

DIE BAUTECHNIK

Alle Rechte vorbehalten.

Der Bau einer Reichsautobahn-Talbrücke.

Von Dipl.-Ing. Peucker.

Die im Zuge einer neuen Reichsautobahnstrecke liegende Talbrücke, deren Bau im nachstehenden beschrieben werden soll, ist nicht nur wegen ihrer Größe, sondern auch wegen ihrer besonderen Baustellen-Einrichtungen und der Bauausführung bemerkenswert. Sie hat mit den beiden Endbauwerken eine Gesamtlänge von 635 m und überschreitet ein 500 m breites Flußtal mit zwölf Gewölben von je 33,50 m lichter Weite bei einem Pfeilerabstand von 38,50 m und einer größten Höhe der Fahrbahn über der Talsohle von 60 m. Die Pfeiler erreichen von der Talsohle bis zum Ansatz der Gewölbe Höhen bis zu 43 m. Die Stärke der Pfeiler beträgt am Gewölbeansatz 5 m und nimmt gegen den Fuß hin mit einem beider-

Die zur Errichtung des gesamten Bauwerks zu leistenden Massen sind in runden Zahlen:

Beton für die Grundmauern	15 000 m ³
Beton und Mauerwerk der Pfeiler, der Endbauwerke und der Gewölbeaufbauten	95 000 „
Gewölbe und Quaderverkleidung	20 000 „
Insgesamt	130 000 m ³ .

Der Aushub für die Gründungen beträgt 24 000 m³, wovon fast zwei Drittel Fels waren.

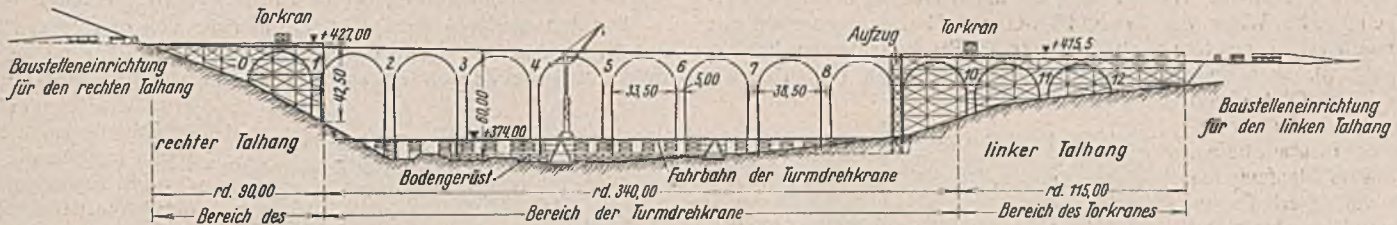


Abb. 1. Längsschnitt.

seitigen Anzug von 60:1 zu. In der Tiefenrichtung dagegen behalten die Pfeiler ihr Maß auf die ganze Höhe bei, es ist der Gewölbetiefe gleich und beträgt 18,28 m. Die Gewölbe sind im Scheitel 0,70 m und an den Kämpfern 1,40 m stark. Die sichtbaren Gewölbesteinsteine sind stärker, sie sind im Scheitel 1,40 m und an den Kämpfern 1,75 m hoch.

Allgemeines über die Baustelleneinrichtung.

Das Tal ist an der Brückenbaustelle verhältnismäßig breit und hat auf beiden Seiten steil ansteigende Hänge (Abb. 1). Da die für die Endbauwerke ursprünglich vorgesehenen Turmkräne nicht rechtzeitig beschafft werden konnten, erwies es sich als zweckmäßig, die Baustelle für die Ausführung in drei Bauabschnitte zu unterteilen, nämlich in die beiden im Bereich der Hänge stehenden Teile der Brücke und den die Talsohle überspannenden Abschnitt. Während an den Talhängen zum Bau der Brücke hohe Gerüste errichtet wurden, auf denen je ein Torkran lief, wurden im Mittelabschnitt für den Aufbau Turmkräne verwendet, die sich auf einem verhältnismäßig niedrigen Gerüst bewegten.

Der Schwerpunkt der Baustelleneinrichtung lag auf der Talsohle, da hier der weit aus größte Teil der Geräte sowie der Bau- und Verbrauchsstoffe über

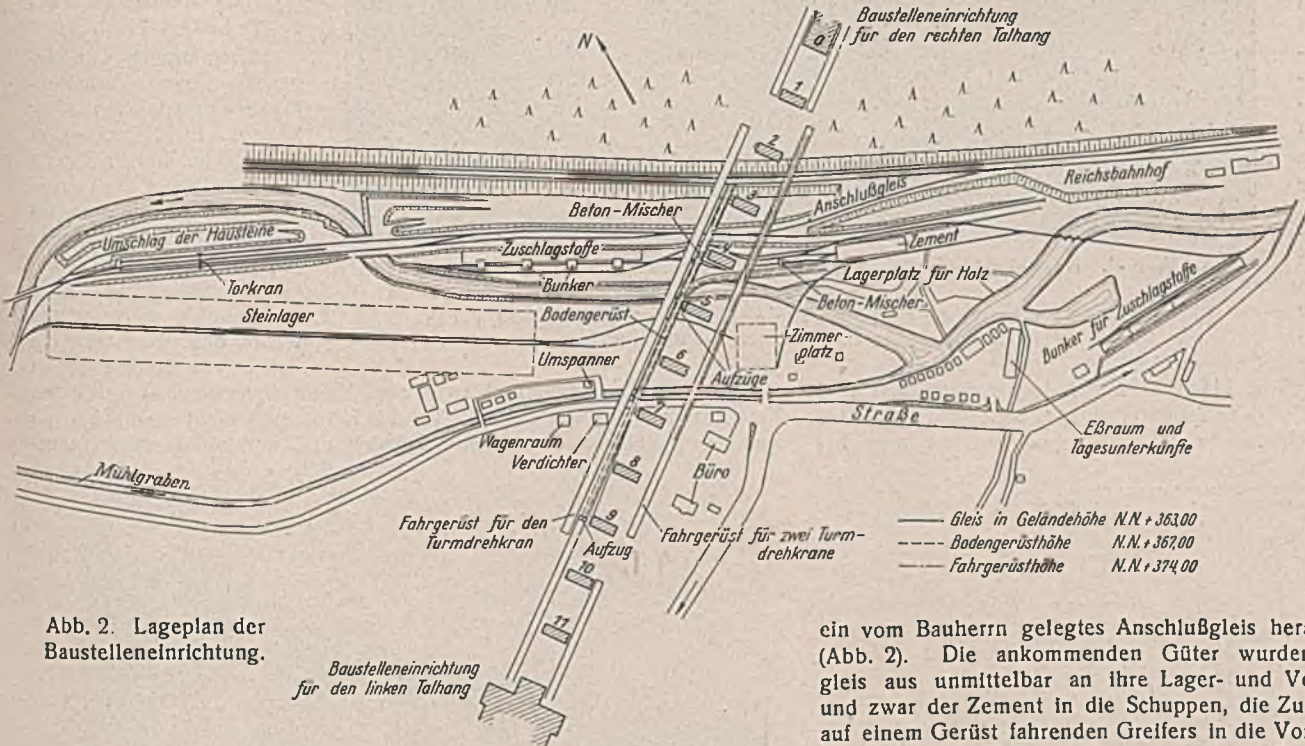


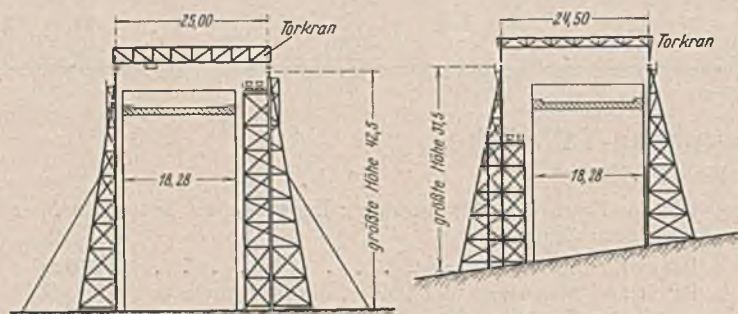
Abb. 2. Lageplan der Baustelleneinrichtung.

ein vom Bauherrn gelegtes Anschlußgleis herangebracht werden konnte (Abb. 2). Die ankommenden Güter wurden von diesem Anschlußgleis aus unmittelbar an ihre Lager- und Verbrauchsstellen befördert, und zwar der Zement in die Schuppen, die Zuschlagstoffe mit Hilfe eines auf einem Gerüst fahrenden Greifers in die Vorratsbehälter oder unmittelbar in die mit Zapfvorrichtung versehenen Bunker und die Granitquader schließlich nach ihrem Lagerplatz. Für die beiden auf den Höhen liegenden Endbauwerke werden zusätzliche kleinere Einrichtungen erstellt, bestehend aus Betonmischern, Bunkern für die Zuschlagstoffe, Zementschuppen, Umladevorrichtungen für die Steine usw. Auf diese Weise konnten die drei Bauabschnitte weitgehend voneinander getrennt werden. Die zum Bau der beiden Endabschnitte benötigten Baustoffe wurden soweit wie möglich mit Lastwagen unmittelbar zur Verwendungsstelle gebracht. Kamen die Baustoffe in Eisenbahnwagen an, so mußten sie umgeladen und mit einem Aufzug oder mittels Lastwagen nach den Endbauwerken befördert werden.

Sämtliche Ansichtsflächen der Brücke werden mit Hausteinen verkleidet, die eigentlich tragenden Gewölbe werden in voller Stärke aus bearbeiteten Quadern hergestellt. Verwendung findet gelblicher und bläulicher Granit. Der Kern der Pfeiler besteht aus Beton mit 270 kg/m³ Zement, im Pfeilerkopf mit 300 kg/m³ Zement. In den Zwickeln zwischen den Gewölben ist über den Pfeilern ein Spargewölbe von 7 m Breite und rund 9 m Höhe vorgesehen. Die Zwickel sind mit Bruchsteinmauerwerk und der Raum über den Gewölben ist bis zur Fahrbahn den statischen Erfordernissen entsprechend über dem Bogenscheitel mit Blmsbeton, in den übrigen Teilen mit Stampfbeton ausgefüllt.

Baueinrichtung für die beiden Endabschnitte der Talbrücke.

Die zum Bau der beiden Endabschnitte errichteten Gerüste zeigt Abb. 3 in übersichtlicher Darstellung im Querschnitt; Abb. 4 gibt eine Ansicht. Die Gerüste erreichen an ihrem talseltigen Ende die beträcht-



Torkran auf dem rechten Talhang (Widerlager 0) Torkran auf dem linken Talhang (Widerlager 12)

Abb. 3. Torkrangerüste an den Endbauwerken.

liche Höhe von 42,5 und 31,5 m. Die auf ihnen laufenden Torkräne erhielten eine lichte Weite von 25 und 24,5 m und überspannten nicht nur das Bauwerk selbst, sondern auch die längs der Brücke laufenden Fördergleise (Abb. 5). Auf dem linksseitigen Hang wurde die Förderbrücke, auf der zwei Gleise von 600 mm Spurweite zur Bedienung des Torkrans liefen, bis zum Doppelaufzug am Pfeiler 9 verlängert. Dieses Gerüst erreichte eine Höhe von etwa 40 m.

Das Aufstellen dieser ungewöhnlich hohen Gerüste an den steilen Talhängen war kostspielig und erforderte große Vorsicht und viel Zeit. Die einzelnen Böcke wurden mit ihrem Querverband auf dem Werkplatz fertig abgebunden und kamen in zerlegtem Zustand zur Einbaustelle. An den flacheren Stellen der Talhänge konnten die Böcke von Hilfsgerüsten aus aufgestellt werden, auf denen sie zusammengesetzt und dann mit Hilfe von Kabelwinden aufgerichtet wurden. An den steileren Hängen dagegen mußten die Böcke in Abschnitten von etwa 5 m Höhe in schwieriger Arbeit nach und nach aufgestockt werden. Die Torkräne haben sich gut bewährt. Trotzdem wären Turmdrehkräne vorteilhafter gewesen, da man bei ihrer Verwendung nicht nur mit wesentlich niedrigeren und kürzeren Gerüsten ausgekommen wäre, sondern weil auch die Kräne beim Aufstellen der Gerüste wertvolle Dienste hätten leisten können. Auch der Arbeitsaufwand beim Versetzen der Haussteine und beim Einbringen des Betons wäre bei der Verwendung von Turmdrehkränen etwas niedriger gewesen, als er unter Verwendung der Torkräne war.

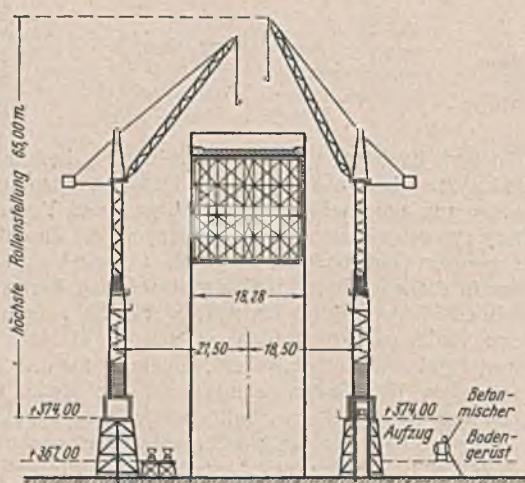


Abb. 6. Stellung der Turmdrehkräne zum Bauwerk.

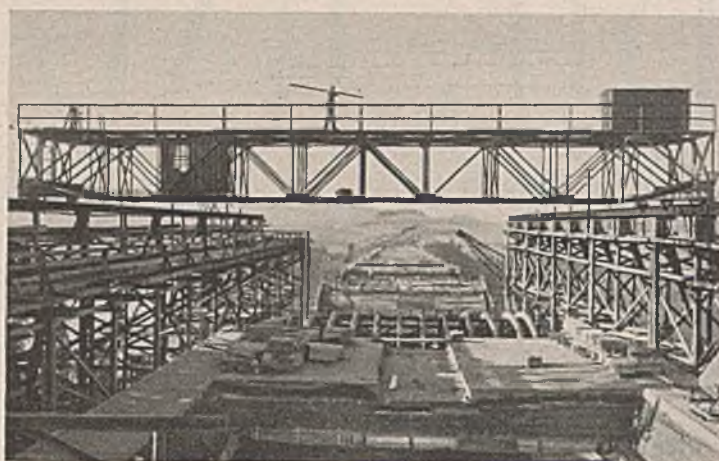


Abb. 5. Ansicht des Torkranes mit 25,0 m Spannweite auf dem rechten Talhang. Links der Bedienungssteg, auf dem zwei Gleise von 600 mm Spur laufen.

Baueinrichtung für den Mittelteil der Brücke.

Für den mittleren Bauabschnitt, der neun von den zwölf Gewölben umfaßt, wurden, wie schon oben gesagt, Turmdrehkräne verwendet, die für derart hohe Bauwerke ohne Zweifel die geeignetsten Geräte sind.

Mit Rücksicht auf die außerordentliche Höhe des Bauwerks mußten die größten zur Zeit verfügbaren Turmdrehkräne, nämlich Form 90, eingesetzt werden. Diese Kräne haben bei 45 m Rollenhöhe über der Laufschiene und einer größten Ausladung von 30 m eine Tragkraft von 2 t und bei 65 m Rollenhöhe und 15 m Ausladung eine solche von 6 t. Das Dienstgewicht des Krans beträgt 110 t.

Ursprünglich war vorgesehen, zwei Turmdrehkräne Form 90 auf einer Seite der Brücke auf einem etwa 30 m hohen Gerüst laufen zu lassen. Die knappe Vollendungsfrist und andere Gründe haben jedoch dazu geführt, von dieser Lösung abzuweichen und unter Beschaffung eines dritten Krans derselben Art die Kräne auf beiden Seiten

der Brücke einzusetzen, und zwar zwei Kräne stromaufwärts und einen Kran stromabwärts der Brücke. Da die Kräne nun nicht mehr über die ganze Brückenbreite zu reichen brauchten und mit hochgestelltem Aus-

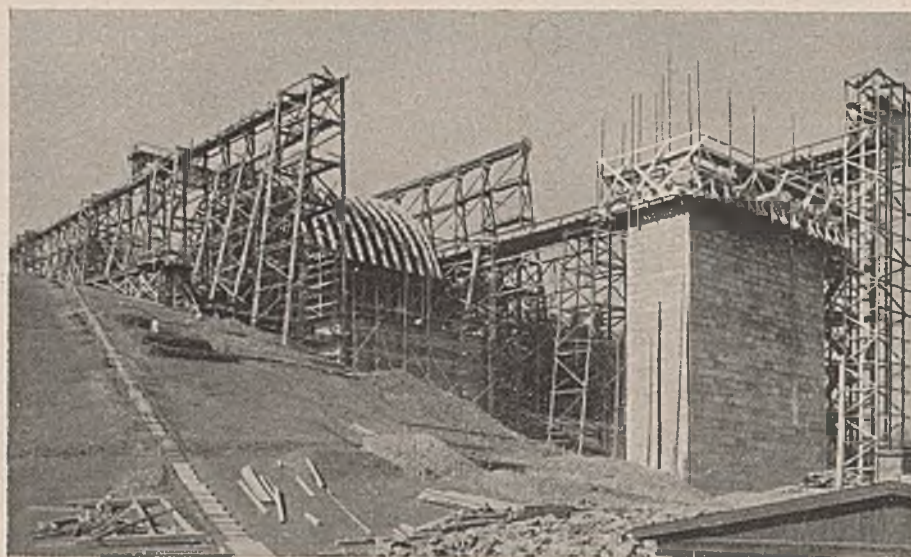


Abb. 4. Ansicht der Gerüste auf dem linken Talhang mit dem Torkran auf den Gerüstständern.

Zwischen diesen das Ständergerüst für den Bogen 11 und das Bedienungsgerüst, das in seiner Verlängerung bis zum Aufzug bei Pfeiler 9 führt.

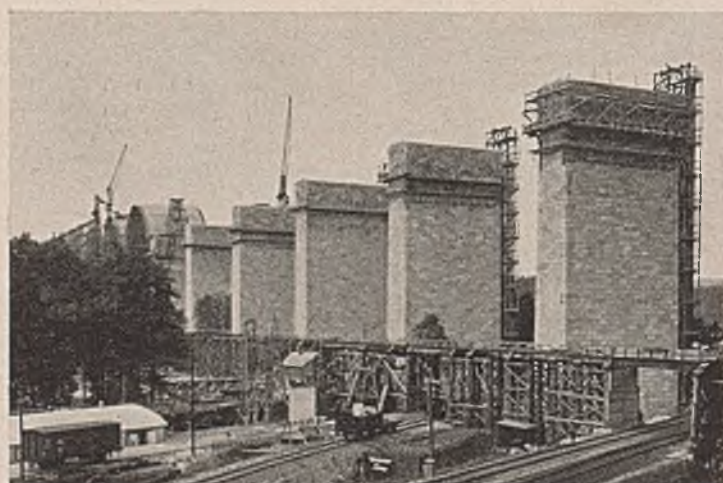


Abb. 7. Pfeiler 3 bis 7 im mittleren Abschnitt. Davor das Fahrbahngerüst für die Turmdrehkräne.

leger arbeiten konnten, genügten Fahrgerüste von 12 m Höhe über der Talsohle. Die beiden Fahrgerüste wurden hierbei so weit von dem Bauwerk abgerückt, daß die Gegengewichte der Kräne beim Schwenken nicht an das Bauwerk stießen (Abb. 6 u. 7).

Auf der Unterstromseite wurde längs des Kranfahrgerüsts ein mit seiner Fahrbahn 2 m über der Talsohle liegendes Fördergerüst erbaut, das sogenannte Bodengerüst, auf dem zwei Gleise von 600 mm Spur lagen. Dieses Gerüst hatte unmittelbare Verbindung mit dem Steinlagerplatz und über ein abzweigendes Gerüst mit der Betonmischanlage. In Abb. 2 sind nicht nur diese Gerüste eingezeichnet, sondern auch die Anschlußgleise, die verschiedenen Fördergleise, die Betonmischanlagen usw.

Zur Herstellung des Betons für den Mittelabschnitt der Brücke dienten zwei Betonmischer von 750 l Trommelinhalt, eine dritte ebenso große Maschine wurde zur Aushilfe bereit gehalten. Mit diesen Geräten konnte bei 24 stündigem Betrieb eine Höchstleistung von 600 m³ Beton erreicht werden. Alle Betonmischer wurden mit Zement und Zuschlagstoffen von ebener Erde aus beschickt, dagegen in Höhe des oben erwähnten Bodengerüsts entleert. Der Beton wurde in Kabeln mit Boden- oder seitlicher Entleerung verfahren und von den Turmdrehkränen oder den an den Pfeilern errichteten Aufzügen nach der Einbaustelle gehoben. Geübte Kranführer sind in der Lage, das Verfahren des Krans, das Heben und Senken der Last und das Schwenken des Auslegers gleichzeitig in einem Arbeitsgang vorzunehmen. Es hat sich dabei gezeigt, daß die Dauer eines Spiels weitgehend von der zu bewältigenden Hubhöhe abhängt und bei etwa 8 m Hubhöhe im Mittel drei Minuten erfordert. Bei wachsender Höhe des Bauwerks war daher mit erheblichen Zeitverlusten zu rechnen, falls die Lasten von dem tiefliegenden Bodengerüst abgehoben werden mußten. Um diese Zeitverluste auszuscheiden, wurden an den Pfeilern Doppelaufzüge aufgestellt, mit deren Hilfe das Mischgut sowie die Hau- und Bruchsteine hochgefördert und auf den Pfeilern zur Verfügung der Kräne bereitgestellt werden konnten (Abb. 8 u. 11). Die Auswirkung dieser Aufzüge auf die Dauer eines Spiels kann aus der folgenden Tafel ersehen werden, in der die Zeiten für das Abheben der Lasten vom Bodengerüst, vom Kranfahrgerüst und von den Pfeilern eingetragen sind:

A b n a h m e	Heben $v=30\text{ m/min}$		Schwenken $v=0,6\text{ m/min}$		Fahren $v=25\text{ m/min}$		An- u. Ab- hängen min	Zeit für ein Spiel min	Anzahl der Spiele in	
	Weg i. M. m	Zeit min	Winkel i. M. Grad	Zeit min	Weg i. M. m	Zeit min			1 Std.	20 Std.
	vom Bodengerüst	54	3,6	60	0,5	—			0	1
von dem Krangerüst	47	3,1	60	0,5	—	0	1	4,6	13	260
vom Pfeiler	8	0,5	40	0,4	10	0,8	1	2,7	22	440

Steinlagerplatz.

Von den oben erwähnten 20 000 m³ Granitquadern, die einem Gesamtgewicht von 54 000 t entsprechen, wurden für die Verkleidung der Pfeiler 16 500 t benötigt mit Einzelgewichten bis 2,5 t, für die Gewölbe 28 000 t mit Gewichten bis 3,5 t und für die Verkleidung des Brückenüberbaues, die Kragsteine usw. 9500 t. Bei diesem großen Bedarf an Quadern war es selbstverständlich, daß die Steine mit besonderer Überlegung eingelagert werden mußten, um so mehr, als der hierfür zur Verfügung stehende Platz sehr beschränkt war. Erschwerend für das Lagern der Steine war, daß Granit verschiedener Färbung verwendet wurde und die verschiedenfarbigen Quader getrennt gelagert werden mußten. Andererseits wurde das Lagern der Steine durch die Gleichartigkeit der Pfeiler und der Gewölbe wieder erleichtert. Die Schichthöhe der Pfeilerverblender nahm mit steigender Höhe von 68 bis auf 50 cm ab; sie war jedoch in gleichen Abständen unter den Kämpfern durchweg gleich, ferner waren die Gewölbe vollkommen gleich, so daß man ohne weiteres nicht nur einzelne Steine gleicher Stellung in den Pfeilern oder den Gewölben gegeneinander austauschen konnte, sondern auch einzelne geschlossene Pfeilerschichten und ganze Gewölbe.

