

# DIE BAUTECHNIK

18. Jahrgang

BERLIN, 22. März 1940

Heft 12

Alle Rechte vorbehalten.

## Ein Landhandelsspeicher in einem Seehafen.

Von Walter Mundt.

Pa 355

Der im folgenden beschriebene Speicher ist an Stelle eines um das Jahr 1805 erbauten und nach 1870 mehrfach erweiterten Speichers getreten. Der alte Speicher war in seiner schlichten und wuchtigen Form ein Wahrzeichen des Hafens, mußte aber weichen, da er mit seinen 700 t Fassungsvermögen zu klein und seine Maschinenanlage den heutigen Anforderungen nicht gewachsen war. Er wurde abgebrochen und an seiner Stelle ein jeder Anforderung der neuzeitlichen Lagertechnik genügender Schachtspeicher mit einem Fassungsvermögen von rd. 4000 t errichtet.

In das neue Gebäude mußte der gesamte Handels- und Geschäftsbetrieb einer alteingesessenen Firma aufgenommen werden. Daraus ergab sich für die Entwurfsbearbeitung die Aufgabe, alle einzelnen Betriebsvorgänge in ihrer Bedeutung für das Geschäft selbst und für den beabsichtigten Speicherbetrieb zu erkennen und sie dementsprechend einzuordnen. Die Hauptzweige des Betriebes sind der Groß- und Kleinhandel mit Getreide sowie die Einlagerung des Getreides, der Mehl- und Futtermittelhandel (Schrotmühlbetrieb), der Kohlen- und Düngemittelhandel und dazu die Bearbeitung und Lagerung von Saatgut.

Der Speicher ist mit allen Maschinen ausgerüstet, um jede Art der Anlieferung, Bearbeitung und Abgabe übernehmen zu können. Die wichtigsten sind in Abb. 3 bis 6 dargestellt. Für die Annahme kommen drei Richtungen in Betracht: Land, Gleis und Wasser. Die Landannahme hat bei der Bestimmung des Speichers als Landhandelsspeicher die größte Bedeutung, sie liegt an der Hafenseite auf der vom Vordach geschützten Rampe (Abb. 1). Die Möglichkeit, auch von der Straße her gesackte Ware (die meiste Ware kommt vom Bauern gesackt an den Speicher) anzunehmen und zu lagern, kann als zweite Annahme gelten. Außerdem kann mit Hilfe einer Winde Sackware auf den übrigen Böden, hauptsächlich auf dem Boden 2 (Sackboden) gelagert werden. Diese Anlage ist für den Saatgutverkehr vorgesehen, trotzdem besteht natürlich die Möglichkeit, bei Stoßbetrieb (in der Druschzeit) auf sie für die Annahme zurückzugreifen.

Die Leistungsfähigkeit der Annahmestellen kann bei kleineren und mittleren Speichern nie zu hoch bemessen werden, da der Annahmehetrieb bei Landhandelsspeichern im Gegensatz zu Einfuhrspeichern sich fast ausschließlich auf ganz bestimmte Zeiten zusammendrängt. Eine sehr große Belastung der Annahmestellen tritt zusätzlich dadurch auf, daß die Anliefernden gleichzeitig Kunden sind und ihren einschlägigen Bedarf am Speicher decken. Da die Abfertigungsstrecken begrenzt sind, beeinträchtigt dieser Umstand die Tagesleistung ganz erheblich, ohne die Maschinen selbst erhöht zu beanspruchen. Die Kenntnis der Gewohnheiten der Kunden und Lieferanten ist deshalb für die Gestaltung der Anlagen wesentlich, wenn es nicht später zu Verstopfungen, d. h. Ansammlungen unabgefertigter Fahrzeuge, kommen soll. Bei Speichern größeren Fassungsraumes können derartige Zustände zu schweren betrieblichen und geschäftlichen Schäden führen. Deshalb ist im vorliegenden Falle noch eine weitere Annahmestelle für Landfahrzeuge vorgesehen,

und zwar eine am Kai geschaffene Einwurfgrube, die von der Saugluft-Förderanlage (Abb. 1 u. 6) bedient wird. Sie hat — als Landannahme — in erster Linie die Aufgabe, bei Betriebsstörungen an den übrigen Ein-speichermaschinen einzugreifen. Eine Grenze findet die Arbeit der Gesamtannahmeanlage in der Leistung der vorhandenen Belegschaft und in der Möglichkeit, sie an den verschiedenen Plätzen einzusetzen.

Die Anlagen für die Abnahme der mit der Eisenbahn ankommenden Waren sind nicht sehr umfangreich, da sie nicht in dem Maße wie die Landannahme benötigt werden. Natürlich war mit einer bestimmten Menge in der Annahme abzufertigender Wagen zu rechnen, doch können

die Ankunftszeiten ohne jeden Schaden so beeinflußt werden, daß sie den Landverkehr in der Spitze nicht stören. Als Abfertigungsstand für ankommende Wagen dient in erster Linie die hafenseitige Rampe, die allerdings nur bei sehr geringem Landverkehr hierfür zur Verfügung steht. Als zweite Annahme ist die bereits erwähnte, von der Saugluftanlage bediente Einwurfgrube am Kai eingerichtet. Sie kann außer von Landfahrzeugen auch vom Gleise her beschüttet werden und ist so gebaut, daß sowohl die üblichen gedeckten Wagen, die mit Sackware ankommen, als auch die immer mehr in Gebrauch kommenden Kibbelwagen mit loseem Gut abgefertigt werden können.

Das dritte Anfahrtsmittel ist das Wasser. Das Entladen der ankommenden Schiffe ist die Hauptaufgabe der Saugluftanlage. Zumeist wird nur zur Einspeicherung angenommen werden, da der unmittelbare Umschlag vom Schiff zum Bahnwagen infolge der ungünstigen Eisenbahnverbindungen zu umständlich und teuer ist. Der in Einfuhrhäfen häufigste Fall des Beladens von Flußkähnen unmittelbar aus den Seeschiffen scheidet im vorliegenden Falle aus. Die Wassertiefe in Fahrtrinne und Hafen reicht durchaus für Seeschiffe der für Kornfrachten

üblichen Größe aus, Flußkähne kommen aber nicht in Betracht, weil der Hafen keine unmittelbare Wasserstraße ins Binnenland hat, der Weg der Flußschiffe vielmehr zunächst über die offene See gehen müßte. Die Hauptaufgabe der wassersseitigen Annahme wäre also das Löschen zum Einspeichern und zur späteren Abgabe in kleineren Mengen. Da aber der Speicher in erster Linie als Auffang für die Landanlieferung gedacht ist, sind größere Umschlagmengen nur in Ausnahmefällen in der wassersseitigen Annahme zu erwarten.

Von der hafenseitigen Annahme gelangt das Gut über zwei Bunker zu den Annahmestellen, welche die Förderung in waagerechter Richtung nach den Becherwerken übernehmen (Abb. 5). Diese haben wie die meisten anderen Maschinen eine Leistung von 30 t je Stunde. Die angenommene Sackware wird zur Entleerung an die auf dem Rampenboden und den anderen Lagerböden angeordneten Einschüttöffnungen gekarrt und mittels entsprechend geschalteter Rohrleitungen den für die Förderung vorgesehenen Becherwerken zugeführt. Alle Sackeinschüttungen sind mit vertieft liegenden Rosten versehen, so daß das Entleeren der Säcke auf bequemste Weise geschehen kann. Die Saugluft-Förderanlage saugt durch

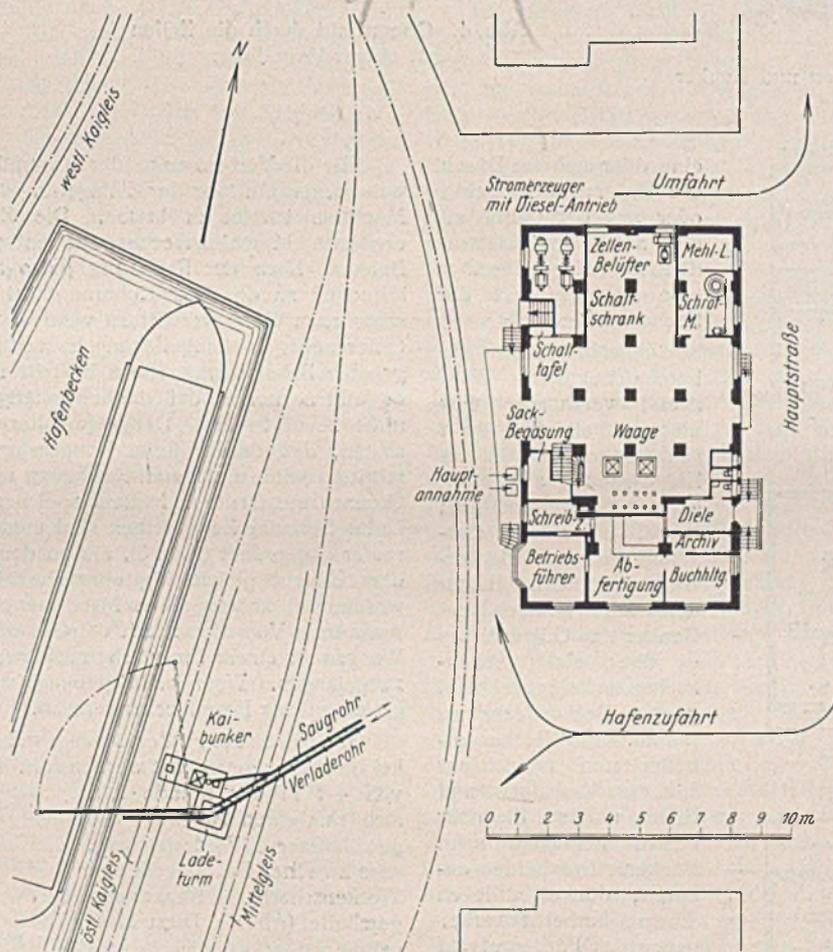


Abb. 1. Lageplan, Rampengeschoß des Speichers.

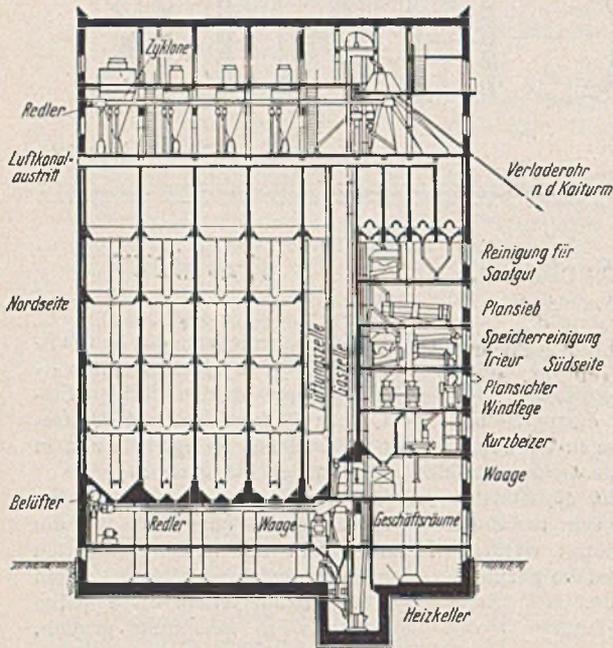


Abb. 3. Längsschnitt durch Zellen und Bunker mit Maschinenanlage.

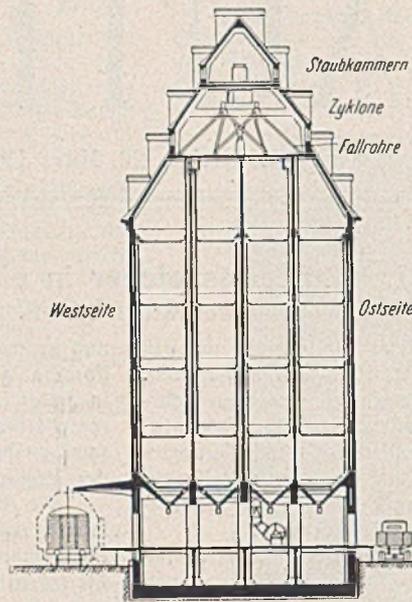


Abb. 4. Querschnitt durch die Zellen mit oberer Verteilung.

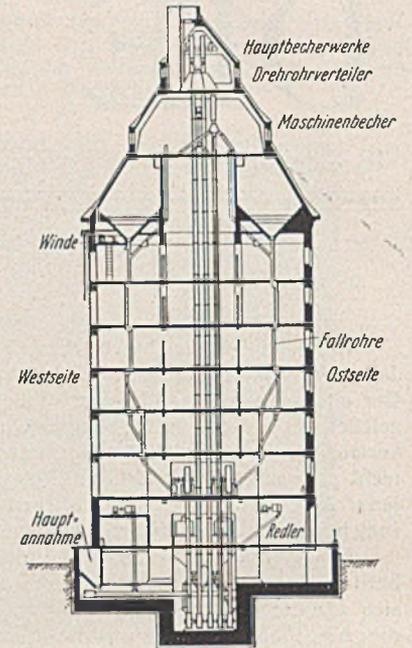
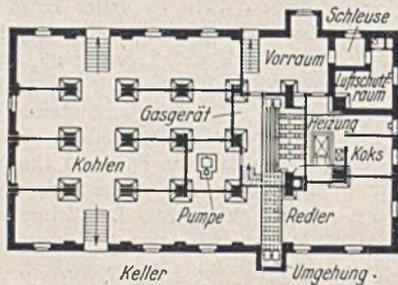
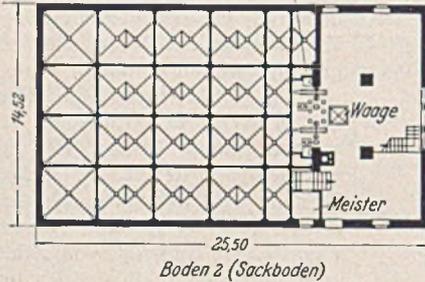


Abb. 5. Querschnitt mit den Becherwerken.



Zwischenluftkammer für die Bunker



Boden 2 (Sackboden)

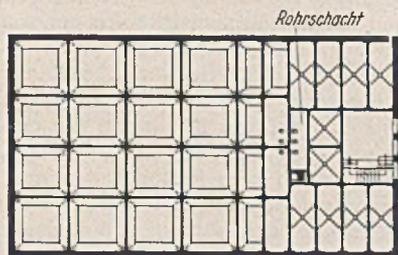
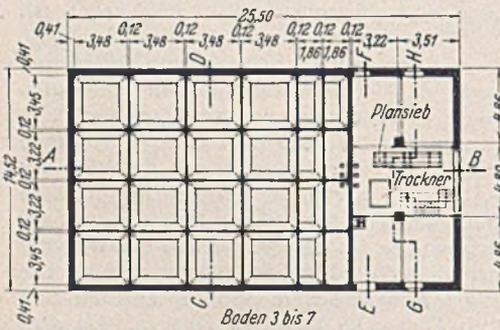


Abb. 2. Grundrisse.

eine oder mehrere Düsen das Gut aus dem Schiff oder aus der Grube zu dem auf Boden 3 stehenden Abscheider, der über eine Schleuse auf die Becherwerke abgibt.

Gewöhnlich wird die hereingenommene Ware zuerst verwogen. Für diese Arbeit sind zwei selbsttätige Waagen im Erdgeschoß aufgestellt (Abb. 3). Sie werden durch kurze, unter den Gaszellen endende Becherwerke bedient. Unter den Waagen nehmen zwei Bunker das Gut auf, um es über einen Schaltkasten an eins der drei großen Becherwerke zu führen. Ein Becher arbeitet nun unmittelbar auf die Maschinen und Böden und auf die über diesen liegenden zehn Bunker. Die beiden anderen, die eigentlichen Einspeicherbecherwerke, geben das Fördergut auf einen doppelten Drehrohrverteiler ab. Dieser kann alle Maschinen, Bunker und Böden sowie die in unmittelbarer Nähe liegenden Zellen beschießen, außerdem kann er das Gut den beiden Längsförderern (Redlern) zur Verteilung übergeben. Sie leiten es über die angeschlossenen Rohre in die Zellen. Die Anordnung der Redler und Fallrohre ist so getroffen, daß jeder Redler drei Zellenreihen bedient, die beiden Förderer sich also überschneiden (Abb. 3 und 4).

