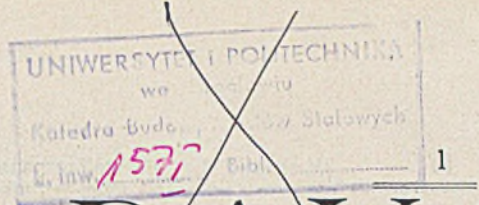




P. 769/1938



DER STAHLBAU

Schriftleitung:
Geh. Regierungsrat Professor Dr.-Ing. A. Hertwig, Berlin-Wilmersdorf, Sächsische Str. 43
Fernsprecher: 87 7421
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

11. Jahrgang BERLIN, 7. Januar 1938 Heft 1

Mit dem vorliegenden Heft beginnt die Zeitschrift „Der Stahlbau“ das zweite Jahrzehnt ihres Erscheinens.

Wir haben aus diesem Anlaß und um die Übersicht über den Inhalt der ersten zehn Jahrgänge zu erleichtern, ein **10-Jahres-Inhaltsverzeichnis**

herausgebracht, das einem der nächsten Hefte beigelegt wird.

Die Schriftleitung.

Leichte weitgespannte Stahlhallen unter besonderer Berücksichtigung von Flugzeughallen.^{*)}

Alle Rechte vorbehalten.

Von Oberregierungsbaurat im Reichsluftfahrtministerium Dr.-Ing. habil. A. Mehmel, Berlin.

Der Bau von Hallen, insbesondere weitgespannten Hallen, ist ein Aufgabengebiet des konstruktiven Ingenieurs, das in seinen Konstruktionsformen mancherlei Ähnlichkeit mit dem Brückenbau aufweist. Sind es doch grundsätzlich gleiche Lasten — Eigenlasten, Schnee, Wind, Menschenlasten, rollende Lasten (hier Fahrzeuge, dort Hebezeuge wie Krane und Laufkatzen) —, die von der Tragkonstruktion bewältigt werden müssen. Der Unterschied liegt neben der verschiedenen Zweckbestimmung von Halle und Brücke in der verschiedenen Bedeutung der eben genannten Belastungsanteile. Für die Brücken kleiner und mittlerer Spannweiten, d. h. für die überwiegende Zahl aller deutschen Brücken, gibt die Nutzlast der Konstruktion das Gepräge; Eigenlast sowie Schnee und Wind treten an Bedeutung zurück. Für die meisten Hallen ist jedoch das Eigengewicht die bedeutsamste Belastung. Wind, Schnee und die Nutzlasten sind von wesentlich geringerem Einfluß. Aus dieser Überlegung ergibt sich die wichtige Tatsache, daß die maßgebende Belastungsart auf die Brücke stets nur vorübergehend und auch da nur selten in der ganzen Ungunst der rechnungsmäßigen Annahme, auf die Halle dagegen dauernd im vollen rechnungsmäßigen Umfang einwirkt, so daß die aus der Differenz zwischen Lastannahme und Lastwirkung entstehende Reserve, d. h. die wirkliche, nicht die rechnerische Sicherheit, bei der Halle zweifellos geringer als bei der Brücke ist. Eine weitere Folge hiervon ist auch die Tatsache, daß die Stabilitätsprobleme — Knicken und Beulen — bei den Hallen eine größere Bedeutung haben, was nicht immer genügend beachtet wird. Dagegen ist die Art der Beanspruchung der Hallenkonstruktion wieder günstiger, da Lastwiederholungen wesentlich seltener auftreten, mit Vorzeichenänderungen, man kann sagen, gar nicht verbunden sind und einen sehr viel kleineren Schwellbereich haben, kurz, die Dauerfestigkeit der Werkstoffe keine nennenswerte Rolle spielt. Insgesamt ist wohl die Belastung einer Halle nicht günstiger und konstruktiv leichter zu bewältigen als die einer Brücke, wobei man noch bedenken sollte, daß die einheitliche Zweckbestimmung der Brücken es gestattet, weitgehende Normen für den Entwurf aufzustellen, während die Vielgestaltigkeit der Hallenbauten dies nur in geringem Umfang zuläßt. Meines Erachtens verdient der Hallenbau innerhalb des konstruktiven Ingenieurbaus die gleiche pflegliche Behandlung wie der Brückenbau. Ich habe den Eindruck, als ob diese Auffassung noch nicht so weit Allgemeingut der beteiligten Fachkreise ist, wie dies in Hinsicht auf die Größe und Bedeutung der Aufgaben auf dem Gebiete des Hallenbaues technisch erforderlich ist und besonders bei der heutigen Rohstofflage erwünscht wäre.

Die im Dienstbereich der Luftwaffe zur Verwendung gelangenden Flugzeughallen stellen durch ihre Eigenart dem konstruktiven Ingenieur besonders reizvolle Aufgaben. Im einzelnen darf ich hierbei auf frühere Ausführungen verweisen¹⁾, und ich begnüge mich deshalb hier, nur zwei

Punkte noch einmal zusammenfassend herauszugreifen, die für die folgenden Darlegungen von Wichtigkeit sind.

Einmal handelt es sich vielfach bei den Flugzeughallen um großräumige Hallen. Es sind Spannweiten zu überwinden von 70, 80 m und mehr, also Spannweiten, wie sie im Hallenbau sonst nur selten vorkommen.

Als weiterer Gesichtspunkt ist die Forderung nach einer gewissen Unempfindlichkeit in luftschutzespezifischer Hinsicht, sowohl in der Gesamtkonstruktion als auch hinsichtlich des Widerstandes der Dachdecke gegen Durchstanzwerden infolge von Splintern, Brandbomben u. dgl. zu nennen.

Im Verfolg dieser beiden eben genannten Gesichtspunkte sowie weiterer Überlegungen, die ich an dieser Stelle nicht noch einmal wiederholen will, wurde für den Dienstbereich des Reichsluftfahrtministeriums folgende Gesamtanordnung entwickelt:

Hauptträger parallel zur Torebene unter bevorzugter Anwendung der vollwandigen Rahmen, Querträger biegefest mit den Hauptträgern zu einem Rost verbunden, Spannweiten bis zu 70, 75 m, Dachdecke bestehend aus einer Stein- oder Bimsbetondecke mit einer 3 cm dicken Zerschellschicht aus Hartbeton mit einem Gewicht von etwa 130 kg/m².

Diese Bauweise hatte den Nachteil, daß die Stahlgewichte mit 150 bis 160 kg/m² recht erheblich waren. Das lag einmal an der konstruktiven Gesamtanordnung, sodann an der Dachdecke, die mit 130 kg/m² als recht schwer zu bezeichnen ist. Es wurde deshalb nach einer Decke gesucht, die den gleichen Ansprüchen genügte, dabei jedoch an Gewicht sparte. Ein 3 bis 4 mm dickes Blech hat mindestens den gleichen, wenn nicht einen höheren Widerstand gegen Durchstanzwerden wie eine 10 cm hohe Steineisendecke mit 3 cm dicker Zerschellschicht aus Hartbeton; dabei weist die Blechdecke grundsätzlich den Vorteil auf, daß Trümmerwirkungen weitgehend wegfallen. Es zeigte sich, daß die Verwendung von etwa 4 mm dicken Stahlblechen als Dachplatte bei den großen Spannweiten das Konstruktionsgewicht so sehr verminderte, daß ihre Ausführung gegenüber der Steindecke bereits wirtschaftliche Vorteile aufwies. Ähnliche Überlegungen sind bekanntlich im Brückenbau mit den sogenannten Leichtfahrbahnen angestellt.

Im folgenden seien zunächst zwei ältere (d. h. etwa 2 und 3 Jahre alte Hallenkonstruktionen) kurz beschrieben, bei denen die Dachdecke aus Stahlblech besteht.

Bild 1 zeigt eine genietete Rahmenhalle (Entwurf Seibert, Saarbrücken) mit einer Spannweite von 74,5 m. In gewissen Abständen sind im Hallenquerschnitt je zwei Querrahmen zwischen den Bindern angeordnet, um, namentlich im Bereich der negativen Momente, die Druckgurte der vier Binder zu halten. Die Halle hat eine Leichtdecke aus rd. 4,5 mm dickem Stahlblech, aus Breitflachstahl bestehend, das wellblechartig geformt und rd. 20 cm hoch ist. Die Breitflachstähle werden auf der Abkantmaschine gepreßt, zu Tafeln von rund 1,30 m Breite und rund 9 m Länge in der Werkstatt geschweißt und auf der Baustelle zur Dachdecke verschraubt

^{*)} Nach einem am 21. X. 1937 in Berlin gehaltenen Vortrage im Rahmen des von der Deutschen Gesellschaft für Bauwesen veranstalteten II. Lehrganges über Baustofffragen im Vierjahresplan.
¹⁾ Mehmel, Ztbl. d. Bauv. 1937, S. 211.

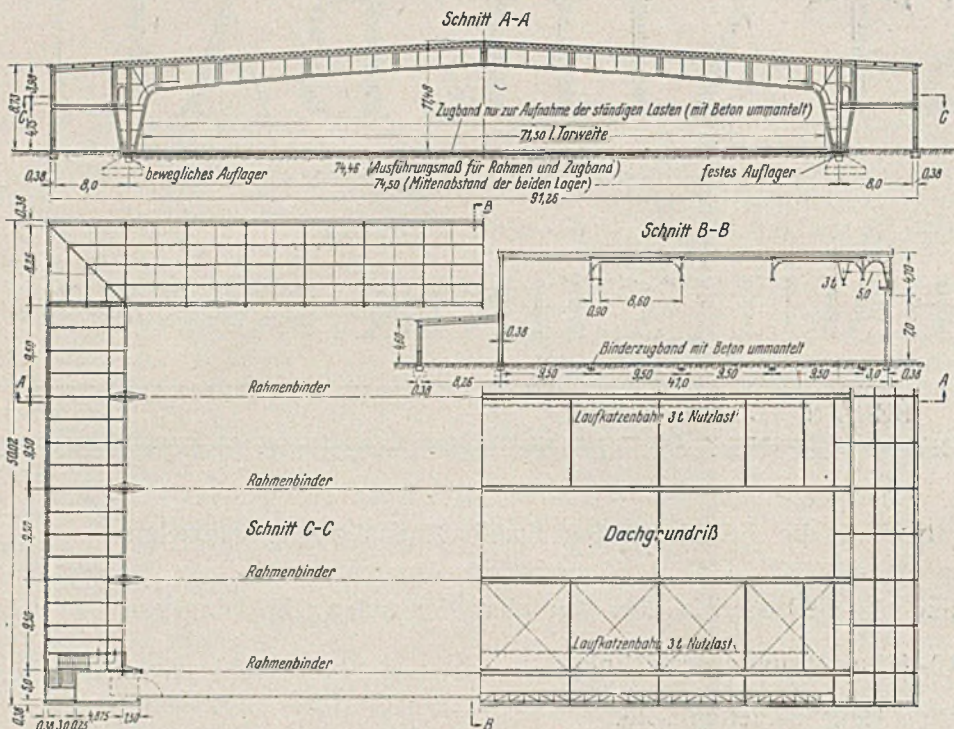


Bild 1.