Der Steinlagerplatz war 380 m lang und 42 m breit. Die Breite wurde durch die Reichweite des in der Mitte des Platzes laufenden Drehkrans Form 30 bestimmt. Durch die 5 m breite Kranbahn wurde der Platz in zwei gleiche Streifen von 18,5 m Breite geteilt. Bei dem Raummangel mußte der Platz wiederholt mit Steinen belegt werden, wobei zuerst die Verbindensteine der Pfeiler und nach ihrer Verarbeitung anschließend die Gewölbequader eingelagert wurden. Grundsätzlich wurden die schweren Steine dicht an die Kranbahn und die leichteren Steine an den Rand des Platzes gelegt. Es wäre naheliegend gewesen, die Einlagerung der Verbindensteine nach den Pfeilern getrennt vorzunehmen. Dies geschah jedoch nicht, vielmehr wurden die Steine nach Schichthöhen gelagert, und zwar kamen immer gleiche Steine, also gleiche Ecksteine, gleiche Maßsteine usw. übereinander zu liegen, gleichgültig für welchen Pfeiler sie ursprünglich bestimmt waren.

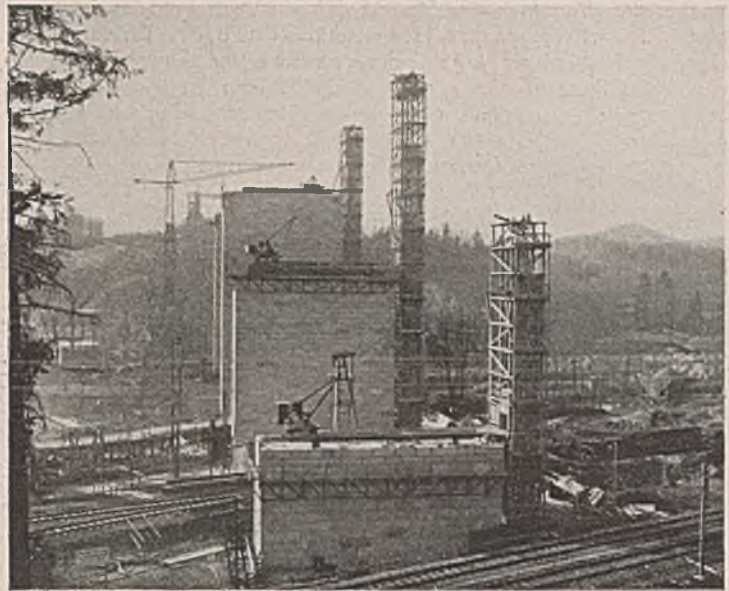


Abb. 8.

Aufbau der Pfeiler 3 bis 5 mit Hilfe von Handkränen und Aufzugstürmen. Am Pfeiler 3 und 4 sind die Hängegerüste sichtbar. Am Pfeiler 5 ist das Gerüst bereits abgebaut. Auf den Pfeilern 3 und 4 stehen die Handkräne zum Versetzen der Steine, auf Pfeiler 5 wird der Handkran abgebaut.

Die Gewölbesteine wurden nach den gleichen Gesichtspunkten eingelagert, nämlich immer gleiche Steine übereinander. Auf einer Fläche von 150 m Länge und 18,50 m Breite wurde ein vollständiges Gewölbe mit seinen 1121 Steinen ausgelegt. Da vier Gewölbe übereinander gestapelt wurden, waren für alle zwölf Gewölbe drei solcher Plätze erforderlich.

Durch die beschriebene Einlagerung der Steine war nicht nur eine übersichtliche Anordnung erzielt, sondern es konnten auch für einen Bauteil fehlende Steine einem anderen ohne zeitraubende Umlagerung entnommen werden. Dies war außerordentlich wichtig, da bei dem schleppenden Eingang der Hausteine von dieser Maßnahme ständig Gebrauch gemacht werden mußte. Erwähnt sei noch, daß die eingehenden, die abgegebenen und die ausgewechselten Steine ständig auch in Listen und Übersichtspläne eingetragen wurden, so daß der Verbrauch dauernd nachgeprüft werden konnte.

Für das Umladen der Quader von den Eisenbahnwagen auf die Plattformwagen, mit denen die Steine nach dem Lagerplatz befördert wurden, diente ein einfacher Torkran. Auf dem Steinlagerplatz stand, wie bereits erwähnt, zum Abladen der Steine ein Turmdrehkran Form 30 zur Verfügung mit selbsttätiger Schließe am verstellbaren Ausleger. Bei Vollbetrieb hatte dieser Kran mit der Einlagerung vollauf zu tun. Für die gleichzeitige Ausgabe von Steinen wurde daher ein weiteres Gerät benötigt, das auf der Baustelle in Ermangelung eines Turmkrans in Form eines Auslegerkrans aufgestellt wurde (Abb. 9). Auf den beiden Auslegern dieses Krans, die zusammen eine Spannweite von 42 m hatten, lief eine Katze mit einer Tragkraft von 4 t. Dieser Auslegerkran hat sich sehr gut bewährt und hatte auch



Abb. 9.

Steinlagerplatz mit Auslegerkran von 21 m Reichweite nach jeder Seite.

gegenüber dem Turmkran den Vorteil, daß ein Verstellen des Auslegers wegfiel. Die Leistungen des Umladetorkrans und des Turmdrehkrans betragen in 10stündiger Arbeitszeit etwa 16 Eisenbahnwagen mit zusammen 240 t Steinen. Der zum Wiederaufnehmen der Steine dienende Auslegerkran dagegen konnte ohne weiteres 360 t Steine in zehn Stunden aufladen, wobei allerdings zu beachten ist, daß das Aufnehmen eines Steines weniger Zeit in Anspruch nimmt als das Einlagern.

Gründung.

Sämtliche Pfeiler der Talbrücke konnten auf guten, gesunden Fels gegründet werden, und zwar auf Tonschiefer, der stark mit Diabas durchsetzt ist. Im Talgrund, wo die Gründungstiefen etwa 6 m betragen, mußten die Baugruben des Wasserandrangs wegen zwischen eisernen Spundbohlen (Bauart Krupp, Größe III) ausgeschachtet werden. Der Aushubboden wurde mit Hilfe eines Baugrubenaufzugs in die Höhe befördert und in Muldenkippern abgefahren.

Bau der Pfeiler.

Die Pfeiler wurden in bekannter Weise derart hochgeführt, daß jeweils zunächst eine Schicht Quadersteine versetzt und die Fugen mit Mörtel ausgestopft und daß anschließend der Raum innerhalb der versetzten Steine ausbetoniert wurde. Hierauf folgte die nächste Quaderschicht. Leider standen die großen, für den Bau des mittleren Bauabschnitts vorgesehenen Turmdrehkrane nicht vom Baubeginn an zur Verfügung, so daß, um Verzögerungen zu vermeiden, zu einer Hilfseinrichtung gegriffen werden mußte. Diese Einrichtung bestand in einer Plattform, die auf dem Pfeiler selbst ruhte und dem Wachsen des Pfeilers entsprechend gehoben wurde (Abb. 10). Auf dieser aus zwei steif miteinander verbundenen I-Trägern bestehenden Bühne lief ein Handkran zum Versetzen der Verblendsteine und lagen zwei Gleise von 600 mm Spur, die an den Förderturm anschlossen, durch den die Betonwagen und die Plattformwagen mit den Quadern in die Höhe befördert wurden. Der Beton wurde von diesen Gleisen aus zwischen die Quaderschicht gekippt. An den Enden und in der Mitte war die Bühne mit Betonklötzen unterstützt. Nachdem eine Quaderschicht versetzt war, wurde die Bühne mit Spindeln oder Winden um eine Schichthöhe gehoben, worauf der Beton eingebracht werden konnte. Die Betonblöcke wurden einbetoniert.

Diese Arbeitsbühne hat sich als Ersatz für einen Turmdrehkran zwar gut bewährt, doch war der Stundenaufwand für das Versetzen der Quader und das Einbringen des Betons um etwa $\frac{1}{3}$ höher als beim Arbeiten mit den Turmdrehkränen. Der Arbeitsfortschritt selbst blieb dagegen nicht weit hinter demjenigen bei Verwendung von Turmdrehkränen zurück. Falls an zwei Pfeilern gleichzeitig gearbeitet werden konnte, wobei ein Maurer- und ein Betonlertrupp abwechselnd bald auf dem einen, bald auf dem anderen Pfeiler angesetzt wurde, war dieser Baufortschritt in einer Doppelschicht von 20 Stunden bei beiden Pfeilern je zwei Verblenderschichten, was einem Durchschnitt von 1 bis 1,50 m für einen Pfeiler je nach Schichthöhe entspricht.

Die für das Versetzen der Quader an den Pfeilern erforderlichen Hilfsrüstungen bestanden bei den niedrigen, auf den Talhängen stehenden Pfeilern aus den üblichen Standgerüsten, bei den hohen Pfeilern des Mittelabschnitts dagegen aus Hängegerüsten, wie sie aus Abb. 8 u. 12 zu ersehen sind. Diese Hängegerüste bestanden aus zwei den Längsseiten des Pfeilers entlang laufenden leichten stählernen Gitterträgern, auf deren Enden, die ein Stück über den Pfeiler hinausragten, fachwerkartige Quergerüste ruhten. Das Gesamtgewicht eines

solchen Hängegerüsts für einen Pfeiler betrug 3 t, das eines Längsträgers allein 1,4 t. Die Gerüste hingen an Drahtseilen, die über eisernen Rollenträger hinweg zum Boden führten, von wo aus sie durch Handkabelwinden je nach Bedarf hochgezogen oder auch abgelassen werden konnten. Die Rollenträger waren in den Verblenderfugen verankert und mußten mit fortschreitender Arbeit in Abständen von jeweils drei Quaderschichten nach oben umgesetzt werden. Im weiteren Verlauf der Arbeiten konnte auf die eisernen Rollenträger verzichtet werden, und die beiderseitigen Hängegerüste wurden dann mit Drahtseilen aufgehängt, die in einfacher Weise über die Pfeiler hinweggeführt wurden. Wegen ihrer einfachen Handhabung sollen die Hängegerüste später beim Verfugen und Säubern der Pfeiler und der Gewölbe nochmals verwendet werden.

Lehrgerüste.

Für die Ausführung der Gewölbe wurden in den Öffnungen der beiden Talhänge Standgerüste verwendet, für alle übrigen Gewölbe (2 bis 10) dagegen frei tragende Gerüste, deren Binder aus zwei bogenförmigen Hälften bestanden, die als Dreigelenkbogen wirkten. Jedes Lehrgerüst für ein Gewölbe setzte sich aus 14 Bindern zusammen, die in Abständen von 1,45 m angeordnet waren, mit Ausnahme der beiden

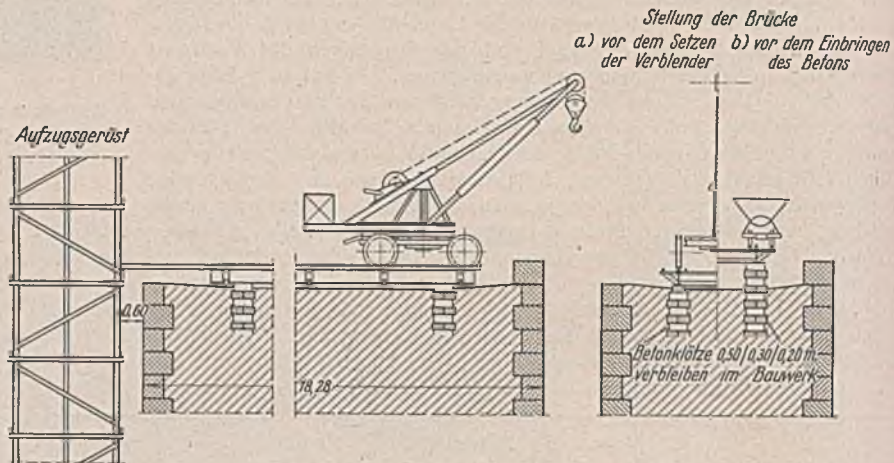


Abb. 10. Aufbau der Pfeiler mit Handkran.

äußeren Binder, die aus baulichen Gründen nur einen Abstand von 0,765 m hatten. Abgedeckt wurden die Gerüste mit Kanthölzern von 10×10 cm Stärke, die im Scheitel dicht bei dicht, in den Kämpfern jedoch aus Sparsamkeitsgründen mit Zwischenräumen verlegt waren.

Es war ursprünglich vorgesehen, alle frei tragenden Lehrgerüste in Stahl auszuführen. Da sich jedoch die Möglichkeit bot, von einem anderen Bau hölzerne Binder in annähernd gleichen Abmessungen nach geringem Umbau zu übernehmen, wurde ein Teil der stählernen Binder durch diese hölzernen Binder ersetzt. Es standen dann für drei Gewölbe stählerne und für weitere drei Gewölbe hölzerne Binder zur Verfügung, im ganzen somit sechs Lehrgerüste. Zur Unterstützung der frei tragenden Gerüste wurden in die Pfeiler unter jedem Binder zwei Träger I 34 ein-

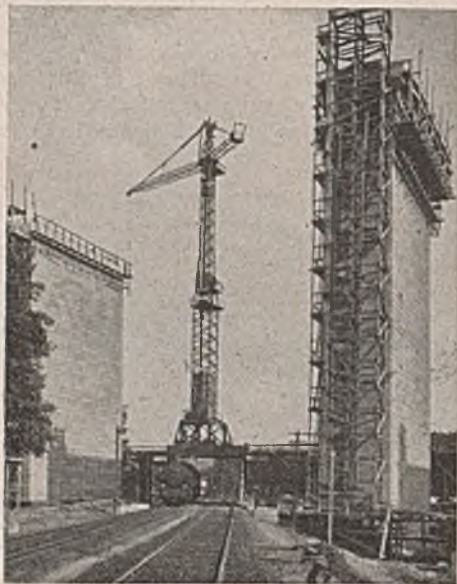


Abb. 11.

Links Aufbau des Pfeilers 2 mit Turmdrehkran, rechts Pfeiler 3 mit Treppenaufgang. An Pfeiler 3 ist der Kämpfer bereits hergestellt, wozu das Gerüst, das über dem Hängegerüst sichtbar ist, aufgebaut wurde.

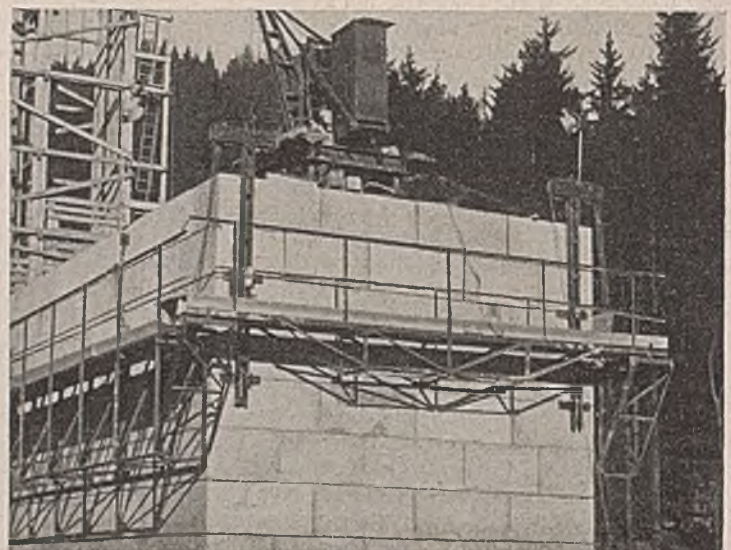


Abb. 12.

Hängegerüst mit beweglichem, lose aufgelagertem Querstück. Die Hängeseile führen über Rollen auf einem im Mauerwerk verankerten Ständer zum Boden, wo sie durch Kabelwinden bedient werden.

gemauert, die so weit aus dem Bauwerk herausragten, daß nicht nur die Gerüstbinder aufgelagert werden konnten, sondern daß auch ein Laufsteg und die erforderlichen Hilfsgerüste für das Aufstellen sowie das Ablassen und Ausbauen der Binder Platz hatten. Aus Ersparnisgründen wurden die Kragträger nicht durch den Pfeiler hindurchgeführt, sondern nur so tief als erforderlich eingelassen, um die Gegenlast zu gewährleisten. Die Träger sollen später abgeschnitten und die ausgesparte Quaderschicht durch Granitplatten mit 15 cm Stärke verkleidet werden. Da die Ecksteine nicht ausgelassen werden durften, sondern gleich mit dem aufgehenden Mauerwerk eingebaut werden mußten, war es nicht möglich, unter den Endbindern herzustellen. Diese Binder mußten daher durch eine Auskragung unterfangen werden (Abb. 13).

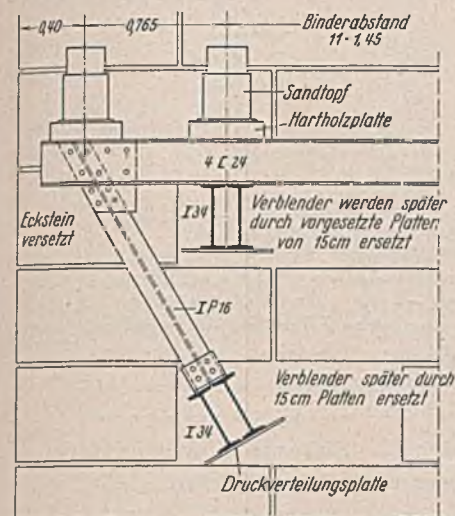


Abb. 13. Unterfangen des äußeren Binders.

der Gerüste eine unmittelbare Unterstützung herzustellen. Diese Binder mußten daher durch eine Auskragung unterfangen werden (Abb. 13).

Die Binder saßen auf Sandtöpfen mit einem Stempeldurchmesser von 225 mm und waren gegen das Mauerwerk durch Hartholzkeile abgestützt (Abb. 14). Die Sandtöpfe waren mit Sand von 0 bis 7 mm Korngröße gefüllt. Versuche haben gezeigt, daß es unzweckmäßig ist, Sand gleicher Körnung zu verwenden, da dieser bei den auftretenden hohen Belastungen zerquetscht und in die Hohlräume gepreßt wird, so daß als Endergebnis Sand von der feinsten bis zur größten Körnung entsteht.

Zum Aufstellen der Bogenbinder, sowohl der stählernen wie auch der hölzernen, wurde ein Hilfsgerüst verwendet (Abb. 15 u. 16). Dieses bestand aus zwei stählernen von einem Pfeiler zum anderen reichenden leichten Fachwerkträgern und zwei turmartigen Aufsätzen aus Stahl oder aus Holz. Die Einzelteile dieses Gerüsts waren so bemessen, daß sie von einem Turmdrehkran noch gehoben werden konnten, ihr Gewicht überschritt also 6 t nicht. Das Gesamtgerüst hatte ein Gewicht von 15 t und war oben so breit, daß drei Binder des Lehrgerüsts gleichzeitig darauf gelagert werden konnten. Die Binder wurden von beiden Seiten der Brücke durch die Turmdrehkrane aufgesetzt, wobei darauf geachtet wurde, daß die Binderhälften schon in der Schwebelage ihrer endgültigen Stellung im Bauwerk entsprachen. Dadurch wurde das Absetzen auf das Lehrgerüst und auf die Sandtöpfe wesentlich erleichtert. Beim Aufstellen des ersten Binders eines Gerüsts wurde ein zweiter Kran so lange benötigt, bis die beiden Bogenteile miteinander verbunden und gegen Umkippen gesichert an dem Hilfsgerüst befestigt waren. Sobald dieser erste Binder festsaß, wurde ein Kran frei, da jeder weitere Binderteil sofort nach dem Aufbringen an den Nachbarbinder durch einen Querverband angeschlossen wurde und somit nicht kippen konnte. Drei fertig aufgebaute und miteinander verstellte Binder waren in sich stand-sicher und benötigten das Hilfsgerüst nicht mehr. Nachdem daher drei Binder auf dem Hilfsgerüst fertig zusammengebaut waren, konnten sie vom Hilfsgerüst frei gemacht und dieses zum Aufstellen der nächsten drei Binder verschoben werden. Das Hilfsgerüst hatte für diesen Zweck Rollen (Abb. 14), die auf Stahlträgern mit aufgeschweißten U-Eisen liefen. Die Verschiebung des unbelasteten Hilfsgerüsts mit Hilfe von Winden ging sehr leicht vonstatten. Auf die beschriebene



Abb. 14. Auflager der hölzernen Binder. Im Hintergrunde Fahrgestell des Hilfsgerüsts.

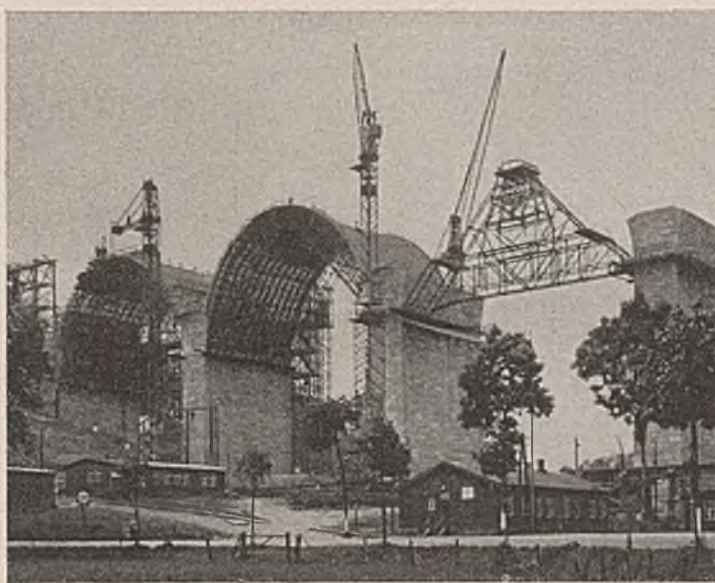


Abb. 15.

Hilfsgerüst für den Aufbau der Lehrgerüstbinder im Bogen 8 stehend, links zwei Gewölbe mit stählernen Lehrgerüstbindern fertig eingerüstet.

Weise wurde der Arbeitsvorgang wiederholt, bis alle 14 Binder eines Gewölbes standen, worauf das Hilfsgerüst bis an den äußersten Rand seiner Fahrbahn etwas über die Brückenflucht hinaus verschoben wurde, so daß seine einzelnen Teile von einem Turmdrehkran erfaßt und ausgebaut werden konnten.

Wie bereits erwähnt, wurden für drei Gewölbe stählerne und für weitere drei Gewölbe hölzerne Binder verwendet. Die stählernen Binder sind teurer als die hölzernen, dagegen ist ihr Aufbau und Abbau einfacher und billiger, so daß die Mehrkosten der Beschaffung bei wiederholter Verwendung wieder aufgehoben werden. In unserem Falle, in dem die hölzernen Binder nur einmal und die stählernen doppelt verwendet wurden, hielten sich die Gesamtkosten für Beschaffung und für Auf- und Abbau ungefähr das Gleichgewicht. Bei mehrfacher Verwendung der hölzernen Binder würden sich die Kosten weiterhin zugunsten der stählernen verschoben haben.

Das Ablassen der Lehrgerüste ging in bekannter Weise durch Senken der Sandtöpfe vor sich. Um während des Ablassens des Gerüsts die Reibung zwischen diesem und dem Bauwerk auszuschalten und um das Gerüst für die spätere Verschiebung freizubekommen, wurden vor dem Ablassen die Füße der Binder mit Zugstangen etwas zusammengezogen und die Hartholzkeile hinter den Bindern entfernt. Das Absenken wurde in einzelnen Stufen vorgenommen, und zwar wurden durch Entnahme einer entsprechenden Menge Sand zunächst dreimal je 1 mm und dann dreimal je 2 mm abgesenkt. Sobald sich das Gerüst von dem Gewölbe gelöst hatte, wurde es in Stufen von 5 mm und mehr weiter abgelassen.

Nachdem ein Lehrgerüst abgelassen war, mußte es, um ausgebaut werden zu können, seitlich verschoben werden. Hierfür wurden Rollenbahnen verwendet, die auf den einbetonierten Kragträgern ruhten, bei den Gerüsten mit stählernen und hölzernen Bindern aber verschieden ausgebildet waren. Bei den Gerüsten mit stählernen Bindern saßen die Rollenbahnen etwa in der Mitte der Kragträger (Abb. 17), und die einzelnen Rollen ruhten auf 4 □ 22. Das Gerüst setzte sich mit einem durchlaufenden Träger P 28, der unter den Bindern befestigt wurde, auf die Rollen. Bei den Gerüsten mit Holzbindern wurden



Abb. 16. Aufsetzen eines hölzernen Binderteiles des Lehrgerüsts auf das Hilfsgerüst.

zum Verschieben volle Stahlwalzen verwendet, die man unter dem Fuß der Binder verlegte, also an den Stellen, wo die Sandtöpfe gesessen hatten. Das Gerüst setzte sich mit dem vorhandenen Träger P 30 auf die Walzen. Die letztere Lösung ist die einfachere, weshalb zu empfehlen ist, in jedem Falle schon beim Aufbau zwischen die Sandtöpfe und die Binderfüße einen Längsträger einzuschalten.

