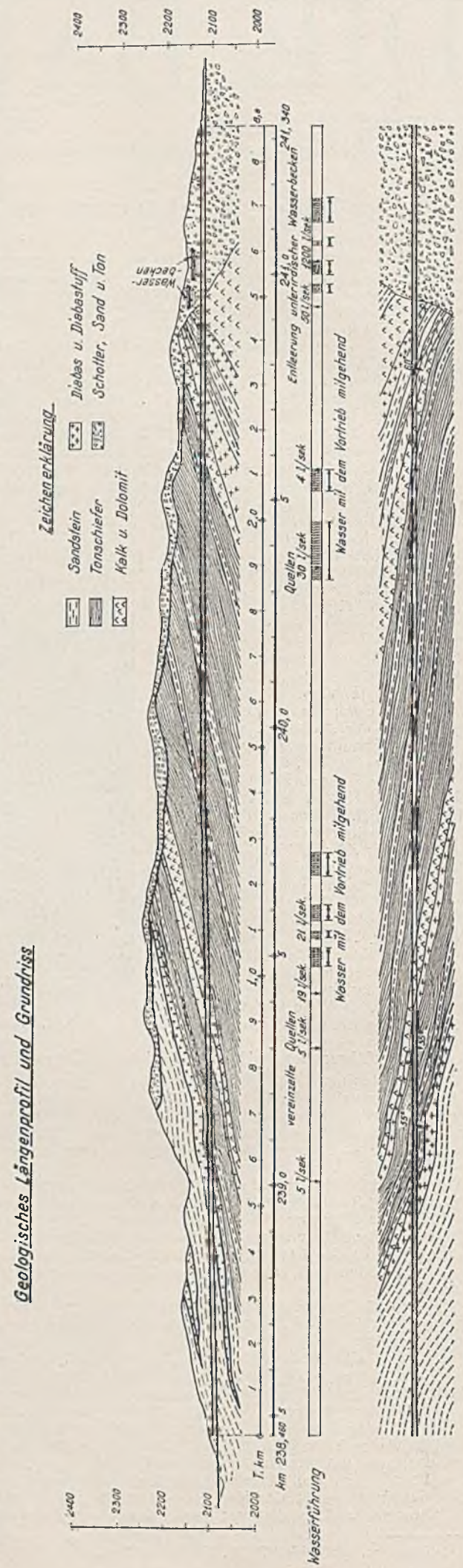
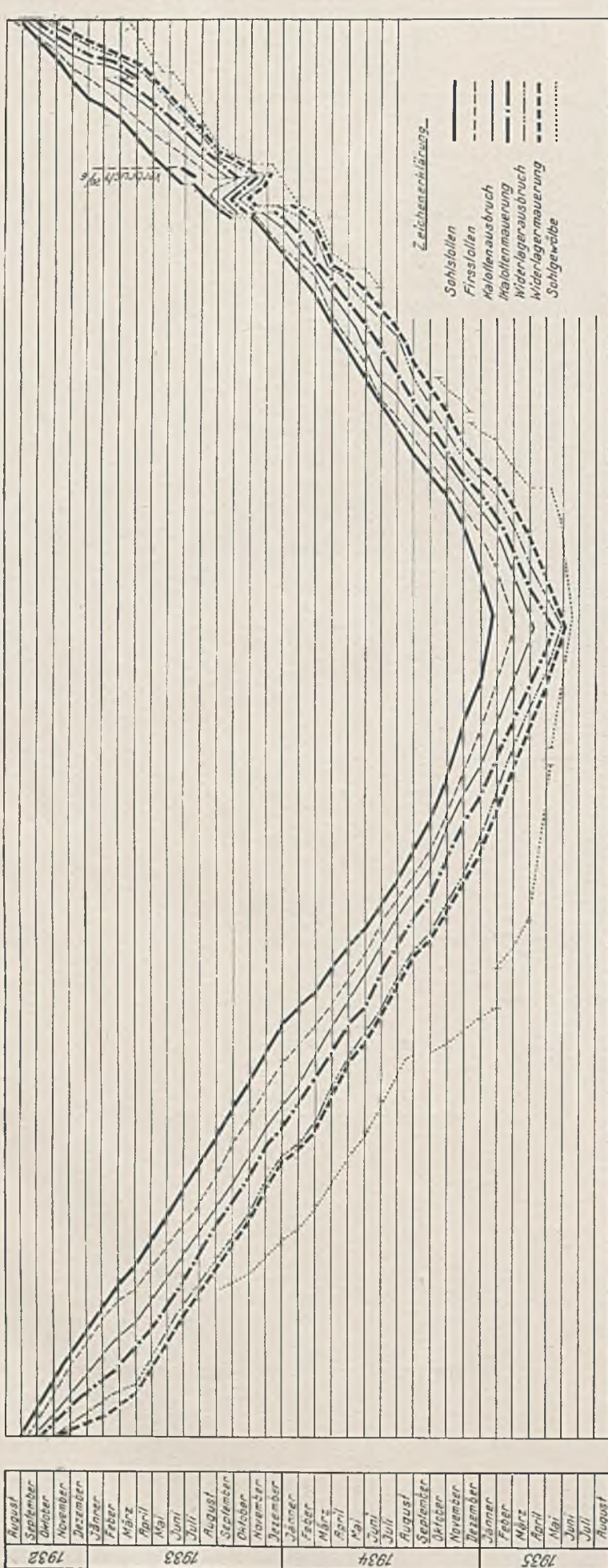


Abb. 2. Geologischer Längenschnitt und Grundriß.

war man genötigt, zwei Angriffstellen für die Kalotte zu schaffen. Besonders ungünstig war die Strecke zwischen Tunnel-km 2,500 bis 2,585, in der sich ein Verbruch ereignete, über den noch besonders gesprochen werden soll. An dieser Stelle zog man es, wie in ähnlichen Fällen üblich, vor, die Verbruchstrecke nicht eher zu berühren, bevor man sich nicht

von beiden Seiten vorsichtig mit der fertigen Tunnelröhre an den kritischen Punkt herangeschoben hatte. Man erreichte in diesem Teile, die Tunnelröhre vom angefahrenen Sohlstollen bis zu den fertigen Widerlagern in 11 Wochen herzustellen, wobei man die schwerste Mauerungstypen mit 120 cm Kalottendicke auszuführen hatte.

Fortschritts - Schaubild



Aufgefahrne geologische Schichten

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------|-----------|------------------------|-----------------|------|--------------|-----------|--------------|-------------|--------------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|-----------|--------|------|------------------------------|
| rot, dunkler, sehr fein - körniger Ton sandstein | zersetzt Diabas | Sandstein | Sandstein | rot, Schiefer ton, rot | Diabas zersetzt | Kalk | Ton Schiefer | Sandstein | Ton Schiefer | di. grunsl. | Ton Schiefer | Sandstein | Diabas | Sandstein | Sandstein | Diabas | Sandstein | Diabas | Halk | junge Scheller, Sande u. ton |
|--|-----------------|-----------|-----------|------------------------|-----------------|------|--------------|-----------|--------------|-------------|--------------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|-----------|--------|------|------------------------------|

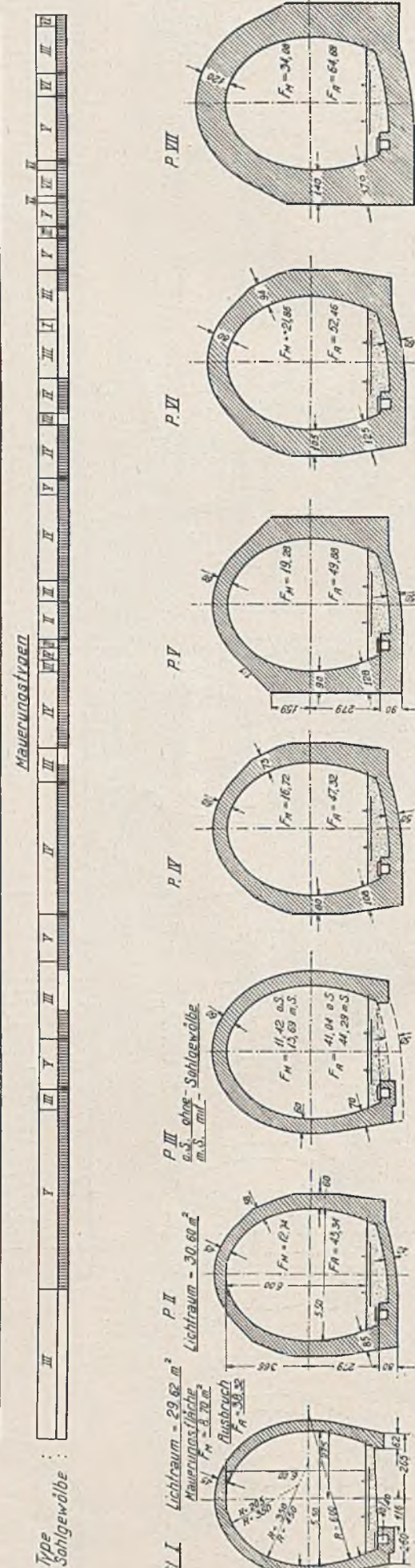


Abb. 4. Fortschrittsschaubild mit Angabe der aufgefahrenen geologischen Schichten und Mauerungstypen.

An einigen Stellen, im Bereiche von Tunnel-km 0,960 bis 1,250, nötigte uns auch der Zustand des Sohlstollens, die Herstellung der Tunnelröhre zu beschleunigen, weil sich der Stollen im stark blähenden Schiefertone bedeutend verdrückte. Die nahezu Mann an Mann stehenden kräftigen Kappen und Ständer brachen, die Sohle stieg bis zu 38 cm auf, und das Profil verengte sich innerhalb weniger Wochen derart (an mehreren Stellen ging die lichte Weite von 190 cm auf 150 cm herunter), daß man vielfach die hereingedrückten Steher einhaken mußte, um den Verkehr der Kippen notdürftig zu ermöglichen. Man sparte sich in diesen Fällen die kostspielige und sehr störende Auffristung des Sohlstollens, indem man an diesen Stellen rasch das Firstgewölbe herstellte und den Sohlstollen abbaute.

Installation.

Im Rahmen des Regie-Bauprogramms für die gesamte Rampenstrecke wurde vom Verfasser, dem die Oberleitung der Rampe oblag, auch ein Installationsplan ausgearbeitet. Nach diesem Plane, der mehrere zentrale Energiegruppen mit elektrischer Fernübertragung vorsah, war der Scheiteltunnel wie folgt bedacht:

Auf der Nordseite hatten wir zwei ortsfeste Kompressoren je 11 m³/sek Ansaugleistung mit einem Energiebedarf von zusammen 180 PS an der

Kompressorwelle gefordert. Für die Lüftung war ein Energiebedarf von 40 PS, für die Werkstätten und Lichtanlage 25 PS vorgesehen. Zusammen waren also 245 PS erforderlich.

Auf der Südseite hatte man die Anlagen etwas geringer bemessen gedacht; dort hatte man eine Nutzleistung von zusammen 220 PS berechnet. Schätzt man den Energieverlust durch die Höhenlage und Kraftübertragung auf etwa 20%, so würde sich für die Antriebsmaschinen bei Dieselmotoren eine notwendige Leistung von 576 PS für beide Tunnelseiten zusammen ergeben. Die vorgesehene Anlage wäre also um 23% größer angenommen gewesen als die später tatsächlich ausgeführte. Die Erfahrungen haben im großen und ganzen die Richtigkeit der ersten Annahme bestätigt.

Die erste dieser Anlagen, in deren Versorgungsbereich der Scheiteltunnel fiel, wurde im Sommer 1932 ausgeschrieben, und man erhielt eine Reihe von Angeboten von namhaften Firmen, von denen einige als sehr günstig zu bezeichnen waren. Da jedoch bereits im Herbst 1932 Verhandlungen gepflogen wurden, die auf die bereits eingangs erwähnte Änderung des Ausführungssystems in Regie hinzielten, entschloß man sich beim Ministerium begrifflicherweise nicht, einer der anbietenden Firmen den Zuschlag zu erteilen und eine Anlage zu erstehen, die die Unternehmung später in organisatorischer Hinsicht gebunden hätte.

