DER STAHLBAU

Verantwortliche Schriftleitung: Dr.-Ing. A. Hertwig, Geh. Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule Berlin
Berlin-Charlottenburg 2, Technische Hochschule. — Fernspr.: Steinplatz 9000

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

Preis des ersten Jahrganges „Der Stahlbau" 7,50 R.-M. und Postgeld

1. Jahrgang | BERLIN, 30. November 1928 | Heft 18

Alle Rechte vorbehalten.

Kesselhaus für das Großkraftwerk Gersteinwerk der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen in Dortmund.

Von Oberingenieur **Anton Müller**, Düsseldorf.

Das im Anfang dieses Jahres aufgestellte Kesselhaus für das Großkraftwerk Gersteinwerk der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen in Dortmund ist ein Industrie-Stahlbau von bemerkenswertem Umfang. Über die Gesamtanlage — auch in betriebstechnischer Beziehung — enthält ein Sonderdruck der A.E.G.-Mitteilungen nähere Angaben: Im folgenden soll über Aufstellung und Zusammenbau des stählernen Tragwerks berichtet werden. Sie stellten bei diesem Bauwerk eine Aufgabe von ungewöhnlicher Schwierigkeit dar wegen der Kürze der zur Verfügung gestellten Bauzeit, des Gewichts und der Menge der dabei einzubauenden Konstruktionsteile sowie der weitgehenden Berücksichtigung anderer gleichzeitig auszuführender Bauarbeiten.

Bei der Wahl der Montageeinrichtung waren folgende Bedingungen zu erfüllen:

1. mußte die Aufstellung des gesamten Haupttragwerks von 3600 t Gewicht bei hoher Konventionalstrafe in höchstens 6 Wochen fertiggestellt werden, damit für den stets zeitraubenden Einbau der Kessel genügend Zeit zur Verfügung blieb;
2. durften während der Aufstellung des stählernen Tragwerks die umfangreichen Gründungsarbeiten, die u. a. des anstehenden Fließsandes wegen das Rammen von eisernen Spundbohlen erforderten, nicht gestört werden;
3. mußte die Möglichkeit bestehen, nach der Montage der Haupttragwerksteile den Einbau der übrigen Gebäudeteile leicht und ohne Behinderung des Kesseleinbaues vorzunehmen.

Um alle diese Bedingungen zu erfüllen, entschloß sich die ausführende Firma dazu, die Montage mit einem neu zu beschaffenden Portalkran großer Abmessungen vorzunehmen, welcher den gesamten Gebäudequerschnitt bestreichen konnte.

Mit diesem Gerät sowie dank der weiteren großzügigen Einrichtung der gesamten Baustelle und durch geschickte Anordnung der Konstruktion selbst ist es dann — wie im folgenden näher ausgeführt sei — gelungen, die vertragliche Bauzeit noch um eine Woche abzukürzen, also die Aufstellung des Haupttragwerks von 3600 t bereits in 5 Wochen zu erledigen.

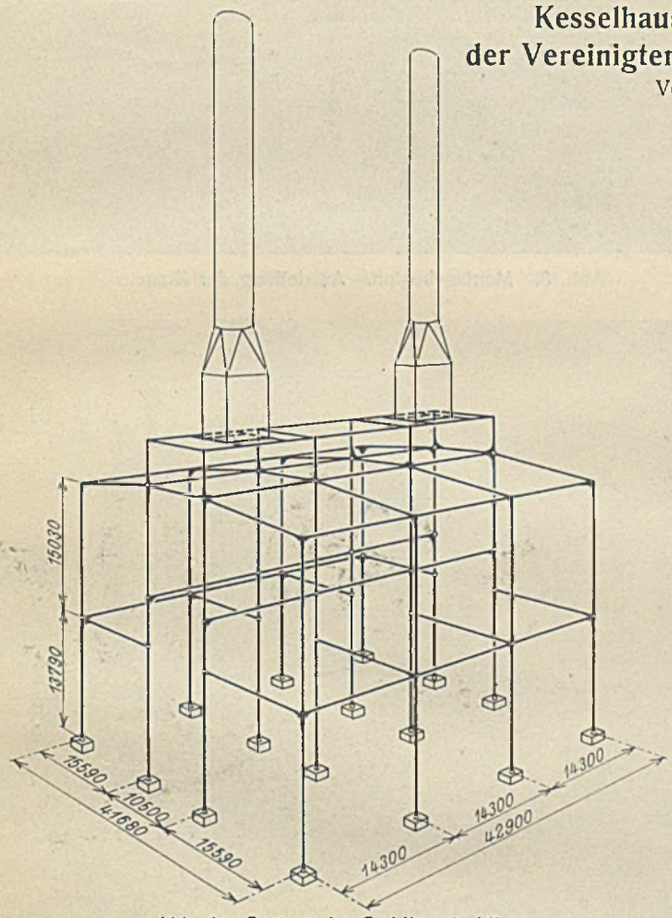


Abb. 1. System der Stahlkonstruktion.

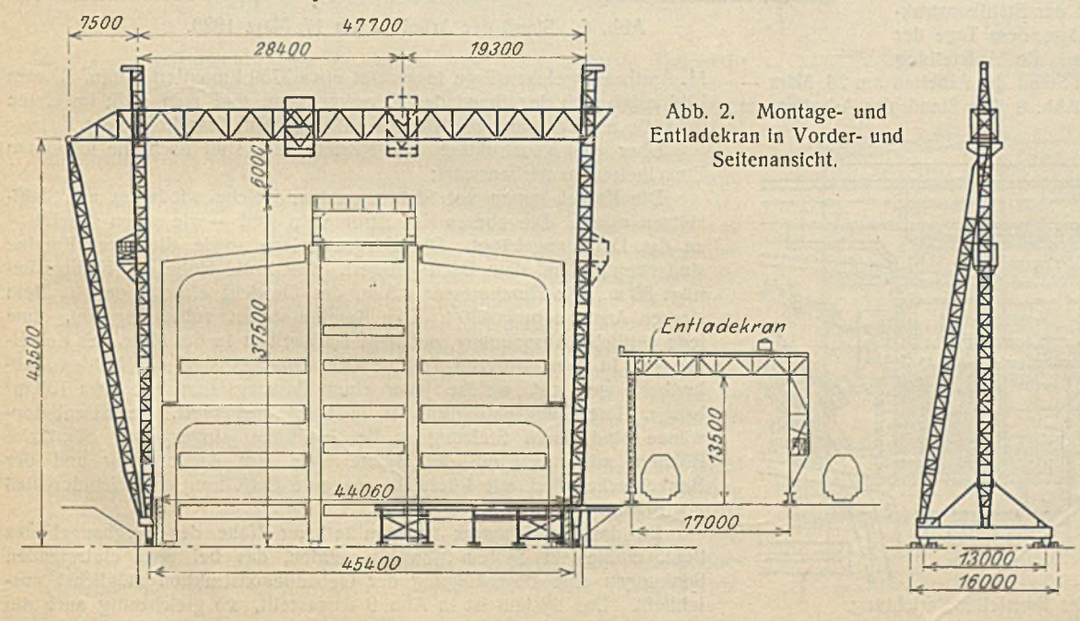


Abb. 2. Montage- und Entladekran in Vorder- und Seitenansicht.

Die Hauptabmessungen und das System des Gebäudes zeigt Abb. 1. Die Ausbildung des Tragwerks erfolgte mit Rücksicht auf die großen Lasten und die zur Verfügung stehenden geringen Bauhöhen in Vollwandkonstruktion. Die Einzelheiten und Abmessungen des Montagegerätes zeigen Abb. 2 u. 3. Der Antrieb zum Heben und Senken der Last sowie zum Verfahren der Katze und des Krans geschieht elektrisch. Die Tragfähigkeit des Krans beträgt 20 t, seine Konstruktion ist so durchgebildet, daß auch kleinere Stützweiten und Höhen leicht hergestellt werden können. Die Katze kann Lasten bis zu 25 t fördern.

Für die Entladung der täglich einlaufenden 6 bis 10 Eisenladungen wurde ein kleinerer Portalkran von 17 m Stützweite und 20 t Hubkraft aufgestellt. Auch bei ihm werden sämtliche Bewegungen mittels elektrischer Kraft bewerkstelligt. Die

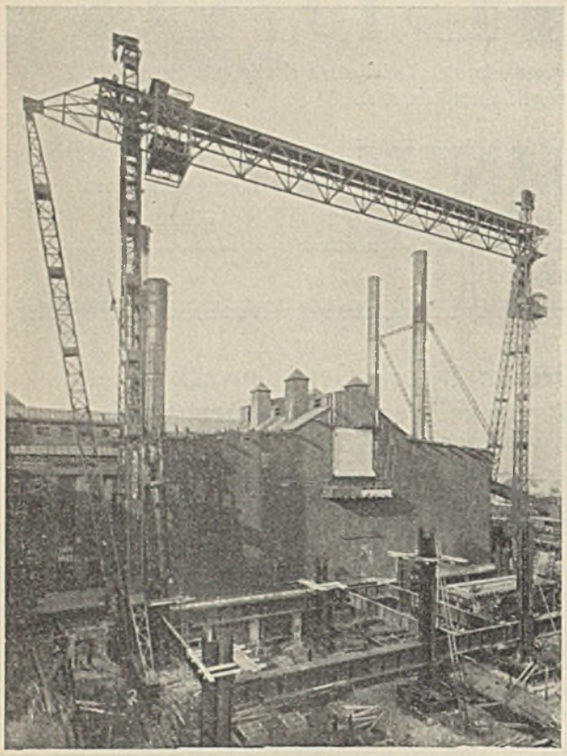


Abb. 5. Stand der Arbeiten am 2. März 1928.

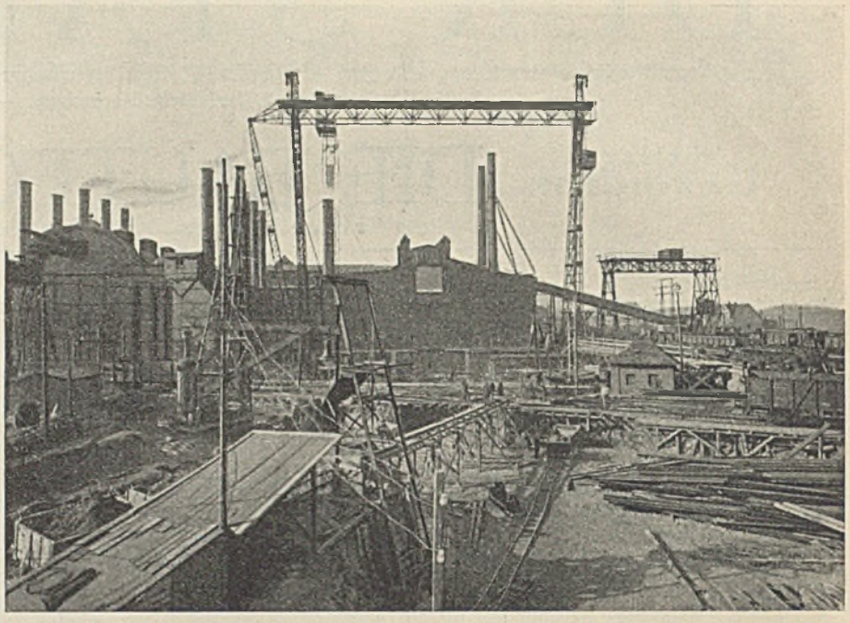


Abb. 3. Montagebeginn. Aufstellung der Krane.

Einzelheiten auch dieses Gerätes sind auf Abb. 2 u. 3 ersichtlich. Über die Einrichtung der Baustelle gibt Abb. 4 Aufschluß: Das Baugleis wurde an der nördlichen Längswandseite des Kesselhauses entlanggeführt, wo auch der Lagerplatz angeordnet war. Der Verladekran konnte den gesamten Lagerplatz bestreichen. Senkrecht zum Baugleis wurde in jedem Binderfeld eine zum Teil klappbare Gleisbrücke angeordnet, welche bis in den Bereich des Montagekrans führte. Die zur Aufstellung bestimmten Teile wurden mittels des Verladekrans auf eine Lore gehoben, die auf der Gleisbrücke verkehrte und unter den Montagekran gefahren werden konnte.

Für die betriebsfertige Aufstellung des großen Portalkrans wurden etwa 4 Wochen benötigt.

Die nachstehend wiedergegebenen Abbildungen zeigen den Fortgang der am 1. März 1928 begonnenen Montagearbeiten, und zwar gibt Abb. 5 den Stand der Arbeiten am 2. März und den Einbau des Oberteiles der unteren Eckportalstütze wieder. Das montierte Gewicht beträgt hier 420 t. Nachdem am 7. März — also nur fünf Tage später — bereits 860 t der Stahlkonstruktion eingebaut waren, war am 17. März, dem Tage der in Abb. 6 dargestellten Bauaufnahme, die Aufstellung von 1780 t geleistet. Abb. 7 zeigt den Stand der Arbeiten am 28. März — montiertes Gewicht etwa 2750 t —, Abb. 8 den Stand der Arbeiten am 11. April, an welchem Tage insgesamt etwa 3750 t montiert waren. Dieses Bild zeigt auch den Stand der Kesselmontage, und man sieht im ersten Feld die am Tragwerk des Daches aufgehängten Kesseltrommeln.

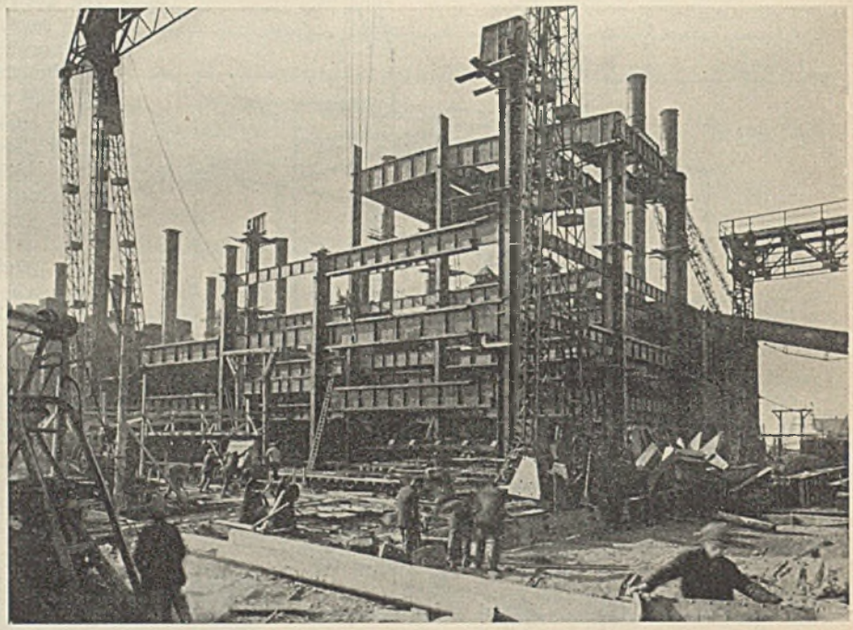


Abb. 6. Stand der Arbeiten am 17. März 1928.