Das Gerüst wurde auf die Rollenbahnen mit Hilfe von Wasserdruckpressen abgelassen. Mit diesen Pressen wurde das Lehrgerüst zunächst etwas angehoben, um die Sandtöpfe entfernen zu können, und dann nach und nach abgelassen, bis es auf den Rollen oder Walzen der Verschiebebahn ruhte. Nun wurde das Gerüst mit Hilfe von Fußwinden seitlich verschoben und die Binder in dem Maße, wie sie unter dem Gewölbe hervorkamen, mit den Turmdrehkränen ausgebaut. Ein besonderes Hilfsgerüst war hierbei nicht erforderlich, da die einzelnen Binderhälften, auch wenn die Gegenhälfte schon beseitigt war, von den Nachbarbindern durch den Querverband gestützt wurden. Lediglich die letzten Binder, die allein nicht mehr standsicher waren, mußten gegen Klippen gesichert werden, was in einfacher Weise mit Drahtseilen ausgeführt wurde, die man um den Gewölbescheitel herumschlang.

Bau der Bögen in Staffelwölbung.

Ursprünglich sollten alle neun Gewölbe, für die frei tragende Gerüste Verwendung fanden (Gewölbe 2 bis 10), gleichzeitig ausgeführt werden, da die Pfeiler bei ihrer großen Höhe den vollen einseitigen Gewölbeschub nicht aufzunehmen imstande gewesen wären. Dieser Schub des Gewölbes hätte der Berechnung zufolge im engerüsteten Zustand 415 t und nach der Ausrüstung sogar 520 t betragen. Nach eingehenden Untersuchungen entschloß man sich aber, von einer gleichzeitigen Herstellung der Gewölbe abzusehen und die Bogen stoffelweise auszuführen, d. h. sie so einzubauen, daß von einer Reihe gleichzeitig in Arbeit befindlicher Bogen immer einer um einen Bauabschnitt hinter dem vorhergehenden zurückblieb. Der Vorteil dieser Bauweise gegenüber der üblichen Ausführung liegt darin, daß man nicht alle Öffnungen gleichzeitig einrücken muß, also mit einer geringeren Anzahl von Lehrgerüsten auskommt, und daß man außerdem das Arbeitsfeld erweitern kann. Während bei der gewöhnlichen Bauweise das Wölben der Bogen erst nach Fertigstellung sämtlicher Pfeiler beginnen kann und der Aufbau erst nach Fertigstellung aller Gewölbe, ist es bei einer Staffelwölbung möglich, die Herstellung der Gewölbe schon in Angriff zu nehmen, während die letzten Pfeiler noch im Bau sind, und auch die Ausführung der Gewölbeaufbauten zu beginnen, bevor die letzten Bogen geschlossen sind.

Statische Berechnungen der Gewölbe und Pfeiler ergaben die Möglichkeit, das Wölben so durchzuführen, daß immer nur drei Gewölbe gleichzeitig in der Ausführung begriffen waren, und daß unter Berücksichtigung der Abbindezeit immer nur fünf Öffnungen gleichzeitig eingerüstet zu sein brauchten, während in der sechsten Öffnung die Rüstung aufgestellt wurde. Abb. 18 zeigt die Durchführung der Staffelwölbung beispielsweise für die Gewölbe 10 bis 8. Bevor mit dem Wölben begonnen werden konnte, mußten die Lehrgerüste für die Bogen 10 bis 7 aufgestellt werden. Während der Bogen 7 zunächst unbelastet

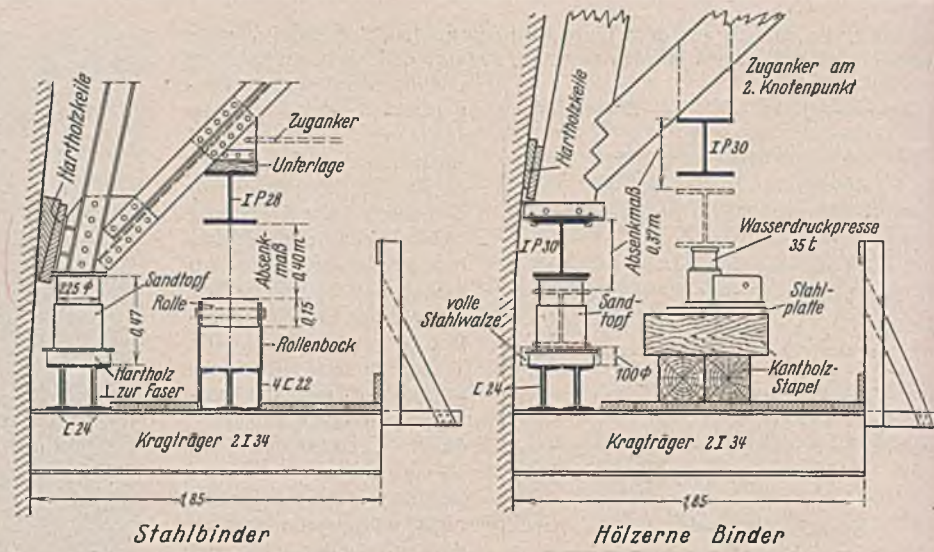


Abb. 17. Auflagerung der eisernen und hölzernen Binder.

blieb, wurde in den Öffnungen 10, 9 und 8 die Strecke I aufgebracht. Sodann folgte in den Öffnungen 10 und 9 die Strecke II, worauf schließlich die Öffnung 10 durch Einbau der Strecke III fertiggestellt wurde. Inzwischen hatte man das Lehrgerüst der Öffnung 6 aufgestellt, und es konnte in Bogen 7 die Strecke I, in Bogen 8 die Strecke II und in Bogen 9 die Strecke III eingebaut werden. In dieser Weise ging der Wölbvorgang stoffelförmig bis zum Anschluß an das Gewölbe 1 weiter.

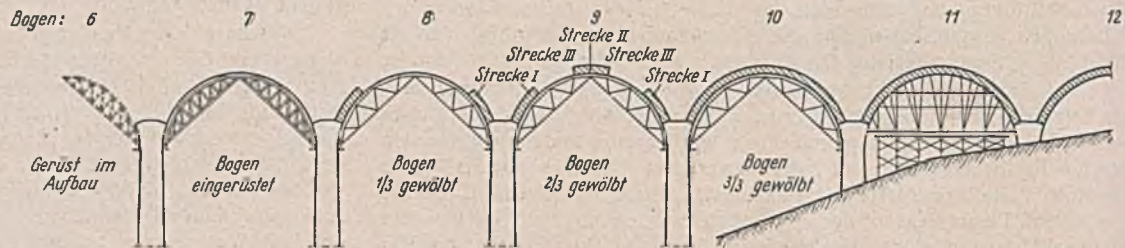


Abb. 18. Darstellung der Staffelwölbung.

Der größte auf einen Pfeiler wirkende Gewölbeschub ergab sich unter diesen Verhältnissen zu 180 t, und zwar als Unterschied zwischen dem Schub eines vollständig gewölbten und eines zu 2/3 gewölbten Bogens. Die aus dieser Kraft sich ergebenden Beanspruchungen der Pfeiler blieben durchweg innerhalb der zulässigen Grenzen. Abb. 20 zeigt die auf die Pfeiler während der Ausführung wirkenden waagerechten Kräfte aus Gewölbe und Lehrgerüst. Diese Kräfte beziehen sich auf die gesamte Gewölbetiefe von 18,28 m. Sie bewirken eine Verbiegung der Pfeiler, und zwar betragen die elastischen Bewegungen der Pfeilerköpfe, die bei der größten einseitigen Beanspruchung auftraten, bei den verschiedenen Pfeilern zwischen 5 und 10 mm. Diese Werte entsprechen dem rechnerisch ermittelten Maß von 8 mm sehr gut.



Abb. 19. Ansicht der Brücke während der Staffelwölbung.

Links drei Gewölbe ansgerüstet, in der Mitte drei Gewölbe mit hölzernem Lehrgerüst, rechts drei Gewölbe mit stählernem Lehrgerüst. In den letzten beiden Gewölben die zwischen den Pfeilern aufgehängten Sicherheitsnetze. Gewölbt wird im 2., 3. u. 4. Bogen von rechts, Bogen 4 wird gerade geschlossen.

Nach Schließen des Nachbargewölbes gingen diese Verbiegungen nur zum Teil zurück und betragen bei 10 mm nur etwa 2 mm. Durch das Schließen des Nachbargewölbes wird der einseitig auf einen Pfeiler wirkende Gewölbeschub beseitigt. Als Folge hiervon mußte eigentlich auch die Verbiegung des Pfeilers vollständig zurückgehen. Die Messungen haben aber ergeben, daß dies nur zum Teil geschieht, und daß das Zurückgehen bei einem hohen Pfeiler mit einer Verbiegung von

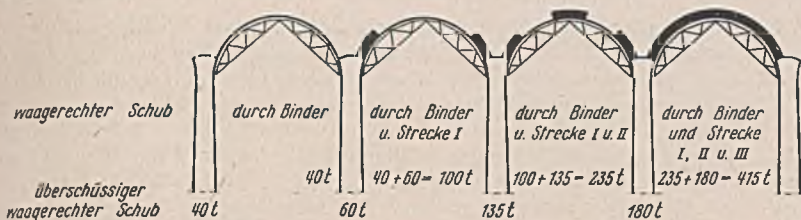


Abb. 20. Zusammenstellung der während der Staffelwölbung auf die Pfeiler wirkenden waagerechten Kräfte.

10 mm nur 2 mm beträgt. Während des Wölbvorgangs und während der damit verbundenen elastischen Verbiegungen der Pfeiler führen auch die Gerüste und die Gewölbe kleine Bewegungen aus, die unliebsame Risse zur Folge hätten, wenn die Gewölbefugen beim Einbau der Strecke III sofort geschlossen würden. Ganz zu vermeiden sind diese Risse, insbesondere in der Kämpferstrecke nicht; um ihre Bildung jedoch nach

Möglichkeit zu verhindern, wurden die Scheitelfugen zunächst ganz offen gelassen und in der Kämpferstrecke einige Fugen nur zur Hälfte gestopft. Diese offen gelassenen Fugen wurden erst verstopft, nachdem der folgende Bogen vollständig eingewölbt war und keine rückgängigen Bewegungen der Pfeiler mehr zu erwarten waren.

Zum Schluß seien noch einige Angaben über die Scheitelsenkungen der Gewölbe gemacht. Während des Wölbens der Bogen betrug die Scheitelsenkung bei den stählernen und bei den hölzernen Bindern im Mittel 36 mm, während die Rechnung für die stählernen Binder 29 mm, für die hölzernen 28 mm ergeben hatte. Während des Ablassens der Lehrgerüste senkten sich die Gewölbescheitel durchschnittlich um weitere 6 mm.

Die Ausführung dieses bedeutenden Bauwerks ist einer Arbeitsgemeinschaft übertragen, die aus den Bauunternehmungen Philipp Holzmann AG., Grün & Bilfinger AG. und der Neuen Baugesellschaft Wayss & Freytag AG. besteht.

Alle Rechte vorbehalten.

Spannungen im Grundkörper und Baugrund.

Von Dr.-Ing. habil. F. Siemonsen, Mannheim.

1. Zugspannungen in der Bauwerkssohle.

Die Berechnung der Grundwerke wird im allgemeinen in einfachster Weise durchgeführt. Man strebt eine Verbreiterung des Grundwerkes gegenüber dem aufgehenden, lastenbringenden Bauwerk unter äußerstenfalls 60° an, in der Annahme, daß dann im Grundkörper keine unzulässigen Zugspannungen auftreten. Diese Faustregel war bisher in den meisten Fällen berechtigt, weil eine Bodenbelastung, die höher war als 4 oder höchstes 5 kg/cm², selten zugelassen wurde. Bei den neuerdings wesentlich höher angenommenen Bodenpressungen überschreitet aber die Zugspannung auch bei der Verbreiterung unter 60° die zulässigen Grenzen und erfordert eine entsprechende Bewehrung des Betons.

Bei dem in Abb. 1 im Querschnitt dargestellten langgestreckten Bauwerk wird die nach dem Verbreiterungswinkel $\alpha = 60^\circ$ bemessene Grundplatte, wenn man zwischen ihr und dem aufgehenden Bauwerk eine Fuge annimmt, auf Biegung beansprucht. Die größte Zugspannung liegt in der Mitte der Bauwerkssohle. Wenn γ das Einheitsgewicht der Grundplatte ist, so wird nach Abb. 1:

$$(1) \quad \max M = \frac{(p_0 - \gamma h) b^2}{8} - \frac{p a^2}{8}$$

und mit

$$(2) \quad p = \frac{b}{a} (p_0 - \gamma h)$$

und

$$(3) \quad b = a + 2 h \cdot \cotg \alpha$$

$$(1a) \quad \max M = \frac{1}{8} p a (b - a) = \frac{1}{8} p a h \cdot \cotg \alpha$$

oder mit $\alpha = 60^\circ$ und $\cotg \alpha = 0,577$

$$(1b) \quad \max M = 0,144 p a h.$$

Die größte Zugspannung ist dann:

$$(4) \quad \max \sigma = \frac{6}{h^2} \cdot 0,144 p a h = 0,866 p a / h.$$

Die Zugspannungen wachsen also mit der Belastung der Grundplatte und dem Verhältnis a/h der Breite des Bauwerks über der Grundplatte zur Höhe der Grundplatte.

Im folgenden soll untersucht werden, ob sich Zugspannungen lediglich aus der lotrechten Bauwerkslast von oben und den entgegengesetzt wirkenden Lastaufnahmekräften von unten ergeben (Abb. 1), oder ob und welche anderen Kräfte außerdem noch auf den Grundkörper einwirken, welchen Einfluß sie auf die Spannungen in ihm haben und wie ihr Einfluß etwa vermindert werden kann.

Es sei zunächst die Biegezugspannung betrachtet, die durch das Moment aus Last und Lastaufnahme hervorgerufen wird. Setzt man Last und Lastverteilung von oben als gegeben voraus, so hängt das Moment von den Lastaufnahmekräften in ihrer Verteilung ab, also außer von der Form des Grundkörpers auch von der Druckverteilung im Baugrund. Meist wird bisher die Lastaufnahme unter dem Bauwerk bei miltiger Belastung und symmetrischer Ausbildung des Grundkörpers gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt angenommen. Diese Annahme stimmt mit der Wirklichkeit aber nur sehr schlecht überein.

2. Druckverteilung im Baugrund.

a) Bisheriger Stand der Frage.

Durch zahlreiche Versuche¹⁾ ist festgestellt, daß bei Belastung an der Oberfläche der Schüttung eines nicht bindigen Bodens, z. B. des Sandes, in der Mitte unter einem biegefesten Belastungskörper eine wesentlich höhere Einheitsbelastung aufgenommen wird als in der Nähe des Randes. Die Lastverteilung bei nicht annähernd biegefestem Belastungskörper soll in diesen Betrachtungen außer acht gelassen werden. Die Ungleichheit der Druckverteilung ist auf das Ausweichen des unter Druck gesetzten Bodens im Randbereich der Lastfläche zurückzuführen. Je leichter die Ausweichmöglichkeit ist, um so geringer ist am Rande die Lastaufnahme. Da der Einfluß des Randes sich mit wachsender

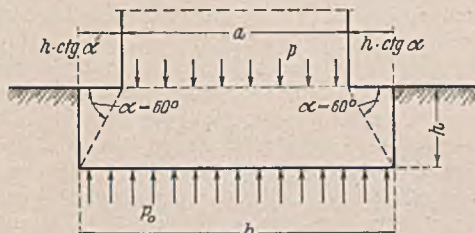


Abb. 1. Biegebeanspruchung des Grundkörpers.

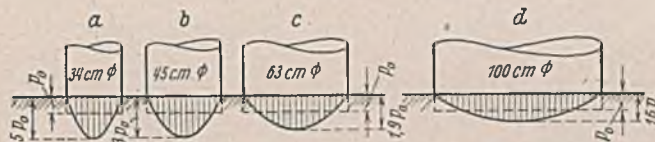


Abb. 2. Bodendruck unter starren Lastkörpern auf Sandboden. Nach Kögler-Scheidig.

Plattengröße verringert, wird bei größerer Druckplatte die hohe Lastaufnahmespitze in der Mitte um ein bestimmtes Maß abgebaut. Nach den Versuchen von Kögler-Scheidig²⁾ ist bei kreisrunden Platten von 34 cm Durchm. eine Spitzenlastaufnahme in Höhe der 2,5fachen mittleren Belastung festgestellt, bei einem Plattendurchmesser von 1 m jedoch nur noch das 1,6fache (Abb. 2). Bei entsprechend größeren Lastflächen wird die Lastaufnahmespitze in der Mitte weiter abgebaut.

Die Begrenzung der Lastaufnahmeffläche soll als Vollparabel bezeichnet werden, im Gegensatz zu der später sich ergebenden Hohlparabel, auch wenn sie streng genommen keine Parabel ist.

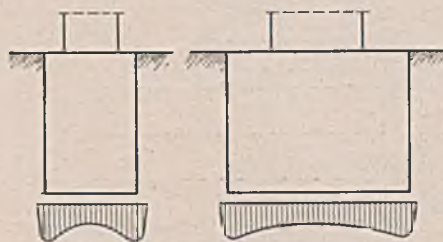


Abb. 3. Lastaufnahme bei bindigem Boden.

Ganz anders verhält sich die Lastaufnahme eines bindigen Bodens unter einem biegefesten Körper³⁾. Hier wirkt die Zug- und Schubfestigkeit des Bodens, die auch Lasten durch den neben dem Grundkörper anstehenden Baugrund aufnehmen läßt. Es ergibt sich dann eine Erhöhung der Lastaufnahmekräfte an den Rändern gegenüber der Mitte (Abb. 3), das Lastaufnahmebild wird zur „Hohlparabel“.

Die höhere Lastaufnahme an den Rändern ist durch die Versuche von Faber⁴⁾ für den bekannten London Clay bestätigt. Auch hier ist bei gleicher Bodenart wahrscheinlich der Unterschied zwischen der höchsten

¹⁾ Näheres: Kögler-Scheidig, Baugrund und Bauwerk, 2. Aufl., Kap. 7, S. 76 bis 101. Berlin 1939, Wilh. Ernst & Sohn. — Brennecke-Lohmeyer, Der Grundbau, 5. Aufl., I. Bd., 1. Teil, Der Baugrund, Abschnitt D, 3, S. 92 bis 98. Berlin 1938, Wilh. Ernst & Sohn. In letzterem Werke genaue Quellenangaben auf S. 93 ff.

²⁾ Kögler-Scheidig: Bautechn. 1929, S. 830, Abb. 53 u. 54.

³⁾ Kögler-Scheidig: Baugrund und Bauwerk, 2. Aufl., S. 99 ff.

⁴⁾ Faber, The Structural. Engng. 1933, S. 116. — Kögler-Scheidig Baugrund und Bauwerk, 2. Aufl., S. 100.

und der niedrigsten Lastaufnahme mit abhängig von dem Verhältnis des Umfangs zur Grundfläche.

Nicht ganz klar ist bisher die Lastaufnahme durch festgelagerten nicht bindigen Boden. Bei loser Schüttung wird die Lastaufnahme flächig weitgehend von der Ausweichmöglichkeit der Sand- und Kieskörner in das umliegende Erdreich oder an die Oberfläche beeinflusst. Nun gibt es aber Bodenschichten, die z. B. durch eine frühere Überlagerung während der Eiszeit stark verdichtet worden sind. Auch bei ihnen wurde bisher die Verteilung der Bodenpressungen ebenso angenommen wie bei der Belastung einer losen Sandschüttung an der Oberfläche, d. h. also nach einer Vollparabel. Ob das richtig ist, soll im folgenden untersucht werden.

Jede Belastung übt im Erdreich neben den lotrechten auch waagerechte Kräfte aus. Wenn durch die Vorbelastung früher eine Verdichtung stattgefunden hat, wird heute eine höhere Belastung aufgenommen werden können, ohne daß ein wesentliches Ausweichen stattfindet.

Schleicher⁵⁾ hat auf Grund der von Boussinesq bereits im Jahre 1885 gegebenen Ableitungen die Lastaufnahme an der Oberfläche des elastisch-isotropen Halbraumes, also z. B. für Felsboden, untersucht. Hiernach würde sich die Lastaufnahme gemäß Abb. 4⁶⁾ ergeben. Rechnerisch werden die Spannungen an den Rändern unendlich groß. Durch Störungen, die in den Randgebieten auftreten, wird sich aber etwa die gestrichelte Begrenzung der Spannungsfäche ergeben. Nun ist der nicht bindige Baugrund zweifellos kein elastisch-isotroper Stoff. Andererseits ist die Abflachung der Lastaufnahmelinie nach den Rändern zu etwa wie bei einer losen Schüttung ausgeschlossen, wenn der Boden sehr fest gelagert ist. Wahrscheinlich wird die Lastaufnahme durch eine Linie dargestellt, die zwischen der der gleichmäßig verteilten Last und der in Abb. 4 dargestellten Linie liegt. Jedenfalls beträgt die Lastaufnahme am Rande nur einen Teil des in Abb. 4 wiedergegebenen Wertes.

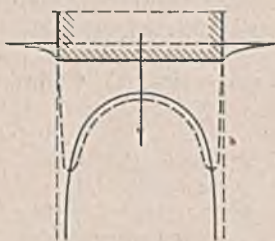


Abb. 4. Lastaufnahme bei Felsboden.

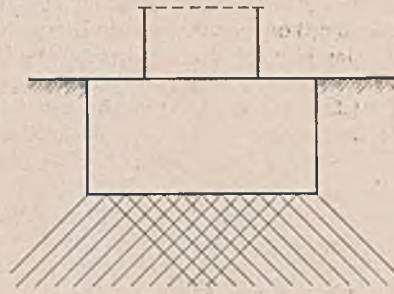


Abb. 5. Ausbreitung der Last im Baugrunde.

Eine Vorstellungsmöglichkeit hierfür gibt auch folgende Überlegung (Abb. 5). Vorausgesetzt sei dabei wieder mittige Belastung der symmetrischen Lastfläche. Jede Einheit der Lastfläche gibt die auf sie entfallende Last an eine etwas größere Fläche im Untergrund weiter; die Fläche, die von der Last beeinflusst wird, vergrößert sich also mit der Tiefe. Hierbei überschneiden sich die Einflußflächen der Einheiten der Lastfläche sehr stark, und zwar in der Mitte offenbar stärker als am Rand.

Bei ursprünglich gleicher Bodenpressung für alle Flächeneinheiten der Bauwerkssohle würde danach die Belastung einer Fläche in größerer Tiefe in der Mitte größer als am Rande sein. Für gleichmäßigen Baugrund läßt sich nun für die Einheit der Lastfläche eine Setzungslinie aufstellen (Abb. 6), die besagt, daß zu einer bestimmten Belastung eine bestimmte Setzung und umgekehrt zu einer bestimmten Setzung eine bestimmte Lastaufnahme gehört. Wenn nun eine Einheit des Baugrundes in größerer Tiefe unter dem Randbereich weniger Lasteinfluß erhält, so müßte hier nach der Setzungslinie eine geringere Setzung eintreten. Bestände der Belastungskörper aus vielen gegeneinander verschieblichen Einzelkörpern, so würden die in der Mitte liegenden die größte Senkung aufweisen⁷⁾. Da das Bauwerk aber starr ist, muß die Setzung unter ihm überall gleich sein, d. h. die Randgebiete werden zur selben Setzung gezwungen, wie die Mitte unter dem Lastkörper. Das ist aber, wenn seitliches Ausweichen des Bodens völlig oder nahezu ausgeschlossen ist, nur möglich, wenn die Bodenpressung unter dem Belastungskörper am Rande höher ist als nach der Mitte zu.