Installation Nordseite.

| Verwendung | Anzahl | Antriebsmaschinen | Type | Betriebsstoff | PS | | Anzahl | Angetriebene Maschinen und Geräte | Type | Anmerkung | |
|------------------|--------|--|------|---------------|--------|-----------|--|---|------------------|---|--|
| | | | | | einzel | zu-sammen | | | | | |
| Bohranlage | 1 | „Skoda“-Diesel, zwei Zylinder „Bamag“ | 2 H | Rohöl | 135 | | 1 | Ortsfester Kompressor Skoda, zwei-stufig, 13,0 m ³ /min Ansaugleistung Fahrbares Kompressoraggregat, 4,2 m ³ /min Ansaugleistung, hiervon angetrieben: 35 Bohrhämmer 16 bis 19 kg 14 Aufbruchhämmer 9,5 kg 1 Bohrer, Schärf- und Stauchanlage 1 Torkret-Zementinjektor, 70 l | } Ver-schie-dene | Rohrleitung: Hauptstrang im fertigen Tunnel 4 1/2" Durchm. Nebenstränge: Vor Ort 4" Durchm. Kalotte 3" Durchm. Firststollen 2" Durchm. | |
| | 1 | | | Benzin | 48 | 183 | 1 | | | | |
| Lüftung | 1 | „Weber“-Zweitakt-Diesell „Lister“-Semidiesell | 2 CD | Rohöl | 36 | | 1 | „Sulzer“-Hochdruckventilator, revers. | 60 dR | Rohrleitung: Hauptstrang 480 bis 400 mm Nebenstränge 300 mm | |
| | 1 | | | Rohöl | 16 | 52 | 1 | „Sulzer“-Hochdruckventilator, revers. Leistung 2,5 bis 3,5 m ³ /sek, entsprechend etwa 0,75 m ³ /Mann 1 Turboluftengebläse „Flottmann“ | 45 c U 30 | | |
| Förderung | 1 | Orenstein & Koppel, Viertakt-Lokomotive Orenstein & Koppel, Baulokomotive | RL 3 | Rohöl | 35 | | 55 Kipper zu 1 m ³ , 20 Kipper zu 0,75 m ³ , 45 Plattenwagen | | | Dienstgewicht 7,0 t Gewicht 4,2 t | |
| | 1 | | H 2 | Benzin | 20 | 55 | | | | | |
| Aufbereitung | 1 | „Lister“-Semidiesell | | Rohöl | 16 | 16 | 1 | „Ibag“-Schotterbrecher, 400/250 mm, später für Oberbauschottererzeugung auf der Südseite verwendet | Nr. 4 | 5 bis 7 m ³ /h Leistung | |
| Werkstätte | 1 | Elektromotor AEG, 2 PS, 220 V | | | | | | Drehbank, Bohrmaschine, Schmiede, Schleifmaschine, autogene Schweißanlage | | | |
| Lichtanlage | 1 | „Lister“-Semidiesell | | Rohöl | 16 | 16 | | Gleichstromdynamo AEG, 8 kW, 220 V, betreibt auch den Werkstättenmotor | | Beleuchtung d. Tunnels im fertigen Teil, Kippe, Dienstgebäude | |
| Summe Nordseite: | | | | | 322 | | | | | | |

Installation Südseite.

| Verwendung | Anzahl | Antriebsmaschinen | Type | Betriebsstoff | PS | | Anzahl | Angetriebene Maschinen und Geräte | Type | Anmerkung | |
|-----------------|--------|---|------|---------------|--------|-----------|--|---|------------------|---|--|
| | | | | | einzel | zu-sammen | | | | | |
| Bohranlage | 1 | „Bamag“ | MK2V | Benzin | 48 | | 1 | Fahrbares Kompressoraggregat, 4,2 m ³ /min Ansaugleistung Fahrbares Kompressoraggregat, 3,5 m ³ /min Ansaugleistung Fahrbares Kompressoraggregat, 3,2 m ³ /min Ansaugleistung, hiervon angetrieben: 25 Bohrhämmer, selbsttätig umsetzend 16 bis 19 kg, je 1,2 bis 1,5 m ³ /min 10 Aufbruchhämmer 9,5 kg | } Ver-schie-dene | Rohrleitung: Hauptstrang im fertigen Tunnel 3" Durchm. Nebenstränge: Sohlst. 2 1/2" Durchm. Firstst. 2" Durchm. Kalotte 2" Durchm. | |
| | 1 | „Schramm“ | | Benzin | 44 | | 1 | | | | |
| | 1 | „Atlas“-Diesell | | Rohöl | 42 | 134 | 1 | | | | |
| Lüftung | 1 | „Weber“-Zweitakt-Diesell „Lister“-Semidiesell | 2 CD | Rohöl | 36 | | 1 | „Sulzer“-Hochdruckventilator | 60 dR | Rohrleitung: Hauptstrang 480 bis 400 mm Durchm., Nebenstränge 300 mm Durchm. | |
| | 1 | | | Rohöl | 16 | 52 | 1 | „Sulzer“-Hochdruckventilator (Reserve) Leistung 2,5 m ³ /sek | 45 e | | |
| Förderung | 1 | Orenstein & Koppel, Baulokomotive | H 2 | Benzin | 20 | 20 | 20 Kipper zu 1 m ³ , 30 Kipper zu 0,75 m ³ , 30 Plattenwagen | | | Dienstgewicht 4,2 t | |
| Lichtanlage | 1 | „Lister“-Motor | | Petroleum | 6 | | 1 | Gleichstromgenerator AEG, 3 1/2 kW, 220 V | | Beleuchtung d. Tunnels im fertigen Teil, Kippe, Dienstgebäude | |
| | 1 | Lichtaggreg. „Standard“ | | Benzin | 6 | 12 | 1 | Gleichstromgenerator, 3 1/2 kW, 110 V | | | |
| Werkstätte | 1 | Deutz-Semidiesell | | Rohöl | 10 | 10 | | Drehbank, Bohrmaschine, Schleifmaschine, Schmiede, Kreissäge | | | |
| Summe Südseite: | | | | | 228 | | Zusammen für beide Tunnelseiten 544 PS | | | | |

Als nun der Tunnel im Herbst 1933 vergeben wurde, tat die Unternehmung alles, was möglich war, um schnell eine endgültige Installation zu beschaffen. Immerhin dauerte es weitere sechs Monate, bis man diese Anlage in Betrieb nehmen konnte. So waren wir gezwungen, uns durch allzulange Zeit mit einer einstweiligen Anlage zu behelfen, was sich naturgemäß im Baufortschritt aussprechen mußte.

Die besagte einstweilige Anlage wurde bereits im September 1932 in Betrieb genommen und bestand aus zwei Bamag-Kompressoraggregaten zu je 48 PS, einigen hundert Metern Preßluftleitung und dem nötigen Material an Schläuchen und Bohrhämmern. Da auf der Südseite wegen des milden Gebirges ein Kompressor zunächst nicht nötig war, wurden beide Aggregate auf der Nordseite aufgestellt. Als man dann später aber auch im Süden bei Tunnelkm 2,485 auf harten Kalk stieß, stellte die Unternehmung hier bei Bauübernahme ein Atlas-Diesel-Kompressoraggregat von 42 PS auf.

Für den Beginn der Arbeiten hätten nun die genannten vorläufigen Bohranlagen ohne weiteres genügt, wenn auch Lüftungsanlagen zum mindesten behelfsmäßiger Art für beide Tunnelseiten vorhanden gewesen wären.

Das Fehlen jeglicher derartiger Anlagen aber schädigte den Fortschritt bedeutend. Vor allem war auf der Nordseite im Schußgebirge eine Abhilfe dringend nötig, da hier besonders an Tagen, bevor das Wetter umschlug, was häufig geschah, die Arbeiten nahezu stillgelegt wurden. Wir entschlossen uns deshalb, nacheinander beim Tunnel-km 0,285, 0,440 und 0,586 Lüftungsschächte zu erstellen.

Auch auf der Südseite, wo man bis Ende September 1933 400 m Sohlstollen und gemittelt 336 m fertigen Tunnel ohne Lüftungsanlage erstellt hatte, war die Grenze des Möglichen erreicht, um so mehr, als man mit dem Vortrieb im festen Schußgebirge angelangt war. Der bereits im Dezember 1932 bei Tunnel-km 2,483 übertage angefangene Schacht ersoff nach 9 m Tiefe im Grundwasser. So schlug man dann später den Schacht von unten durch, indem man den Ort durch Preßluft notdürftig mit Frischluft versah.

Die endgültige Installationsanlage kam wegen der Transportschwierigkeiten erst im März 1934 vollständig in Betrieb. Die Maschinen kamen auf dem Seewege nach Beirut und wurden von dort mit Lastautos durch die Wüste und im weiteren Verlauf durch die verschneiten Pässe der südpersischen Gebirge befördert.

Der Kürze halber sind die Anlagen vorstehend in Tabellenform zusammengestellt.

Zu den Anlagen ist kurz folgendes zu bemerken:

Da die Tunnelarbeiten zur Zeit der endgültigen Installation im Norden bereits bis über den Schacht, Tunnel-km 0,586, vorgeschritten waren, errichtete man das Maschinenhaus über diesem Schacht und führte die Preßluftleitung durch diesen in den Tunnel.

Zur Leistung der Bohranlage sei bemerkt, daß auf der Nordseite mit zusammen acht bis elf Bohrhämmern gearbeitet wurde. Hiervon waren zwei bis drei Hämmer im Sohlstollen, ein bis zwei im Firststollen, zwei bis drei im Kalotten und drei im Widerlager und Sohlgewölbeausbruch angeschlossen. Ähnlich lagen die Verhältnisse auf der Südseite, wo acht Hämmer in Verwendung standen.

Auch für die Lüftungsanlagen nutzte man, um so viel als möglich an teuren Rohrleitungen zu sparen und den Druckverlust zu mindern, die vorhandenen Schächte aus, indem man auch die Lüftungsrohre im Norden durch den Schacht bei km 0,586 in den Tunnel führte.

Im Süden ging man anders vor. Dort stellte man den Antriebmotor des Lüfters beim Schacht, Tunnel-km 2,483, in den Tunnel und führte die Auspuffgase durch den fertigen, gut abgedichteten Tunnelkanal nach außen. Die Frischluft wurde durch den Schacht angesaugt.

Die Lösung, die Rohrleitungslängen durch die Schachtanlage zu verkürzen, bedeutete im gegebenen Falle bei den geringen Überlagerungshöhen auch eine nennenswerte Ersparnis. Die Ausgaben für die zusammen 232 m hohen Schächte betragen 71 300 Rials, wogegen sich die Ersparnis an 983 m Preßluft- und Ventilationsmaterial auf rd. 176 000 Rials beläuft (ohne die dabei durch den Druckverlust bedingte stärkere Installation der Antriebsmaschinen in Anschaffung und Betrieb zu berücksichtigen). Die Lüftung war besonders im Norden als einwandfrei zu bezeichnen. Im Süden, wo die Sonne das Portal beschen, hatte man zeitweilig mit Schwierigkeiten zu kämpfen, die man durch Umschalten des Lüfters auf die Rücklaufvorrichtung zu beheben trachtete.

Die Beleuchtung des fertigen Tunnelteils durch elektrisches Licht bewährte sich sehr gut. Man vermied dabei jedoch in richtiger Weise, die Baustrecke auch nur teilweise elektrisch zu beleuchten, da die Unkosten durch die zahlreichen Betriebsstörungen die Ersparnis durch die billigere Lichtquelle bald um ein Vielfaches überstiegen hätten. (Schluß folgt.)

Alle Rechte vorbehalten.

Betrachtungen über die Geschiebebewegung im fließenden Wasser.

Von Reglerungs- und Baurat Walter Sperling, Königsberg (Pr).

1. Anlaß zu den Betrachtungen.

Der holländische Ingenieur Joh. van Veen hat vor einiger Zeit einen Aufsatz veröffentlicht, den er „Die unterseeische Sandwüste in der Nordsee“ betitelt¹⁾. Darin zieht er eine Parallele zwischen den Bodenformen des von ihm untersuchten Meeresgrundes und den Sandbildungen der Wüste. Es erscheint mir notwendig, die Gedanken van Veens noch mehr zu verallgemeinern und dazu noch andere ähnliche Erscheinungen in der Natur zum Vergleiche mit heranzuziehen, vor allen Dingen aber auf die Ähnlichkeit der Formen auf dem Meeresboden und in den Flußbetten und Wasserrinnen hinzuweisen. Dadurch, daß man auch noch andere ähnliche Erscheinungen in der Natur, die man unmittelbar beobachten kann, in Vergleich zieht, läßt sich die Art und Weise, wie sich das Geschiebe bewegt, noch besser veranschaulichen; dadurch, daß man die Geschiebebewegung auf dem Meeresboden und in den Flußbetten und Wasserrinnen als etwas Gleichartiges betrachtet, lassen sich die Früchte mannigfaltiger Kleinarbeit auf beiden Gebieten für einander nutzbar machen.

Der van Veen'sche Aufsatz gewinnt dadurch eine besondere Bedeutung, daß er die Aufmerksamkeit auf Großformen der Sandbewegung auf dem Meeresboden lenkt und außerdem auf das Echolot als neues Hilfsgerät für die Geschiebeforschung hinweist. Van Veen konnte mit dem Echolote, das in den Boden des Vermessungsschiffs eingebaut worden war, selbst bei Wassertiefen von 1/2 m unter dem Schiffsboden noch Höhenunterschiede des Meeresbodens von 1 dm Größe erkennen.

