DER STAHLBAU

Schriftleitung:
Dr.-Ing. A. Hertwig, Geh. Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule Berlin, Berlin-Charlottenburg 2, Technische Hochschule
Fernsprecher: C 1 Steinplatz 0011
Professor W. Rein, Breslau, Technische Hochschule. — Fernsprecher: Breslau 421 61

Beilage zur Zeitschrift **DIE BAUTECHNIK** Fachschrift für das gesamte Bauingenieurwesen

Preis des Jahrganges 10 RM und Postgeld

5. Jahrgang | BERLIN, 5. Februar 1932 | Heft 3

Alle Rechte vorbehalten.

Großbunkeranlage für 20 000 t Kohle.

Von Prof. Dr.-Ing. ehr. Brunner, Graz.

Massenschüttgüter für industrielle Zwecke, wie Kohle, Erz usw., werden entweder auf offenen freien Lagerplätzen (Halden) in hohen Haufen angeschüttet, wobei oft außerordentlich große Grundrißflächen erforderlich sind, oder ihre Lagerung erfolgt in geschlossenen Räumen (Speichern, Silos, Bunkern); die Entwicklung des Fassungsvermögens erfolgt hierbei nach der Höhe. Die Zweckbestimmung wird im ersteren Fall meistens der Verteilung des Massengutes für die verschiedensten Verbraucher oder Händler dienen, während die geschlossene Speicherung in der Regel für die Verteilung (Abzapfung) der Rohstoffe zu bestimmten Verwendungs- und Weiterverarbeitungszwecken innerhalb industrieller Anlagen in Frage kommt. Beispiele hierfür sind die Aufbunkerung von Erzen, Steinen usw. in den modernen Hüttenwerken, wie auch die Lagerung von Koks und Kohlen verschiedener Sorten in Großkesselhäusern, Gasanstalten usf.

Diese beiden Hauptarten der Speicherung bedingen u. a. auch völlig verschiedene Transportanlagen. Beim offenen Lagerplatz wird für das Heranbringen wie für die Entnahme des Gutes in erster Linie die große Verladebrücke mit Laufkatze und Greifer oder mit Laufdrehkran und Greifer in Frage kommen. Auch die Seilbahnförderung kann bei großer Ausdehnung der Plätze vorteilhafte Verwendung finden.

Bunkeranlagen, welche auf einer kleinen Grundfläche möglichst viel Schüttgut für die Entnahme günstig lagern sollen, erreichen oft eine beträchtliche Bauhöhe. Die einzelnen Bunkerräume erhalten große Höhenausmaße und sie müssen überdies mit der Trichteröffnung so hoch liegen, daß unter ihnen das Gut in möglichst praktischer Höhe und rasch entnommen werden kann. Die Füllung der Bunker erfolgt entweder mittels Greiferkranen, deren über dem Bunker liegende Laufbahn so weit über den Bau vorkragt, daß der Greifer das Gut aus den vorbeifahrenden Waggons in tiefster Stellung greifen kann, oder mittels Laufwagen, welche durch einen Aufzug gehoben und über der Bunkerbühne durch Klappen oder Kippen geleert werden. Auch automatisch arbeitende Einrichtungen, wie Förderband, Paternoster u. ä., aber auch Kombinationen mehrerer solcher Fördermittel können Verwendung finden.

Eine solche Bunkeranlage allergrößten Ausmaßes, welche der Aufnahme von Braunkohlen dient, hat die Fried. Krupp A.-G., Friedrich-Alfred-Hütte, Rheinhausen, 1929/30 für ein mitteleuropäisches Großunternehmen erstellt. Sowohl in baulicher Hinsicht, wie auch bezüglich der Größe dürfte dies die bedeutendste aller bestehenden ähnlichen Anlagen sein.

Die gesamte Tragkonstruktion dieses etwa 60 m hohen Baues ist aus Stahl St 37 hergestellt. Die Anlage ist zunächst bestimmt zur Aufnahme von 11 900 t Braunkohle. Eine erste Vergrößerung kann das Fassungsvermögen auf 20 600 t erhöhen. Schon jetzt sind aber in der Ausbildung weitere Vergrößerungsmöglichkeiten vorgesehen, deren jede für etwa 7000 t Raum schafft. Die Anlage kann also jederzeit für 35 000 t und auch mehr ausgebaut werden. Die Abschließung der Außenwände erfolgt durch Bimsbetonplatten, einzelne Zwischenwände sind mit Ziegeln ($^1/_2$ Stein stark) ausgemauert. Die Arbeitsbühnen zeigen Betonierung zwischen Trägern, teils ist aber Riffelblechabdeckung gewählt. Im jetzigen ersten Ausbaustadium sind drei große Bunker mit O. K. auf + 45,0 und drei kleine mit O. K. + 29,5 vorhanden. Die zu lagernde Kohle wird Laufwagen entnommen, welche sich auf den beiden Bühnen + 45,0 und + 29,5 bewegen. Außerdem sind Förderbänder (Verteiler), System Pohlig, eingebaut.

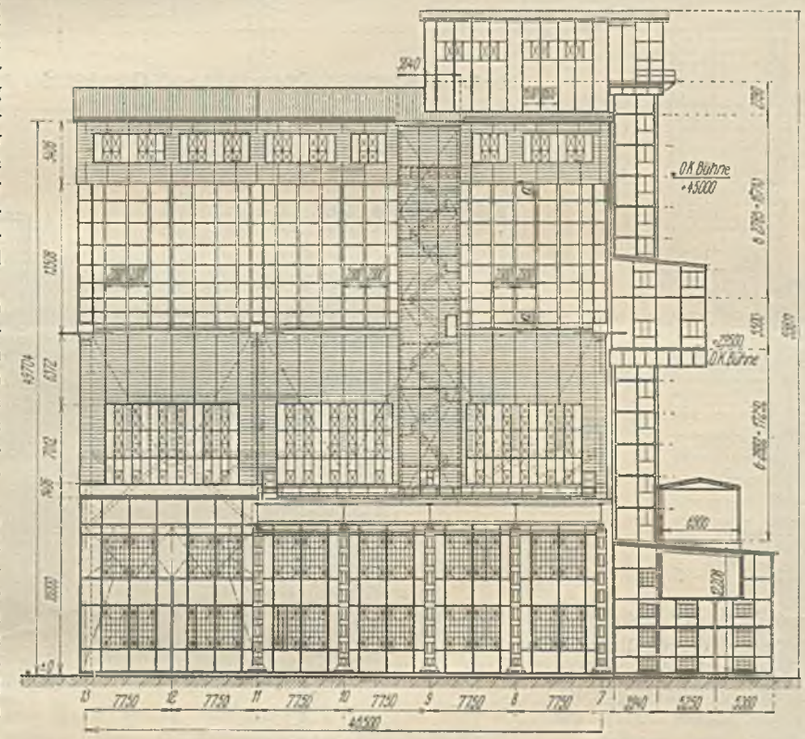


Abb. 1. Ansicht der Bunkeranlage.

Die äußere Gesamterscheinung des Bauwerkes zeigt Abb. 1. Längsschnitt, Querschnitt und Grundriß der Anlage sind aus Abb. 2 zu ersehen. Da die Bunkerung der einzige oder wenigstens weit überwiegende Zweck der Anlage ist, so mußten Anordnung und Aussteifung der Tragkonstruktion in ihren Einzelteilen der notwendigen und zweckmäßigsten Form der Bunker völlig untergeordnet werden. Die hervorragende Anpassungsfähigkeit des Stahlbaues an jede wenn auch noch so schwierige Aufgabe hat sich hierbei voll bewährt.