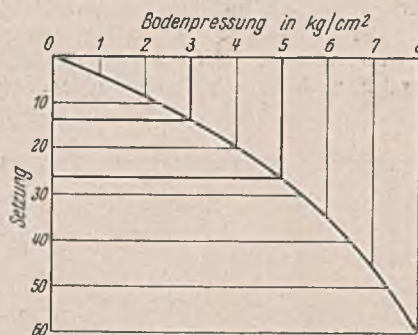


Abb. 6. Lastsenkungslinie.

Kögler-Scheidig⁸⁾ führen als Beispiel zwei Behälter an, die auf nachgiebigem Untergrunde dicht nebeneinander stehen und sich deshalb stark gegeneinander geneigt haben. Auch bei Sanduntergrund hätte eine gewisse Neigung stattgefunden. Die Ursache der Neigung ist darin zu suchen, daß der Baugrund in der Mitte wesentlich höher belastet ist und deshalb stärkere Setzungen erfahren hat. Hätten beide Behälter auf einer biegungsfesten Platte gestanden, so hätte die stärkere Setzung in der Mitte nicht auftreten können. Das hätte aber zur Folge gehabt, daß die Lastaufnahme in der Mitte geringer und an den Rändern höher geworden wäre, als die durchschnittliche Bodenpressung (Abb. 7).

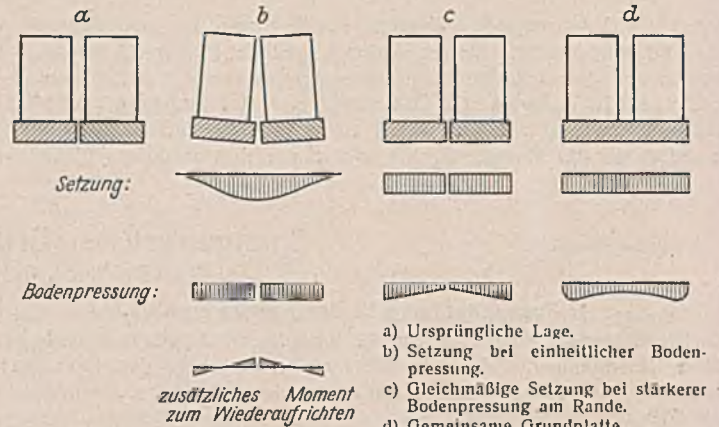


Abb. 7. Setzung und Bodenpressung zweier benachbarter Bauwerke.

Unter gewissen Annahmen läßt sich sogar errechnen, um welches Maß sich die Lastaufnahme an den Rändern steigert. In Abb. 7 sind die beiden Behälter in ihrer ursprünglichen Lage (a) und nach der Setzung (b) dargestellt, wobei die schiefe Neigung übertrieben ist. Wollte man nun die Behälter wieder aufrichten oder von vornherein ein ungleichmäßiges Setzen verhindern, so müßte ein entsprechendes Moment hinzugefügt werden, das in (b) dargestellt ist. Auf diese Weise ergibt sich die in (c) dargestellte Lastaufnahmelinie, bei der die Bodenpressung im Randbereich am größten ist und die zu gleichmäßiger Setzung führt. Die Bauwerkslast wird in genau der gleichen Weise aufgenommen, wenn sie durch eine gemeinsame biegungsfeste Grundplatte auf den Baugrund übertragen wird (d). Hierbei ist, worauf nochmals hingewiesen sei, Voraussetzung, daß die Lastaufnahme im Randbereich nicht zu sehr durch Ausweichen des Baugrundes beeinflusst wird.

Eine höhere Lastaufnahme unter dem Randbereich ist bei fast reinem, kaum bindigen Sandboden bei der Rheinbrücke Mannheim-Ludwigshafen⁹⁾ festgestellt worden, bei der im Arbeitsraum eines unter Druckluft abgesenkten Pfeilersenkastens Meßdosens eingebaut waren. Da aber die Entlastung der Bauwerkssohle im Arbeitsraume zweifellos die Verteilung der Bodenpressung beeinflusst hat¹⁰⁾, können die Versuchsergebnisse nicht ohne weiteres verwertet werden.

b) Versuche des Verfassers.

Um die Frage der Verteilung der Lastaufnahme bei nicht bindigem Baugrund zu klären, hat Verfasser einige Versuchsreihen¹¹⁾ durchführen lassen, deren Ergebnis hier in Kürze wiedergegeben sei. Die Versuche sind aufgebaut auf folgenden Überlegungen:

1. Die Druckverteilung unter einem biegungsfesten Grundkörper ist etwa dieselbe wie unter einem Gesamtgrundkörper, der aus nebeneinanderliegenden und gegeneinander reibungslos verschleiblichen Einzelkörpern gebildet ist, wenn alle Einzelgrundkörper gleiche Setzungen aufweisen.

2. Bei gleicher Einheitsbelastung der Einzelkörper einer solchen Gruppe wird im allgemeinen die Setzung der Einzelkörper verschieden sein. Die Körper mit den geringeren Setzungen müssen zusätzlich belastet werden, wenn sie die Setzung der übrigen Körper erreichen sollen, d. h. unter den Körpern, die bei gleicher Einheitsbelastung eine geringere Setzung erleiden, wird die größte Lastaufnahme sein, wenn sie zu gleicher Setzung gezwungen werden.

3. Nach 1 und 2 liegt bei dem biegungsfesten Grundkörper die größere Lastaufnahme im Bereich der Einzelkörper, die bei gleichmäßiger Belastung die geringste Setzung aufweisen.

⁸⁾ Kögler-Scheidig, Baugrund und Bauwerk, 2. Aufl., S. 93, Abb. 83 und S. 136, Abb. 147.

⁹⁾ Bruger, Bautechn. 1932, S. 595. — Schleicher, Bauing. 1933, S. 244.

¹⁰⁾ Vgl. Kögler, Bauing. 1933, S. 473.

¹¹⁾ Die Versuche wurden von der Grün & Bilfinger AG. in Mannheim durchgeführt und lagen unter Leitung des Verfassers in Händen von Herrn Reglerungsbaumeister a. D. Hauck. Ihm und der Grün & Bilfinger AG. sei an dieser Stelle mein Dank ausgesprochen.

⁵⁾ Bauing. 1926, S. 931 u. 949.

⁶⁾ Bauing. 1926, S. 934, Abb. 3.

⁷⁾ Kögler-Scheidig, Baugrund und Bauwerk, 2. Aufl., S. 92.

Für die Versuche zerlegte der Verfasser den Gründungkörper in viele nebeneinanderliegende Einzelkörper, die belastet und deren Setzungen gemessen wurden. Daß die Versuchsanordnung wenig Fehlerquellen bot, ergab sich aus der Tatsache, daß die Meßergebnisse für gleichliegende Punkte fast gleich war.

Die Versuche wurden in einem würfelförmigen Kasten von etwa 1 m Seitenlänge durchgeführt. Als Baugrund wurde ein Sand mit der in Abb. 8 gegebenen Körnung gewählt.

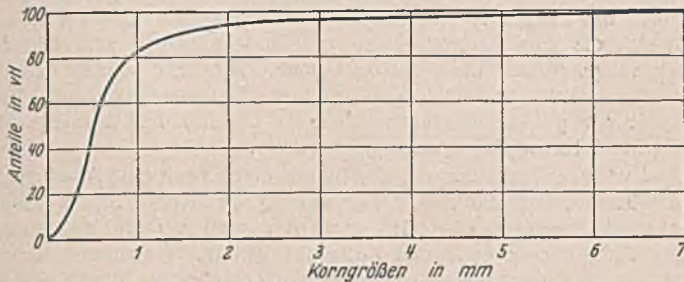


Abb. 8. Kornverteilung des Versuchssandes.

Um den Verhältnissen bei tieferen Gründungen möglichst nahezu kommen, wurde bei sämtlichen Versuchen neben der Lastfläche eine 6 cm hohe seitliche Überlagerung von etwa derselben Dichte aufgebracht, die durch aufgelegte Lasten zusätzlich mit etwa 0,028 kg/cm² vorbelastet wurde.

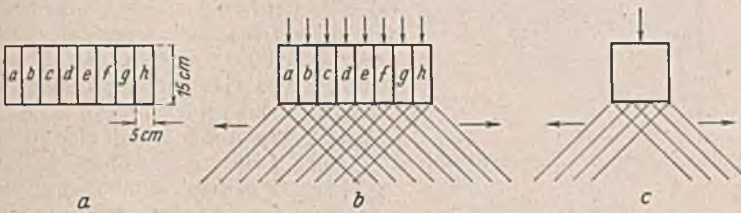


Abb. 9. Lastbündel als Reihenlast.

Zunächst wurde versucht, ein Ergebnis mit einer einzigen Reihe von Einzelkörpern von 5 × 15 cm Grundfläche zu erzielen (Abb. 9). Hierbei findet nach Abb. 9b eine übergreifende Belastung vor allem in Richtung der Reihe statt. An den Rändern kann der Sand je nach Dichte des umliegenden Baugrundes ausweichen (Abb. 9c), ganz besonders besteht die Ausweichmöglichkeit aber unter den Randkörpern a und h.

Zuerst wurden die Versuche bei lockerer Schüttung des Sandes mit einer Porenziffer von etwa $\epsilon = 0,55$ (Hohlraumgehalt $n = 0,355$) durchgeführt. Es ergaben sich die in Abb. 10 wiedergegebenen Setzungslinien. Wie erwartet, war die Setzung unter den Randkörpern der Reihe von Anfang an größer. Bei einem biegungsfesten Grundkörper dieser Grundfläche würde also bei der lockeren Schüttung des Sandes die Lastaufnahme vollparabolisch sein.

Die gleichen Versuche bei gestampften Sand ergaben keine eindeutige voll- oder hohlparabolische Lastaufnahme. Der Einfluß der Lastüberschneidungen und des Ausweichens halten sich bei dem langgestreckten Körper etwa die Waage. Geringes Ausweichen des Sandes unter den Rändern der Mittelkörper beeinflusste die Lastüberschneidung zu sehr.

Deshalb wurden Versuchsreihen mit mehr flächenmäßiger Lastüberschneidung durchgeführt. Hierdurch wurde die Wirkung der Lastüberschneidung in den Mittelzonen erhöht und andererseits die Ausweichmöglichkeit hier mehr behindert. Die im Grundriß 10 × 10 cm messenden Einzelkörper werden nach Abb. 11 a u. b angeordnet.

Zunächst wurde wieder eine lose Schüttung von Sand mit etwa 8% Wassergehalt belastet. Die Porenziffer war etwa 0,55. Jetzt zeigte sich hier kein klares Ergebnis. Die Lastaufnahme war unter geringen Schwan-

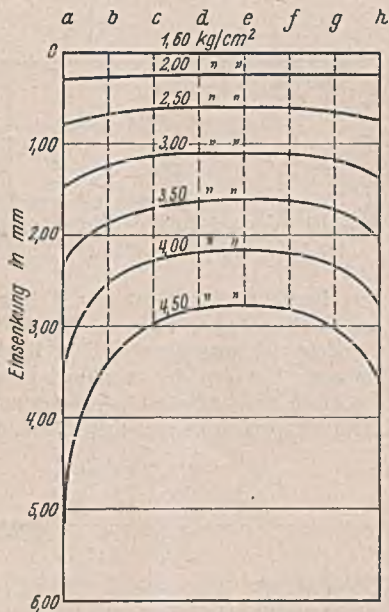


Abb. 10. Lastbündel als Reihenlast, Senkungen bei losem Sande ($\epsilon = 0,55$).

kungen nach dieser oder jener Seite etwa gleichmäßig (Abb. 12). Bei lockerer Schüttung war also die Einwirkung der Lastüberschneidung und des Ausweichens wieder etwa gleich.

Der dann belastete, gestampfte und eingeschlammte Sand mit einer Porenziffer von $\epsilon = 0,4$ (Hohlraumgehalt $n = 0,286$) zeigte dagegen eindeutig bei allen Versuchsreihen von Anfang an bei gleicher Einheitsbelastung stärkere Setzungen unter den Mittelkörpern. Kennzeichnende Linien sind in Abb. 13 wiedergegeben. Der Einfluß des Ausweichens ist gegenüber der Lastüberschneidung bei allen Belastungsstufen wesentlich zurückgetreten. Die Lastaufnahme unter einem entsprechenden biegungs-

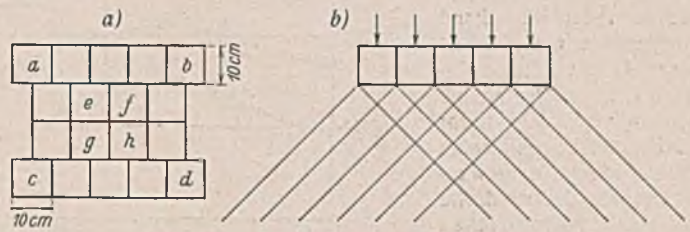


Abb. 11. Lastbündel als Flächenlast.

festen Grundkörper wäre einwandfrei hohlparabolisch gewesen. Im weiteren Verlauf des Versuches wurden die Randzonen zusätzlich belastet (Abb. 14), um die gleiche Setzung mit den Mittelzonen zu erreichen.

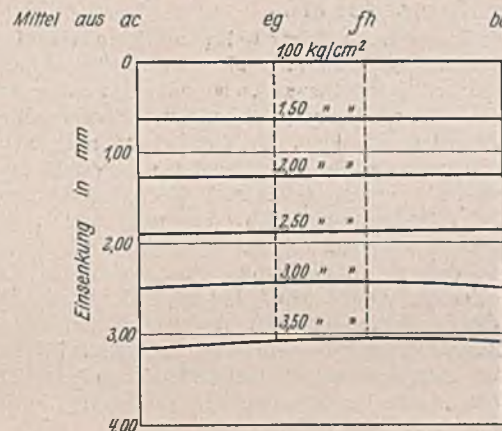


Abb. 12. Lastbündel als Flächenlast, Senkungen bei losem Sande ($\epsilon = 0,55$).

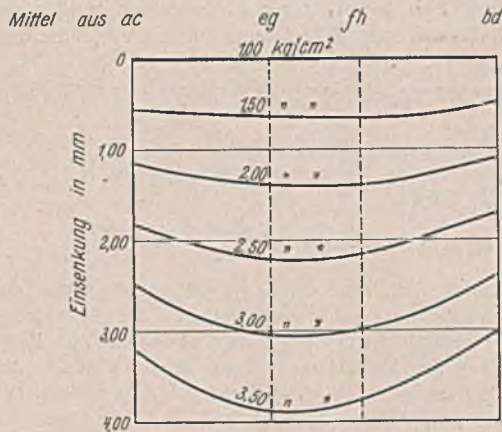


Abb. 13. Lastbündel als Flächenlast, Senkungen bei dichtgelagertem Sande ($\epsilon = 0,40$).

sich für einen starren Grundkörper ergibt. Abb. 15 zeigt die Lastaufnahme für verschiedene Senkungen des Grundkörpers.

Das Ergebnis der Versuche ist folgendes. Bei den zugrunde liegenden Verhältnissen ist die Lastaufnahme in ihrer Verteilung abhängig von der Lagerungsdichte des Sandes. Bei der Porenziffer $\epsilon = 0,40$, entsprechend dem Hohlraumgehalt $n = 0,29$, ist die Lastaufnahme eindeutig hohlparabolisch. Soweit die in der Natur gelagerten nicht bindigen Bodenarten diese Porenziffer aufweisen oder noch

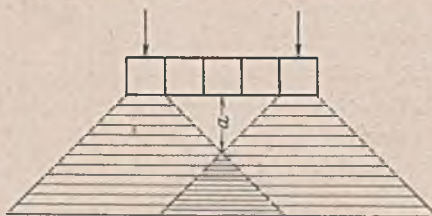


Abb. 14. Zusatzbelastung der Randkörper.

Es ergab sich, daß die Setzungen sämtlicher Körper, also der Mittel- und Randkörper zusätzlich fast genau gleichmäßig stiegen. Die Zusatzbelastung der Randkörper verdichtete also lediglich die tiefer liegenden Schichten, die von der Ausbreitung der Last unter den Randkörpern erfaßt wurden. Die unmittelbar unter den mittleren Körpern bis zur Tiefe a liegenden Bodenschichten wurden also zusätzlich nicht verdichtet.

Um den Einfluß des im Sand enthaltenen Wassers auszuschalten, wurden die letzten Versuche mit künstlich getrocknetem Sand mit einer Porenziffer von $\epsilon = 0,4$ wiederholt. Hier ergab sich das gleiche, nur waren die Setzungen der Mittelkörper wesentlich größer.

Aus den so ermittelten Setzungen kann mit Hilfe der Lastsenkungslinie die Erhöhung der Randlastaufnahmen gegenüber dem Mittelbereich festgestellt werden, die

dichter gelagert sind, ist bei ihnen mit hohlparabolischer Lastaufnahme zu rechnen.

Es besteht die Möglichkeit, daß bei einer weiteren Steigerung der Einheitsbelastung der seitliche Widerstand des umliegenden Baugrundes überwunden und dadurch ein Ausweichen unter dem Rand herbeigeführt wird. Hierdurch könnte die hohlparabolische Lastaufnahme mehr und mehr abgeflacht und schließlich sogar in eine vollparabolische umgewandelt werden. Jedoch dürfte dies erst bei Druckkräften stattfinden, die wesentlich über den in der Praxis zulässigen Belastungen liegen.

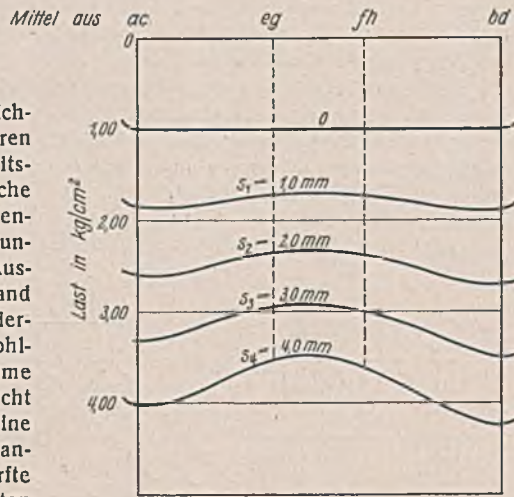


Abb. 15. Lastaufnahme unter einem starren Grundkörper bei verschiedenen Senkungen s.

3. Künstliche Herabminderung der Zugspannungen in der Bauwerkssohle.

Die Lastaufnahme im Boden bei mittlerer Belastung kann also bei der Berechnung von Grundkörpern keinesfalls als gleichmäßig verteilt angenommen werden. Bei vollparabolischer Lastaufnahme werden die Biegezugspannungen im Grundkörper kleiner, bei hohlparabolischer größer als bei gleichmäßig verteilter Lastaufnahme. Die Gefahr, daß mit gleichmäßig verteilter Bodenpressung zu günstig gerechnet wird, besteht umso mehr, je höhere Werte der Bodenpressung als zulässig erachtet werden, denn große Tragfähigkeit des Bodens setzt dichte Lagerung und damit kein oder nur ein geringes seitliches Ausweichen des Bodens am Rande der Lastfläche voraus, so daß die Lastaufnahme hohlparabolisch und damit ungünstig für die Zugspannungen wird. Im folgenden soll nun untersucht werden, wie die Einwirkung der Lastaufnahme auf das Biegemoment und damit die Zugspannungen beeinflusst werden kann. Hierbei sei angenommen, daß die zulässige Baugrundbelastung ausgenutzt ist, so daß das einfachste Mittel, eine Verringerung der Auskrägung, nicht angewendet werden kann.

a) Abschrägen der Bauwerkssohle.

Eine Möglichkeit der Einwirkung besteht zunächst in der Abschrägung der Ecken des Grundkörpers (Abb. 16). Dadurch wird das von den Bodenpressungen auf den Grundkörper ausgeübte Moment durch Verkleinerung

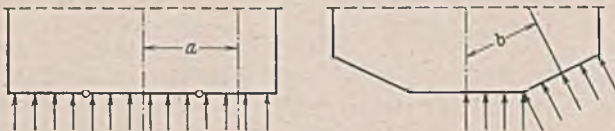


Abb. 16. Wirkung des Abschrägens der Bauwerkssohle.

des Hebelsarmes herabgesetzt und damit die Summe aller Momente und die Biegezugspannung in der Bauwerkssohle verringert. Da die größte Zugspannung bei symmetrischer Last in der Mitte der Bauwerkssohle liegt, wird durch die Abschrägung der Hebelsarm der am meisten außen auf die Sohle wirkenden Kräfte verkürzt (in Abb. 16 von a auf b), so daß die Wirkung der Schrägen bei hohlparabolischer Lastaufnahme im Baugrund am größten ist. Diese Wirkung der Abschrägung kann im einzelnen durch Änderung des Abschrägungswinkels und der Größe der waagrecht verbliebenen Strecke beeinflusst werden.

Als Beispiel sind Ergebnisse einer Durchrechnung des in Abb. 17 dargestellten Grundkörpers wiedergegeben, und zwar berechnet auf 1 m Tiefe. Dabei ist der Einfachheit halber gleichmäßig verteilte

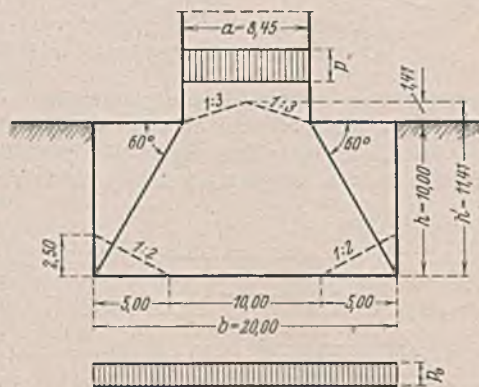


Abb. 17. Beispiel eines Grundwerks mit abgeschrägten Ecken.

Lastaufnahme angenommen worden. Bei einer zulässigen Bodenpressung von $p_0 = 8 \text{ kg/cm}^2$ ist das größte Biegemoment in der Grundplatte nach Gl. (1b) u. (2):

$$\begin{aligned} \max M &= 0,144 p a h = 0,144 b (p_0 - \gamma h) h \\ &= 0,144 \cdot 20 \cdot (80 - 2,2 \cdot 10,00) \cdot 10,00 = 1670 \text{ mt.} \end{aligned}$$

Bei der in Abb. 17 angegebenen Widerstandshöhe der Grundplatte $h' = 11,41 \text{ m}$ ist dann die größte Zugspannung:

$$\max \sigma = \frac{1670 \cdot 6}{11,41^2} = 77 \text{ t/m}^2 = 7,7 \text{ kg/cm}^2.$$

Durch die in Abb. 17 eingetragene Abschrägung der Grundplatte verringert sich die Zugspannung, wenn die Bodenpressung senkrecht zur Schrägen angenommen wird, auf $3,7 \text{ kg/cm}^2$. Die nicht schwierige, aber etwas umständliche Ausrechnung kann hier übergangen werden. Wird nicht gleichmäßige, sondern hohlparabolische Lastaufnahme vorausgesetzt, so wird die Wirkung der Abschrägung größer.

Eine weitere Verkleinerung des Biegemoments ruft eine Abschrägung dadurch hervor, daß die untere Begrenzung des Grundkörpers an der Außenkante höher rückt (Abb. 18). Der Baugrund wird im allgemeinen mit der Tiefe flacher werdende Lastsenkungslinien aufweisen. Daraus folgt, daß die höher liegenden Schichten bei gleicher Einsenkung nur eine geringere Last aufnehmen können. Wenn beispielsweise der obere Punkt der Abschrägung um 3 m höher liegt als der untere (Abb. 18), so ist die zulässige Belastung, die stets zusätzlich zu der Belastung durch Überlagerung einzusetzen ist, in der Sohle um $3 \times 1,8 \text{ t/m}^2$ oder um $0,54 \text{ kg/cm}^2$ höher als am oberen Ende der Abschrägung. Die für beide Höhenlagen ermittelten Lastsenkungslinien werden bei gleichartiger Bodenbeschaffenheit für die gleiche Senkung denselben Lastunterschied zeigen, d. h. der biegezugsfeste, starre Grundkörper, dessen Senkungen überall gleich sind, erhält im Bereich der Abschrägung eine Bodenpressung, die nach oben hin um $0,54 \text{ kg/cm}^2$ geringer wird. Dadurch wird die Randbelastung auf Kosten der Belastung in der Mitte verringert, so daß das Biegemoment und die Zugspannung sich ermäßigen.