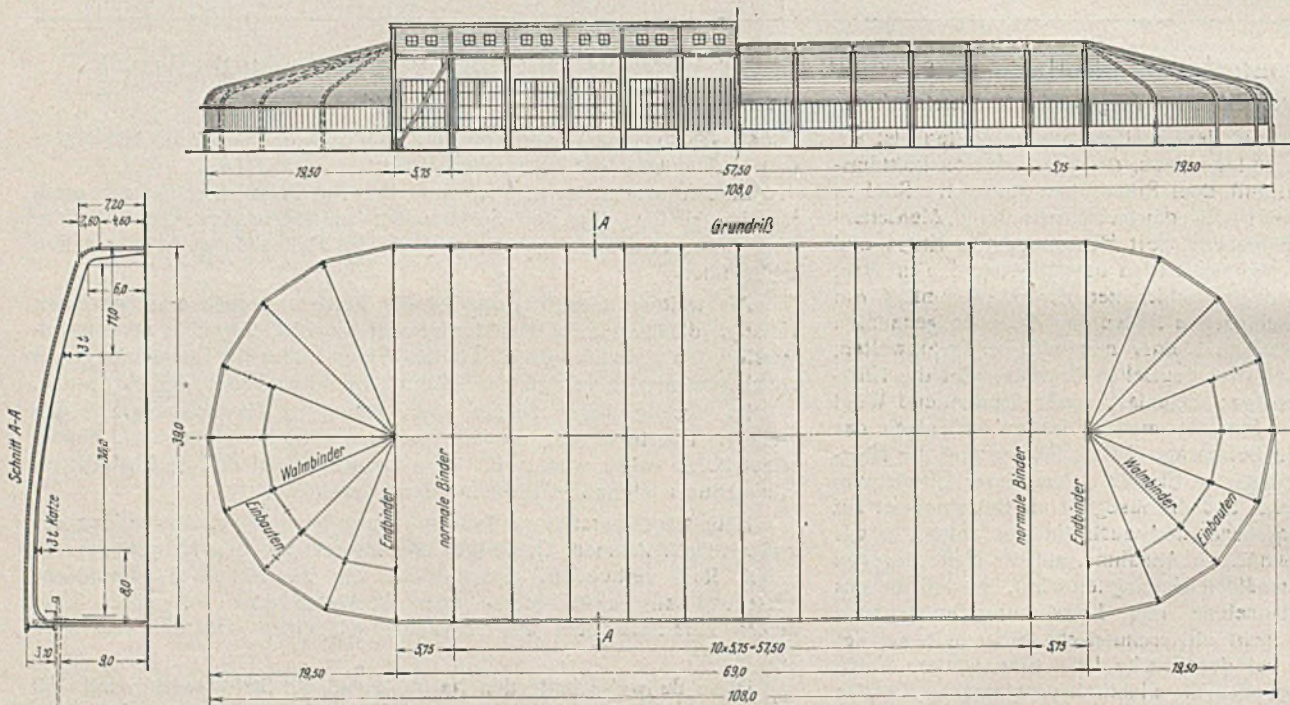


Bild 2.

und geschweißt. Eine Wärmedämmung ist bei der vorzüglichen Leitfähigkeit des Stahls unbedingt erforderlich, da Schwitzwasser im Hinblick auf die Wartung der Motoren mit Sicherheit vermieden werden muß. Der Wärmeschutz erfolgt oben durch eine kräftig dämmende Platte; darauf wird zweimal geklebt. Um ein Durchtreten des Daches zu verhindern, wird die nach oben geöffnete Welle durch einen Holzrost, dessen Oberkante bündig mit der nach oben geschlossenen Welle abschließt, abgedeckt. Die Blechdecke überspannt die Binderentfernung ohne Pfetten und verfügt über erhebliche Spannungsreserven.

Die Blechplatte übernimmt also nicht nur die Funktionen der Platte, sondern auch noch die des nächstgeordneten Gliedes, des Sparrens bzw. der Pfette.

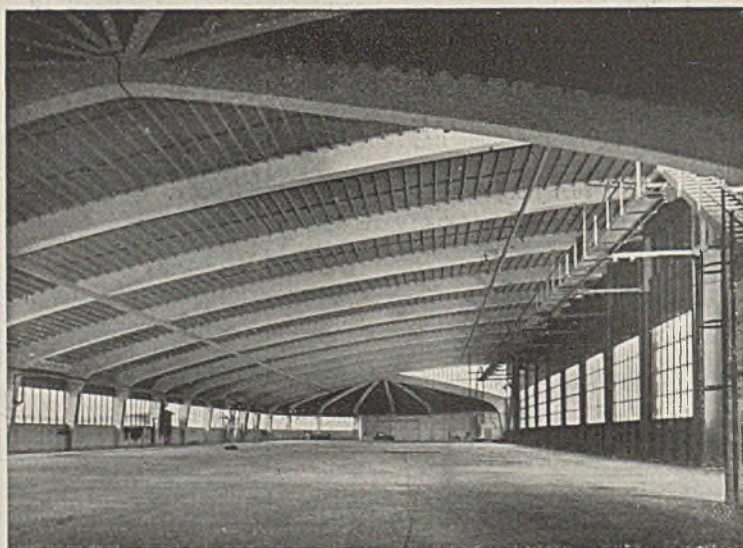


Bild 3.

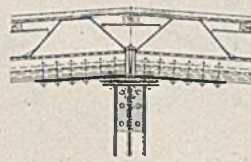


Bild 2 u. 3 zeigt eine Halle (Entwurf M. A. N., Mainz-Gustavsburg), bei der gebördelte Bleche zur Verwendung gelangt sind, wie sie auch im Großbehälterbau vorkommen. Die Bleche sind in 60 cm breiten Streifen senkrecht zu den Bindern miteinander vernietet und fassen unter den Gurt der Binder, mit dem sie ebenfalls vernietet sind. Die Binder werden als Balken auf zwei Stützen mit beweglichem unteren Auflager aufgestellt, so daß aus ständiger Last keine waagerechten Schübe entstehen und insonderheit der vordere Blechträger in der Tor Ebene, mit Ausnahme durch Windkräfte, nicht um seine kleine Achse beansprucht wird. Nachdem das Dach ganz vernietet ist, wird das untere bewegliche Lager festgemacht. Für die zufälligen Lasten aus Schnee und Wind wirken nunmehr die Binder nicht mehr als Balken, sondern als Bogen, die ihren Schub über die als großer Balken wirkende Dachscheibe auf zwei Rahmen in die beiden kleinen Rechteckseiten übertragen. Die Halle ist außerordentlich steif, da der aus der Dachplatte gebildete Balken ein Schlankheitsverhältnis (Höhe zu Spannweite) von weniger als 1 : 2 hat.

Die Blechdachhaut hat also, wie man sieht, sogar gewisse Funktionen eines Hauptträgers mit übernommen. Trotzdem ist diese Halle wirtschaftlich der eben gezeigten Rahmenhalle nicht überlegen, weil eine Ausnutzung der Bleche bei dem stark gedrunenen Träger mit dem Verhältnis 1 : 2 gar nicht möglich ist, zumal die von der Dachhaut als Hauptträger übernommenen Schnee- und Windlasten einen zu geringen Anteil von der Gesamtbelastung ausmachen.

Der Gedanke, dem Dachblech die Funktionen der Hauptträger ganz zuzuweisen, liegt nun nahe und ist an sich auch gar nicht neu. Die schon lange bekannten Wellblechbogendächer mit Zugband gehen von der gleichen konstruktiven Idee aus. Die Aufgabe bestand nun darin, das Wellblechdach für große Spannweiten konstruktiv durchzubilden oder, anders ausgedrückt, das Wellblechdach in die Ebene des Ingenieurbauwes zu heben und aus einer Baracke eine Halle zu machen.

Der Grund, warum die konstruktive Idee, der Dachhaut die Funktionen des Hauptträgers zuzuweisen, unter bestimmten Voraussetzungen, auf die ich noch zu sprechen kommen werde, zu geringeren Stahlgewichten führen muß als die üblichen Konstruktionen mit anderen, aber gleich schweren Dachdecken, ist sehr einfach und einleuchtend und liegt darin, daß die Dachhaut für das Hallentragsystem eben keine Belastung darstellt, sondern selbst trägt, gewissermaßen der in die Breite gezogene Obergurt des Binders ist. Die Vorteile in luftschutzes technischer Hinsicht (größere Widerstandsfähigkeit gegen Durchstanzwerden, größere Steifigkeit des ganzen Daches) sind besonders beachtlich. Die Gewichtersparnis ist, wohl gemerkt, nicht gleichbedeutend mit Kostenersparnis, da der

