DER STAHLBAU

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

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

Preis des Jahrganges 10 RM und Postgeld

8. Jahrgang | BERLIN, 1. Februar 1935 | Heft 3

Ermittlung der unter fahrenden Lokomotiven auftretenden Grenzspannungen bei stählernen Eisenbahnbrücken.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Dr.-Ing. Karl Schaechterle, Stuttgart.

Die dynamischen Wirkungen rollender Lasten auf Brückentragwerke werden in der statischen Berechnung durch die Einführung einer Stoßzahl berücksichtigt. Die in den Berechnungsgrundlagen für eiserne Eisenbahnbrücken (BE) angegebenen Stoßzahlen (§ 16) sind auf Grund von Erfahrungen und Beobachtungen an ausgeführten Brücken geschätzt. In den letzten Jahren sind nun dynamische Meßgeräte entwickelt worden, mit denen es möglich ist, die Vorgänge in den Tragwerken unter bewegten Lasten in ihrem zeitlichen Ablauf zu erforschen und zu klären, insbesondere die in den einzelnen Konstruktionsgliedern unter fahrenden Lokomotiven und Zügen tatsächlich auftretenden Spannungen genau und zuverlässig zu messen.

Im Rahmen der von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft eingeleiteten und nach den Weisungen des Herrn Geheimrats Dr.-Ing. ehr. Dr. techn. h. c. Schaper durchzuführenden brückendynamischen Forschungsarbeiten zur Erfassung der Einzeleinflüsse, aus denen sich die dynamischen Gesamtwirkungen zusammensetzen, sind im Bezirk der Reichsbahndirektion Stuttgart unter Mitwirkung der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Stuttgart (Prof. O. Graf) mit einem neuen dynamischen Meßgerät an einem Fachwerkträger die unter verschiedenen Lokomotiven in Ruhestellung, bei langsamer und schneller Fahrt auftretenden Spannungen in Konstruktionsgliedern gemessen und aufgenommen worden. Die ausgewerteten Ergebnisse der statischen und dynamischen Messungen wurden mit den statisch errechneten Spannungen verglichen. Die Messungen können so zur Nachprüfung der bisher üblichen Rechnung und zur Beurteilung des Sicherheitsgrades herangezogen werden, weiterhin einen Beitrag zur Beantwortung der Frage liefern, wie die Statik der Tragwerke in bezug auf die dynamische Wirkung bewegter Lasten mit praktisch ausreichender Zuverlässigkeit und Genauigkeit zu ergänzen ist.

I.

Für die dynamischen Beanspruchungen von Eisenbahnbrücken sind die Wirkungen periodischer Kräfte als Resonanzerreger ausschlaggebend. Gegenüber den Radwirkungen der Dampflokomotiven (Triebradeffekt) sind die sonstigen dynamischen Wirkungen der äußeren Kräfte, die von Stoßlücken sowie Unebenheiten der Fahrflächen und von unrunden Rädern ausgehen (Stoßeffekt), oder mit der Durchbiegung der Überbauten zusammenhängen (Zimmermanneffekt), oder von der Fahrgeschwindigkeit beeinflußt sind (Timoschenkoeffekt), schließlich durch Koppelschwingungen zwischen Fahrzeug und Brücken entstehen können, von untergeordneter Bedeutung. Die größten Schwingungsausschläge treten bei Resonanz auf. Die Schwingungsausschläge in der Resonanz sind um so größer, je kleiner die Dämpfung des schwingenden Gebildes ist. Der Grad der „Aufschaukelung" beim Befahren ist bei den einzelnen Lokomotivgattungen verschieden. Das Aufschaukeln tritt besonders deutlich bei dynamisch ungünstigen Dampflokomotiven mit großem Triebradeffekt in Erscheinung. Wesentlich günstiger verhalten sich elektrische Lokomotiven ohne Triebradwirkung. Die dynamischen Gesamtwirkungen erreichen im allgemeinen ein Höchstmaß unter einer dynamisch ungünstigen Dampflokomotive, und zwar bei der sogenannten „kritischen Geschwindigkeit". Gleichphasiges Befahren der Überbauten mit zwei und mehr Lokomotiven mit derselben Stellung der Gegengewichte und nicht völlig ausgeglichenen Triebwerksteilen kommt kaum vor, angehängte Wagen haben in der Regel eine dämpfende, mithin günstige Wirkung. Die ungünstigsten Beanspruchungen der Hauptkonstruktionsglieder von stählernen Eisenbahnbrücken unter einer mit der kritischen Geschwindigkeit fahrenden Lokomotive können auf theoretischem Wege abgeleitet werden, wobei der Resonanzfall die Grundlage der dynamischen Rechnung bildet (Vorschlag Dr.-Ing. Krabbe, Essen). Vorbedingung für die Entwicklung eines praktisch brauchbaren dynamischen Rechnungsverfahrens ist die zuverlässige Bestimmung der dynamisch wirksamen äußeren Kräfte durch dynamische Raddruckdiagramme der Fahrzeuge und der Eigenschwingungszahlen der Bauwerke sowie die Ermittlung der kritischen Geschwindigkeiten, d. h. derjenigen Geschwindigkeiten, bei denen die Periode der von den unausgeglichenen Massen der Triebwerkteile ausgehenden Kräfte mit der Periode der Eigenschwingung der Brücke angenähert übereinstimmt (Resonanzfall).

II.

Mit der Stoßzahl hat man das dynamische Problem auf ein statisches zurückgeführt. Will man das wegen seiner Einfachheit beliebte und auch praktisch bewährte Verfahren beibehalten, so muß die Höhe der Stoßzahl dynamisch begründet und nachgeprüft werden, wobei zu beachten ist, daß sie sich aus einer veränderlichen dynamischen Größe, die durch Fahrzeug und Oberbau bedingt ist, und einem Brückenbeiwert zusammensetzt, der die dynamischen Eigenschaften der Brücke und ihre Arbeitsweise kennzeichnet.

In der statischen Berechnung wird die durch die Verkehrslast (Lastengruppe oder Lastenzug) in ungünstigster Stellung hervorgerufene statische Größe (Stabkraft, Moment, Querkraft . . .) mit der Stoßzahl vervielfältigt und mit den übrigen Werten (aus ständiger Last und Zusatzkräften) in ungünstigster Weise zusammengesetzt, um die Grenzbeanspruchungen zu erhalten. Zur Bestimmung der Größtwerte der Stabkräfte, Momente usw. aus der Verkehrsbelastung dienen Einflußlinien. Die übliche Auswertung von Einflußlinien, wobei man die ungünstigste Laststellung durch Probieren sucht und die maximalen Werte durch Summenbildung erhält, ist umständlich und ungeeignet, wenn an einer Brücke Untersuchungen mit einer ganz bestimmten Lastengruppe (Versuchslokomotive) vorgenommen werden sollen.

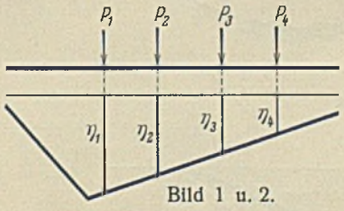

Bild 1 u. 2.

Für eine Lastengruppe (Bild 1) kann in einfacher Weise aus der für eine wandernde Einzellast $P = 1$ geltenden Einflußlinie (Bild 2) eine sogenannte Summeneinflußlinie bezogen auf den Angriffspunkt der vordersten Kraft P_1 oder irgendeine andere Bezugsachse abgeleitet werden aus

$$\eta_{Gr} = P_1 \eta_1 + P_2 \eta_2 + P_3 \eta_3 + P_4 \eta_4 + \ldots$$

Man erhält so für ein bestimmtes Tragwerk und eine bestimmte Lastengruppe (Lokomotive oder Zug) eine Summenlinie (Bild 3), die gegenüber der Ausgangslinie für eine wandernde Einzellast $P = 1$ gewissermaßen voreilt, wenn in der Fahrrichtung die erste Radlast als Bezugachse gewählt wird und nacheilt, wenn die Summenlinie beispielsweise auf die letzte Achse bezogen wird.

Die statischen Einflußlinien können am Bauwerk unmittelbar aufgenommen werden, beispielsweise die gewöhnliche Einflußlinie ($P = 1$) einer Stabkraft in einem Fachwerkträger durch selbstzeichnende Dehnungsmesser unter einem langsam und stoßfrei über die Brücke bewegten Einachswagen, die Summeneinflußlinie derselben Stabkraft durch selbsttätige Aufzeichnung der Dehnungen (Oszillogramm), die bei gleichmäßigem,

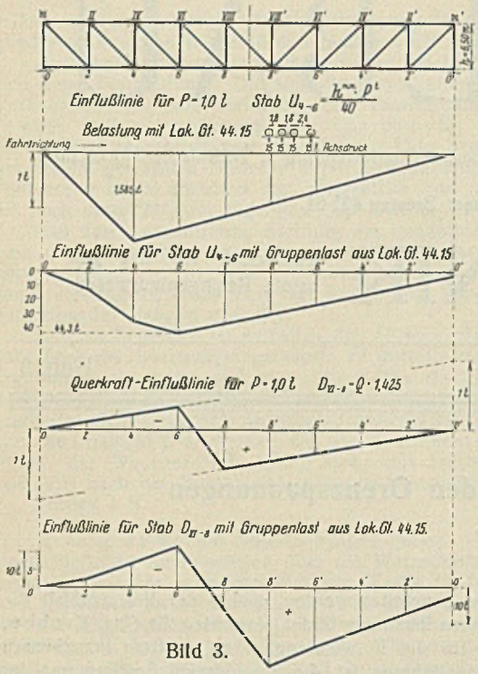

Bild 3.