Abb. 18. Abschrägen der Bauwerkssohle.

b) Abstufen der Bauwerkssohle.

Bei diesen Überlegungen sind zwei Einflüsse unberücksichtigt geblieben, nämlich der seitliche Erddruck und die Reibung. Beide sind bisher bei der Berechnung von Grundwerken fast nie berücksichtigt worden. Der seitliche Erddruck wirkt sich günstig aus, da er der Zugspannung entgegenwirkt und sie dementsprechend vermindert (Abb. 19). Es wäre zu überlegen, ob dieser günstig wirkende Erddruck nicht in irgendeiner Weise erhöht oder noch günstiger wirkend gestaltet werden kann. Eine Erhöhung durch Vergrößerung des Gewichts der seitlichen Überlagerung läßt sich nur selten erzielen. Dagegen läßt sich die Last

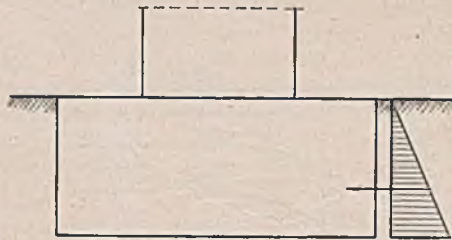


Abb. 19. Verringerung der Biegezugspannung im Grundkörper durch den Erddruck.

des Grundkörpers selbst zur Erhöhung der Einwirkung des Erddrucks heranziehen, indem man die Bauwerkssohle abstuft (Abb. 20). Der Baugrund in der ausgesparten Ecke liegt dann unter dem Druck des Grundkörpers. Ein Teil der hierdurch hervorgerufenen Kraft wirkt sich gegen die Stufe aus und vermindert die auftretende Zugspannung. Hierbei ist natürlich Voraussetzung, daß während des Baues die Dichte der Lagerung neben der Stufe erhalten bleibt, oder nachträglich wieder hergestellt wird, so daß auf die Auftrittfläche der Bodenstufe auch wirklich die volle Last des darüberliegenden Bauwerksteiles übertragen wird. Die Stufe muß in einer solchen Entfernung von der Sohlenmitte angeordnet werden, daß der durch sie verringerte Querschnitt des Grundkörpers das größte Biegemoment über der Stufe ohne unzulässige Zugspannungen aufnehmen kann.

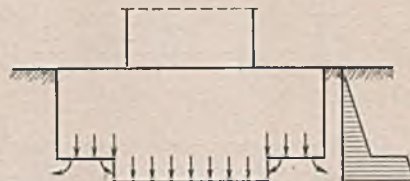


Abb. 20. Abstufen der Bauwerkssohle.

c) Gleitflächen im Grundkörper.

Die Zugspannung in der Bauwerkssohle wird erheblich durch die Sohlenreibung beeinflusst. Die Größe und Verteilung der Sohlenreibung ist zahlenmäßig bisher nur auf Grund von ganz unsicheren Annahmen errechenbar. Aber ihr Vorhandensein und ihre Richtung erkennt man

daraus, daß die Druckverteilung der senkrechten, aus dem Bauwerk kommenden Lasten im Baugrund voraussetzt, daß im Boden außer senkrechten Kräften auch waagerechte Seitenkräfte auftreten, denen seitliche Verformungen des Bodens entsprechen. Im Vergleich zu diesen Verformungen des Bodens ist das Bauwerk im allgemeinen steif, so daß in der Bodenfuge Reibungskräfte die waagerechten Formänderungen des Bodens zu hindern suchen. Im Grundkörper erzeugt also die Reibung an der Sohle Zugspannungen (Abb. 21).

Da die Bodenverformung unter symmetrischen Körpern bei symmetrischer Belastung nach den Rändern zu ebenfalls symmetrisch auftritt, kann in der Mitte mit einem Nullpunkt gerechnet werden, von dem an die Reibung nach den Außenkanten zu anwächst. In welcher Form und Größe sie anwächst, ist nicht bekannt, in Abb. 21 ist ein geradliniges Anwachsen dargestellt.

Bildet sich im unteren Teil des Grundkörpers infolge übergroßer Zugspannungen ein Riß, so werden sich die beiden seitlich des Risses liegenden Teile nach außen bewegen. Die in gleicher Richtung wirkenden ruhenden Reibungskräfte werden nach einer entsprechend geringen Bewegung zu Null. Eine weitere Bewegung kann lediglich durch das Biegemoment hervorgerufen werden, dem sich aber eine jetzt entgegengesetzt wirkende Reibungskraft widersetzt (Abb. 22), die gegebenenfalls durch den widerstehenden Erddruck unterstützt wird.

Wenn auch so durch die nunmehr günstig wirkende Reibung ein weiteres Klaffen des Risses verhindert wird, so sollte man doch versuchen, die Rißbildung durch die ursprünglich ungünstige Reibung von vornherein zu verhindern. Hierzu besteht zunächst die Möglichkeit, im Grundkörper an den Stellen der größten Zugspannungen von vornherein Fugen vorzusehen. Diese würden sich beim Auftreten des Biegemoments und der nach außen wirkenden Reibung um ein gewisses Maß öffnen, bis die Bewegung die entgegenwirkende Reibung hervorruft, die die beiden Teile des Bauwerks in ihrer Lage hält. Im übrigen liegen dann dieselben Verhältnisse vor, wie bei dem gerissenen Grundkörper (Abb. 22). Wenn dann der Baugrund unter der Last sich endgültig gesetzt hat, können die Fugen geschlossen werden. Die ungünstigen Reibungskräfte sind dann ausgeschaltet.

Eine bessere und vielseitiger verwendbare Lösung erhält man, wenn man die Sohle des Grundkörpers in der oben (Abb. 16 bis 18) bereits angegebenen Weise abschrägt und unter die Abschrägung besondere keilförmige Körper setzt, die von dem eigentlichen Grundkörper durch künstliche Gleitfugen getrennt sind (Abb. 23). Auf den Grundkörper

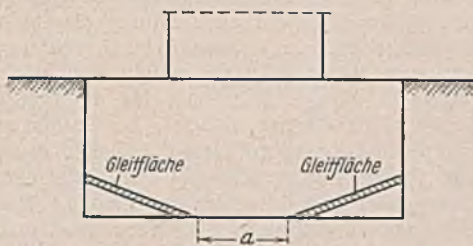


Abb. 23. Gleitfugen im Grundkörper.

wirken dann Reibungskräfte nur in dem mittleren, nicht abgeschrägten Teil *a* der Sohle, in dessen Bereich sie gering sind. Außerdem wirken auf die abgeschrägten Teile der Sohle nur Kräfte, die senkrecht oder fast senkrecht zu den Gleitfugen stehen, und auf den mittleren Sohlenteil nur lotrechte Kräfte. Während bei einfacher Abschrägung der Sohle (Abb. 16 bis 18) die Richtung der Lastaufnahme durch den Boden nicht bestimmt werden kann, weil die Größe der Reibung unbekannt ist, bleibt bei der Lösung mit den Gleitfugen nur unsicher die Größe der Reibung unter dem mittleren Bodenteil. Da die Reibung hier aber nur gering ist und nötigenfalls ihr Einfluß durch Verkürzung des mittleren Teiles noch vermindert werden kann, ist es möglich, das Biegemoment im Grund-

körper mit großer Zuverlässigkeit zu berechnen. Die geringe, in den Gleitfugen unvermeidliche Reibung und die durch sie bedingte Abweichung der Kraftübertragung von der Lotrechten zur Gleitfuge hängt von der Fugenausbildung ab und kann nötigenfalls durch Versuche leicht bestimmt werden.

Die unter den Abschrägungen liegenden keilförmigen Eckkörper leiten die in den Gleitfugen übertragenen Kräfte in den Boden. Die

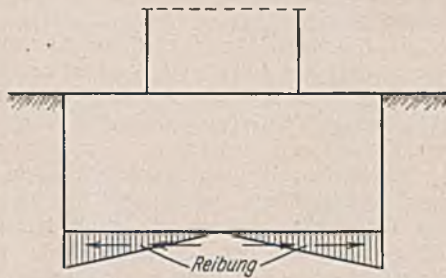


Abb. 21. Reibung zwischen Bauwerkssohle und Boden.

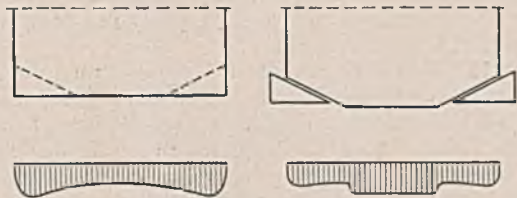


Abb. 24. Änderung der Lastaufnahme durch den Boden bei Ausführung schräger Fugen.

waagerechten Seitenkräfte werden dabei von dem waagerechten widerstehenden Erddruck und der Sohlenreibung aufgenommen, nachdem die Eckkörper eine geringe waagerechte Bewegung ausgeführt haben. Diese waagerechte Bewegung gestattet naturgemäß entsprechend kleine senkrechte Bewegungen des eigentlichen Grundkörpers. Wenn diese Bewegungen auch gering sind, so zwingen sie doch den Baugrund unter dem waagerechten Teil der Sohle zu einer größeren Lastaufnahme. Erst wenn hier eine zusätzliche Setzung, also eine weitere Verdichtung des Baugrundes eingetreten ist, werden weitere Lasten über die Eckkörper auf den Baugrund abgegeben. Es ergibt sich dann etwa die in Abb. 24 wiedergegebene Lastaufnahme, bei der so dicht gelagerter Baugrund vorausgesetzt ist, daß bei waagerechter Sohlenfläche die Lastaufnahme hohlparabolisch sein würde.

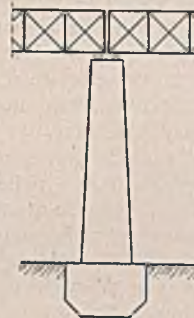


Abb. 25. Hoher Brückenpfeiler.

Es kann nun der Einwand erhoben werden, daß die Übertragung der Lasten über Gleitflächen ungünstig ist, wenn in einer gewissen Höhe über der Bauwerkssohle eine waagerechte Kraft angreift, die dann ein Klippen des ganzen Bauwerks hervorzurufen sucht, beispielsweise bei einem Brückenpfeiler, dessen festes Lager waagerechte Kräfte aufzunehmen hat (Abb. 25). Diese Bedenken sind ausgeräumt, wenn man die Gleitflächen zwischen Bauwerk und Eckkörper nicht voll durchführt, sondern im

Bereich der Flächen Hohlräume ausbildet (Abb. 26), die zunächst offen bleiben, so daß die Gleitfugen voll wirksam sind, nachträglich aber, wenn der Setzungs Vorgang des Bauwerks abgeschlossen ist, ausbetoniert werden und dann Bauwerk und Eckkörper dübelartig mit-

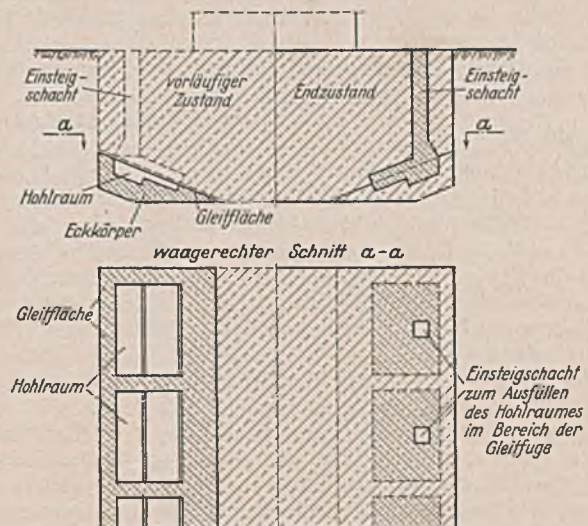


Abb. 26. Gleitfugen mit später auszufüllenden Hohlräumen im Grundkörper.

einander verbinden. In dieser Form ist dann ein Gründungkörper entstanden, der die zunächst ungünstige Bodenreibung gänzlich ausschaltet, dann aber die günstigen Reibungskräfte heranzieht, der außerdem die Biegespannungen stark herabsetzt oder gänzlich beseitigt und der trotzdem als ein geschlossener biegegesteifer Körper wirkt.

Preisermittlung und Kostenüberwachung im Baubetriebe — ein Weg zur Leistungssteigerung.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Reglerungsbaumeister a. D. Karl Bach, Berlin-Siemensstadt*).

Kaum ein anderer Wirtschaftszweig hat durch den Umbruch des Jahres 1933 einen größeren Auftrieb erhalten als die Bauwirtschaft. Während im Jahre 1932 einer Zahl von 504 000 Beschäftigten in der Bauwirtschaft eine Bauleistung von rd. 2,3 Milliarden RM gegenüberstand, stiegen diese Zahlen von Jahr zu Jahr und betragen im Jahre 1939 bereits 1 800 000 Beschäftigte bei einem Umfang der bauwirtschaftlichen Erzeugung von 11,5 Milliarden RM.

Im Jahre 1939 — vor Beginn des Krieges — hatten die an die Bauwirtschaft gestellten Aufgaben bereits einen Umfang angenommen, der überall zu spürbaren Verknappungen an Arbeitskräften, Baustoffen und Baumaschinen führte. Eine Leistungssteigerung in der Bauwirtschaft konnte also nur noch erreicht werden, wenn es gelang, alle Möglichkeiten des sparsamsten und planvollsten Einsatzes der Arbeitskräfte, Baustoffe und Baumaschinen zu erkunden und restlos auszuschöpfen.

War die Forderung nach betriebswissenschaftlicher Ausrichtung der Baubetriebe schon im Frieden dringend geworden, so war sie für die Kriegswirtschaft erst recht eine zwingende Notwendigkeit. Auch nach dem Kriege wird die Bauwirtschaft vor einer derartigen Fülle von gewaltigen und großen Aufgaben stehen, daß die Forderung nach wirtschaftlichster Durchbildung und planvollem Einsatz aller Arbeitsmittel immer wieder in den Vordergrund der Betrachtungen zu stellen sein wird.

Die technische und verwaltungsmäßige Überprüfung der Bauausführung muß dabei, um wirksam zu sein, alle Entwicklungsstufen der Bauausführung umfassen. Dabei teilen sich die Aufgaben in solche, die in erster Linie den Bauherrn angehen, wie allgemeine Planung, Ausschreibung, Auftragserteilung, und solche Aufgaben, die im wesentlichen vom Unternehmer zu erledigen sind, wie Angebotsbearbeitung, Preisermittlung, Baustellen-einrichtung, Bauüberwachung, Kostenüberwachung, Erfolgsrechnung und Ermittlung von Erfahrungswerten. Das Höchstmaß an Leistungssteigerung und Kostensenkung wird erst in sinnvoller und vertrauensvoller Zusammenarbeit von Bauherrn und Bauunternehmer erreicht werden können.

Für die allgemeine Planung ist in der Regel der Bauherr zuständig. Im Rahmen dieser Planung fallen ihm Aufgaben zu, die neben der baulichen Entwurfsbearbeitung auch das Gebiet der Preisermittlung umfassen sollten, denn jedes größere Bauvorhaben sollte vom Bauherrn auch preismäßig so weit durchgearbeitet werden, daß sämtliche Möglichkeiten sparsamsten und sinnvollsten Kräfteinsatzes von Mensch und Maschine, Baustoff, Betriebsstoff, Fördermittel und Baueinrichtung bereits bei der Planung ausgeschöpft werden. Nur auf diese Weise wird ein Entwurf wirklich derart zur Ausführung vorbereitet, daß er als baureif bezeichnet werden kann. Auch der Forderung der Baupreisverordnung nach Aufstellung erschöpfender, eindeutiger Leistungsverzeichnisse kann der Bauherr nur dadurch gerecht werden, daß er bei der Planung alle Arbeitsvorgänge und die gesamte Baustelleneinrichtung berücksichtigt. Hat er sich selbst über die Bauausführung und ihre Kosten durch eigene Preisermittlung ein Bild gemacht, so wird er ohne Zweifel bedeutend besser in der Lage sein, Unternehmerangebote zu überprüfen und sachlich zu beurteilen.

Die Aufstellung von Preisermittlungen durch den Bauherrn stellt nicht etwa eine überflüssige Doppelarbeit dar — wie sie bei Ausschreibungen manchmal von sechs bis zehn Firmen geleistet wird, die zum Angebot aufgefordert werden —, sondern dient im besten Sinne der Arbeitsvorbereitung für die Vergebung und die anschließende Bauausführung, da ja erwiesenermaßen die letzten Möglichkeiten sparsamster Entwurfsbearbeitung und wirtschaftlicher Bauausführung erst auf dem Wege des zahlenmäßigen Kostenvergleichs erfaßt werden können.

Hat der Bauherr die Kosten in diesem umfassenden Sinne durchgeführt und so einen beachtlichen Anteil an der Arbeitsvorbereitung des Bauvorhabens geleistet, so setzt nach der Ausschreibung die Arbeit des Unternehmers ein.

Beim Unternehmer hängt die Wirtschaftlichkeit des Bauens im wesentlichen davon ab, wie es ihm gelingt, die beiden wichtigsten Aufgaben Preisermittlung und Bauausführung zu meistern. Beide Aufgaben können jede für sich von ausschlaggebender Bedeutung für den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens sein. Fehler in der Preisermittlung können selten durch die Bauausführung wieder gut gemacht werden, und die beste Preisberechnung gewährt noch keinen sicheren Erfolg, wenn die Bauausführung in der Güte der Arbeit oder der Wirtschaftlichkeit versagt.

Gerade unsere Zeit, die die Bauwirtschaft vor immer neue, größere und kühnere Aufgaben stellt, verlangt vom Unternehmer, daß er nicht nur ein ideenreicher Ingenieur ist, sondern daß er auch genügend Erfahrung hat, um neue Aufgaben in ihrer ganzen Auswirkung zu erkennen.

*) Erscheint als erweiterter Sonderdruck in Größe Din A 5 in der Sammlung „Baupreisfragen und Leistungssteigerung“. Berlin 1941, Wilh. Ernst & Sohn.

Dazu muß er in der Lage sein, bei der Aufstellung der Kostenermittlung die spätere Abwicklung der Bauaufgabe gleichsam wie einen Film vor seinem gelstigen Auge abrollen zu lassen.

Der Unternehmer wird dabei um so treffsicherer den für die einzelnen Leistungen erforderlichen Kostenaufwand ermitteln, je mehr vergleichsfähige Erfahrungszahlen für gleichartige Leistungen ihm aus früheren Bauausführungen zur Verfügung stehen.

Es wird im Baufach nie möglich sein, den richtigen Preis auf rein theoretischem Wege zu finden. Lehrbücher über die Preisermittlung von Bauarbeiten können nie mehr bieten als den Hinweis auf den richtigen Aufbau der Kostenermittlung und gewisse Richtwerte für Einzelleistungen. Es gehört eine große, durch lange Jahre eigener praktischer Tätigkeit auf dem Bau erworbene Erfahrung dazu, die in einem Baubetrieb anfallenden Kosten immer wieder neuer, sich nie völlig gleicher Bauaufgaben mit der größtmöglichen Annäherung an den der Aufgabe und ihrem Wagnis wirklich entsprechenden Preis zu ermitteln.

Es muß in diesem Zusammenhang immer wieder darauf hingewiesen werden, daß die Selbstkostenermittlung für Bauleistungen unvergleichlich größere Schwierigkeiten bereitet als z. B. die Selbstkostenermittlung der Industrien der Fertigwaren. Bei der Fertigwaren erzeugenden Industrie bewegen sich die Selbstkosten infolge des ortsgebundenen Fabrikbetriebes und seiner übersichtlichen Einrichtung in verhältnismäßig engem Rahmen, so daß es dort leichter ist, durch Statistik und Kostenüberwachung die anfallenden Kosten zu ermitteln.

Anders im Baugewerbe. Jede Bauaufgabe ist von der anderen verschieden. Klimatische Lage, Förderwege zur und auf der Baustelle, Bodenverhältnisse, Grundwasser, Hochwasser, die Schwierigkeiten bei der Beschaffung der Arbeitskräfte, die sehr oft bis zum äußersten zusammengedrückten Baufristen, der Stand der Bauplanung und Bauvorbereitung durch den Bauherrn usw. beeinflussen die Baustelleneinrichtung, den Bauplan und die einzelnen Leistungen, d. h. die gesamten Selbstkosten in hohem Maße. Es darf deshalb nicht wundernehmen, wenn die Angebotspreise oft erheblich voneinander abweichen. Selbst wenn alle an einer Ausschreibung beteiligten Unternehmer alle einzelnen Einflüsse, die die Selbstkosten bestimmen, erfassen, so bleibt doch noch innerhalb der einzelnen Werte ein weiter Raum zu besonderer Behandlung durch den einzelnen.

Angesichts dieser Schwierigkeiten einer einwandfreien Kostenermittlung gibt es nun eine nicht geringe Anzahl von Unternehmern, die sich auf den Standpunkt stellt, daß eine Preisermittlung, die alle Wagnisse erfaßt, niemals zum Auftrag führe. Diese Unternehmer verlassen sich darauf, daß sich während der Bauausführung alle Wagnisse zu ihren Gunsten auswirken werden oder aber daß durch Zusatzaufträge oder nachträgliche Änderungen der Bauausführung sich die Möglichkeit ergeben werde, die Preise zu verbessern. Daß diese Rechnung, im ganzen gesehen, trügerisch ist, beweist die außerordentlich hohe Zahl der Zahlungseinstellungen im Baugewerbe selbst bis in die letzten Jahre der baulichen Höchstleistungen hinein.

Die Organisationen der gewerblichen Wirtschaft waren zwar seit Jahren bemüht, durch Schaffung allgemein anerkannter Grundbegriffe und Richtlinien für die Preisermittlung diesem Mißstand abzuwehren und alle Unternehmer zu einwandfreier Berechnung der Preise zu erziehen¹⁾. Auch von Behördenkreisen wurde mehr und mehr die Notwendigkeit, allgemein gültige Richtlinien für die Ermittlung und die Beurteilung der Preise zu schaffen, erkannt. So wurden auch von dieser Seite bereits wertvolle Beiträge geliefert²⁾. Solange diese Hinweise zur Aufstellung von Kostenermittlungen und zur Durchführung eines geeigneten Rechnungswesens im Baufach nur Empfehlungen blieben und keine ausgesprochene Verpflichtung für alle Bauunternehmer zu ihrer Einhaltung vorlag, war der Erfolg noch nicht allgemein und für die Volkswirtschaft spürbar.

Als im Zusammenhang mit dem außerordentlichen Aufschwung der Bauwirtschaft die Baukosten, an denen die öffentliche Hand in steigendem Maße beteiligt war, erheblich anzogen, wurde aus volkswirtschaftlichen Gründen eine gesetzliche Regelung der Preisgestaltung in der Bauwirtschaft erforderlich.

Im Erlaß des Reichs- und Preußischen Wirtschaftsministeriums vom 12. November 1936³⁾ wurde für die Zusammenarbeit mit den Organisa-

¹⁾ Siehe Selbstkostenermittlung für Bauarbeiten, I. u. II. Teil, 3. Auflage 1934, herausgeg. vom Reichsverband des Ingenieurbaues E. V.

²⁾ O. Blunck, Preisermittlung für massive Ingenieurbauten (PE). Ferner Kommentar zur Preisermittlung für massive Ingenieurbauten (KPE). Berlin 1937, Wilh. Ernst & Sohn.

³⁾ Ministerialblatt f. Wirtschaft 1936, Heft 18, S. 269.

tionen der gewerblichen Wirtschaft angeordnet, daß die Wirtschaftsgruppen ihre Mitglieder zu größtmöglicher Wirtschaftlichkeit und höchster Leistung zum Nutzen von Volk und Staat zu erziehen haben. In diesem Erlaß wird besonders darauf hingewiesen, daß unter den betriebswirtschaftlichen Aufgaben der Wirtschaftsgruppen die Verbesserung des Rechnungswesens und die Aufstellung einheitlicher Richtlinien für Buchhaltung und Preisermittlung besonders dringlich ist, und daß einem einwandfreien betrieblichen Rechnungswesen und einem auf gleichartiger Kostenermittlung beruhenden Unkostenvergleich eine erhebliche Bedeutung zukommt. Der Erlaß geht von der Erkenntnis aus, daß ein geordnetes Rechnungswesen die erste Voraussetzung dafür ist, daß die Betriebe einen Überblick über die eigenen Kosten und auch einen Vergleich mit den Kosten anderer Betriebe oder zum mindesten mit den Durchschnittskosten des Wirtschaftszweiges gewinnen. Die Kenntnis aller preisbildenden Einflüsse ist aber unentbehrlich, um das Ziel der Wirtschaftlichkeit, die Senkung der Kosten, zu erreichen.