2. Die Formen der Sandbewegung.

Van Veen hat auf dem von ihm untersuchten Nordseeboden zwischen Den Helder und etwa Yarmouth einerseits und der Enge von Calais andererseits „Großriffeln“ und „Strombänke“, wie er sie nennt, in „riesigen“ Ausmaßen festgestellt. Er beschreibt die Formen dieser Sandablagerungen und vergleicht sie mit ähnlichen Gebilden in den großen Sandwüsten. Nach seiner Bezeichnung sind Riffeln Sandwellen, deren Rücken etwa quer zur Richtung, Strombänke Sandwellen, deren Rücken etwa in der Richtung des bewegten Wassers verlaufen.

Da der Begriff der Strombänke in den Strömen und Flüssen allgemein für Ablagerungen gebraucht wird, in denen sich das Geschiebe — sei es in Anlehnung an die Ufer oder auch mitten im Flußbett — bei seiner Wanderung zu Tal anhäuft, Bildungen, wie sie von Van Veen unterscheidet, aber auch in den Flüssen und sonstigen Wasserläufen vorkommen, dürfte es zweckmäßig sein, für die von van Veen beschriebenen Formen grundsätzlich die Bezeichnungen „Riffeln“ und „Längsrücken“ oder kurz „Rücken“ zu verwenden. „Riffeln“ sind dann die größeren oder kleineren wellenförmigen Geschiebeanhäufungen, die quer zur Strömungsrichtung des Wassers, „Rücken“ dagegen wellenförmige Geschiebe-

anhäufungen, die in der Strömungsrichtung verlaufen. Unter „Strombänken“ sind dagegen grundsätzlich größere Geschiebeanhäufungen zu verstehen. Sie können riffelförmig, rückenförmig oder aber auch viestaltig aussehen. Im allgemeinen wird man bei Strombänken an mehr unregelmäßig gestaltete Geschiebeanhäufungen denken.

3. Die Unterscheidung von Geschiebe und Sinkstoffen.

Es wird heute wohl allgemein anerkannt, daß sich das Geschiebe auf der Sohle der Gewässer hüpfend und rollend bewegt. Die einzelnen Geschiebekörner werden durch die Stoßkraft des fließenden Wassers emporgehoben und weitergetrieben. Die Geschiebekörner beschreiben dabei infolge ihrer besonderen Gestalt und ihrer größeren Schwere andere Bahnen als die antreibenden Wasserteilchen. Größere Stücke können an größeren Hindernissen in der Sohle, zum Beispiel Grundwehren, sogar aus dem Wasser herausgeschleudert werden.

Augenscheinlich ist die Stoßkraft der Wasserteilchen gegen die feste Flußsohle wesentlich größer als zwischen den freischwimmenden Wasserteilchen über der Sohle. Gegen die Sohle hat die Stoßkraft der Wasserteilchen immer die gleiche Richtung, zwischen den Wasserteilchen aber eine wechselnde und zum Teil entgegengesetzte Richtung. Bei unbewegter Wasseroberfläche wird die Stoßkraft im Wasserspiegel Null, bei bewegter Oberfläche wird sie durch Wellen und Strudel im Wasserspiegel ausgeglichen. Sie nimmt infolgedessen mit zunehmender Höhe über der Sohle ab. Die Geschiebekörner fallen daher, sobald sie sich von der Sohle gelöst haben, immer wieder auf die Flußsohle zurück. Im Gegensatz dazu sind die Sinkstoffe von solcher Gestalt oder so kleinem Gewicht, daß die Stoßkräfte der Wasserteilchen über der Flußsohle genügen, um die Sinkstoffe im Wasser schwebend zu erhalten.

4. Einiges über die Sinkstoffbewegung.

Die Sinkstoffe mögen sich im Wasser ähnlich wie Schnee beim Schneetreiben bewegen. Auch der Schnee beschreibt infolge seiner lockeren Beschaffenheit und seines kleinen Gewichtes nahezu die gleichen Bahnen wie die bewegende Luft. Er bildet auf freien Flächen auch keine Riffeln oder Rücken. Nur wo an Hindernissen oder in Vertiefungen Luftwirbel (Flechtströmungen) entstehen und sich die Luft zum Teil aufwärts und rückwärts bewegt, häuft er sich an. An solchen Stellen kann man wohl auch Ansätze von ganz flachen Riffeln beobachten.

Ähnlich wie in der Luft der Schnee bewegt sich im Wasser das Breiweiß, das sich in feiner Verteilung in den unterkühlten Wirbeln des fließenden Wassers bildet. Indessen backen die Breiweißmassen bei ihrer Häufung an langsamer fließenden Stellen und auch schon in den Wasserwirbeln durch „Regelation“ viel leichter als Schnee zu lockeren Ballen zusammen. Dank der Regelationskräfte besitzen die Eisteilchen eine gewisse Zähigkeit. Diese führt dazu, daß schließlich die Einzelbewegungen der Eisteilchen aufhören und sich höchstens größere Haufen lockeren

¹⁾ Geologie der Meere und Binnengewässer 1938. Band II, Heft 1. Berlin W 35, Gebrüder Bornträger.

Breileises als Ganzes schwingend oder treibend weiterbewegen. Neben der Schwere gewinnen daher die molekularen Kräfte zwischen den einzelnen Schnee- und Eisteilchen eine größere Bedeutung.

Bei einer gewissen Beschaffenheit der Sinkstoffe treten solche molekularen Kräfte auch zwischen den Sinkstoffen auf. Handelt es sich um rein mineralische Sinkstoffe, so kann man bei Korngrößen von weniger als etwa 0,02 mm (Schluffboden) bereits ein kolloidales Verhalten feststellen. Mit zunehmender Feinheit des Korns (Kolloidtone von 0,002 bis 0,0002 mm Korngröße) wächst die Kohäsion zwischen den Bodenteilchen. Ein Boden von dieser Beschaffenheit widersteht daher der Stoßkraft des bewegten Wassers auch besser als etwa lockerer Sandboden.

5. Die Unterscheidung von Sinkstoffen und Schwebestoffen.

Häufig sind die mineralischen Schlammteile auch mit organischen Stoffen durchsetzt. Es können dies Humustelle, Fasern verschiedener Art, Pflanzenreste, Pilzfäden, Bakterienlängergalle und andere Stoffe sein. Die Sinkstoffe verfilzen sich dadurch. Sie verkleben sich aber auch infolge der schleimigen Beschaffenheit der organischen Stoffe zu einem förmlichen Film, wenn sich die organischen Bestandteile mit den mineralischen Sinkstoffen auf der Sohle des Wasserlaufs bei verminderter Wassergeschwindigkeit absetzen. Sie haften dann an festen Gegenständen im Wasser zuweilen sehr fest. Nimmt die Wassergeschwindigkeit wieder zu, so löst sich die Schlammhaut von sandigem Grunde zunächst in Lappen wieder ab, so daß die Sohle in diesem Zustande mosaikartig gesprenkelt erscheint. Derartige Schlammabsätze lassen sich in einzelnen Flüssen (Ems, Alle in Ostpreußen usw.) namentlich im August und September bei kleiner Wasserführung beobachten. Da sich die Schlamm- und Schleimmassen und die mineralischen Sinkstoffe vollständig verschiedenartig verhalten, neigen die Biologen (Prof. Dr. Kolkwitz, Berlin-Dahlem) dazu, zwischen mineralischen Sink- und organischen Schwebestoffen zu unterscheiden. Wenn beide Stoffe gemischt auftreten, wird man zweckmäßig an der Bezeichnung „Schwebestoffe“ solange festhalten, als die organischen Beimischungen die Gestalt und Größe der bewegten Stoffe bestimmen.

6. Die Wellenbildung im Wasser.

Während die molekularen Kräfte zwischen den einzelnen Teilchen des Schnees, des Breileises, der tonigen Bodenarten und der mehr oder weniger durch organische Beimengungen verbundenen Schwebestoffe nur in bestimmten Berührungstellen wirksam sind, berühren sich die einzelnen Wasserteilchen so gleichmäßig, daß sie als Einzelkörper gar nicht in Erscheinung treten. Das Wasser bewegt sich dementsprechend als eine zusammenhängende Masse, die man sich in Stromröhren oder bei geringer Stärke in Stromfäden vereinigt vorstellt. Die Stromröhren oder Fäden ändern bei der Bewegung je nach den örtlichen Verhältnissen ständig ihre Form, sie vergrößern oder verkleinern sich, sie lösen sich auf oder durchdringen sich auch gegenseitig. Dabei wird die Bewegung hauptsächlich durch Druck oder Stoß übertragen. Die Zähigkeit zwischen den einzelnen Wasserteilchen, in erster Linie an den Grenzflächen der Stromröhren oder Fäden, spielt nur insofern eine Rolle, als die Arbeit, die zur Überwindung der Zähigkeit aufgewendet wird, in Wärme verwandelt wird. Dasselbe gilt auch von den Reibungsverlusten an den Wänden, zwischen denen sich das Wasser bewegt.

Die überschießende Energie dient dazu, die Wasserteilchen nach den vorhandenen Raumverhältnissen mit Beschleunigung oder Verzögerung waagrecht und lotrecht zu verschieben. Es entstehen so infolge der Ungleichförmigkeit der Bettwände in geschlossenen Gefäßen Druckschwankungen und in offenen Gerinnen Hebungen und Senkungen des Wasserspiegels. Diese Druck- oder Wasserspiegelschwankungen erzeugen im Wasser schwingende Bewegungen, die an der Wasseroberfläche, aber auch an Wandungen aus beweglichem Material Wellenformen hervorrufen. Von ihrem Ausgangspunkte aus nehmen die Schwingungen der Wasserteilchen infolge der Umsetzung von Arbeit in Wärme in ähnlicher Weise wie die Wasserbewegungen ab, die durch die äußeren Kräfte unmittelbar verursacht werden.

Da Schwere und molekulare Kräfte auf alle Wasserteilchen gleichmäßig wirken, nehmen die Wellenformen in der Wasseroberfläche und in den beweglichen Bettwandungen eine symmetrische Form an, wenn nur die Schwere wirksam ist. Einseitig in der Wasseroberfläche angreifende Kräfte, in erster Linie also Windkräfte, stören die Symmetrie. Auch an den Wandungen, im Flusse an der Sohle, werden durch die Reibung, bei Raum (Tiefen-)veränderungen auch noch durch Beschleunigung oder Verzögerung der Wasserteilchen Dauer und Stärke der Schwingungen einseitig beeinflusst. Gleichzeitig entstehen Wechselwirkungen zwischen den Geschiebeverlagerungen auf der Sohle und den Wellen auf der Wasseroberfläche und umgekehrt zwischen der Wasseroberfläche und der beweglichen Sohle. An den Wänden, im Flusse an der Sohle, werden die Wasserteilchen nicht bloß in der Richtung des Wasserlaufs beschleunigt oder verzögert, sie werden auch quer dazu abgelenkt. So entstehen kreisende Bewegungen, die als Wasserwirbel mit lotrechter oder geneigter Achse in Erscheinung treten. Sie sind stets mit Gefälleverlusten verbunden. Vielfach gehen die Wirbel von den Uferböschungen oder von festen Vorsprüngen oder Vertiefungen in der Sohle aus. Sie lassen sich aber auch in regelmäßig geformten Gerinnen bei starkem Geschiebetriebe beobachten. Die Wirbel verstärken die Strömungsangriffe auf die bewegliche Sohle, so daß auf den stark mit Geschiebe belasteten Strecken Geschiebe bis in die obersten Wasserschichten emporwirbelt wird.

7. Flußbetten mit geschlebefreien Sohlenflächen.

Damit das Geschiebe in Bewegung kommt, muß das fließende Wasser zunächst die Schwere der Geschiebeteile und die Kräfte zwischen den einzelnen Geschiebekörnern überwinden. Infolgedessen sind die Wassergeschwindigkeiten, bei denen die Geschiebebewegung einsetzt, größer als die Wassergeschwindigkeiten, bei denen die Geschiebebewegung aufhört. In Wasserläufen, in denen die Wassergeschwindigkeiten zeitweise so weit abnehmen, daß das Geschiebe zur Ruhe kommt, wechselt daher der Zustand der Sohle zwischen Ruhe und Bewegung. Dieser Zustand kann sich in der Längsrichtung des Wasserlaufs von Querschnitt zu Querschnitt und auch in der Querrichtung innerhalb desselben Querschnitts ändern.