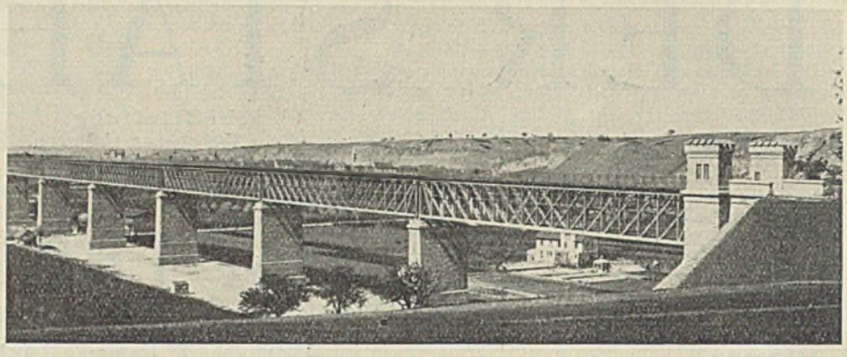

Bild 5. Eisenbahnbrücke bei Münster, Strecke Untertürkheim—Kornwestheim.

langsamem und stoßfreiem Befahren durch eine bestimmte Lokomotive auftreten, wobei der Einlauf des ersten Rades auf die Brücke, der Auslauf am Brückenende, sowie Zwischenpunkte durch Kontakte im Oszillogramm festgehalten werden müssen.

Die gemessenen (wirklichen) statischen Einflußlinien weichen von den theoretisch errechneten ab, weil letztere gewöhnlich unter vereinfachenden Annahmen (z. B. gelenkartige Knotenpunkte bei Fachwerken) errechnet sind. Die am Bauwerk aufgenommenen Einflußlinien erfassen in bezug auf die Meßstelle alle Nebenwirkungen, so die Steifigkeit der Knotenpunkte, die lastverteilende Wirkung der Fahrbahn usw.

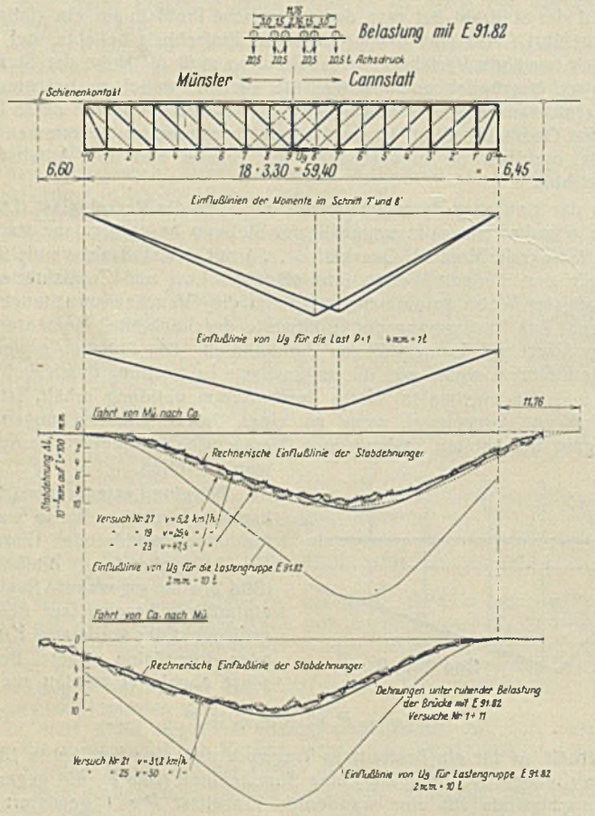

Bild 6.

Die statischen Größen werden bei schneller Fahrt von dynamischen Wirkungen überlagert. Die dynamischen Einflüsse äußern sich in Schwingungsausschlägen gegenüber der Gleichgewichtslage (statische Biegelinie). Da die dynamischen Wirkungen nicht nur von der Art des Fahrzeugs und dem Zustand des Oberbaues, sondern auch von der Bauart der Brücke Balken-, Bogen-, Hängebrücke), von der Bauform (Vollwand-, Fachwerk-) träger), von der Stützweite, von der Eigenschwingung des Überbaues, von der Lage der Meßstelle zu den Angriffspunkten der äußeren Kräfte abhängen, weiterhin die bewegten Massen, die Fahrgeschwindigkeiten und die Frequenzen der Erregerkräfte eine Rolle spielen, so muß man sich in jedem Einzelfall durch eine Reihe von Versuchsfahrten an die kritische Geschwindigkeit herantasten.

Man erhält auf diese Weise für eine bestimmte Lokomotive oder einen bestimmten Lastenzug dynamische Einflußlinien der statischen Größen, z. B. der Stabkraft bei einem Fachwerk, die den erreichten Aufschaukelungsgrad wiedergeben und durch Vergleich auf die kritische Geschwindigkeit schließen lassen. Die dynamische Einflußlinie mit den größten Schwingungsausschlägen in Vergleich gesetzt mit der bei langsamer und stoßfreier Fahrt aufgezeichneten statischen Einflußlinie (Bild 4) liefert aus

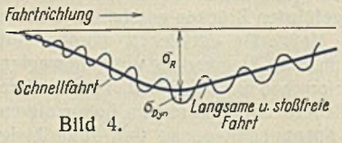

Bild 4.

$$\varphi_{Dyn} = \frac{\sigma_R + \sigma_{Dyn}}{\sigma_R}$$

die dynamische Stoßzahl, also die Zahl, mit der die rollenden Lasten zu vervielfältigen sind, um die in einem bestimmten Konstruktionsteil unter einer bestimmten Lokomotive oder einem bestimmten Lastenzug auftretende Größtbeanspruchung zu erhalten.

III.

Meßversuche zur Ermittlung der statischen und dynamischen Beanspruchung auf der Bahnbrücke Nr. 90 bei Münster, Gleis II der Strecke Untertürkheim—Kornwestheim.

Im Mai 1934 sind auf Veranlassung der Reichsbahndirektion Stuttgart von der Materialprüfungsanstalt der Techn. Hochschule Stuttgart statische und dynamische Messungen an der Bahnbrücke Nr. 90 bei Münster (Gleis II), und zwar in der ersten, bei Station Münster gelegenen Öffnung vorgenommen worden.

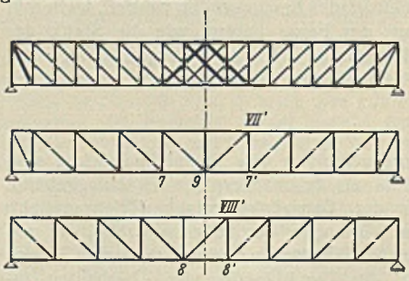

Bild 7. Bild 8. Bild 9.

Es handelt sich um eine Fachwerkbrücke mit obenliegender Fahrbahn und 59,40 m Stützweite. Das Trägersystem ist in den Bildern 6 bis 9 schematisch dargestellt. Gemessen wurden die in den Stäben U_9 und D_8 auftretenden Spannungen bzw. Dehnungen unter ruhender Last mit Setzdehnungsmesser, Bauart Pfander, unter bewegten Lasten mittels Kondensatormeßgeräten der Bauart Löffler und Oszillographen. Gleichzeitig sind die Durchbiegungen des Punktes 9 (Hauptträgeruntergurt in Brückenmitte) gemessen und photographisch aufgenommen worden.

Die Untersuchungen wurden mit einer leichten Dampflokomotive Gt 44.15 (Gesamtlast $4 \times 15 = 60$ t) und einer schweren elektrischen Lokomotive E 91.10 (Gesamtgewicht $6 \times 20{,}5 = 123$ t) durchgeführt. Mit diesen beiden Lokomotiven sollten zunächst die statischen und dynamischen Beanspruchungen in den Stäben U_9 und D_8 bei verschiedenen Geschwindigkeiten festgestellt und mit den entsprechenden Ergebnissen der statischen Berechnung verglichen werden. In den folgenden Ausführungen soll nur auf die grundsätzlichen Fragen eingegangen werden.

Die Stabdehnungen auf eine Meßlänge von 100 mm wurden mit Hilfe einer Kondensatormeßdose, bei der Kapazitätsänderungen in einem besonderen Gerät in Stromschwankungen umgeformt werden, und einem Schleifenoszillographen aufgezeichnet. Zur Auslösung der Momentverschlüsse des Oszillographen bei den Fahrten dienten Schienenkontakte

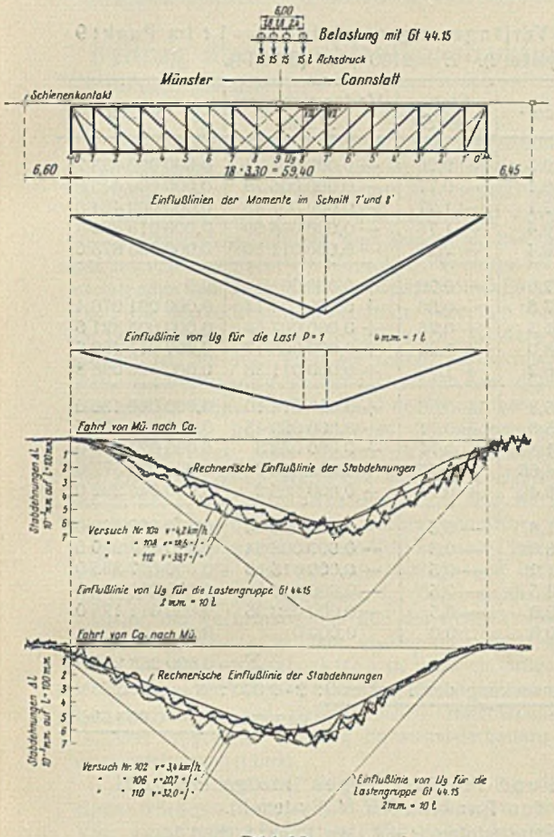

Bild 10.

am Anfang und Ende des Überbaus. Weitere Schienenkontakte in Brückenmitte lieferten beim Übergang des ersten Rades der Lokomotive Stromstöße, die die Einbaustelle im Oszillogramm markierten.