In der nachfolgenden Erläuterung wird von den beiden seitlichen Bühnenanbauten, vom Dachaufbau und den Anbauten für Aufzug und Treppenhaus (vgl. Abb. 1 u. 2) abgesehen, da es sich bei diesen nur um Hilfsbauten handelt, deren Bedeutung in Ansehung der Haupttragkonstruktion zurücktritt. Der Bau wird in seinem ersten Ausbaustadium (11 900 t Füllung) von den drei Längsstützenreihen *E*, *D*, *C* zu je vier Stützen getragen, welche in die Querreihen 7, 9, 11, 13 aufgeteilt sind. Die erste demnächstige Vergrößerung um 8700 t Tragkraft geschieht unter Heranziehung einer Stützenreihe *B*, deren untere Stützenteile bis auf + 12,5 bereits stehen. Weitere Vergrößerungen sind vorgesehen durch Anbau von Längsfeldern an den Giebelseiten, was also weitere Querreihen 5, 3 usw. oder 15, 17 usw. erfordert. Jede solche Stützenquerreihe wird den Fassungsraum um 6867 t erhöhen. Die senkrechten Bunkerwände bilden zugleich Teile der senkrechten Verbände. Sämtliche Stützen sind in Höhe + 29,5 durch Gelenklager unterbrochen. Diese Lager übernehmen also die Eigengewichte der über + 29,5 befindlichen Bauwerks-

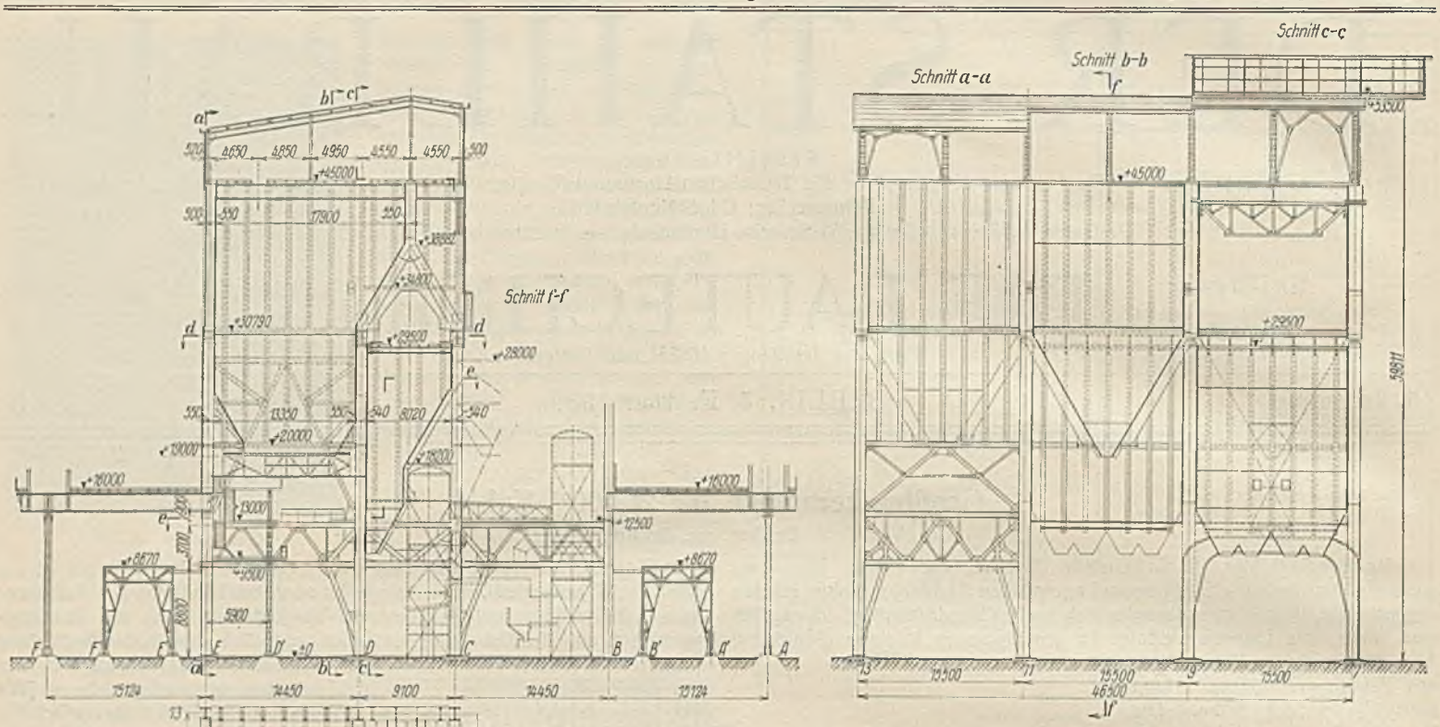
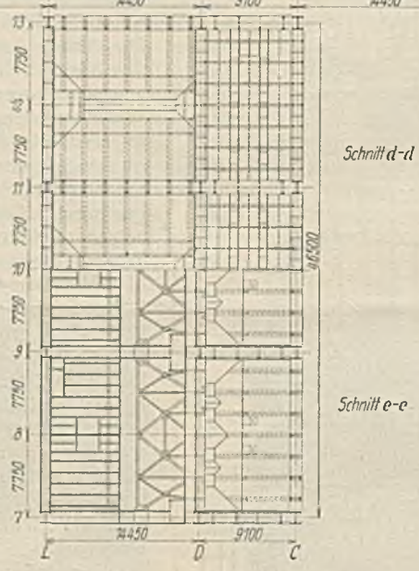


Abb. 2. Längsschnitt, Querschnitt und Grundriß der Anlage.



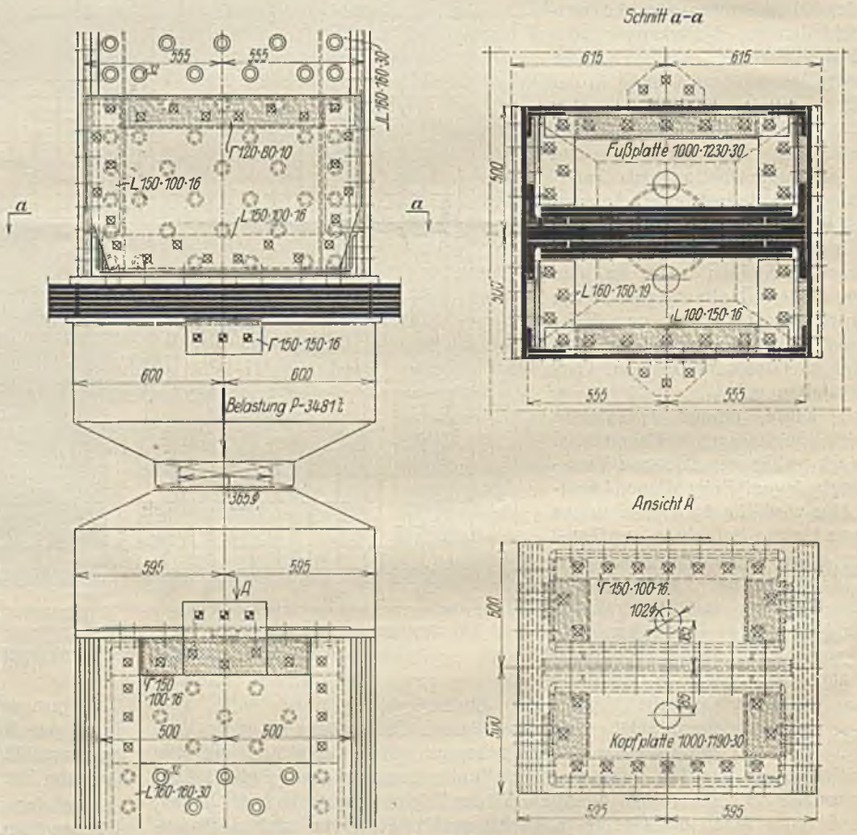


Abb. 3. Zwischenlager in den Stützen auf + 29,5 m.

teile, die gesamten Bunkerlasten und ferner die senkrechten Drücke aus den Windkräften, welche auf die darüber befindlichen Gebäudeflächen wirken. Durch die Stützen werden diese Windkräfte in die Fundamente hinuntergeleitet. Gegen Wind auf die Längsseite des Baues haben die Bunkerquerwände die gleiche Aufgabe, doch werden die waagerechten Komponenten durch die Verbände auf + 28,0 bzw. + 12,5 in die Portale der Reihen 7, 9, 11, 13 übertragen.

Durch die Einschaltung der Zwischenlager in die Stützen auf + 29,5, deren Einzelausbildung aus Abb. 3 hervorgeht, wird im statischen Kräftespiel des Tragwerkes große Klarheit erzielt. Die Bunker erhalten dadurch in ihrer Basis eine freie Auflagerung, und der konstruktive Anschluß der schrägen Bunkerwände an die senkrechten Wände der großen Bunker wird beträchtlich erleichtert. Die senkrechten Wände (vgl. Abb. 2, Schnitt *f—f*) bilden dann gleichzeitig die frei aufliegenden Träger für die hauptsächlichen Lasten der großen Bunker. In geistvoller Weise ist die gemeinsame Auflagerung der großen und kleinen Bunker auf den Stützenreihen *C—D* vermittels sattelförmiger Querböcke gelöst (Abb. 4 u. 5). Diese Querböcke sind 16 m hohe versteifte Blechwände — gleichzeitig als Querwand der konsolförmigen Auskragung in den Raum zwischen den Stützen *C, D* der großen Bunker dienend —, welche in + 29,5 auf den Stützenreihen *C, D* lagern und auch die darunter befindlichen kleinen Bunker tragen. Die Kragenden übernehmen mit Hilfe von senkrechten Flachbändern die Teillast der großen Bunker. Die über Stützenreihe *C* ebenfalls bereits vorhandenen, aus der geschlossenen Längswand zunächst etwas unvermittelt hervortretenden Kragenden dieser Böcke (vgl. Abb. 2 u. 6) werden im nächsten Ausbaustadium die Montage der hinzukommenden Bunker sehr erleichtern. Die große statische Bedeutung dieses Bauteiles geht aus Abb. 5 hervor, in welcher die größten Kräftewirkungen eingetragen sind. Die tragende Aufgabe, welche diesem nur aus zwei dünnen Blechwänden bestehenden Bauteil zugewiesen ist, gibt ein Musterbeispiel von wirtschaftlicher Ausnutzung eines auch für andere Zwecke ohnehin nötigen Baugliedes.