Stehen auf einer Flußstrecke in der Sohle feste Schichten an, die vom fließenden Wasser nur schwer in Bewegung gebracht werden können, so wandert das Geschiebe auf einer solchen Flußstrecke schneller als auf den Strecken mit beweglicher Sohle. Strecken dieser Art finden sich zum Beispiel in der oberen Weser zwischen dem Zusammenfluß von Werra und Fulda und der Diemelmündung und in der Ems bei Hembergen und unterhalb Rheine. Die Weser hat sich dort in den unteren Buntsandstein, die Ems in feste Kreideschichten eingeschnitten. In derartigen Strecken hat der Fluß ein stärkeres Gefälle. Im allgemeinen sind solche Strecken auch weniger gewunden und von geringerer Breite als Strecken, in denen das Bett aus den gleichen Bodenarten wie das Geschiebe besteht. Der Fluß verwendet auf diesen Strecken gleichsam eine größere Energie auf die Austiefung des Bettes als auf den Strecken mit mehr ausgeglichenem Gefälle. Ähnlich verhalten sich die Flüsse auf den Strecken, auf denen sie sich in hohe Landrücken oder Moränenzüge eingeschnitten haben. Solche Strecken finden sich im großen an der Memel von der polnisch-litauischen Grenze nördlich von Grodno abwärts bis oberhalb der Willjamündung südlich von Kowno, im kleinen in der Ems bei Lingen und in zahlreichen ostpreußischen Wasserläufen dort, wo sie von der oberen Höhenplatte zu den breiten Urstromtälern und den Alluvionen der Haffbuchten abfallen. Abgesehen von einzelnen Stellen mit stärkeren Absätzen oder größeren Steinen und Klippen weisen diese Strecken ähnlich wie die Flußstrecken in festen Lehm- und Tonbetten zumeist eine regelmäßige Bettgestalt auf. Die Geschiebezufuhr aus der Sohle und den Ufern ist in der Regel nur gering. Der Bewuchs der Steine zeigt, daß die Steine schon seit Jahren oder Jahrzehnten ihre Lage auf der Flußsohle nicht verändert haben. In so beschaffenen Flußstrecken wird das aus den oberen Flußstrecken zuwandernde Geschiebe dank dem größeren Gefälle und der größeren Fließgeschwindigkeit des Wassers in der Regel in einzelnen Quer- oder Längswellen talwärts befördert, besonders wenn das Geschiebe in der oberhalb gelegenen Strecke infolge schwächeren Gefälles oder kleinerer Geschwindigkeiten bei den häufiger auftretenden Wasserständen liegen bleibt und nur bei größeren Anschwellungen stoßweise weiterbefördert wird. Es bedeckt auf diesen Strecken nur Teile der Sohle, in den anderen Teilen der Sohle steht der feste Untergrund an.

8. Flußbetten mit größerem Geschiebe von verschiedener Kornzusammensetzung (Sohlenpanzer).

Ist das Geschiebe aus gröberen und feineren Teilen gemischt, wie dies in der Regel für den Ober- und Mittellauf der Flüsse zutrifft, — auch Nebenflüsse können dem Hauptflusse gröberes Geschiebe zuführen — so kommt beim Fallen des Hochwassers mit der Verminderung der Wassergeschwindigkeit im Flußbett zunächst das gröbere Geschiebe zur Ruhe. Die Strömung hebt oder wippt die einzelnen Stücke am oberen Kopfende wohl noch an, vermag sie aber höchstens noch etwas nach oberstrom hin anzurichten, aber nicht mehr umzuwälzen. Die Geschiebestücke legen sich, so besonders bei plattiger Form, mehr oder weniger dicht aufeinander. Es entsteht die fischschuppenförmige Sohlenpanzerung.

Das weniger grobe Geschiebe bewegt sich zunächst noch wirbelnd auf der Sohle, bis es sich in den Zwischenräumen der gröberen bereits zur Ruhe gekommenen Stücke einklemmt oder mit der weiteren Abnahme der Wassergeschwindigkeiten ebenfalls liegen bleibt. Die feineren Teile sammeln sich dann an den weniger bewegten Stellen der Flußstrecke, zum Beispiel an einbuchtenden Ufern, in Engstellen des Flußtales, in denen bei Hochwasser im Flußbett Übertiefen und Überbreiten entstanden sind, überhaupt in langsamer fließenden Flußstrecken. Auch dort geht der Ausfüllungsvorgang des gröberen Geschiebes in ähnlicher Weise weiter vor sich, so daß immer wieder ein Sohlenpanzer entsteht. Nur die Korngröße der Deckschicht ist entsprechend kleiner. Auf den Strecken, in denen sich das Bett mit größerem Geschiebe panzert, finden sich im allgemeinen keine Riffeln.

Sind die Geschiebestücke jedoch mehr von gleicher Größe oder die gröberen Teile so wenig zahlreich, daß sie keine geschlossene Panzerdecke mehr zu bilden vermögen, dann läuft das Geschiebe in Riffeln.

Die Korngröße spielt dabei zunächst keine entscheidende Rolle. Es kommt nur darauf an, daß die Korngrößen so gleichartig sind, daß die Wassergeschwindigkeiten, bei denen die große Masse des Geschiebes in Bewegung kommt, annähernd gleich groß sind. Je größer das Geschiebe ist, um so ungleichartiger wird allerdings das Geschiebekorn sein, weil die größeren Stücke immer ungleichartig zerschlagen werden. Riffeln aus größerem Geschiebe werden daher nur selten zu beobachten sein. Man kann sie jedoch in Flüssen entdecken, in denen neben der größeren Menge annähernd gleich großer Geschiebekörner auch größere Geschiebestücke in so großer Zahl wandern, daß sie von dem feineren Geschiebe nicht vollständig überschüttet werden. Sie sammeln sich dann in Riffeln

gruppen vornehmlich auf dem stromabfallenden Hange der Geschiebeebänke. Ich konnte solche Gruppen aus etwa 5 bis 8 cm großen Stein- stücken an diesen Stellen sowohl in der Sieber im Harzvorlande, als auch in der Biele in Bad Landeck in Schlesien feststellen. Der unter- stromseitige Abfall der Geschiebeebänke ist in diesem Falle anscheinend flacher als bei feinerem Geschiebe, bei dem die zurückdrehende Wasser- walze den abfallenden Hang der Bank stützt und wohl auch unterspült. Die feineren Teile gleiten dann auf der geneigten Fläche über die gröberen Stücke hinweg. Das gröbere Geschiebe kommt so zuerst auf der tal- seitigen Böschung der Geschiebeebänke oder vor Vertiefungen zur Ruhe. Weitere Geschiebestücke stützen sich dann auf den ersteren ab und bleiben in der Richtung stromaufwärts nach- und aufeinander liegen.

9. Flußbetten mit Geschiebe von mehr gleichmäßiger Kornzusammensetzung, in erster Linie mit sandigem Geschiebe (Riffeln).

Die schwingende Bewegung der Wasserteilchen erzeugt auch eine rhythmische Bewegung des Geschiebes. Wegen des verschiedenen Gewichts und der sonstigen physikalischen Eigenschaften von Geschiebe und Wasser entstehen aber völlig verschiedenartige Wellen. Die Geschiebe- teilchen hüpfen oder rollen mit den aufsteigenden Wasserteilchen über die ruhenden Geschiebekörner schräg aufwärts; es entstehen Kämme, die sich dank der Speisung mit neuem Geschiebe von oberhalb her talwärts vorschleichen. Die niedersinkenden Wasserteilchen lockern die Sohle unterhalb der Kämme wieder auf und setzen genau wie in den gepanzerten Strecken zunächst die feinsten und dann die weniger feinen Körner wieder in Bewegung.

Die mit der Strömung abwärts wandernden Wasserwalzen erleiden freilich durch Einflüsse vom Ufer her und durch sonstige Pendelungen der Stromfäden, in hohem Maße auch durch ungleichmäßigen Geschiebe- nachschub, besonders unter Bedingungen wie sie am Schlusse des Ab- schnitts 7 geschildert wurden, auch seitliche Verschleibungen. Die Riffel- kämme lösen sich dadurch der Breite nach in breitere oder schmalere Blätter auf. Es entstehen wiederum wie über den gepanzerten Fluß- betten Nebenströmungen, die die Riffelkanten unterschneiden und im Längs- und Querschnitt der Riffel mehr oder weniger regelmäßige Rinnen und Kolke aushöhlen. Es scheint nun, daß sich breite Riffeln nur dort bilden, wo reiche Geschiebemengen vorhanden sind und die Wasser- geschwindigkeiten durch die Ufer nicht mehr merklich beeinflußt werden. Sie finden sich also in erster Linie in breiten Flußbetten mit flacher Sohle an Stellen, wo sich unterhalb von Ausfließstrecken infolge einer Gefälle- oder Geschwindigkeitsverminderung das Geschiebe anhäuft.

Der Einfluß der Ufer kann sich durch Flechtströmungen und Wasser- walzen noch in größerer Entfernung quer und abwärts (auch aufwärts) vom Ufer bemerkbar machen. Mit der Menge des Geschiebes wächst die Tiefe der Riffeln. Die Tiefen werden auch größer, wenn das örtliche Sohlengefälle, die Wassertiefen und die Wassergeschwindigkeit größer sind. Alles dies sind Bedingungen, die in engem Zusammenhange mit- einander stehen. Größeres Geschiebe wird daher nur dort Riffeln bilden, wo die Bedingungen für tiefe Riffelbildungen besonders stark ausgeprägt sind.

In dem feinen Sande der Ems habe ich bei 5 m Wassertiefe gelegent- lich der Ausführung von Abflußmengenmessungen bei mittleren Wasser- geschwindigkeiten in der Lotrechten von 1 m/sec und wenig darüber Riffeln von 25 cm Tiefe gemessen. Der Sand trieb außerordentlich locker, so daß die Peilstange sehr schnell in den Sand einsank. An der Memel habe ich unter ähnlichen Verhältnissen Riffeltiefen von 40 cm bei einer Wellenlänge von etwa 2 m gefunden. An der Ems wie an der Memel waren dabei die Geschwindigkeiten im oberen Teil der Meßlotrechten wenig veränderlich. Sie nahmen auch über der Sohle nur sehr langsam ab. In der obenerwähnten Emsstrecke bei Hembergen mit glatter Sohle aus weichem Senonmergel und einem verhältnismäßig sehr feinen Ge- schiebesande folgten sich bei gleichmäßiger Uferbildung Riffeln von etwa 20 m Abstand und etwa 60 bis 80 cm Höhe. Ich sprach sie damals als Sandbänke an, die infolge der regelmäßigen Gestaltung des Flußbettes auch regelmäßige Formen zeigten.

10. Flußbetten mit Geschiebeebänken.

Der Aufsatz von Veens lehrt nun, daß solche regelmäßigen Riffel- formen in noch viel größeren Abmessungen auftreten können, wenn die Bewegung des Wassers nahezu gleichgerichtet ist und augenscheinlich ein bestimmtes Verhältnis zwischen den Strömungsgeschwindigkeiten, der Wassertiefe und den Korngrößen des Geschiebes besteht. Die scharfe Unterschneidung der Böschungen der von van Veen gemessenen Groß- riffeln deutet allerdings darauf hin, daß sich das Wasser auch in der Querrichtung in schraubenförmigen Walzen bewegt und den Sand wie in einer Hohlkehle in den Böschungen aufwärts hebt. Anschelnend läuft der Sand, soweit man das aus den Lichtbildaufnahmen von Veens erkennen kann, auf den Rücken der Großriffeln wiederum in Kleindriffeln. Die Großriffeln sind also eigentlich nur Sandbänke, die dank der Gleich- mäßigkeit der Entstehungsbedingungen die gesetzmäßigen Formen der häufig beobachteten kleineren Riffeln zeigen.

Wenn die Geschiebe- oder Sandbänke in den Flüssen in der Regel vollständig unregelmäßig gestaltet sind, so ist der Grund dafür in den zahlreichen Pendelungen und Wirbelungen der Wasserfäden zu suchen, wie sie im kleinen bereits bei den Riffelformen beschrieben wurden.

An der Ems bildete sich unterhalb eines Grundwehres bei Schönlieth unweit Münster (Westf.) bei Niedrigwasser ein Schüttkegel aus Feinsand.

Er hatte eine Länge von etwa 300 m. Die Oberfläche des Schüttkegels war augenscheinlich vollkommen eben. Die Wassertiefe betrug gleich- mäßig in ganzer Länge und Breite rd. 60 cm. Das Spiegelgefälle über dem Schüttkegel war größer als das durchschnittliche Spiegelgefälle von 0,18 m/km in dieser Strecke. Der feine Sand rieselte gleichmäßig in flacher Sohlenströmung über die ganze Länge bis zum Ende der Ablagerung und schob das Ende langsam weiter talwärts. Unterhalb waren die regel- mäßigen Flußtiefen von 2,5 bis 3 m noch vorhanden. Als ich einige Tage darauf das Spiegelgefälle und den Fortschritt der Ablagerung einmessen wollte, war die Ems inzwischen angeschwollen. Die stärkere Strömung hatte den frisch abgelagerten Sand weiter flußabwärts getragen oder ihn voll- ständig verlagert. Das Flußbett war in den Konkaven mit Sandbänken und in den Konkaven mit Kolken wieder modelliert worden, wie es dem Flußlauf entsprach.