Zum Vergleich der Meßergebnisse bei verschiedenen Fahrten der Lokomotive war es nur nötig, die Oszillogramme auf den gleichen Maßstab umzuzeichnen. Dabei mußte nachgeprüft werden, daß die in den aufgenommenen Oszillogrammen markierte Brückenmitte beim übertragenen Streifen auch tatsächlich in der Mitte liegt. Bei den ersten aufgenommenen Diagrammen war dies nicht der Fall. Die Lokomotiven haben also die Brücke nicht mit vollkommen gleichbleibenden Geschwindigkeit befahren.

Die Schienenkontakte zur elektromagnetischen Auslösung des Momentverschlusses des Oszillographen befanden sich 6,6 m vor Brückenanfang und 6,45 m nach Brückenende. Die aufgenommenen Oszillogramme sind nun durch Unterteilung übertragen worden, wobei das Stück vom Anfang des Oszillogramms bis zu der markierten Brückenmitte gleich $6{,}6 + \frac{59{,}4}{2} = 36{,}3$ m, das Stück von der im Oszillogramm aufgezeichneten Brückenmitte bis zum Oszillogrammende gleich $\frac{59{,}4}{2} + 6{,}45 = 36{,}15$ m gesetzt wurde.

Untergurtstab U_9 (Bild 6 u. 10).

Der Fachwerkträger ist vierfach statisch unbestimmt (Bild 7).

Näherungsweise erhält man die Stabkraft U_9 durch Unterteilen des Systems Bild 7 in die beiden statisch bestimmten Grundsysteme Bild 8 u. 9 unter Vernachlässigung der drei überzähligen Stäbe in Brückenmitte.

Der konjugierte Drehpunkt der Momente zur Bestimmung der Stabkraft 8 8' ist VIII', derjenige zur Bestimmung der Stabkraft 9 7' ist VII'. Somit erhält man angenähert die Einflußlinie des Stabes 9—8 aus der mit der Hauptträgerhöhe geteilten mittleren Einflußlinie der Momente in den Schnitten 7'—VII' und 8'—VIII'

$$U_9 = \frac{M_{7'} + M_{8'}}{2\,h},$$

wo h die Entfernung der Schwerlinie der Stäbe IX—VIII und 9—8 ist. Die theoretische Einflußlinie der Stabkraft U_9 für die wandernde Einzellast $P = 1$ wurde nun für die Lastengruppen E 91.82 und Gt 44.15 in den verschiedensten Stellungen zur Bildung der Summeneinflußlinie ausgewertet und das Ergebnis jeweils unter dem 1. Rad der Lastengruppe abgetragen. Damit ergaben sich zwei verschiedene Summeneinflußlinien für Fahrt von *Mü* nach *Ca* und für die Fahrt von *Ca* nach *Mü*.

Die Auswertung einer Laststellung wurde nicht auf die Schwerachse der Lokomotive bezogen, sondern jeweils auf den Angriffspunkt des 1. Rades, da bei der vorbeschriebenen Anordnung der Oszillograph durch das 1. Rad ausgelöst wird und das Oszillogramm beginnt, wenn das 1. Rad den ersten Schienenkontakt überfährt. Daraus erklärt sich auch das scheinbare Vorauseilen der Summeneinflußlinie für die Lastgruppe gegenüber der üblichen Einflußlinie bei der Fahrt von *Mü* nach *Ca* und das Nacheilen bei der Fahrt in umgekehrter Richtung *Ca* nach *Mü*.

Die Summeneinflußlinie der Stabkraft U_9 für eine bestimmte Lastengruppe stellt entsprechend der Gleichung

$$\Delta l = \frac{P\,l}{E\,F}$$

gleichzeitig die Einflußlinie der Stabdehnungen für die betreffende Lastengruppe dar.

Schrägstab D_8 (Bild 11 u. 12).

Die Einflußlinie des Diagonalstabes ergibt sich aus der Einflußlinie der Querkräfte für das Feld 9—8 entsprechend der Gleichung

$$D = \frac{Q}{\sin\alpha}.$$

Die Einflußlinie der Querkraft für das Feld 9—8 erhält man näherungsweise als arithmetisches Mittel aus den Einflußlinien der Querkraft für Feld 8' 6' (Bild 11) und für Feld 9—7'.

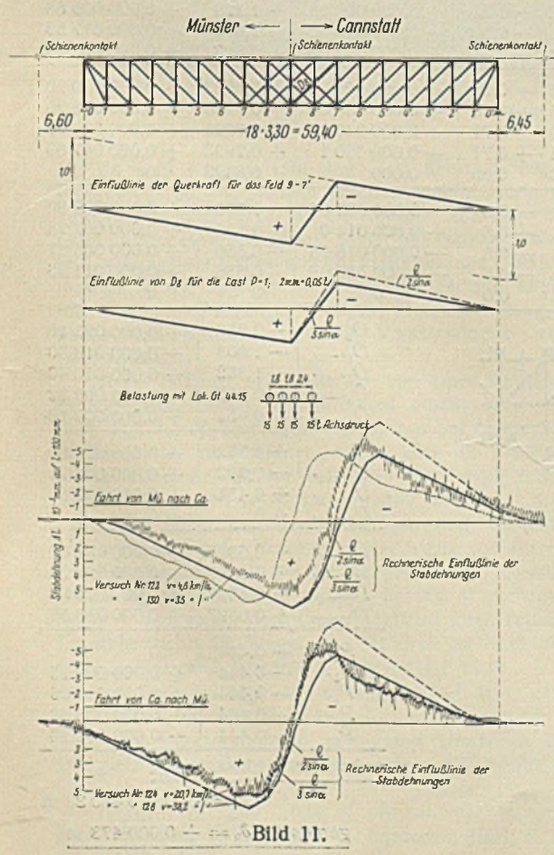

Bild 11.

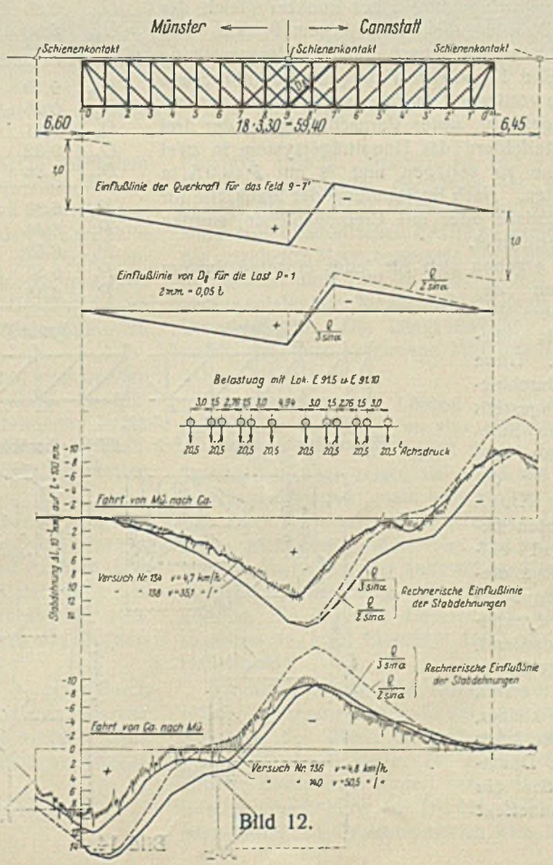

Bild 12.

An der Aufnahme der Querkraft beteiligen sich außer der zu untersuchenden Diagonale D_8 im Feld 9—8' noch eine gleichgerichtete und zwei Gegendiagonalen, im Feld 8' 7' noch eine gleichgerichtete und eine schlaffe Gegendiagonale. Die Einflußlinie der Diagonale D_8 wurde nun aufgezeichnet, einmal für den Fall, daß sich drei Diagonalen an der Aufnahme der Querkräfte beteiligen (ganz ausgezogene Linie), das andere Mal für den Fall, daß an der Aufnahme der positiven Querkräfte drei Diagonalen, der negativen Querkräfte nur zwei Diagonalen beteiligt sind (gestrichelte Linie).

Beide Einflußlinien wurden für die Lastgruppen E 91.5 + E 91.10 und Gt 44.15 bezogen auf das vorderste Rad der Lastengruppe ausgewertet. Die gesuchten Summeneinflußlinien der Stabdehnungen erhält man wieder wie beim Untergurtstab aus der Gleichung

$$\Delta l = \frac{P\,l}{E\,F}.$$

Meßergebnisse und Rechnung.

Die auf Grund der statischen Berechnung aufgezeichneten Summeneinflußlinien stimmen mit den an der Brücke bei langsamer und stoßfreier Fahrt aufgenommenen Dehnungslinien angenähert überein. Die übliche Näherungsberechnung des vierfach statisch unbestimmten Fachwerks durch Zerlegen in zwei statisch bestimmte Grundsysteme liefert hiernach praktisch ausreichend genaue Ergebnisse.

Die zum Vergleich eingezeichneten Oszillogramme zeigen die bei höheren Geschwindigkeiten auftretenden Schwingungsausschläge. Besonders deutlich tritt die Aufschaukelung durch die Lokomotive Gt 44.15 in Erscheinung.