Die bauliche Ausbildung der Fachwerkportale in den Längs- und Querreihen erforderte mit Rücksicht auf die wirksamen großen Kräfte alle Sorgfalt. Das Beispiel eines Fußpunktes und die Verbindung mit einer schweren Stütze der Reihe *D* ist aus Abb. 7 ersichtlich. Die Windportale der Reihen *C* und *D* sind als doppelwandige Blechhalbrahmen ausgebildet.

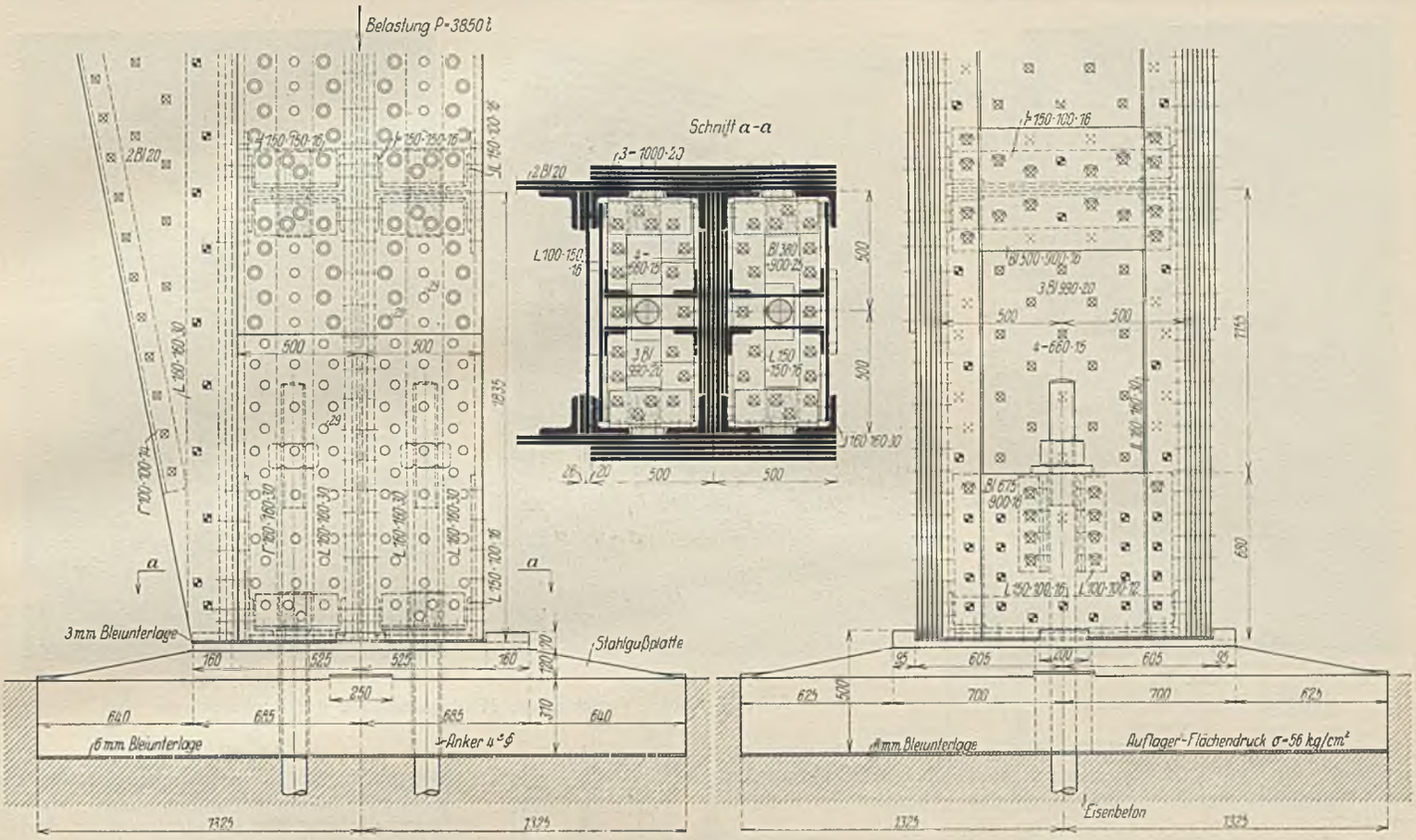


Abb. 7. Stützenfuß.

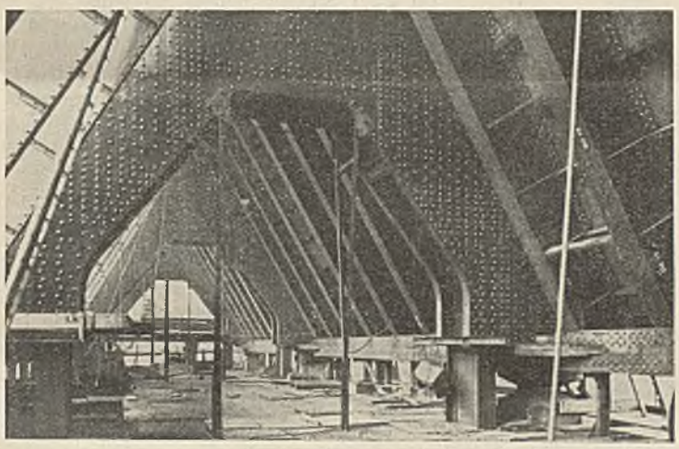


Abb. 4. Querböcke zur gemeinsamen Auflagerung der großen und der kleinen Bunker auf den Stützen.

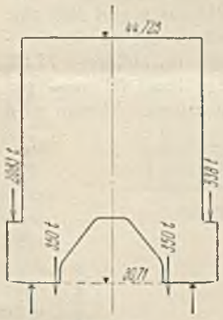


Abb. 5. Statische Wirkungsweise der Querböcke.

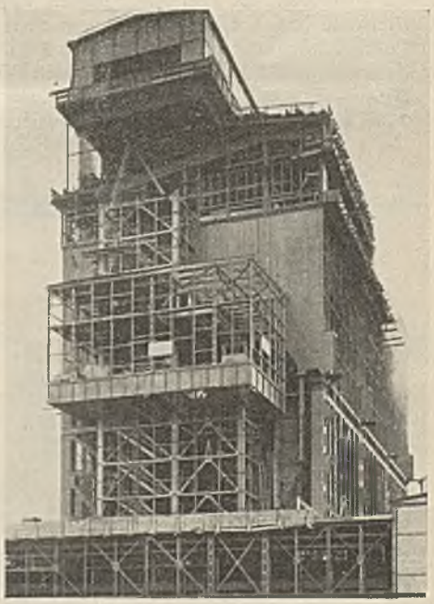


Abb. 6. Montagezustand der Bunkeranlage.

Die Stützen der Reihen C und D stehen zwischen den Stehblechen dieser Portalfüße und wirken somit von diesen unabhängig.

Die Axiallasten der Hauptstützen setzen sich wie folgt zusammen:

	C	D	E
Eigengewicht	1051	1181	1061 t
Bunkerfüllung	1920	2530	1210 t
Wind	139	139	134 t
Last am Fundament	3110	3850	2405 t

Die zulässigen Beanspruchungen sind den ministeriellen Bestimmungen vom 25. Februar 1925 entnommen. Insbesondere waren folgende Werte maßgebend:

Obere Bunkerbleche	$\sigma = 1{,}400$ t/cm²
Untere Bunkerbleche	$\sigma = 1{,}300$ „
Bunkeraussteifungen	$\sigma = 1{,}400$ „
Waagerechte Bunkerrahmenträger	$\sigma = 1{,}600$ „
Stahlgußlager	$\sigma = 1{,}400$ „

Pressung zwischen Auflager und Eisenbetonfundament $\sigma_{max} = 60$ kg/cm². Für die Berechnung der Portalfüllstäbe und der Aussteifungsverbände wurde außer der normalen Stützenkraft noch 1,5% derselben als seitliche Ausknickkraft eingeführt. Die Stützen selbst sind ohne diesen Zuschlag nach dem ω-Verfahren bemessen.

Zulässige Durchbiegung der Bühnenträger: $\delta \leqq \frac{1}{500}$ der Stützweite.