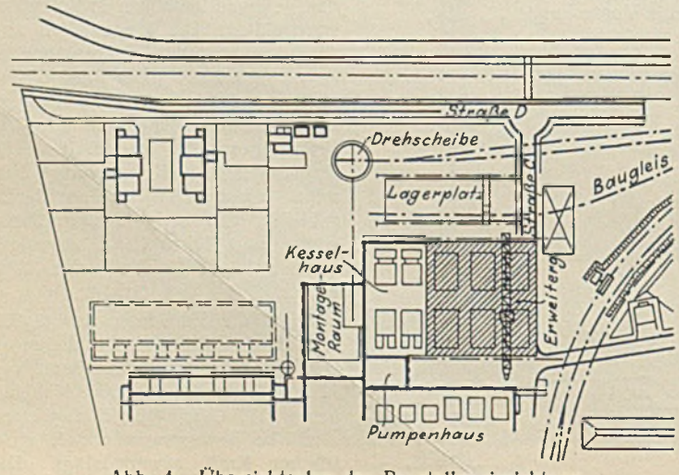


Abb. 4. Übersichtsplan der Baustelleneinrichtung.

Über die Konstruktion des Kesselhauses sind noch die folgenden Einzelheiten bemerkenswert:

Die Kessel lagern auf Stahltragrosten, welche wiederum auf Stahlstützen ruhen. Die oberen Kesseltrommeln sind — wie schon gezeigt — an das Dach angehängt. Die Saugzuganlage sowie die zwei Kamine sind ebenfalls auf dem Dach gelagert. Die volle Höhe des Kamins beträgt 80 m, sein Durchmesser 4,5 m, das Gewicht einschl. der $^1/_2$ Stein starken Ausmauerung 430 t. Die Kamine stehen vollständig frei, ohne jede seitliche Abspannung, auf dem Dachaufbau in der Mitte des Kesselhauses. In dem mittleren Teil des Kesselhauses sind die Kohlenstaubbunker angebracht, welche jeder einen Fassungsraum von etwa 130 m³ haben. Ihre Tragkonstruktion ist in Stahl ausgeführt, die Eisenbetonwände sind durch Stelzung in die Stahlträger eingespannt. Sämtliche Bühnen, mit Ausnahme der Bühne über dem Aschenkeller und der Bunkerdecke, sind mit Rücksicht auf gute Entlüftung und Lichtdurchlaß mit Stahlrosten abgedeckt.

Da das Gersteinwerk in unmittelbarer Nähe des Bergbaugebietes liegt, mußte ein System gewählt werden, das bei etwa eintretenden Senkungen eine Beschädigung der Gebäudekonstruktion möglichst ausschließt. Das System ist in Abb. 9 dargestellt, wo gleichzeitig auch die

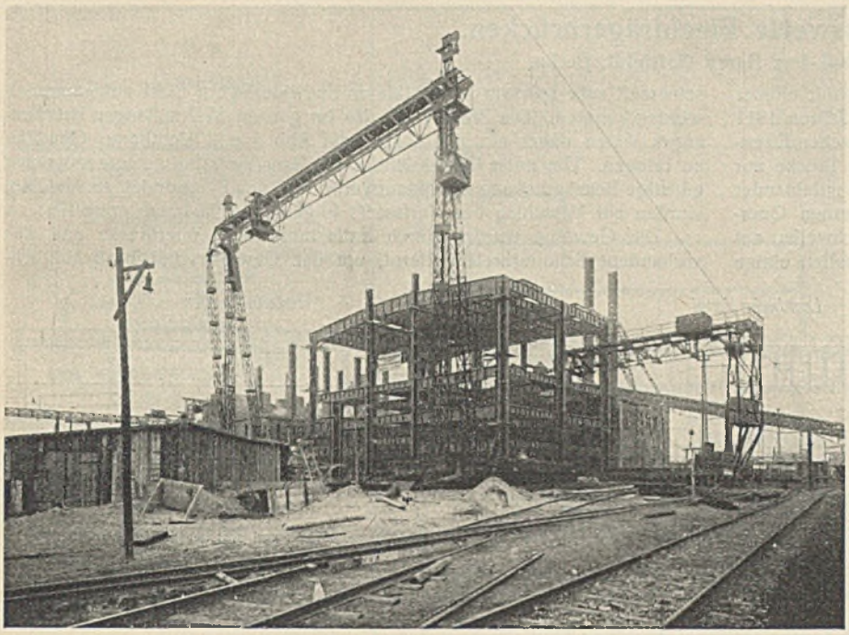


Abb. 7. Stand der Arbeiten am 28. März 1928.

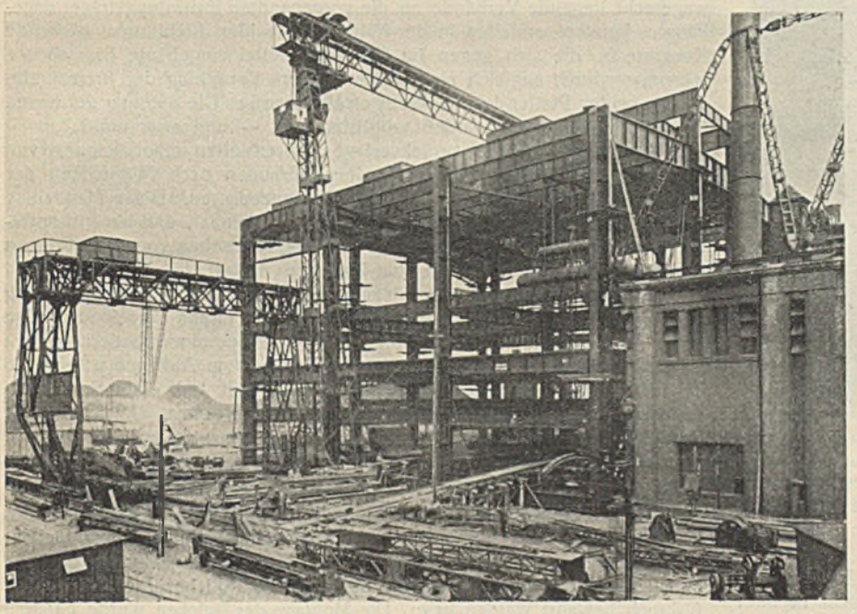


Abb. 8. Stand der Arbeiten am 11. April 1928.

in Frage kommenden Lasten eingetragen sind. Das gesamte Tragwerk des Gebäudes besteht im Querschnitt aus zwei übereinanderstehenden Halbportalrahmen, deren Mittelstützen als Pendelstützen ausgebildet sind. Die horizontalen Windlasten auf Kamin und Gebäude werden durch Einschaltung des oberen Riegels auf die beiden Seitenportale übertragen (System einfach statisch unbestimmt). Der Vorteil dieser Anordnung liegt darin, daß die großen Lasten, die hauptsächlich in der Mitte des Gebäudes wirken, wie Kamin-, Bunker-, Kessel- und Bühnenlasten, von den Pendelstützen aufgenommen werden. Die geringen senkrechten Lasten entfallen auf die Seitenstützen, die aber gleichzeitig durch die Portalausbildung die Horizontalkräfte zu übertragen haben. Durch diese Lastenverteilung ergeben sich vorteilhafte, harmonische Querschnitte. Es war daher auch eine gute konstruktive Durchbildung möglich. Wie aus Abb. 1 hervorgeht, ist die Portalanordnung in der Längsrichtung des Gebäudes — und zwar bei den Mittel- und Außenreihen — genau so gewählt wie in der Querrichtung. Die Übertragung der horizontalen Kräfte erfolgt hier also in gleicher Weise.

Bei der Ausbildung des Tragwerks ist besondere Rücksicht darauf genommen, daß bei eintretenden Senkungen des Gebäudes eine Hebung auch einzelner Gebäudeteile leicht möglich wird: Sämtliche Stützenfüße der Gebäudekonstruktion sowie der Kesseltragroste sind daher so ausgebildet, daß die Anbringung hydraulischer Pressen zum Heben eines Gebäudeteiles ohne Schwierigkeiten möglich ist. Ferner wurde bei der

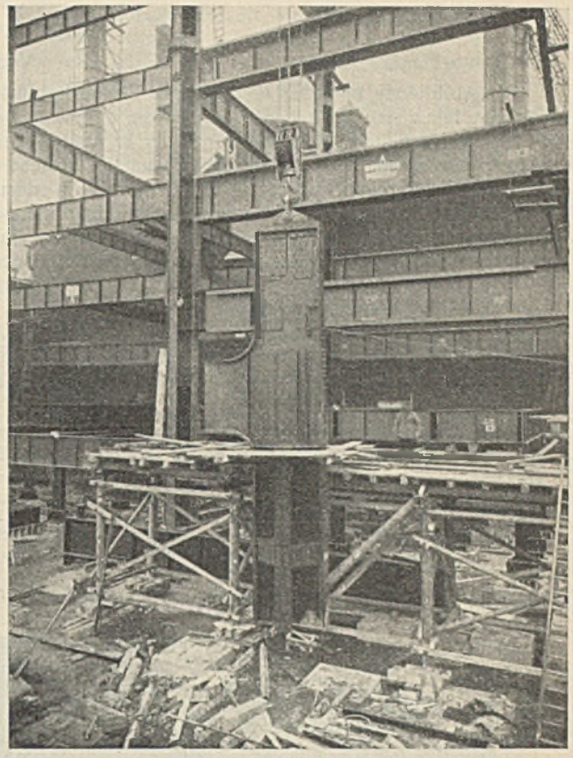


Abb. 10. Einzelheiten des Stahltragwerkes, Ausbildung der Anschlüsse.

gesamten Ausbildung auf eine einfache Montageweise Rücksicht genommen: Die Hauptteile erhielten Anschlüsse für die Anbringung von Schäkel mit Bolzen (Abb. 10). Schlups aus Drahtseilen und Ketten wurden möglichst vermieden. Ferner wurden mit Rücksicht auf den leichten Einbau der einzelnen Teile sämtliche Träger- und Stützenstöße als Universalstöße ausgebildet.

Die Gesamtbearbeitung des Objektes erfolgte durch die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin. Die Ausführung des Bauwerks wurde den drei Firmen Dortmunder Brückenbau C. H. Jucho; Hein, Lehmann & Co. A.-G. Düsseldorf und Aug. Klönne gemeinschaftlich übertragen. Die erforderlichen konstruktiven Arbeiten wurden in einem von den drei Firmen für diesen Zweck gemeinschaftlich zusammengestellten Bureau erledigt. Die Werke Dortmunder Brückenbau C. H. Jucho und Aug. Klönne übernahmen die Lieferung von je 1550 t; der Rest wurde von Hein, Lehmann & Co. geliefert, diesem Werk fiel auch die Ausführung der Montage zu.

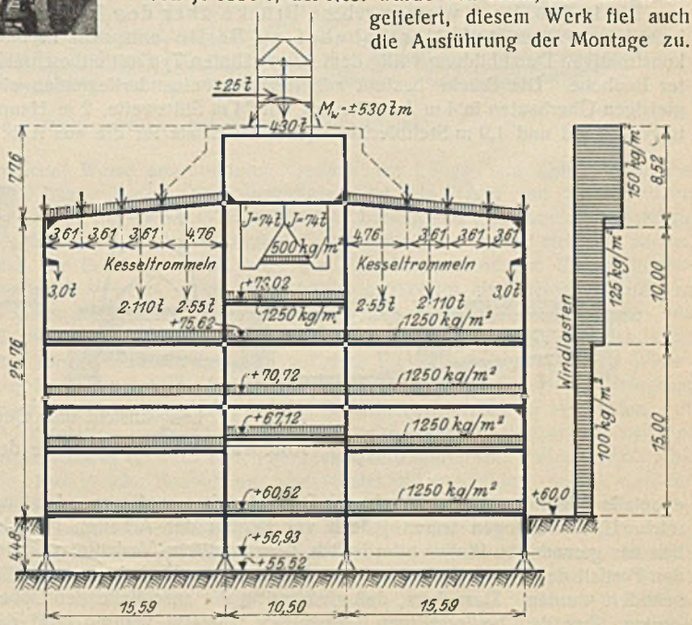


Abb. 9. Querschnitts- und Lastenschema.

Alle Rechte vorbehalten.

Bemerkenswerte Blechträgerbrücken.

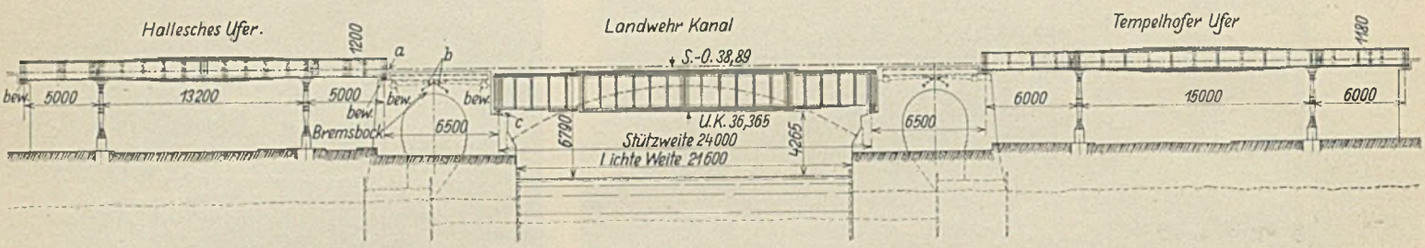
Von Dipl.-Ing. Harry Gottfeldt, Berlin.