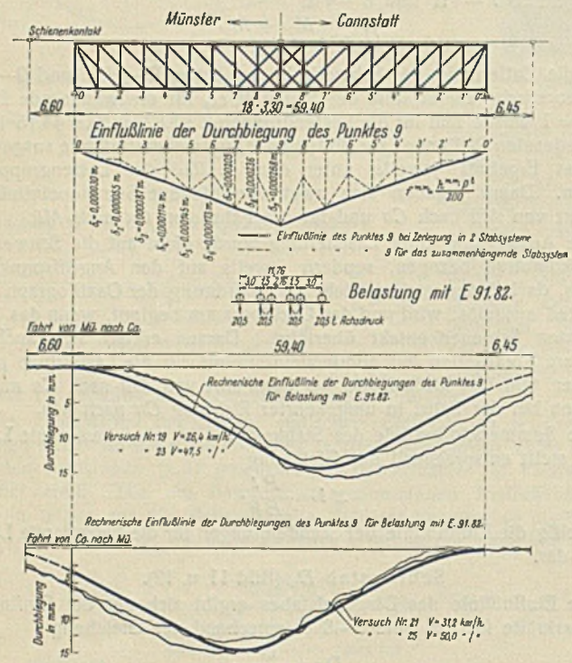

Bild 13.

Durchbiegungen in Brückenmitte (Bild 12).

Nach dem Maxwellschen Satz von der Gegenseitigkeit der Verschiebungen ist die Einflußlinie der Durchbiegung eines Punktes gleich der Biegelinie des Trägers für die Belastung $P = 1$ in diesem Punkte. Für das vorliegende Stabsystem ergibt sich theoretisch unter der Voraussetzung reibungsloser Gelenke der im Bild 13 punktiert dargestellte gebrochene Linienzug als Biegungslinie. Im vorliegendem Falle erschien es aber mit Rücksicht auf die Gruppenlast geboten, unter Vernachlässigung der drei überzähligen Stäbe, in den Mittelfeldern das Hauptträgersystem in zwei statisch bestimmte Grundsysteme zu zerlegen und je mit $P = 0{,}5$ in Punkt 9 (Brückenmitte) zu belasten. Nach Bestimmung der Stabkräfte für diese Belastungszustände (rechnerisch oder mit Cremonaplänen) wurden die Verlängerungen der Stäbe errechnet.

Mit diesen Verlängerungen ergeben sich für jedes einzelne System die lotrechten Verschiebungen der Untergurtknotenpunkte aus einem Williotschen Verschiebungsplan als nahezu stetige Linienzüge (Bild 14). Diese sind zur Einflußlinie der Durchbiegung des Punktes 9 zusammengestellt worden. Ähnlich wie für die Stabkräfte können nun auch für die Durchbiegungen Einflußlinien für die Lastengruppe Gt 44.15 und E 91.5 + E 91 10 in Summeneinflußlinien bezogen auf das vorderste Rad aufgetragen werden. Die Ergebnisse dieser Rechnung stimmen mit den Meßergebnissen gut überein. Die dynamischen Einflüsse sind unbedeutend. Bemerkenswert ist, daß die gemessenen Durchbiegungen in der ersten Hälfte des Überbaues (Einfahrt) kleiner, in der zweiten Hälfte (Ausfahrt) größer sind als die berechneten Durchbiegungen. Es ist möglich, daß die Erscheinung mit dem Zimmermanneffekt zusammenhängt.

Stabkräfte und Verlängerungen infolge $P_t = 1$ t im Punkt 9 (System I). $E = 2100$ t/cm² (Bild 14).

Stab	Länge s m	F cm²	Stabkraft S t	Verlängerungen Δs m	$S \cdot \Delta s$
O_{01}	3,30	319,5	— 0,26	— 0,000 001 78	0,000 000 033 28
O_{13}	6,60	418,1	— 0,77	— 0,000 005 79	0,000 000 445 83
O_{35}	6,60	537,1	— 1,27	— 0,000 007 45	0,000 009 461 5
O_{57}	6,60	616,4	— 1,76	— 0,000 008 99	0,000 015 822 4
O_{79}	6,60	616,4	— 2,25	— 0,000 011 50	0,000 025 875 0
U_{01}	3,30	171,0	0,00	0,000 00	0,0
U_{13}	6,60	197,6	+ 0,26	+ 0,000 004 14	0,000 001 076 4
U_{35}	6,60	311,5	+ 0,76	+ 0,000 007 66	0,000 005 821 6
U_{57}	6,60	428,0	+ 1,25	+ 0,000 009 17	0,000 011 462 5
U_{79}	6,60	486,2	+ 1,76	+ 0,000 011 38	0,000 020 028 8
D_{01}	7,18	105,8	+ 0,56	+ 0,000 018 10	0,000 010 136 0
D_{13}	9,21	105,8	+ 0,71	+ 0,000 029 45	0,000 020 909 5
D_{35}	9,28	81,84	+ 0,71	+ 0,000 038 3	0,000 027 193 0
D_{57}	9,32	64,68	+ 0,71	+ 0,000 048 7	0,000 034 577 0
D_{79}	9,33	48,40	+ 0,71	+ 0,000 065 2	0,000 046 292 0
P_0	6,39	301,8	— 0,5	— 0,000 005 04	0,000 002 520 0
P_1	6,39	178,0	— 0,5	— 0,000 008 54	0,000 004 270 0
P_3	6,43	101,2	— 0,5	— 0,000 015 13	0,000 007 565 0
P_5	6,52	83,5	— 0,5	— 0,000 018 6	0,000 009 300 0
P_7	6,575	70,0	— 0,5	— 0,000 022 35	0,000 011 175 0
P_9	6,59	70,0	0,0	0,000 0	0,0
					$\Sigma = 0{,}000\,268\,276\,8$

rechnerische Einsenkung des Punktes 9: $2 \cdot 0{,}000\,268 = 0{,}000\,536$ m

gemessen $\delta_9 = 0{,}000\,536$ m

Stabkräfte und Verlängerungen infolge $P = 0{,}5$ t in den Punkten 8 u. 8' (System II).
S' = Stabkräfte infolge $P = 1$ t im Punkt 8 (Bild 14).

Stab	Länge s m	F cm²	Stabkraft S t	Verlängerungen Δs m	S' in t	$S' \cdot \Delta s$ in m
O_{02}	6,60	349,5	— 0,515	— 0,000 004 65	— 0,565	+ 0,000 002 63
O_{24}	6,60	497,5	— 1,02	— 0,000 006 45	— 1,129	+ 0,000 007 28
O_{46}	6,60	616,4	— 1,51	— 0,000 007 7	— 1,694	+ 0,000 013 05
O_{68}	6,60	616,4	— 2,01	— 0,000 010 25	— 2,256	+ 0,000 023 10
U_{02}	6,60	144,6	0,00	0,000	0	0
U_{24}	6,60	253,2	+ 0,51	+ 0,000 006 33	+ 0,565	+ 0,000 003 58
U_{46}	6,60	369,7	+ 1,01	+ 0,000 008 58	+ 1,129	+ 0,000 009 68
U_{68}	6,60	457,1	+ 1,505	+ 0,000 010 35	+ 1,694	+ 0,000 017 55
U_{89}	6,60	515,3	+ 2,01	+ 0,000 012 25	+ 1,803	+ 0,000 022 10
D_{02}	9,19	120,6	+ 0,72	+ 0,000 026 15	+ 0,7923	+ 0,000 020 70
D_{24}	9,25	94,6	+ 0,71	+ 0,000 033 05	+ 0,7923	+ 0,000 026 20
D_{46}	9,31	73,0	+ 0,71	+ 0,000 043 05	+ 0,7923	+ 0,000 034 10
D_{68}	9,32	52,4	+ 0,71	+ 0,000 060 1	+ 0,7923	+ 0,000 047 60
$D_{88'}$	4,66	57,2	0,00	0,000	+ 0,6327	0
P_0	6,39	301,8	— 0,5	— 0,000 005 04	— 0,556	+ 0,000 002 80
P_2	6,44	109,4	— 0,5	— 0,000 014 0	— 0,556	+ 0,000 007 78
P_4	6,52	97,2	— 0,5	— 0,000 015 95	— 0,556	+ 0,000 008 87
P_6	6,57	76,0	— 0,5	— 0,000 020 6	— 0,556	+ 0,000 011 45
P_8	6,58	60,8	0,0	0,000	0	0
$O_{8-8'}$					— 2,256	+ 0,000 023 10
$O_{8'-6'}$					— 1,803	+ 0,000 018 50
$O_{6'-4'}$					— 1,352	+ 0,000 010 40
$O_{4'-2'}$					— 0,902	+ 0,000 005 82
$O_{2'-0'}$					— 0,451	+ 0,000 002 10
$U_{8'-6'}$					+ 1,352	+ 0,000 014 00
$U_{6'-4'}$					+ 0,902	+ 0,000 007 73
$U_{4'-2'}$					+ 0,451	+ 0,000 002 86
$U_{2'-0'}$					+ 0	+ 0
$D_{6'-8'}$					+ 0,6327	+ 0,000 038 00
$D_{4'-6'}$					+ 0,6327	+ 0,000 027 20
$D_{2'-4'}$					+ 0,6327	+ 0,000 020 90
$D_{0'-2'}$					+ 0,6327	+ 0,000 016 55
$P_{8'}$					— 0,444	0
$P_{6'}$					— 0,444	+ 0,000 009 15
$P_{4'}$					— 0,444	+ 0,000 007 09
$P_{2'}$					— 0,444	+ 0,000 006 22
$P_{0'}$					— 0,444	+ 0,000 002 24

rechnerische Einsenkung:

$\Sigma = +\,0{,}000\,470\,33$ m

gemessen $\delta_8 = +\,0{,}000\,473$ m

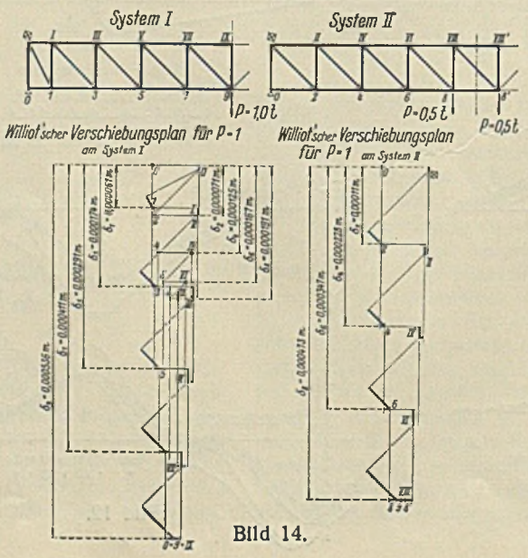

Bild 14.