Im Ergänzungserlaß des Reichs- und Preußischen Wirtschaftsministers vom 11. November 1937⁴⁾ werden die Grundsätze zur Einrichtung der Buchführung im Rahmen des einheitlichen Rechnungswesens mitgeteilt.

Auf Grund dieser beiden Erlasse hat die Wirtschaftsgruppe Bauindustrie im Jahre 1937 angeordnet, daß

1. die Mitglieder der Wirtschaftsgruppe Bauindustrie ab 1. April 1938 verpflichtet sind, kaufmännische Bücher nach den Grundsätzen der doppelten Buchführung zu führen,
2. für jeden Bau ab 1. April 1938 ein besonderes Baukonto einzurichten ist,
3. das Baukonto nach den näheren Vorschriften in den Ausführungsbestimmungen zu zergliedern ist, damit eine Nachrechnung ermöglicht wird,
4. die allgemeinen Geschäftskosten gesondert zu erfassen und bei dem Bauergebnis statistisch zu berücksichtigen sind.

In den näheren Bestimmungen zu dieser Anordnung ist festgelegt, daß jedes Baukonto in mindestens 7 Unterkonten aufzuteilen ist. Für Bauten, deren Wert 300 000 RM überschreitet, ist die sogenannte große Gliederung mit mindestens 15 Unterkonten anzuwenden. Eine weitere Unterteilung ist bei Belbehaltung der grundsätzlichen Aufteilung natürlich jedem Unternehmer freigestellt.

Wie notwendig diese Anordnung war, zeigen die Betriebsuntersuchungen, die die Wirtschaftsgruppe Bauindustrie im Jahre 1938 zur Gewinnung von vergleichsfähigen Unterlagen über das Rechnungswesen in Klein-, Mittel- und Großbetrieben der Bauindustrie durchführte. Diese Untersuchungen ergaben, daß in der Mehrzahl noch eine geordnete Preisermittlung fehlte und daß insbesondere Buchhaltung und Erfolgsrechnung noch sehr im argen lagen. Die Betriebsuntersuchungen zeigten jedoch auch, daß eine ganze Reihe gut verwalteter Bauunternehmungen seit vielen Jahren aus eigener Erkenntnis und eigenem Antriebe sich Richtlinien für Preisermittlung, Buchhaltung und Erfolgsrechnung geschaffen hatte und daß diese Unternehmungen ihren wirtschaftlichen Erfolg zum nicht geringen Teil der klaren, übersichtlichen Kostenermittlung, der straffen Baustellenüberwachung mit zuverlässigem Berichtswesen, der laufenden Kostenüberwachung und der dauernden Erforschung von Verlustquellen zuzuschreiben hatten.

Den entscheidenden Schritt auf dem Wege zur gesetzlichen Regelung der Preisbildung in der Bauwirtschaft brachte die

Verordnung über die Baupreisbildung (Baupreisverordnung) vom 16. Juni 1939⁵⁾.

Ihr schlossen sich weitere Verordnungen an, wie die

Verordnung über die Höchstmieten für Baugeräte vom 16. Juni 1939⁶⁾, die

Durchführungsverordnung zur Baupreisverordnung, Runderlaß Nr. 6/40 des Reichskommissars für die Preisbildung vom 16. Januar 1940 (R. f. Pr. V-420-7429)⁷⁾, der

Runderlaß Nr. 94/39 vom 19. September 1939 mit Durchführungsbestimmungen zur Höchstmietenverordnung, der

Runderlaß Nr. 77/40 des Reichskommissars für die Preisbildung über die Aufgliederung der Preisangebote nach § 12 der Baupreisverordnung vom 28. Juni 1940⁸⁾, die

⁴⁾ Ministerialblatt für Wirtschaft 1937, Heft 21, S. 239ff.

⁵⁾ Reichsgesetzblatt I, S. 1041, und Ztrbl. d. Bauv. 1939, Heft 27, 6. Beilage, S. 753. Erläuterungen von Enderlein, ebenda. Baupreisfragen und Leistungssteigerung, Heft 1. Berlin 1941, Wilh. Ernst & Sohn.

⁶⁾ Reichsgesetzblatt I, S. 1043.

⁷⁾ Mitteltagsbl. des Reichskomm. f. d. Preisbildung. Erläuterungen von Enderlein, Ztrbl. d. Bauv. 1940, Heft 6, S. 92. Baupreisfragen und Leistungssteigerung, Heft 1. Berlin 1941, Wilh. Ernst & Sohn.

⁸⁾ Ztrbl. d. Bauv. 1940, Heft 36, 5. Beilage, S. 585. Erläuterungen von Enderlein, ebenda, S. 581. Baupreisfragen und Leistungssteigerung, Heft 1. Berlin 1941, Wilh. Ernst & Sohn.

Leitsätze für die Preisermittlung auf Grund der Selbstkosten bei Bauleistungen öffentlicher Auftraggeber (LSBÖ) vom 25. Mai 1940⁹⁾.

Durch diese Verordnungen sind sowohl den bauvergebenden Stellen als auch dem Bauunternehmer klare Verpflichtungen auferlegt. Die bauvergebenden Stellen sind verpflichtet, die geforderten Bauleistungen so eindeutig und erschöpfend zu beschreiben und zu gliedern, daß die mit ihnen verbundenen Wagnisse möglichst klar zu erkennen sind und die Preise durch den Unternehmer einwandfrei und ohne umfangreiche Vorarbeiten ermittelt werden können.

Die Einhaltung dieser Verpflichtung setzt eine gründliche Bauvorbereitung und eine ausgereifte Planung durch den Bauherrn voraus. Die Verpflichtung des § 1, Absatz 2 der Baupreisverordnung, daß die bauvergebende Stelle nur Preise versprechen oder zahlen darf, die nach den Vorschriften der Baupreisverordnung ermittelt sind, führt in folgerichtiger Auswirkung dazu, daß der Bauherr selbst eine Kostenermittlung aufstellt, um die Preise der anbietenden Unternehmer auf ihre Angemessenheit prüfen zu können. Diese eigene Preisermittlung wird um so notwendiger und nützlicher sein, als bei dem gewaltigen Ausmaß an Bauaufgaben eine beschränkte oder gar offene Ausschreibung gar nicht mehr möglich ist und die freihändige Vergabe an den mit freier Belegschaft und freiem Gerät günstig zur Verfügung stehenden Unternehmer immer mehr zur Regel wird. Sicher werden sich die bauvergebenden Kreise in viel höherem Maße als bisher mit der Selbstkostenermittlung für Bauarbeiten zu befassen haben.

Im Einvernehmen mit dem Reichskommissar für die Preisbildung hat die Wirtschaftsgruppe Bauindustrie mit Rundschreiben III/49—2510 vom 6. Juni 1940 Richtlinien für die Preisermittlung von Bauleistungen herausgegeben. Außerdem hat sie Formblätter¹⁰⁾ für die einzelnen Rechnungsvorgänge ausgearbeitet, und zwar:

Formblatt P 1 Preisermittlung

- P 1a Preisermittlung
- P 2 Löhne
- P 2a Löhne
- P 3 Stoffpreise
- P 3a Baustoffgewinnung
- P 3b Stoffpreise
- P 4 Betonmischungen
- P 4a Betonmischungen
- P 4b Mörtelmischungen
- P 5 Geräteliste
- P 5a Geräteliste
- P 6 Holzkosten
- P 6a Holzkosten
- P 7 Einzelkosten der Teilleistungen
- P 8 Gemeinkosten der Baustelle
- P 9 Zusammenstellung der Einzelkosten und Ermittlung der Angebotspreise
- P 10 Ermittlung der Angebotssumme.

Seit Februar 1941 werden im ganzen Reich durch die Bezirksgruppen der Wirtschaftsgruppe Bauindustrie Schulungskurse über die Selbstkostenermittlung durchgeführt, um die nunmehr geschaffenen einheitlichen Richtlinien möglichst schnell bei allen Unternehmern in die Praxis der Preisermittlung einzuführen.

Einen weiteren wichtigen Beitrag auf dem Gebiet der Preisermittlung hat Dipl.-Ing. Gerhard Opitz¹¹⁾ in zwei Schriften geliefert, die eine klare Abgrenzung der Begriffe der einzelnen preisbildenden Einflüsse geben und an zahlreichen Musterbeispielen auf den neuen Formblättern den Gang der Selbstkostenermittlung zeigen.

Alle diese Richtlinien und Anleitungen stellen aber in Ihrer Gesamtheit keinen Vorstoß in unerforschtes Neuland dar, sondern sie sind im wesentlichen auf den Erfahrungen aufgebaut, die erprobte Baufachleute und gut geleitete Bauunternehmungen in jahrelanger Praxis herausgearbeitet hatten.

Es soll nun mit dieser Veröffentlichung der Versuch unternommen werden, an Hand von Beispielen, die aus tatsächlich durchgeführten Bauausführungen der letzten 10 Jahre entnommen sind, die Mittel wirtschaftlich richtiger Betriebsführung zu zeigen und den Wert einer technisch und kaufmännisch gut durchgebildeten Betriebsüberwachung unter Beweis zu stellen. Die Beispiele sind aus Bauausführungen des Hoch- und

⁹⁾ Ztrbl. d. Bauv. 1940, Heft 27, 2. Beilage, S. 417. Erläuterungen von Enderlein, ebenda, S. 407. Baupreisfragen und Leistungssteigerung, Heft 1. Berlin 1941, Wilh. Ernst & Sohn.

¹⁰⁾ Zu beziehen vom Verlag Wilh. Ernst & Sohn, Berlin.

¹¹⁾ Opitz, Gerhard, Dipl.-Ing., Selbstkostenermittlung für Bauarbeiten, Teil I, Anleitung für den Aufbau der Preisermittlung. Heft 10 der Schriftenreihe der Wirtschaftsgruppe Bauindustrie. Berlin 1940, Otto Elsner. Teil II, Die praktische Durchführung der Preisermittlung, erscheint in Kürze.

Tiefbaues ausgewählt und umfassen sowohl reine Erdarbeiten als auch Betondeckenlose, Eisenbetonhochbauten, Wasserbauten, Talsperren, Holzbauten u. a. m. Es ist gedacht, sie aus der Praxis in gewissen Zeitabständen durch weitere Veröffentlichungen und Beispiele aus allen Gebieten der Bautätigkeit zu ergänzen und zu erweitern. An Hand der Beispiele sollen die wesentlichsten Gesichtspunkte einer sachgemäßen Betriebsführung besprochen werden und für den einzelnen Bau der ganze Weg von der Preisermittlung über die Baustelleneinrichtung und die Durchführung der verschiedenen Bauleistungen bis zur abschließenden Kostenüberwachung, der endgültigen Erfolgsrechnung und dem Erfahrungsbericht zurückgelegt werden, wobei größter Wert darauf gelegt wird, der Geschäftsleitung die Baustellenüberwachung durch ein zweckmäßiges Berichtswesen und durch dauernde Überprüfung der Wirtschaftlichkeit so zu ermöglichen, daß frühzeitig alle Fehlerquellen ausgeschaltet werden können.

Falls diese Aufsätze im Leserkreis der Zeitschrift Beachtung finden, sollen sie fortlaufend in Sonderdrucken herausgegeben werden und unter Umständen nach einem gewissen Abschluß in neuer Überarbeitung in Buchform erscheinen. Wenn dadurch ein weiterer Kreis bau erfahrener Ingenieure veranlaßt wird, sich durch ähnliche Aufsätze an einer großzügigen öffentlichen Erörterung über die bisher wenig behandelten betriebswissenschaftlichen Fragen des Baubetriebes zu beteiligen, dann wäre der eigentliche Zweck dieser Veröffentlichung erfüllt.

Zur Einleitung der in den folgenden Aufsätzen beschriebenen Beispiele aus der Praxis ist es erforderlich, noch auf die wesentlichsten Gesichtspunkte der Buchführung und des Berichtswesens in der Bauindustrie einzugehen. Die Durchführung der doppelten Buchhaltung und die Einrichtung der Kontenpläne, wie sie von der Wirtschaftsgruppe Bauindustrie am 17. Februar 1938 für alle ihre Mitglieder angeordnet worden ist, wird von Dr. A. Speck¹²⁾ in mehreren Schriften eingehend behandelt, bedarf also hier keiner Erörterung mehr. Doch muß auf das Berichtswesen zwischen den Baustellen und dem Stammhaus noch kurz eingegangen werden, da es das Rückgrat aller betriebswissenschaftlichen Untersuchungen bildet. Dabei ist es selbstverständlich, daß die Schreibarbeit auf der Baustelle auf das unbedingt Notwendige beschränkt wird, um Bauleiter und Bauführer möglichst wenig ihrer Hauptaufgabe, der Überwachung der tatsächlichen Bauvorgänge im Außendienst, zu entziehen.

Die Überwachung der Bauausführung auf ihre Wirtschaftlichkeit hin und das Forschen nach Verlustquellen ist jedoch nur möglich, wenn sich alle Aufsichtsorgane der Baustelle, wie Meister, Bauführer und Bauleiter, der Wichtigkeit dieser Aufgabe bewußt sind und sich einer sorgfältigen Berichterstattung über alle wesentlichen Vorgänge in ihrem Arbeitsbereich befleißigen.

Dem Bericht des Meisters kommt hierbei die größte Bedeutung zu. Der Meister ist der Mann, der neben dem Arbeiter in unmittelbare Berührung mit der eigentlichen Arbeitsausführung kommt. Er muß wissen, wieviel Mann seiner Belegschaft an dieser oder jener Arbeit beschäftigt und wie lange sie dabei tätig waren. Er sammelt täglich die Maschinenberichte der in seiner Gruppe geführten Maschinen. Wenn die Kostenüberwachung einwandfreie Werte über den tatsächlichen Stundenverbrauch für die einzelnen Arbeitsleistungen ergeben soll, kommt es darauf an, daß er gewissenhaft die von seinen Leuten getätigten Arbeitsstunden auf die geleisteten Arbeiten aufteilt.

Im folgenden sollen Vordrucke für die Berichterstattung und ihre Auswertung, wie sie sich in der Praxis bewährt haben, beschrieben werden.

Vordruck 1. In das Stundenbuch, das vom Meister geführt wird, werden Namen, Arbeitsnummer, Arbeitsverhältnis und die täglich geleisteten Arbeitsstunden der einzelnen

¹²⁾ Schriftenreihe der Wirtschaftsgruppe Bauindustrie, Heft 1: Buchführung und Erfolgsrechnung in der Bauindustrie; Heft 2: Die Umstellung der Buchhaltung in der Bauindustrie; Heft 5a und 5b: Buchungsfolbel der Wirtschaftsgruppe Bauindustrie, Teil A und B. Berlin 1938/39, Otto Elsner.

Vordruck 1

Lohnzeit vom 4. 10. bis 10. 10. 19		Arbeitsverhältnis												Bemerkungen	
Gruppe: Müller	Blatt-Nr.: 1	Arbeitsverhältnis													
Hauptliste der Arbeiter													Gesamtstunden		
Nr.	Nachname	Vorname	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12
1	Müller	Hauptarbeiter	10	10											20
12	Kleinmann, Fritz	Bauhilfsarbeiter	10	10											20
15	Kleinmann, Otto	„ Junger	10	10											20
20	Schmidt, August	Zeh. Arbeiter	10	10											20
21	Haus, Emil	„ Junger	10	10											20
43	Kleinmann, Franz	Arbeiter	10	10											20

Vordruck 2

Gruppe Müller		Blatt Nr. 1		Baustelle XY		Tag: Mittwoch, den 4. 10. 19	
Lohnliste 4. 10. bis 10. 10.							
Eintragungen für die Lohnabrechnung		Lohnliste		Lohn		Beschreibung der Arbeit	
Nr.	Arbeitsverhältnis	1	2	3	4	5	6
1	Müller	10	10				
2	Kleinmann, Fritz	10	10				
3	Kleinmann, Otto	10	10				
4	Schmidt, August	10	10				
5	Haus, Emil	10	10				
6	Kleinmann, Franz	10	10				

Arbeitsverhältnis: 10
Beschreibung der Arbeit: Bagger 6010, Boden lösen u. laden
Mantelfeld 50/15, Boden anordnen

Gepr.: Schum | Meister: Müller
Wetter: gut | Temperatur: 15°
Stücklohnstunden rot einrahmen

Vordruck 3

Baustelle XY

Baggerbericht vom 4. 10. Tag: Mittwoch

Bagger Nr. 6010

Zeit	Anzahl der gebaggerten Kuben	Wasserinhalt (lose Masse) m ³	Wartezeiten und sonstige Stillstandzeiten, die länger dauern als 5 Minuten	Baggerstunden	Pausen
6:00 - 6:15			Freigangzeit		15'
6:15 - 6:55	15	5,3		40'	
6:55 - 7:30	20	2		35'	
7:30 - 7:45			„		15'
7:45 - 8:30	15	5,3		45'	
8:30 - 9:15			Stoffteil anlagensuffall		45'

126 x 4,5 m³ = 565 m³ (offen) + 135 m³ (mit Wasser) = 700 m³

Bemerkungen über Ausbesserungen: Stoffteil anlagensuffall, 20 m Teil 8/18

Kohlenverbrauch: Stück 350 Briketts 3m 3kg

Schum Der Bauführer | Hermann Der Baggerführer

Vordruck 3a

Baustelle XY

Zusammenstellung der Baggerberichte

für die Zeit vom 4. 10. his 10. 10. 19

*) Anmerkung: Baggerstunden + Wartezeiten = Arbeitszeit (Anstunden gehen ab von der Arbeitszeit)

Datum	Bagger Nr. 6010		Bagger Nr. 6014		Bagger Nr. 6002		Bagger Nr. 3004		Bagger Nr. 3004		Bagger Nr. 2074		Bagger Nr. —		Gesamt			
	Arbeitsverhältnis	Leistung in m ³	Warte u. Ausbesser. Std.	Leistung in m ³	Warte u. Ausbesser. Std.	Leistung in m ³	Warte u. Ausbesser. Std.	Leistung in m ³	Warte u. Ausbesser. Std.	Leistung in m ³	Warte u. Ausbesser. Std.	Leistung in m ³	Warte u. Ausbesser. Std.	Leistung in m ³	Warte u. Ausbesser. Std.	Leistung in m ³		
4. 10. I. Schicht	330	130'	7:00	430	240	5:00	390	270	4:30	460	200	3:30	390	230		2110	1110	2400
4. 10. II. Schicht	340	120'	6:30	450	210	5:50	410	250	5:10	530	190	4:20	410	210		2130	920'	2550
10. 10. II. Schicht	610	50'	8:20	470	180	5:30	450	210	5:20	460	200	4:30	590	20'		2240	1010'	2610
Insgesamt	1740	1420'	7:50	1730	1870	5:20	1810	1390	4:20	1910	1390	4:20	1910	1340		8230	3920'	24570
Auswertung	80,5%	71,5%	33,5%	80,5%	33,5%	80,5%	80,5%	33,5%	80,5%	80,5%	33,5%	80,5%	80,5%	33,5%		80,5%	33,5%	80,5%

X, den 11. 10. | X Der Bauleiter

Gefolgschaftsmitglieder der betreffenden Gruppe eingetragen. Zu Beginn des Lohnabschnitts erhält das Lohnbüro und der Bauführer von der linken Hälfte des Stundenbuches — enthaltend Namen, Arbeitsnummer und Arbeitsverhältnis — je einen Durchschlag zur Vorbereitung der Lohnliste und Prüfung der täglichen Berichte.

Vordruck 2. Der tägliche Meisterbericht enthält außer der Arbeitsnummer und den am Berichtstag durch jedes Gefolgschaftsmitglied geleisteten Arbeitsstunden eine Beschreibung aller am Berichtstag durch die Gruppe geleisteten Arbeiten sowie die für jede Arbeitsleistung aufgewendeten Stunden.

Der Bauführer erhält diesen Meisterbericht am folgenden Tage zur Prüfung der Richtigkeit der eingetragenen Stunden und zur Ausbuchung der aufgewendeten Stunden an Hand des Buchungsplanes. Der Meisterbericht wird dann an das Lohnbüro zur Verarbeitung in der Lohnliste weitergegeben.

Maschinenberichte.

Vordruck 3. Baggerbericht.

Vordruck 3a. Zusammenstellung der Baggerberichte.

Der Baggerbericht wird vom Baggerführer während der Arbeitszeit geschrieben, damit er

1. alle Geschehnisse noch frisch in der Erinnerung hat,
2. ihm keine zusätzliche Arbeit über seine Arbeitszeit hinaus zugemutet wird.

Die Auswertung der Baggerberichte wird im Baubüro vorgenommen. In der „Zusammenstellung der Baggerberichte“ (Vordruck 3a) werden die Auswertungen wöchentlich gesammelt. Aus dem Verhältnis der

Baggerstunden zu den Wartestunden kann man ersehen, bis zu welchem Grade die Leistungsfähigkeit eines jeden Baggers ausgenutzt ist.

Für die Überwachung des wirtschaftlichen Einsatzes der übrigen Geräte, wie der Lokomotiven, Betonmischer, Straßenfertiger, Aufzüge usw., hat sich die Verwendung der Rüttelschreiber gut bewährt. Die Rüttelschreibbilder stellen eine willkommene Ergänzung der Maschinenberichte dar.

Vordruck 4. Lohnstundenbuchungsplan. Ganz allgemein wird bei der Ausbuchung von Lohnstunden unterschieden zwischen Stunden für die sogenannten Gemeinkosten und für die einzelnen Leistungsposten. Der Buchungsplan für Gemeinkosten ist im großen und ganzen für alle Baustellen der gleiche. Der Buchungsplan für die Leistungsposten hingegen wird für jede Baustelle neu aufgestellt. Dabei werden alle Arbeiten, die für die Kostenüberwachung und Ermittlung von Erfahrungswerten besonders wichtig sind, mehr in ihren einzelnen Arbeitsvorgängen erfaßt, während für andere Arbeitsleistungen mehr oder weniger Sammelkonten eingerichtet werden.

An Hand des Buchungsplanes der Baustelle werden die von den einzelnen Gruppen aufgewendeten und auf dem Meisterbericht aufgeteilten Stunden täglich durch den Bauführer ausgebucht. Die weitere Verarbeitung der ausgebuchten Stunden wird in dem folgenden Abschnitt beschrieben.

Vordruck 5. Lohnstundenkonto der täglich anfallenden Stunden (Muster umstehend).

Vordruck 6. Lohnstundenkonto der 14tägigen Lohnwoche. Durch das Baubüro werden alle Stunden täglich kontenweise in dem Lohnstundenkonto, Vordruck 5, gesammelt. Dieses Konto wird alle

Lohnstundenbuchungsplan.

Vordruck 4.

I. Einzelkosten der Teilleistungen.

A. Baubetriebslöhne

(von Fall zu Fall verschieden, z. B. für die Baustelle X Y).

1a Bodenaushub	Posten 1, 2
1b Boden verfüllen	1, 2
1c Überschüssigen Boden wieder aufladen, verfahren und einbauen	3
6 Unterbeton, 10 cm dick	6
7 Schutzbeton über der Dichtung, 5 cm dick	7
8a Fundamentplatte einschl. Kragplatte	8, 52
8b dazu Schalung,	
8c dazu Rundeseisen schneiden, biegen und verlegen,	
9 Schutzmauerwerk 1/2 Stein, einschl. Putz herstellen	9, 10
11a Kellerwände, Stützen, Annahmehunker und Decke in Eisenbeton	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
11b dazu Schalung,	
11c dazu Rundeseisen schneiden, biegen und verlegen,	
12a Stützen im Erdgeschoß und Giebel, Decken, Rampendach, Eisenbetondecke unter den kleinen Gaszellen	8, 9, 10, 11, 12, 13, 35
12b dazu Schalung,	
12c dazu Rundeseisen schneiden, biegen, verlegen usw.	