Für die Verbesserung der Lagerfähigkeit des Getreides ist es notwendig, das Gut vor der Einlagerung durch eine Reinigungs- (Aspirations-) Maschine laufen zu lassen. Die Zuführung übernimmt das bereits erwähnte Maschinenbecherwerk entweder unmittelbar oder über die Bunker. Nach der Reinigung gelangt das Getreide dann durch Rohrleitungen zu den Einspeicherbechern, um von diesen in der besprochenen Weise verteilt zu werden. Das Getreide ist nicht wie tote Güter unbegrenzt lagerfähig. Es verlangt eine seinen Eigenschaften angepaßte Behandlung. Diese besteht in der Hauptsache darin, das Gut so kühl zu halten, daß die Lebenstätigkeit des Korns unterbrochen, aber nicht zerstört wird. Der Lagerhalter hat daher die Aufgabe, darauf zu achten, daß die kritische Temperatur und Feuchtigkeit nirgends überschritten wird, und durch Bewegung und Bearbeitung des Getreides diese Grenzen einzuhalten. In dem Speicher ist der Umlauf voll mechanisiert. Unter den vier Zellenreihen sind unmittelbar an den Ausläufen Sammelredler angeordnet (Abb. 3), die zu den Becherwerken führen. Wenn mit dem Umlauf gleichzeitig eine Durchlüftung und Reinigung verbunden werden soll, übernimmt der Maschinenbecher die Förderung zur Reinigungsmaschine. Von dieser fällt das Gut unter Benutzung oder Umgehung der Waagen zu einem Einspeicherbecherwerk, um dann in die frische Zelle zu gelangen. Wenn nicht gereinigt wird, dann gibt der Sammelörderer gleich an das Hauptbecherwerk ab.

Ähnlich ist der Fördervorgang, wenn Lagergut mit schädlicher Feuchtigkeit künstlich getrocknet werden soll. Da die Trocknerei nur eine Leistung von 4 t in der Stunde hat, also nur einen Bruchteil der gewöhnlichen Förderleistung, wird zwischen Becherwerk und Trockenschacht ein Bunker eingeschaltet (Abb. 6). Diese Maßnahme ist erforderlich, damit der Unterschied in der Leistung beider Betriebsteile sich nicht auf die Betriebskosten auswirkt. Die Förderung braucht nur kurze Zeit bis zur Fällung

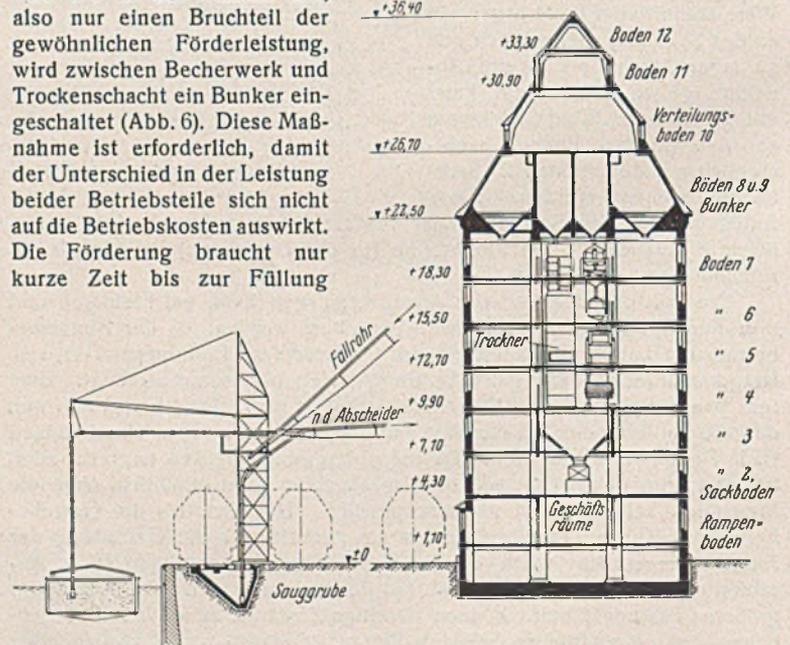


Abb. 6. Querschnitt mit Bunkern und Maschinen auf dem Bodenmittelteil.

des Bunkers mit voller Leistung zu laufen. Der Zulauf vom Bunker zum Trockner regelt sich selbsttätig. Vor und nach der Trocknung wird das Gut verwogen, so daß der Trocknungsverlust sofort festgestellt werden kann. Die zum Betrieb der Trockner erforderliche Wärme wird in einem Gliederkessel erzeugt, der im Keller aufgestellt ist.

Drei der acht kleinen Zellen sind für die Begasung solchen Lagergutes eingerichtet, das von Kornkäfern und sonstigen schädlichen Lebewesen befallen ist (s. Abb. 3). Die Bedienung dieser Zellen mit den tödlich wirkenden Gasen (meist ein Gemisch aus 10% Äthylenoxyd und 90% Kohlensäure) geschieht über eine im Keller neben der Becherwerksgrube angeordnete Begasungsanlage. Für die Entwesung schädlingsbesetzter Säcke ist die Sackkammer mit gasdichten Verschlüssen versehen und gleichfalls an die Gasgeräte angeschlossen.

Für die Pflege des Getreides, d. h. für seine Kühlung und Trocknung, ist weiter eine Einrichtung zur Belüftung der Zellen eingebaut (Patentzellenlüftung). Diese hat den Vorteil gegenüber der mit der Reinigung verbundenen Lüftung, daß bei Ansteigen der Temperaturen das Lagergut nicht umgebechert zu werden braucht. In die Zellen wird ein kühler Luftstrom gepreßt, der dem Lagergut die Wärme nimmt. Damit nun die Lüftung gleichmäßig vor sich geht, sind in die Zellenwände Verteil- und Sammeldächer eingebaut. Dadurch wird erreicht, daß von der Kaltluft auch die sich am meisten erwärmende Kuppe erfaßt wird. Mit der Kühlung des Lagergutes — beruhend auf der Erwärmung der durchgedrückten Luft — ist gleichzeitig nach physikalischen Gesetzen ein Feuchtigkeitsentzug verbunden. Aus Abb. 4 ist die Führung der Lüftungskanäle der großen Zellen zu ersehen. Fünf kleine Zellen sind für eine besonders starke Lüftung eingerichtet, also auch als Krankenzellen benutzbar. In diese ist außerdem eine Reihe von Klappen eingebaut, die es gestatten, die Zellen auch teilweise zu lüften. Die Hauptzellen können nämlich nur dann gelüftet werden, wenn sie völlig gefüllt sind. Da in die Krankenzellen auch geringere Posten als die gesamte Zellenfüllung eingeliefert werden können, mußte die Belüftungsanlage entsprechend erweitert werden. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, nur die Kuppe oder einen anderen als behandlungsbedürftig festgestellten Teil der Füllung besonders nachdrücklich zu behandeln.

Der Belüfter, der mit einem Kraftaufwand von 15 PS arbeitet, saugt die Luft am Nordgiebel (Abb. 3) aus dem Freien an und drückt in der Stunde etwa 15000 m<sup>3</sup> mit einem Druck von 120 mm Wassersäule in die angeschlossenen Zellen. Die Luft nimmt ihren Weg durch einen Querkanal, um von dort in vier Längsluftkammern zu gelangen. An diese vier Kanäle sind alle Zellen mit Drosselklappen angeschlossen, so daß die Belüftung jeder einzelnen Zelle geregelt werden kann. Die Bedienung der Teillüftung geschieht von der Zellendecke aus durch einfache Stechschieber, mit denen die abschließenden Klappenschieber der Kanäle durch Seile verbunden sind.

Zur Überwachung der Temperaturen des in den Zellen liegenden Getreides ist eine elektrische Fernmeßanlage eingebaut, die es gestattet, durch einfache Schaltung im Erdgeschoß die Temperaturen jeder einzelnen Zelle in verschiedenen Höhen festzustellen. Die Thermometer und das Leitungskabel hängen an einem an der Zellendecke befestigten und in der Trichterdecke geführten Stahlsell, das die beim Entleeren der Zellen auftretenden, recht beachtlichen Zugkräfte aufnimmt und eine sichere Lage der Meßpunkte gewährleistet. Von den Geräten zur Überwachung des Zelleninhalts ist die elektrische Bohrsonde noch zu erwähnen. Diese gestattet es, zur Untersuchung Proben des Lagergutes von jeder Stelle der Zelle zu entnehmen. Um den Staubaustritt aus den Becherwerken und Maschinen in die Speicherräume zu verhindern und die Meßgenauigkeit der Waagen zu erhalten, wird der Staub an sämtlichen Stellen, an denen er aufwirbeln kann, abgesogen, durch einen Zyklon abgeschieden und gesammelt (Zentralaspiration).

Der letzte Betriebsvorgang ist als Abschluß der Einlagerung die Abgabe. Das Gut kann sowohl gesackt als auch lose abgegeben werden. Die Absackung geschieht in einfachster Weise über die fahrbare Absackwaage. An den Eckzellen besteht bei den meisten Speichern der Nachteil, daß bei der Verladung sehr lange Karrwege entstehen. Diesem Übel ist hier dadurch begegnet worden, daß die Sammelredler unmittelbar unter den Zellenausläufen liegen, und zwar so hoch, daß unter den Redleröffnungen die Waage verschoben werden kann (Abb. 3). Hierdurch ist es möglich, das Gut bis in die Nähe der Verladeluke zu schaffen und unmittelbar vom Redler abzusacken. Dabei werden natürlicherweise Arbeitskräfte gespart, so daß die Stromkosten bei dem geringen Bedarf des Trogkettenförderers nicht ins Gewicht fallen. Die auf den einzelnen Böden liegenden Güter können außer auf dem Sackboden auch unmittelbar auf dem Arbeitsboden abgesackt werden. Die Verladung vom Sackboden geschieht unmittelbar aus der Luke, was für Lastzüge Vorteile bietet, oder bei Bahnwagenverladung über eine bewegliche Sackrutsche zum Rampenboden. Eine weitere Möglichkeit zum Absacken besteht am Kaiturm. Für die Verladung losen Gutes ist ein Verladerohr unmittelbar vom Drehrohrverteiler nach der Kaianlage vorgesehen. Dieses Rohr ist so eingerichtet, daß es sowohl Schiffe und Kähne als auch Eisenbahnwagen — gewöhnliche und Kübelwagen — beladen kann (Abb. 1 u. 6).

Der Saatgutreinigungsbetrieb hat eine stündliche Leistung von etwa 2,5 t. Für die Bearbeitung sind alle Maschinen eingebaut, die eine derartige Anlage erfordert. Aus den Schnitten (Abb. 2 u. 3) ist ihre Aufstellung und teilweise auch ihre Schaltung zu erkennen. Die einzelnen Saatgutmengen sind im Verhältnis zur Gesamtlagerfähigkeit gering. Aus diesem Grunde wurde es erforderlich, kleine Zellen und Lagerplätze zu schaffen. Dafür stehen nun die zehn in der Traufhöhe gelegenen Bunker, von denen acht noch mit einer einfachen Lüftungsanlage versehen sind, sowie jeweils vier Bodenabschnitte auf jedem einzelnen Boden zur Verfügung. Zur Bewegung des Gutes auf den Böden sind Fallrohre angeordnet, die es gestatten, das Getreide auf tiefer gelegene Böden ablaufen zu lassen. An den Durchgängen der Fallrohre durch die Decken sind Vierwegestützen eingebaut, durch die es möglich ist, das Gut in vier Bahnen zu lenken. Die Fallrohrschaltung mit den Anschlüssen der Vierwegestützen zeigt Abb. 5. Ein Teil der Decken ist außerdem mit Rieselöffnungen versehen.

Der Kleinverkaufsteil mit Mehlkammer, Schrotmühle, Kuchenbrecher usw. ist an der Straßenseite angelegt und von der Rampe her erreichbar (Abb. 1). Der gesamte Kleinverkauf ist also praktisch von dem sich hauptsächlich an der Hafenseite abspielenden Großverkehr getrennt. Damit ist eine Forderung erfüllt, die in einem solchen gemischten Betriebe unbedingt sowohl aus betrieblichen Gründen als auch der Sicherheit wegen (Einkauf durch Kinder) gestellt werden muß.

Ein gleichfalls nicht nur an den Ort, sondern unmittelbar an den Hafenplatz gebundener Geschäftszweig mußte bei der Planung des Speichers berücksichtigt werden, der Kohlenhandel. Der Hauptumschlag wird im Herbst über die Halde abgewickelt. Um aber den laufenden Bedarf während des ganzen Jahres sicherzustellen, ist fast der gesamte Kellerraum für die Kohlenlagerung eingerichtet; es können über 250 t Kohle gelagert werden. Das Einbringen geschieht durch Deckel in der Rampendecke oder auch über unmittelbare Zugänge. Zur Abgabe ist die Anlage so eingerichtet, daß später eine kleine Förderbahn eingebaut werden kann.

Für die Stromversorgung des gesamten Speicherbetriebes sind in der Nordwestecke des Rampengeschoßes (Abb. 1) zwei Gleichstromerzeuger mit Dieselmotoren von je 70 PS Leistung aufgestellt. Der Strombedarf des gewöhnlichen Betriebes kann von einem Maschinensatz voll gedeckt werden. Nur wenn die Saugluftanlage (46 PS) mitarbeitet, muß auch die zweite Maschine laufen. Diese Zweiteilung hat neben der Betriebskostensparnis noch den Vorteil, daß bei Ausbesserungen an einer Maschine nicht der ganze Betrieb stillzuliegen braucht. Da auch das Ortsnetz mit Gleichstrom betrieben wird, kann bei völligem Ausfall der Anlage auf dieses umgeschaltet werden. Unter der Hafensrampe liegt ein Behälter für 20000 l Brennstoff. Für die Beschaffung des Kühlwassers ist ein besonderer Kanal vom Hafen her angelegt, aus dem die Maschinen ihren Bedarf entnehmen. Die Schaltanlage für die Stromverteilung liegt im Maschinenraum, desgleichen das elektrische Stellwerk für alle Speicheranlagen mit dem Leuchtschaltbild.

Vor Abbruch des alten Speichers wurden in unmittelbarer Nähe Probebohrungen ausgeführt, um festzustellen, in welcher Tiefe ein für die Speicherlasten tragfähiger Baugrund anstand. Es wurde bis zu — 2,25 m (Oberkante Gleis = ± 0) gelber, welcher Lehm gefunden, darunter ein blaugrauer, sehr fester Ton. Diese Tonschicht konnte als tragend angenommen werden. Grundwasser wurde bei den Bohrungen nicht festgestellt, was sich aus der geringen Durchlässigkeit der zwischen Hafen und Bauwerk liegenden Tonbank erklärt. Dieser Umstand kam der Ausführung zugute, da sehr wenig Wasserandrang auftrat und selbst bei der Herstellung der tiefen Becherwerksgrube die Pumpen nur wenige Stunden täglich zu arbeiten brauchten. Von der Sohle aus eingetriebene Bohrlöcher ergaben, daß bis zu 10 m Bohrlochtiefe der außerordentlich harte und feste Ton anstand. Deshalb konnte ohne Gefahr eine Bodenpressung von 3,2 kg/cm<sup>2</sup> zugelassen werden. Dieser hohe Wert ergab sich aus der Forderung, daß die Grundplatte keine seitlichen Überstände haben sollte, da diese die Anordnung und Ausführung der Dichtungsschicht außerordentlich erschwert hätten.

Die 80 cm dicke Grundplatte ist als Pilzdecke berechnet und mit Baustahlgewebe bewehrt, an den Stützenfüßen im Bereich der Größtmomente unter Zulage von St 52. Die Wände der Becherwerksgrube, deren Sohlenunterkante auf — 5,40 m liegt, wurden auf Erddruck unter Berücksichtigung der Auflast berechnet und als liegende Rahmen ausgebildet. Die Grubensohle ist 1 m dick und als allseitig eingespannte, kreuzweise bewehrte Platte ausgebildet. Der Kesselraum ist etwa 80 cm über die Grubenwand vorgekragt, da der untere Teil der Grube wegen der Verteilerkästen nicht eingengt werden konnte. Der Redlergraben wurde vertieft und mit gefalzten Betonplatten abgedeckt. Dadurch wurde ein durchgehend benutzbarer Keller geschaffen, was der Kohlenlagerung zugute kommt.

Neben der Heizungsanlage sind im Keller noch die Begasungsgeräte und die Pumpe für die Saugluftanlage aufgestellt (Abb. 2). In der Südostecke liegt der Luftschutzraum, der außer von innen über einen be-

sonderen Eingang von der Straße her zugänglich ist. Er dient gleichzeitig als Aufenthaltsraum für die Gefolgschaft.