Die Ausbildung normaler vollwandiger Eisenbahnbrücken mit offener Fahrbahn lehnt sich noch heute eng an die bereits in den Jahren 1911 bis 1913 aufgestellten „Musterentwürfe" der damaligen preußischen Eisenbahnverwaltung an. Bei ausreichender Bauhöhe besteht die Brücke nur aus den beiden durch wagerechte und senkrechte Verbände miteinander verbundenen Hauptträgern, auf denen unmittelbar die hölzernen Querschwellen aufruhen. Bei beschränkter Bauhöhe ruhen die Schwellen auf einem System von Längs- und Querträgern. Im folgenden sollen einige in letzter Zeit durch die Steffens & Nölle A.-G. in Berlin-Tempelhof ausgeführte Blechträgerbrücken vorgeführt werden, die eine Reihe bemerkenswerter Eigentümlichkeiten hinsichtlich der Ausführung, der Aufstellung und sonstiger Einzelheiten bieten.

Die in Abb. 1 u. 2 wiedergegebene Brücke über den Landwehrkanal vor dem Anhalter Bahnhof zu Berlin entspricht in ihrer konstruktiven Durchbildung völlig dem vorerwähnten Typ mit unbeschränkter Bauhöhe. Die Brücke besteht aus vier nebeneinanderliegenden eingleisigen Überbauten in 4 m Achsabstand mit 24 m Stützweite, 2 m Hauptträgerabstand und 1,9 m Stehblechhöhe, die als Ersatz für die aus Abb. 2 ebenfalls erkennbaren alten Fachwerk-Dreigelenkbogen dienen. Umfangreiche Untersuchungen waren jedoch vor Beginn der Arbeiten hinsichtlich der gemauerten Pfeiler erforderlich, deren statische Verhältnisse durch den Fortfall des Bogenschubes und die Erhöhung der Verkehrslasten völlig geändert wurden. Dazu kam, daß gleichzeitig die anschließenden Ueberbauten über den beiderseitigen Uferstraßen verstärkt wurden, und daß sich hierbei herausstellte, daß die Bremskräfte dieser Überbauten von den seinerzeit sehr sparsam ausgebildeten Endwiderlagern nicht aufgenommen werden konnten. Die Bremskräfte des im ganzen 87,2 m langen Brückenzuges waren daher auf die beiden auf Abb. 1 u. 2 sichtbaren Gewölbe zu bringen. Um unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse eine möglichst günstige Beanspruchung des Mauerwerks und des Baugrundes zu erzielen, wurden auf Vorschlag des Verfassers folgende Maßnahmen getroffen:

Die Gewölbe wurden durch Entlastungsträger überbrückt und das vorhandene Schotterbrett entfernt, um den Gewölbeschub nach Möglichkeit zu verringern. Die seitlichen Gelenkträgerüberbauten, deren Auflagerdruck zur Aufnahme der Bremskräfte nicht ausreichte, wurden bei *a* durch wagerecht liegende Verbände an die vorgenannten Entlastungsträger angehängt. Letztere erhielten in der Mitte nach beiden Richtungen wirkende Kontakte *b*, die sich gegen im Gewölbescheitel eingebaute Bremsböcke lehnen, wodurch zugleich eine gleichmäßigere Verteilung der Bremskräfte auf die beiden Pfeiler des Gewölbes erreicht wurde. Die Auflager der neuen Blechträgerüberbauten wurden möglichst weit — und zwar um 1,2 m — von Vorderkante Pfeiler zurückverlegt und erhielten eine Neigung von 1 : 7, um die Richtung der neuen Resultierenden nach Möglichkeit der von dem alten Dreigelenkbogen erzeugten anzupassen. Diese Maßnahme war seinerzeit stark umstritten, jedoch ist es offenbar, daß ein gut unterhaltenes Zweirollenlager die Auflagerreaktion, abgesehen von der geringen rollenden Reibung, senkrecht zur Rollbahn weiterleitet. Auch die mit der Schiefstellung verbundene senkrechte Auf- und Abwärtsbewegung dürfte zu Bedenken keinen Anlaß geben, da die Größe derselben infolge voller Verkehrslast nur etwa 2 mm, infolge Temperaturveränderung etwa 1 mm beträgt. Die Neigung der Schiene über dem Auflager würde also bei Einstellung des Lagers auf einen Mittelwert bei einer Schwellenentfernung von 60 cm im ungünstigsten Falle etwa $^1/_{400}$ betragen. Schließlich wurden die festen Auflager der vier neuen Ueberbauten zwecks besserer Verteilung der Bremskräfte abwechselnd auf dem nördlichen und dem südlichen Pfeiler angeordnet.

Durch alle diese Maßnahmen gelang es, die Beanspruchung des Mauerwerks und des Baugrundes auf ein erträgliches Maß herabzudrücken; es liegt hier ein treffendes Beispiel vor, wie durch geeignete bauliche Maßnahmen ein noch in gutem Zustande befindlicher Pfeiler vor dem Abbruch bewahrt werden kann. Die Montage der Brücken wurde dadurch erleichtert, daß der Betrieb vorübergehend auf drei Gleisen durchgeführt werden konnte. Die einzelnen Überbauten mit einem Gewicht von 46 t wurden vollständig zusammengesetzt auf dem Bahnwege über die auszubauende Brücke gefahren und dann mittels der auf Abb. 2 sichtbaren Böcke so weit angehoben, daß der Wagen darunter fortgefahren werden konnte. Die Böcke konnten, dank dem Gleisabstande von 4 m, gerade noch zwischen den Lichtraumprofilen der Nachbargleise untergebracht werden. Die alte Brücke wurde an die neue Brücke angehängt, in ver-



a Verbindung der beiden Brücken zur Überleitung der Bremskräfte. — *b* Kontakte zur Aufnahme der Bremskräfte. — *c* Feste Lager abwechselnd auf diesem und dem gegenüberliegenden Pfeiler.

Abb. 1. Längsansicht.

Abb. 1 u. 2. Brücke über den Landwehrkanal vor dem Anhalter Bahnhof in Berlin.

Abb. 2. Versetzen der Überbauten.

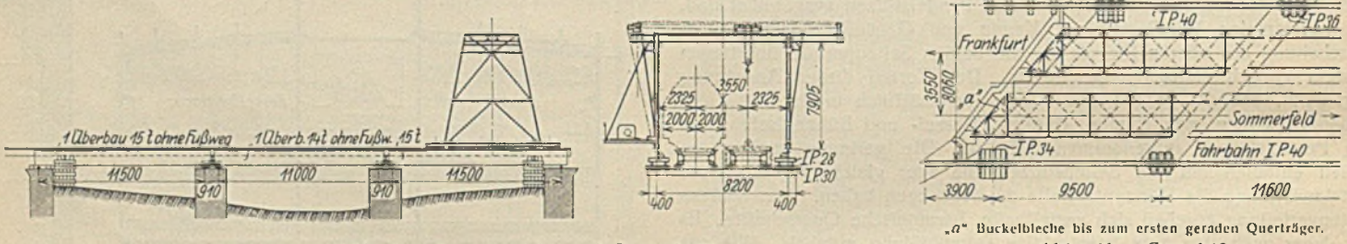


Abb. 4a. Längsansicht und Querschnitt.

„a" Buckelbleche bis zum ersten geraden Querträger.

Abb. 4b. Grundriß.

Abb. 4a u. b. Lubbesbrücke der Strecke Frankfurt/Oder—Sommerfeld.

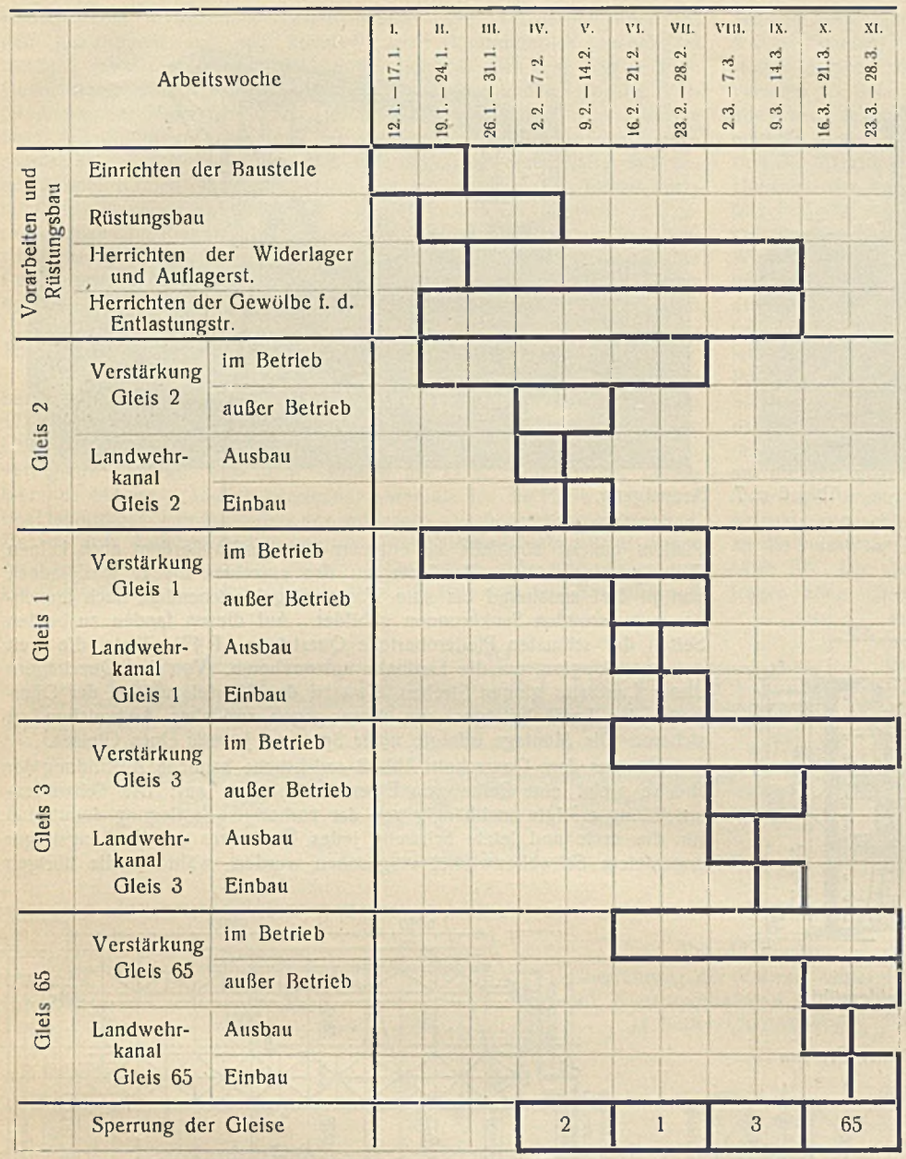


Abb. 3. Arbeitsplan für die Auswechslung der Brücke über den Landwehrkanal und die Verstärkung der Brücken über das Hallesche und Tempelhofer Ufer.

ladegerechte Teile zerschnitten und diese in bereitstehende Schuten herabgelassen. Alsdann konnte der neue Überbau mittels der erwähnten Böcke auf die bereits vorbereiteten neuen Auflager herabgelassen und dem Betrieb übergeben werden. Der Vorgang ist aus Abb. 2 zu ersehen. Das Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten gibt der Bauplan (Abb. 3) wieder.

Die in Abb. 4 schematisch dargestellte Lubbesbrücke der Strecke Frankfurt/Oder—Sommerfeld ist vor allem durch die äußerst geringe, für das Ausbauen der alten und das Einbringen der neuen Überbauten zur Verfügung stehende Zeit bemerkenswert. Diese Arbeit mußte für sämtliche sechs Brücken an einem Sonntag in der Zeit von 6 bis 12 Uhr und 3 bis 8 Uhr erledigt werden. Auch innerhalb dieser Zeiten mußte das jeweils gerade betriebsfähige Gleis noch mehrmals für durchkommende Züge geräumt werden. Es war daher eine im Verhältnis zu der Größe des ganzen Baues recht umfangreiche Baustelleneinrichtung erforderlich. Um die angegebenen Fristen einhalten zu können, wurde ein über beide Gleise hinweggreifender Portalkran mit einer Katze von 17 t Tragkraft — entsprechend dem Gesamtgewicht eines neuen Überbaues einschl. Oberbau, jedoch ohne Fußweg — errichtet. Die Laufbahn des Kranes, aus I P 40 bestehend, konnte auf den Pfeilervorköpfen aufgelagert werden, da die Pfeiler reichlich breit waren. Dies rührt daher, daß die erste, im Jahre 1877 errichtete Brücke eine Breite von etwa 7,5 m hatte, während der Abstand der äußeren Hauptträger des jetzigen Neubaues nur 6 m beträgt. Die Bewegung des Kranes, der Katze und das Heben der Last erfolgte von Hand; für die An- und Abfuhr stand eine Lokomotive zur Verfügung, die jeweils einen neuen Überbau und einen leeren Wagen von einem Nebengleis neben die auszuwechselnde Brücke schaffte. Mit Hilfe des Kranes wurde die alte Brücke herausgehoben, auf den leeren Wagen niedergelassen und sogleich die neue eingesetzt. Die ganze Arbeit wurde fristgerecht in den obengenannten Zugpausen erledigt.

In konstruktiver Hinsicht bietet auch diese Brücke wenig Bemerkenswertes: Die Schwellen ruhen wegen der knappen Bauhöhe auf einem in üblicher Weise ausgebildeten Gerippe aus Längs- und Querträgern aus I 30 bezw. I 40. Die Längsträger sind als Träger auf zwei Stützen gerechnet, liegen mit O. K. Querträger bündig und sind oben durch kräftige Zuglaschen verbunden. Einige Schwierigkeiten ergaben sich nur daraus, daß die Brücken schief sind; die Hauptträger sind um 2,16 m gegeneinander versetzt. Über den mittleren Pfeilern sind keine eigentlichen schiefen Endquerträger vorgesehen, sondern nur Querverbindungen aus ⊏ 28. Das kurze Längsträgerstück ist konsolartig ausgebildet, das lange hat ein besonderes Auflager auf dem Pfeiler erhalten. An den Widerlagern ist ein schiefer Endquerträger angeordnet, da das letzte dreieckige Feld, um Schwierigkeiten bei der Schwellenausteilung zu vermeiden, mit Buckelplatten versehen wurde, so daß das Schotterbett über ein Schleppblech hinweg bis zum ersten geraden Querträger reicht (bei „a“ Abb. 4b).