II. Gemeinkosten der Baustelle.

A. Gerätekosten.

- b 1 Geräte auf-, um- und abladen,
- b 2 . . . auf-, um- und abbauen,
- d 1 . . . Instand halten.

B. Kosten der Baustelleneinrichtung.

- b 1 Baukraftwerke,
- b 2 Brech- und Mahlanlagen, Sandwaschanlagen,
- b 3 Verdichteranlagen, Zement-, Kles- und Schotterilos,
- b 4 Pumpanlagen für größere Bauwasserversorgungen,
- b 5 Hochspannungsanlage,
- b 6 eigene größere Baufernsprechanlage,
- b 7 Behelfsbrücken, Bachüberführungen, Betoniergerüste und ähnliches ohne Lehrgerüste,
- b 8 Gleisanlagen,

weitere Unterteilungen, wie Erdaushub, Betonarbeiten, Gebäudeauf- und -abbau usw., sind im Bedarfsfalle von der Baustelle einzuführen,

- b 9 Arbeiterwohnlager, Entlade- und Wiederaufladelöhne,
- b 10 Aufbau,
- b 11 Abbau,
- b 12 Reinigen,
- b 13 Schälfrauen,
- b 14 Küchenbetrieb,
- b 15 Krankenpfleger oder Arzthelfer,
- b 16 Instandhaltung,
- b 17 Allgemeine Buden, Entlade- und Wiederaufladelöhne,
- b 18 Auf-, Um-, Abbau,
- b 19 Instandhaltung,
- b 20 Elektrische Verteilungsleitungen auf-, um- und abbauen,
- b 21 Bauwasserversorgungsanlage auf-, um- und abbauen (Verteilungsleitungen ab Wasserbehälter oder städtischem Versorgungsnetz),
- b 22 Zufahrtswege, Bohlenfahrten, Bauzäune einschl. Unterhaltung,
- b 23 Geländeinstandsetzung.

C. Betriebskosten besonderer Anlagen (von Fall zu Fall einzurichten, wenn Baukraftwerke, Brech- und Mahlanlagen usw. betrieben werden).

E. Allgemeine Baukosten.

- e) Hilfsgehälter,
- f) Fahrer für Personenwagen,
- l) Löhne der Baustoffprüfung der Baustelle, Schürfungen und Bohrungen für Bodenuntersuchungen.

F. Soziale Aufwendungen für Löhne und Gehälter:

1. Nationale Feiertage, sonstige Feiertagsbezahlung, Kameradschaftsabende,
2. zusätzliche soziale Aufwendungen wegen Krankheit, Unfall, Geburt, Todesfällen, Hochzeit, Gestellung bei der Wehrmacht, Schulung, Teilnahme an Reichsparteitagen usw.;
3. Lohnstundenzahlungen wegen Betriebsstörungen, Baustoffmangel usw.;
4. Weiterbeschäftigung von Stammarbeitern und entsandten Leuten bei vorübergehender Stilllegung der Hauptarbeit (Winterpause, Hochwasser usw.).

G. Lohnnebenkosten:

1. Schlechtwetterregelung,
2. Fliegeralarm,
3. Reisetunden der Stamm- und entsandten Arbeiter.

III. Sonstiges.

- a) Meistergehälter,
- b) Tagelohnarbeiten,
- c) Arbeiten für Fremde,
- d) Löhne für Entladen oder Umladen und Lagern von:
 - d 1 Zement,
 - d 2 Kies,
 - d 3 Holz,
 - d 4 Rundeseisen
 usw. nach Bedarf.

14 Tage mit Abschluß der Lohnwoche abgeschlossen und die Summe der ausgebuchten Stunden mit den Gesamtstunden der Lohnliste abgestimmt.

Im Vordruck 6 werden die Abschlüsse der einzelnen Lohnwochen gesammelt, so daß jederzeit festzustellen ist, wieviel Stunden für die einzelnen Arbeitsleistungen aufgewendet worden sind.

Vordruck 7. Gegenüberstellung der aufgewendeten mit den in die Preisberechnung eingesetzten Stunden.

Diese Gegenüberstellungen werden alle 14 Tage nach Abschluß der Lohnzeit durchgeführt und dienen

- 1. der Selbstüberwachung der Baustelle,
2. der Überwachung der Baustelle durch das Stammhaus.

Die insgesamt bis zum Ende der Berichtszeit aufgewendeten Stunden werden dem Vordruck 6 entnommen und in Spalte 8 des Vordruckes 7 eingetragen.

Durch eine Massenermittlung werden alle bis zum Stichtag ausgeführten Leistungen festgestellt. Vervielfacht man die geleistete Masse mit dem in der Preisberechnung für die Einheit angenommenen Stundenwert, so erhält man die nach der Preisermittlung zur Verfügung stehenden Stunden.

Sie werden in Spalte 8a des Vordruckes 7 für alle Leistungen eingetragen. Die Gegenüberstellung der aufgewendeten Stunden mit den nach der Preisermittlung verfügbaren Stunden gibt dem Bauleiter und Bauführer jederzeit ein Bild über die Verbilligung oder Verteuerung seiner Arbeiten gegenüber der Preisveranschlagung.

Bauleiter wie Bauführer sollen durch die Feststellung von Stundenüberschreitungen immer wieder veranlaßt werden, sich Gedanken über die Zweckmäßigkeit ihrer Baustelleneinrichtung und den wirtschaftlichsten Einsatz ihrer Geräte und Arbeitskräfte zu machen, damit Fehler und Mängel rechtzeitig abgestellt werden.

Auch dem Stammhaus ist dadurch schon während der Bauausführung die Möglichkeit der laufenden Überwachung des Stundenverbrauchs auf seinen Baustellen gegeben. Bei Baustellen kleineren Umfanges und Bauten, die sich in der Zeit von wenigen Monaten durchführen lassen, mag diese Nachprüfung des reinen Lohnstundenverbrauchs nach Vordruck 7 als ein hinreichendes Kennzeichen für die gesamtwirtschaftliche Lage der Baustelle betrachtet werden.

Bei mittleren und größeren Baustellen, deren Durchführung sich über einen Zeitraum von mehreren Monaten erstreckt, empfiehlt es sich, außer der Überwachung des reinen Lohnstundenverbrauchs, Vordruck 7, auch in bestimmten Abständen eine Zwischenüberprüfung aller übrigen Selbstkosten vorzunehmen. Hier hat es sich als vorteilhaft erwiesen, eine geschlossene Buchhaltung für den betreffenden Bau auf der Baustelle selbst einzurichten.

Damit wird neben der Nachprüfung der Löhne auch die Nachprüfung der Baustoffe, Betriebsstoffe und Gemeinkosten zu erzielen sein. Bei Großbaustellen kann sich ergeben, daß eine monatliche vollständige Nachrechnung aller Posten, wie der Löhne, Baustoffe, Betriebsstoffe und Gemeinkosten zu umfangreich wird.

Hier empfiehlt es sich, lediglich die Nachrechnung der Löhne monatlich durchzuführen und die Nachrechnung der übrigen Posten, wie der Großbaustoffe, Betriebsstoffe, der Baustelleneinrichtung, der Gerätekosten und allgemeinen Baukosten zeitlich so zu verschieben, daß z. B. in jedem dritten Monat ein Gesamtbild des wirtschaftlichen Standes der Baustelle aufgestellt werden kann.

Neben dieser rein wirtschaftlichen Überwachung des Bauablaufs ist außerdem für das Berichtswesen noch von Bedeutung

Vordruck 8. Das Bautagebuch. Im Bautagebuch sollen alle wesentlichen Ereignisse, die auf die Durchführung der Bauaufgaben von Einfluß waren, eingetragen werden, und zwar ist das Bautagebuch mit größter Sorgfalt zu führen, so daß sich auch später nach Baubeendigung alle Geschehnisse auf der Baustelle und insbesondere der zeitliche Ablauf der einzelnen Bauausführung lückenlos nachweisen lassen.

Meinungsverschiedenheiten zwischen Bauherrn und Unternehmer lassen sich durch gewissenhafte Eintragungen leicht aufklären. Das Bautagebuch kann damit viel zu einer beide Seiten zufriedenstellenden Abwicklung des Baues beitragen.

Durchschläge der Eintragungen im Bautagebuch erhält das Stammhaus sowie auf Wunsch auch der Bauherr.

Vordruck 5

Nur als Beispiel, die Einteilung ist von Fall zu Fall verschieden!

Lohnstunden-Konto der täglich anfallenden Stunden.

Table with columns for Tag (4.10 to 7.10) and sub-columns for days 1-20, each with sub-columns a, b, c, d.

Vordruck 6

Nur als Beispiel, die Einteilung ist von Fall zu Fall verschieden!

Lohnstunden-Konto der 14 tägigen Lohnwoche.

Table with columns for Lohnwoche von... bis and sub-columns for days 1-20, each with sub-columns a, b, c, d.

Baufristenplan.

Wichtig für die reibungslose Abwicklung des gesamten Auftrages einer Baustelle ist das Arbeiten nach einem genau festgelegten Arbeitszeitplan oder Baufristenplan. Deshalb ist jeder Bauleiter zu verpflichten, bei Baubeginn einen eingehenden, möglichst zeichnerischen Bauplan

Vordruck 8 Tagebuchblatt Nr. 125

Baustelle: XY Mittwoch, den 4. 10. 19-- (Kalendertag)

1. Wetter: trocken - unbeständig - Regen - Schnee - Frost - Sturm Temperatur: 9 Uhr 15 C°, ... Uhr ... C°, ... Uhr ... C°

Table for 2. Geräte: a) in Betrieb, listing various equipment like Betonmischelwagen, Betonpumpen, etc.

Table for 3. Arbeitseinsatz: Tagschicht von 6 bis 17, II. Schicht von - bis -, Nachtschicht von 18 bis 23, listing Meister, Facharbeiter, Arbeiter, insgesamt.

Bemerkungen zum Arbeitseinsatz: Zwei Arbeiter bei Überweisung vom 1. 10. ...

4. Besondere Vorkommnisse: Geländepfung mit voll. ...

5. Geleistete Arbeiten: Lagger 6000, 6000, 6000, 3002, 3004 ...

6. Anmerkungen über Baustoffe: 10 ...

7. Planunterlagen: Eingang von Zeichnungen: Bl. Nr. 270/54 a, b, c, ...

Anlage Nr. X Bauleiter

Vordruck 7

Blatt 1

Musterbeispiel
Baustelle: X - Y bis 19

* oder zur Verfügung stehende Stunden auf Grund der geleisteten Massen

Pos.	Bezeichnung der Arbeiten	Massen				Stunden-Nachweis							der Gemeinkosten											
		Gesamt n. Vertrag	in Veranschlagt bis Ende der Bauzeit	noch zu leisten	Aufgewendet in 100 Ende der Bauzeit	Gesamt	zur Verfügung	zur Verfügung	zur Verfügung	zur Verfügung	zur Verfügung	zur Verfügung	zur Verfügung	zur Verfügung	zur Verfügung	zur Verfügung								
1	Stunden der Gemeinkosten (a bis f der Kostenberechnung)					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	Stunden der Gemeinkosten, die durch die sozialen Aufwände abgezogen sind																							
7a	Arbeitslohn	4 474,50	4 474,50		4 474,50																			
7b	Arbeitslohn	201,00																						
7c	Arbeitslohn	1 812,00																						
6	Arbeitslohn	1 161,00																						
8a	Arbeitslohn	1 243,50																						
8b	Arbeitslohn	92,00																						
Übrige Leistungsposten zusammen																								
Insgesamt für Leistungsposten aufgewendete Stunden																								

zusammen: 10 099
bleibt: 4 713

zustellen, nach dem sich das für die Bearbeitung zuständige technische Büro zu richten hat.

Baustelleneinrichtungsplan.

Eine Aufgabe von besonderer Bedeutung stellt der Entwurf der Baustelleneinrichtung dar. Fehler in der Baustelleneinrichtung können die wirtschaftliche Durchführung der Bauaufgabe in außerordentlichem Maße beeinflussen. Eine sorgfältige Durcharbeitung der Baustelleneinrichtung macht sich um so mehr bezahlt, als Fehler, auch wenn sie später während der Bauausführung erkannt werden, in den meisten Fällen nicht mehr gut gemacht werden können, da zu einem Umbau der Baustelleneinrichtung meistens keine Zeit mehr

aufgebaut auf den tatsächlich zur Verfügung stehenden Arbeitstagen, aufzustellen und alle wichtigen Fristen genau festzulegen. Für die rechtzeitige Anforderung von Gerät und Arbeitskräften sowie die Beschaffung der erforderlichen Baustoffe ist dieser Baufristenplan unbedingt erforderlich.

In gewissen Zeitabständen wird dem Stammhaus ein Abzug des Baufristenplans eingereicht mit dem eingetragenen Stand der Bauarbeiten.

Fristenplan für die Planfertigung.

Für Bauten, die eine besondere statische und bauliche Entwurfsbearbeitung erforderlich machen, ist unter Berücksichtigung des Baufristenplans ein zeichnerischer Fristenplan für die Planfertigung auf-

zur Verfügung steht. Diese Fehler werden somit während der ganzen Dauer der Bauausführung noch zur Wirkung kommen.

Die Praxis hat erwiesen, daß selbst für kleinere Bauten die zeichnerische Ausarbeitung und Festlegung der einzelnen Teile der Baustelleneinrichtung ein gutes Erziehungsmittel zum wirtschaftlichen Bauen darstellt. Gerade die Baustelleneinrichtung sollte nach Beendigung eines Baues auf ihre Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit genau nachgeprüft werden, und sowohl die Kostennachrechnung wie der Erfahrungsbericht einer Baustelle sollten sich eingehend mit der Baustelleneinrichtung befassen, da hier noch eine reiche Quelle für Verbesserungsmöglichkeiten im Sinne der Leistungssteigerung und Kostensenkung vorhanden ist. Weitere Abhandlungen folgen.

Alle Rechte vorbehalten.

Eine Straßenbahnwagenhalle in der Schalenbauweise Zeiss-Dywidag.

Von Dipl.-Ing. F. Sülz, Berlin.

Die von der Straßen-Eisenbahn-Gesellschaft einer norddeutschen Stadt geplante Errichtung einer neuen Wagenhalle auf einem Gelände am Stadtrand sollte im Laufe des Jahres 1937 zur Ausführung kommen. Für den Entwurf waren

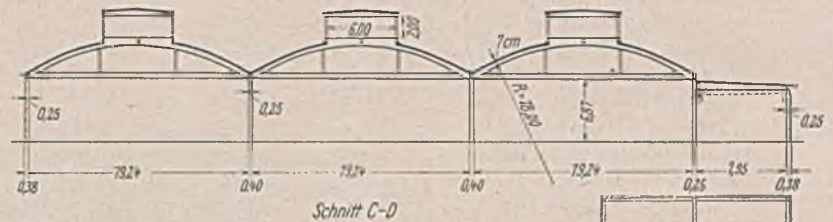
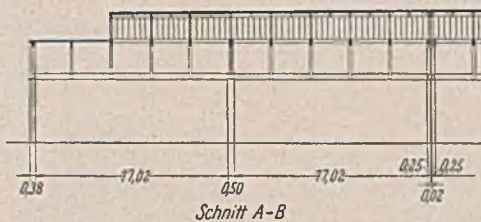
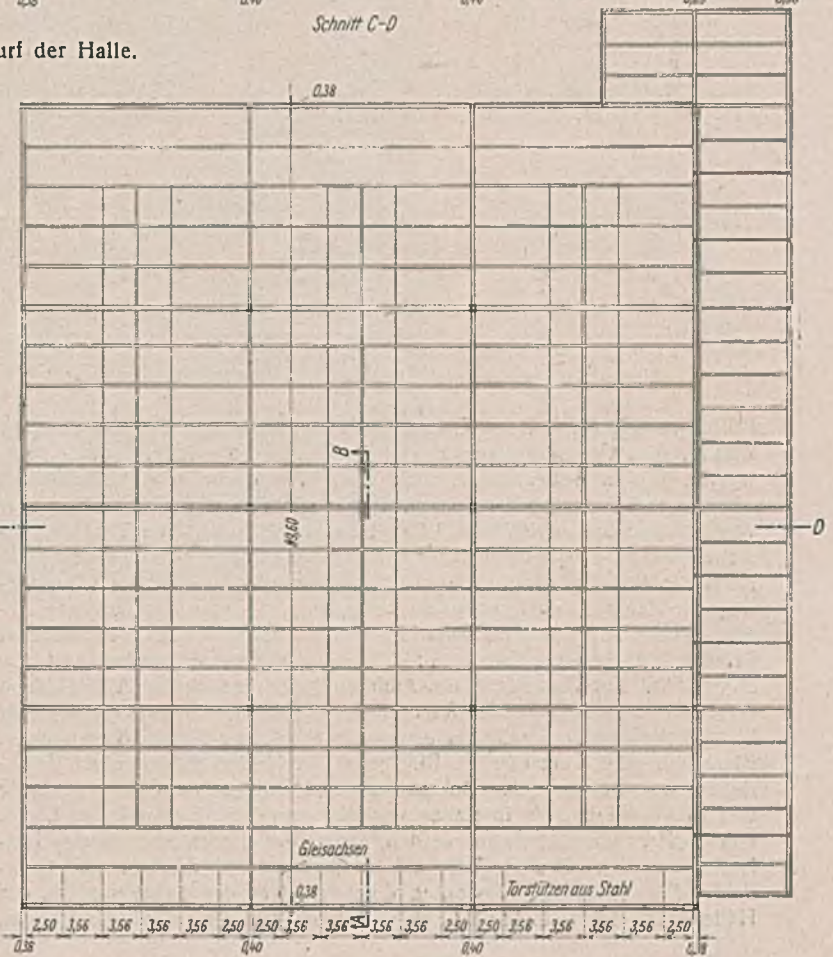


Abb. 1. Erster Entwurf der Halle.

die folgenden Bedingungen gestellt. Insgesamt 15 Abstellgleise sollen in der 72 m langen und 4300 m² Grundfläche überdeckenden Halle untergebracht werden, so daß bei der geplanten dreischiffigen Lösung fünf Gleise in jedem Schiff verlaufen. Die auf 3,56 m festgesetzten Achsabstände der Gleise untereinander und die auf 2,50 m bemessenen Abstände der äußeren Gleisachsen von den Hallenstützen und den Innenfluchten der Hallenwände ergeben die lichte Breite eines Schiffes auf 19,24 m. Die lichte Höhe der Halle zwischen Schienenoberkante und Unterkante Dachverband muß mindestens 6,87 m sein. Die Tore sollen Lichtmaße von 3,21 m Breite und 5,50 m Höhe aufweisen. Es ist anzustreben, daß die Querschnittabmessungen der Stützen im Halleninnern so gering wie möglich ausfallen. Auf der Stirnseite der Halle soll in voller Länge ein Anbau von 8 m Breite zur Unterbringung von Werkstätten und Magazinen angeordnet werden.

Für die gestellte Aufgabe arbeitete die Dyckerhoff & Widmann KG. zwei Lösungen in Schalenbauweise aus. Der in Abb. 1 als Vorentwurf dargestellte Vorschlag sieht die Überdachung der drei Hallenschiffe durch drei kreisbogenförmige Schalengewölbe mit einem Krümmungshalbmesser von 18 m vor. Die Richtung der Erzeugenden fällt dabei mit der der Gleisachsen zusammen. Bekanntlich bilden die Schale und ihre Randträger, die an den Kehlen zweier zusammenstoßender Tonnen und an den Außenrändern liegen, einen räumlichen Träger, der die Lasten in Richtung der Erzeugenden des Schalengewölbes trägt. Im vorliegenden Falle wirken die Tonnenträger infolge der Anordnung einer Dehnungsfuge in der Hallenmitte als Zweifeldbalken von 17,395 m Spannweite. Die Schalengewölbe geben ihre Lasten auf in diesem Abstand vorgesehene Bogenbinder mit Zugband ab, die auf den Hallenstützen lagern. Die ausreichende Knicksteifigkeit der nur 7 cm dicken Schale wird durch je vier Knickrippen zwischen zwei Bindern gewährleistet. Für die Belichtung der Halle sorgen drei im Scheitel der Gewölbe angeordnete, durchgehende Oberlichtbänder von je 6 m Breite.

Der zweite Entwurf, der dann ausgeführt worden ist, ist in Abb. 2 dargestellt. Acht kreisbogenförmige Schalengewölbe, deren Erzeugende in diesem Falle senkrecht zu den Gleisachsen liegen, überdecken die



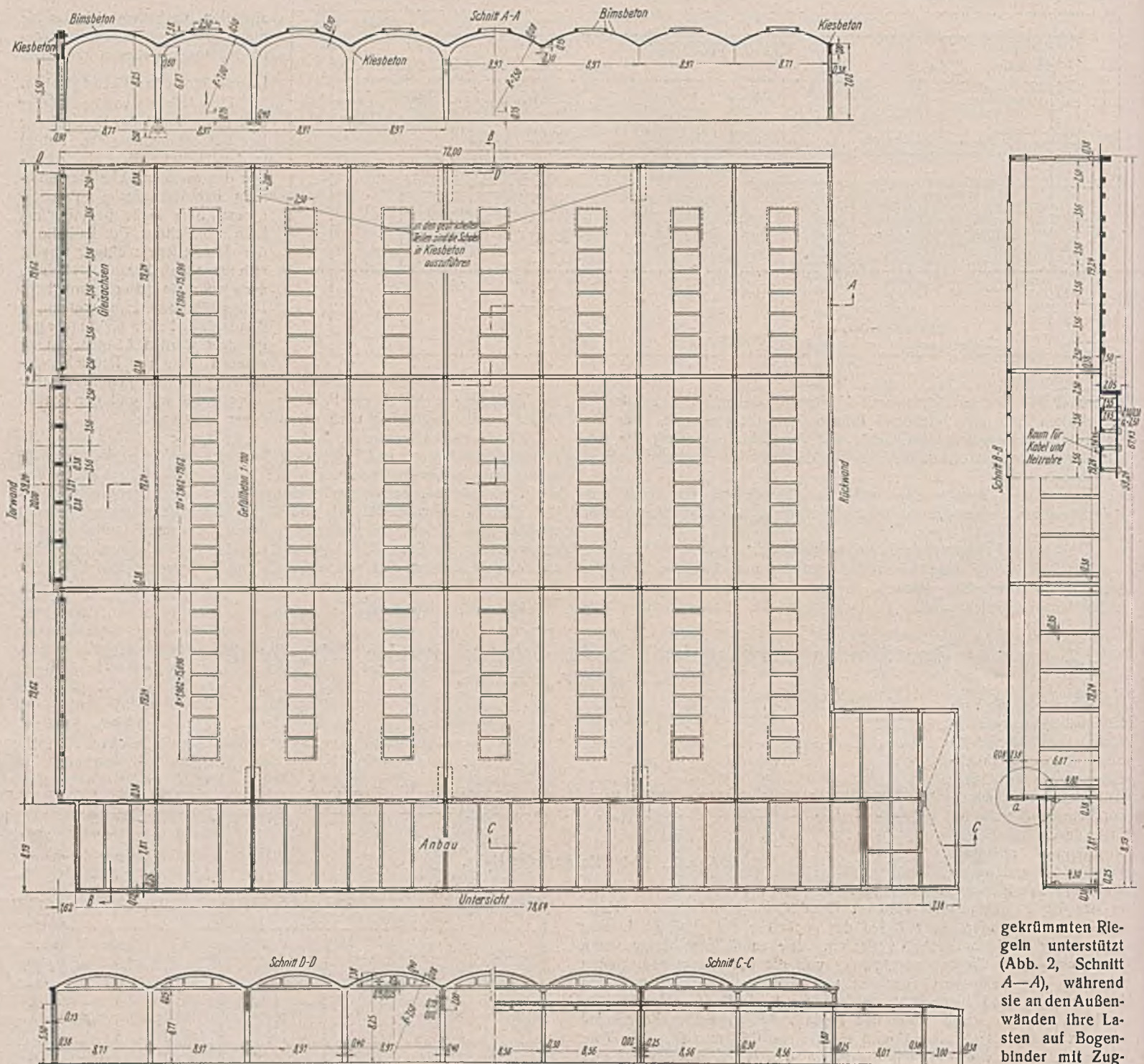
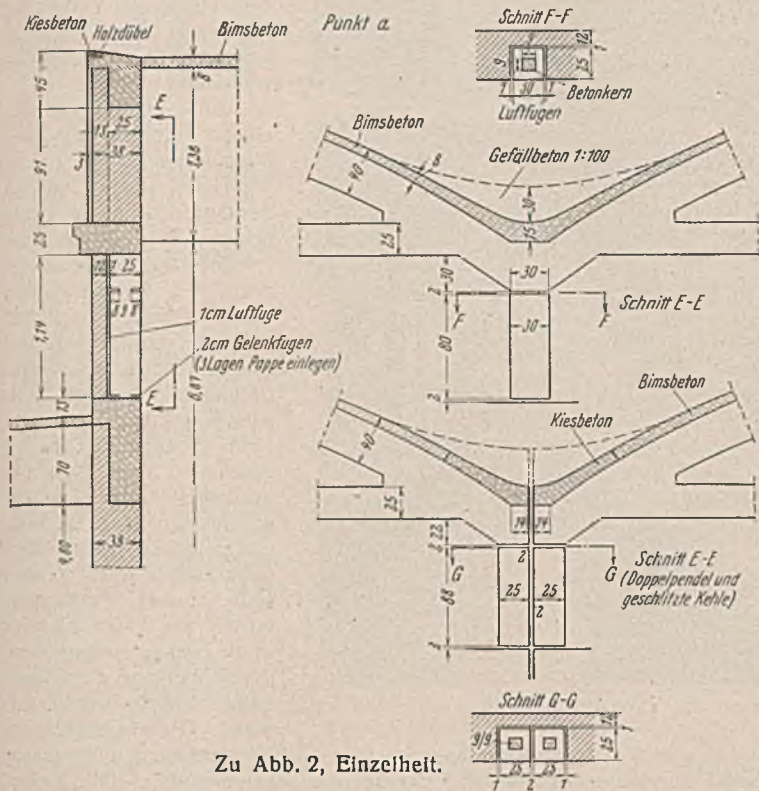


Abb. 2. Ausgeführter Entwurf der Halle.