Einen beträchtlichen Teil der in allen Einzelheiten (u. a. Nietanschlüsse, Verlaschungen usw.) sehr sorgfältig durchgeführten, über 600 Seiten umfassenden statischen Berechnungen nimmt die Berechnung der Bunker mit ihren Versteifungen und Hilfskonstruktionen in Anspruch. Das Raumgewicht der Braunkohle wurde zu 0,7 t/m³ in Rechnung gesetzt, das der zusammengepreßten

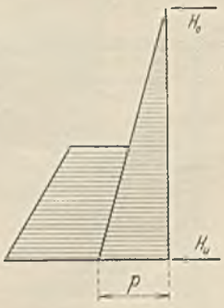


Abb. 8. Belastung der Bunkerwand.

Abb. 9. Kräftezerlegung an der Bunkerschrägwand.

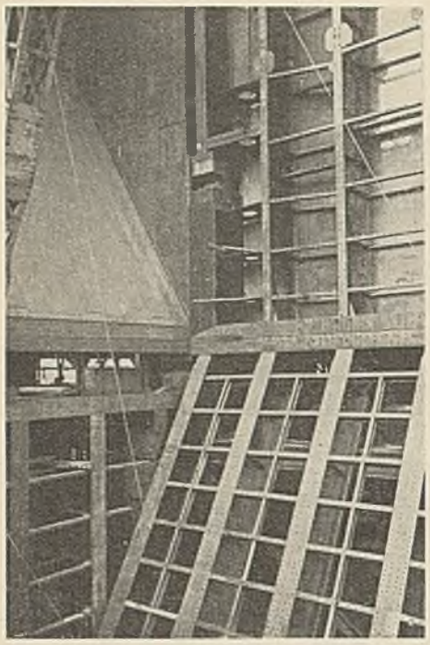


Abb. 10.
Blick in den Bunkerinnenraum.

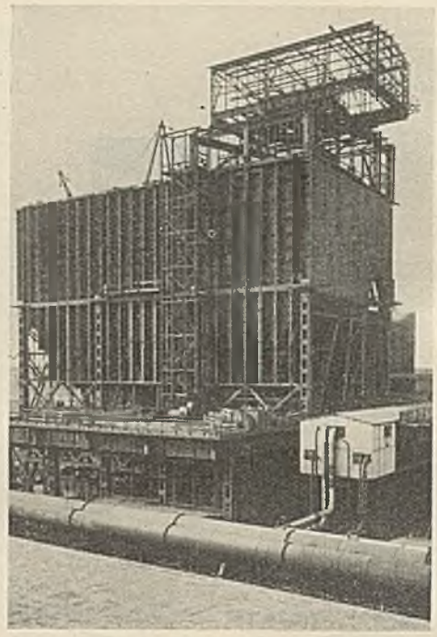


Abb. 13.

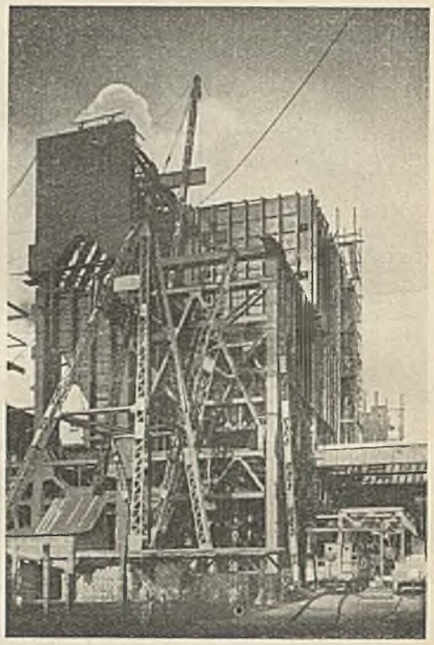


Abb. 14.

Abb. 13 u. 14. Verschiedene Montagezustände der Bunkeranlage.

Kohle zu 0,85 t/m³. Diesen beiden Werten entsprechen Böschungswinkel von $\varphi = 40°$ bzw. 45°. Die Seitendrücke auf die schrägen Wände wurden unter Vernachlässigung der Reibung nach den bekannten Beziehungen ermittelt.

Das Gewicht der Bunkerfüllung wird zerlegt in eine waagerechte Kraft P' und eine mit der geneigten Bunkerwand zusammenfallende Last P'' (Abb. 9). Es wird angenommen, daß sich P' auf die Fläche der Bunkerwand bzw. auf die Aussteifungen verteilt. Hieraus ergibt sich eine Gesamtbelastung der Wand nach Abb. 8. Die Auflagerdrücke der Aussteifungen werden an die waagerechten Verbände in Höhe + 12,50, + 20,0, + 29,0 und + 45,0 abgegeben. Die schräge Kraft P'' wird von dem als Blechträger wirkenden Bunkerblech aufgenommen. Ebenso wird auch die senkrechte Wand infolge der festen Verbindung am Knickpunkt zur Aufnahme der Last P'' mit herangezogen. Diese Bunkerlängsseite gibt die Auflagerdrücke an die als Blechträger wirkende Bunkergiebelseite ab, welche (wie schon früher bemerkt) als Träger auf zwei Stützen mittels Stahlgußlagern auf den Stützenköpfen lagert. Von hier wird P'' in die Fundamente übertragen.

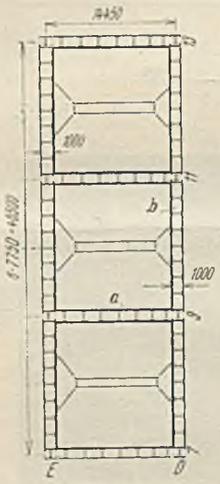


Abb. 11.
Versteifungsträger in Höhe + 30,75 m.

Die Bunkerbleche wurden als vierseitig frei aufliegende Platten berechnet, indem wie üblich die Last im umgekehrten Verhältnis der vierten Potenzen der Seitenlängen auf beide Richtungen verteilt wird.

Bei schrägen Bunkerblechen setzt sich nach Abb. 9 die Belastung wie folgt zusammen:

a) aus waagerechtem Seitendruck
$H = \gamma \cdot 0{,}217\, h, \quad H' = H \sin \varrho,$

b) aus senkrechter Last
$P = \gamma h, \quad P' = P \cos \varrho,$
Gesamtlast $= H' + P'$.

Wie bereits erwähnt, wird die Komponente P'' vom Bunkerblech aufgenommen. Die schrägen Wände sind mit Rücksicht auf möglichst leichten Ablauf des Füllgutes unter 60° zur Waagerechten geneigt.

Unter Berücksichtigung dieser Voraussetzungen wurden die Bunker sehr genau untersucht. Die Stärken der senkrechten Wandbleche ergaben sich zu 10 mm oben, zunehmend bis auf 15 mm unten. Die

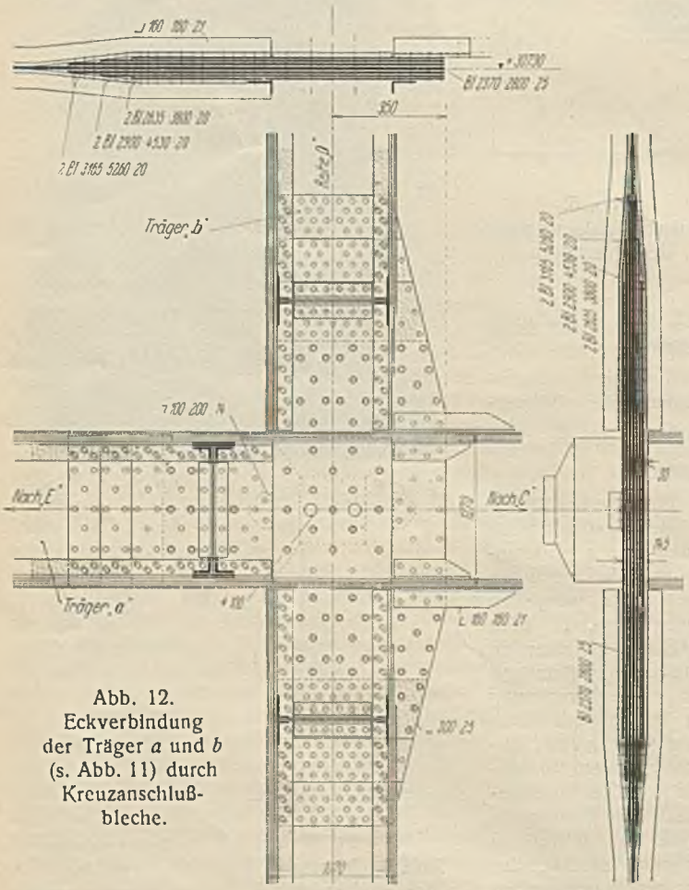


Abb. 12.
Eckverbindung der Träger a und b (s. Abb. 11) durch Kreuzanschlußbleche.