Der gleiche Bauvorgang, wie vorstehend geschildert, wurde auch für die 4·3 = 12 Überbauten der Küddowbrücke bei Bahnhof Schneidemühl angewendet (Abb. 5 bis 8). Die Last wurde hier auf zwei Traversen verteilt, wodurch das Anheben derselben gefahrloser vor sich gehen konnte; außerdem konnten leichtere Katzen verwendet werden und die Riegel des Portalkranes noch aus Walzträgern hergestellt werden (4 I P 50). Die Auflagerung der aus Blechträgern bestehenden Laufbahn bereitete hier insofern Umstände, als der aus dem Wasser hervorragende Teil des

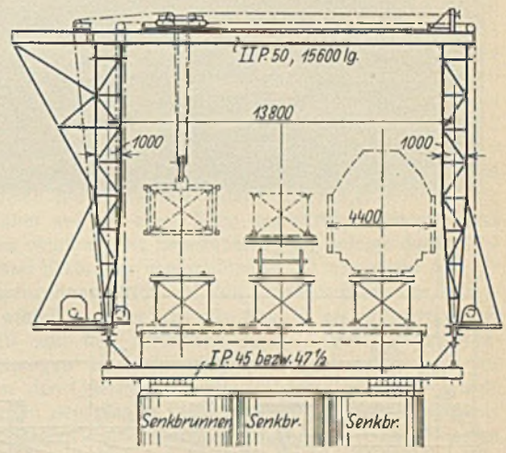


Abb. 5b. Querschnitt.

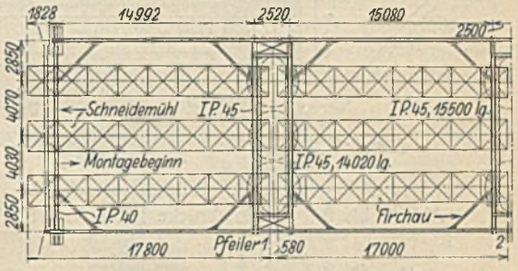


Abb. 5c. Grundriß.

Abb. 5a. Längsansicht.

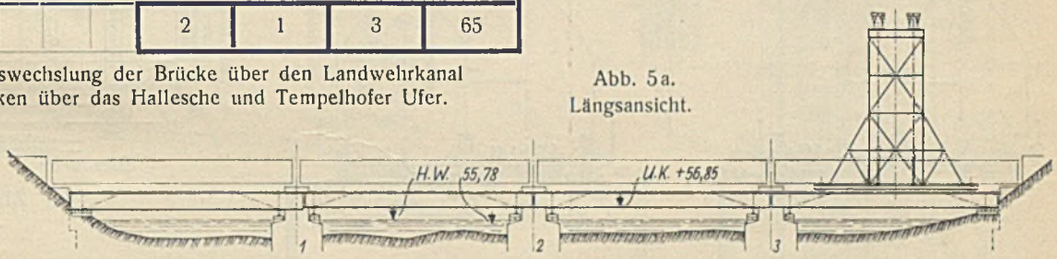
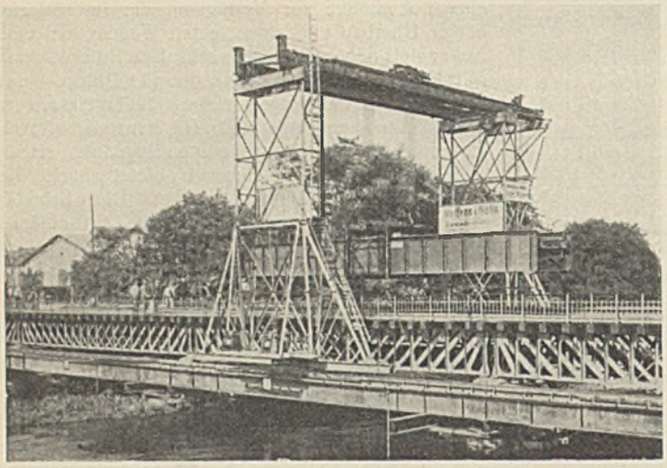


Abb. 5a bis c. Küddowbrücke bei Bahnhof Schneidemühl.



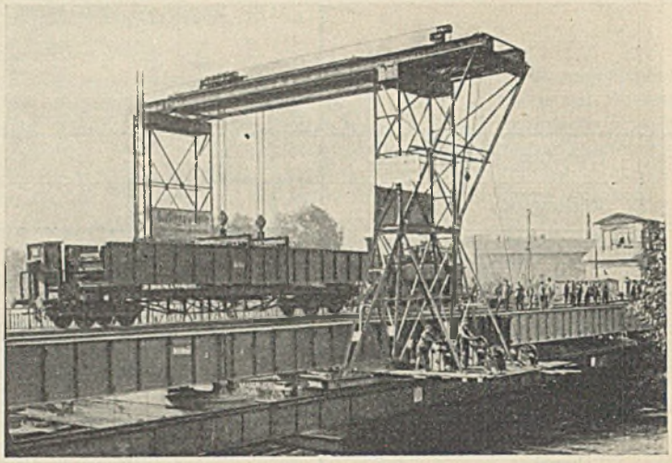


Abb. 6 u. 7. Bauvorgang.

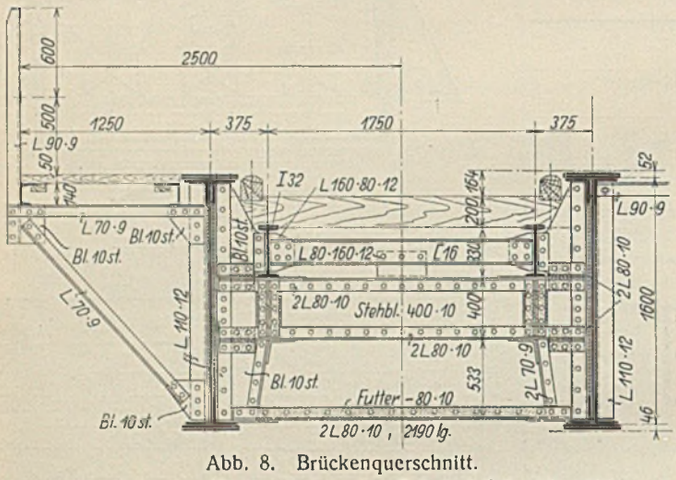


Abb. 8. Brückenquerschnitt.

Abb. 6 bis 8. Küddowbrücke bei Bahnhof Schneidemühl.

Pfeilers erstens ebenfalls zu erneuern war und außerdem auch keinen Platz geboten hätte. Der Unterbau der einzelnen Pfeiler wird jedoch von je drei annähernd bis zum Wasserspiegel reichenden, noch brauchbaren kreisrunden Senkbrunnen gebildet. Auf diesen fanden zu beiden Seiten der schmalen Pfeileroberteile Querträger I P $47^1/_2$ Platz, die weit genug vorkragten, um die Laufbahn aufzunehmen. Von den Querträgern dieser Laufbahn gingen Streben etwa zu den Viertelspunkten der Obergurte der Laufbahnträger, um diese gegen seitliches Ausweichen zu sichern. Die Montage erfolgte unter Sperrung jeweils eines Gleises.

Die aus dem Querschnitt Abb. 8 ersichtliche bauliche Ausbildung der Brücke weist eine Reihe von Eigentümlichkeiten auf: Die Schwellenanordnung erfolgte unabhängig von der vorherigen Festlegung derart, daß für die erste und letzte Schwelle jedes Überbaues an die Längsträger angenietete Schwellenwinkel vorgesehen wurden, während alle übrigen

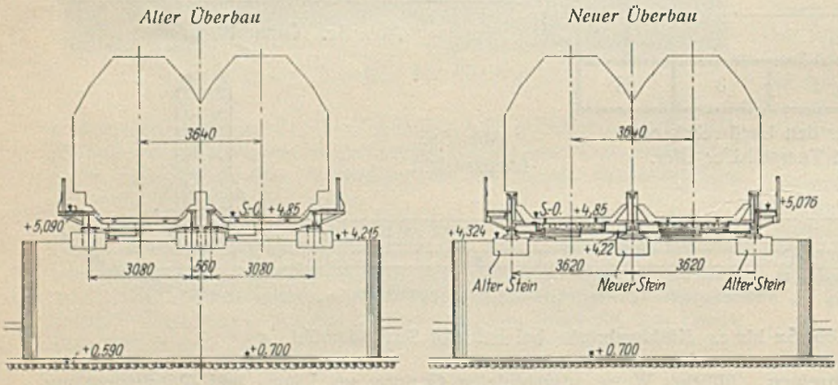


Abb. 9a. Querschnitte.

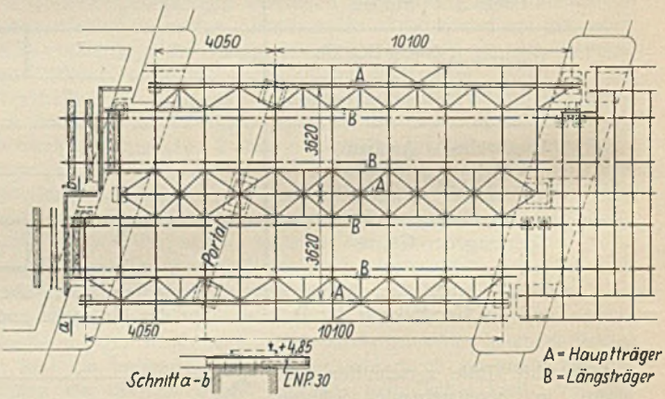


Abb. 9b. Grundriß.

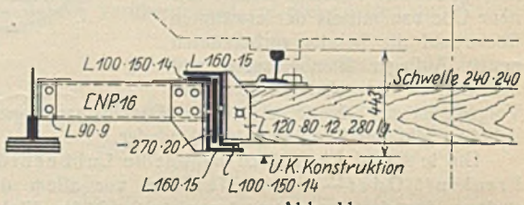


Abb. 11. Auflagerung der Schwellen auf den Längsträgern.

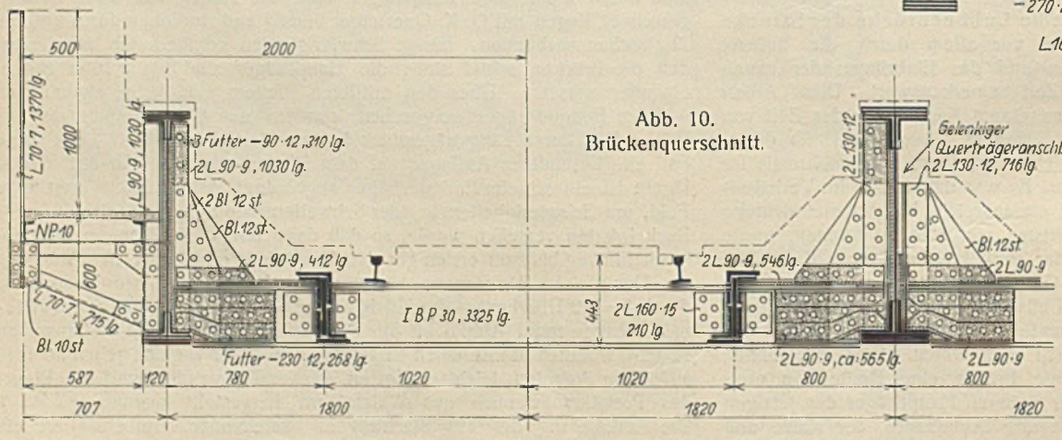


Abb. 10. Brückenquerschnitt.

Abb. 9 bis 11. Wegunterführung der Reichsbahn bei Stettin.

Schwellen frei auf den Längsträgern aufliegen und gegen die Endschwellen durch neben den Schienen einherlaufende Längsbalken festgelegt sind. Da die Längsträger erfahrungsgemäß dort, wo die Holzschwellen aufliegen, besonders stark dem Rost ausgesetzt sind, wurden dieselben mit einer oberen durchgehenden 10 mm starken, versenkt angenieteten Kopfplatte versehen, die

statisch nicht in Rechnung gestellt wurde. Die Längsträger ruhen auf den Querträgern auf und konnten daher kontinuierlich ausgebildet werden; jeweils nur in Brückenmitte befindet sich ein Stoß. Eine Gewichtsersparnis ist hiermit übrigens nicht verbunden, da die Verminderung des Widerstandsmomentes durch die Nietlöcher in der Zugzone über den Auflagern annähernd der Verringerung des Angriffsmomentes entspricht. Zwischen Längs- und Querträger ist eine Platte mit abgeschrägten Kanten eingeschaltet, um den Auflagerdruck des Längsträgers möglichst zentrisch zu übertragen. Außer vier Nieten zwischen Unterflansch des Längsträgers und Oberflansch des Querträgers sind die Längsträger in den Stegen auch noch an die Eckbleche angeschlossen, um eine Beanspruchung der zuerst erwähnten Nieten auf Zug zu verhindern. Ferner befindet sich über jedem Querträger eine Verbindung zwischen den Längsträgern, bestehend aus einem Profil ⊏ 18, das seinerseits in der Mitte nochmals gegen den Querträger festgelegt ist.