Im allgemeinen kehrt diese Erscheinung, wenn auch nicht immer in derselben Gleichmäßigkeit wie unterhalb des Schönfliether Wehres, hinter jedem Übergange in einem Geschiebe führenden Flusse wieder. Das feinere Geschiebe läuft in den flachen Strecken auch noch bei Niedrig- wasser und schüttet unterhalb in nahezu gleichmäßiger Breite die Tiefen zu. Neben dem zugeschütteten Streifen können am konkaven Ufer entlang die Kolke strömungsfrei bleiben und, weil damit auch das Geschiebe an ihnen vorbeizieht, ihre ursprünglichen Tiefen behalten. Diese Kolke sind dann gerade bei Niedrigwasser, bei denen diese Erscheinungen auftreten, für Nichtschwimmer besonders gefährlich, weil sie am Rande der lockeren Sandaufschüttung mit dem frisch abgelagerten Boden in die Kolke abrutschen können. Wenn dann der Fluß wieder schnell anschwillt, kommt plötzlich die ganze Masse des bei kleiner Wasserführung abgelagerten Geschiebes in Bewegung. Der Fluß sättigt sich auf solchen Strecken stark mit Ge- schiebe. Wenn das Wasser wieder fällt, lagern sich dann große Geschiebe- mengen an Stellen ab, an denen man sie nach der Grundrißgestalt des Flußbettes nicht erwartet.

Durch dieses Wechselspiel des Flusses bei Niedrigwasser und bei Anschwellungen dürfte auch die Entstehung der wandernden Geschiebe- bänke eingeleitet werden. Auf ähnliche Vorgänge führe ich auch die Entstehung lappenförmig gestalteter Sandbänke zurück, die zuweilen in einem gewissen Rhythmus und in langer Folge hintereinander, ähnlich wie wandernde Geschiebeebänke, vor der lang gestreckten Küste der Kurischen und auch der Frischen Nehrung in die See vorspringen.

11. Die Formen der Geschiebeebänke.

Die höchsten Erhebungen der Geschiebeebänke finden sich dort, wo die Wassergeschwindigkeiten über den Bänken am größten sind. Der Wasserspiegel dagegen ist über den Rinnen und Kolken am tiefsten. Das Wasser bewegt sich daher mit Beschleunigung nach den Rinnen und Kolken hin und fördert dadurch ihre Vertiefung. Es entstehen so in den Rinnen quer und schräg zur Flußrichtung Nebenströmungen. Sie führen das Geschiebe vom Rande der Geschiebeebänke fort und lagern es, wo sie unter Bildung von Wirbeln mit anderen Wasserströmungen zusammen- treffen, wieder ab. Die Führung der Strömung an glatten Ufern trägt dazu bei, daß sich zwischen Geschiebebank und Ufer häufig Nebenrinnen bilden. Andererseits begünstigen diese Nebenströmungen das einseitige Voreilen bestimmter Teile der Geschiebeebänke. Es entstehen so am unteren Ende der Bänke Spitzen- und Scherenbildungen. In den Flüssen finden sich daher keine regelmäßig gestalteten Geschiebeebänke. Um so mehr sind die Feststellungen von Veens über die regelmäßige Gestalt der Großriffeln auf dem Meeresgrunde dazu angetan, die Anschauungen über die Wanderung der Geschiebeebänke zu bereichern.

Sandwellen von nahezu symmetrischer Form, die zwischen spitzen Kämmen gleichmäßig ausgehöhlt sind, bezeichnet van Veen als trochoidale Sandwellen. Er hat sie bei gleich starker Ebbe- und Flutströmung be- obachtet. Sie sind ein Beweis dafür, daß die Formen der Geschiebe- ablagerungen, und das gilt besonders für den Meeresboden, immer nur das Ergebnis einer länger andauernden Bewegung sind. Die trochoidalen Wellen nehmen schief-symmetrische Formen an, d. h., der eine Wellenhang erhält eine stärkere Neigung als der andere, wenn die Strömung (in der Richtung des flacheren Anstiegs) in der Regel stärker ist oder länger angehalten hat.

In den Flüssen kommen im allgemeinen nur die von van Veen als katzenrückenförmige Sandwellen bezeichneten Formen der Geschiebeebänke vor. Ihre Rücken steigen in der Richtung der Strömung zuerst steiler, dann flacher an. Hinter dem Kämme fallen die Geschiebeebänke, wie bereits oben beschrieben, je nach der gröberen oder feineren Beschaffen- heit des Geschiebes flacher oder steiler ab. Beim Fallen des Wassers und der damit verbundenen Abnahme der Wirbelbewegungen des Wassers rutschen die steileren Böschungen auch vielfach nachträglich ab.

12. Flußbetten mit Geschiebelängsrücken.

Geschiebeebänke sind immer ein Zeichen unstetiger Geschiebewande- rung. Der Abstand der Geschiebeebänke ist zugleich ein Maß für die Stärke des Geschiebetriebes.

Bei glattem Untergrunde, z. B. in Holzrinnen, die für Meßzwecke in stark Geschiebe führende Wasserläufe eingebaut werden, treibt das Geschiebe bei ausreichender Wassergeschwindigkeit in gleichmäßig gestreckten Bahnen, etwa ähnlich wie Schnee, den der Wind über eine glatte Straße weht, ohne liegen zu bleiben. Wandert so wenig Geschiebe, daß es die ganze Bettsohle nicht zu bedecken vermag, so ordnet sich das Geschiebe in glatten Flußstrecken infolge der turbulenten Bewegung der Wasserfäden

streifenförmig in Längsrücken. Derartige Rücken können sich bei grobem und feinem Geschiebe bilden. Bei gemischter Zusammensetzung finden sich die größeren Stücke mehr im mittleren Teile, dem Kamme des Rückens, während sich die feineren Teile mehr in den Böschungen absetzen. Auch in diesem Falle ordnen sich also die größeren Geschiebestücke wieder in einer bestimmten Weise, allerdings jetzt anders als beim Auftreten von Riffeln, in der Strömungsrichtung. Das größere Geschiebe treibt mit der stärksten Strömung; es lagert sich also auch dort in erster Linie ab, wo das Wasser am kräftigsten fließt. Eine starke Strömung ist aber auch die Voraussetzung dafür, daß das Wasser große Geschiebemengen mit sich führen und kammartig aufschütten kann. Man gelangt so zu der Vorstellung, daß die stärkere Strömung über dem Kamme der Geschieberücken herrscht und die Wasserfäden seitlich vom Grunde her zum Kamme emporzieht. Dadurch wird eine schraubenförmige, turbulente Wasserbewegung erzeugt, die das Geschiebe von dem glatten Grund zu den Längsrücken hinführt.

In kleinen Abmessungen kann man Längsrücken dieser Art in Gräben und Bächen finden, deren Bett in glatten Ton- oder Mergelboden eingeschritten ist. Ansätze finden sich aber auch in Sandboden, wenn die Geschiebebewegung bei kleiner Wasserführung abnimmt.

Auch die Rücken, die man im Mittellaufe des Pregels in geraden und auf Mergelboden liegenden Flußstrecken bei 3 m Wassertiefe antrifft, besitzen keine größeren Abmessungen als in den Bächen. Es ist auch kaum wahrscheinlich, daß sich Rücken von größeren Abmessungen in Flüssen entwickeln können, weil sie das Flußbett in Rinnen von verschiedener Leistungsfähigkeit teilen würden. Es würde dann sehr bald Wasser von der einen Seite des Rückens auf die andere überströmen und den Rücken an der Überströmungsstelle zerstören. Der Rücken würde dadurch zu einer unregelmäßig geformten Geschiebebank umgestaltet werden.

Aber auf dem weiträumigen und tiefen Meeresboden können auf langen Strecken gleichmäßige Strömungen bestehen, ohne daß aus der einen Stromrinne Wasser in die andere abgedrängt wird. Van Veen hat auch auf dem von ihm untersuchten Boden der Nordsee Längsrücken von außergewöhnlichen Abmessungen gefunden. Er beschreibt in dem angezogenen Aufsätze Rücken, die Höhen von 5 bis 20, ja sogar 40 m und Längen von 20, ja von 60 km aufweisen. Ihr Querschnitt ist wie der der kleinen Rücken in den Flüssen dreieckig, gleichschenkelig, ungleichschenkelig und auch katzenrückenartig. Man kann hinzufügen, daß diese Rücken genau wie die Sandbänke Geschiebepanzerung oder kleine Riffeln aufweisen und bei ihnen auch alle Sondererscheinungen auftreten können, die bei den unregelmäßig gestalteten Geschiebebanken dank der Pendelung und Ablenkungen der Strömung beobachtet werden. Auch auf dem Meeresboden wiederholt sich die Beobachtung, daß der Untergrund seitlich der Rücken glatt und vom Sande freigelegt erscheint.

Van Veen zieht zwischen diesen Rücken auf dem Meeresboden und den großen Sanddünen in den Wüsten eine Parallele. Ähnlichkeit besteht auch mit den Stranddünen an den Meeresküsten und den Uferreihen an den Flüssen. Beide Gebilde werden einseitig mit Sand gespeist. Über den regelmäßig geformten Uferreihen behält das aus dem Flußbett austretende Wasser seine Fließrichtung noch solange bei, bis der mitgeführte Sand niedergesunken ist; bei den Dünen erzeugen die großen Windgeschwindigkeiten vom Strande aufsteigende Luftwirbel, die den Sand in Kämmen längs der Küste anhäufen. Je glatter diese Kämmen sind, um so stärker treibt der Wind den Sand empor. Andererseits werden die Dünen aber auch wieder durch Winde von wechselnder Richtung und durch Luftwirbel durchbrochen.

Hierher gehören auch die Nehrungsbildungen. Nehrungen entstehen, wenn eine sandführende Strömung an einer gestreckten Küste oder einem glatten Ufer entlangstreicht und Küste oder Ufer plötzlich zurückweichen. Sie bilden sich in der Flechtströmung hinter der zurückspringenden Kante. Sie finden sich auch hinter allen Hindernissen, z. B. Brückenpfeilern, Steinen u. dgl. in Geschiebe führenden Flüssen.

13. Rückschlüsse aus der Geschiebebewegung in den Flußbetten auf die Geschiebebewegung auf dem Meeresboden.

Nach den Mitteilungen von Veens bewegt sich somit Sand auf dem Meeresboden in ganz ähnlicher Weise, nur in viel größeren Mengen und zu größeren Erhebungen, als dies in den Flußbetten der Fall ist. Man muß daher annehmen, daß ebenso wie in den Flußbetten, in denen der Sand vom Ufer zur Tiefe und umgekehrt wandert, auch zwischen Strand und Meeresboden ein Austausch von Sandmassen stattfindet, sofern nur entsprechend große und ähnliche Strömungsbewegungen vorhanden sind. Dies trifft augenscheinlich für den Kanal und die angrenzenden Teile der südlichen Nordsee zu, da dort infolge der Verbindung von Ozean und Nordsee vermutlich starke Strömungen und Schwingungsbewegungen auftreten. Nach den Abbildungen von Veens betragen die Wassertiefen augenscheinlich bis zu 30 und 40 m.

Sandwanderungen von der Höhe zur Tiefe und umgekehrt lassen sich auch dort beobachten, wo tiefe Rinnen zur Küste hinführen und starke Wasserspiegelschwankungen (durch Ebbe und Flut) auftreten oder der Küstenstrom Strommündungen kreuzt. Es entstehen dann schraubenförmige Turbulenzströmungen, die das Geschiebe durch die Rinnen hindurchtragen, es dabei allerdings auch in der Richtung der Rinnen ver-

setzen. Führen die Rinnen selbst Geschiebe oder tiefen sie sich aus, so können an solchen Kreuzungen zweier Strömungswege auch die Geschiebemassen auf dem Küstensockel vermehrt werden.

14. Schlußbetrachtungen.

Die Flüsse haben ihr Geschiebe und ihre Sinkstoffe vielfach in geologischen Zeiträumen abgelagert. Diesen großen Massen gegenüber sind die Geschiebemengen, die selbst im Laufe einer Reihe von Jahren in den regulierten Strömen und Flüssen zu Tal wandern, verhältnismäßig klein. Bei allen größeren Flußregulierungen, die man in Norddeutschland durchgeführt hat, hat man etwa am Schlusse des 18. und im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts damit begonnen, die Geschiebeführung, soweit sie zur Verwilderung der Flußbetten führte, einzuschränken. In stark geschlängelten Flußstrecken beseitigte man die abbrüchigen Ufer in der Weise, daß man die Krümmungen durch Durchstiche begradigte. In Flußstrecken mit breiten Geschiebefeldern und sich verästelnden Nebenrinnen legte man die Geschiebefelder durch Bepflanzung fest und verbaute die Nebenrinnen. Auch der Flußausbau selbst und die bessere Unterhaltung des Wasserlaufs verminderte die Zufuhr von Geschiebe von den Ufern her. Solange nur die Verkehrsentwicklung auf den Wasserstraßen die Ausbaufortschritte auf den Strömen bestimmte, genügte es lange Jahrzehnte hindurch, bei dem systematischen Ausbau die ungünstigsten Flußstrecken in erster Linie in Angriff zu nehmen. Es war so möglich, vorsichtig tastend vorwärts zu schreiten, ohne daß man der Geschiebe- und Sinkstoffbewegung eine große Beachtung zu schenken brauchte. Man legte dabei auch keinen allzu großen Wert auf genaue Formeln, mit denen man aus Abflußmengen und Spiegelgefälle die zweckmäßigsten Querschnitte bestimmen konnte, da sie ja auf die Geschiebebewegung und die Zusammenhänge zwischen Bettform und Laufgestaltung überhaupt nicht eingehen.