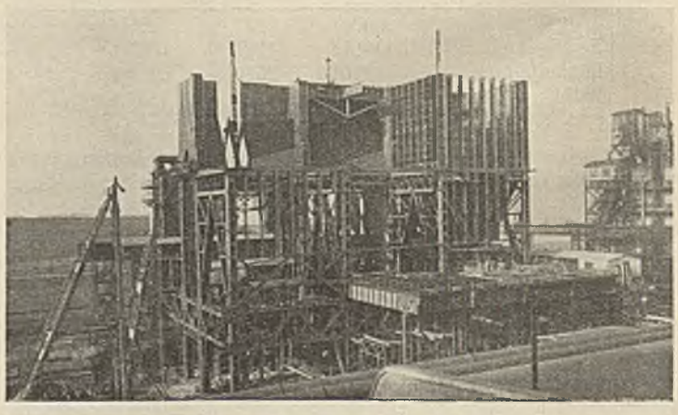


Abb. 17. Montage der Bunker mittels Ausleger-Kranen.

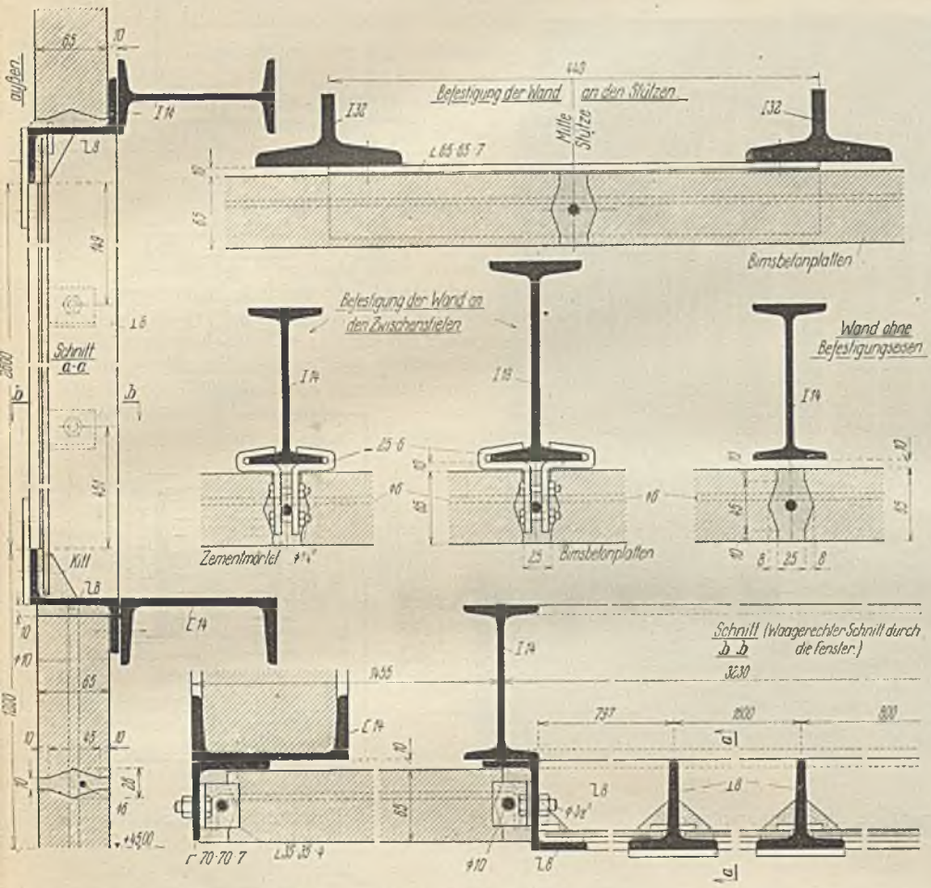


Abb. 15. Ausbildung der Wandbefestigung und der Fenster.

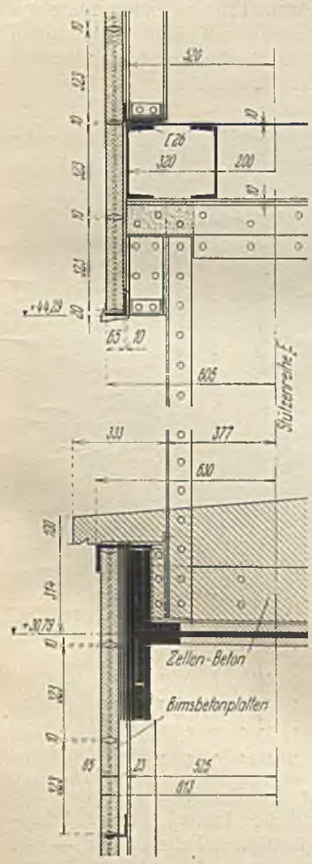


Abb. 16.
Einzelheiten der Außenwanddurchbildung.

Schrägbleche erhielten wegen der größeren Abnutzung oben 15 mm, nach unten zu 18 bis 20 mm Dicke. Auch schien es zweckmäßig, bei der Bestimmung der Blechstärken mit Rücksicht auf den Verschleiß der Bleche im Betrieb möglichst unterhalb der zulässigen Spannung zu bleiben. Die Berechnungen wurden durch die vielfach gebrochene Form der Bunker (vgl. Abb. 2, Schnitt *f—f*) erschwert, und es mußten auch verschiedene Füllungsgrade, insbesondere einseitige Füllung (Schrägfüllung) in ihrem Einfluß auf die Hauptaussteifungen untersucht werden. Die Wandbleche sind durch Vertikalträger in Hauptfelder von 2 m und diese nochmals in der Mitte unterteilt (Abb. 10). Die Abstände der waagerechten Aussteifungen wechseln je nach Höhenlage zwischen 1 und 2 m. Bei der Wahl dieser so entstandenen Plattengrößen waren die zweckmäßigsten Montageabmessungen mit entscheidend.

Die durchgehenden senkrechten Aussteifungen bestehen aus I-förmigen Blechträgern, deren Höhe von 1 m dem Abstande zweier benachbarter Bunkerwände entspricht. Für die senkrechten und waagerechten Zwischenaussteifungen sind in der Hauptsache ⊏-Profile mit Eckanschlüssen verwendet. Alle Verlaschungen der Blechwände sind doppelreihig, die Nietköpfe auf Bunkerinnenseite sind in den senkrechten Wänden halb versenkt, in den Schrägwänden ganz versenkt. Sehr eingehend sind die

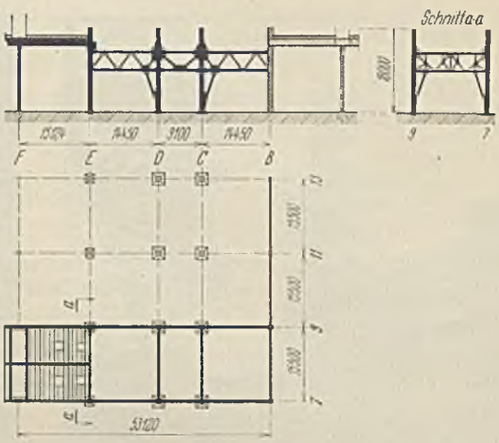


Abb. 18.

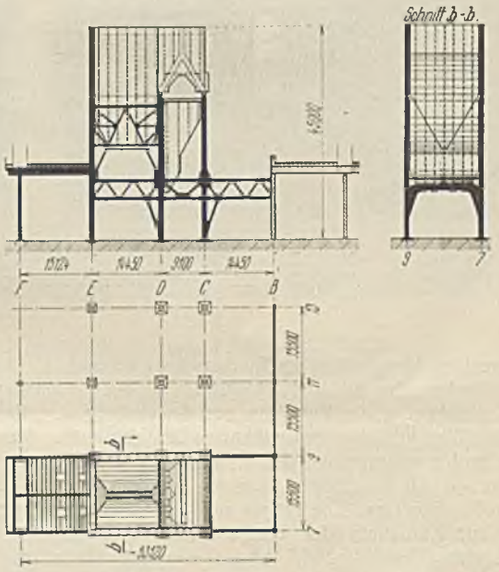


Abb. 19.

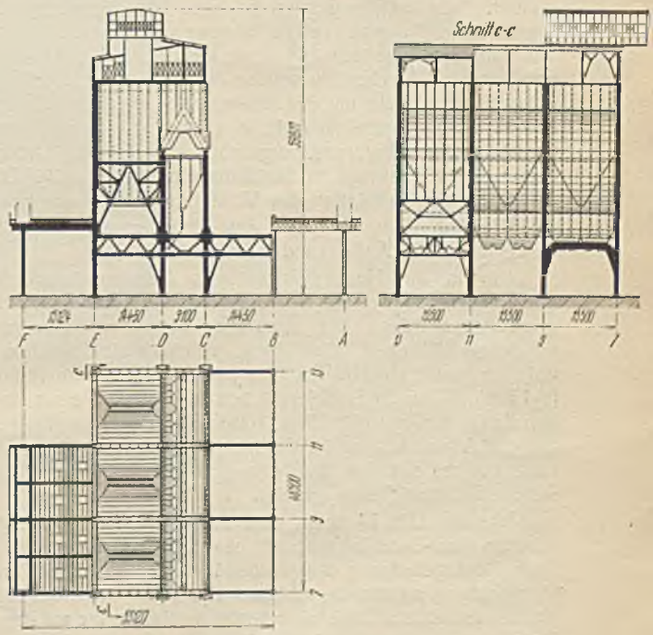


Abb. 20.