Der gesamte Kellerraum ist mit dreilagiger Pappe gedichtet, und zwar bis zu einer Höhe von + 0,30 m. Im Herbst und Frühjahr muß mit gewöhnlichen Hochfluten gerechnet werden, die diese Höhe erreichen. Außerdem sind Maßnahmen getroffen, die eine schnelle Sicherung der Kelleröffnungen gegen eine Fluthöhe von etwa + 1,10 m ermöglichen. Die höchste Flut erreichte im Jahre 1872 die Höhe von + 1,33 m. Zur Erinnerung an dieses Jahr war am alten Speicher eine Gußeisentafel mit Jahreszahl und Höhenmarke angebracht, die auch am neuen Speicher wieder eingesetzt wurde. Die Abdeckung der äußeren Schutzwand der Dichtung, die über Gelände als Sockel ausgeführt ist, bildet eine im aufgehenden Mauerwerk eingespannte, stahlbewehrte Rollschicht, die in der Lage ist, bei Setzungen des Baukörpers die Schutzwand mitzunehmen und so das Abreißen der Dichtung an der Bodenkante zu verhüten.

Auf der Kellerabschlußdecke, die als kreuzweise bewehrte Plattenbalkendecke ausgebildet ist, findet der Hauptverkehr statt (Abb. 1). Den südlichen Teil nehmen die Geschäftsräume mit einem besonderen Eingang und einer mit Klinkern verkleideten Diele ein. Sie bestehen aus einem Abfertigungsraum, der Buchhaltung, dem Zimmer für den Betriebsführer und Nebengelenken. Nach der Straße zu liegen Abort- und Waschräume.

An der Hauptannahme liegt die Sacklagerkammer, die auch zum Begasen von Säcken eingerichtet ist. Neben dieser geht die als Lasttreppe ausgebildete Treppe nach dem Boden 2. Über der Sackkammer liegt ein kleiner Meisterraum, der gute Übersicht über alle Vorgänge am Kai gewährt. In den Mittelfeldern liegen die beiden Annahmewaagen. Die unter ihnen angeordneten Aufnahmebunker sowie die zwei Sammelbunker daneben sind aus Eisenbeton hergestellt und an der Rampecke aufgehängt. Die beiden auf der Rampe liegenden, gleichfalls in Eisenbeton ausgeführten Annahmehaken sind auf den Außenwänden und den Wänden der Umgehung der Annahmeredler aufgelagert (Abb. 2 u. 5).

Die Decke unter den beiden 70-PS-Motoren ist als Ausgleich gegen die Schwingungen etwa 20 cm stärker ausgeführt, und die belasteten Balken sind durch Wände unterstützt, dadurch wird erreicht, daß die Schwingungen sich nicht auf andere Bauteile fortpflanzen. Auch unter der Schrotmühle ist die Decke verstärkt, doch galt es hier weniger, Schwingungen zu tilgen, als vielmehr zeitlich wesentlich weiter auseinander liegende Stöße aufzunehmen. Dies gelang durch eine geringe Verstärkung der Decke und ihrer Bewehrung.

Die Eisenbetonstützen unter den Zellen und Böden erhalten Auflasten bis zu 340 t. Da die Stützen zwischen Boden- und Zellenteil versetzt sind und an der Grenze die mittlere Zellsäule der Becherwerke wegen fehlen mußte, wurden seitlich der Grube zwei 60 x 160 cm dicke Stützen vorgesehen, die die aus beiden Richtungen kommenden Balken aufnehmen. Die Verbindungsriegel zwischen beiden Säulen, die sowohl in der Höhe des zweiten wie auch des dritten Bodens hohe Einzelasten aufzunehmen haben, sind in die Stützen eingespannt. Das Ganze ist als zweigeschossiger Einfeldrahmen gerechnet und ausgebildet.

Die Ausbildung der Trichterplatte ist bei Lüftungssilos in hohem Maße von der Führung der Luftkanäle abhängig. Diese liegen hier auf beiden Seiten der äußeren Säulenreihen, so daß jede Zelle erreicht wird. Da unmittelbar unter den Trichtermündungen die Sammelförderer angeordnet sind, brauchte auf Gefälle von der Zelle nach der Förderung keine Rücksicht genommen zu werden. Die Zellenausläufe konnten also annähernd in den Mitten angelegt werden. Durch die für diese Fälle vom Verfasser entwickelte Trichter- und Luftkanalform kann das Fassungs-

vermögen gegenüber der üblichen Kanalform erheblich erhöht werden. Die eigentliche Trichterplatte liegt auf den Längsbalken auf und ist als fest eingespannt berechnet. Um auch für die Randfelder annähernd gleiche Einspannungsverhältnisse zu schaffen, sind in den Außenwänden stark quersteife Balken angeordnet. Die Schrägen in der Längsrichtung zu den Ausläufen sind durch Aufstampfen von Leichtbeton hergestellt. Die fischbauchähnlich geformten Querbalken nehmen nur Wandlasten auf. Der von den Wänden übertragene Anteil an der Füllungsast ist allerdings infolge der Wandeinbauten verhältnismäßig groß. Durch diese Form der Balken wird aber erreicht, daß die Luftkammern zur Überprüfung der Drosselklappen bekriechbar bleiben. Die fünf Binder des Vordaches liegen in der Höhe der Trichterbalken, so daß eine einfache Aufnahme des waagerechten Kräftepaars möglich war. Bauliche und Bewehrungseinzelheiten gehen aus Abb. 7 u. 8 hervor. Zur Belüftung des unteren Zellenabschnittes und des Trichterinhaltes sind in jede Zelle dachartig geformte Eisenbetonsättel eingesetzt, die außerdem die Aufgabe haben, die Luft zu den aufsteigenden Kanälen zu leiten. Die großen Zellen haben mit Ausnahme der vier Giebelzellen zwei in den Viertelpunkten angeordnete Ausläufe, die in ihrer Zusammenwirkung verhüten sollen, daß beim Entleeren der als Entmischung bekannte Vorgang der Trennung der schweren und leichten Teile des Zelleninhaltes auftritt. In die vier Zellen, bei denen infolge der Länge der Redlerspanneinrichtungen ein zweiter Auslauf nicht vorgesehen werden konnte, sind besondere Schutzvorrichtungen gegen das Entmischen eingebaut.

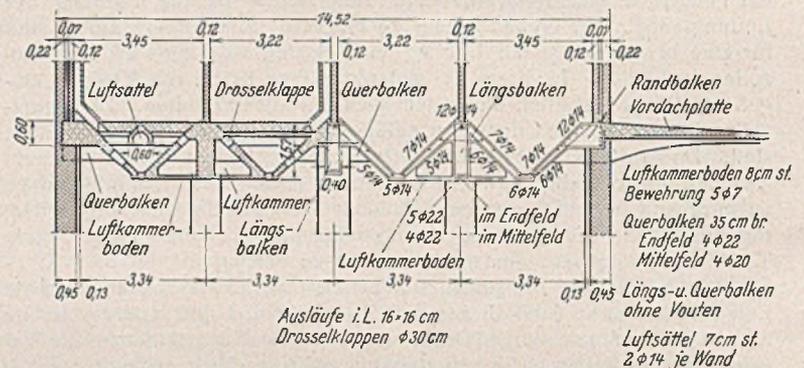


Abb. 7. Querschnitt durch die Trichter mit der Luftverteilungsanlage.

Die Zellenwände sind senkrecht stehende Steineisenteile von 12 cm Dicke. Durch die Anordnung der Luftführungsdächer in den Wänden (Abb. 9) tritt eine starke Verringerung sowohl der Boden- als auch der Seitendrucke auf. Die Drucklinien sind nach der Keildrucktheorie von Engesser ermittelt. Nur durch diese Abminderung der Drücke ist es möglich, die Wände derartig hoher Zellen in der Dicke eines halben Steines auszuführen und auch die Eisendurchmesser in den Grenzen zu halten, die das Vermauern zieht. Die Wände der einzelnen Zellen wurden in üblicher Weise als liegende Rahmen aufgefaßt, die mit dem jeweils wirkenden Seitendruck von innen gleichmäßig belastet sind, während alle vier angrenzenden Zellen ungefüllt bleiben. Der Einfluß der Füllung von Nachbarzellen ist nicht berücksichtigt. Die Zellenecken mit ihren erhöhten Momenten sind aus Betonformsteinen mit 290 kg/cm<sup>2</sup> durchschnittlicher Druckfestigkeit hergestellt. Diese Steine wurden so gestaltet, daß für eine Kreuzung zwei Formen, für Anschluß und Ecke nur je eine



Abb. 8. Eiseneinlagen der Trichter, rechts sind bereits die Deckelschalungen eingebracht.

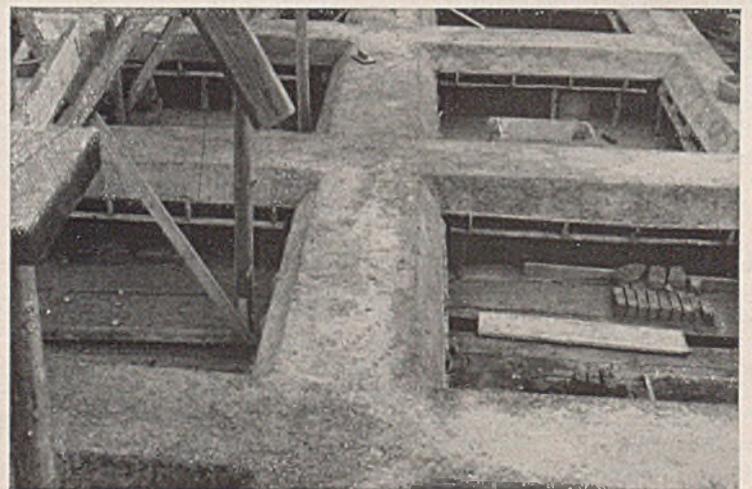


Abb. 9. Die Eisenbetonrahmen der Luftdächer.

weitere Form notwendig wurden, wobei trotzdem größter Wert auf einen zwangsweisen Verband gelegt wurde. Abb. 10 zeigt die Eckausbildung vor dem Vergießen der Fugen. Auf dieser Abbildung sind auch die Kanäle zur senkrechten Führung der Luft zu erkennen. Sie bestehen aus

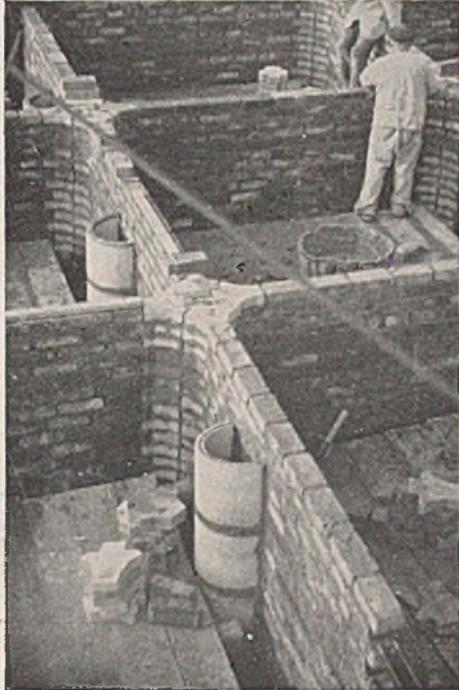


Abb. 10. Zellenwände mit Eckverstärkungen, senkrechte Luftkanäle.

fabrikmäßig hergestellten, halbkreisförmigen Betonstücken von vier Schichten Höhe, die beim Aufmauern versetzt werden. Die waagerechten Wand-einbauten sind als Kragplatten berechnet und bewehrt. An der unteren Nase wurde zur Aufnahme der Verdrehungsspannungen beim Entleeren der Zellen noch eine kräftige Längsbewehrung eingelegt, die an den Auflagern der Form entsprechend aufgebogen wurde.

Die Außenwände der Zellen sind durch eine besondere, 22 cm dicke Wand vor den Einwirkungen der Witterung geschützt. Sie hat eine Bewehrung gegen äußere Explosionsdrücke von  $500 \text{ kg/m}^2$  erhalten. Da bei den außerordentlich großen Niederschlägen an der Küste, die meist verbunden mit stürmischen Winden auftreten, die

Gefahr bestand, daß diese Schutzwand allein die unter einem gewissen Druck stehende Feuchtigkeit nicht abhalten könnte, wurde eine zusätzliche Sicherung gefordert. Daß diese Forderung begründet war, beweist ein in unmittelbarer Nähe stehender Schachtspeicher mit Betonwänden ohne Verkleidung, bei dem die Außenzellen nur sehr beschränkt brauchbar sind. Deshalb wurde die äußere Schutzwand mit Ceresitmörtel jeweils eine Tageshöhe vorausgemauert, innen gleichfalls mit einem Ceresitmörtel verputzt und außerdem mit einem schwarzen Anstrichmittel gestrichen. Die Verbindung der beiden Schalen an den Wandanschlüssen und Luftdächern wurde durch besonders sorgfältig ausgebildete Verzahnungen und Einblendungen erreicht.

Das Tragwerk in der Querrichtung des Bodens besteht aus zwei Stützenzügen mit darin elastisch eingespannten, an den Wänden gelenkig aufgelagerten Riegeln. Dieser Stockwerkrahmen mußte auch die Windkräfte aufnehmen, da ihre Übertragung auf die Giebel durch die Decken infolge der großen Durchbrechungen nicht immer möglich war. In der Längsrichtung wurde eine Rahmenwirkung des Gerippes nicht berücksichtigt. Über den Geschäftsräumen fehlen die Querbalken, da die Decke eine glatte Unterseite haben sollte. Sie ist als einfach bewehrte Hohlsteindecke ausgeführt und als so steif angenommen worden, daß sie das Ausknicken der Stützen in der balkenlosen Richtung verhindert. Die übrigen Decken sind kreuzweise bewehrte durchlaufende Platten. Infolge der großen Durchbrechungen für Maschinen, Rohrleitungen, Treppen usw. konnten sie allerdings in einigen Geschossen nicht als durchlaufend berechnet werden.

In die beiden letzten Geschosse über dem Bodenteil sind zehn Bunker eingebaut. Der Trichterboden ist hier als einfache Platte mit angehängten Taschen für die Ausläufe ausgebildet (Abb. 11). In der Auffüllung ist ein Luftkanal ausgespart, der mit den Luftkammern der Haupttrichter in Verbindung steht. Die einzelnen Bunker werden auch hier durch Drosselklappen an die Lüftung angeschlossen. Die Bunkerwände sind genau so ausgebildet wie die Hauptzellenwände. Sie reichen wie diese noch mehr als 4 m über die Traufe in den Dachraum hinein. Unter den oberhalb der Luken gelegenen Bunkern ist der Kragbalken für den Windenzug angeordnet und der Platz für die doppelt wirkende Winde eingerichtet.

Den oberen Abschluß der Zellen und Bunker bildet die durchgehende Zellendecke. Unter ihr liegen die Abluftkanäle, von denen die verbrauchte Luft aus den Zellen ins Freie gebracht wird. Zur Aussteifung der im Dachraum liegenden Zellen ist ein treppenartig abgestufter Balken in der Dachneigung auf die Wände aufgesetzt und waagrecht durchgeführt worden. In der Längsrichtung ist über jeder Wand ein schwacher Balken angeordnet, am Anschnitt der Zellendecke an die Dachfläche unter den Gaupenwänden ein kräftigerer. Durch dieses rost- und rahmenartig

wirkende Tragwerk ist eine einwandfreie Übertragung der Lasten auf die Zellen- und Außenwände ohne örtliche Überlastungen erreicht worden. Form und Bewehrung dieser Teile zeigt Abb. 12.

Das Dach besteht aus drei Flächen gleicher Neigung, die durch zwei durchgehende Gaupen getrennt sind. Durch diese Anordnung wurde es ermöglicht, die Zellen bis zur Höhe  $+ 26,70 \text{ m}$  hochzuziehen. Außerdem wurde die obere Spitze wesentlich geräumiger, so daß in ihr die Zykclone und Staubkammern, die sonst im Maschinen- und Bodenraum große Nutzflächen einnehmen, untergebracht werden konnten. Über den Böden nehmen den größten Teil des Dachraumes der Drehrohrverteiler und die Antriebe der Becherwerke ein. Lediglich das vordere Feld ist frei-

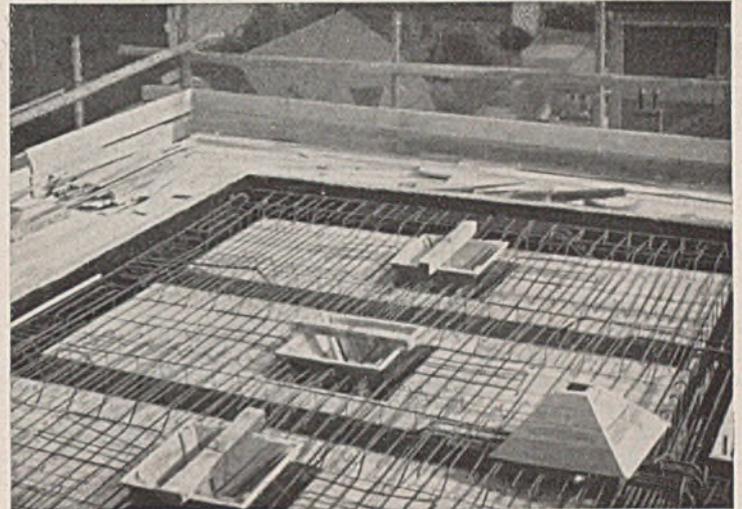


Abb. 11. Bewehrung der Bunkerböden in Traufhöhe, außen die Schutzwand mit dem Dichtungsanstrich.

geblieben, der Bauherr hat sich darin ein Turmzimmer mit einem Austritt eingerichtet, von dem aus auch ein Ausguck auf  $+ 36,10 \text{ m}$  neben dem Schornstein erreichbar ist.