Beitrag über die Stahlkonstruktionen der Wettbewerbsentwürfe um die Kongreßhalle in Hamburg.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Dr.-Ing. Alfred Junge, Hamburg.

Übersicht.

Im folgenden werden einige Stahlkonstruktionen besprochen, die im Zusammenhang mit den Wettbewerbsentwürfen für die Kongreßhalle in Hamburg seitens der Projektbearbeiter vorgeschlagen wurden.

Während bereits in anderen Zeitschriften[1]) Veröffentlichungen im Sinne der Wettbewerbsgrundlagen, vom Standpunkt des entwerfenden Architekten aus betrachtet, gemacht wurden, sollen hier einige der den Konstrukteur interessierenden Stahlkonstruktionen preisgekrönter Entwürfe besprochen werden. Die Fülle des vorliegenden Materials, allgemein in planungstechnischer und im besonderen in konstruktiver Hinsicht, ist derart groß, daß es hier nur möglich ist, die dem Verfasser seitens der Architektenschaft freundlicherweise zur Verfügung gestellten Unterlagen vom allgemeinen Gesichtspunkte aus und im Sinne der Gedanken des jeweiligen Wettbewerbsteilnehmers zu behandeln. Im Gegensatz zu den allgemeinen Gepflogenheiten des Konstrukteurs, eine Konstruktion vorwiegend vom Standpunkte der konstruktiven Wertigkeit und Wirtschaftlichkeit aus zu behandeln, ist es bei Konstruktionsentwürfen, wie sie im Zusammenhang mit der Entwurfsbearbeitung eines außergewöhnlichen Objektes, wie des vorliegenden, sich ergeben, erforderlich, in erster Linie diejenigen Forderungen zu erfüllen, die sich aus den Bedingungen für die innere und äußere Raumgestaltung des Bauwerks, im Zusammenhange mit den Fragen der Akustik, der Verkehrstechnik und der architektonischen Wirkung ergeben. Demzufolge ist es in dem vorliegenden Falle also nicht möglich, die Wertigkeit einer Konstruktion in mehr einseitiger Weise, wie allgemein in der Konstruktionspraxis vorwiegend üblich, lediglich nach statisch-konstruktiven und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu betrachten.

Das Programm, das den Entwurfsbearbeitern als Unterlage diente, sei zunächst angeführt:

Der Ausschreibung des Wettbewerbs lag der Gedanke zugrunde, einen würdigen Rahmen für Veranstaltungen großen Stils zu schaffen. Von wesentlicher Bedeutung war dabei der Programmpunkt der Teilbarkeit der Räume, um sie für mehrere gleichzeitig stattfindende Veranstaltungen benutzbar zu machen. Die Halle soll folgenden Zwecken dienen: Massenversammlungen und Kongressen jeder Art, Sportveranstaltungen, insbesondere leichtathletischen Wettkämpfen, Reit- und Fahrturnieren, Theater- und Musikaufführungen, Aufführungen von Massenchören, Gesellschaftlichen Veranstaltungen, Ausstellungen aller Art.

Es muß möglich sein, bei Massenversammlungen 60 000 Menschen größtenteils auf Stehplätzen unterzubringen. Höchstens die Hälfte dieser Zahl darf in unmittelbar an die Kongreßhalle angrenzenden Ausstellungshallen untergebracht werden. Auch bei 60 000 Menschen darf die schnelle und reibungslose Entleerung der Halle und die Überleitung der Menschenmassen in die angrenzenden Straßenzüge und zu den Verkehrsanlagen nicht leiden. Ausgänge, Treppen, Umgänge, Rang- und Gestühlanlagen haben den Bestimmungen für Versammlungs- und Theaterräume zu entsprechen.

Beim Entwurf der Halle ist von einer Sportarena mit umgebenden ansteigenden, festen Gestühlreihen auszugehen. Alles übrige Gestühl muß sich leicht beseitigen lassen, um bei Massenveranstaltungen Raum für Stehplätze zu gewinnen, wobei auch die Fläche der Arena für Stehplätze mitbenutzt werden soll. Die Arena muß von einer 6,25 m breiten und 300 m langen Laufbahn umrandet sein.

Nicht allein bei Versammlungen und Veranstaltungen geringeren Umfanges soll jeder Vorgang in der Arena von allen Plätzen aus gesehen werden können, auch bei Mitbenutzung der angrenzenden Ausstellungshallen zu Massenversammlungen (60 000 Menschen) muß der Platz des Redners und seiner Begleitung möglichst allen Teilnehmern sichtbar sein. Es steht nichts im Wege, dies dadurch zu erleichtern, daß das Rednerpodium heb- und versenkbar eingerichtet wird.

Die Kongreßhalle soll so eingerichtet sein, daß sie — etwa durch mechanisch bewegliche Wände — in mehrere für sich abgeschlossene Teile für Versammlungen geringeren Umfanges zerlegt werden kann. Die gleichzeitige Benutzung der einzelnen Teile für verschiedene Zwecke muß möglich sein. Die anschließenden Teile der Ausstellungshallen müssen ebenfalls, etwa durch mechanisch bewegliche Wände, von der Kongreßhalle abgetrennt werden können.

Alle Trennungs- und Umgestaltungseinrichtungen müssen schnell, bequem und mit geringsten Kosten arbeiten können.

Das Programm zeigt, daß hier baulich außergewöhnliche Verhältnisse vorliegen, die nicht nur von dem Architekten, sondern auch von dem Konstrukteur besondere Maßnahmen verlangen.

Im folgenden seien die verschiedenen Entwürfe der Entwurfsverfasser besprochen:

1. Entwurfsverfasser:

Arch. B.D.A. Reg.-Baumstr. Konstanty Gutschow, Hamburg.

Mitarbeiter: a) Architekt B.D.A. Klaus Hoffmann, Hamburg. b) Baurat Ernst Petzold, Zittau, für Akustik. c) Saupe & Mielke G.m.b.H., Berlin, für Heizung und Lüftung. d) Carl Flohr A.-G., Berlin, für Aufteilungsvorrichtungen. e) Bildhauer Rewaldt, Hamburg, für Plastik. f) Für die Konstruktion: Dr.-Ing. H. Zippel, Hamburg, mit Fried. Krupp A.-G., Friedrich-Alfred-Hütte, Rheinhausen (ein 2. Preis).

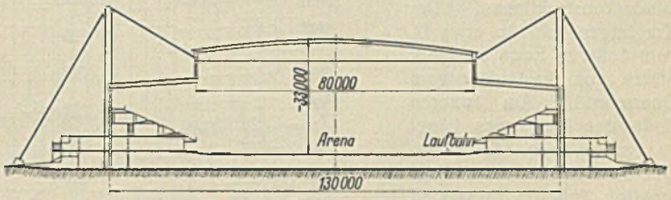

Bild 1. Entwurf Gutschow.
Ursprünglich geplante Hängekonstruktion.

Die wesentlichen Entwurfsgedanken der Verfasser, aus denen die Konstruktionsform sich zwangsläufig entwickelt, seien hier zunächst angegeben:

„Um ein einheitliches Zusammengehörigkeitsgefühl und ein einheitliches Gemeinschaftserlebnis lebendig werden zu lassen, müssen zu große Ausdehnungen der Halle in einer Richtung vermieden werden, weil sonst jeglicher Kontakt zwischen Führer und Gefolgschaft, ein persönliches Fluidum erlischt. Deshalb ist von vornherein ein länglich-rechteckiger Grundriß unmöglich, der zwar den wirtschaftlichen Vorteil geringerer Spannweite hat. Die Menschen sind vielmehr nach Möglichkeit auf einer annähernd quadratischen Fläche zu sammeln; ferner aber ist es notwendig, die ungeheure Menschenmasse, sonst amorph, zu gliedern und auszurichten, ihr Gesicht und Ziel zu geben. Aus diesen beiden Grundforderungen heraus entsteht der längsgerichtete Raum auf einer annähernd quadratischen Grundrißfläche. Die Längsbewegung des Raumes entsteht vor allem durch das herausgehobene Mittelschiff, durch den stützenfreien, basilikalen Querschnitt.

Als konstruktive Lösung für diesen raumkünstlerisch bestimmten Querschnitt war zuerst an eine Hängekonstruktion gedacht (Bild 1), weil die Eleganz und Leichtigkeit dieser Konstruktionsweise reizte. Bei der Durcharbeit aber zeigte sich, daß die besondere, eigenartige Schönheit der Hängekonstruktionen, wie wir sie vom Brückenbau her kennen, beim Bau einer Halle schwerlich erreicht werden kann, weil die konstruktiven Linien nicht genügend verfolgt und gefühlt werden können. Die scheibenmäßige Ausfüllung der senkrechten Konstruktionsebene verdeckt vollends die Konstruktionslinien, die offene durchsichtige Lösung wirkt leicht zu unruhig. So entstand die gewählte Lösung, die die Aufgabe des Überspannens in zwei Elemente teilt: die Kragbinder und die aufgesetzten Hallenbinder.