Abb. 18 bis 20.
Hauptstadien der Montage.

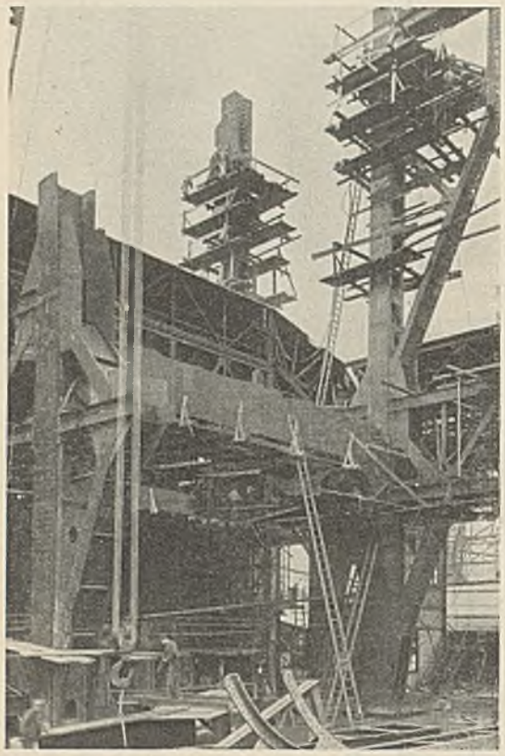


Abb. 21.

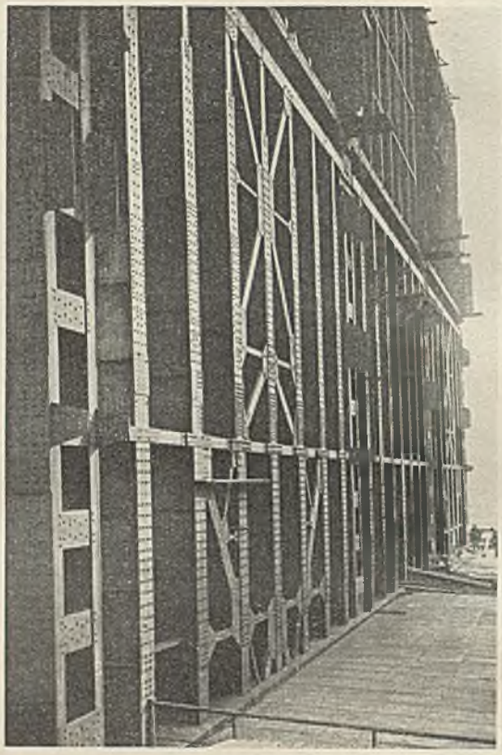


Abb. 22.

Abb. 21 u. 22. Verschiedene Montagezustände der Bunkeranlage.

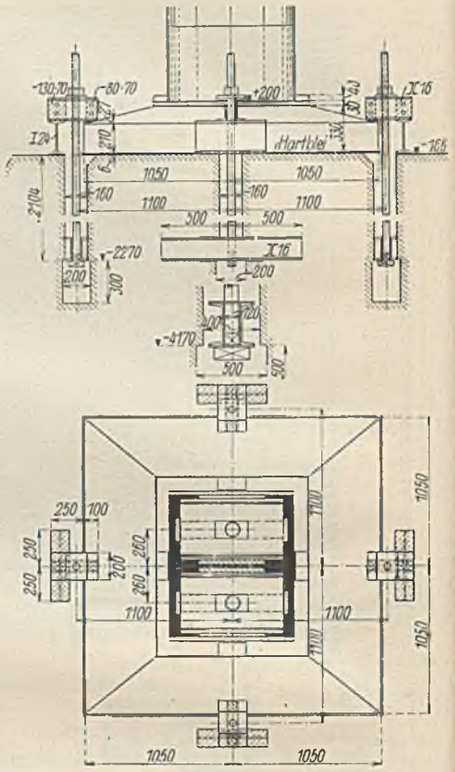


Abb. 23.
Verankerung der Stützen.

waagerechten Hauptträger der Bunkerwände behandelt. In den Oberkanten beider Bunker, also auf + 45,0 bzw. 29,5, wirken die waagerechten Bühnenträger gleichzeitig als Zugstäbe zur Aussteifung der Ränder und damit auch zur Wahrung der rechtwinkligen Grundrißform. Waagerechte Hauptträger sind angeordnet an den Knickstellen der Bunkerwände, also z. B. in Höhe + 14,0 des kleinen Bunkers, ferner in Höhe + 20,0 und + 30,75 des großen Bunkers. Die Träger auf + 20,0, „Ringträger", dienen gleichzeitig zur Aufnahme der waagerechten Windkomponenten. Die Versteifungsträger auf + 30,75 bilden zunächst einen geschlossenen dreifachen Rahmen (s. Abb. 11), der bei späterer Vergrößerung durch weitere Rahmen verlängert wird. Untersucht wurde der einfache Rahmen, der infolge der symmetrischen Belastung nur zwei statische Unbestimmtheiten enthält. Sehr kräftige Eckverbindungen der Träger *a* und *b* sind durch die sogenannten Kreuzanschlußbleche erzielt (s. Abb. 12). Diese Eckverbindungen bestehen aus einer siebenfachen Lage von 20 mm dicken waagerechten Blechen, in welche die Stehbleche der Träger *a* und *b* eingelascht sind. Die an den Giebelseiten jetzt sichtbaren vorstehenden Enden dieser Bleche (s. Abb. 13 u. 14) sind für den späteren Anschluß der Gebäudeverlängerung vorgesehen. Gleichzeitig dienen diese Blechlagen als Zwischenlage an den Stützgelenken (Abb. 3). Die Bunkerbleche sind nicht als Gurtplatten der Versteifungsträger mitgerechnet.

Die Abb. 15 u. 16 zeigen eine Reihe mustergültig durchgearbeiteter Einzelheiten der Außenwandungen usw.

Die in die Hunderte gehenden Konstruktionszeichnungen veranschaulichen, mit welcher Gründlichkeit alle baulichen Einzelheiten durchgearbeitet wurden. Die gewaltigen Kräfte machten großenteils Querschnittsausbildungen erforderlich, welche weit aus dem Rahmen sonst üblicher großer Hochbauten herausfallen. Die größte vorkommende Stärke (bei Breitstählen für Stehbleche) betrug 30 mm. Ferner fand ein besonders gewalztes Winkelprofil 160 × 160 × 30 ausgiebige Verwendung. Weder bei der Abwalzung und Abnahmeprüfung dieser schweren Querschnitte, noch bei der späteren Bearbeitung in der Werkstätte haben sich irgendwelche Schwierigkeiten gezeigt.

Wie die Abb. 14 zeigt, sind zum Aufbau bis zu etwa halber Höhe schwere Stahl-Derrick-Krane mit beweglichem Ausleger verwendet worden. Dem Montagefortgang entsprechend wurden die Krane in der Gebäudelängsrichtung allmählich versetzt. Die höher liegenden Konstruktionsteile wurden mittels ähnlicher, aber leichterer Krane, die auf den oberen Bühnen Platz fanden, eingebaut (Abb. 17).

Der Aufbau der Stahlkonstruktion einschließlich eines Teiles aller Vollendungsarbeiten, z. B. Einbetonierung der Bühnen usw., wurde von Anfang Mai 1929 bis Anfang April 1930, also innerhalb elf Monaten, durchgeführt, in Anbetracht der Vielheit der schwierigen Konstruktion und der zu bewältigenden Baustoffmassen eine bemerkenswert hervorragende Leistung, besonders unter Beachtung des Umstandes, daß auf der Baustelle nicht weniger als 250 000 zum großen Teil versenkte Niete zu schlagen waren! Die Baudispositionen waren auf drei Hauptstadien zugeschnitten, welche aus den Abb. 18 bis 20 hervorgehen. Weitere bemerkenswerte Einzelheiten während der Bauausführung zeigen die Abb. 21 u. 22.

Nachstehende Zusammenstellung gibt einen Begriff über Ausmaße und Gruppierung der einzelnen Konstruktionsgewichte.

Zusammenstellung der Einzelgewichte.