Der Dachstuhl ist über den Zellen aus zwei übereinanderliegenden Gelenkbindern gebildet. Der untere hat in Höhe  $+ 29,65 \text{ m}$  einen Querriegel erhalten, auf dem die Zuführungsrohre der Zykclone liegen.

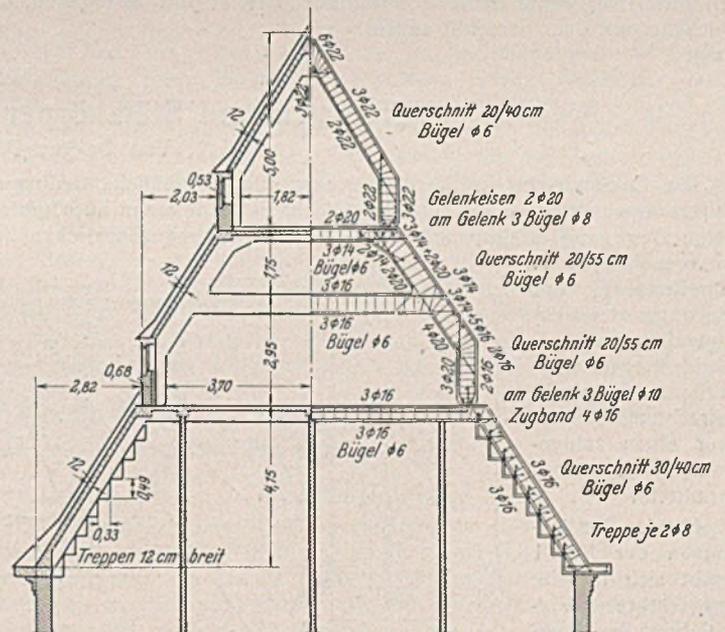


Abb. 12. Hauptdachbinder.

Der obere Teil hat den Boden der Staubkammern und die Last der darüberliegenden Dachteile aufzunehmen. Der Riegel mußte über die Decke gehoben werden, damit für die Rohre genügend Platz blieb. Die Gelenkwirkung wurde durch Zusammenziehen der Eisen und eine Dreikantkerbe erreicht. Zur Aufnahme der Zugkräfte mußten hier besondere Eisen in der Zellendecke verlegt werden. Der Spitzenbinder ist gleichfalls als Zweigelenkrahmen ausgebildet. Das Gelenk gleicht dem des unteren, jedoch wird die Schubkraft vom Riegel des Tragbinders übernommen, die Übertragung geschieht durch gekreuzte Gelenkisen. Die beiden Binder

über dem Boden und zwischen Silo und Boden sind etwas einfacher, da beim unteren Rahmenteil der mittlere Riegel fehlen kann. Bei der Bemessung der Bauteile des Daches ist der Winddruck mit 150% des gewöhnlichen Wertes berücksichtigt. Form und Bewehrung der Zellenbinder zeigt Abb. 12. Die Dachhaut besteht aus Hohlsteinen von 10 cm Dicke und 3 cm Druckbeton. Besondere Längsaussteifungen brauchen nicht vorgesehen zu werden, da das Dach infolge der Gaupenwände und Balken genügend längsteif ist. Die Oberkante des Betonfirstes verläuft auf +36,40 m. Über der Dachdecke liegt auf Sparren und Latten die Dachhaut aus silbergrau engobierten Hohlfalzpfannen.

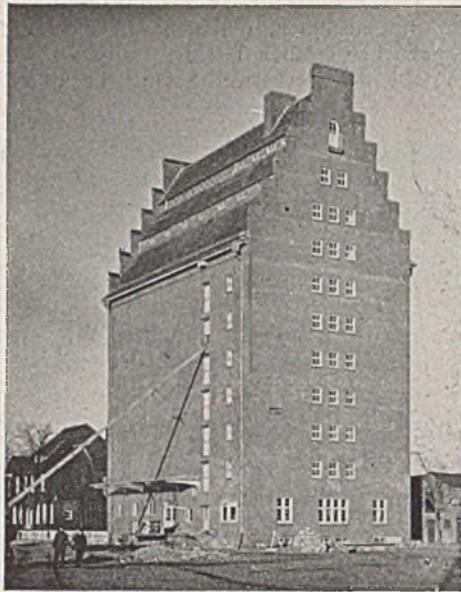


Abb. 13. Gesamtansicht. Der Verladeturm ist noch nicht aufgestellt, das Verladerohr ist nur vorläufig eingebaut.

Der schon erwähnte knappe Platz behinderte die Ausführung im stärksten Maße. Zwischen Bauplatz und Hafen mußten trotz der Enge zwei Gleise und eine Fahrbahn freigehalten werden. Nach der Straßenseite wurde etwa 4 m vor der Gebäudeflucht der abschließende Zaun gesetzt. Dadurch, daß eines der Betriebsgleise unmittelbar an der Gebäuderampe entlangführt, mußte die Schalung für das Vordach und das etwa 23 m hohe Gerüst abgefangen werden. Bei der Beschaffung der Baustoffe waren die üblichen Hindernisse zu beheben. Bis auf die Hintermauersteine und einen Teil des Kieses mußten alle Baustoffe mit sehr hohen Frachtkosten herangebracht werden. Die Klinker für die Außenwände z. B. wurden über die See herangeschafft. Für etwa 50 bis 60% des Gesamtbedarfs an Kies konnte ohne Gefahr der Schädigung gebaggerter Seekies verwendet werden, der Rest wurde aus Kiesgruben angefahren. Für hochbeanspruchte Bauteile wurde dem Beton Splitt beigegeben, der gleichfalls mit dem Seeschiff ankam.

Die Beschaffung des Wassers machte große Schwierigkeiten. Anfangs wurde es aus einem etwa 200 m entfernten Süßwasserteich entnommen. Da aber später ein Spülbagger in diesem Teich Aufspülungen vornahm, konnte das brackig gewordene Wasser nicht mehr verwendet werden. Da die zur Verfügung stehenden Brunnen in der Nachbarschaft die nötige Wassermenge oft nicht schaffen konnten, mußte zeitweilig das Wasser aus ziemlichen Entfernungen angefahren werden. Der Umstand, der die Gründungsarbeiten so außerordentlich erleichtert hatte, trat also in diesem Falle sehr erschwerend in Erscheinung.

Für den Bau wurden folgende Mengen der wichtigsten Baustoffe verwendet:

- 59 t Bewehrungsstahl St 37 für Steineisen- und andere Bauteile,
- 38 t Peiner Betonsonderstahl St 52 für alle hochbeanspruchten Bauteile aus Eisenbeton,
- 20 t Baustahlgewebe für die meisten Decken und die Grundplatte,
- 89 t Stahl für die gesamte Maschinenanlage;

außerdem

- 450 000 Stück Ziegelsteine Reichsformat,
- 215 000 Stück Klinker, Hamburger Format, sowie
- 375 t Handelszement und
- 225 t hochwertiger Zement.

Der Beton für Säulen, Rahmenbalken, Trichterdecke und Dach wurde mit einer Mindestdruckfestigkeit von 160 kg/cm<sup>2</sup> hergestellt, für geringer beanspruchte Teile mit 120 kg/cm<sup>2</sup>.

Die äußere Formgebung des Gebäudes sucht sich guten Vorbildern, wie sie sich in unseren Seehäfen finden, anzupassen. Die großen Flächen des Gebäudes, die gleichmäßige Fensterteilung, der Treppengiebel, der in glücklicher Weise die durchgehenden Gaupen abschließt, und der Zusammenklang der Klinker mit dem Silbergrau der Dachdeckung haben eine in jeder Weise befriedigende Gesamtwirkung entstehen lassen.

Der Architekt Paul Willbrandt hatte die architektonische Gestaltung übernommen, Entwurf, Berechnung und Bauleitung lag in Händen des Verfassers.

Die Kosten des Bauwerkes beliefen sich auf . . . . .	265 000 RM
die der Maschinen einschließlich der Saugförderanlage auf . . . . .	148 000 RM
die Stromerzeuger kosteten . . . . .	28 000 RM
Nebenkosten entstanden in Höhe von . . . . .	17 000 RM,
so daß der Gesamtpreis sich ergibt zu . . . . .	458 000 RM,

das sind 114,50 RM für 1 t Lagerraum oder 38,80 RM für 1 m<sup>3</sup> umbauten Raumes. Auf 1 t Lagerfähigkeit kommen 2,93 m<sup>3</sup> umbauter Raum. Als reine Bauzeit wurden 9 Monate gebraucht, die Zeit vom Beginn des Abbruches bis zur Fertigstellung der Maschinenanlage war 13 Monate.

Alle Rechte vorbehalten.

### Erddruck und Stützkörper in gegenseitiger Abhängigkeit.

Von Dr.-Ing. Paul Müller, Düsseldorf.

Die Coulombsche Erddrucklehre setzt als unerläßliche Bedingung für ihre Anwendung voraus, daß der Stützkörper eine wenn auch geringfügige Bewegung erfährt, und zwar in Wechselwirkung zwischen den erzeugenden, d. h. angreifenden, und den durch sie widerstehenden Kräften. Folgende Betrachtung soll hierüber einen zahlenmäßigen Überblick vermitteln.

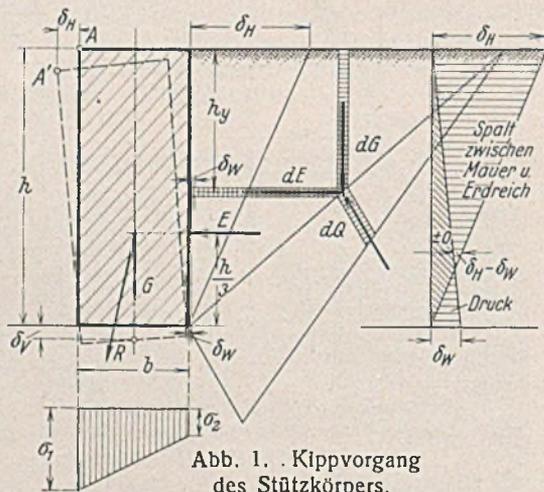


Abb. 1. Kippvorgang des Stützkörpers.

Mit den Bezeichnungen der Abb. 1 ergibt sich für die waagerechte Verschiebung des Punktes A, bewirkt durch die Kippbewegung der Mauer, der Ausdruck

$$(1) \quad \delta_H = \frac{2 h^4 \gamma}{b^3 C} \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right),$$

wenn die Mittelkraft im Kern der Bodenfuge verläuft, und

$$(1a) \quad \delta_H = \frac{4 h^2 b \gamma}{C \left[ 3 b^2 - h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]}, \quad 1)$$

wenn sie aus dem Kern herausfällt,

1) Hierzu siehe „Ergänzung“, S. 140, unten rechts.

Hierin bedeuten C die Bettungszahl des Baugrundes,  $\gamma$  das einheitliche Raumgewicht von Stützkörper und Erdreich und  $\rho$  den inneren Reibungswinkel des Hinterfüllungsbodens. Die Vereinfachung mit dem einheitlichen Wert  $\gamma$  ist zulässig, da es sich bei dieser Rechnung um Vergleichszahlen handelt. Ferner wurde der Erddruck als waagrecht wirkend angenommen.

Geht die Endkraft durch den Mittelpunkt der Sohle, so folgt aus der Gleichsetzung von (1) u. (1a)

$$(1b) \quad \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) = \left( \frac{b}{h} \right)^2 \left( \frac{3}{2} \pm \frac{1}{2} \right),$$

wobei das + -Zeichen einen unbrauchbaren Wert ergibt.

Die senkrechte Verschiebung (Setzung) der Mauer beträgt

$$(2) \quad \delta_v = \frac{h \gamma}{C}$$

(Mittelkraft innerhalb des Kerns) und

$$(2a) \quad \delta_v = \frac{2 b^2 h \gamma}{C \left[ 3 b^2 - h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]}$$

(Mittelkraft außerhalb des Kerns).

Geht die Mittelkraft durch den Mittelpunkt, so folgt aus der Gleichsetzung von (2) u. (2a) wieder

$$(2b) \quad \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) = \left( \frac{b}{h} \right)^2.$$

Die waagerechte Zusammendrückung eines Erdteilchens an der Rückenfläche des Stützkörpers in der Tiefe  $h_y$  beträgt

$$(3) \quad \delta_w = \frac{\gamma h \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right)}{C},$$

wobei vorausgesetzt wird, daß die Bettungszahl in senkrechter und waagerechter Richtung die gleiche ist.

Eine waagerechte Verschiebung des Stützkörpers tritt ein, wenn bei fehlendem Gegendruck (Erddruckstände) die Reibung in der Bodenfuge durch den angreifenden Erddruck überwunden wird. Dies geschieht, sobald

$$(4) \quad h \geq \frac{\text{tg } \varrho}{\frac{1}{2} \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right)} \cdot b \text{ ist.}$$

$\varrho$  ist hierbei der Reibungswinkel in der Bodenfuge zwischen Mauerwerkkörper und Erdreich.

Zahlenmäßig folgt für

$$h = 3 \text{ m} \quad b = 1 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$C = 5000 \text{ t/m}^3 \text{ und } \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right) = 0,25,$$

$$\partial_H = 19,2 \text{ mm} \quad \partial_v = 3,2 \text{ mm} \text{ und } \partial_w = 0,3 \text{ mm.}$$

In Gl. (4) ist in den meisten Fällen  $h < 3b$ , so daß auch bei fehlendem Gegendruck kein Gleiten eintreten kann, denn für  $\varrho = \varrho = 37^\circ$  folgt  $h \geq 6b$ .

Bei  $\partial_H$  handelt es sich um eine absolute Bewegung des Punktes A, während  $\partial_w$  als unvollkommene elastische Zusammendrückung des Erdreichs nicht unmittelbar in die Erscheinung tritt.  $\partial_v$  wiederum wird als „Setzung“ sichtbar. Der Größenordnung nach überwiegt, wie nicht anders zu erwarten, der durch die Kippbewegung der Mauer hervorgerufene waagerechte Ausschlag  $\partial_H$  der Mauerkrone.

Bei mechanisch verdichteter Hinterfüllung wächst der Erddruck erheblich über den Coulombschen Wert an. Von mir durchgeführte Messungen haben ergeben, daß man mindestens mit den doppelten Coulombschen Werten rechnen muß<sup>2)</sup>. Hierfür ändert sich Gl. (1) in

$$(1') \quad \partial_H' = \frac{4 h^2 b \gamma}{C \left[ 3 b^2 - 2 h^2 \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right) \right]}$$

und mit den Zahlenwerten des Beispiels folgt für  $\partial_H'$  ein negativer Wert, d. h. die Mauer würde umstürzen. Erfahrungsgemäß ist dies nicht der Fall, ein Beweis dafür, daß der Erddruck sofort absinkt, nachdem der Stützkörper eine seinem Freiheitsgrad entsprechende kleine Bewegung ausgeführt hat.