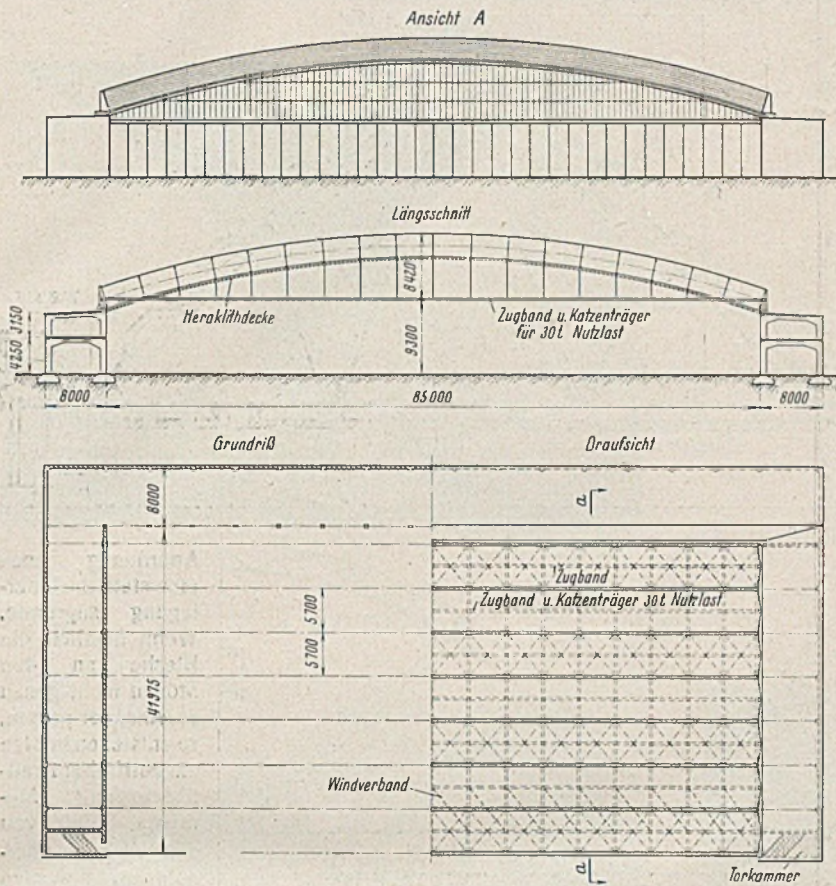
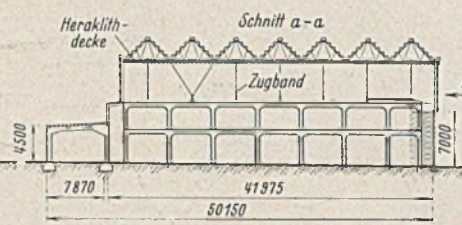


Bild 4.



Ingenieur nur ungenau aus. — Auch aus praktischen Überlegungen sollte die Blechdicke nicht zu gering bemessen sein, da eine gewisse Robustheit gegen korrodierende und mechanische Beanspruchung von einem Bauwerk stets zu verlangen

ist; ich möchte sagen, der Stahlbauer soll kein Klempner werden. Unter gewisse Blechdicken sollte man also bei diesen raumabschließenden Tragwerken, — man kann sie auch Ingenieur-Wellblechbauten nennen — nicht gehen. Aus diesen beiden Forderungen — Ausnutzung des Materials und nicht zu geringe Blechdicke — ergibt sich, daß diese Konstruktionen erst bei größeren Spannweiten mit Vorteil verwendet werden können. Als untere Grenze nenne ich etwa 60 m bei 3 mm Blechdicke. Entschließt man sich zu geringeren Blechdicken, so liegt diese Grenze entsprechend tiefer.

Es wurden zwei Formen dieser Tragwerke entwickelt, die sich in den Methoden unterscheiden, die Stabilität des Blechdaches, die, wie bemerkt, das eigentliche Problem darstellt, zu sichern. Die eine Form ist der sogenannte Doppelwellbogen, der nach Vorschlägen von Hünnebeck von den Firmen Dörnen, Seibert und Dortmunder Union jeweils in besonderer Konstruktion durchgebildet worden ist. Bild 4 zeigt in Grundriß und Schnitten die Halle Seibert. Das Tragwerk besteht aus sieben Wellblechgewölben, deren Querschnitt jeweils aus einem unten offenen Dreieck mit einer Basis von 5,70 m und einer Höhe von 2,85 m gebildet ist (Bild 5). Der Schub jedes Gewölbes wird durch ein Zugband übernommen, das aus einem I P 26 aus St 52 besteht und im Schwerpunkt des Endquerschnitts angreift (Bild 6 u. 7). Die Einleitung des Gewölbeschubes aus dem Bogenquerschnitt in das Zugband ge-

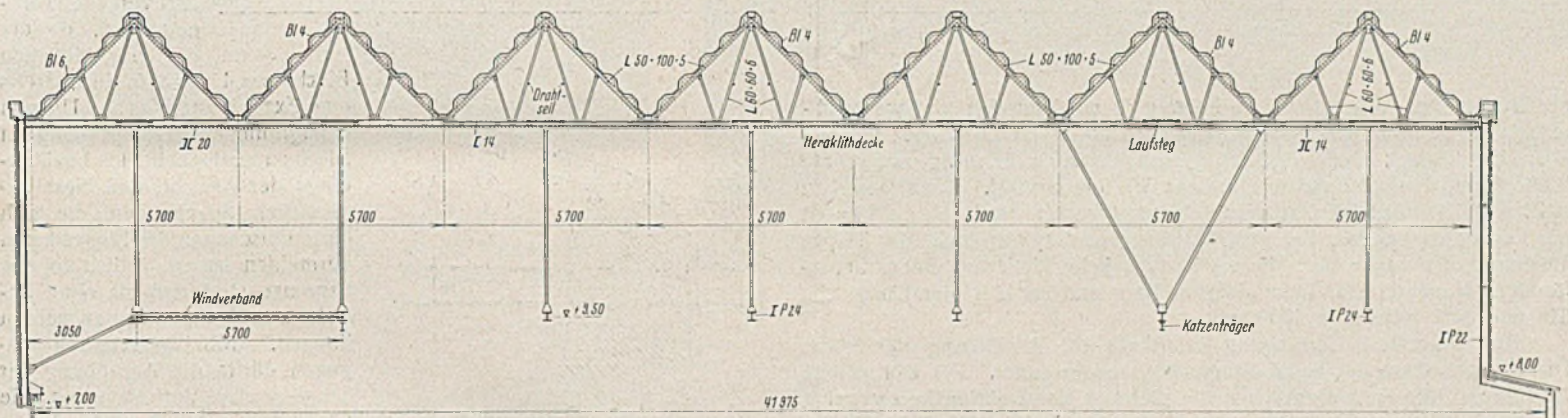


Bild 5.

Preis für die Gewichtseinheit der Konstruktion höher ist als der einer normalen Konstruktion. Ich sagte soeben, daß das selbsttragende Blechdach ein in die Breite gezogener Obergurt ist. Daraus folgt, daß die Blechdicke, wenn ich die Spannungen ausnutzen will, gering werden muß. Damit tritt aber für große Spannweiten das maßgebende Problem dieser Konstruktionen, das Stabilitätsproblem, in Erscheinung. Ich bin der Auffassung, daß man mit der Blechdicke nicht zu weit heruntergehen sollte, und zwar aus theoretischen und praktischen Überlegungen. Aus theoretischen Gründen deshalb, weil bei sehr dünnen Blechen die Empfindlichkeit gegen Beulen zu groß ist und die Überschreitung der Beulspannung schon dann eintreten kann, wenn die Abweichung der wirklichen Form von der theoretischen Form in nicht mehr zu kontrollierenden bzw. zu garantierenden Grenzen bleibt, d. h. die Werkstatt- und Montagearbeit sind dann nur schwerlich so genau auszuführen, als daß nicht die Gefahr bestände, in den Bereich der Beulspannungen zu geraten. Damit braucht wohl die Tragfähigkeit nicht erschöpft zu sein. Über die dann vorhandene Sicherheit jedoch vermag theoretisch nichts ausgesagt zu werden, und einem derartigen Zustand setzt sich der

schieht durch eine biegungsfeste Ankerplattenkonstruktion. Die Sicherheit gegen Knicken des Bogens ist ohne Schwierigkeiten zu erlangen, da die Knicklänge ja durch den Abstand der Hängestangen gegeben ist und beliebig klein gemacht werden kann. Voraussetzung ist allerdings, daß die Form erhalten bleibt, was hier durch den Einbau von Fachwerk-schotten in 4,80 m Abstand geschieht. Einzelheiten zeigt Bild 8. Die Sicherheit gegen Beulen ergibt sich durch zweckmäßige Bestimmung

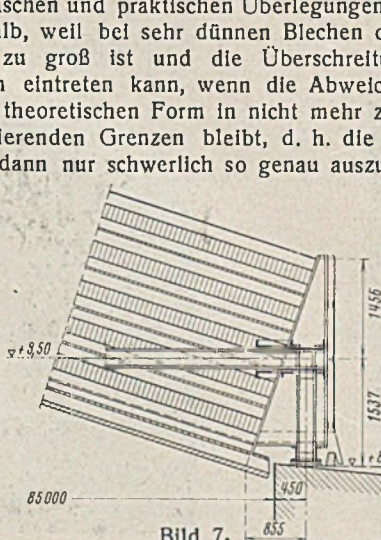


Bild 7.

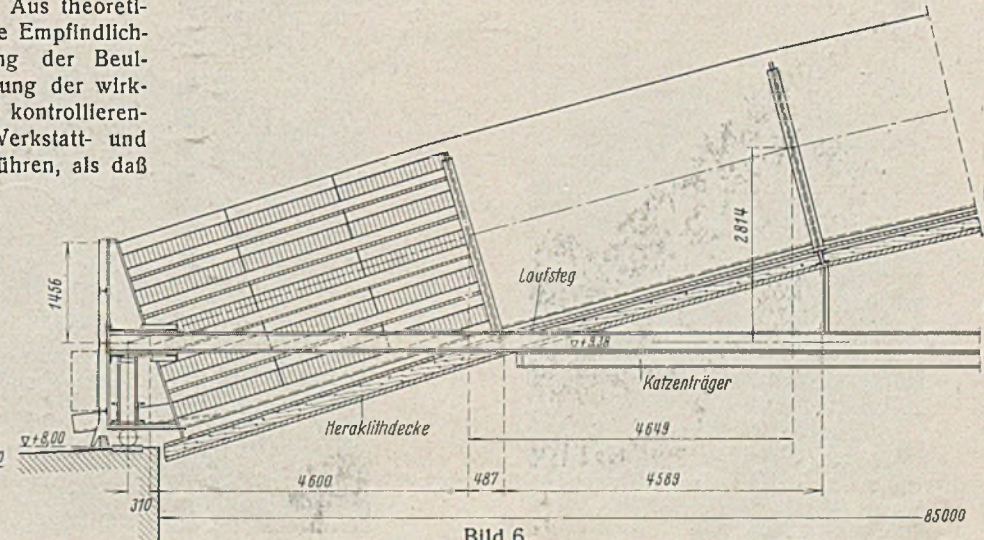


Bild 6.