Hallengrundfläche. Der Krümmungshalbmesser der Schalen beträgt 7,50 m, ihre Gewölbspannweite ist 8,97 m für die Innen- und 8,83 m für die beiden Außentonnen. Die Spannweiten der als Dreifeldträger wirkenden Schalengewölbe sind 19,555—19,62—19,555 m. Bei dem vorhandenen Bogenstich von 1,38 m, der ungefähr $\frac{1}{14}$ der Trägerspannweite beträgt, erübrigt sich für alle Innentonnen wegen der ausreichenden Höhe des Schalenträgers die Ausführung eines besonderen Schalenträgers. Die Kehle ist nur so zu bemessen, daß eine einwandfreie Abführung des Regenwassers nach den beiden Seitenwänden gewährleistet ist. Das erforderliche Gefälle 1 : 100 in den Kehlen wird durch Aufbeton hergestellt. Zur Versteifung der äußeren Ränder der beiden Außentonnen werden in den Stirnwänden Randträger ausgeführt, deren einer zugleich Sturzträger der Tore ist. Es stand zur Wahl, die Schale 6 cm dick in Kiesbeton oder 8 cm dick in Bimsbeton, in beiden Fällen ohne Knickrippen, auszuführen. Der Belichtung der Halle dienen Oberlichtbänder von 2,50 m Breite, die in sieben von den acht Gewölben auf eine Länge von 50,81 m eingeschnitten werden, außerdem die Fenster in den Umfassungswänden. Die der Torwand benachbarte Schale erhält kein Oberlicht. Die Schalenträger werden durch zwei in den Drittpunkten der Hallenbreite angeordnete achtfeldrige Rahmen mit nach einem Kreisbogen

Die Bauherrschaft neigte zunächst dazu, dem zuerst beschriebenen Entwurf den Vorrang zu geben. Die offensichtlichen Vorzüge des dann zur Ausführung bestimmten zweiten Vorschlags verfehlten indessen nicht ihre überzeugende Wirkung. In die Zeit der Planung fallen die ersten Maßnahmen zur beschränkten Verwendung der Baustoffe Stahl und Holz. Der Stahlminderbedarf beträgt für die ausgeführte Lösung etwa 30% gegenüber dem erstgenannten Entwurf. Ferner sind Krümmungshalbmesser und Gewölbspannweite der quer zu den Gleisachsen liegenden Tonnen so gewählt worden, daß zu ihrer Einrüstung das von früheren Bauten zur Verfügung stehende stählerne Zeiss-Netzwerk verwendet werden konnte. Der Holzbedarf für die Gerüstböcke des Netzwerks und für die Einrüstung der Binder und Außenrandträger beläuft sich auf etwa 20% des Rüstholzes für die großen Tonnen. Zugleich wurde die Verwendung von vorhandener Blechschalung vorgesehen, so daß nur Binder, Stützen und Außenrandträger in Holz zu schalen waren. Vom betriebstechnischen Standpunkt aus ist zu sagen, daß in beiden Fällen die vorgesehenen Lichtflächen eine für den Verwendungszweck der Halle ausreichende Größe haben. In der Verteilung der Belichtung bestehen aber wesentliche Unterschiede. In der zuerst beschriebenen Halle, deren Oberlichtbänder in Richtung der Gleisstränge liegen, wird bei besetzten

gekrümmten Riegeln unterstützt (Abb. 2, Schnitt A—A), während sie an den Außenwänden ihre Lasten auf Bogenbinder mit Zugband abgeben (Abb. 2, Schnitt C—C und D—D).



Zu Abb. 2, Einzelheit.

durch verschiedene Darstellung die Übergänge vom Kies- zum Bimsbeton kenntlich gemacht.

Für die Bewehrung sämtlicher Bauglieder kam Handelsrundisen mit einer zulässigen Spannung von 1200 kg/cm² zur Verwendung. Die in der Schale auftretenden Zugkräfte werden von fein verteilten, dünnen Eisen aufgenommen, die der Richtung der Hauptzugspannungen folgend verlegt wurden.

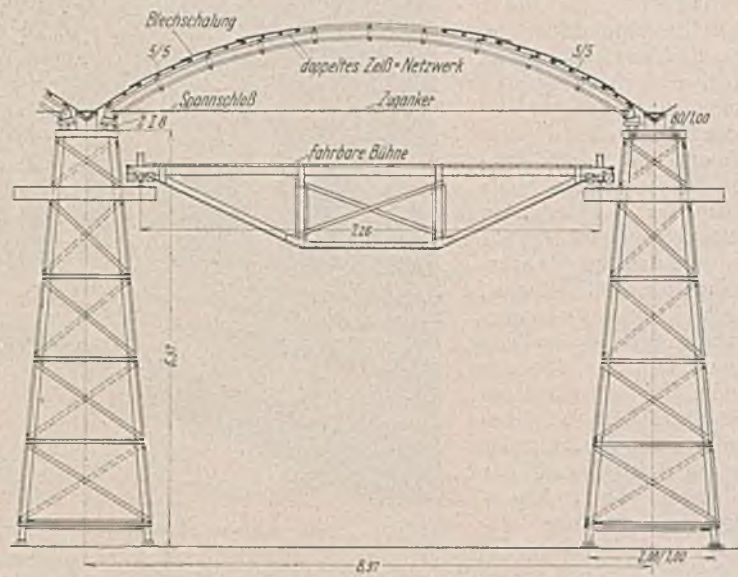


Abb. 3. Rüstung und Schalung.

Gleisen der Lichteinfall auf die Verkehrswege zwischen den Wagenreihen behindert, und zwar um so mehr, je weiter das Gleis vom Oberlicht entfernt ist, so daß die Streifen beiderseits der Hallenstützen am dunkelsten sind. Die quer zu den Gleisen verlaufenden Oberlichtstreifen des ausgeführten Entwurfes gewährleisten eine gleichmäßige Belichtung aller Gleisstränge. Die vergleichsweise enger liegenden Lichtquellen, deren Fläche 28% der Grundfläche ausmacht, geben, unterstützt durch die gute Rückstrahlung von der gekrümmten und glatten Innenlaibung der Schalen, eine sehr gleichmäßige Ausleuchtung des ganzen Hallenraumes. Diesen Zustand lassen auch die Innenaufnahmen (Abb. 4 u. 5) deutlich erkennen. Schließlich ist von nicht zu unterschätzender Bedeutung, daß der umbaute, mithin zu beheizende Raum des Ausführungsentwurfes etwa 13% kleiner ist.

Die ursprüngliche Absicht, die Eisenbetondachhaut mit einem besonderen Wärmedämmmittel zu belegen, konnte man fallen lassen, als die Möglichkeit geboten wurde, die Schalengewölbe in tragfähigem Bimsbeton herzustellen. Bei früher ausgeführten Hallenbauten hatte die Verwendung dieses Leichtbetons, der den Vorzug guter Wärmedämmung mit ausreichender Festigkeit vereinigt, allen Erwartungen voll entsprochen. Das für diese Zwecke geeignete Mischungsverhältnis für 1 m³ feste Masse wurde dabei ermittelt zu

- 350 kg hochwertiger Zement,
- 0,45 m³ Kiessand 0 bis 7 mm,
- 0,85 m³ Bimskies 1 bis 20 mm.

Der so zusammengesetzte Bimsbeton hatte Würfelstärken nach 28 Tagen von mindestens 120 kg/cm². Die zugelassene Druckspannung beträgt 35 kg/cm².

Die höher beanspruchten Tragwerkteile, wie Stützen, Binder und Randträger in der Tor- und Rückwand, wurden in Kiesbeton mit 325 kg hochwertigem Zement auf 1 m³ feste Masse ausgeführt. In Abb. 2 sind

Nach eingehender Überlegung ergab sich bei geeigneten baulichen Maßnahmen die Möglichkeit, das ganze Hallendach ohne durchgehende Dehnungsfugen auszuführen. Die nicht unterteilte Breite der Halle von 59 m ist ein nicht unbedeutender Abschnitt. Der durch Temperaturschwankungen und Schwinden hervorgerufene Einfluß der Längenänderungen der Schalengewölbe auf die unterstützenden Tragwerke wird durch die Wahl großer Schlankheitsgrade der Stützen in kleinen Grenzen gehalten. Die Stiele der Rahmenbinder haben einen Schlankheitsgrad

von 18, die Außenstützen der anbaufreien Seite sogar einen solchen von 27, so daß infolge des Ausweichens der Stützenköpfe nur verhältnismäßig geringe Biegungsspannungen in den Stützen auftreten können. Um den Anbau vom Arbeiten der Halle unabhängig zu machen, ist er in sich standfest durchgebildet worden. Die Hallenbinder dieser Seitenwand haben bewegliche Auflager, gebildet durch oberhalb des Anbaudaches angeordnete Pendel, die ungehinderte Längenänderungen der Dachhaut zulassen (Abb. 2). Obwohl die Halle 72 m lang ist, kann auch in dieser Richtung auf eine Dehnungsfuge verzichtet werden. Die Rahmenbinder mit gebogenem Riegel und die Schalen haben für Temperaturwechsel und Schwindvorgang ein weit-

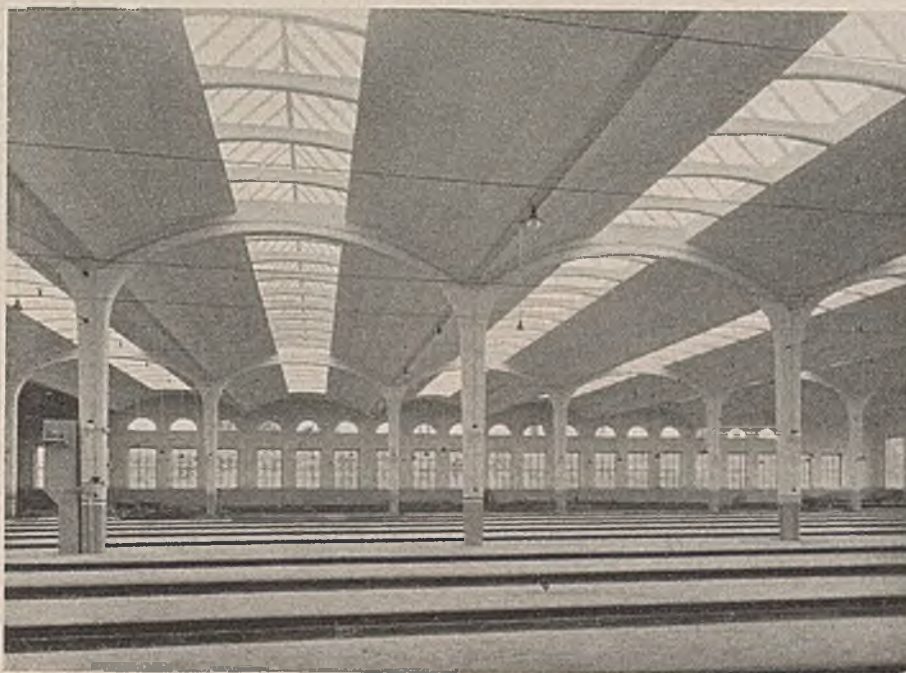


Abb. 4. Inneres der Halle, quer zu den Gleisen gesehen.

gehendes „Atmungsvermögen“ in senkrechter Richtung und lassen damit große dehnungslose Abschnitte zu. Die Bogenbinder mit Zugband in den Seitenwänden haben dieses günstige Verhalten nicht. Deshalb werden je zwei von ihnen zu einem Abschnitt zusammengefaßt und die Köpfe jeder zweiten Stütze auf eine Länge von 2 m und auf 2 cm Breite geschlitzt (Abb. 2, Grundriß und Schnitt D—D). In gleicher Weise wird die dazugehörige Kehle der Schale aufgeschnitten. Auf der Anbauseite ist die gleiche Absicht durch die Anordnung von Doppelpendeln unter gleichzeitiger Schlitzung der Schalengehellen erreicht (Abb. 2, Schnitt C—C und Einzelheit). Die Fugen konnten verhältnismäßig geringe Längen erhalten, weil ihr Abstand von

einander nur 17,94 m beträgt. Natürlich mußte eine sorgfältige Bewehrung dieser Punkte, vor allem am Übergang vom einheitlichen zum geschlitzten Bauglied vorgenommen werden.

Die für die ganze Halle gleichbleibende Form des Schalendaches führte dazu, eine nur teilweise Einrüstung vorzusehen und diese entsprechend dem Baufortschritt laufend wieder zu verwenden. Die Größe des einzurüstenden Hallenteiles ergibt sich aus den erforderlichen Arbeitsflächen für das Einschalen, Flechten und Betonieren sowie aus den notwendigen Erhärtungsfristen für den Beton. Das Zeitmaß dieses „Fließbetriebes“ wird bestimmt durch den Zeitpunkt für die Fertigstellung des Rohbaues. Im vorliegenden Falle wurden Rüstung und Schalung für

drei Gewölbereihen beschafft, beides also $2\frac{2}{3}$ mal verwendet. Die bauliche Durchbildung des Gerüsts ist in großen Zügen aus Abb. 3 zu ersehen. Auf abgebundenen Holztürmen, die wegen ihrer leichten Bauart schnell und ohne aufwendige Hilfsmittel umgelegt, befördert und wieder aufgestellt werden können, ruht das

elserne Zeiss-Netzwerk. Dieses wirkt statisch als freitragender Zweigelenkbogen mit Zugband, wobei die doppelmatige Ausführung des Netzwerks die erforderliche Knicksteifigkeit verbürgt. Auf der oberen Matte werden hölzerne Pfetten 5/5 cm verlegt. Die etwa 1 m² großen und 2 mm dicken Tafeln

der Blechschalung haben einen umgebördelten Rand, der hinter die Pfetten greift und das Abrutschen der Platten verhindert. Ein im oberen Teil der Gerüsttürme angebrachter Kragbalken trägt die Laufschienen für eine fahrbare Bühne, von der aus das Netzwerk laufend aufgebaut und nach Erhärten des Betons wieder auseinandergenommen wird. Die gewählte Art der Einrüstung gewährleistet durch die Werkstattanfertigung

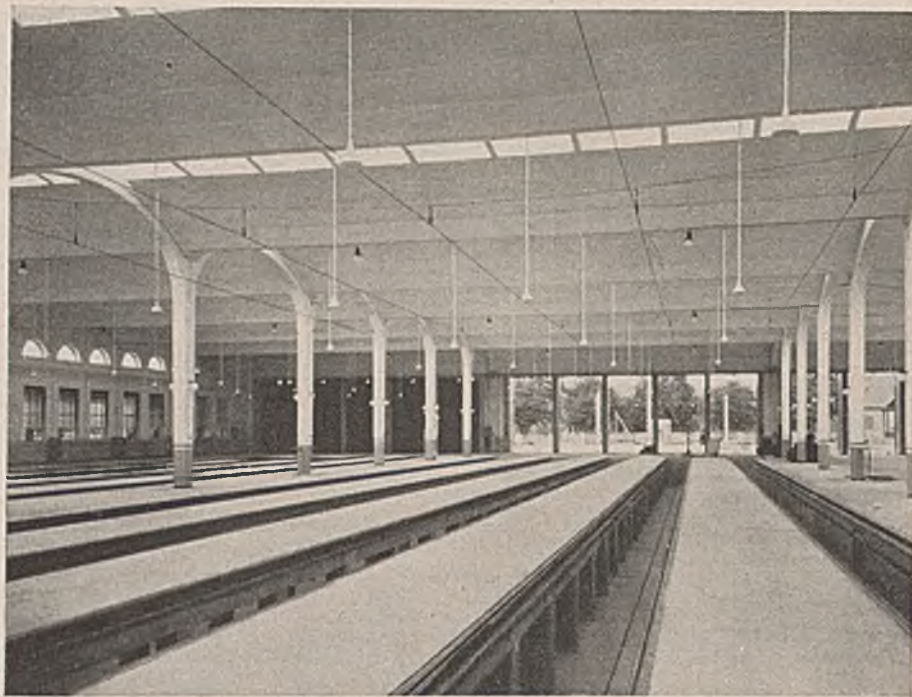


Abb. 5. Inneres der Halle, gegen die Torwand gesehen.

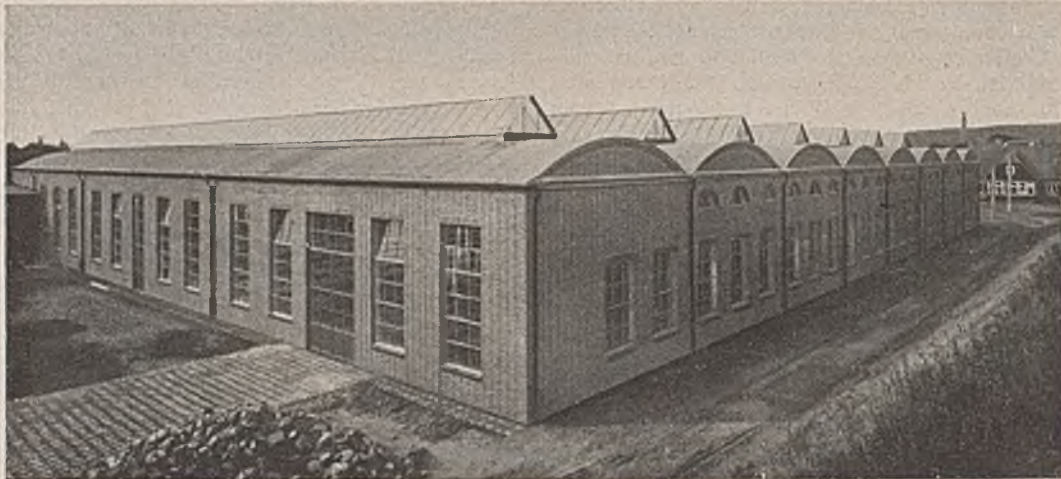


Abb. 6. Außenansicht der Halle.

der einzelnen Teile des Netzwerks eine sehr genaue Ausführung der Gewölbeform.

Abb. 4 u. 5 vermitteln einen Eindruck von der Raumwirkung im Innern der Halle. Einen Blick in der Querrichtung der Halle bringt Abb. 4, in der die feingliedrige und gefällige Form der Rahmenbinder, deren gekrümmte Riegel noch die Leichtigkeit des ganzen Tragwerks betonen, besonders ins Auge fällt. Abb. 5 gibt die Innenansicht gegen die Torwand gesehen. Sie bringt die Spannweite eines Hallenschiffes gut zur Wirkung und zeigt die gleichmäßige Belichtung des ganzen Hallenraumes. Ferner vermittelt sie einen Einblick in die Besichtigungsgruben, deren bauliche Gestaltung keine Besonderheiten aufweist. Die auf beiden Bil-

dern wahrnehmbaren Überlappungsstöße der Blechschalung geben eine nicht unerwünschte Belebung der unteren Schalenleibung. Die Außenansicht gegen die Rückwand und die anbaulose Seitenwand (Abb. 6) zeigt die sorgfältige künstlerische Behandlung des Bauwerks und beweist, daß die sichtbaren Gewölbe bei geeigneter Einordnung in das Gesamtbild von guter Wirkung sein können.

Die Klarstellung aller Unterlagen bis zur Baureife, die architektonische Gestaltung und die Bauleitung lagen in den Händen des Architekten G. Gauß in Stettin. Wie schon erwähnt, wurde großer Wert auf Stahleinsparung gelegt.

Der Verbrauch von 19,5 kg Stahl für 1 m² überdeckte Hallenfläche für sämtliche Bauglieder ab Schienenoberkante einschließlich des Schalendaches beweist das Gelingen dieser Absicht. — Zum Schluß sei noch erwähnt, daß nach Besichtigung der fertigen Halle durch die maßgebenden Herren der zuständigen Reichsbahndirektion der Bau einer ähnlichen Triebwagenhalle beschlossen und durchgeführt wurde.

Vermischtes.

Bücherschau.

Ministerialrat Plarre 60 Jahre alt. Am 27. März d. J. vollendete Ministerialrat Kurt Plarre das 60. Lebensjahr. Er ist bekannt als der Erbauer des Schiffsbewerks Niederfinow¹⁾, dessen Entwurfsbearbeitung und Bauausführung er geleitet hat. Er war dann bei der Elbstrombauverwaltung Magdeburg tätig, wo er für den Bau des Südflügels des Mittellandkanals, der kanalisierten Saale und des Elster-Saale-Kanals zuständig war. Vor jetzt drei Jahren wurde er als Ministerialrat in das Reichsverkehrsministerium als Nachfolger von Ministerialrat Dr. Ing. Ellerbeck einberufen. Hier bearbeitet er im Bereich der Reichswasserstraßenverwaltung die Brückenbauten und sonstige statisch schwierige Fragen, das Baustoffwesen und die Personalien der höheren Baubeamten.

Internationaler Ständiger Verband für Schiffahrtskongresse. Der Militärbefehlshaber in Belgien und Nordfrankreich hat den Ministerialrat im Reichsverkehrsministerium Erich Leopold in Berlin zum Kommissar für den Internationalen Ständigen Verband für Schiffahrtskongresse in Brüssel bestellt.

¹⁾ Bautechn. 1930, S. 676 u. 686; 1934, S. 161 u. 176; 1935, S. 333 u. 345. — Als erweiterter Sonderdruck. Berlin 1935, Wilh. Ernst & Sohn.

Heraklith, Technische Anleitungen. Herausgeber: Österr. Magnesit-AG, Hauptverwaltung München. 140 S. Leipzig 1940, Bibliograph. Institut AG.

Man findet in dem Büchlein sehr brauchbare, jede Einzelheit behandelnde Angaben zu den vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten der bekannten Leichtbauplatte. Die 156 beigelegten Abbildungen erscheinen besonders wertvoll.
C. Kersten.

INHALT: Der Bau einer Reichsautobahn-Talbrücke. — Spannungen im Grundkörper und Baugrund. — Preisermittlung und Kostenüberwachung im Baubetriebe, ein Weg zur Leistungssteigerung. — Eine Straßenbahnwagenhalle in der Schalenbauweise Zeiss-Dywidag. — Vermischtes: Ministerialrat Plarre 60 Jahre alt. — Internationaler Ständiger Verband für Schiffahrtskongresse. — Bücherschau.

Verantwortlich für den Inhalt: Dr. Ing. Erich Lohmeyer, Oberbaudirektor a. D., Berlin-Steglitz, Am Stadtpark 2. — Verlag: Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin W 9. — Druck: Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.