Stahlgußfußlager der Stützen *D*	21,60 t
Stahlgußfußlager der Stützen *E*	10,25 t
Stützenkopfstahlgußlager in Höhe + 30 m	9,40 t
Stützen in Reihe *D*	111,50 t
Stützen in Reihe *E*	77,00 t
Großer Bunker	530,00 t
Kleiner Bunker	205,00 t
Portal *E* 7 bis 9 von ± 0,0 bis + 20,0 m	25,00 t
Portal *D* 7 bis *E* 7 von ± 0,0 bis + 28,0 m	27,10 t
Portal *D* 7 bis 9 von ± 0,0 bis + 12,5	52,00 t
Portal *C* 7 bis *D* 7 von ± 0,0 bis + 12,5	20,00 t
Waagerechter Verband *D* in Höhe + 12,5	30,00 t
Waagerechter Träger *E* bis *D* 7 (am großen Bunker)	21,00 t
Stützen in Reihe *F*	21,50 t
Bühne in Höhe + 16,0 m	218,00 t
Bühne in Höhe + 29,5 m	65,00 t
Bühne in Höhe + 45,0 m	190,00 t
Dach und Aufbau	70,00 t
Wände	70,00 t
Treppen	40,00 t

Die Bemessung und Ausführung der für den Bau erforderlichen Fundamente entsprechen den außerordentlichen Lasten. Mit der Unterkante der Hauptfundamente wurde im ungünstigsten Falle bis auf — 6,8, also unter Grundwasserspiegel, heruntergegangen. Als höchste Bodenpressung waren 4 kg/cm² zugelassen. Die vier Hauptfundamente einer Reihe sind durch eine gemeinsame Eisenbetonplatte zusammengefaßt. Auch die übrigen Teile sind mit Eiseneinlagen verstärkt, die Auflager-

quader überdies ringarmiert. Zur Verwendung kam hauptsächlich Hochofenzement. Die Stützenverankerung ersieht man aus Abb. 23.

Die Stahlkonstruktion des gegenwärtigen ersten Baustadiums wiegt etwa 6300 t[1]).

Das beschriebene Bauwerk ist zweifellos eine der bemerkenswertesten Anlagen, welche im industriellen Hochbau je errichtet wurden. Formgebung, statische und bauliche Gestaltung zeigen einen bedeutsamen Fortschritt in der Bewältigung schwieriger Bauaufgaben, welche in dieser Vielseitigkeit wieder die hervorragende Eignung des Stahls als Werkstoff für solche Großbauten beweist.

[1]) Das gesamte Stahlmaterial entstammt den Anlagen der Fried. Krupp A.-G., Friedrich-Alfred-Hütte, Rheinhausen.

Alle Rechte vorbehalten.

Neuere vollständig geschweißte Stahlkonstruktionen.

Von Dr.-Ing. F. Faltus, Pilsen.

In Heft 13 des Jahrganges 1930 dieser Zeitschrift[1]) wurde über die erste größere Anwendung der Lichtbogenschweißung im Stahlhochbau durch die A.-G. vorm. Skodawerke in Pilsen berichtet. Dieser ersten Ausführung sind auf dem Gebiete der tschechoslowakischen Republik bald andere größeren Umfanges und größerer Bedeutung gefolgt, die, ebenfalls von den Skodawerken entworfen und ausgeführt, von der raschen Entwicklung der Lichtbogenschweißung Zeugnis ablegen.

Versuche und Studien praktischen und theoretischen Inhalts eines schweißtechnischen Büros bildeten den Ausgangspunkt der Entwicklung. Schweißerprüfungen in regelmäßigen Zeitabschnitten schufen die Grundlage, auf welcher aufbauend von einfachen Konstruktionen zu schwierigeren und verantwortungsvolleren übergegangen werden konnte. Hand in Hand mit der Entwicklung der Werkstattarbeit mußte natürlich auch die Entwicklung der Konstruktionseinzelheiten gehen, da nur auf Grund eines guten, schweißgerechten Entwurfs Konstruktionen geschaffen werden können, die in statischer, ästhetischer, aber auch in wirtschaftlicher Hinsicht allen Anforderungen entsprechen.

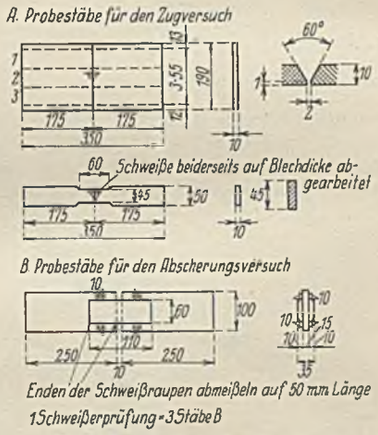


Abb. 1. Probestäbe für Zug- und Abscherversuche.

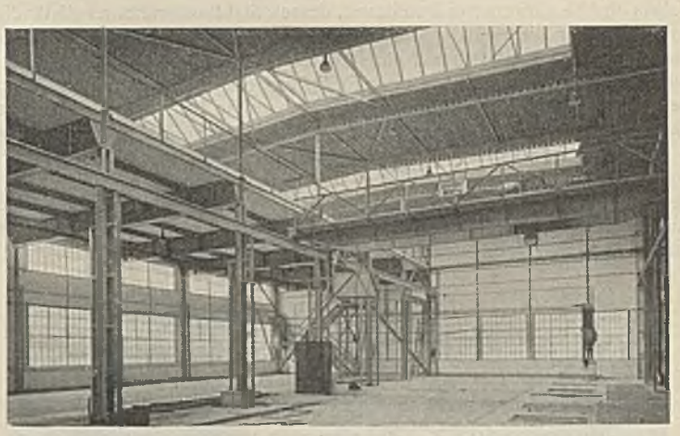


Abb. 2. Vollständig geschweißtes Werkstattgebäude.

Die zulässigen Beanspruchungen der Schweißnähte waren wie folgt festgelegt:

A. Ohne Berücksichtigung der Windkräfte:

Grundmaterial
$\sigma = 1200$ kg/cm²

Schweißmaterial
Zug . . . . $\sigma =$ 800 kg/cm²
Druck . . . $\sigma =$ 1100 „
Abscherung . $\tau =$ 700 „

B. Mit Berücksichtigung des Winddruckes:

Grundmaterial
$\sigma = 1400$ kg/cm²

Schweißmaterial
Zug . . . . $\sigma =$ 900 kg/cm²
Druck . . . $\sigma =$ 1300 „
Abscherung . $\tau =$ 800 „

Hierbei wurde bei der gleichzeitig vorgeschriebenen Schweißerprüfung, die in Abständen von höchstens sechs Monaten zu erfolgen hat, eine Mindestzugfestigkeit von 2800 kg/cm² und eine Scherfestigkeit der Flankenkehlnähte von mindestens 2400 kg/cm² gefordert. Die Abmessungen der Probestäbe sind in Abb. 1[3]) angegeben. Die V-Nähte der Probestäbe zur Bestimmung der Zugfestigkeit dürfen nur von einer Seite verschweißt werden; es darf also keine „unterlegte Naht" ausgeführt werden. Die Schweißraupe wird für den Zugversuch auf Blechdicke abgearbeitet, um den Einfluß ungleicher Überhöhungen auszuschalten. Die Probestäbe sind je nach den Umständen in waagerechter oder auch in

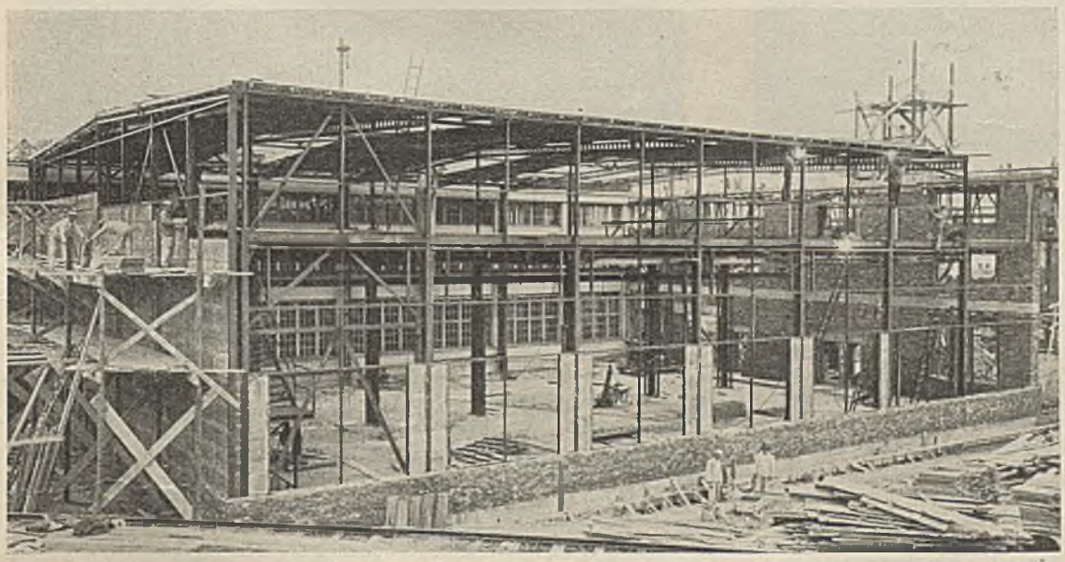


Abb. 3. Montage des Werkstattgebäudes.