Akustische Gründe bestimmten vor allem die Aufteilung der Deckenfelder in einem tiefen Relief, um den Betrag des zurückgeworfenen Schalles, der durch eine absorbierende Verkleidung schon möglichst gering ist, noch weiter zu verringern und zu zerstreuen. Akustische Gründe bestimmten ferner, neben denen der besseren Sicht, die kurvenförmige Überhöhung der Tribünen. Eine Konstruktionsauswahl nach rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten kam hier also nicht in Frage.“

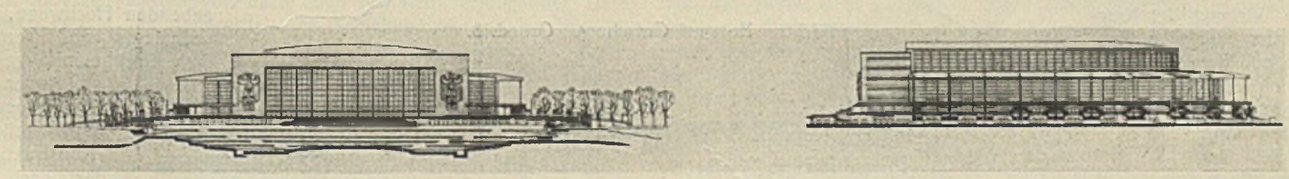

Bild 3. Entwurf Gutschow. Front- und Längsansicht.

[1]) Ztrlbl. d. Bauv. 1934, S. 449. — Die Baugilde 1934, S. 511. — Bau-Rundschau 1934, S. 149. — Bautechn. 1934, S. 581.

Bild 2 zeigt den Grundriß, Bild 3a und b Front- und Längsansicht des Entwurfs.

Die freitragende, stählerne, geschweißte Hallenkonstruktion besteht aus den Kragbindern der Seitenschiffe und den schwach überhöhten Bindern des Mittelschiffes. Die Hauptbinder, bis an den Halbkreis des Grundrisses ausgeführt, mit 17 m gegenseitigem Abstand, werden durch Zwischenbinder, deren Lasten zum Teil durch Aussteifungsträger, an den Grenzen zwischen Mittel- und Seitenschiff liegend, auf die Kragträger übertragen werden, sekundär belastet. Bild 4a bis c zeigt die Gesamtübersicht der Binderkonstruktionen. Der Kragträger ruht in etwa $^1/_3$ vom äußeren Ende auf einer Stütze von kastenförmigem Querschnitt. Am äußeren Ende des Kragarmes hängt an einem Zugglied, dessen Querschnitt, um die Zugfunktion äußerlich besser in Erscheinung treten zu lassen, rund ausgebildet wurde, das im Boden untergebrachte, tief gegründete Gegengewicht in Beton. Die Druckstütze des Kragarmes steht also, wie die Bilder 4 u. 5 zeigen, mit der Außenwand der Halle bündig; ferner ist aus Bild 5, der Modellaufnahme, die vorteilhafte Wirkung der Kragkonstruktion mit den Zuggliedern und dem von ihnen getragenen scheibenartigen Mittelschiffteil gut ersichtlich. Zur Aufnahme seitlicher Kräfte (Windkräfte) ist die Tribünenkonstruktion mit herangezogen worden. Die Kragträger erhalten eine dem Momentenverlauf des Kragträgers angemessene Form und kastenförmigen Querschnitt (Bild 4). Die Form ergibt sich vorwiegend auch mit Rücksicht auf die architektonische Wirkung der äußerlich sichtbaren Kragträger. Haupt- und Zwischenbinder des Mittelschiffes bestehen aus Blechträgern normaler Konstruktion (Bild 4). Das System der Hauptpfetten mit 10 m Abstand überträgt die Last der Zwischenbinder auf die Hauptbinder. Die auf Haupt- und Zwischenbindern liegenden Sekundärpfetten tragen die Dachhaut. In dem halbkreisförmigen Teil des Grundrisses sind die Binder strahlenförmig auf den Anfallspunkt, Mittelpunkt des Halbkreises, gerichtet. Für diesen Teil des Grundrisses ist also eine Sonderausbildung erforderlich, die jedoch konstruktiv Schwierigkeiten bereitet.

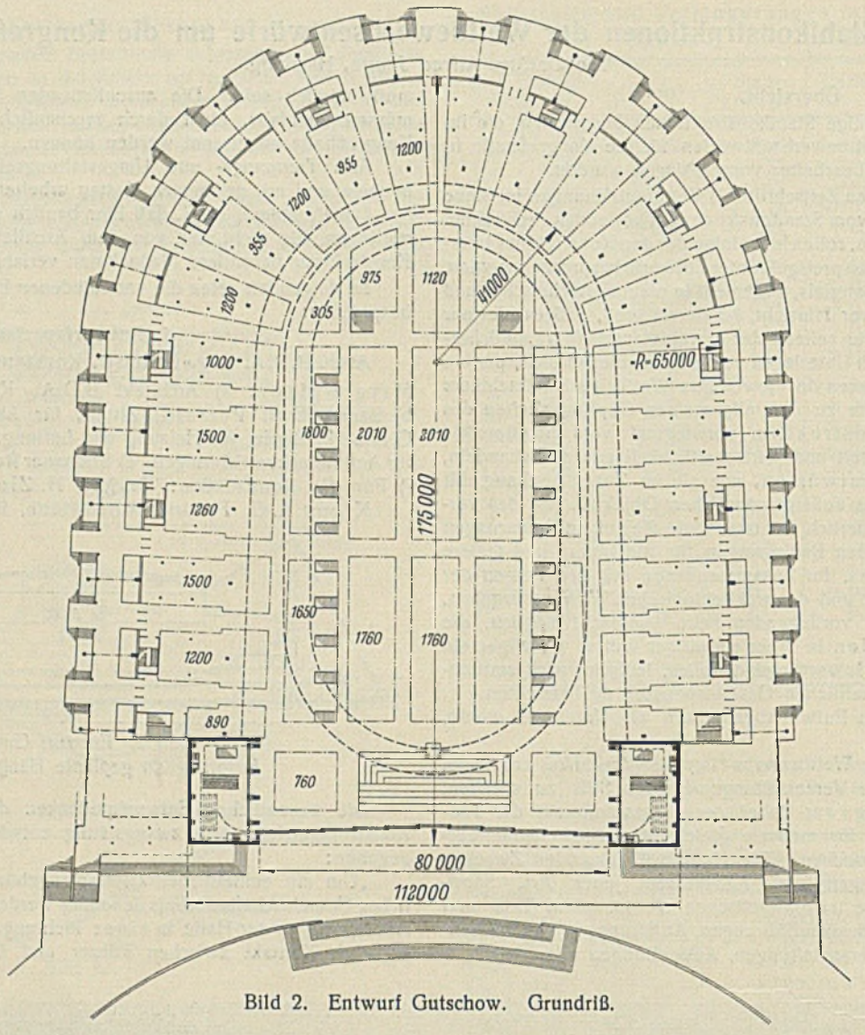

Bild 2. Entwurf Gutschow. Grundriß.

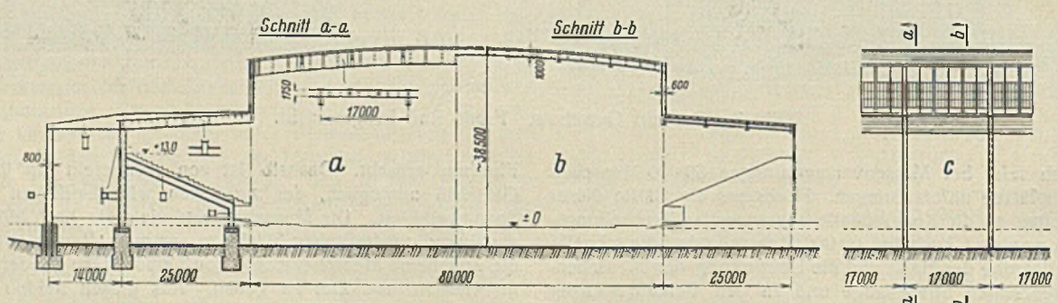

Bild 4a bis c. Entwurf Gutschow. Querschnitt.

Die Hauptbaustoffe, die äußere Erscheinung der Halle bestimmend, sind folgende: Die Stahlkonstruktion, deren statische Funktion unterstrichen und deutlich ablesbar ist, in hellem Stahlgrau (mit aufgespritztem Farbüberzug unter Aluminiumzusatz), die großen Glasflächen zwischen Eisensprossen, die Dachflächen in hellgrauem Welleternit, die Klinkerflächen der Seitenbühnentürme, die in den Fronten große Hoheitszeichen in plastischer Keramik tragen und auf ihren Seitenflächen in großen Linien mit farbiger Keramik gegliedert sind, die Betonflächen der die Halle umgebenden Hochwege und Treppenanlagen in schalungsraschem Kiesbeton.

Die innere Wirkung der Halle beruht auf denselben Elementen in völliger Einheit von Innen und Außen. Dazu kommen die Deckenflächen in Holzfaserplatten in hellem Naturton und die Holzflächen der Tribünensitze, die ebenfalls in gebräuntem Naturton stehen bleiben.

Die Seitentürme bestehen aus einer Stahlkonstruktion mit Ausfachung und Verblendung. Die Unterkonstruktion der Halle, wie die der umgebenden Hochwege, Treppenanlagen und Terrassen, ist in Eisenbeton vorgesehen.