Ganz außergewöhnlich beschränkte Bau- und Konstruktionshöhen lagen bei einer Wegeunterführung im Bereich der Reichsbahndirektion Stettin vor. In Abb. 9a u. b ist im Querschnitt der alte, unzureichende Überbau, in Querschnitt und Grundriß der neue wiedergegeben. Die verfügbare Bauhöhe von O. K. Schiene bis U. K. Konstruktion betrug hier nur 443 mm. Ähnlich beschränkt waren die für die Höhe und Breite der Hauptträger — insbesondere des mittleren — verfügbaren Abmessungen. Da von dem üblichen und bewährten Querschwellenoberbau trotz dieser Sachlage nicht abgegangen werden sollte, ergab sich eine Reihe ungewöhnlicher Maßnahmen. Durch die Differenz zwischen Bauhöhe und Schienenhöhe war zunächst die zulässige Höhe des Querträgers von 300 mm bedingt; Nietköpfe wurden hierbei nicht berücksichtigt, da die Niete im Unterflansch, soweit vorhanden, zwecks Ersparnis an Bauhöhe versenkt wurden. Es wurde also ein I P 30 als Querträger gewählt und allein nach dessen Tragfähigkeit — nicht nach den sonst üblichen Gesichtspunkten — der Querträgerabstand bestimmt. Recht unangenehm gestaltete sich der Anschluß dieses niedrigen Profils an die Hauptträger, zumal die Höhe an der Anschlußstelle nur noch 211 mm beträgt: Da U. K. Querträger bündig mit dem untersten Nietkopf des Hauptträgers zu liegen hat, mußte man die Flanschen des Querträgers an der Anschlußstelle durch Winkeleisen ersetzen, die unten auf den Untergurt des Hauptträgers heraufgezogen wurden. Um genügend Anschlußlänge zu erhalten, wurden drei zusammengenietete Eckbleche angeordnet, von denen die beiden äußeren durch Schlitze des Querträgeroberflansches hindurch den Steg des letzteren fassen. Diese Art des Anschlusses konnte jedoch nicht an allen Punkten ausgeführt werden, da der Querträger dann als Balken auf drei Stützen gewirkt hätte. Abgesehen von der konstruktiven Schwierigkeit, das Stützmoment einwandfrei zu übertragen, zeigte sich auch, daß der mittlere Hauptträger die dann auftretende Mehrbelastung mit Rücksicht auf die verfügbare Breite und Höhe nicht mehr aufnehmen konnte; die Querträger mußten daher auf der einen Seite des mittleren Hauptträgers gelenkig angeschlossen werden. Die Druckübertragung erfolgt durch eine an die vorerwähnten drei Eckbleche angeschlossene 30 mm starke Knagge (Abb. 10). Die Querschwellen sollten auf den Unterflanschen der Längsträger ruhen. Diese erhielten daher den aus Abb. 11 ersichtlichen Querschnitt und ihre Flanschen sind — um Torsionsbeanspruchungen nach Möglichkeit zu vermeiden — mit denen der Querträger fest vernietet; außerdem wurde zwischen den oberen Flanschen der Längsträger und den Hauptträgern ein Verband angeordnet. Der Pfosten dieses Verbandes in Feldmitte besteht aus einem senkrechten ⊏-Profil, das auch den unteren Flansch des Längsträgers nochmals sichert. Diese Verbände dienen gleichzeitig zur Aufnahme der wagerechten Kräfte quer zur Brückenachse, da sich ein besonderer Windverband nicht mehr unterbringen ließ. Der mittlere Hauptträger weist

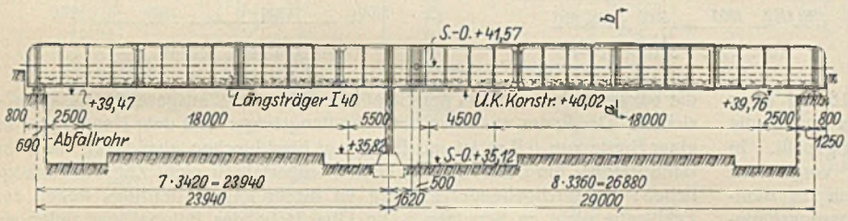


Abb. 12a. Längsansicht.

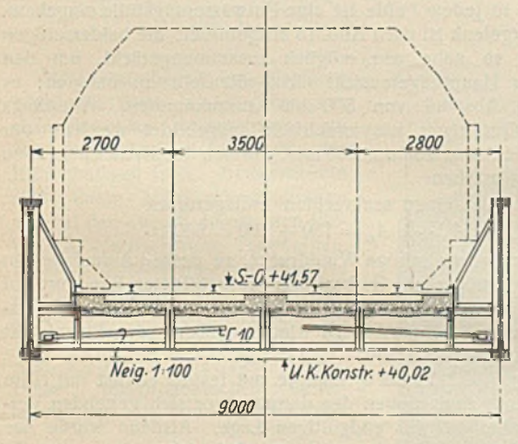


Abb. 12b. Querschnitt.

Abb. 12 bis 16.
Überführung der Vollring-Gütergleise auf Kreuzungsbahnhof „Ausstellung" in Berlin-Charlottenburg.

Abb. 16.
Querschnitt des Windverbandes.

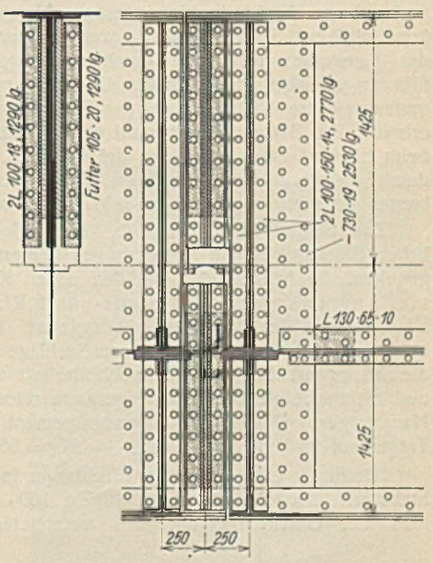
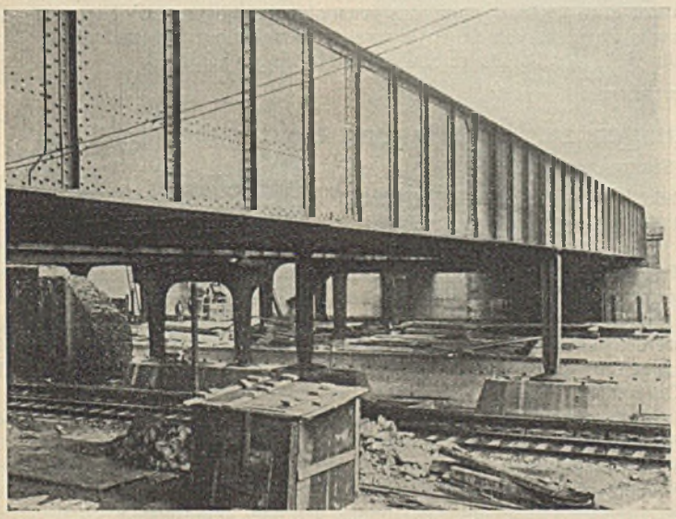


Abb. 15. Ausbildung des Hauptträgergelenkes.



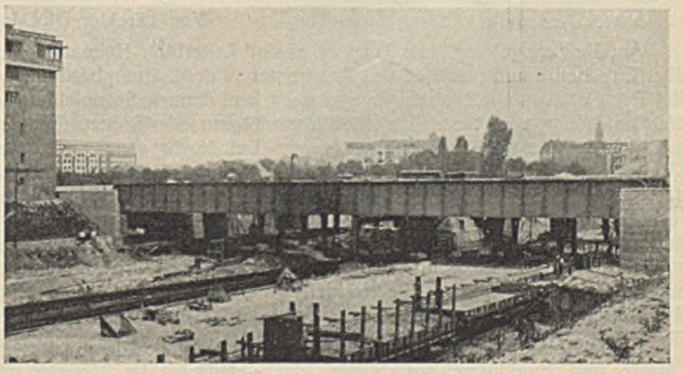


Abb. 13 u. 14. Aufnahmen des Arbeitsvorganges.

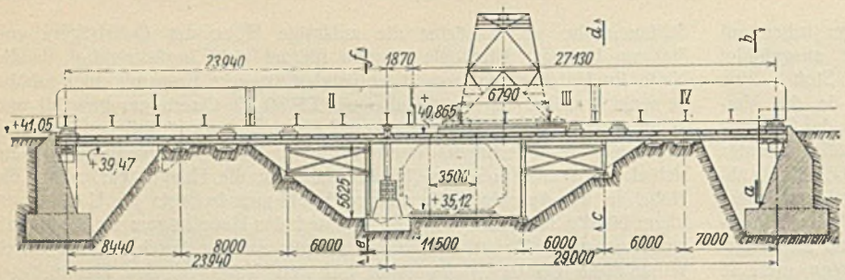


Abb. 17a. Längsansicht.

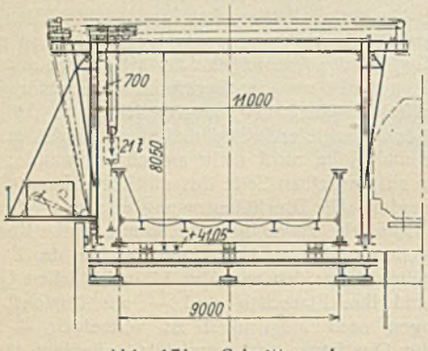


Abb. 17b. Schnitt *a—b*.

Abb. 17a bis d. Überführung auf Kreuzungsbahnhof „Ausstellung". Darstellung des Arbeitsvorganges.

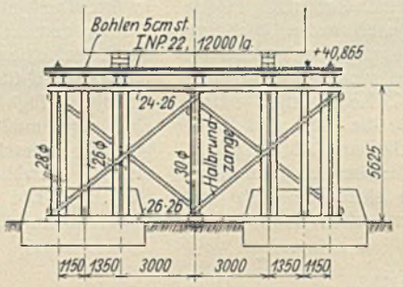


Abb. 17c. Schnitt *c—d*.

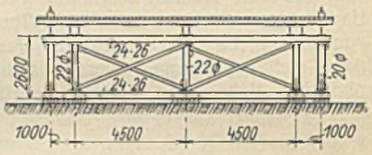


Abb. 17d. Schnitt *e—f*.

Gurtwinkel 160·160·15 und bis zu drei Kopfplatten 340·18 bei einer Stehblechhöhe von 1070 mm auf. Der Träger ist in das durch die Umgrenzung des lichten Raumes gegebene Profil scharf eingepaßt. In der obersten Kopfplatte mußten bereits Linsensenkniete vorgesehen werden, um eine Profilbeschränkung zu vermeiden. Wenn es demnach auch gelungen ist, dank der außerordentlichen Anpassungsfähigkeit des Baustahls allen Ansprüchen gerecht zu werden, so sei doch nachdrücklichst auf die mit einer derartigen Beschränkung der Bauhöhe verbundenen Nachteile hingewiesen. Abgesehen von den geschilderten konstruktiven Schwierigkeiten werden vor allem auch die Kosten des Bauwerkes nicht nur durch das gegenüber einer normalen Ausführung offenbar stark erhöhte Gewicht, sondern auch durch die weit umfangreichere Nietarbeit in der Werkstatt wie auf der Baustelle stark erhöht. Das Beispiel bietet somit eine Bestätigung des alten Grundsatzes, beim Entwurf eines Neubaues die Bauhöhe, die im vorliegenden Falle durch die vorhandenen und die daran anschließenden weiteren Überbauten bedingt war, möglichst reichlich zu wählen.

Zum Schluß ist in den Abb. 12 bis 16 ein durch seine recht erheblichen Belastungen und Abmessungen bemerkenswertes Bauwerk wiedergegeben. Es handelt sich um den neuen Kreuzungsbahnhof „Ausstellung" der Berliner Stadt- und Ringbahn, und zwar um die Überführung der Vollringgütergleise über die darunterliegenden beiden neuen Bahnsteige. Aus dieser Sachlage ergab sich die Notwendigkeit, die Brücke mit durchgehendem Schotterbett auf Buckelplatten auszurüsten und hieraus folgte weiter eine gesamte ständige Last von 6,0 t je lfd. m Hauptträger. Das größte Biegungsmoment tritt in dem eingehängten Träger auf und ist $M_{max} = M_g + \varphi M_p = 550 + 1650 = 2200$ tm.

Hierfür ist erforderlich ein Blechträger in St 48, bestehend aus einem Stehblech 2850·20, vier Gurtwinkeln 160·160·19 und je drei außerhalb der Gurtwinkel nochmals vernieteten Gurtplatten 540·20 mit $J = 22\,000\,000$ cm⁴ und $W = 121\,000$ cm³. Der weniger beanspruchte Kragträger hat den gleichen Querschnitt mit nur zwei Lamellen. Die größte Stehblechtafel hat eine Länge von 7,54 m, also ein Gewicht von 3,35 t. Gesamtstöße sind nur in der Mitte beider Hauptträger angeordnet. Die Enden der Hauptträger sind entgegen der in Deutschland üblichen Ausführung aus ästhetischen Gründen oben mit einem Radius von 700 mm abgerundet, da die Hauptträgerenden frei sichtbar bleiben.

Für die Querträger stand nur eine ziemlich beschränkte Bauhöhe zur Verfügung, so daß dieselben ebenfalls drei Kopfplatten bei einer Stehblechhöhe von 880 mm erhalten mußten; die Stützweite beträgt 9,0 m. Die oberste Kopfplatte erhielt die gleiche Stärke wie die Buckelbleche — 10 mm —, so daß die Buckelplatten in der Achse der Längsträger über die Querträger hinweg durch besondere Laschen verbunden werden konnten. Hierdurch werden die Ecken der Buckelbleche, die bekanntlich besonders der Gefahr des Einreißens ausgesetzt sind, gut gesichert. Der Raum zwischen dem Randlängsträger und dem Hauptträger in einer Breite von 0,9 m ist mit Beton auf Flachblechen abgedeckt, um dem Bahnpersonal ein Beiseitetreten beim Vorüberfahren eines Zuges zu ermöglichen; als durchgehender Fußweg ist dieser Raum allerdings wegen der Eckbleche nicht zu benutzen. Die Oberfläche des Betons liegt tiefer als das Schotterbett, um ausreichende Kopfhöhe bis zum Flansch des Hauptträgers zu erzielen; in jedem Felde ist eine Entwässerungstülle eingebaut.

Das Hauptträgergelenk ist nach Abb. 15 ausgebildet; die beiderseitigen Querträger wurden so nahe wie möglich zusammengerückt, um den Gelenkpunkt in der Hauptträgeransicht nicht allzusehr zu betonen; es gelang, mit einem Abstand von 500 mm auszukommen. Allerdings mußten die betr. Querträger unsymmetrisch ausgebildet werden; der Untergurt erhielt eine Breite von nur 200 mm, um den dazwischenliegenden Raum zugänglich zu machen.

Das Pendelportal hat einen senkrechten Auflagerdruck

$$A_{max} = A_g + \varphi A_p = 180 + 460 = 640 \text{ t}$$

je Stiel zu übertragen, wozu infolge Winddrucks, zu dessen Aufnahme ein ebenso wie der Hauptträger als Gerberträger ausgebildeter Windverband angeordnet ist, ein Moment von 60 tm hinzukommt. Die Querschnittsausbildung des Stieles ist in Abb. 16 wiedergegeben; der Riegel hat gewöhnlichen Blechträgerquerschnitt.

Die Aufstellung (Abb. 17a bis d) erfolgte auf festem Gerüst mit Hilfe eines Portalkranes, und zwar wegen des darunter vor sich gehenden Verkehrs um 1,35 m oberhalb der endgültigen Lage. Alsdann wurde das gesamte Bauwerk, dessen Gesamtgewicht etwa 275 t (ohne die erst nachher eingebauten Buckelbleche usw.) betrug, und dessen schwerstes Einzelstück etwa 21 t wog, um das genannte Maß abgesenkt. Hierzu dienten sechs Pumpen, von denen je zwei an den Endquerträgern und an einem die Füße des Portals verbindenden Hilfsträger angriffen.