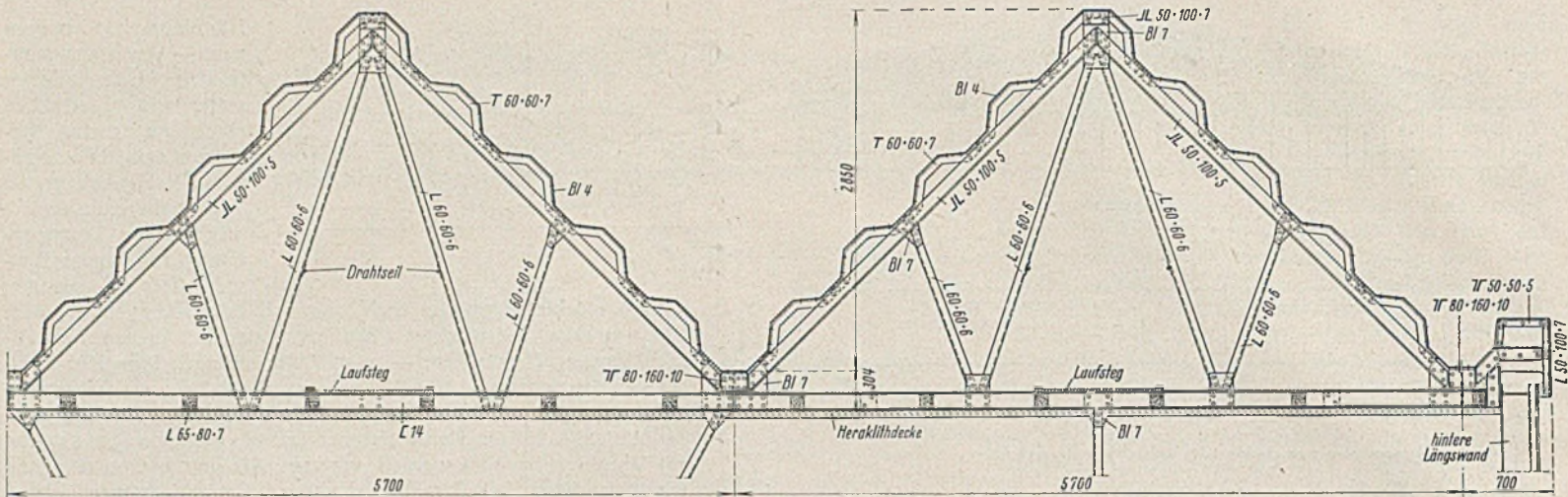


Bild 8.

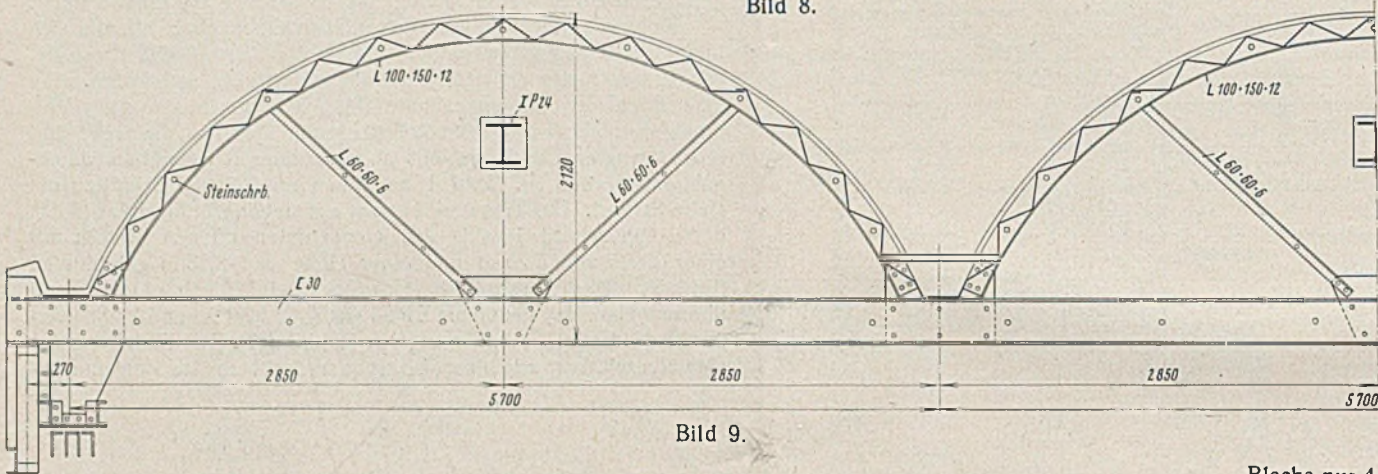


Bild 9.

Anordnung noch eine statische Überlegung zugrunde. Wenn nämlich die Bleche an den Stößen nicht genau aufeinander passen, so entstehen infolge exzentrischer Kraftübertragung Momente, die hier von den Stegen übernommen werden sollen. Man muß sich vergegenwärtigen, daß, da die beiden gestoßenen

der Wellenform. Als brauchbare Formen in mechanischer und werkstatttechnischer Hinsicht haben sich nach vielem Probieren das Trapez und das Dreieck erwiesen; noch erheblich günstiger ist eine stetig gekrümmte Wellenform, wie sie etwa das übliche Wellblech zeigt. Doch bestehen z. Z. noch gewisse fabrikatorische Schwierigkeiten. Bei den im Bereich der Luftwaffe erstellten Ingenieur-Wellblechbauten wird z. Z. das Trapez am häufigsten verwendet. Hierbei besteht jede Welle aus einem trapezförmigen Wellental und einem gleichen Berg und hat hier eine Länge von 810 und eine Höhe von 200 mm.

Eine besondere Überlegung erforderte die Ausbildung der Stöße. Die Firma Seibert hat lauter Stumpfstöße angewendet. Die Dörnensche Ausführung, die im wesentlichen die gleichen Konstruktionsformen zeigt, nur daß die Welle ein Dreieck und der Bogenquerschnitt ein Kreis ist (Bild 9), vermeidet die Stumpfstöße in der Richtung quer zur Gewölbeachse und legt zwischen die Blechschüsse einen 6 mm dicken Steg, mit dem die beiden Bleche durch Kehlnähte verbunden werden. Hierdurch soll zunächst einmal die Ausführung der Stöße von Ungenauigkeiten in der Herstellung der Bleche unabhängig gemacht werden. Weiter liegt dieser

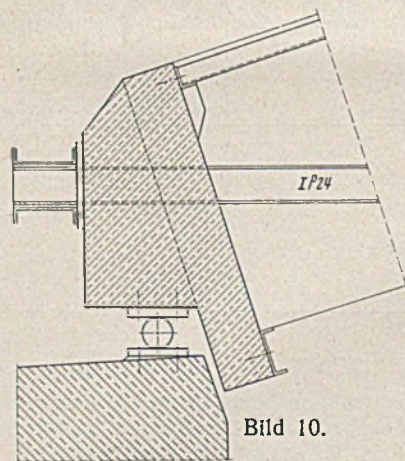


Bild 10.

Bleche nur 4 mm dick sind, bereits eine Exzentrizität von nur $1\frac{1}{3}$ mm genügt, um die Randspannung im Blech zu verdoppeln. Ich bin allerdings der Ansicht, daß diese zusätzlichen Spannungen, die sich ohne Einschalten des Steges kaum vermeiden lassen, örtlich so eng begrenzt sind, daß sie ohne Bedenken in Kauf genommen werden können. Montagetechnisch dagegen dürfte die Anordnung der Stege gewisse Vorteile haben. Die Übertragung des Gewölbeschubes aus den Bogen in die Zugbänder geschieht hier durch eine Eisenbetonkonstruktion (Bild 10).

In diesem Zusammenhang komme ich auf eine wichtige Frage,



Bild 11.

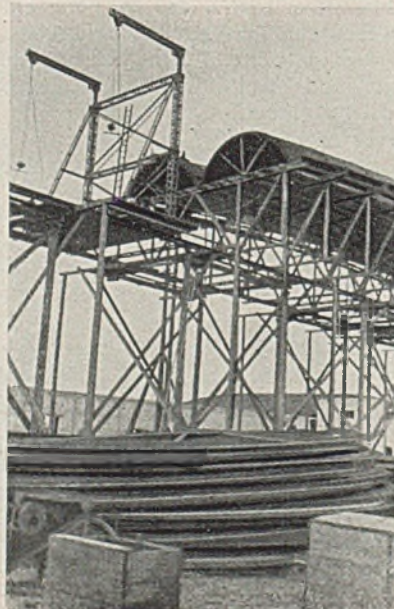


Bild 12.

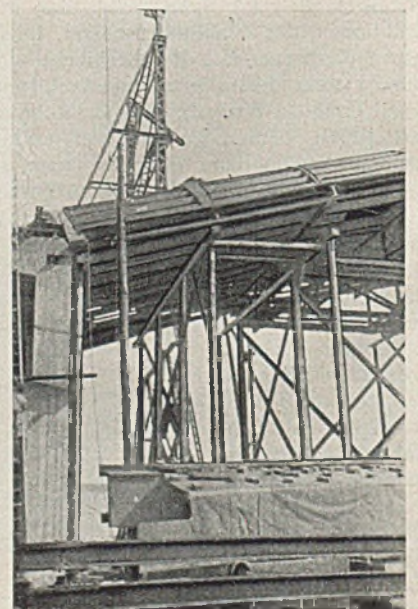


Bild 13.

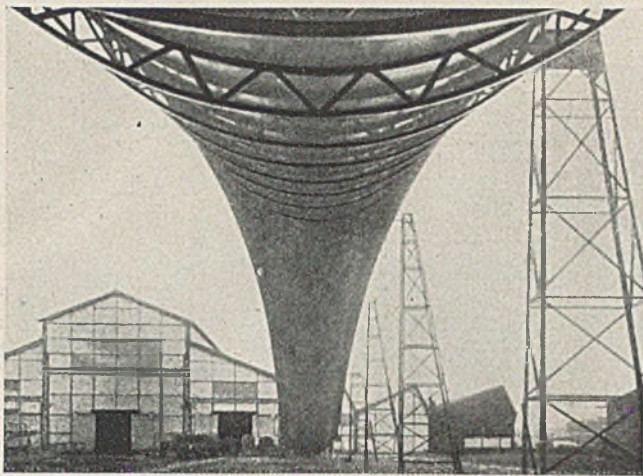


Bild 14.