Der Grenzfall, in dem Kippen eintritt, wird durch die Gleichung

$$(5) \quad 3 b^2 - \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right) h^2 = 0$$

versinnbildlicht. Die Auflösung ergibt

$$(5a) \quad \text{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right) = \frac{b}{h} \sqrt{3}.$$

Für  $\frac{b}{h} = \frac{1}{3}$  gemäß dem Beispiel ist  $\varrho = 30^\circ$  und  $\text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right) = 0,33$ , d. h. bereits bei dem  $\frac{0,33}{0,25} = 1,33$  fachen Erddruck würde die

Standsicherheit des Stützkörpers gefährdet sein. Meine Messungen haben ergeben, daß dieses Anwachsen des Erddruckes bei mechanischer Verdichtung bestimmt zu erwarten ist. Die Stützmauer weicht aber dem anwachsenden Erddruck aus und behält hierdurch ihre Standsicherheit. In der Tiefe

$$(6) \quad h_y = h \cdot \frac{\partial_H}{\partial_H + \partial_w} \text{ ist } \partial_H = \partial_w,$$

was in dem Beispiel der Tiefe  $h_y = 2,95 \text{ m}$  entspricht. Oberhalb dieses Punktes, d. h. also fast für die ganze Höhe der Mauer tritt ein Loslösen des Stützkörpers vom Erdreich ein. Die von der Kippbewegung herrührenden Verschiebungen  $\partial_H$  übertreffen an Größe bei weitem die Zusammendrückungen des Erdreichs  $\partial_w$ , die „durch den Erddruck hervorgerufen“ sind. Es muß also zu einem Nachrutschen des Erdkörpers auf seiner oder seinen Gleitflächen kommen, damit das Wechselspiel zwischen angreifenden und widerstehenden Kräften, das sich erfahrungsgemäß wiederholt, stattfinden kann. Ich bin mir durchaus bewußt, daß es sich hierbei um Vorstellungen primitiver Art handelt. Ich bin aber auch nach wie vor der Meinung, daß die Erddruckfragen nur mit den aller-einfachsten Anschauungen und Rechnungsgängen bezwungen werden können.  $\partial_H$  übertrifft an Größe  $\partial_w$  erheblich. Andererseits haben meine Messungen ergeben, daß Mauerausschläge von einem der vorstehenden Rechnung entsprechenden Ausmaß  $\partial_H$  auftreten. Es ergibt sich also der zwingende Schluß, daß das Spiel zwischen angreifendem Erddruck und Kippen der Mauer sich bis zur Loslösung von den feindlichen Kräften mehrmals wiederholt haben muß, damit nach längerer Zeit Gleichgewicht eintreten kann (vgl. Abb. 1a). Im einzelnen unerforscht ist hierbei noch die Frage, warum, bedingt durch dieses wiederholte Wechselspiel, schließlich der angreifende Erddruck so absinkt, daß er in einen Gleichgewichtszustand mit dem Mauergewicht und dem Bodendruck kommt. Allgemein kann die Antwort hierauf nur lauten, daß sich, wieder als Folge des

Wechselspiels, die inneren Verhältnisse im Erdreich gegenüber dem Anfangszustand so geändert haben müssen, daß das Raumgewicht zwar eine kleine Vergrößerung, der innere Reibungswinkel aber durch das Nachgeben des Gleitkeiles ebenfalls eine Vergrößerung erfährt, wodurch im Endzustand der Erddruck auf den Wert absinkt, der etwa dem Coulombschen Rechnungsgang entspricht.

In Abb. 2 ist  $\partial_H$  in Abhängigkeit von der Mauerhöhe  $h$  bei gleichbleibender Breite  $b$  und in weiterer Abhängigkeit von  $\text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right)$  dargestellt. Die Erzeugenden nach Gl. (1) u. (1a) bilden je eine Fläche; beide Flächen stoßen in der „Trennlinie“ un stetig zusammen, d. h. die Geraden nach Gl. (1) sind nicht die Tangenten an die Kurven der Gl. (1a);  $\frac{dy}{dx}$  der unteren Geraden ist vielmehr zweimal so groß als  $\frac{dy}{dx}$  der Kurven nach Gl. (1a) im Trennpunkt. Der Anschaulichkeit halber ist für  $h = 3 \text{ m}$  auch die  $\partial_w$ -Linie mit eingezeichnet.

Es stehen mir vorläufig nur vereinzelte Meßergebnisse über das Absinken des Erddruckes beim Nachgeben der Stützwand zur Verfügung.

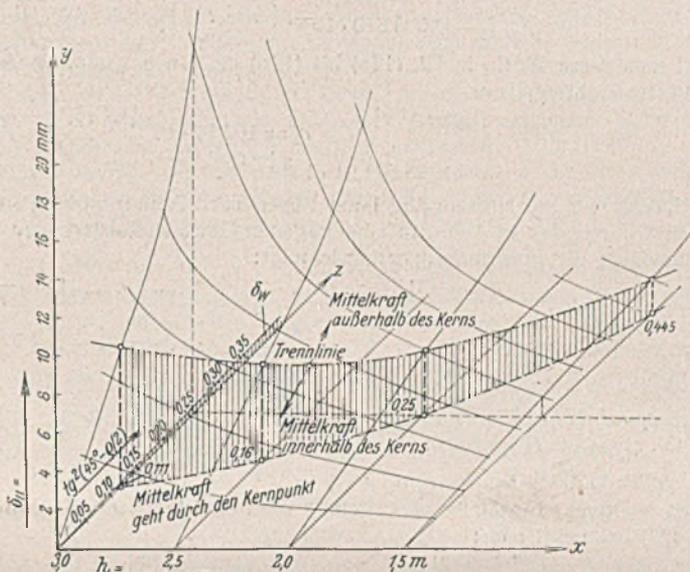


Abb. 2.  $\partial_H$  in Abhängigkeit von  $h$  und  $\text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right)$ .

Für  $h = 3 \text{ m}$  und  $\gamma = 1,7 \text{ t/m}^3$  habe ich bei mechanisch verdichteter Hinterfüllung einen Einheitserddruck von  $2,5 \text{ t/m}^2$  gemessen. Dieser Druck entspricht nach Coulomb einem inneren Reibungswinkel von  $20^\circ$ . Unter der Einwirkung dieser Erddruckkraft begann die Mauer zu kippen, wodurch der Druck sofort auf  $1,7 \text{ t/m}^2$  abfiel, wie die Meßdose anzeigte. Dem Einheitsdruck von  $1,7 \text{ t/m}^2$  entspricht ein innerer Reibungswinkel von rd.  $30^\circ$ , wenn dasselbe Raumgewicht des Erdreichs vorausgesetzt wird. Im Gleichgewichtszustand zwischen einem Erddruck mit  $\varrho = 30^\circ$  und den widerstehenden Kräften einschließlich des federnden Bodendruckes mit  $C = 5000 \text{ t/m}^3$  ergibt sich ein waagerechter Mauerausschlag  $\partial_H = 2,5 \text{ cm}$ , der den tatsächlich aufgetretenen Verhältnissen entspricht.

Mit den Zahlen des Beispiels kann man, wie zahlreiche Beobachtungen zeigen, etwa mit  $\partial_H = 3 \text{ cm}$  rechnen. Der zugehörige Erddruck wird durch  $\text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right) = 0,28$  oder  $\varrho = 34^\circ$  gekennzeichnet. Er entspricht also etwa dem Coulombschen Werte.

#### Zusammenfassung.

Vorstehende rechnerische Betrachtung zeigt, daß die bei mechanischer Verdichtung der Hinterfüllung hervorgerufenen erhöhten Erddruckkräfte eine Kippbewegung des Stützkörpers hervorrufen müssen, die einen sofortigen Druckabfall zwangsläufig zur Folge hat. Dieser Vorgang wiederholt sich wahrscheinlich mehrere Male.

Tritt nach geraumer Zeit Gleichgewicht ein, so entspricht der dann auf die etwas gekippte Mauer wirkende Erddruck ungefähr dem Coulombschen Werte.

Auch bei Hinterfüllung ohne Verdichtung tritt zunächst — allein bedingt durch die Elastizität der Gründung — eine kleine Kippbewegung der Stützmauer auf, wodurch im Endzustand etwa die gleichen Verhältnisse wie bei Verdichtung herrschen, allerdings mit erheblich geringerer Neigung der Mauer im Gleichgewichtszustand.

Die bislang gemessenen und rechnerischen Größenordnungen der Mauerbewegung lassen sich zwanglos in Übereinstimmung mit einem Rechnungsgang auf sehr vereinfachter Grundlage bringen.

Das Ziel weiterer Forschung soll sein, durch Messungen die Abhängigkeit zwischen Erddruck und Bewegung des Stützkörpers weiter zu klären.

<sup>2)</sup> Vgl. Müller, Erddruckmessungen bei mechanisch verdichteter Hinterfüllung von Stützkörpern. Bautechn. 1939, Heft 13.

Alle Rechte vorbehalten.

### Durchlaufende Gewölbe auf waagrecht nachgiebigen Pfeilern.

Von Dr.-Ing. habil. Hermann Ertl, Dozent an der Technischen Hochschule Wien.

(Schluß aus Heft 11.)

#### IV. Beispiele.

Es wird für eine Gewölbereihe mit im Verhältnis zu den Bogen steifen Pfeilern der Einfluß der geringen seitlichen Nachgiebigkeit der Pfeiler auf das Kräftespiel untersucht. Wie üblich werden dabei die Grundkörper im Boden starr eingespannt vorausgesetzt. Da eine derartige Einspannung nur in den seltensten Fällen, nämlich bei Gründung auf Felsen, in guter Näherung auftritt, wird auch der Einfluß einer geringen Verdrehung der Grundkörper, wie sie durch ein größeres Nachgeben des Untergrundes an der Stelle der größeren Kantenpressung entsteht, untersucht. Es werden die Ergebnisse eines 2. und 3. Beispiels mitgeteilt.

Mit den in Abb. 19a eingetragenen Abmessungen der Pfeiler ergeben sich die Verformungen  $s, \delta$  (Abb. 8) für die Hilfsangriffe 1 am Pfeiler:

$$s_{HH}^{\delta} = 0,13196 \cdot 10^{-3} [m^1 t^{-1}] \quad s_{HM}^{\delta} = 0,023152 \cdot 10^{-3} [m^0 t^{-1}]$$

$$s_{MM}^{\delta} = 0,005670 \cdot 10^{-3} [m^{-1} t^{-1}]$$

Setzt man diese Werte in Gl. (12a) bis (12d) ein, so bekommt man die Festwerte  $c_1$  bis  $c_3$  zu

$$c_1 = 26,721 \cdot 10^3 [m^{-1} t] \quad c_2 = 109,11 \cdot 10^3 [m^0 t]$$

$$c_3 = 621,91 \cdot 10^3 [m t]$$

Lassen wir die Hilfsangriffe 1 am Bogen nach Abb. 9 wirken, so erhalten wir mit den in Abb. 19a eingetragenen Gewölbeabmessungen und Spannweiten die Formänderungen, wie folgt:

$$\delta_{HH} = 26040 \cdot 10^{-6} [m t^{-1}] \quad \delta_{HM} = -4230 \cdot 10^{-6} [m^0 t^{-1}]$$

$$\delta_{MM} = 1005 \cdot 10^{-6} [m^{-1} t^{-1}] \quad \delta_M = 532 \cdot 10^{-6} [m^{-1} t^{-1}]$$

Mit diesen Werten sind zunächst aus Gl. (14d) und (14e) die Hilfsfestwerte  $c_7 = 8,277 \cdot 10^{-6}$  und  $c_8 = -4,04 \cdot 10^{-6}$  auszurechnen, worauf aus Gl. (14a) bis (14c) folgt:

$$c_4 = 4129 [m t] \quad c_5 = -2014 [m t] \quad c_6 = 997,8 [m^0 t]$$

Durch weiteres Einsetzen der Reihe nach in Gl. (19a), (19b), (21) und (22) bekommt man:

$$c_9 = 9,441 [m^0 t^0] \quad c_{10} = 25,98 [m t^0]$$

$$2c_{11} = 0,2051 [m^{-1} t^0] \quad c_{12} = 0,078421 [m^{-2} t^0]$$

damit erhält man aus Gl. (23) u. (24) die Werte

$$\lambda_1 = +0,1957 [m^{-1} t^0] \quad \text{und} \quad \lambda_2 = -0,4008 [m^{-1} t^0]$$

Diese Werte von  $\lambda$  sind in Gl. (20a) oder (20b) einzusetzen. Man bekommt dann:

$$a_1 = b_1 = 5,8146 [m^0 t^0] \quad \text{und} \quad a_2 = b_2 = -943,6 [m^0 t^0]$$

Mit diesem Ergebnis erhält man endlich aus Gl. (20):

$$\alpha_1 = 0,08664 [m^0 t^0] \quad \text{und} \quad \alpha_2 = -0,000530 [m^0 t^0]$$

Wir sehen vorerst von der Berechnung einzelner Lastfälle ab und ermitteln gleich die Einflußlinien.

Zunächst sei nach der Einflußlinie für den Seitenschub im elastischen Schwerpunkt des Gewölbes (0, 1) gefragt.

Man geht nach Abb. 17 vor, indem man bei starr festgehaltenen Knoten 0 und 1 im Grundwerk nach Abb. 14 im elastischen

Schwerpunkt die gegenseitigen Kräfte  $H = -\frac{1}{\delta'_{HH}}$  wirken läßt.

$\delta'_{HH} = 2757 \cdot 10^{-6} [m^{+1} t^{-1}]$  ist aus Gl. (40e) u. (40h) mit den im vorhergehenden berechneten Werten  $\delta$  zu finden. Die Biegelinie für diese Beanspruchung ist gleich der Einflußlinie für den Seitenschub im Gewölbe mit starr eingespannten Kämpfern. Sie ist in Abb. 19b gestrichelt eingetragen und die Ordinaten mit  $\eta_H$  bezeichnet. An den hinzugefügten Lagern bei den Knoten 0 und 1 treten die aus Abb. 17a ersichtlichen Lagerkräfte auf, die wir nach Abb. 17b in entgegengesetzter Richtung auf unsere gegebene Gewölbereihe als äußere Kräfte wirken lassen. Dadurch entstehen Verschiebungen und Verdrehungen der Knoten, die mit Hilfe der Gl. (35) ermittelt werden, indem man in diese Gleichungen als Belastung des Knotens 0 die Werte

$$H_{p0} = \frac{1}{\delta'_{HH}} = 362,44 \quad \text{und} \quad M_{p0} = \frac{y_0}{\delta'_{HH}} = 997,45,$$

als Belastung des Knotens 1 die Werte

$$H_{p1} = -\frac{1}{\delta'_{HH}} \quad \text{und} \quad M_{p1} = -\frac{y_0}{\delta'_{HH}} \quad \text{einsetzt.}$$

Die dazu noch fehlenden Beiwerte errechnen sich aus Gl. (32) u. (34) zu:

$$c_{13} = 6389,9 [m^{-1} t] \quad c_{14} = 70376 [m^{-1} t] \quad c_{15} = 15945 [m^0 t]$$

$$c_{16} = -359792 [m^0 t] \quad c_{17} = +105,17 \cdot 10^{-6} [m^1 t^{-1}]$$

$$c_{18} = -20,571 \cdot 10^{-6} [m_0 t^{-1}] \quad c_{19} = -4,6607 \cdot 10^{-6} [m^1 t^{-1}]$$

$$c_{20} = -1,8677 \cdot 10^{-6} [m^0 t^{-1}]$$

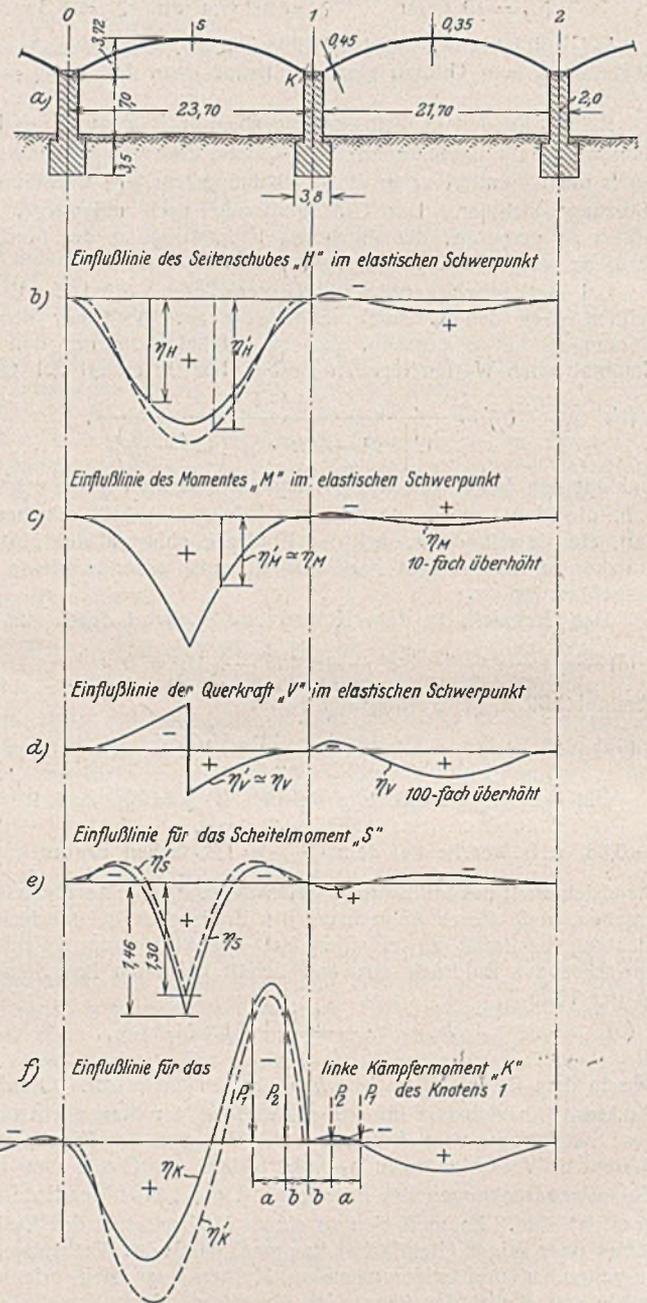


Abb. 19a bis 19f. Durchlaufende Gewölbereihe, Einflußlinien für die standunbestimmten Größen sowie für die Scheitel- und Kämpfermomente.