Die Formgebung stählerner Tragwerke für Leitungen zur Übertragung elektrischer Energie.[1]

Alle Rechte vorbehalten.

Von Direktor Dipl.-Ing. **P. Sturzenegger**, Zürich.

Auf die Formgebung eines Tragwerkes sind Leiterbild, Höhe desselben über Erdscheibe und Funktion des Tragwerkes in der Leitung bestimmend. Bei Regelleitungen mit niedriger Spannung und kurzen Spannfeldern ist die Anwendung von Masten aus Breitflanschträgern oder Rohren (Mannesmannrohren) die wirtschaftlichste Lösung. Bei Hochspannungsleitungen bis zu 50 kV, die bereits in das Weitspannsystem eingreifen, sind der nach unten sich verbreiternde Ovalmast und der Streckmast System Jucho recht zweckmäßig. Sie treten innerhalb der genannten Grenzen in erfolgreichen Wettbewerb mit den Gittermasten, die im übrigen für die neuzeitlichen Hochspannungsanlagen des Weitspannsystems fast ausnahmslos zur Anwendung gelangen. Ein Nachteil der gewalzten Trägermaste wie der Rohrmaste ist bei größeren Höhen, wo ein Anlegen von Leitern aufhört, die glatte Oberfläche, welche das Besteigen der Maste bei Überholungen recht mühsam macht.

Die Gittermaste werden, solange die Festigkeitsverhältnisse, die Tragwerkhöhen, Grunderwerbskosten und Gründung es erlauben, als geschlossene Maste quadratischen oder ausnahmsweise rechteckigen Querschnittes bevorzugt. Erst wo diesen Bedingungen nicht mehr genügt werden kann, wird auf den gespreizten Mast mit Auflösung in vier Einzelfüße übergegangen. In ihrer konstruktiven Ausbildung werden die Gittermaste streng der statischen Funktion angepaßt.

Die große Mehrzahl der Tragwerke einer Übertragungsleitung sind Streckenmaste in der Eigenschaft von Trag-, Abspann-, Winkel- oder Abspannwinkelmasten, während ein weit kleinerer Teil von Masten für Sonderzwecke dient. Die nachfolgenden Abbildungen geben, nach der wachsenden Größe des Leiterbildes geordnet, eine Reihe solcher Tragwerke auf freier Strecke wieder:

[1]) Die Abbildungen sind entnommen aus dem Werke des Verfassers: „Maste und Funktürme aus Stahl", das demnächst im Verlage von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, erscheinen wird.

Bei einfachen Wechselstromleitungen, wie sie zunächst bei Übertragungsleitungen elektrischer Bahnen vorkommen, greifen die beiden Leiter symmetrisch zum Mastschaft an einem Ausleger an, während die Mastspitze das Erdschutzseil trägt. Abb. 1 zeigt die Ausführung bei der 55-kV-Übertragungsleitung über den Arlberg der Österreichischen Bundesbahnen. Der geschlossene Mast quadratischen Querschnittes mit einfachem Strebenzug und Verankerung in Blockfundament wurde in den tiefer gelegenen Abschnitten angewendet, während in den höheren Partien des Gebirges die links auf Abb. 1 entwickelten Türme mit K-Ausfachung Verwendung fanden. Bei der Billigkeit des Grunderwerbes im Hochgebirge bleiben die breitfüßigen Türme geschlossen und werden auf die Einzelfundamente aufgeschraubt, womit die Trennung der eigentlichen Gründungsarbeit von der Aufrichtungszeit der Tragwerke möglich wird in Berücksichtigung der im Hochgebirge verfügbaren kurzen Bauzeiten.

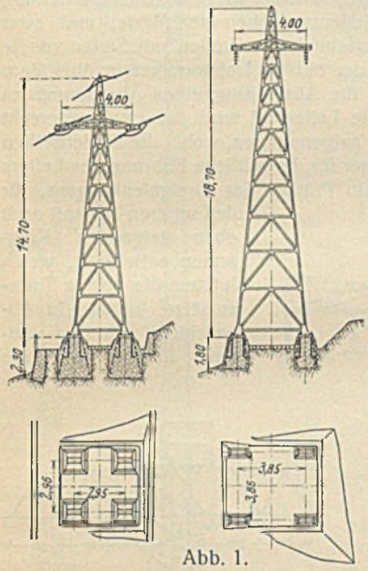


Abb. 1.

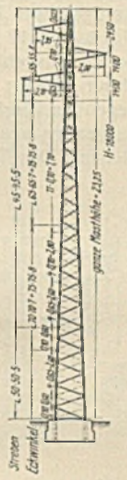


Abb. 2.

Die einfache Drehstromleitung kann mit ihren drei Leitern nur ausnahmsweise symmetrisch am Mast angeordnet werden, wenn das Blitzschutzseil fehlt. Es entwickeln sich dann Mastkopfausbildungen wie bei den eben besprochenen Einphasen-Wechselstrom-Tragwerken. Beim Vorhandensein eines Erdseiles auf der Mastspitze sind die elektrischen Leiter unsymmetrisch am Tragwerk angeordnet, wie die Abb. 2, 3 u. 4 erkennen lassen. Dieser unsymmetrischen Leiteranordnung mit ihrer verdrehenden

Abb. 3.

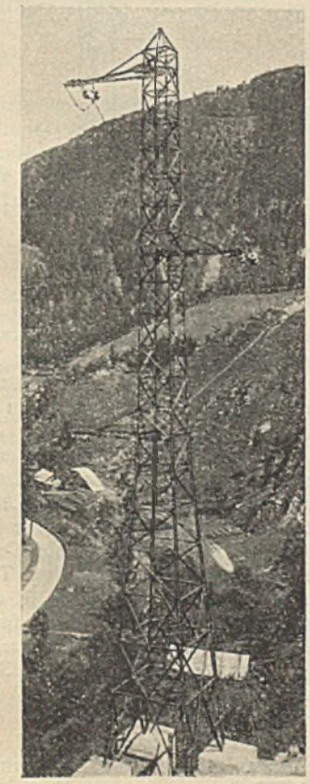


Abb. 4.

Wirkung auf den Mast ist vorab bei den leichten Tragwerken Rechnung zu tragen. Die Abb. 2 u. 3 zeigen eine in der Schweiz recht häufig angewendete Ausführungsform mit fachwerkartigen Auslegern und einfachem, mit Blockfundament in die Erdscheibe eingespanntem Gittermast mit wechselndem Strebenzug. An Stelle der Fachwerkausleger können die einfacheren ⊐⊏-Ausleger treten, die am Auslegerende zusammengeführt sind. Wie Abb. 4 — 60-kV-Übertragungsleitung Erlangwerke-St. Pölten — zeigt, sind die Ausleger dieser Form im weiteren noch am Mast aufgehängt, in Anbetracht von dessen Funktion als Ab-Wi-Tragwerk in starkem Gefällsbruch der Leitung. Der Mastschaft selbst, in geschlossener Form bis zum vorletzten Geschoß geführt, erhält unterhalb der in der Höhe stark auseinandergezogenen Ausleger doppelte Eckwinkel unter gleichzeitiger Anzugvergrößerung in Anbetracht der großen Festigkeitsanforderungen. Dieses einseitige Leiterbild kann bei rahmenförmiger Auflösung des Mastkopfes vermieden werden, wie die Ausführung (Abb. 5) zeigt, wo der Mastkopf mit einer Traverse abgeschlossen wird, die in einfacher oder doppelter Abspannung die drei Elektrizitätsleiter aufnimmt. Diese Anordnung der Leiter auf einer Linie erlaubt den Mast niedrig zu halten und wirkt damit kostenvermindernd. Zu ähnlicher Leiteranordnung führt das in Abb. 6 dargestellte sehr breite Leiterbild bei großen Spann-

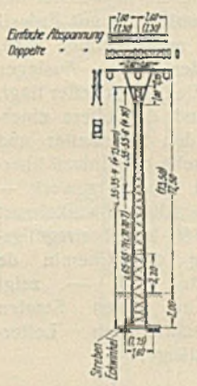


Abb. 5.

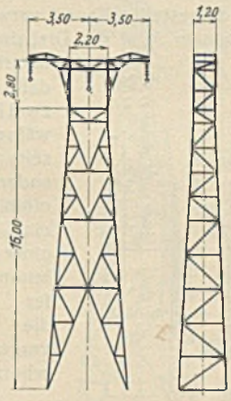


Abb. 6.

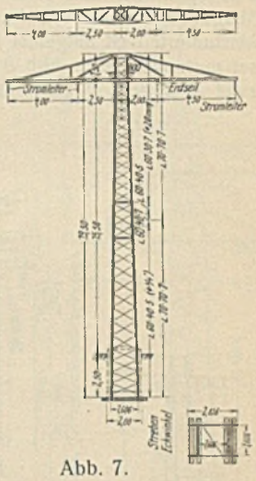


Abb. 7.

weiten — 135-kV-Übertragungsleitung über Albulapaß Rhät. Werke Thusis — bei dem die beiden äußeren Leiter auf Kragarmen ruhen, während der mittlere im rahmenförmigen Mastoberteil aufgehängt ist und das Erdseil an der oberen Rahmentraverse abgespannt wird. Die Maste sind senkrecht zur Leitungsrichtung in breiter Form mit Spreizung am Fuß, während die Wandung in Leitungsrichtung geschlossen bleibt. Die ästhetisch befriedigende Wirkung solcher Tragwerke ist bereits in der Ver-

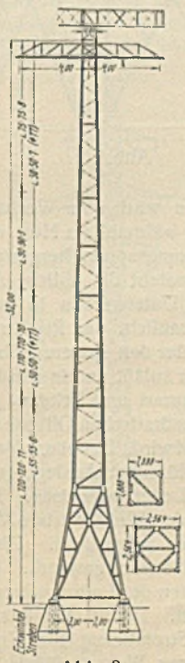


Abb. 8.

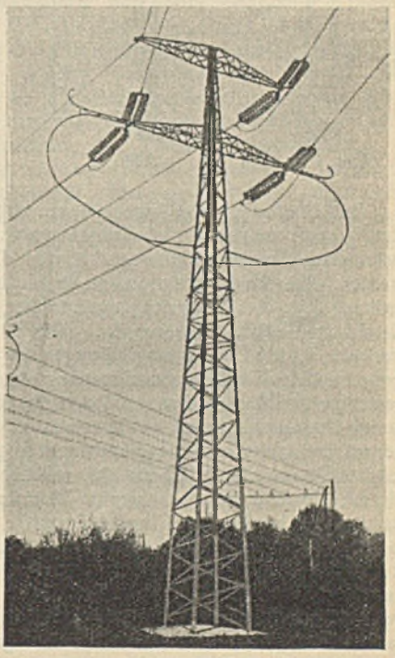


Abb. 9.

öffentlichung über Landschaftsschutz und Leitungsbau[1]) gezeigt worden.

Die Unterbringung der drei Phasenleiter auf geschlossenem Mast ist auch möglich auf einer Spitzentraverse, die gleichzeitig auch das Erdseil aufnimmt. Abb. 7 (100-kV-Übertragungsleitung A.-G. Sächsische Werke

[1]) „Der Stahlbau" 1928, Heft 12.

Dresden) zeigt eine solche Bauart, wo die Traverse auf einer Seite zwei und auf der anderen Seite einen Elektrizitätsleiter sowie das Blitzschutzseil trägt. Dieses System ist in elektrischer Beziehung und hinsichtlich mechanischer Sicherheit sehr gut; nur bedarf die Bestimmung genügender Leiterentfernung zwischen Erdseil und Elektrizitätsleiter der einen Seite besondere Beachtung wegen der verschiedenen Werkstoffe dieser Seile. Bei Leitungsanlagen ohne Erdseil ist die Anlage der drei Leiter auf einer Horizontalen symmetrisch zum Mast bei Abspannmasten möglich (Abb. 8). Während die beiden äußeren Drähte am Ausleger mit Doppelabspannung aufgehängt werden, greift der mittlere direkt auf der Mastspitze an. Die Überbrückung selbst erfolgt für die äußeren Leiter durch die hängende Schlaufe, während für den mittleren Leiter auf der einen Traversenseite eine besondere Stützkonstruktion eingebaut ist, welche die Leiterschlaufe im nötigen Abstande vom Mast führt. Der Mastschaft ist ein geschlossener Fachwerkträger mit einer Reihe von Torsionsverbänden, wodurch die Strebenzüge von Verdrehungsbeanspruchung frei gehalten werden. Der Mastunterteil ist aufgelöst in vier Füße zur Einzelfundierung. Schließlich sei noch auf die in Abb. 9 dargestellte Bauart verwiesen, in welcher auf zwei Auslegern in geschlossenem Mast die Drehstromleitung mit Erdseil derart aufgenommen wird, daß der untere Ausleger zwei Elektrizitätsleiter trägt, während der obere einerseits den Stromleiter und anderseits das Erdseil übernimmt. Das Tragwerk — ein Abspannwinkelmast einer 150-kV-Übertragungsleitung der Chemin de fer du Midi — zeigt die in vielen Staaten vorgeschriebenen Leiterschutzfänge.

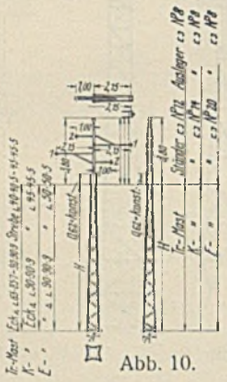


Abb. 10.

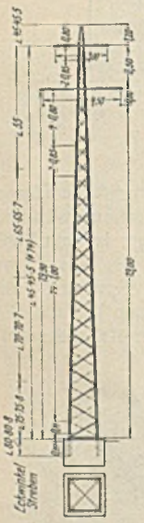


Abb. 11.

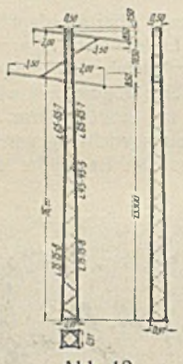


Abb. 12.