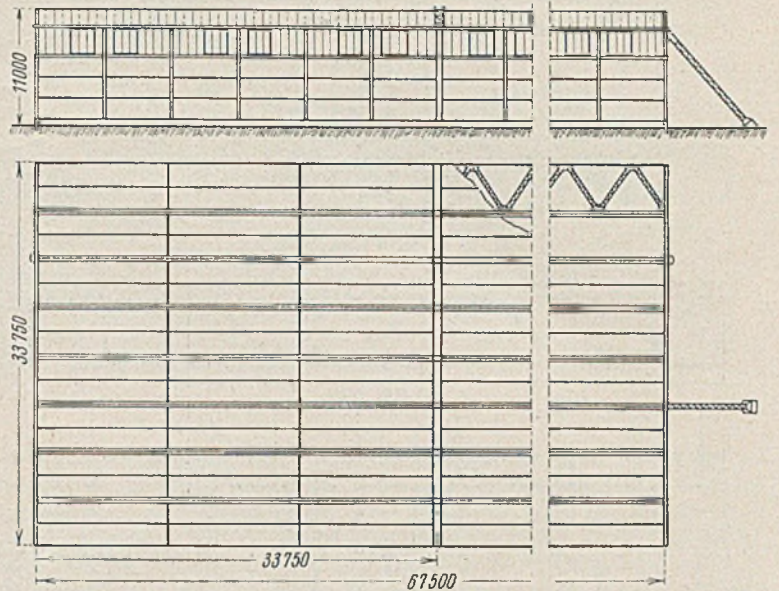


Bild 16.

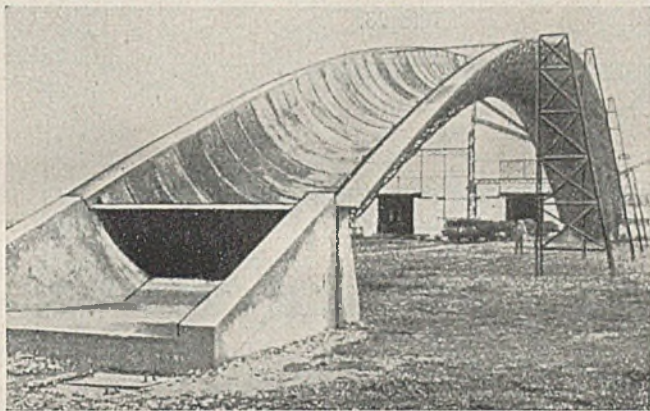


Bild 15.

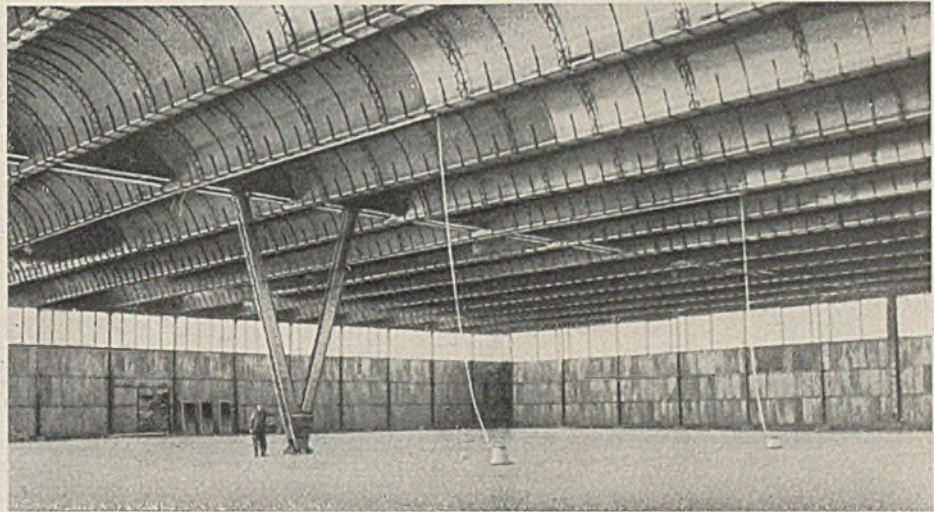


Bild 17.

nämlich die der Unterhaltung. Eine Korrosion der Bleche muß unbedingt vermieden werden. Damit zusammen ist die Frage der Wärmeisolierung zu behandeln, ohne die man hier nicht auskommt, da sonst bei der hohen Wärmeleitfähigkeit der Dachbleche Schwitzwasser nicht zu vermeiden wäre. Die Halle Seibert ist dicht geschweißt und hat auf der ganzen Oberfläche gute Abflußmöglichkeiten für das Regenwasser. Von einer besonderen Abdeckung ist daher abgesehen. Der Gewölbefolge, wird im Halleninneren eine begehbare Holzdecke eingebaut. Der abgesperrte Luftraum steht mit der äußeren atmosphärischen Luft in Verbindung, so daß das Dachblech innen und außen die gleiche Temperatur hat und Schwitzwasser vermieden wird. Das Dachblech ist von allen Seiten zugänglich und kann gut unterhalten werden. Der Rostschutz soll durch einen Spezialanstrich auf Teerpechgrundlage erfolgen. Hierüber sind die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen. Die gleiche Anordnung war

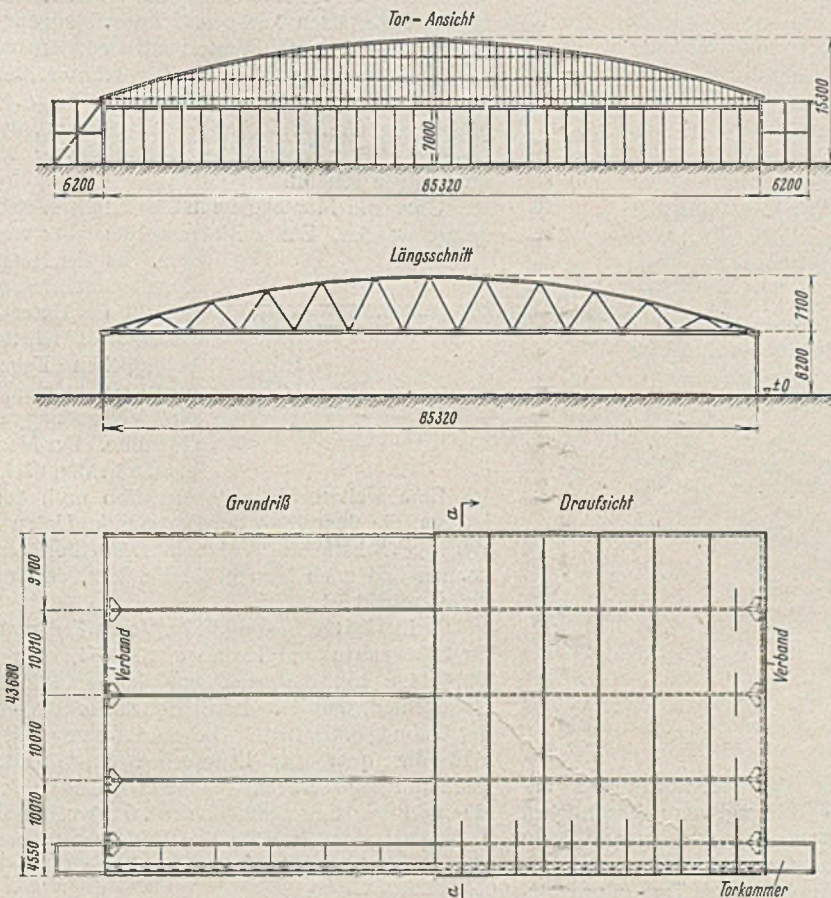


Bild 19.

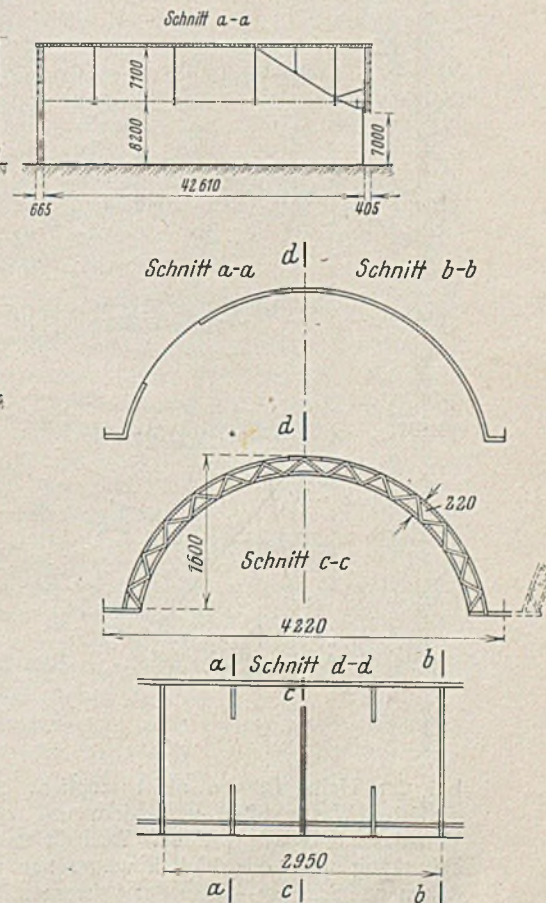


Bild 18.

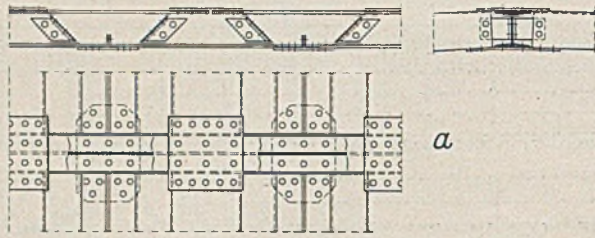


Bild 20.

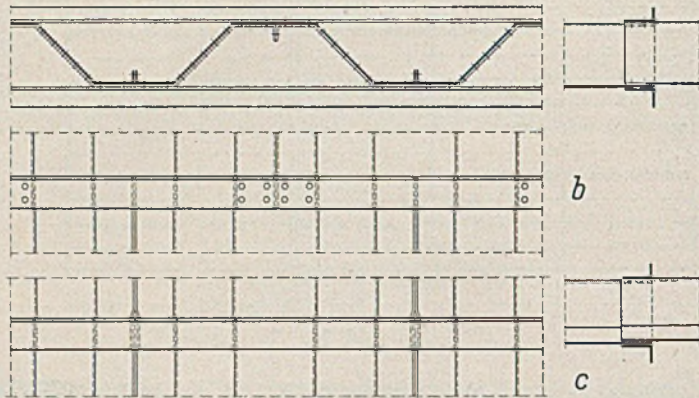


Bild 21.