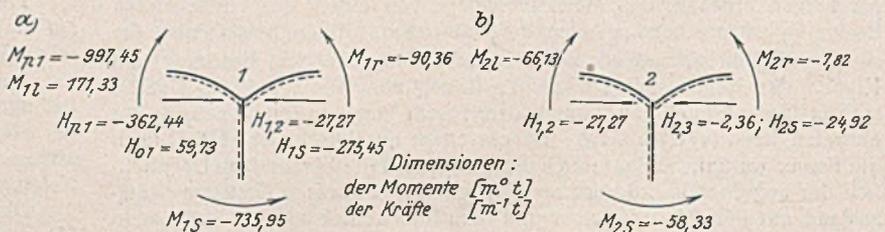


Abb. 20. Durch  $H = -\frac{1}{\delta'_{HH}}$  hervorgerufene Momente, Seitenschübe und deren Gleichgewicht.

Man erhält dann für die Verschiebung  $\bar{J}_x$  und die Verdrehung  $\bar{\tau}_x$  ( $x \geq 1$ ) im  $x$ -ten Knoten.

$$10^6 \bar{J}_x = \left( -96,054 \cdot \frac{1}{\delta'_{HH}} - 18,788 \cdot \frac{y_0}{\delta'_{HH}} \right) \alpha_1^{x-1} + \left( -4,6632 \cdot \frac{1}{\delta'_{HH}} + 1,8687 \cdot \frac{y_0}{\delta'_{HH}} \right) \alpha_2^{x-1}$$

$$10^6 \bar{\tau}_x = \lambda_1' + \lambda_2'$$

Zum Beispiel wird:

für $H = -\frac{1}{\delta'_{HH}} [m^{-1} t]$	für $M = -\frac{1}{\delta'_{MM}} [m^2 t]$	für $V = -\frac{1}{\delta'_{VV}} [m^{-1} t]$
$J_1 = -0,05339 [m^0 t^0]$	$= -0,0055041 [m^0 t^0]$	$= -0,00182746 [m^0 t^0]$
$J_2 = -0,004640$	$= -0,000529845$	$= -0,00017284$
$J_3 = -0,000402$	$= -0,000045876$	$= -0,00001497$
$\tau_1 = -0,010549 [m^{-1} t^0]$	$= -0,00143960 [m^{-1} t^0]$	$= -0,00045691 [m^{-1} t^0]$
$\tau_2 = -0,0009079$	$= -0,000103485$	$= -0,00003377$
$\tau_3 = -0,00007866$	$= -0,000008977$	$= -0,00000293$

Aus den so ermittelten Bewegungen der Knoten folgen die Momente und Seitenschübe nach Gl. (11), (13) u. (15), sie sind in Abb. 20 für  $H = -\frac{1}{\delta'_{HH}}$  eingetragen. Wegen der Rechnung mit unvollständigen Zahlen sind naturgemäß die Gleichgewichtsbedingungen  $\Sigma H = 0$  und  $\Sigma M = 0$  nicht streng erfüllt. Setzt man die Momente und Schübe in Gl. (41) ein, so bekommt man die Einflußlinie für den tatsächlichen Seitenschub in der unendlichen Gewölbereihe. Sie ist in Abb. 19b voll eingetragen und die Ordinaten mit  $\eta_H$  bezeichnet. Die Ordinaten im Feld (1,2) sind schon sehr gering, für das Feld (2,3) wurden sie wegen ihrer verschwindenden Kleinheit nicht mehr gezeichnet. Die Dimension von  $\eta_H$  ergibt sich aus Gl. (41) durch Einsetzen der Dimensionen der einzelnen Summanden und Faktoren zu  $\eta_H [m^0 t^0]$  in Übereinstimmung mit dem aus der Überlegung zu findenden Wert, daß der Seitenschub  $H [m^0 t] = \eta_H [m^0 t^0] P [m^0 t]$ ;  $\eta_M$  hat die Dimension  $[m^1 t^0]$ .

Auf die gleiche Weise erhält man die Einflußlinie für das Moment im elastischen Schwerpunkt (Abb. 19c). Für feste Knoten werden die Ordinaten mit  $\eta_M$ , für die tatsächliche Gewölbereihe mit  $\eta_M$  bezeichnet. Der Unterschied zwischen beiden Einflußlinien ist klein und kommt zeichnerisch kaum zum Ausdruck. Das gleiche gilt für die Ordinaten der Einflußlinie für die Querkraft, die aus Abb. 19d zu ersehen sind.

Endlich sei noch die Einflußlinie für das Scheitelmoment  $\eta_S$  und das linke Kämpfermoment  $\eta_K$  des Knotens 1 in Abb. 19e u. f dargestellt.

Zur Berechnung endlicher Gewölbereihen kann man, wie schon erwähnt, die Einflußlinien für unendliche Gewölbezahlen verwenden, wenn man durch Lastspiegelung die Randbedingungen der beschränkten Gewölbereihe erfüllt. Der Vorgang ist gleich, wie er im Text zur Abb. 4 geschildert wurde. Das Mittelfeld einer Gewölbereihe von beispielsweise drei Öffnungen ist praktisch schon gleich einer mittleren Öffnung der unendlichen Reihe. Handelt es sich um eine Randöffnung und hat man die Einflußlinie für den festen Kämpfer auszuwerten, z. B. für das größte negative Moment, so muß man nach Abb. 19f nicht nur die voll eingetragenen Lasten, sondern auch die strichlierten, die von der Lastspiegelung um den rechten Kämpfer (hier Knoten 1) herrühren, berücksichtigen. Eine nochmalige Lastspiegelung um den in der Abbildung nicht mehr dargestellten linken Kämpfer der 3. Öffnung ist wegen des verschwindenden Einflusses nicht notwendig.

Wie man besonders aus Abb. 19e u. f sieht, ist die Abweichung zwischen den mit starrer Einspannung an den Kämpfern errechneten und den tatsächlichen Einflußlinien mit Berücksichtigung der Durchlaufwirkung und der seitlichen Federung der Pfeiler nicht unbedeutend, obwohl hier im Verhältnis zu den Bogen steife Pfeiler gewählt wurden.

Für das Scheitelmoment ergibt sich zum Beispiel, wenn man die Einflußlinie mit 18 t schweren Walzen auswertet:

a) starre Kämpfer:  
 $M_s = 10 \cdot 1,305 + 8 \cdot 0,200 = 14,65 \text{ tm}$

b) für die tatsächliche Gewölbereihe  
 $M_s = 10 \cdot 1,463 + 8 \cdot 0,336 + 2(10 + 8) 0,010 = 17,68 \text{ tm}$

Das tatsächliche Moment ist um  $\frac{17,68 - 14,65}{14,65} = 20,7\%$  größer als das mit der Annahme starrer Kämpfer errechnete.

Für das zweite Beispiel wurden die Abmessungen des Gewölbes gleich wie bei Beispiel 1 gewählt, jedoch breitere Pfeiler angenommen. Die Dicke des Pfeilerschaftes wurde von 2 m auf 3 m, die des Grundkörpers von 3,8 m auf 4,7 m erhöht. Damit ergeben sich:

$$s^{\delta}_{HH} = 39,1 \cdot 10^{-6} [m^{+1} t^{-1}] \quad s^{\delta}_{MM} = 6,86 \cdot 10^{-6} [m^0 t^{-1}]$$

$$s^{\delta}_{MM} = 1,68 \cdot 10^{-6} [m^{-1} t^{-1}]$$

Der Verlauf der übrigen Rechnung ist gleich wie bei Beispiel 1. Die Auswertung der Einflußlinie für das Scheitelmoment ergibt:

$$M_s = 10 \cdot 1,365 + 8 \cdot 0,252 + 2(10 + 8) 0,0005 = 15,68 \text{ tm}$$

Das tatsächlich auftretende Scheitelmoment ist um rd. 7% größer als das im Gewölbe mit starrer Einspannung an den Kämpfern errechnete Moment.

Wenn man das Verhältnis  $\frac{s^{\delta}_{HH}}{\delta'_{HH}} = \frac{39,1 \cdot 10^{-6}}{26040 \cdot 10^{-6}} = 1 : 666$

als Maß für die Steifheit der Pfeiler gegenüber den Gewölben ansieht, ergibt sich, daß selbst bei einer Nachgiebigkeit der Gewölbe, die rd. 666mal größer ist als die der Pfeiler, das Scheitelmoment durch die Berücksichtigung der geringen Feder-nachgiebigkeit der Pfeiler um 7% wächst.

Bei den bisherigen Beispielen wurde von einer Berücksichtigung der Nachgiebigkeit des Untergrundes an der Einspannstelle abgesehen. Dieser Einfluß ist aber sehr bedeutend. Er läßt sich leicht rechnerisch erfassen, wenn man nur die Verdrehung der Grundkörperplatte durch das Moment 1 kennt. Für einen sehr fest gelagerten Sandstotterboden kann man dessen Dehnmaß  $E$  mit rd. 2000 kg/cm<sup>2</sup> annehmen.

Daraus ergibt sich bei Belastung des Halbraumes mit einer dreieckförmigen Belastung entsprechend einem am Grundkörper angreifenden Moment  $M = 1$  ein Verdrehungswinkel  $s^{\delta}_{MM}$  der Grundkörpersole von  $s^{\delta}_{MM} = 6,803 \cdot 10^{-6} [m^{-1} t^{-1}]$ . Bei gleichmäßig verteilter Bodenpressung würde dieser Nachgiebigkeit des Untergrundes eine Bettungsziffer  $\beta \cong 8,5 \text{ kg/cm}^3$  entsprechen. Das heißt erst bei einer Belastung der rd. 90 m<sup>2</sup> großen Grundrißfläche mit 8,5 kg/cm<sup>2</sup>, tritt eine Eindrückung von 1 cm auf. Die Nachgiebigkeit des Untergrundes wurde absichtlich besonders niedrig gewählt, um zu zeigen, daß selbst eine so geringe Nachgiebigkeit des Bodens schon eine bedeutende Erhöhung der Gewölbespannungen zur Folge hat. Die weiteren Werte ergeben sich zu:

$$s^{\delta}_{HM} = 10,5 \cdot s^{\delta}_{MM} = 71,43 \cdot 10^{-6} [m^0 t^{-1}]$$

$$s^{\delta}_{HH} = 10,5^2 \cdot s^{\delta}_{MM} = 750,0 \cdot 10^{-6} [m^1 t^{-1}]$$

Die  $s^{\delta}$  sind zu den bereits ermittelten Werten von  $s^{\delta}$  aus Beispiel 2, die von den federnden Formänderungen des Pfeilers stammen, hinzuzuzählen und damit wie in Beispiel 1 die übrige Rechnung durchzuführen.

Man erhält wieder aus der Einflußlinie für das Scheitelmoment:

$$M_s = 10 \cdot 1,791 + 8 \cdot 0,623 + 2(10 + 8) 0,016 = 23,47 \text{ tm}$$

Das Scheitelmoment vergrößert sich durch die Berücksichtigung einer ganz geringen Nachgiebigkeit des Untergrundes um rd. 60% gegenüber den mit starr eingespannten Kämpfern errechneten und um rd. 50% gegenüber der Berechnung, die nur ein federndes Nachgeben der Pfeiler berücksichtigt.

#### V. Gewölbereihen mit veränderlichen Pfeilerhöhen und Gewölbespannweiten.

Voraussetzung für die Ableitung des gezeigten Verfahrens war, daß alle Gewölbe untereinander gleich sind.

Dies wird nicht immer zutreffen. Sind jedoch einerseits niedrigere Pfeiler in ihren Querschnittsabmessungen in dem Maße kleiner, daß für alle Pfeiler die  $s^{\delta}$  (s. Abb. 8) gleich sind, andererseits Gewölbe von kleinerer Spannweite so viel schwächer, daß alle  $\delta$  gemäß Abb. 9 gleich sind, so gilt die angegebene Berechnungsweise genau.

Da sich der Einfluß der Nachgiebigkeit der Pfeiler zum weitaus überwiegenden Teil nur auf das eben durch Verkehrslast beanspruchte Gewölbe auswirkt, der Einfluß der Nachbargewölbe somit gering ist, läßt sich die hier gezeigte Lösung auch ohne weiteres auf Gewölbereihen anwenden, deren Formänderungen  $s^{\delta}$  und  $\delta$  öf-fnungsweise verschieden sind, wenn man für das betrachtete Gewölbe eine mittlere Pfeilerhöhe zugrunde legt. Es ist dann für jedes der zu untersuchenden Gewölbe mit den mittleren Pfeilerabmessungen (Mittelwerte der  $s^{\delta}$ ) die Lösung der unendlichen Bogenreihe zu suchen und auszuwerten.

Aus Abb. 19b, c und d sieht man, daß für das verschiedene Verhalten von starr eingespannten Gewölben und Gewölben auf Pfeilern vor allem die Änderung des Seitenschubes maßgebend ist. Nach Gl. (15) ist aber der Seitenschub nur von  $(J_x - J_{x+1})$  und  $(\tau_x - \tau_{x+1})$  abhängig. Beim belasteten Gewölbe kommt nicht der Unterschied, sondern die Summe der Verschiebungen und Verdrehungen der Knotenpunkte des Gewölbes in Betracht. Diese ist aber wiederum nur von Mittelwerten der  $s^{\delta}$  abhängig, so daß, wenn man vom Einfluß der Nachbargewölbe vorläufig absieht, die Verwendung von mittleren  $s^{\delta}$  nahezu genaue Werte geben wird.

Den Einfluß der Nachbargewölbe wollen wir an Hand eines Beispiels untersuchen. Es ist die in Abb. 21a dargestellte stark ausgezogene Gewölbereihe gegeben. Das Gewölbe  $(n, n+1)$  ist durch Verkehrslast beansprucht, es soll der Einfluß der Last  $H_n=1$  im Knoten  $n$  näher untersucht werden. Der Rechnung wird, wie vorgeschlagen, eine unendliche Gewölbereihe, die in der Abbildung schwach voll ausgezogen angedeutet ist, zugrunde gelegt. Es ist dies die Gewölbereihe, die im Beispiel 3 behandelt wurde und bei der der Einfluß der Pfeilernachgiebigkeit am größten war. Deshalb wird auch hier der Einfluß der Nachbargewölbe und Pfeiler am größten sein.

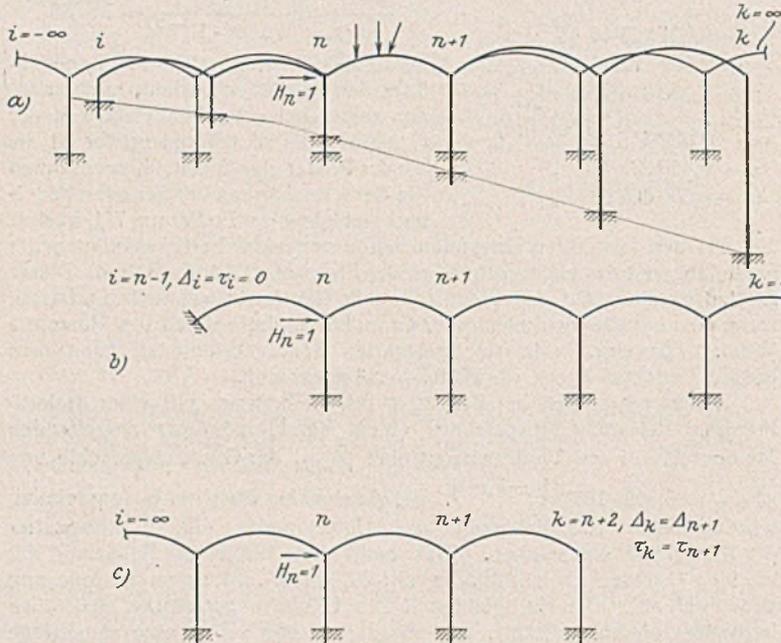


Abb. 21a bis 21c. Die gegebene Gewölbereihe (Bild a stark ausgezogen) wird durch die rechnermäßige unendliche Reihe (Bild a schwach ausgezogen) ersetzt. Die Randbedingungen werden für eine Gewölbereihe mit steiferen (Bild b) und biegsameren (Bild c) Pfeilern erfüllt. Dazwischen liegen die Werte der tatsächlichen und rechnermäßigen Gewölbereihe.