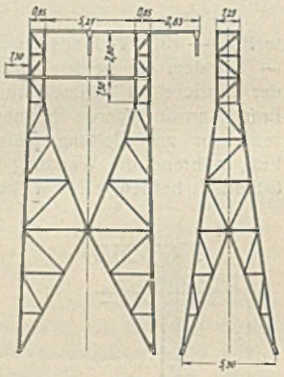


Abb. 13.

Bei Übertragungsleitungen elektrischer Bahnen wird eine Wechselstromgruppe meist nur in Außenanlagen verwendet, während im Herz des Bahnnetzes Anlagen mit zwei bis vier Wechselstromgruppen hergestellt werden. Bei den Schweizerischen Bundesbahnen besteht die übliche Anordnung der 60-kV-Übertragungsleitungen zu den Unterwerken in zwei Einphasen-Wechselstromgruppen. Abb. 10 veranschaulicht das Regeltragwerk der 60-kV-Übertragungsleitungen der S. B. B., das den späteren Übergang auf 132 kV übertragene Spannung ohne weiteres zuläßt und in der dargestellten Ausführungsform als Tragmast, Kreuzungsmast und Eckmast genormt ist. Der Flachmast wurde ersetzt durch den quadratischen Gittermast, der auf dem vorher erstellten Fundament aufgeschraubt wird. Der obere Mastteil besteht aus einem ⊏⊐-Einsatz, welcher die ⊐⊏-förmigen Ausleger aufnimmt, die eine starke senkrechte Versetzung der Leiter ausweisen. Die damit entstehenden zwei langen Tragarme werden durch rückwärtige Verlängerung der beiden andern Ausleger gestützt oder aufgehängt. Diese Regelbauart wird bei Spannfeldweiten von normal 125 m angewandt. Bei parallel geführten Leitungen werden in den Eckpunkten der Leitungsstrecke zwei normale Eckmasten durch Querträger gekuppelt. Der in den letzten Jahren von den S. B. B. teilweise durchgeführte Strombezug von Kraftwerken der Landesversorgung statt aus bahneigenen Werken führte zu längern Übertragungsleitungen im Weitspannsystem, bei denen reine Gittermaste zur Anwendung gelangten. Abb. 11 zeigt eine solche Ausführung der 64-kV-Übertragungsleitung aus der Kraftzentrale Küblis der Bündnerischen Kraftwerke A.-G. nach dem S. B. B.-Unterwerk Sargans. Die vier Leiter werden auf zwei einfachen ⊐⊏-Auslegern übernommen, während die Mastspitze das Erdseil trägt. Die Mastschafte sind auf Höhenstufen von 2 zu 2 m geregelt. Der in Abb. 10 bereits entwickelte Grundsatz der verschieden lang gehaltenen Ausleger ist durch die S. B. B. bei ihrer neuesten 160 km langen 132-kV-Übertragungsleitung vom bahneigenen Kraftwerk Vernayaz nach Rupperswil in überaus zweckmäßiger und billiger Ausführungsart weiter entwickelt worden. Abb. 12 zeigt einen Tragmast dieser Anlage, bei welchem auf einem Gittermast unter etwa 8° Neigung gegen die Wagerechte die vollwandigen ⊐⊏-Ausleger befestigt werden. Durch ungleiche Auslegerlänge links und rechts des Mastschaftes wird die Versetzung der Leiter in senkrechten Ebenen geschaffen, wobei die entgegengesetzt liegenden langen Enden der beiden Ausleger durch eine doppelte Schrägtraverse gestützt bezw. aufgehängt sind. An der Kettenanhängestelle sind die Traversen zusammengezogen und schließen ein Aufhängeblech der Isolatorenketten-Befestigung ein. Die Befestigung auf dem Fundament erfolgt durch Aufschraubung. Der Mastschaft ist mit einfachem Strebenzug, der in den Eckwinkeln innen liegt, ausgebildet. Das hügelige bis bergige Gelände, durch welches die Leitung läuft, zwang auch hier zu verschiedenen Höhen der Maste, und zwar wurden diese Tragmaste in neun verschiedenen Größen mit Stufen von je $1^1/_2$ m von 12 bis 24 m Höhenlage der tiefsten Isolatorenketten über dem Boden ausgebildet. Abb. 13 zeigt die Ausbildung eines Abspannmastes dieser Anlage: Das stark verbreiterte Leiterbild wird auf zwei wagerecht liegenden vergitterten ⊐⊏-Traversen aufgenommen, wobei die an denselben hängenden senkrechten Scheibenträger für die seitliche Führung des Leiters dienen. Das Tragwerk ist nach dem Prinzip des Dreigelenkbogens, für den unteren Teil mit nach oben steigenden Kragarmen entwickelt, welch letztere die beiden Turmaufsätze tragen. In Abweichung von den vorigen Masten ist die

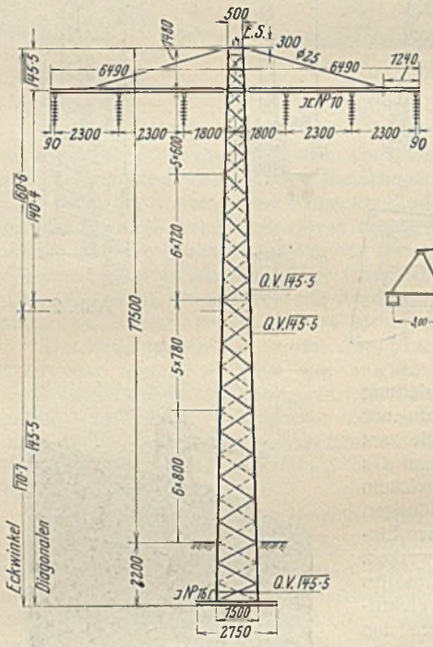


Abb. 14.

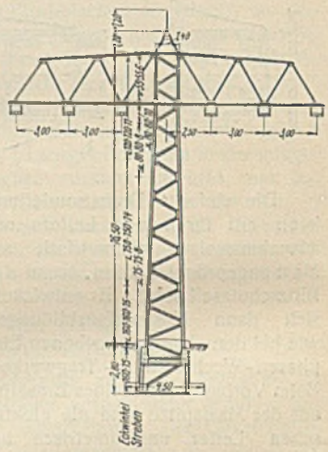


Abb. 15.

Strebenausfachung auf die Eckwinkel außen aufgelegt. Auch diese Maste sind an den Einzelfüßen mit besonderen Stahlgußkörpern ausgerüstet zur Aufnahme der Rundanker. Durch eine Reihe von Torsionsverbänden ist das Tragwerk zu einem räumlich steifen Gebilde geschlossen.

Bei vermehrter Zahl von aufzunehmenden Phasen entsteht das Leiterbild der doppelten Drehstromleitung mit sechs Elektrizitätsleitern zusätzlich Erdseil. In vielen Ländern wird die Unterbringung dieser Leiter auf einer Mastkopftraverse bevorzugt: Abb. 14 veranschaulicht ein von den Wolf Netter & Jacobi-Werken, Abteilung Eisenbau Schiege, in Leipzig-Paunsdorf hergestelltes Tragwerk dieser Anordnung, bei dem beiderseits des Mastschaftes je drei Leiter aufgehängt werden. Diese Bauart ergibt geringste Kosten für die Tragwerke und verbilligt infolge geringer Höhe die Aufstellung recht wesentlich. Sie wird in Gegenden angewandt, wo starke Rauhreif-, Schnee- und Eiszusatzlasten zu erwarten stehen, damit ein unzulässiges Weiterdurchhängen aus dieser Einwirkung hinwegfällt. Mit Rücksicht auf den Windabtrieb ist lediglich für ausreichenden wagerechten Abstand der Leiter zu sorgen. Die damit entstehenden Ausleger erhalten verhältnismäßig große Längen und müssen bei ⊐⊏-Traverse an der Mastspitze, die das Erdseil trägt, aufgehängt werden (Abb. 14). Dabei wird bei Tragmasten der sonst aus festen Auslegern entstehende Torsionseinfluß auf den Mast durch gelenkigen Anschluß vermieden. Voraussetzung dieser Leiteranordnung ist ein billiger Erwerb der Durchgangsrechte. Bei Mastarten, wo eine drehbare Befestigung der Ausleger durch die Berechnungs-Vorschriften dieser Gestänge nicht möglich ist, entstehen sehr kräftige Abmessungen, die kostspieliger als solche mit in der Höhe gestaffeltem Leiterbild werden;

der Wirtschaftlichkeitsausgleich wird aber in den wesentlich billigeren Gestehungskosten der Tragmaste gefunden. Abb. 15 zeigt einen solchen, durch die Gutehoffnungshütte Sterkrade ausgeführten, schweren Abspannmast mit fachwerkartigen doppelwandigen festen Auslegern, die durch wagerechte Verbände räumlich geschlossen sind. Der Mastschaft, der auf Torsion beansprucht wird, erhält überaus kräftigen Strebenzug, vermittels Knotenblechen an Eckwinkel angeschlossen. Die Anschlußebenen von Ober- und Untergurt der Ausleger sind rahmenförmig kräftig ausgesteift zur Überführung der Torsionskräfte auf den Mastschaft. Bei starker Steigerung der Leiterabstände wird auf den Doppelmast übergegangen: Abb. 16 veranschaulicht eine Ausführung aus der 100-kV-Übertragsleitung Wülag—Stuttgart, wo zwei leichte Tragmaste je zwei Leiter auf äußern Auslegern und die weiteren zwei Stromleiter auf innerer Verbindungstraverse aufnehmen. Die Mastspitzen tragen auf einem oder beiden Masten ein oder zwei Erdschutzseile (Hersteller: C. H. Jucho, Dortmund).

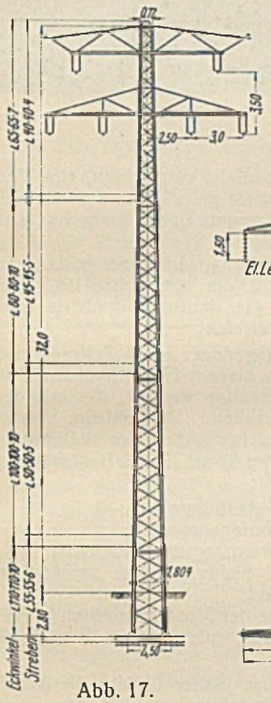


Abb. 17.

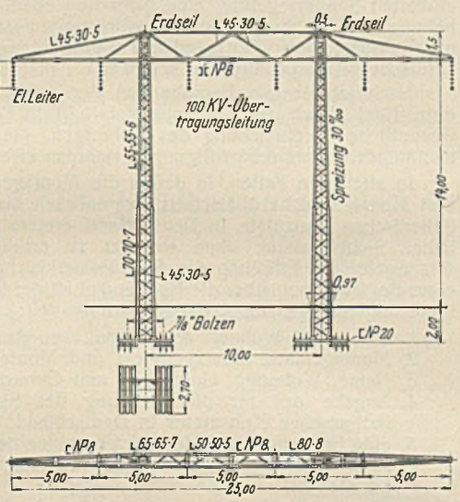


Abb. 16.

Den Übergang des Leiterbildes aus der horizontalen zu der meist angewandten Leiteranordnung in Höhenentwicklung bildet die Anordnung nach Abb. 17, wo ein Ausleger beiderseits des Mastschaftes je einen Leiter und die zweite Traverse je zwei Leiter trägt. Das System entspricht in elektrischer Beziehung vorzüglich den Absichten der Reduktion der Selbstinduktion bei Verfolgung der betriebstechnischen Trennung der beiden Phasengruppen links und rechts des Mastes, mit Rücksicht auf Untersuchungs- und Instandstellungsmöglichkeit bei Instromhaltung der einen Phasengruppe. Die überaus große Schlankheit der Tragwerke ist möglich infolge der Fundamenteinspannung in Verbindung mit drei Erdseilen, mit welchen der Mast an seiner Spitze und am oberen Ausleger verankert ist. Eine ähnliche Ausführung mit zwei senkrecht weit auseinanderliegenden Auslegern für die Phasenleiter zeigt in Abb. 18 die 100-kV-Übertragungsleitung der A.-G. Sächsische Werke, Dresden: Der obere Ausleger trägt beiderseits des Mastschaftes je einen und der untere Ausleger je zwei elektrische Leiter. Die Haltung des leichten Stützmastes trotz Beanspruchung durch einseitigen Seilbruch eines Leiters übernehmen an der Mastspitze zwei Erdseile, die aber im Gegensatz zu der vorher besprochenen Ausführung nicht am Ausleger der Phasenseile angreifen, sondern einen eigenen Ausleger besitzen.

Das nach der Höhe zu entwickelte Leiterbild mit beiderseits des Mastschaftes zu je drei übereinanderliegenden Phasenseilen kann verschiedene Anordnung hinsichtlich senkrechter Versetzung der Leiter aufweisen. Es entstehen damit die verschiedensten Leiterbildformen in Tannenbaumform, umgekehrter Tannenbaumform, Sechseckanordnung, wie einspringender Sechsecklage, und schließlich in Wechsellage der Leiter im Sinne einseitig verschobener Tannenbaumform. Die eine Ausführung der Gutehoffnungshütte in Sterkrade darstellende senkrechte Übereinanderlegung je dreier Elektrizitätsleiter an einer Seite des Mastes (Abb. 19) darf nur in Gebieten zur Anwendung gelangen, wo geringe Zusatzlasten zu erwarten sind. Dies umsomehr, wenn der senkrechte Leiterabstand, wie in Abb. 19, klein ist. Die Konstruktion der Traversen in ⊐⊏-Form ist recht wirtschaftlich. Die breite und gespreizte Auflösung des Mastschaftes erfolgt in Anbetracht der beim Weitspannsystem nötigen großen Höhe im ebenen Tiefland. Der leichte, räumlich recht ausgedehnte Mast ist durch eine

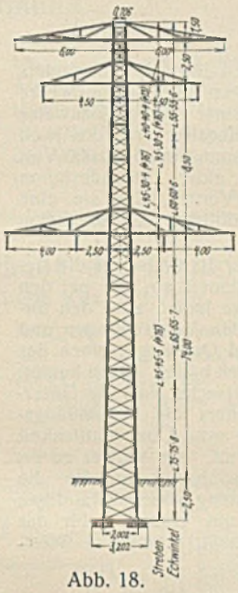


Abb. 18.

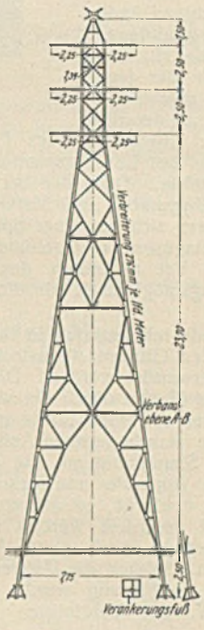


Abb. 19.