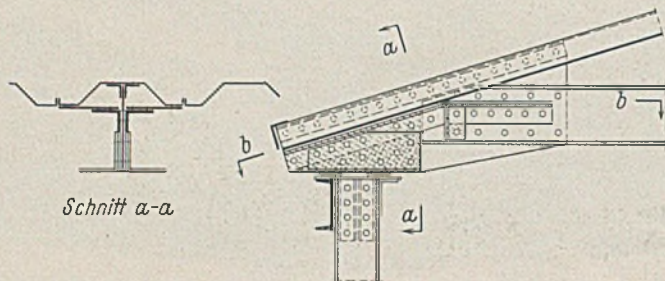


Bild 22.

Schnitt a-a

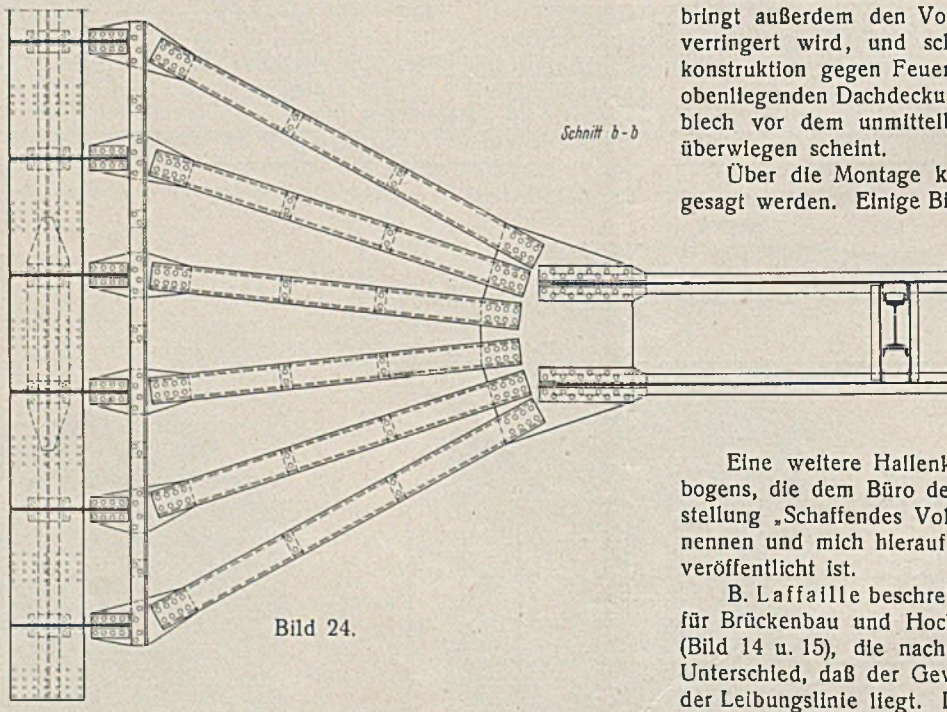


Bild 24.

bei der Halle Dörnen nicht möglich, da die Stoßbleche den ungestörten Wasserabfluß verhindern und zur Bildung von Wassersäcken Veranlassung geben würden. Deshalb muß hier eine besondere Dachabdeckung über den Wellen vorgesehen werden, mit der die wärmedämmende Schicht — eine der bekannten Bauplatten aus Torf- oder Holzfaserverpräparaten — zweckmäßig gleich verbunden wird. Die Frage Isolierung

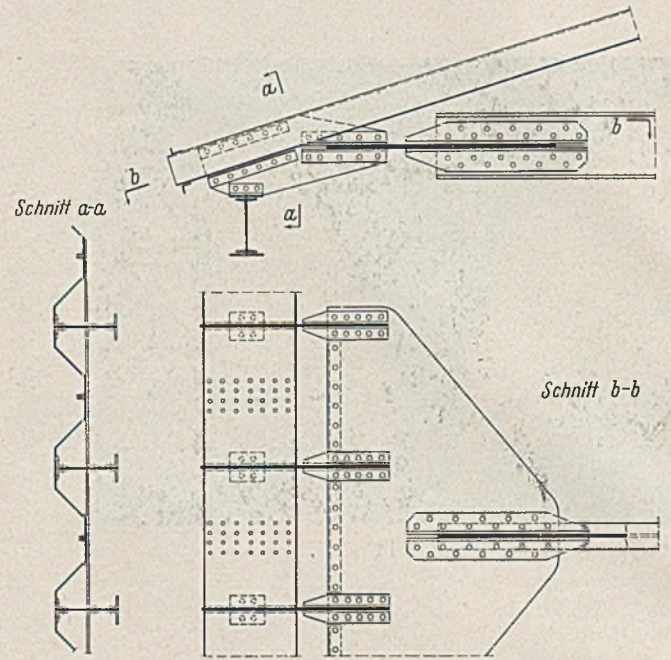


Bild 23.

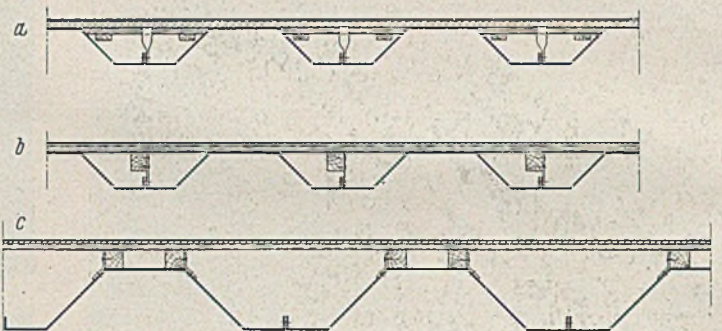


Bild 25.

oben oder Isolierung unten scheint mir in Hinsicht auf die Bedeutung, die der Unterhaltung dieser Hallen zukommt, sehr wichtig; beide Lösungen haben ihre Vor- und Nachteile. Liegt die Isolierung mit der Dachdeckung oben, so entziehe ich das Bauwerk dem unmittelbaren Einfluß der Witterung, was zweifellos erwünscht ist; die Kontrollmöglichkeit ist aber schlechter als bei Anordnung der Zwischendecke im Inneren der Halle, wo das Blechdach leicht und überall zugänglich ist. Diese Anordnung bringt außerdem den Vorteil mit sich, daß der zu heizende Hallenraum verringert wird, und schließlich schirmt die Zwischendecke die Stahlkonstruktion gegen Feuer. Trotzdem neige ich zu der Anordnung einer obenliegenden Dachdeckung und Isolierung, da mir der Vorteil, das Dachblech vor dem unmittelbaren Einfluß der Witterung zu bewahren, zu überwiegen scheint.

Über die Montage kann des beschränkten Raumes halber nicht viel gesagt werden. Einige Bilder werden aber vielleicht nicht unwillkommen sein. Es werden zwei Bogen gemeinsam auf Rüstung montiert (Bild 11 u. 12). Das Gerüst besteht aus Unter- und Obergerüst. Auf dem Untergerüst fährt vor Kopf der in Montage befindlichen Bogen ein Montagekran. In Bild 12 sieht man, wie die beiden Bogen sich ihrer Vollendung nähern, in Bild 13 die fertigen Gewölbe. Der Montagekran ist schon versetzt, um die beiden nächsten Gewölbe zu montieren.

Eine weitere Hallenkonstruktion nach dem Prinzip des Doppelwellbogens, die dem Büro der Dortmunder Union entstammt und in der Ausstellung „Schaffendes Volk“ in Düsseldorf ausgeführt ist, darf ich kurz nennen und mich hierauf beschränken, da sie an anderer Stelle²⁾ bereits veröffentlicht ist.

B. Laffaille beschreibt im Vorbericht zum II. Internationalen Kongreß für Brückenbau und Hochbau, S. 1064, eine französische Flugzeughalle (Bild 14 u. 15), die nach dem gleichen Prinzip konstruiert ist, mit dem Unterschied, daß der Gewölbequerschnitt nicht ober-, sondern unterhalb der Leibungslinie liegt. Diese Anordnung hat den mechanischen Vorteil, daß die quer zur Längsachse entstehenden Seilzugspannungen die Stabilität gegen Beulen erhöhen. Da diese Seilzugspannungen jedoch bei der geringen Seilspannweite (rd. 5 m) verbunden mit hohem Stütz ebenfalls gering sind, wird dieser Vorteil m. E. mehr als wett gemacht durch die schwierigere Werkstattbearbeitung.

²⁾ Bauing. 1937, S. 427.

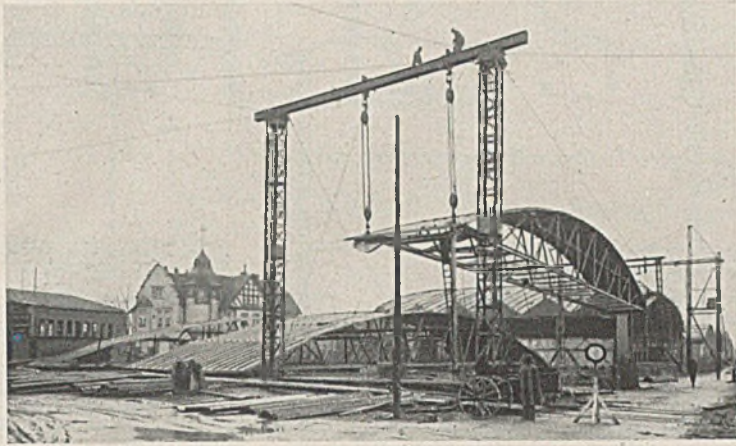


Bild 26.

Zur Zeit ist für den Dienstbereich des R. L. M. eine Halle in Entwicklung, bei der nach Vorschlag von Hünnebeck statt des Doppelwellbogens mit Zugband ein Balken verwendet wird. Im Génie Civil vom 18. September 1937 ist eine Halle beschrieben, die überraschend ähnlich ist (Bild 16 bis 18). Es ist ebenfalls ein 4 mm-Blech verwendet; der raumabschließende Träger hat Halbkreisquerschnitt; die Erhaltung der Form wird auch durch Schotten gesichert. Nur die Stabilität gegen Beulen wird auf andere Art erreicht, nämlich nicht durch Wellung des Bleches, sondern durch Aufschweißen von ausstefenden Flachstählen.