Wir nehmen, um den Einfluß der Nachbargewölbe und Pfeiler zu untersuchen, zwei weitere Gewölbereien an, und zwar eine, bei der die Pfeilernachgiebigkeit kleiner (Abb. 21b), und eine, bei der sie größer (Abb. 21c) als bei den Nachbargewölben der gegebenen Reihe ist. Bezeichnet man die Verschiebung des Knotens durch  $H_n=1$  in der gegebenen Gewölbereihe (Abb. 21a stark voll ausgezogen) mit  $\Delta_n$ , die in der Gewölbereihe mit steiferen Pfeilern (Abb. 21b) mit  $s\Delta_n$ , die in der Gewölbereihe mit biegsameren Pfeilern (Abb. 21c) mit  $b\Delta_n$  und endlich die in der rechnermäßigen unendlichen Gewölbereihe (Abb. 21a schwach voll ausgezogen) mit  $\infty\Delta_n$ , so gilt:

$$(46) \quad s\Delta_n < \Delta_n < b\Delta_n$$

Mit den Festwerten der Gl. (37a) bis (37d) kann man ohne weiteres die aus Abb. 21b u. c ersichtlichen Randbedingungen für die Knoten  $i$  und  $k$  erfüllen. Die Gl. (46) geht damit über in:

$$(46a) \quad A_1(1-\alpha_1^2) + A_2(1-\alpha_2^2) < \Delta_n < A_1(1-\alpha_1^4) + A_2(1-\alpha_2^4) - \alpha_1^2 \frac{\tau_{n+1} - \lambda_2 \Delta_{n+1}}{\lambda_2 - \lambda_1} + \alpha_2^2 \frac{\tau_{n+1} - \lambda_1 \Delta_{n+1}}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

Durch Einsetzen der Zahlenwerte in Gl. (46a) kommt man auf:

$$0,43094 \cdot 10^{-3} < \Delta_n < 0,46662 \cdot 10^{-3}$$

$$(46b) \quad 1 < 2320,5 \cdot \Delta_n < 1,083$$

Die unendliche Gewölbereihe gibt für die gleiche Belastung eine Verschiebung  $\infty\Delta_n$  im Knoten  $n$

$$\infty\Delta_n = A_1 + A_2 = 0,45948 \cdot 10^{-3}$$

Wir haben den richtigen Wert von  $\Delta_n$  zwischen zwei Schranken, von denen die obere um 8,3% größer als die untere ist, eingengt. Der Wert von  $\infty\Delta_n$ , aus der vorgeschlagenen rechnermäßigen Ersatzgewölbereihe, liegt ebenfalls zwischen diesen beiden Schranken und wird tatsächlich in guter Näherung mit den gesuchten Werten von  $\Delta_n$  übereinstimmen. Der Fehler wird jedenfalls unter  $\pm 4\%$  liegen, gegenüber einem Fehler von 60%, der für das Scheitelmoment entsteht, wie im Beispiel 3 ausgerechnet, wenn man die Nachgiebigkeit der Pfeiler überhaupt vernachlässigt.

Dadurch ist der Nachweis geführt, daß das eingangs vorgeschlagene Näherungsverfahren zur Berechnung von Gewölbereien mit wechselnden Gewölbepanspanweiten und Pfeilerhöhen brauchbare Werte liefert.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß das angegebene Verfahren eine Reihe von Sonderfällen umfaßt, die aus der allgemeinen Lösung ohne weiteres zu ermitteln sind. Z. B. kann die Lösung zur Berechnung eines Durchlaufrahmens mit gleich hohen Stielen mit Berücksichtigung des Einflusses der Zusammendrückung des Rahmenriegels, infolge der Längskräfte ohne weiteres angewendet werden, wenn in den Gleichungen zur Ermittlung der Beiwerte  $c_4$  bis  $c_{12}$   $\delta_{HM} = 0$  gesetzt wird. Vernachlässigt man den Einfluß der Zusammendrückung des Rahmenriegels, setzt man also  $\delta_{HH} = 0$ , so verliert Gl. (15) ihre Bedeutung, sonst kann man aber die abgeleiteten Formeln anwenden, wenn man als Lösungsansatz:

$$\Delta_x = \Delta \quad (\text{unveränderlich})$$

$$\tau_x = A + B\alpha^x \quad \text{einführt.}$$

Zusammenfassung:

Aus den durchgerechneten Beispielen geht hervor, daß der Einfluß der federnden Nachgiebigkeit der Pfeiler auf die Beanspruchung der Gewölbe bei mittelschlanken Pfeilern schon erheblich ist. Sind die Grundkörper der Pfeiler im Boden außerdem nicht starr eingespannt, ist also die Möglichkeit einer geringen Verdrehung gegeben, so können ohne weiteres Spannungserhöhungen von 60% und mehr eintreten. Eine Untersuchung des Einflusses der Nachgiebigkeit der Pfeiler wird sich daher immer lohnen.

Ba 570

Vermischtes.

Eisenbetonbrücke bei Neuville-sur-Oise. In Gén. Civ. 1939, Bd. CXV, Nr. 4, vom 22. Juli, S. 78ff., ist ein Bericht über eine im Juni 1939 fertiggestellte Eisenbetonbrücke über die Oise bei Neuville-sur-Oise zu finden, die die Straße von Chennevières nach Jouy-le-Moutier über den Fluß führt. Mit Rücksicht auf eine gute Einfügung der Brücke in das schöne Landschaftsbild wurde bei diesem Bau besonderer Wert auf die Schlankheit des Bogens gelegt. Der Versteifungsträger der Fahrbahn ist dafür stärker in seinen Ausmaßen betont. Der lichte Abstand zwischen seinem Ober- und Untergurt beträgt 2,10 m, so daß der Ausblick nach beiden Seiten frei bleibt. Der Bogen stützt sich an beiden Enden auf vollwandige Seitenwangen, in denen die Zugverankerungen des Versteifungsträgers eingebettet sind. Die Fahrbahn ist, wie aus Abb. 1 ersichtlich, auf beiden Seiten um 6 m über die Endwiderlager frei auskragend verlängert. Ihre Breite beträgt 6 m, zu beiden Seiten schließen sich einwärts geneigte Fußwege von 2 m Breite an. Bemerkenswerte Einfachheit zeigt die Ausbildung des Windverbandes des Bogens mit sich kreuzenden Schrägen. Die Abmessungen der Querschnitte des Bogens sowie des Versteifungsträgers sind aus Abb. 2 zu erkennen. Der Untergurt des Versteifungsträgers ist durch 36 Rundisen von 36 mm Durchm. und 36 Rundisen von 32 mm Durchm. bewehrt. Im Obergurt sind 22-mm-Rundisen von wechselnder Anzahl verwendet worden. Die Pfostenstäbe des Versteifungsträgers haben einen Querschnitt

von  $80 \times 55$  cm und eine freie Länge von 2,10 m. Die Hängestangen sind aus neun Stangen von 22 mm Durchm. gebildet, die ihre Betonumkleidung erst nach der Ausschalung des Bogens erhalten haben.

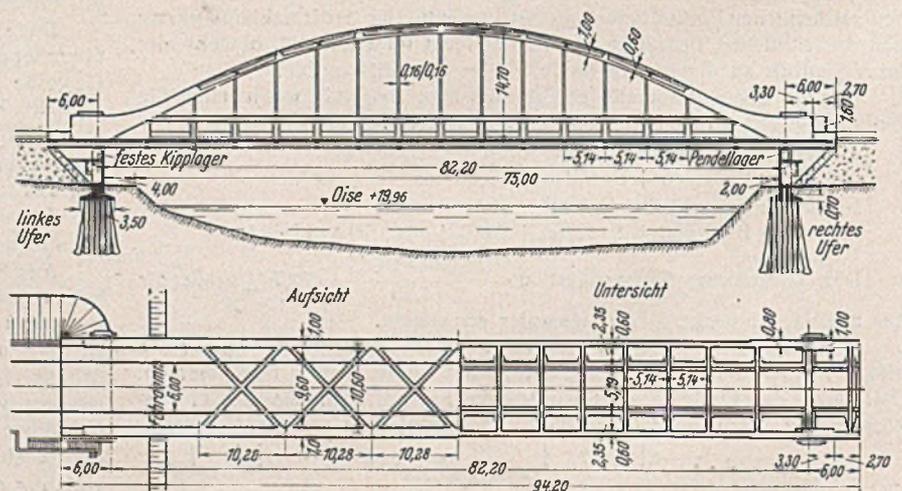


Abb. 1.

Am linken Ufer liegen die Enden der beiden Versteifungsträger auf einer festen gelenkigen Auflagerung, deren Berührungsflächen von zwei verschieden gekrümmten Zylinderflächen gebildet sind. Das rechte Auflager hat eine Pendelstütze von 1,30 m Höhe.

Unter dem festen linken Widerlager besteht die Gründung aus 28 Pfählen, von denen acht eine Neigung von 15% haben. Die Länge der Pfähle ist etwa 6,50 m.

Am rechten Ufer sind 30 Pfähle von etwa 8,50 m Länge vorgesehen, von denen ebenfalls acht geneigt sind.

Mit Rücksicht auf die schwierige statische Bestimmung der Kräfte- und Biegemomente in dem Versteifungsträger wurde eine besondere, getrennte Ausführung des Bogens und des Versteifungsträgers beim Betonieren vorgesehen.

Die Gesamtkosten der Brücke belaufen sich auf 2 Mill. Fr.

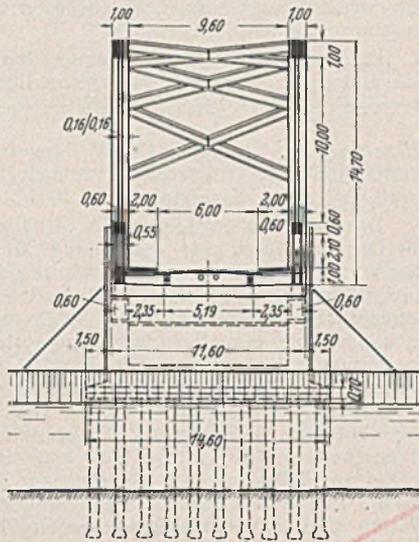
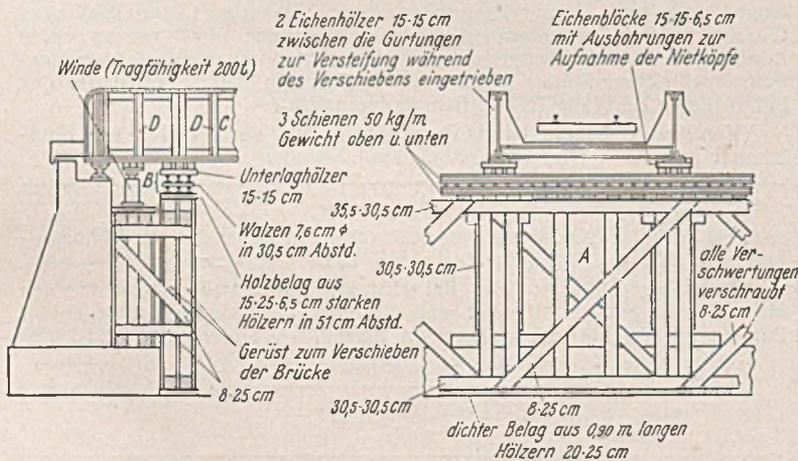


Abb. 2.

**Bau einer Straßenunterführung unter einer viergleisigen Eisenbahnstrecke ohne Betriebsstörung.** Auf der viergleisigen Strecke New York—Philadelphia der Pennsylvania-Eisenbahn verkehren täglich bis 190 Züge, von elektrischen Lokomotiven gezogen. Die Strecke wird im Richtungsbetrieb befahren; auf dem südlichen Gleis verkehren die Personenzüge, auf dem benachbarten die Güterzüge nach Osten, dann folgt das Güterzuggleis für die Richtung nach Westen, und auf dem nördlichen Gleis verkehren die Personenzüge, ebenso wie auf dem südlichen Gleis zum Teil mit Hochgeschwindigkeiten, in der Richtung nach Westen. Daß es auf einer so belasteten Strecke schwierig ist, eine Unterführung einzubauen, ist verständlich, die Pennsylvania-Eisenbahn hat jedoch bei Lösung solcher ihr mehrfach gestellten Aufgaben gelernt, diese Schwierigkeiten zu überwinden. Bei einer der letzten dieser Aufgaben handelte es sich um eine 12,2 m breite Straße in Deans (New Jersey), die die Eisenbahn unter 58° 48' kreuzt, so daß die Träger 15,9 m Stützweite haben mußten. Die Gleise haben 4,27 m Abstand; sie ruhen auf einer Brücke, die aus fünf Hauptträgern mit untenliegender Fahrbahn besteht. Die Fahrbahn wird von Breitflanschträgern von 35,5 cm Höhe in 66 cm Abstand gebildet, die so in eine Betonplatte einbetoniert sind, daß deren Unterkante bündig mit den Untergurten ist. Zur Entwässerung hat die Platte Längsgefälle von der Mitte nach den Widerlagern zu.

Die Gleise liegen an der Baustelle ungefähr 1,5 m über Gelände; die Straße konnte um das volle Maß in das Gelände eingeschnitten werden, was die Ausführung des Baues wesentlich erleichterte, indem die Höhenlage der Gleise unverändert blieb. Eine weitere Erleichterung ergab sich daraus, daß an der Baustelle fester Fels anstand, der die Last der nötigen Rüstungen aufnehmen konnte.

Um die Widerlager, für die man Beton als Baustoff wählte, einzubauen, wurden die Gleise in der üblichen Weise abgefangen. Unter den Gütergleisen ging diese Arbeit ohne Betriebsstörung vor sich, in den Personenzuggleisen mußte der Betrieb je drei Stunden unterbrochen werden.



Gerüst zum Verschieben und Absenken der Brücke.

Die Brücke wurde in zwei Hälften aufgebaut, und zwar der Teil für zwei Gleise auf der Südseite und für die zwei übrigen Gleise auf der Nordseite. Um die Brücke während des Baues zu stützen, waren zwei Binder A (Abb.) errichtet worden, die mit einer Verlängerung nach der Achse der Eisenbahn hin zugleich die Rollbahnen B zum Einschleiben der beiden Brückenhälften bildeten. Sie stützten die Hauptträger C der Brücke

zwischen zwei Querträgern D, die weit genug von dem Widerlager entfernt waren, daß zwischen dem Binder und dem Widerlager noch die Stützen für die Winden zum Absenken der Träger auf ihre Lager eingebaut werden konnten. Auf den Bindern lag die Rollbahn, bestehend aus drei aufrechtstehenden Schienen von 50 kg/m Gewicht, auf die das Gewicht der Brücke mit Hilfe von Stahlwalzen von 7,6 cm Durchm. und 76 cm Länge übertragen wurde. Die Walzen wurden von Bleichen, die mit entsprechenden Öffnungen versehen waren, im Abstände von 30,5 cm gegeneinander festgelegt. Auf diesen Walzen wiederum lagen drei Schienen, aber mit den Köpfen nach unten, auf denen die Träger unter Zwischenschaltung von Holzblöcken ruhten.

Eine Besonderheit lag nun insofern vor, als es sich um eine Brücke von fünf Trägern unter vier Gleisen mit einer Betonfahrbahn, also um ein in der Querrichtung einheitliches (monolithisches) Bauwerk handelte, das in zwei Hälften zu beiden Seiten der Eisenbahn aufgebaut und nach dem Einschleiben zu dem einheitlichen Bauwerk zusammengeschlossen wurde. Diese beiden Hälften wurden je für sich fertiggestellt, der Beton wurde bis auf einen Streifen neben dem mittleren Hauptträger eingebaut, und der Schotter und die Schwellen wurden aufgebracht, ehe die Brückenteile eingefahren wurden. Der Bau begann auf der Südseite, indem das Tragwerk für zwei Gleise hier zusammengebaut wurde. Der mittlere Träger, also Nr. 3 von Süden her gezählt, diente dabei nur als Lehr, um die nötige Genauigkeit für den schließlichen Zusammenbau der beiden Hälften zu gewährleisten. Die Querträger wurden an ihn nur mit Schrauben angeschlossen, die alsbald wieder gelöst wurden, und der Träger wurde dann auf die Nordseite befördert, um dort mit der anderen Hälfte der Brücke zusammengebaut zu werden.