Um in dieser Richtung weiterzukommen, hat der verstorbene Leiter der Landesanstalt für Gewässerkunde und Hauptnivelements in Berlin, Geheimrat Soldan, versucht, mit Hilfe von Geschwindigkeitsformeln in der Chézy-Eytelweinschen Bauart ein Maß für den „Ungleichförmigkeitsgrad der Flußbetten“ zu entwickeln. Diese Fragen sind dann schon mehrere Male auf den Baltischen Hydrologischen Konferenzen, auf deren Veröffentlichungen hier verwiesen wird, erörtert worden. Sie werden auf diesen Konferenzen voraussichtlich auch noch weiterhin behandelt werden²⁾. Aber auch wenn es gelingen sollte, den Einfluß der Geschiebebewegung für verschiedenartige Flußbetten sozusagen pauschmäßig in Formeln zum Ausdruck zu bringen, so wird noch immer die Aufgabe bestehen bleiben, bei gegebenen flußbaulichen Verhältnissen die Geschiebebewegung in einem Flußbette in bestimmter Weise zu beeinflussen.

Man behandelt zwar heute in den Versuchsanstalten auch die Geschiebebewegung in zunehmendem Maße in Modellversuchen. Es handelt sich aber bei diesen Versuchen in der Hauptsache erst um die günstigste Ausgestaltung von einzelnen Punkten an einem geschiebeführenden Flußbett, etwa die Abzweigung eines Kraftwerks- oder eines Schleusenkanals. Die Frage, wie bei einer gegebenen Sohlenbeweglichkeit die Formen der Geschiebebänke oder die Verteilung des Geschiebes im Flußbett beeinflußt werden kann, ist bis heute ernstlich noch nicht in Angriff genommen worden. Dazu bedarf es noch der Modellversuche in großem Maßstabe, vor allen Dingen aber noch systematischer Untersuchungen nicht bloß über die Kornzusammensetzung des Geschiebes in Deckschicht und Bank, vergleichender Geschwindigkeits-, Geschiebe- und Sinkstoffmengenmessungen, sondern auch der Beobachtungen und Messungen der Bewegungsformen des Geschiebes. Für diese Messungen ist überhaupt erst noch eine Meßsystematik zu schaffen. Wegen des selteneren Auftretens von hohen Wasserständen, bei denen die größten Geschiebemengen im Gange sind, und wegen des schnellen Wechsels der Erscheinungen, was den Ort und die Zeit der Messungen anberuht, wird man auch möglichst leicht zu handhabende Geräte schaffen müssen.

Der Verfasser hat sich gewisse Anschauungen bei der Entnahme des Geschiebes mit Sackbagger und Taucher, mit Hilfe eines Unterwassersehrohres, mit Meßlot und nicht zuletzt beim Baden und Tauchen zu verschaffen versucht, er ist aber dabei über eine bestimmte Anschauung nicht hinausgekommen. Ein wesentlicher Fortschritt dürfte durch die Verwendung eines selbstschreibenden Echolots auch im Flußbau erzielt werden können.

Man muß sich in der Geschiebeforschung heute noch auf bestimmte Einzelfragen beschränken und daher seine Untersuchungen, so wie es auch Soldan immer wieder getan hat, auf kürzere Flußstrecken oder kleine Seen- oder Meeresflächen beschränken, dort aber je nach dem Zweck der Untersuchungen möglichst häufig und möglichst genau messen.

²⁾ In der gleichen Richtung bewegt sich auch der Ansatz für eine allgemeine Formel der Wasser- und Geschiebebewegung in einem Wasserlauf, den Prof. Dr. A. Vitols, Riga, in der Wkr. u. Ww. 1939, Heft 11/12, gibt. Man wird den Weg, eine allgemeine hydraulische Formel zu finden, die auch die Geschiebebewegung berücksichtigt, weitergehen müssen, dabei aber auch der Form der Geschiebeablagerung und dem Wechsel dieser Formen bei veränderter Wasser- und Geschiebeführung Rechnung tragen müssen.

Alle Rechte vorbehalten.

Werkbrücke der C. Lorenz Akt.-Ges. über den Teltowkanal.

Von Oberingenieur Johannes Heinicke VDI, Berlin-Hermsdorf.

Das durch den Teltowkanal getrennte Gelände der C. Lorenz AG, einerseits an der Ordensmeisterstraße, andererseits an der Volkmarstraße gelegen, bedurfte einer unmittelbaren Verbindung für Fußgänger und Kraftwagen zur Ersparung zeitraubender Umwege.

Für die Hauptträger der zu errichtenden Brücke wurden, da über der Fahrbahn liegende Träger nicht erwünscht waren, mit Rücksicht auf die geringe Konstruktionshöhe vollwandige Zweigelenrahmen gewählt. Das auf beiden Ufern freizuhaltende Durchfahrtsprofil der elektrischen Treidelbahn erforderte eine starke Einziehung der Rahmenecken.

Die Spannweite beträgt 54,24 m. Die Fahrbahn ist 6 m breit. Die anschließenden beiden Fußwege sind je 1,5 m breit.

Die Verkehrslasten sind zwei sich kreuzende 12-t-Lastkraftwagen mit Stoßzuschlag, dazu 450 kg/m² Nutzlast mit Stoßzuschlag

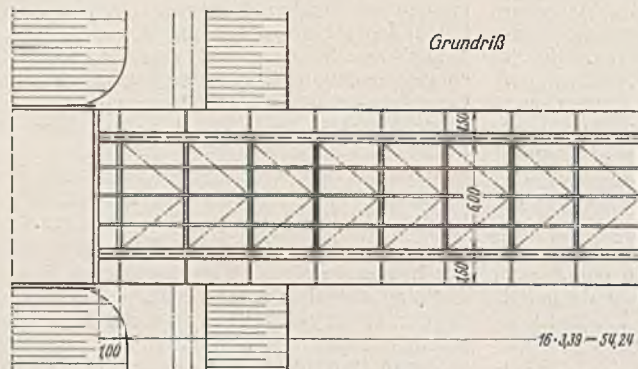
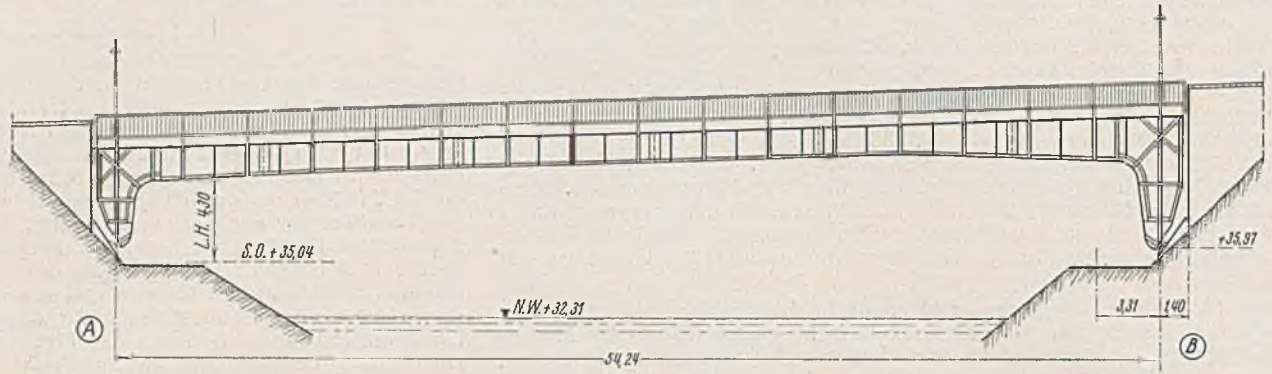
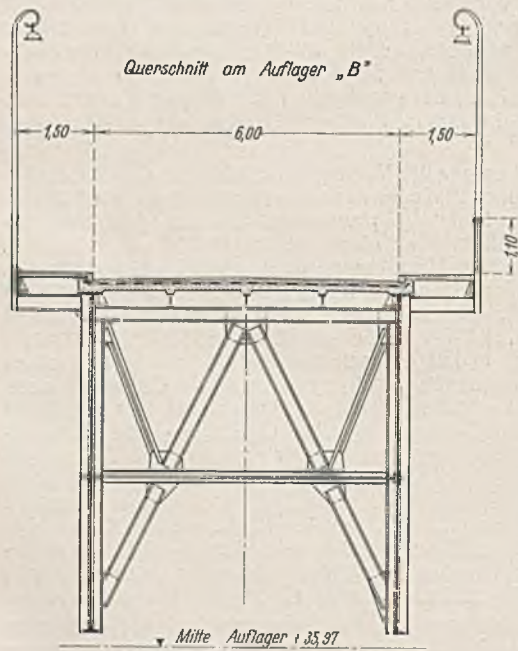


Abb. 1 u. 2.

Hartgußasphaltschicht, der darunterliegenden Dichtung und 10 cm dicker Eisenbetondecke. Der Schrammbord besteht aus Granitsteinen.

Die Stahlkonstruktion der Brücke (Abb. 1 bis 4) gliedert sich wie folgt:

Drei durchlaufende Längsträgerstränge auf den Querträgern und zwei durchlaufende Längsträger auf den Gehwegkonsolen tragen im Verein mit den Hauptträgern die Brückentafel. Der Abstand der Querträger beträgt 3,39 m, ebenso der der Fußwegkonsolen.



vor, seitlich und hinter den Lastkraftwagen, 450 kg/m² ohne Stoßzuschlag auf den Gehwegen.

Die Hauptträger haben einen gegenseitigen Abstand von 6 m. Es sind Zweigelenrahmen aus St 52 im Gegensatz zu

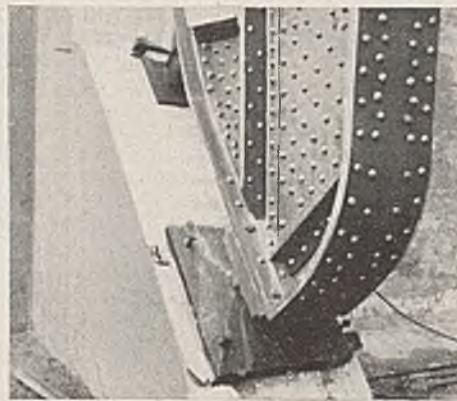


Abb. 5.

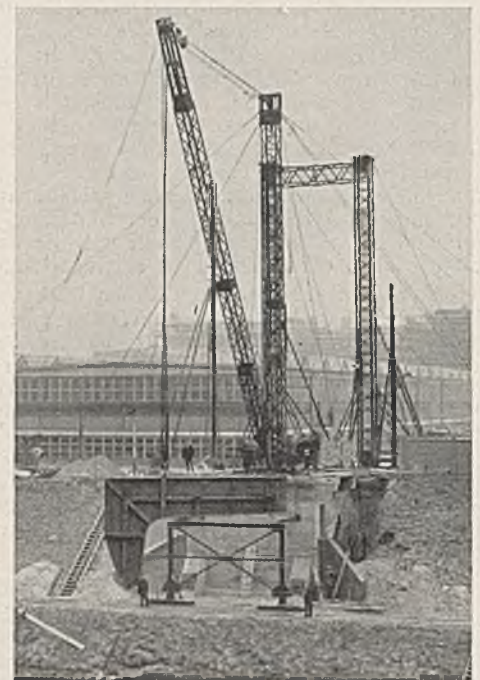


Abb. 7.

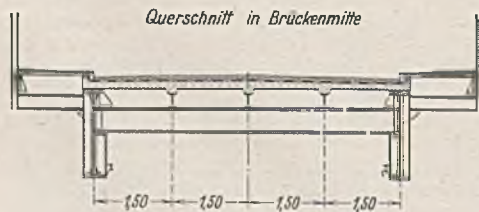


Abb. 3 u. 4.