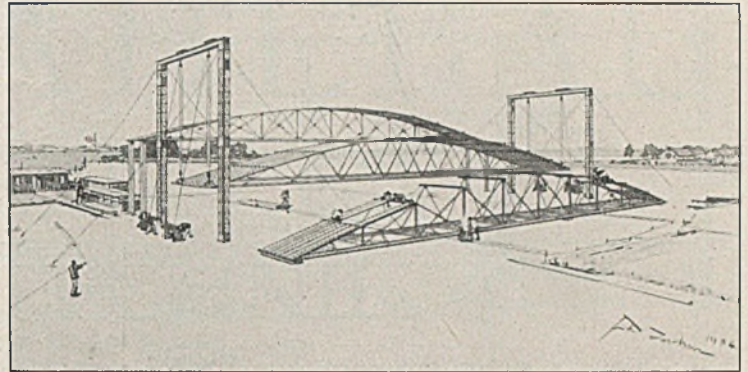


Bild 27.

Ein für die raumsteife Gestaltung des Daches wichtiges Konstruktionselement ist die Pfette, die in durchlaufenden Strängen die entsprechenden Knotenpunkte der Binder miteinander verbindet. Bei den ersten Ausführungen waren die Bleche an den Pfettensträngen jeweils gestoßen. Beim Stoß an den Pfetten, die aus I-Profilen bestanden, wurden die in der Dachebene liegenden Blechteile durch Laschen gedeckt, die schrägen Flächen mit Winkeln angeschlossen (Bild 20). Dieser Stoß wies manche Mängel auf, insbesondere störte die große Zahl von Verbindungsmitteln. Man ging deshalb zum unmittelbaren Überlappungsstoß über, bei dem die Dachbleche abwechselnd mit den Aufkantungen nach unten und nach oben verlegt werden, um sich nicht gegenseitig zu behindern (Bild 21). Die

Überlappung wurde dadurch ermöglicht, daß für die Pfette an Stelle eines Walzprofils ein gegliederter Stab verwendet wurde, dessen Gurte aus Winkelprofilen bestehen, die über und unter das Blech gelegt sind, und

dessen Diagonalen von den Wellenschrägen gebildet werden. Die Pfette ist, wie bemerkt, ein wichtiges Konstruktionsglied und hat verschiedene Aufgaben zu übernehmen, und zwar insbesondere:

1. Herstellung einer ausreichenden Steifigkeit der Wellblechhaut in der Querrichtung. Bei allen unsymmetrischen Belastungen muß sich die Anisotropie der Dachhaut bemerkbar machen. Die Pfetten müssen dann in erheblichem Maß dazu beitragen, zwischen den einzelnen Bindern, die bei den neueren Ausführungen 10 m weit auseinander liegen, die plangemäße Form der Dachhaut zu sichern.

2. An der hinteren Abschlußwand ist die Dachhaut praktisch starr abgestützt; die hieraus entstehenden Zwängungskräfte haben die Pfetten zu übernehmen.

3. Da die Dachhaut praktisch nach der Querrichtung keine Biegefestigkeit hat, müssen die Pfetten insbesondere ungleichmäßig verteilte Lasten übertragen und die Dachhaut gegen gewisse Beulerscheinungen sichern.

4. Die Einleitung der Gewölbekraft bzw. der Obergurtkraft in die Zugstangen bzw. Untergurte erfolgt durch die Randscheiben. Man kann sich einen in der Dachebene befindlichen vollwandigen Träger denken, dessen Steg das gewellte Blech und dessen Gurte die Traufpfette und die nächste Pfette sind.

Bei den zuerst gebauten kleineren Hallen bis zu 60 m Spannweite wurden die aus zwei C-Profilen gebildeten Untergurte der Binder nur an einer Welle des Dachbleches angeschlossen (Bild 22). Bei den größeren Hallen von 85 m Spannweite mit den entsprechend größeren Kräfte genügt dieser Anschluß nicht, und es werden durch Einschalten eines Knotenbleches vier Wellen erfaßt (Bild 23). Die Untergurtstäbe, die zugleich Laufschienen für Hängelaufkatzen sein sollen, erhalten I-Querschnitt. An Stelle der sehr großen Knotenbleche, die 30 bis 40 mm Dicke aufweisen, könnte man daran denken, die Verteilung der Gurtkraft auf mehrere Wellen durch strahlenförmig angeordnete Stäbe vorzunehmen (Bild 24).

Eine völlig gleichmäßige Verteilung der Normalspannungen im Dachblech wird erst in einer gewissen Entfernung vom Auflager vorhanden sein. (Man denke an das St. Venantsche Prinzip!) Hierüber sowie über noch mehr der Theorie nicht völlig zugängliche Fragen sollen Versuche am Bauwerk, verbunden mit Feinmessungen, Aufschluß geben.

Wie bei der Doppelwellhalle hat man die Wahl, die Dachdecke oben oder unten zu isolieren. Im zweiten Fall muß man dicht nieten oder schweißen, was keine Schwierigkeiten macht. Eine Darstellung oben-

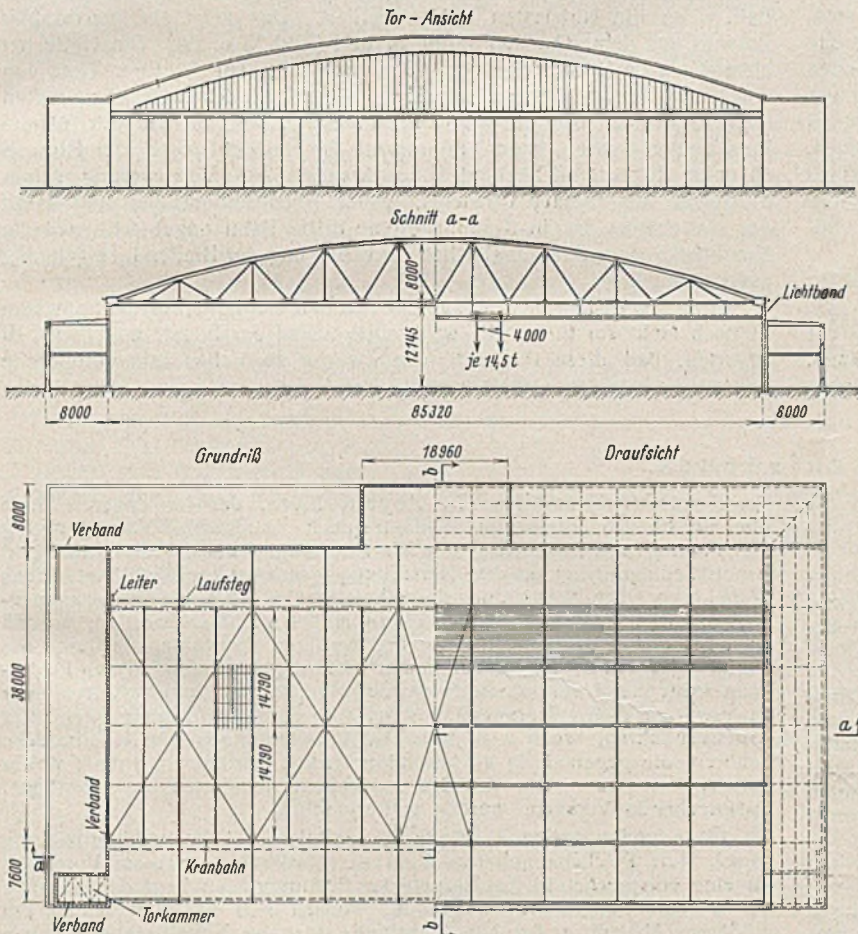


Bild 28.

Ich komme nunmehr zu der zweiten Form der raumabschließenden Stahlbauwerke. Sie ist nach Vorschlägen der Firma Krupp, Rheinhausen, von den Firmen Krupp und Seibert durchgebildet worden und besteht aus einem einfach gewellten Gewölbe, dessen Wellen die Doppeltrapezform haben und aus kalgepreßten Blechen gebildet sind.

Der Schub wird durch Zugstangen übernommen. Auf die ganze Spannweite wäre das Wellblechgewölbe natürlich bei weitem nicht stabil. Genügend kleine Knicklängen könnte man auch durch die Anordnung einfacher Hängestangen erzielen, da durch deren Abstand, der beliebig klein gemacht werden kann, die Knicklänge des Gewölbes gegeben ist. Es sind jedoch die einzelnen Punkte des Gewölbes zweistäbig, also im Fachwerkverband gefaßt, um die Aufnahme der Querkräfte sicherzustellen, was insbesondere dann notwendig ist, wenn größere Einzellasten in Form von Kranen oder Laufkatzen bewegt werden. Man kann auch sagen, daß die Ausstefung der Schale durch Fachwerkscheiben erfolgt (Bild 19).