Dabei ergab sich, daß die Querträger im zweiten Gleis von Süden her nur auf einer Seite an den Hauptträger, nämlich an den zweiten von Süden her, angeschlossen waren und von hier frei auskragten. Um ihre freien Enden bis zum Anschluß zu stützen, dienten zunächst untergelegte Klötze, die aber entfernt werden mußten, ehe die Brücke eingeschoben wurde. Die freien Enden der Querträger wurden dann von Stahlkabeln getragen, mit deren Hilfe sie gegen den hinter ihnen liegenden Brückenteil verankert wurden. Damit diese Kabel einen Zug nach oben ausüben könnten, waren sie über drei übereinanderliegende Blöcke von zusammen 91 cm Höhe auf dem nächsten Hauptträger geführt. Mit ihrem vorderen Ende erfaßten sie einen Träger, der unter den freien Enden der ausgekragten Querträger lag, und mit ihren hinteren Enden waren sie unter Vermittlung von Haken an den ersten Hauptträger von Süden her festgelegt. Schraubenschlösser dienten zum Spannen dieser Kabel.

Zum Verschieben der Brückenteile diente eine Winde mit einem 65-PS-Motor, die auf der Nordseite der Baustelle verankert wurde. Zwischen Winde und Brücke eingebaute Flaschenzüge und Rollen machten es möglich, daß beide Brückenteile von der Winde, ohne daß ihr Standort verändert wurde, eingeschoben wurden, obgleich sie sich dabei in entgegengesetzter Richtung bewegen mußten. Am ersten Tage wurde der aus drei Trägern bestehende Teil eingefahren, wobei die beiden nördlichen Gleise für 3 st 45 min betriebsfrei gemacht wurden. Das Einfahren selbst dauerte nur 2 1/2 min, nach weiteren 25 min waren die Träger auf ihre Lager aufgesetzt. Am nächsten Tage wurde die vollständige südliche Hälfte eingefahren, was sich nach einem Bericht in Railway Age (Bd. 105, Nr. 27 vom 31. Dezember 1938) ebenso glatt abspielte wie bei der nördlichen Hälfte. Die Sperrung des zweiten Gleises von Süden her, in dem die Querträger an den mittleren Hauptträger angeschlossen werden mußten, dauerte allerdings etwas länger. An die freien Enden der Querträger waren die Anschlußwinkel lose angehängt, sie wurden nach dem Zusammenschieben mit Schrauben angeschlossen. Schließlich wurde die Lücke im Beton der Fahrbahn neben dem Mittelträger geschlossen. Alle Arbeiten waren planmäßig verlaufen. Für den Fall, daß die Brückenteile sich beim Verschieben schief einstellen sollten, hatte man zwei 100-t-Winden bereitgestellt, mit deren Hilfe sie so zurechtgerückt werden sollten, daß die Lagerteile an den Brückenträgern beim Absenken auf die Lagerteile auf den Widerlagern zu liegen kämen; diese Winden brauchten aber nicht in Tätigkeit zu treten. Wkk.

### Bücherschau.

**Neue Bauarten.** Allgemeine baupolizeiliche Zulassungen des Reichsarbeitsministers. Nach Veröffentlichungen des Zentralblattes der Bauverwaltung zusammengestellt von Reg.- und Baurat K. Berlitz. Mit einer Einführung von Ministerialrat Neuhaus, Vorsitzendem des Reichssachverständigenausschusses für neue Baustoffe und Bauarten, und Erläuterungen von Oberregierungs- und -baurat Wedler. VIII, 115 S. mit 112 Abb. Din A 5. Berlin 1940, Verlag von Wilh. Ernst & Sohn. Preis geh. 2 RM.

Durch die Verordnung des Reichsarbeitsministers vom 8. November 1937 ist die allgemeine baupolizeiliche Zulassung solcher Baustoffe und Bauarten, die mit den einschlägigen technischen Vorschriften und Richtlinien der Bauordnungen nicht übereinstimmen, reichseinheitlich geregelt worden. Die Zulassungen stellen also eine Ergänzung der allgemeinen Bauvorschriften dar. Sie entheben die örtlichen Baupolizeidienststellen der Verantwortung für die Nachprüfung bei der Anwendung im Einzelfall. Ihnen wie auch den Bauherren, Architekten und Ingenieuren wird es sehr willkommen sein, daß die Zulassungen jetzt in Buchform zusammengestellt sind und daß die Zusammenstellung fortlaufend ergänzt und auf dem laufenden gehalten wird.

Das vorliegende Büchlein enthält einleitend einen Aufsatz von Oberregierungs- und -baurat Wedler über die Grundlagen und den Zweck

des Zulassungsverfahrens, dann in einem ersten Abschnitt allgemeine Bestimmungen, in einem zweiten Abschnitt amtliche Bekanntgaben über Einzelzulassungen und schließlich im wichtigsten dritten Abschnitt Auszüge aus den ausgestellten Zulassungen (Voll- und Hohlsteine, Sonderstähle, Decken, Verglasungen, Schornsteine, Bauplatten, Füllstoffe, Feuer-schutztüren und -mittel).

Die Veröffentlichung wird vor allem den Baupolizeilägern und Prüfingenieuren gute Dienste leisten.  
v. Halasz.

*Technische Einheit im Eisenbahnwesen*, Fassung 1938. Textausgabe mit Erläuterungen von Geh. Baurat Friedrich Besser. IV, 54 S. Berlin 1939, Verlag von Wilh. Ernst & Sohn. Preis geh. 2 RM.

Mit dem 1. Januar 1939 hat die „Fassung 1938“ der Technischen Einheit im Eisenbahnwesen (TE) die „Fassung 1913“ abgelöst. Die neue Fassung der von den Regierungen europäischer Länder zur Erleichterung des Übergangsverkehrs aufgestellten Bestimmungen ist am 30. Juni 1939 vom Reichsminister des Auswärtigen und vom Reichsverkehrsminister im Reichsgesetzblatt bekanntgemacht worden. Sie hat damit — wie die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BO) — in Deutschland den Charakter eines Gesetzes erhalten, dessen Bestimmungen die aus dem Ausland nach Deutschland kommenden sowie die von uns ins Ausland gehenden Wagen entsprechen müssen.

Die Einführung in die neue Fassung der TE wird allen Beteiligten durch das obengenannte Heft, das von einem bewährten und berufenen Führer auf diesem Gebiete verfaßt ist, leicht gemacht. Daß F. Besser ein bewährter Führer durch Eisenbahngesetze und Verordnungen ist, wird jeder bestätigen, der seinen Kommentar zur BO kennt; seine besondere Berufung zur Erläuterung der TE ergibt sich aber aus dem Umstand, daß er am Zustandekommen der neuen Fassung der TE selbst lange maßgebend mitgearbeitet hat. So sind denn auch seine Erläuterungen zu den einzelnen Bestimmungen der TE aus dem Vollen geschöpft.

Die Vorbemerkungen zu der Abhandlung geben einen Überblick über den Zweck und das Zustandekommen der TE sowie über die Änderungen der „Fassung 1938“ gegenüber der „Fassung 1913“. Die Anordnung der Erläuterungen ist die gleiche wie im Kommentar zur BO, sie sind stets jedem einzelnen Paragraphen der TE unmittelbar angegliedert. Die Erläuterungen sind erschöpfend. Einzelne davon sind sogar kleine Abhandlungen geworden, aus denen besonders der junge Eisenbahner lernen kann. Ich denke dabei in erster Linie an die Erläuterung für die Ableitung der Einschränkungformeln im § 6 der TE. Hier hat der Verfasser eine sehr schöne und klare Zusammenfassung einer größeren, demselben Gegenstand im Jahre 1933 gewidmeten Arbeit gegeben. Wertvoll scheint mir auch, daß der Verfasser da und dort etwas über die Gründe sagt, aus denen einzelne Bestimmungen der TE entstanden sind.

Die kleine, 54 Seiten umfassende Schrift hat Taschenbuchgröße. Der Verlag hat sie in gut leserlicher Schrift auf haltbarem Papier herstellen lassen. Ihre Anschaffung kann jedem, der mit der TE zu tun hat, wärmstens empfohlen werden.  
H. Frey.

*Fritz, B.*: Berechnung von Kreisgewölben. IV, 34 S. mit 12 Abb. Berlin 1940, Verlag von Wilh. Ernst & Sohn. Preis geh. 3,20 RM.

Hier wird ein langersehntes Tafelwerk für die Berechnung von Kreisgewölben gebracht, das den Vorteil hat, daß sich alle Berechnungen von Kreisgewölben auf einen gleichen Nenner bringen lassen, da sie unabhängig von allen frei gewählten, die Berechnung aber wesentlich beeinflussenden Annahmen sind. Diese Tafeln können zur schnellen Entwicklung von Einflußlinien verwendet werden. Die Trägheitsmomente der Einzelquerschnitte sind unberücksichtigt geblieben, wie aus Gl. (10) bis (12) hervorgeht. Die Trägheitsmomente beeinflussen an sich die Momentengrößen der Einzelquerschnitte zwar wesentlich, aber wenn man bedenkt, daß bei der Berechnung der Kreisbogengewölbe auch die Mitwirkung der Überbetonierung oder Übermauerung vernachlässigt wird, so bestehen durchaus keine Bedenken, daß man mit diesen Werten rechnet. Das Wesentliche aber einer derartigen Tafelsammlung ist die Zeitersparnis bei dem Entwurf größerer Gewölbebauten und die Feststellung der wichtigen Angaben der Größenordnung nach. Auch in anderer Hinsicht geben die Werte gute Anhaltspunkte, da die Wahl der Kämpferfuge schon bei genauer Berechnung die Endwerte wesentlich beeinflußt und hierdurch schon immer wesentliche Unterschiede in den Größen der errechneten Werte vorhanden waren. Das Werk ist daher zur Berechnung von Gewölben zu empfehlen.  
Dr.-Ing. W. Herrmann.

*Nöthlich, K.*: Beiträge zur Frage der Schichtungserscheinungen in Flußseen (Havel). Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin, A. Heft 36. 80 S. mit 6 Abb. u. 4 Tafeln. Berlin 1939, E. S. Mittler & Sohn. Preis geh. 6,75 RM.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf die Verteilung der Temperatur, des Gehalts an Sauerstoff, Kohlensäure und Chlor im langgestreckten Seengebiet der Havel zwischen Pichelsdorf (km 166) und der Pfaueninsel (km 153,5). Es wurde auch der Einfluß des Windes auf die Wasserbewegungen und -schichtungen behandelt, der indessen nur bei kleinster Abflußmenge der Havel erkennbar wird.

Die in Tafel I errechneten Wassergeschwindigkeiten sind zum Teil zu klein erhalten worden, weil ein gleichmäßiges Durchströmen der

betrachteten Querschnitte vorausgesetzt wurde, was aber nicht zutrifft, wenn Ablösungsgebiete mit Nehrströmung (z. B. km 165,7) oder starke Verengungen (km 160) vorhanden sind. Auf den Gang der Auswertungen der Forschungsergebnisse ist indessen diese an sich unerhebliche Vernachlässigung ohne Bedeutung.

Die vorliegende Arbeit zeichnet sich durch strenge Wissenschaftlichkeit und durch sorgsame, gründliche Beobachtungen aus.

Prof. Dr. R. Winkel.

*Gieseking, E., Dr.-Ing.*: Die Verlängerung der Lebensdauer des Werk- und Bauholzes. Holzschutz-Handbuch (OHW-Mitteilungen Nr. 99). 110 S. mit 100 Abb. Karlsruhe 1939, Fachblatt-Verlag. Preis geb. 2,50 RM.

Das Buch ist erschienen als Mitteilungen der Zentralberatungsstelle der Osmose-Holzschutz-Verwertung für Werk- und Bauholz und stellt eine Werbeschrift über den Holzschutz gegen zerstörende Pilze und seine Anwendung dar. In unserer Zeit der Rohstoffknappheit, in der trotz beträchtlicher Ausweitung der Reichsgrenzen über holzreiche Gebiete auch das Holz eine Bewirtschaftung erfahren mußte, ist der Holzschutz von erhöhter Bedeutung. Die Arbeit Giesekings beschränkt sich ausschließlich auf das Osmoseverfahren, das in seiner Anwendung bei der Verarbeitung des Holzes im Hoch-, Tief- und Wasserbau gewisse Vorteile gegenüber der Tränkung mit Ölerzeugnissen bietet, da es sich natürliche Eigenschaften des Holzgefüges bei der Austrocknung frischen Bauholzes zur Tränkung mit Fluornatrium, Bichromat und Kolloid zunutze macht. Die Wirksamkeit holzerstörender Pilze wird durch Feuchtigkeit, Wärme und mangelnde Luftbewegung begünstigt; diese Zustände sind bei Hochbauten jedoch immer wieder anzutreffen, worauf die Schäden am Holzwerk zurückzuführen sind. Die chemische Behandlung nach dem Osmoseverfahren schützt aber nicht nur gegen holzerstörende Pilze, sondern auch gegen Insektenfraß und bildet überdies einen gewissen Feuerschutz. Mit zwölf Schutzvorschriften über die verschiedenen Anwendungsgebiete der Holzbehandlung mit Osmol mit allen notwendigen Einzelheiten wird die kleine Schrift ein wertvolles Holzschutz-Handbuch für den Holzverarbeitenden Handwerker und Ingenieur.  
W. Greim.

*Stender, H. u. Jung, R.*: Arbeits- und Merkblätter für Zimmerer—Tischler—Stellmacher, Heft 1, 24 S. Wittenberg/Gräfenhainichen 1939, R. Herrose's Verlag. Preis geh. 1,60 RM.

Die Arbeits- und Merkblätter sollen dazu beitragen, den Unterricht in der Berufsschule zu vertiefen und die Leistungen der Lehrlinge zu steigern. In geschickter Weise gehen die Verfasser von der Erfahrungswelt des Lernenden aus und stellen stets die Arbeitsvorgänge in den Mittelpunkt der Betrachtung, soweit es auf den 24 Blättern dieses ersten Heftes möglich ist. Das empfehlenswerte Heft soll so verwendet werden, daß die Schüler die durch zahlreiche Abbildungen und Zahlentafeln erläuterten Aufgaben und Fragen nach gründlicher Durchnahme des Stoffes in der Schule für sich allein lösen und beantworten.

Fonrobot VDI.

## Personalmeldungen.

**Deutsches Reich. Straßenwesen.** Ernann: zum Ministerialrat: Oberregierungsbaurat Friedrich Schlessmann beim Generalinspektor für das deutsche Straßenwesen; — zum Baudirektor: Oberbaurat Gustav Waldhausen von der Bauverwaltung (Straßenbau) Hamburg (Landstraßenbevollmächtigter); — zum Reglerungsbaurat: Regierungsbauassessor Hans Heuschmann beim Straßen- und Flußbauamt Bayreuth unter Berufung in das Beamtenverhältnis auf Lebenszeit; — dem in den Dienst des Landes Bayern übernommenen Bezirksbaurat bei dem Straßen- und Flußbauamt Amberg, Karl Höcherl, wurde die Amtsbezeichnung Regierungsbaurat beigelegt; — zum Reglerungsassessor: Assessor Georg Wolf von Germer beim Generalinspektor für das deutsche Straßenwesen unter Berufung in das Beamtenverhältnis; — zum Reglerungsbauassessor: Bauassessor Dr.-Ing. Robert Seiler im Bayerischen Staatsministerium des Innern unter Berufung in das Beamtenverhältnis.

Versetzt: Regierungsbaurat Franz Dobmayer vom Straßen- und Flußbauamt Speyer an das Wasserstraßenamt Nürnberg.

## Ergänzung

zu dem Aufsatz: „Erddruck und Stützkörper in gegenseitiger Abhängigkeit“ von Dr.-Ing. Paul Müller auf S. 135.

Anm. zu Gl. (1a): Bei Belbehaltung des Drehpunktes in der Mitte der Bodenfuge. Verlegt man diesen nicht eindeutig festliegenden Punkt in die Mitte der gedrückten Fläche, so ändert sich Gl. (1a) in

$$\delta_H = \frac{8 h^2 b^3 \gamma}{C \left[ 3 b^2 - h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \right]^2}$$

INHALT: Ein Landhandelsspeicher in einem Seehafen. — Erddruck und Stützkörper in gegenseitiger Abhängigkeit. — Durchlaufende Gewölbe auf waagrecht nachgiebigen Pfeilern. (Schluß) — Vermischtes: Eisenbetonbrücke bei Neuville-sur-Oise. — Bau einer Straßenerhöhung unter einer viergleisigen Eisenbahnstrecke ohne Betriebsstörung. — Bücherschau. — Personalmeldungen. — Ergänzung.

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