Außer den Hallenkonstruktionen stellen die Konstruktionen der nach dem Programm geforderten verschiebbaren Trennungswände, zwecks Teilung des Hauptraumes in mehrere voneinander getrennt zu benutzende Einzelräume, besondere Aufgaben an den Konstrukteur. Für den Entwurf Gutschow seien die Hauptleitgedanken für die Konstruktion und die Anordnung derartiger Wände kurz angegeben.

Die Abtrennungswände, die die innere Arenafläche von den umgebenden Arenaflächen unter den Tribünen abtrennen, sind an zwei verschiedenen Stellen einzurichten, entweder in der Flucht der vorderen Tribünenstützen oder in der Flucht der zweiten Stützenreihe. Die Abtrennwand besteht aus etwa 4 m hohen, für beide Fälle gleich zu benutzenden Wandtafeln, die in vorbereitete Schienen einzuhängen sind. Nach Bedarf werden Türelemente eingefügt.

Die Teilungswand, die die Halle in mehrere Teile

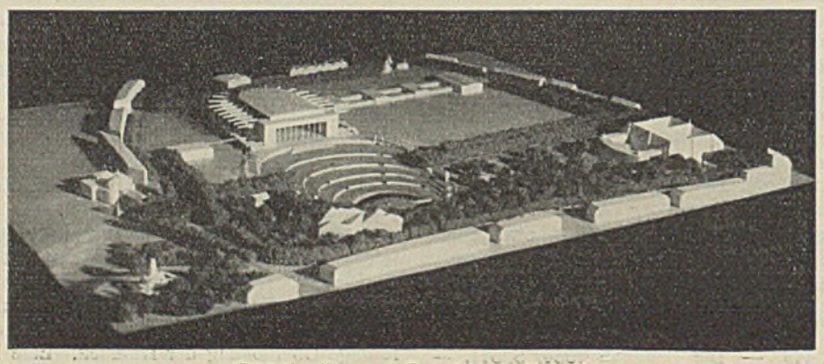

Bild 5. Entwurf Gutschow. Modell.

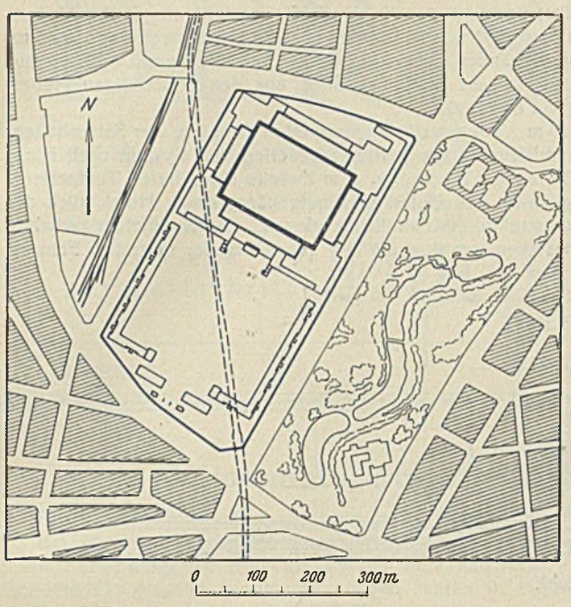

Bild 6. Entwurf Behrens. Lageplan.

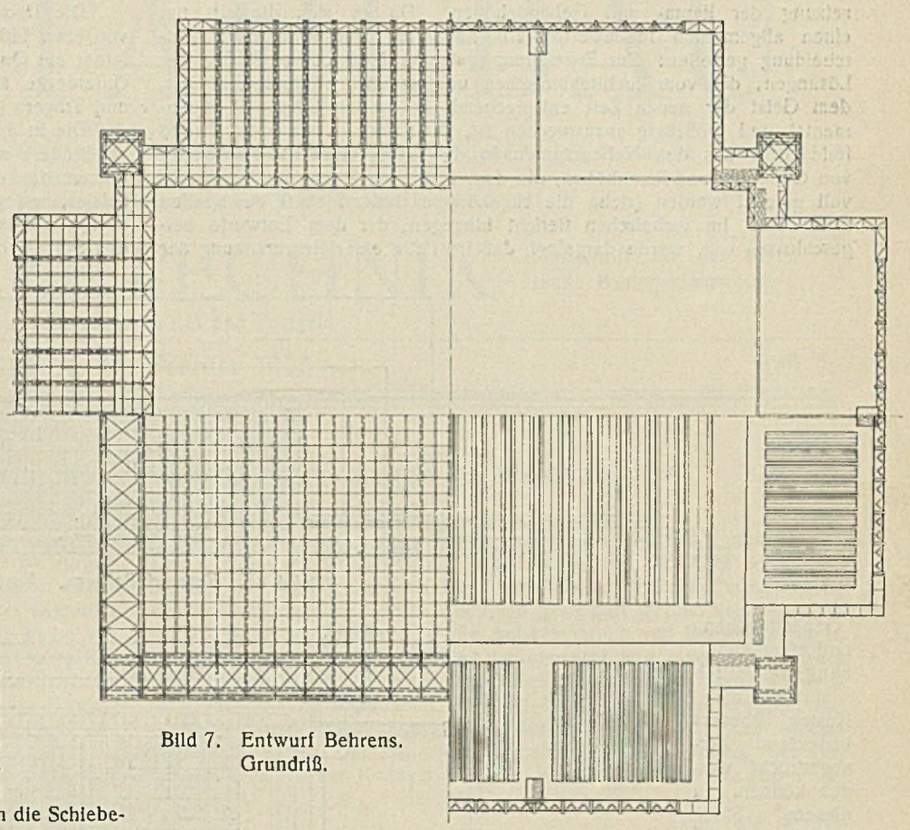

Bild 7. Entwurf Behrens. Grundriß.

unterteilt, ist auf zweierlei Arten zu konstruieren, entweder als verschiebbare oder als örtlich zu montierende Wand. Im mittleren Deckenfeld von 80 m Spannweite bewegt sich eine Schiebebühne nach Art der Schiebebühnen in Industriehallen. Diese Schiebebühne stellt gewissermaßen einen beweglichen Schnürboden dar. Im ersten Falle werden aus den Seitenbühnentürmen etwa 7,30 m breite Wandelemente in die Schiebebühne hinausgeschoben, wobei der Hauptteil der Lasten von einem verschiebbaren Unterwagen, der versenkbar ist, aufgenommen wird. Nun ist die Teilungswand an eine beliebige Binderstelle der Halle verfahrbar. Im Prinzip ähnlich, werden die Trennwandteile der Tribünendreiecke gegen die Stirnwand zum Verschwinden gebracht. Im anderen Fall wird die Teilwand der Breite nach in 11 Teile und der Höhe nach in 6 Teile aufgeteilt und aus einzelnen Kasten von nach oben hin sich verjüngender Tiefe (zwischen 4 m und 3 m tief) mittels der Schiebebühne und auf ihr sich bewegender Laufkatze aufmontiert. Diese Kasten bestehen aus Wandseiten von 1 m Eigenkonstruktionstiefe und abzumontierenden Hinterkonstruktionen. Die einzelnen Teile sind durch die Senkbühnenlöcher im Fußboden in den Untergeschoßräumen abzustellen. Die erste Ausführung gewährleistet zwar schnellste Herstellung der Aufteilung, erfordert aber recht hohe Anlagekosten. Die zweite Ausführung ist wesentlich billiger, erfordert in jedem Fall dafür einen höheren Lohnaufwand und etwas mehr Zeit für die Montage. Akustisch lassen sich beide Ausführungsformen gleich einwandfrei konstruieren.

2. Entwurfsverfasser: Professor Dr. Peter Behrens, Wien.

Statischer Mitarbeiter: Ingenieur Rob. Schindler (ein 1. Preis).

Hier folgen die Entwurfsgedanken der Entwurfsverfasser:

Allgemeine konstruktive Erläuterungen. Der Beschreibung der technischen Konstruktion dieses Entwurfes soll folgendes vorangestellt werden:

Bei dem hier vorliegenden, groß angelegten Hamburger Ideenwettbewerb handelt es sich um einen Hallenkomplex, der bis zu 60 000 Menschen bald in einem gemeinsamen Raum vereinigt, bald in einigen Räumen getrennt gleichzeitig aufnehmen soll. Das Gelingen einer derartigen Aufgabe ist grundlegend an die Auffindung einer richtigen Grundrißlösung gebunden; hiermit ist aber auch schon die tragende Konstruktion in gewisse Richtungen gewiesen und hinsichtlich der Rangordnung der Schwierigkeiten und Kosten festgelegt. In diesem Falle wurden, wie die Bilder 6 u. 7 zeigen, den verschiedenartigen Zwecken des Bauwerks entsprechend, ein zentraler Mittelraum, das ist der Kongreßraum, und ringsherum symmetrisch angeschlossene Seitenräume, die Ausstellungsräume, angeordnet. Diese beiden Raumgruppen sind durch Schiebewände auf allen Seiten gegeneinander abschließbar; außerdem kann jeder Seitenraum für sich durch weitere Schiebewände in kleinere Räume unterteilt werden. Die Symmetrie der Anlage entspringt der erforderlichen Gleichwertigkeit der Gebäudefronten hinsichtlich Verkehr und Aussehen bei getrennten Hallenräumen. Bei gemeinsamer Verwendung aller Hallen verlangt der festliche Charakter der zugehörigen Veranstaltungen eine rhythmische Steigerung der inneren Raumgestaltung von den Seitenräumen zu dem Hauptraum. Die gewählte Grundrißform kann also sowohl vom ideellen als auch vom sachlichen Standpunkt aus als gerechtfertigt angesehen werden; die Größe der einzelnen Räume wurde auf Grund des Verwendungszweckes und der vorgeschriebenen oder angenommenen Besucherzahlen festgelegt.