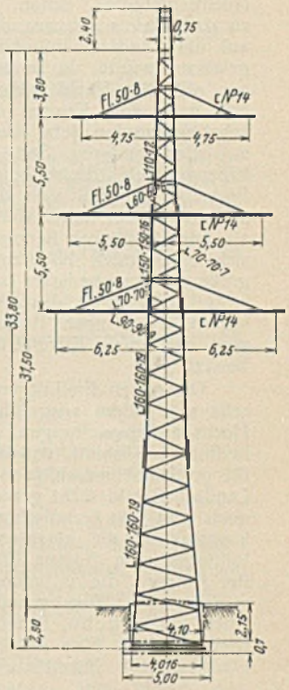


Abb. 20.

große Zahl von wagerechten Verbänden gegen Verdrehung ausgesteift. Die Anordnung der Tannenbaumform der Leiter zeigt die in Abb. 20 wiedergegebene Ausführung der Fr. Krupp A.-G., Essen, wo die senkrechte Versetzung der Phasenleiter die Formgebung des Leiterbildes bestimmt.

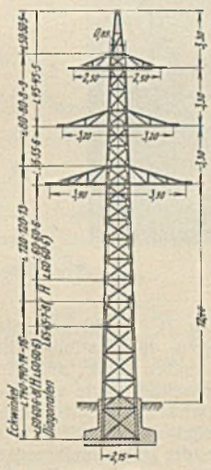


Abb. 21.

Die großen Leiterabstände, bedingt durch 220 kV Übertragungsspannung, erlauben die Anwendung der wirtschaftlichen ⊐⊏-Traversen mit Aufhängung der Enden am Mastschaft. Der Mast selbst als Winkelabspannmast erhält trotz ansehnlicher Breitenentwicklung geschlossene Bauart. Ein gleiches Leiterbild in Tannenbaumanordnung bietet das Tragwerk nach Abb. 21 eines durch die Wiener Eisenbau A.-G. in Wien ausgeführten Winkelabspannmastes der 110-kV-Übertragungsleitung Partenstein—Linz. Die ⊐⊏-förmigen Ausleger sind fachwerkartig am Mastschaft aufgehängt. Der Mastschaft selbst, an der Spitze das Erdseil tragend, ist geschlossener Bauart mit doppeltem Strebenzug, der abwechselnd außen oder innen der Eckwinkel angreift, wobei im oberen Mastteil zum Strebenanschluß Knotenbleche verwendet wurden, während im unteren Teil mit größeren Eckwinkeln der zweischnittige Strebenanschluß unmittelbar erfolgen konnte. (Schluß folgt.)

Verschiedenes.

Freiluftstationen. Eine erhebliche Erweiterung des Anwendungsgebietes größerer Stahlkonstruktionen in der Elektrotechnik wurde durch die Einführung der sogenannten „Freiluftstationen" herbeigeführt. Die Apparate werden bei diesen Umspannwerken nicht mehr wie früher geschützt in Gebäuden, sondern, den Witterungsverhältnissen ausgesetzt, unter freiem Himmel aufgestellt. Die zur Verwendung kommenden Gerüste dienen als Träger der Verbindungsleitungen und der sogenannten Sammelschienen, übernehmen also gewissermaßen die Aufgaben eines Gebäudes, ohne jedoch — wie dieses — gleichzeitig Schutz gegen Witterungseinflüsse zu bieten. Auf die letztere Eigenschaft kann man aber ohne weiteres verzichten, da man diesen Verhältnissen entsprechend die elektrischen Apparate so baut, daß sie gegen Witterungseinflüsse vollkommen unempfindlich sind. Der Hauptgrund zum Übergang auf diese Bauweise liegt auf wirtschaftlichem Gebiete. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß die Anlagen, die bekanntlich zur Energieversorgung größerer Gebiete dienen, als Freiluftanlage weitaus billiger als die bis-

lang üblichen Gebäudestationen zu erstellen sind; eine Tatsache, der in einem Wirtschaftszweig, der so große Kapitalien benötigt wie die Elektrizitätswirtschaft, ganz besondere Beachtung geschenkt werden muß. In der Schweiz und in Amerika ging man weit früher als in Deutschland zu dieser Bauweise über. In der Schweiz ist dies auf die Schwierigkeiten zurückzuführen, die vielfach bei der Errichtung von Stationen in schlecht zugänglichen, gebirgigen Gegenden aufgetreten sind. In Amerika waren Hochbauarbeiten schon immer teuer, so daß man schon aus diesem Grunde auf eine andere, billigere Bauart hingewiesen wurde. In Deutschland änderten sich die Verhältnisse grundlegend erst nach dem Kriege. Die Hochbauarbeiten wurden jetzt auch hier teuer, auf der anderen Seite machte die Erzeugung elektrischer Apparate derartige Fortschritte, daß sich die Anwendung des Freiluftprinzips besonders bei den immer höher werdenden Betriebsspannungen der Überlandwerke als wirtschaftlicher herausstellte. Trotz der bei einer solchen Bauweise sich ergebenden höheren Apparate- und Materialkosten und des weit größeren Raumbedarfes lassen sich bei einer Spannung von 100000 Volt z. B. etwa 20 % des Anlagewertes gegenüber einer Gebäudestation sparen. Die neue Bauart hat außerdem den Vorteil, daß sie eine weit bequemere Erweiterungsmöglichkeit als die übliche Gebäudestation besitzt.

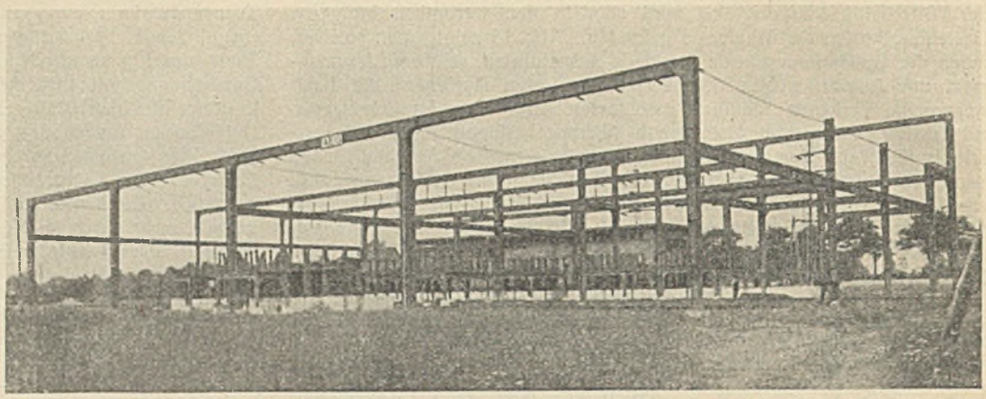


Abb. 1.

Die ersten Freiluftgerüste lehnten sich in ihrer Bauweise an die bereits seit Jahren ausgeführten Gittermastkonstruktionen an, die bei den Hochspannungsleitungen verwendet werden. Diese haben aber den unbedingten Nachteil, daß das Gerüst durch die vielen Verstrebungen und die großen Abmessungen der einzelnen Maste und Querriegel einen das Landschaftsbild nicht gerade verschönernden Anblick bietet. Dazu kommt noch vom rein technischen Standpunkt aus die Tatsache, daß die Gitterkonstruktion die einzelnen Apparate und besonders die Verbindungsleitungen zum größten Teil verdeckt, so daß eine gute Übersichtlichkeit der Anlage, die unbedingt gefordert werden muß, nur schwer zu erreichen ist. Eine grundlegend verbesserte Ausführung erzielte die Firma C. H. Jucho, Dortmund, durch die Verwendung von vollwandigen Blechträgern. Eine solche Ausführung wurde dann erstmalig für das Umspannwerk Münster i. W. der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen in Dortmund zur Ausführung gebracht (Abb. 1 u. 2). Denkt man als Gegenbeispiel an eine der bekannten Darstellungen von Stationen in Gittermastausführung, so sieht man schon auf den ersten Blick, daß die Ausführung mit geschlossenen Querschnitten an Aussehen sowie an Einfachheit und guter Übersichtlichkeit den unruhig wirkenden Gittermastausführungen bedeutend überlegen ist. Dabei wird das Gewicht der neuartigen Ausführung nur ganz unerheblich größer, die Betonfundamente dagegen werden bedeutend leichter als bei dem Gitterwerk, so daß trotz des Fortfalls aller Hochbauarbeiten der Preis für beide Ausführungen ungefähr der gleiche ist.

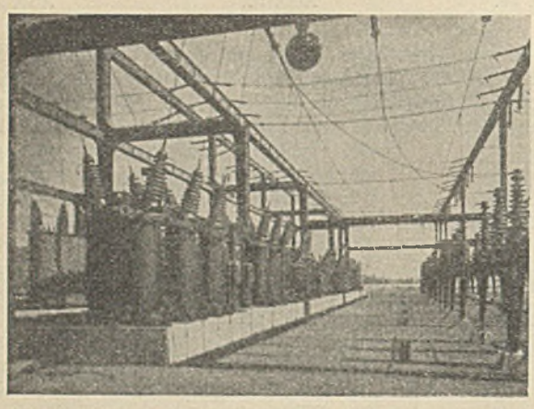


Abb. 2.

Man hat auch verschiedentlich versucht, die stählernen Tragwerke durch solche aus Beton zu ersetzen. Es ist aber bisher nicht gelungen, diese Bauweise so durchzuführen, daß dem Gedanken auch eine wirtschaftliche Bedeutung beigemessen werden kann.

Obering. H. Schoeme, Dortmund.

Beschäftigung deutscher Monteure in Italien. Nach Vereinbarungen zwischen der Deutschen und der Italienischen Regierung ist ab 15. September d. J. der Visumzwang zwischen beiden Ländern gefallen. Hinsichtlich der Einreise von deutschen Monteuren nach Italien für vorübergehende Montagearbeiten ist zwar gegenüber der schon früher vereinbarten Sonderregelung eine Änderung ebenfalls eingetreten, eine Aufhebung der hier bestehenden Bestimmungen ist jedoch aus dem Grunde nicht erfolgt, um die heimische Industrie gegen Überlastung mit ausländischen Arbeitskräften zu schützen.

Nach jahrelangen Bemühungen der deutschen Industrie hatte man, unterstützt durch die Deutsche Botschaft in Rom, im Jahre 1927 eine wesentliche Vereinfachung des bisherigen, die deutsche Industrie stark hemmenden Einreisebewilligungsverfahrens erreicht.

In allen den Fällen, in denen die Montagedauer einen Zeitraum von drei Monaten nicht überschritt, waren nach diesem Übereinkommen die italienischen Konsulate in Deutschland ermächtigt worden, die erforderlichen Sichtvermerke ohne weiteres zu erteilen. Die einzige Voraussetzung für die Erteilung des Sichtvermerkes bestand in der Beibringung einer Beglaubigung über die Notwendigkeit der Reise. Diese Beglaubigung hatte folgende genaue Angaben zu enthalten:

1. Name und Wohnort des italienischen Auftraggebers,
2. Montageplatz, Montageobjekt und Montagedauer,
3. Name, Wohnung, Geburtsort und Geburtstag des Monteurs,
4. Angabe des für die Erteilung des Sichtvermerkes zuständigen italienischen Konsulates in Deutschland,
5. eine Erklärung, daß der zur Vornahme der Montagearbeiten in Aussicht Genommene tatsächlich Monteur, nicht aber Spezialfacharbeiter ist.

Durch diese Vereinbarung war zweifellos das bisher übliche Verfahren, das durch den langen Instanzenweg erst nach Wochen, teilweise sogar nach Monaten zu einer Erteilung des Sichtvermerkes führte, wesentlich vereinfacht worden.

Nach der Aufhebung des Visumzwanges zwischen Deutschland und Italien ist aus den oben angeführten Gründen der Visumzwang für nach Italien zur Montage entsandte Monteure deutscher Herkunft nicht gefallen. Die Deutsche Botschaft in Rom hat sich hierzu wie folgt geäußert:

„Nach der zwischen Deutschland und Italien geschlossenen Vereinbarung über die Aufhebung des Sichtvermerkzwanges bleiben die in beiden Staaten geltenden Bestimmungen über den Schutz des heimischen Arbeitsmarktes gegen Überlastung mit ausländischen Arbeitskräften auch weiterhin bestehen. Arbeitnehmer, die in Italien beschäftigt werden sollen, müssen künftig vor Antritt der Stellung im Besitze einer Zusicherung der Bewilligung zum Stellenantritt sein, die wie bisher erst nach Anhörung der inneren Behörden durch das zuständige Ministerium, und zwar gebührenfrei erteilt wird. Diese Zusicherung kann vor der Einreise durch Vermittlung des zuständigen italienischen Konsulats, nach erfolgter Einreise bei den inneren Verwaltungsbehörden beantragt werden. In jedem Falle muß sie vor dem Antritt der Stellung bewilligt worden sein.

Was die Einreise von deutschen Monteuren nach Italien zur Vornahme vorübergehender Montagearbeiten anlangt, so bleibt es bei der bisherigen Regelung, mit dem Unterschied, daß die Konsulate statt eines Visums eine entsprechende bis zu drei Monaten gültige Zusicherung der Bewilligung zum Stellenantritt selbständig und ohne Anfrage bei den inneren Behörden, sowie ohne Erhebung von Gebühren erteilen können, sofern der Antrag in der schon bisher üblichen Form usw. gestellt wird."

Wenn auch hinsichtlich der zu erfüllenden Förmlichkeiten bei der Beschaffung des Sichtvermerkes seit dem 15. September d. J. für Monteure eine Änderung nicht eingetreten ist, so sind doch immerhin wieder Erleichterungen festzustellen, die von den in Frage kommenden Industrien, und hier auch von der Stahlbau-Industrie, begrüßt werden als ein Schritt auf dem Wege der anzustrebenden vollen Freizügigkeit.

INHALT: Kesselhaus für das Großkraftwerk Gerstenwerk der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen in Dortmund. — Bemerkenswerte Blechträgerbrücken. — Die Formgebung stählerner Tragwerke für Leitungen zur Übertragung elektrischer Energie. — Verschiedenes: Freiluftstationen. — Beschäftigung deutscher Monteure in Italien.

Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin W 8.
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.