Die Behörden standen im allgemeinen der neuen Arbeitsweise nicht ablehnend gegenüber, trotzdem noch keine Vorschriften über die Zulassung der Lichtbogenschweißung beim Bau tragender Konstruktionen bestehen. Die Ausarbeitung und auch die Genehmigung von Fall zu Fall erfolgte auf Grund vorläufiger Vorschriften, die von dem schon erwähnten Studienbüro der Skodawerke verfaßt waren. Diese Vorschriften, in Anlehnung an amerikanische Bestimmungen[2]) aufgebaut, sind nun von der tschechoslowakischen Normalisierungskommission als Ausgangspunkt für die Beratungen einer neuen tschechoslowakischen Norm für Berechnung und Ausführung geschweißter Stahlhochbauten gewählt worden. Es ist zu hoffen, daß auch die Tschechoslowakei bald in die Reihe der Staaten tritt, in denen die Lichtbogenschweißung in öffentlichen Vorschriften nicht nur ausdrücklich zugelassen, sondern auch durch Normen geregelt ist.

[1]) Dr. Faltus, Eine vollständig geschweißte Stahlkonstruktion in Prag.

[2]) Code for Fusion Welding and Gas Cutting in Building Construction, Formulated by the American Welding Society Committee on Building Codes. Edition 1928.

[3]) Die Bezeichnung der Schweißnähte ist in der bei den Skodawerken eingeführten Bezeichnungsweise durchgeführt. Die wesentliche Abweichung von der Bezeichnung, die in Deutschland üblich ist, besteht darin, daß kein Unterschied zwischen leichter und voller Kehlnaht gemacht wird, so daß ein einheitliches Zeichen (◺) verwendet wird.

senkrechter Lage oder „über Kopf" zu verschweißen. Die geforderten Festigkeitswerte können von Durchschnittsschweißern anstandslos erreicht werden.

Nachstehend sollen nun an Hand einiger Abbildungen interessante ausgeführte Stahlkonstruktionen kurz beschrieben werden, die die Entwicklung der Elektroschweißung in der Tschechoslowakei kennzeichnen.

Abb. 4. Querschnitt einer mittleren Stütze.

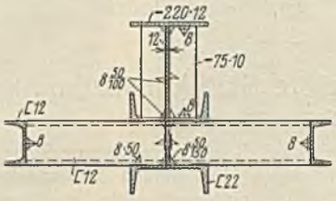


Abb. 5. Stütze im letzten Feld mit angeschlossenem Windportal.

Abb. 2 u. 3 zeigen ein Werkstattgebäude für die elektrotechnische Fabrik der Skodawerke in Doudlevec, dessen Stahlkonstruktion vollständig, sowohl in der Werkstatt als auch auf der Baustelle geschweißt wurde. Das Gebäude erhebt sich auf einer Grundrißfläche von 33,6 × 24,2 m und umfaßt zwei Längsschiffe mit einer Stützenentfernung von 4,6 m. In einem der Schiffe ist in 7 m Höhe eine Eisenbetondecke für 1000 kg/m² Nutzlast angeordnet; beide Schiffe werden von elektrischen Laufkranen von 3 bzw. 5 t Nutzlast bestrichen. Die Eisenbetondecke liegt auf Stahllängsträgern auf, die als durchlaufende Balken zwischen vollwandigen Blechträgern von 12 m Spannweite eingeschweißt sind. Die Blechträger, die eine Auflast von mehr als 70 t aufzunehmen haben, sind aus einem 800 mm hohen Stahlblech und zwei Platten zusammengesetzt. Die Dachbinder,

Abb. 6. Vollständig geschweißte Montagehalle in Prag.

die durchlaufende Walzträgersparren mit doppelter Holzschalung und Dachpappe tragen, wurden zweiteilig an die Baustelle gebracht und über den Stützen zu durchlaufenden Balken verschweißt. Die Stützen sind in einfachster Weise aus Walzträgern und Breitstahlplatten zusammengesetzt. Den Querschnitt einer mittleren Stütze, die eine Belastung von 48 t zu übertragen hat, zeigt Abb. 4[3]). Der mittlere Stiel besteht aus ⊐⊏-Profilen, die durch ein durchlaufendes Stegblech, das natürlich mit zum Querschnitt zählt, verbunden sind. Zwei weitere seitliche ⊏-Profile dienen als Kranbahnstützen und sind gegen den mittleren Stiel durch ⊏-Profile abgesteift, die gleichzeitig zur Rahmenversteifung der Hauptstiele dienen. Zwischen den Stützen des letzten Feldes sind vollwandige Windportale angeordnet, die im Hintergrund der Abb. 2 sichtbar sind. Auch hier zeigte sich deutlich der große Vorteil der Lichtbogenschweißung, die gestattet, diese Rahmen einfach aus Blech und Breitstählen zwischen die ungeänderten Stützenprofile einzuschweißen (Abb. 5)[3]).

Das Gesamtgewicht der Konstruktion einschließlich der Riegelwandgefache beträgt nur etwa 66 t. Dieses im Vergleich zu einer entsprechenden genieteten Ausführung geringe Gewicht war nur durch die folgerichtige Anwendung schweißgerechter Formen und Einzelheiten zu erreichen. Die Halle macht mit ihren geraden und schlichten Formen einen freundlichen Eindruck, der durch das Fehlen jeglicher Knotenbleche und Nietköpfe nur verstärkt wird.

Gewissermaßen ein Gegenstück zu dieser Ausführung bringt Abb. 6, die einen Blick in eine große Montagehalle in Prag zeigt. Diese Werkstätte, die auch vollständig in Lichtbogenschweißung ausgeführt wurde und eine der größten Ausführungen darstellt, erhebt sich auf einer Grundrißfläche von fast 9000 m². Der Grundriß ist in mehrere Felder von 12 und 24 m Spannweite unterteilt. Die Binder sind in Abständen von 6 m angeordnet und in den 12 m-Schiffen, die eine zusammenhängende Fläche bedecken, als Gerberträger durchgebildet. In den 24 m-Feldern sind Dreigelenkbogenbinder mit Zugband angeordnet. Alle Binder bestehen aus durchbrochenen Walzträgern, deren sechseckige Öffnungen sehr zur Belebung des Raumes beitragen.

Das Gesamtgewicht der Stahlkonstruktion, das neben den Stützen auch Unterzüge von 24 m Spannweite, Torkonstruktionen mit Fachwerkträgern für breite Schiebetore usw. umfaßt, beträgt nur 286 t. Sämtliche Konstruktionsteile wurden in der Werkstätte geschweißt, auf der Baustelle jedoch geschraubt.

Die Anwendung der Schweißtechnik beschränkt sich natürlich nicht nur auf Hochbaukonstruktionen, die eigentlich die harmloseste Anwendung des neuen Verfahrens darstellen, da es sich hier vornehmlich um die

Abb. 7. Vollständig geschweißter Baukran.

Übertragung ruhender Lasten handelt, deren ungünstigstes Zusammenwirken höchst selten eintrifft. Viel überzeugender für das Vertrauen, das man der Lichtbogenschweißung entgegenbringt, sind vielmehr die weitgehenden Anwendungen im Kranbau, den das neue Arbeitsverfahren auch rasch zu erobern beginnt. Im Kranbau sind besondere Vorteile zu erwarten, da sich hier die zu erzielenden Gewichtsersparnisse, die leicht 15 bis 30% betragen können, in doppelter Weise günstig auswirken können.

Der in der Abb. 2 ersichtliche elektrische Laufkran von 5 t Tragfähigkeit und 11,2 m Spannweite ist vollständig geschweißt. Die Hauptträger sind vollwandige Blechträger, gebildet aus Stehblech, Breitstahluntergurt und einem ⊏-Profil als Obergurt. Die beiderseitigen Galerieträger sind als leichte Gitterträger ausgebildet.

Eine weitere interessante Anwendung der Lichtbogenschweißung bringt Abb. 7, die einen fahrbaren Baukran von 20 m Auslegerweite zeigt. Die Tragfähigkeit beträgt je nach der Auslegerstellung 1,5 bis 5 t. Hier zeigte sich die Anwendung der Schweißung besonders vorteilhaft bei den verschiedenen räumlichen Knotenpunkten, deren einwandfreie Durchbildung in genieteter Ausführung immer gewisse Schwierigkeiten bietet oder zumindest großen Baustoffaufwand erfordert. Bei dem Ausleger war die Gewichtsersparnis besonders wertvoll, da das Eigengewicht des 20 m langen Auslegers (geschweißt 1190 kg, genietet 1500 kg) gegen die Nutzlast ganz merklich ins Gewicht fällt.

INHALT: Großbunkeranlage für 20000 t Kohle. — Neuere vollständig geschweißte Stahlkonstruktionen.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Geh. Regierungsrat Prof. A. Hertwig, Berlin-Charlottenburg.
Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin W 8.
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.