Die Brücke liegt im Gefälle 1 : 32. Die Fahrbahntafel besteht aus einer 4 cm dicken Hartgußasphaltschicht, 4 cm dickem Schutzbeton mit Maschendrahteinlage, der dreilagigen Dichtung und der 16 cm dicken Eisenbetondecke. Die Gehbahntafel besteht aus einer 2 cm dicken

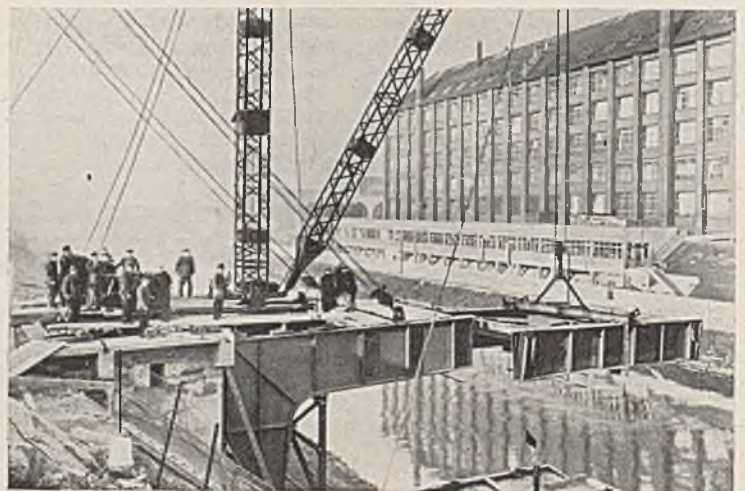


Abb. 8.

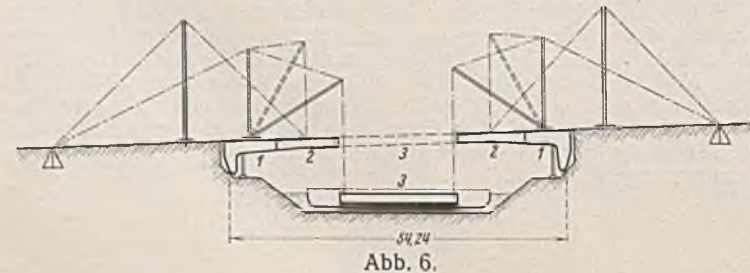


Abb. 6.

den übrigen Brückenteilen, die aus Baustahl St 37 bestehen. Der Werkstoff für die Lager ist Stg 52.81 S. Der Druckgurt der Hauptträger ist gegen Ausknicken durch teilweise rahmenartige Ausbildung der Querträger gesichert.

Die Brücke hat einen waagerechten Verband (Abb. 2) in Höhe der Querträgerobergurte und zwei Querverbände (Abb. 4) zwischen den Rahmenstielen.

Bei den Untergurten der Hauptträger befinden sich Laufbahnträger für einen Besichtigungswagen.

Die Brückentafel wurde mit Trennfugen quer zur Brücke versehen. Zwischen Fahrbahntafel und Widerlager verbleiben 2,5 cm breite Dehnungsfugen, die mit Schleppblechen überdeckt wurden.

Zur Entwässerung der Brücke sind beim südlichen Widerlager und in Brückenmitte je zwei Gullys angeordnet, unterhalb der Brücke Längsrinnen aus L-Eisen und bei den Widerlagern entsprechende Abfallrohre mit vorschriftsmäßiger Einleitung in den Teltowkanal. Unter der Fahrbahn und den Fußwegtafeln ist Raum für erforderliche Kabel.

Der Lichtraum zwischen den Schienen der Treidelbahn und den Hauptträgern beträgt mindestens 4,3 m.

Die Widerlager bestehen aus Beton und sind in die Böschung eingelassen. Die Auflagerdrücke der Brücke werden durch unter 55° geneigte Eisenbetonrippen auf Sohle und Rückwand übertragen. Auf diesen Rippen ruhen die Auflagerplatten mit glatter Unterfläche, nur während der Montage mit Stahlstiften fixiert, die nach dem Vergießen entfernt wurden, da die Resultierende der Auflagerkräfte nur wenig von der Normalen abweicht (s. Übersicht u. Abb. 5). Auf Abb. 5 ist auch die Aufstellung der Wasserdruckpressen ersichtlich, die zur Regelung der Lage und zur Erzielung der erforderlichen Vorspannung aus dem Eigengewicht der fertig vernieteten Konstruktion vor dem Vergießen der Lager dienen. — Von besonderem Interesse dürften die Auf-

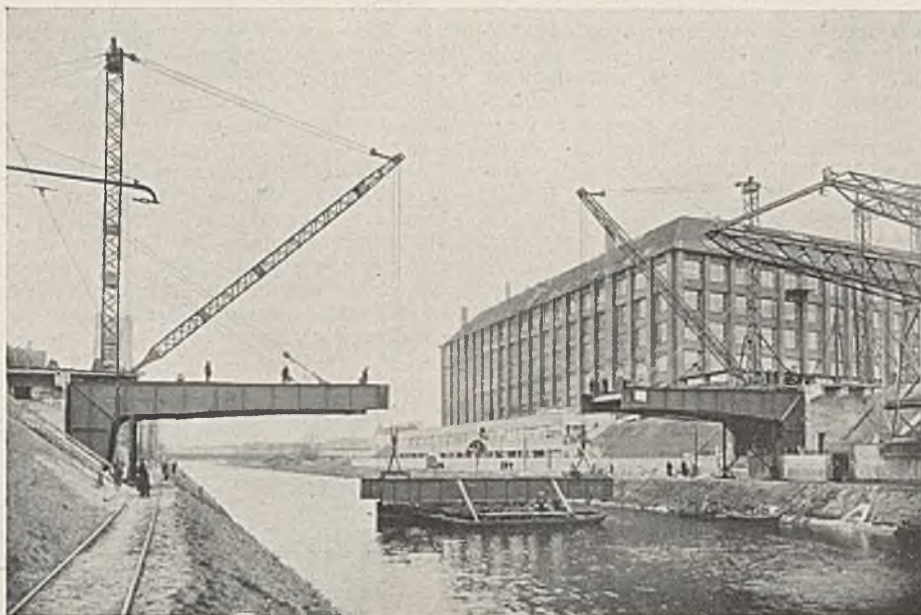


Abb. 9.

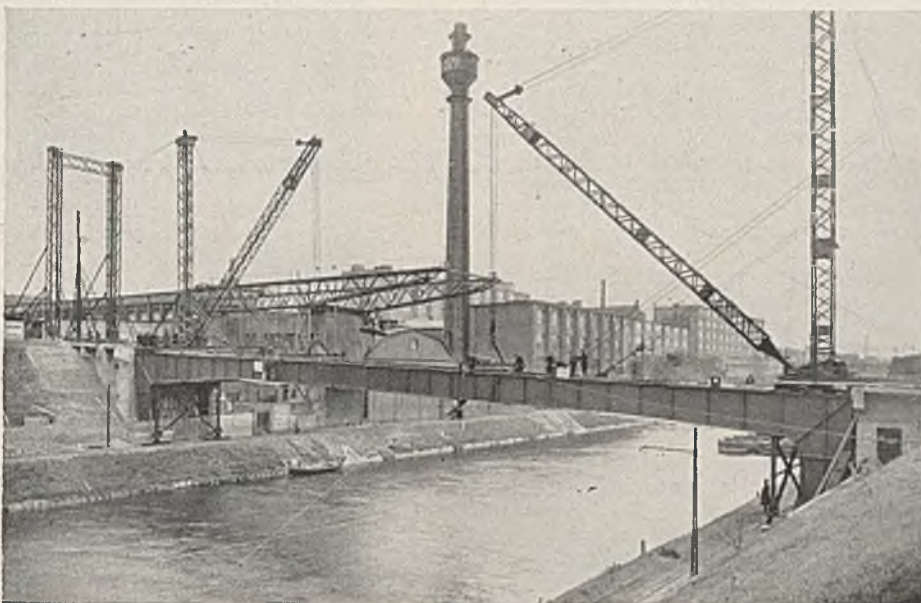


Abb. 10.

stellungsarbeiten des Bauwerks sein. Der Kanalbetrieb sollte nicht gestört werden. Eine durchfahrtfreie Rüstung war wegen des Treidelbetriebs nicht zulässig, auch durften Rammfähle mit Rücksicht auf die künstliche Dichtung der Kanalsohle nicht geschlagen werden. Man wählte deshalb eine Aufstellung im freien Vorbau. Diese wurde, wie Abb. 6 zeigt, in drei Abschnitten durchgeführt. Da die Konstruktionswerkstatt der beauftragten Firma in geringer Entfernung von der Baustelle liegt und eine Verladestelle am Teltowkanal hat, wurden die Konstruktionsteile soweit als möglich vernietet auf dem Wasserwege in Prahmen zur Baustelle gefahren. Zunächst wurden auf beiden Ufern je zwei Rahmenstiele 1 mit Hilfe von Schwenkmasten auf die vorläufig mit Stahlstiften befestigten Auflagerplatten gestellt und durch parallel zur Treidelbahn profillfrei aufgestellte Gerüste vor dem Anseilen gegen Kippen gesichert (Abb. 7). Dann wurden nach Einbau der Querträger und Verbände die Teile 1 an 20 m hohe Gitterportale angesellt (Abb. 7). Nach Vorrücken der Schwenkmaste auf die Teile 1 wurden dann die in sich durch die Querkonstruktion bereits verbundenen Teile 2 eingeschwenkt und ebenfalls angesellt (Abb. 8 u. 9). Alsdann wurde Teil 3 als Mittelstück an je einem Ende von den Schwenkmasten angehoben und als Schlußstück eingesetzt (Abb. 9 u. 10). Nach Herstellung der mittleren Stoßverbindungen wurden dann die restlichen Konstruktionsteile eingebaut.

Die Hauptträger wurden für ständige und halbe ruhende Verkehrslast überhöht.

Das Gesamtgewicht der Stahlkonstruktion beträgt 176 t, davon entfielen auf Stahl St 52 95,0 t, auf Stahl St 37.12 78,4 t, auf Stahliguß 2,6 t.

Das Bauwerk wurde ausgeführt von der Firma vormals Ravenéscher Eisenhandel und Eisenbau G. m. b. H., Berlin-Tempelhof.

Vermischtes.

Technische Hochschule Hannover. Professor H. Simons, Rektor der Technischen Hochschule und Inhaber des Lehrstuhls für Baukonstruktionslehre und Holzbau, fiel am 16. September 1939 in der Schlacht im Weichselbogen an der Spitze seiner Kompanie.

Zum Aufsätze über die Süderelbe-Brücke, Bautechn. 1939, Heft 35 u. 37, erhalten wir vom Verfasser, Herrn Oberreichsbahnrat Dr.-Ing. Roloff, die folgende Mitteilung:

„Einer an mich ergangenen Bitte entsprechend, stelle ich über die in Heft 37 auf S. 517, rechte Spalte, viertletzter Absatz, angegebene Beteiligung der Stahlbauanstalten bei dem Bau der Süderelbe-Brücke folgendes fest: Die Stahlbauarbeiten wurden von einer Arbeitsgemeinschaft zwischen Fried. Krupp AG, Friedrich-Alfred-Hütte Rheinhäusen und Gutehoffnungshütte AG, Oberhausen Abt. Sterkrade durchgeführt, die als Unterlieferer die Firmen Spaeter in Hamburg, Eggers in Hamburg sowie Gollnow & Sohn in Stettin beteiligten.“

Dr.-Ing. Roloff.

Isoliermittel auf der Leipziger Herbstmesse 1939. Eine 7 cm dicke, dunst- und wasserdicht imprägnierte Ziegelstein-Isolierschicht wird mit dem Isolierverfahren nach Guggenberger erzielt, das für Trockenlegung feuchter Gebäude, nasser Keller und Stallungen und für

Isolierungen von Neubauten, Terrassen, Luftschutzkellern usw. entwickelt wurde. Die Schicht trotz aller Einwirkungen von Säuren und Bakterien, sie enthält Dehnfugen, die mit einer elastischen Isoliermasse ausgegossen sind, womit die Isolierschicht allen Senkungen standhält, denen der Bau ausgesetzt ist. In vielen Fällen kann mit der neuen Isolierschicht Metall und Papier erspart werden. Die Isoliermasse besteht aus Steinkohlenpech, das in großen Mengen zur Verfügung steht und bisher nicht wirtschaftlich verwendet werden konnte. Das Ceresit-Isolierverfahren arbeitet mit einem hellfarbigen butterweichen Brei, der aus feinverteilten kolloidalen Doppelverbindungen besteht und mit Wasser leicht mischbar ist. Der Mörtel wird beim Abbinden vollkommen wasserundurchlässig. Zugfestigkeit und Abbindezeit werden durch Zusatz von Ceresit nicht beeinträchtigt.