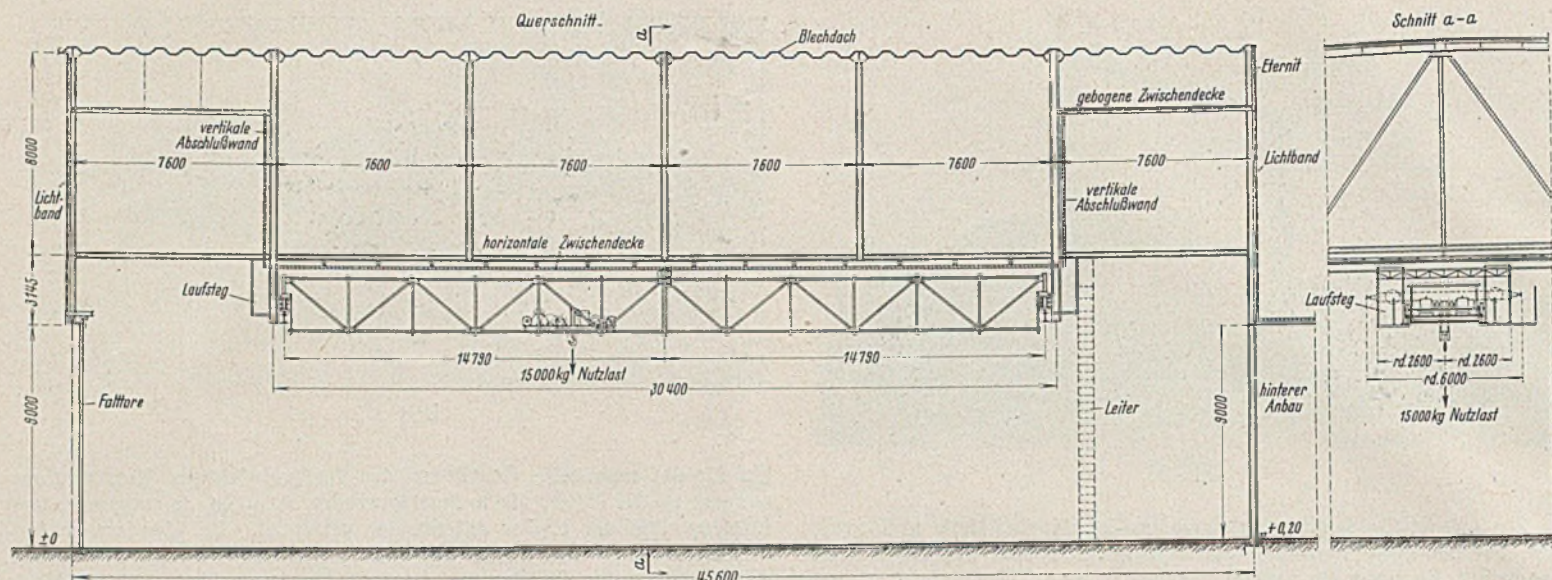


Bild 29.

liegender Isolierungen mit Abdeckung zeigt Bild 25. — Die Montage aller dieser raumabschließenden Tragwerke setzt voraus, daß die Werkstattbearbeitung mit großer Präzision vorgenommen wird. Die große Menge gleicher Teile wird mittels Schablonen gebohrt und in wenigen Preßhüben zu dem Dachblechelement geformt. Die Bleche verlassen die Werkstatt erst, wenn die erforderlichen Maßprüfungen bestanden sind.

Die Montage der Hallen wird in einzelnen Streifen von der Breite des Binderabstandes durchgeführt. Jeder Streifen wird auf dem Boden vollständig zusammengebaut. Dann werden die Dachteile aufgezogen und die Stützen untergestellt (Bild 26). Die Verbindung eines soeben gezogenen Streifens mit dem bereits montierten Dachteile muß in der Weise erfolgen, daß die gleichmäßige Kraftübernahme gesichert ist. Dies wird dadurch erreicht, daß nach dem Aufziehen durch Untersetzen von Hilfsstützen die Spannung herausgehoben wird. Erst wenn das ganze Dach vollständig verbunden ist, werden die Hilfsstützen fortgenommen.

Bild 27 zeigt den von Künstlerhand (Fr. Jacobsen) dargestellten Montagevorgang.

Das Gewicht dieser Halle von 85 m Spannweite liegt etwa bei 85 kg/m² überdeckter Fläche einschließlich aller Stützen und Verbände. Trotz dieses bereits sehr niedrigen Gewichtes sind darin noch Reserven

enthalten, und zwar deshalb, weil bei entsprechender Formgebung der Wellen usw. eine geringere Blechdicke als 4 mm wohl denkbar wäre. Dies wirkt sich z. B. so aus, daß sich bei Spannweiten von 100 bis 120 m das Gewicht nicht wesentlich erhöhen und damit der Vorteil dieser Bauweisen noch stärker in Erscheinung treten würde. Dasselbe ist der Fall, wenn die Nutzlasten größer werden. Das zeigt ein interessanter Entwurf aus dem Büro der Firma Seibert (Bild 28 u. 29). Die Halle hat ebenfalls eine Spannweite von 85 m und wird auf $\frac{3}{4}$ ihrer Tiefe von einem 15 t-Kran bestrichen. Die Halle ist nach ähnlichen Gesichtspunkten durchkonstruiert wie die eben beschriebene, so daß ich mir nähere Einzelheiten sparen kann. Interessant ist vielleicht noch der Hinweis auf eine Eigentümlichkeit des Laufkranes. Zur Verringerung seiner Stützweite und seines Gewichts, seiner Konstruktionshöhe und damit der Hallenhöhe ist in Kranmitte eine dritte Bahn angebracht und die Kranbrücke wegen der ungleichen Durchbiegung der Binder hier gelenkig angeordnet.

Die Entwicklung der raumabschließenden stählernen Hallentragwerke ist noch nicht am Ende. Es wird eifrig daran gearbeitet, und es ist zu erwarten, daß diese für bestimmte Zwecke zweifellos sehr vorteilhafte Bauweise weiter entwickelt werden wird.

Verschiedenes.

Deutscher Ausschuss für Stahlbau. Der Deutsche Ausschuss für Stahlbau tagte unter Leitung von Herrn Geheimrat Dr. Schaper am 10. Dezember 1937 in München.

Über neue Ergebnisse der Versuchsforschung auf dem Gebiet der Schwingungsmeßtechnik bei Eisenbahnbrücken sprach Herr Reichsbahnoberrat Dr. Krabbe, München, der auf Grund neuer Versuche mit besonders entwickelten Meßgeräten und neuordnenden theoretischen Überlegungen zur Frage nach der tatsächlichen Größe der Stoßzahlen für Hauptträger von Brücken abschließend Stellung nahm. Danach ist zu erwarten, daß für Hauptträger von Eisenbahnbrücken größerer Spannweite als 45 m der in den einschlägigen Reichsbahnvorschriften (BE) eingeführte Stoßwert, unabhängig davon ob Schotterbett oder Schwellenlagerung, nicht unbeträchtlich vermindert werden kann. Ein entsprechender Antrag auf Abänderung der Vorschrift ist eingereicht und wird zur nächsten Sitzung nach Durchführung einiger weniger Ergänzungsmessungen behandelt werden. Der Vortrag ist im wesentlichen in Heft 26, 1937, Seite 201, veröffentlicht.

Herr Professor Graf, Stuttgart, trug über Schrumpfspannungsmessungen an geschweißten Stößen von größeren Walzträgern vor. Diese Untersuchungen lassen erkennen, daß auch bei Baustellenstößen größerer Walzträger durch zweckmäßige Schweißfolge die Schrumpfspannungen wesentlich vermindert werden können. In der Aussprache wurde die Frage der Zusammenwirkung von Betriebs- und Schrumpfspannungen eingehend besprochen. Die bisherigen sehr günstigen Erfahrungen lassen sich im Sinne unserer „klassischen Festigkeitslehre“ kaum erschöpfend erklären, so daß diese Problemstellung wahrscheinlich die Entwicklung neuzeitlicher Auffassungen über die Werkstoffmechanik entscheidend fördern wird. Es wird im wesentlichen darauf ankommen, diejenigen Verhältnisse zu finden und zu kennzeichnen, unter denen Schrumpfspannungen festigkeitsvermindernd wirken. Hierzu gehören offenbar Dauerbeanspruchungen bei behinderter Formänderung, wie sie an Stellen größerer Kerbspannungen vorliegen. Auch Tragglieder, deren Tragfähigkeit durch elastische Stabilität begrenzt ist, verdienen hier Beachtung. Die Ergebnisse einer entsprechenden Rundfrage in amerikanischen Fachkreisen wurden in diesem Zusammenhang ebenfalls mitgeteilt. Der Bericht über diese Stuttgarter Versuche wird demnächst veröffentlicht.

Über die wichtige Frage der neuen Lieferungsbedingungen für St 52 als Folge neuerer Erfahrungen und Versuche berichteten Herr Direktor

Dr. Kommerell und Herr Dr. Zeyen, Essen, der im engeren Sinne über die Elektrodenfrage im Stahlbau sprach. Aus beiden Vorträgen ging die überragende Bedeutung der Werkstofffrage und der zweckmäßigen Arbeitsbedingungen für die Herstellung geschweißter Stahlbauten aus St 52 hervor. Die Entwicklung der Schweißdrähte ist in diesem Zusammenhang in den letzten Monaten außerordentlich gefördert worden, so daß auch bei der Schweißung unserer hochwertigen Baustähle, die durch die Legierungsbeschränkungen der neuen Lieferungsbedingungen der Reichsbahn weitgehend vereinheitlicht worden sind, keine Schwierigkeiten mehr zu erwarten sind. Voraussetzung ist aber die Beherrschung geeigneter Arbeitsverfahren, wozu z. B. teilweise Vorwärmungen der Arbeitsstücke gehören, die gegenwärtig an besonders dicken Prüfkörpern¹⁾ noch weiter entwickelt werden. Die Vorträge erscheinen demnächst im „Stahlbau“. Entsprechende Versuche werden weitergeführt.

Über größtzulässige Abstände der Heftniete bei zweireihiger Nietung sprach Herr Reichsbahnoberrat Knittel, Karlsruhe. Seinem Vorschlag für eine entsprechende Neufassung der Bestimmungen liegt der Gedanke der „Klemmkreistheorie“ zugrunde, wonach sich im allgemeinen bei größerem Abstand a der Nietabstände kleinere Nietabstände ergeben als bisher. Die Entscheidung darüber, welche Regel in die „Grundsätze für die bauliche Durchbildung stählerner Eisenbahnbrücken (GE)“ aufzunehmen sind, soll in der nächsten Sitzung herbeigeführt werden, nachdem die Firmen noch Gelegenheit hatten, die Auswirkungen der verschiedenen Vorschläge an praktischen Beispielen zu untersuchen.

Neu beschlossen wurde die Durchführung von Wechselfestigkeitsversuchen mit gelochten, genieteten und geschweißten Stäben (Darmstadt) sowie die Fortsetzung der Dauerfestigkeitsversuche mit geschweißten biegezugfesten Trägeranschlüssen (Stuttgart), über deren bisherige Ergebnisse bereits Herr Professor Graf berichtete. Dr.-Ing. K. Klöppel.

¹⁾ Stahlbau-Kalender 1938, S. 419.

INHALT: Leichte weitgespannte Stahlhallen unter besonderer Berücksichtigung von Flugzeughallen. — Verschiedenes: Deutscher Ausschuss für Stahlbau.

Verantwortlich für den Inhalt: Geh. Regierungsrat Prof. A. Hertwig, Berlin-Charlottenburg.
Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin W 9.
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.