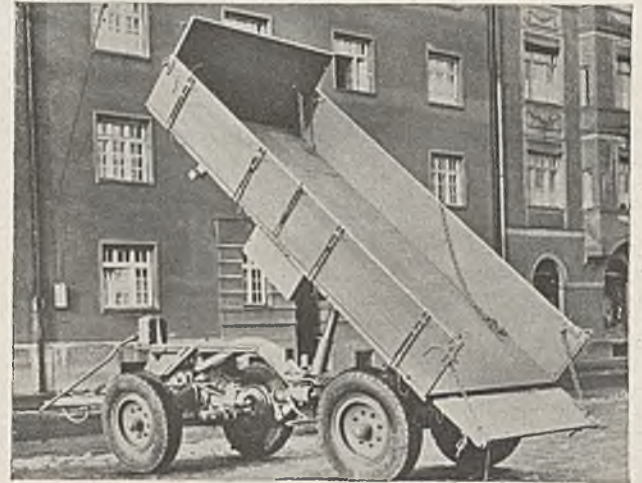
Ein wirksames Steinschutzmittel ist das ölfreie Aquasan, ein gelbweißer Grundler- und Isolieranstrich für feuchte Decken und Innenwände in Neubauten und Althäusern, auch verwendbar zur Isolierung (Grundierung) von Salpeter, Rauch und Wasserflecken. In dem farblosen Arbagit hat man einen Schutzanstrich für Mauerwerk und Putz gegen feuchte Wetterseiten. Das Mittel macht wasserdurchlässige, poröse Giebel- und Schlagwetterseiten wasserdicht, wobei der Anstrich den Grundton der Fläche nicht beeinträchtigt. Zum Schutze von Betonrohren verwendet man Gabrit, ein kalt streichbares Schutzmittel, das in den verschiedensten

Farbtönen verfügbar, wasserfest, wasserdicht, widerstandsfähig gegen chemische Angriffe, elastisch und temperaturbeständig ist. Als Schutzmittel von großer Bedeutung wurde das Bidur-Fluat gezeigt, das alle zementgebundenen künstlichen Steine und kalkgebundenen Natursteine an der Oberfläche härtet und widerstandsfähig macht. Mit dem Härtungsmittel vollzieht sich in kalkgebundenen Stoffen ein Verkiesselungsvorgang, der die Kalkverbindungen in widerstandsfähige und schwer angreifbare Doppel-Fluor-Verbindungen umwandelt. Das Aristogen ermöglicht Isolierung auch auf feuchter Grundlage, gewährt also nicht nur Schutz, sondern verkürzt auch beim Bauen die Wartezeit. Das Mittel, das geruchlos, unbrennbar und frei von Teer und Phenol ist, läßt sich leicht mischen, verdicken und färben und ergibt nach dem Auftrocknen einen zusammenhängenden dichten Film. Farblose Anstriche zum Schutze von wasserdurchlässigem Putz, Beton und Ziegelmauerwerk sowie von Beton-, Naturstein- und Kunststeinbauten gegen atmosphärische Einflüsse und gegen den Angriff von Industriegasen stehen in den ölfreien Membranit-Blaustreifen zur Verfügung. Unter dem Namen Membranit wurden auf der Messe noch andere Mittel gezeigt, unter denen im wesentlichen wasser- und wetterfeste Anstriche zu verstehen sind, die ohne weiteres die Haltbarkeit von Ölfarbenanstrichen haben, ihnen aber in der Schönheit des Aussehens überlegen sind. Weiterhin sind die verschiedensten Sorten von Asfluid zu nennen, das als bituminöses, teerfreies und kaltflüssiges Anstrich- und Lösungsmittel gezeigt wurde und gegebenenfalls auf feuchter Unterlage aufgebracht werden kann. Zum Unterschiede von Aristogen kann Asfluid auch bei Frost verarbeitet werden. Das Entfernen von Schmutzablagerung an Natur- und Kunststeinbauten steht ebenfalls im Dienste der Steinerhaltung. Zum schnellen Entfernen des oft jahrelang haftenden Schmutzes ist das Acordol entwickelt worden, das sich auch für die Behandlung verputzter Wände, glasierter Dachziegel, von Wand- und Bodenfliesen, polierten Marmorplatten, mit Ölfarbe gestrichenen und lackierten Gegenständen eignet. Zu den chemisch widerstandsfähigen Mörteln gehören die verschiedenen auf der Messe gezeigten, unter dem Namen „Höchst“ zusammengefaßten Säurekitt für Ausmauerung von Apparaten, Verlegen von Wand- und Fußbodenplatten-Belägen, für die Auf- und Ausmauerung von Kaminen in Verbindung mit säurefesten Steinen und Platten. Der Säurekitt „Höchst“ stellt einen temperaturbeständigen säurefesten Wassergläsmörtel dar. Säurekitt unter dem Namen Asplit sind selbsthärtend, säurefest, wasser- und sodabeständig und ergeben praktische Flüssigkeitsdichte, mechanisch außerordentlich feste und spülbeständige Kittungen.

Wie in früheren Jahren wurde auch der Holzschutz in seiner Musterschau der Reichsarbeitsgemeinschaft Holz auf der Messe ausführlich behandelt. Auf einige Holzschutzmittel sei näher eingegangen. Gegen den Holzbock ist der sogenannte C.F.S.-Holzschutz geschaffen worden, bei dem es sich um die Anwendung vergasender Stoffe und leicht wasserlöslicher Salze handelt, die durch geeignete Zusätze eine erhöhte Eindringungsfähigkeit erhalten. Durch entsprechende Gemischkonzentration wird eine übermäßige und schädigende Gasentwicklung verhindert. Nach dem Trocknen des Anstrichs ist das Mittel geruchlos. Das Mittel gegen tierischen Fraß ist von der deutschen Chemie zugleich als Imprägnierungs- und Feuerschutzmittel ausgebildet worden. Der Flammenschutz ist in erster Linie Oberflächenschutz, den man durch Einlagerung von Salzen erzielt oder durch Zerstörung der Zellulose in der obersten Holzschicht, die ja den brennbaren Hauptbestandteil des Holzes darstellt. Holzschutzmittel gegen Fäulnis wurden unter dem Namen Baselit gezeigt. Sie sind geruchlos, einfach und sauber in der Anwendung und greifen die Holzfasern nicht an. Die Deutsche Reichspost verwendet diese Mittel als Stangen tränkungsmittel. Gegen den Hausschwamm ist das Antinonin geschaffen worden, eine geruchfreie Paste, die bei Neubauten, Umbauten und Instandsetzungen verwendet wird. Ein anderes Mittel gegen Hausschwamm ist das Fungisal, das den Befall durch tierische und pflanzliche Schädlinge und Fäulniserscheinungen jeder Art bei Bauholz, Grubenholz usw. behandelt. Feuerschutz- und Feuerlöschmittel zugleich ist das auf der Messe gezeigte Intravan N, eine wirksame und farblose Kombination von stark feuerhemmenden Salzen mit Zusatzmitteln, die das Eindringen der Lösung in das Holz auch durch Schmutz- und Rußschichten hindurch erleichtern und das Holz trotz Ungiftigkeit gegen Pilzbefall schützen. Das Mittel wird heute bereits weitgehend für Luftschutzzwecke, Behandlung von Dachstühlen usw. verwendet. Andere Feuerschutz- und -löschmittel sind die verschiedenen Sorten von Locron. Dieses Mittel aus Kunstharz und Feuerschutzsalzen ergibt eine glasurartige Schicht, die man farblos halten oder färben kann. Aus der Schicht heraus entwickelt sich im Feuer eine isolierende Schaumkruste. Eisen wird nicht angegriffen. Als Feuerschutzmittel für die Leichtbauweise, für Kulissen, Stoffverspannungen, Papierfabrikate usw., Textilien, insbesondere Polstermöbel, ist das Locron T.S. entwickelt worden. Durch die Behandlung mit diesem Schutzmittel geht die Griffigkeit der Stoffe nicht verloren, auch wird die Lichtechtheit nicht beeinträchtigt. Für das Löschen von Dachstuhl-, Wohnungs-, Fabrik-, Wald- und Moorbränden, aber auch gegen Brände von feuergefährlichen Flüssigkeiten, wie Öl, Teer, Benzin usw. verwendet man Luftschäum aus Tutogen, der schlagartig wirkt. Wasserschäden sind bei Tutogen nicht zu befürchten, das Mittel greift auch Kleider, Schuhe usw. nicht an und verursacht keine Flecken und sonstigen Beschädigungen. Ein alkoholbeständiges Feuerlöschmittel ist das Schaumlöschpulver „Höchst“. Es wird in besonderen Apparaten (Schaumgeneratoren) dem Wasser zugegeben. Der entstehende chemische Schaum hat gute Deckfähigkeit, große Beständigkeit und vorzügliche Löschkraft.

Kippvorrichtung für Lastwagen. Bei Lastwagen für die Beförderung von Massengütern kommt es zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes darauf an, daß das Entladen so rasch und einfach wie möglich vor sich geht. Es sind daher Kippvorrichtungen entwickelt worden, die den offenen Kastenaufbau in kurzer Zeit schräg stellen und die Ladung zum Abgleiten bringen. Vielfach zeigt sich auch die Notwendigkeit, einen Lastwagen auf mechanische Art zu entladen, erst später.

Eine solche Kippvorrichtung (Bauart F. X. Meiller), die in Lastwagen oder Anhänger schon bei deren Bau oder nachträglich eingebaut werden kann, arbeitet mit einer Druckflüssigkeit. Durch eine Pumpe, die durch den Fahrzeugmotor oder von Hand angetrieben wird, wird die Druckflüssigkeit in einen Zylinder gedrückt, dessen Kolben teleskopartig ausziehbar ist und in der Mitte des Kastenaufbaues angreift. Je nachdem, an welchen Seiten der Kastenaufbau in Gelenken am Unterbau festgehalten wird, kippt der Kastenaufbau nach rechts, links oder nach hinten.



Dreiseitenkippanhänger mit Rohrfahrgestell und Schwingachsen in Leichtbauart.

Aufnahme: F. X. Meiller.

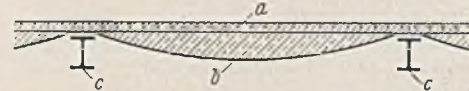
Der Zylinder ruht in einem Kugelgelenk auf dem Fahrzeugunterbau. Zum Absenken wird ein Ventil geöffnet, so daß die Druckflüssigkeit in den Speicher an der Pumpe zurückfließt.

Bei Antrieb der Kippvorrichtung durch den Wagenmotor braucht der Lastwagenführer seinen Platz beim Kippen nicht zu verlassen; er steuert die Kippbewegung von dort aus. Das Entladen und Wiederrückbewegen dauert nur wenige Minuten. Im Handbetrieb vergeht etwas mehr Zeit beim Kippen als bei motorischem Antrieb.

Einen Anhänger mit der handbetriebenen Kippvorrichtung zeigt die Abbildung. Vorn am Rahmen befindet sich die Handpumpe, die durch eine Stange in Tätigkeit versetzt wird. Der Zylinder mit dem Teleskopkolben liegt in der Mitte des Fahrgestells. Der Anhänger selbst ist mit seinem Rohrfahrgestell nach den Grundsätzen des Leichtbaues ausgeführt. Das Vorderteil des Rohrfahrgestells, das den Aufbau frei von Verdrehungen hält, ist nach oben gebogen, damit das Drehgestell in seiner Lenkbarkeit nicht beeinträchtigt wird. Damit bei jeder Fahrgeschwindigkeit und in jedem Ladezustand immer gute Fahreigenschaften erzielt werden, sind die Laufräder an schwingenden Halbachsen mit Querfedern einzeln aufgehängt. Der Schwingpunkt der Halbachsen liegt tief unter der Radmitte, so daß keine wesentlichen Spurerweiterungen beim Durchfedern eintreten.

Patentschau.

Fahrbahn Tafel für Brücken aus betongefüllten, in sich ausgesteiften Buckel- oder Tonnenblechen. (Kl. 19d, Nr. 656 841, vom 29. 4. 1934, von Dr.-Ing. Karl Schaechterle in Berlin-Lichterfelde.) Um das Eigengewicht der Fahrbahn Tafel herabzusetzen, besteht die Aussteifung der Buckel- oder Tonnenbleche *b* aus einem aus Flach- oder Profilstäben gebildeten Rost *a*, der mit den Blechen fest verbunden ist und im Zusammenwirken mit der Betonfüllung den Druckgurt zur Aufnahme der bei der Belastung auftretenden Biegemomente und waagerechten Kräfte bildet. Der Raum zwischen dem Blech *b* und der Oberkante des Rostes *a* ist mit Beton ausgefüllt. Die Fahrbahn Tafeln sind auf den Unterzügen *c* schubfrel gelagert. Die Buckel- oder Tonnenbleche ergeben Verbundkörper, bei denen alle Teile statisch zusammenwirken.



INHALT: Der Bau des Schelkeltunnels der Elburs-Nordrampe der Transiranischen Eisenbahn. — Betrachtungen über die Geschlebebewegung im fließenden Wasser. — Werkbrücke der C. Lorenz Akt.-Ges. über den Teltowkanal. — Vermischtes: Technische Hochschule Hannover. — Zum Auslaste über die Süderelbe-Brücke. — Isoliermittel auf der Leipziger Herbstmesse 1939. — Kippvorrichtung für Lastwagen. — Patentschau.

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