Die weiteren Festsetzungen hingegen unterliegen bereits dem Zwiespalt zwischen der Idee und der Materie: 1. die Festsetzung, inwieweit bei allseits geöffneten Wänden die Sicht aus den Seitenräumen in den Mittelraum unbehindert sein soll. 2. Die Fest-

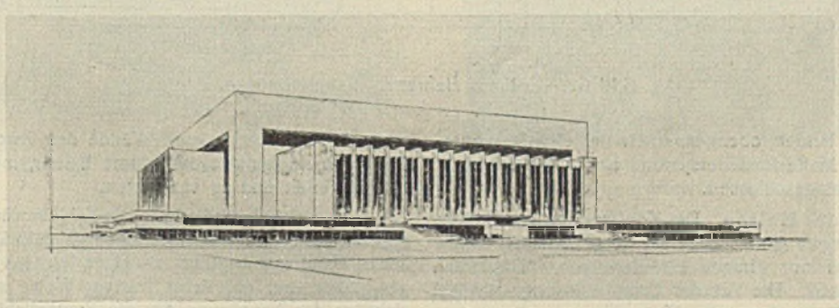

Bild 9. Großer Entwurf Behrens.

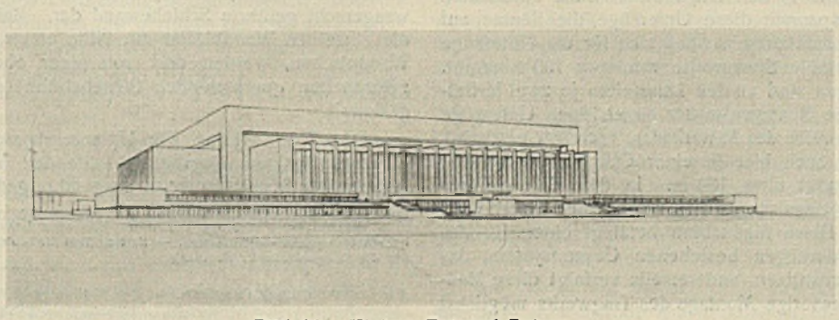

Bild 10. Kleiner Entwurf Behrens.

setzung der Raum- und Gebäudehöhen. Da es sich diesfalls um einen allgemeinen Ideenwettbewerb handelte, wurde folgende Entscheidung getroffen: Zur Darstellung gelangte jene obere Grenze der Lösungen, die vom architektonischen und sachlichen Standpunkt aus, dem Geist der neuen Zeit entsprechend, im besten Sinne als monumental und großzügig anzusprechen ist, d. h. also: 1. auf voller Breite freie Sicht aus den Nebenräumen in den Hauptraum; 2. Anordnung von Gebäude- und Raumhöhen, die dem festlichen Zweck des Bauwerks voll gerecht werden (siehe die zugehörigen Bilder 7 bis 9 des großen Entwurfes). Im technischen Bericht hingegen, der dem Entwurfe beigeschlossen war, wurde dargelegt, daß im Falle einer Beschränkung der Gebäudehöhen und einer Anordnung von Mittelstützen die Kosten überaus bedeutend herabgedrückt werden können. In diesem Sinne stellt Bild 10 des kleinen Entwurfes, sozusagen als untere Grenze, jene stark verbilligte Lösung dar, die einerseits vom architektonischen Standpunkt aus noch gut zu bejahen ist und die andererseits noch immer sehr weite, ungehinderte Sichtbreiten gewährt. Durch diese Festsetzung der Ausführungsgrenzen ist auch jede dazwischenliegende Lösung, die entweder nur in einer der beiden obengenannten Beziehungen oder in beiden, aber in geringerem Maße kostenersparend ist, in den Bereich der Ausführungsmöglichkeiten eingeschlossen.

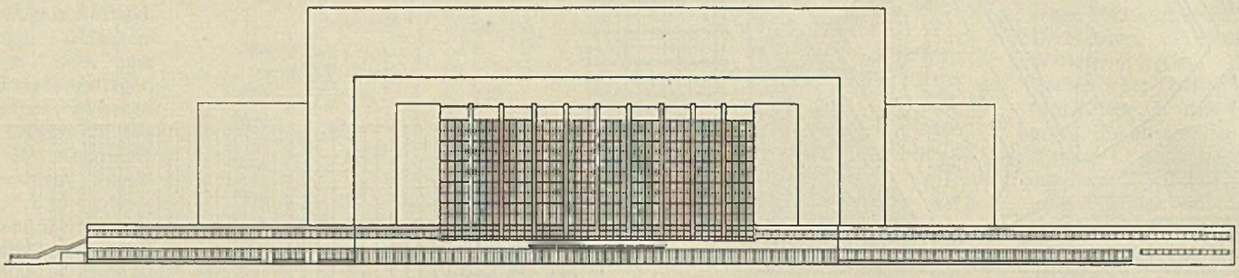

Bild 8a. Entwurf Behrens. Ansicht.

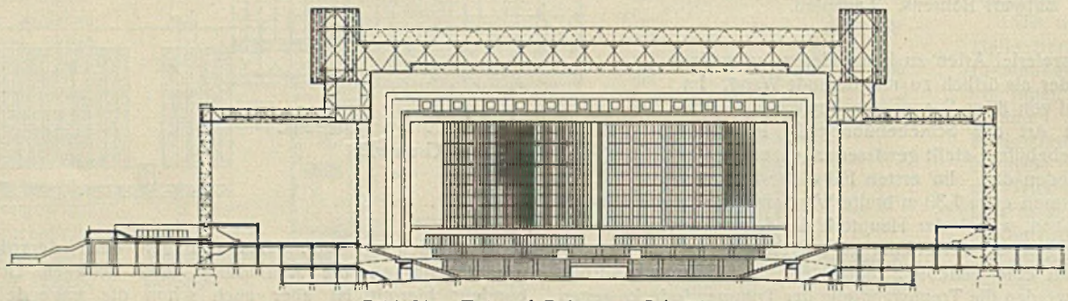

Bild 8b. Entwurf Behrens. Schnitt.

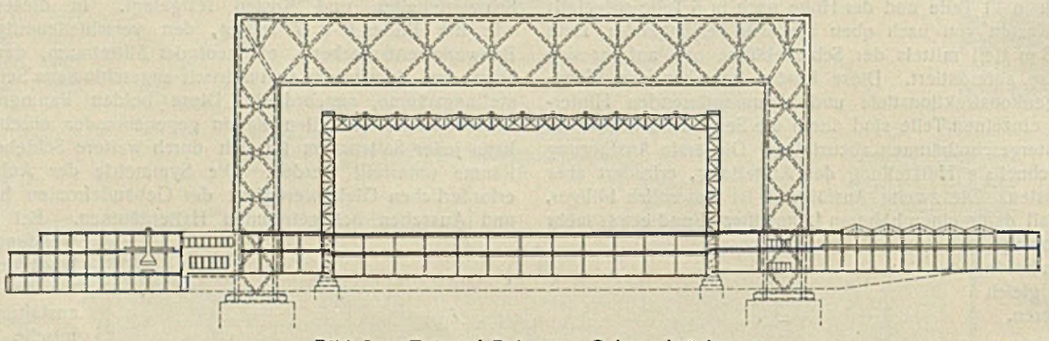

Bild 8c. Entwurf Behrens. Rahmenbrücke.

Die Tragkonstruktion der Hallen. Die Konstruktion der Hallen ist durch die Übersichtszeichnungen (Bild 7 u. 8) für den Fachmann weitgehend klargestellt und bedarf nur einiger Erläuterungen. Das vorgeschlagene Stahlmaterial ist St 52. Die Art der Grundrißlösung schreibt ein vierseitiges, die Kongreßhalle umfassendes Unterzugssystem vor, das die Dachkonstruktionen sämtlicher Hallen längs dieser Linie unterstützt. Bei der großen Variante überspannen diese Unterzüge die Räume auf allen Seiten ohne jegliche Mittelstützung, so daß sich für die Unterzüge an den Langseiten die respektable Spannweite von etwa 190 m ergibt. Bei der kleinen Variante hingegen sind an den Langseiten je zwei Mittelstützen angeordnet, wodurch die Spannweite der zugehörigen Unterzüge auf etwa 100 m, d. i. die Spannweite des Mittelfeldes, ermäßigt erscheint. Die Breitseiten hingegen sind auch hier in einer Öffnung überbrückt; die Spannweite derselben beträgt etwa 134 m. In den Ecken dieses Unterzugsvierecks sind Turmstützen vorgesehen, die mit den Unterzügen rahmenartig verbunden sind. Diese Maßnahme befähigt einerseits das tragende, aus Stützen und Unterzügen bestehende Gesamtsystem, das Bauwerk gegen Windangriff abzustützen, andererseits verfolgt diese Maßnahme auch den Zweck, die schwierige Montage des Tragwerks möglichst zu erleichtern.

Die Dachkonstruktion der Kongreßhalle besteht aus Balkenbindern von etwa 140 bzw. 134 m Spannweite in einer Verlagsweite von 8,40 m, ferner aus Querverbänden, deren Form der rippenförmigen Dachhaut und Unterdecke angepaßt ist, und schließlich aus den notwendigen Pfetten und Trägern (Bild 8a bis c).

Die in 8,40 m Verlagsweite angeordneten Gespärre der Seitenhallen, aus Bindern und Wandstützen bestehend, stellen dem System nach Halbrahmen dar, die an der Innenseite, zum Zwecke eines freien Temperaturspieles, beweglich an den Unterzügen aufgehängt sind. Hinsichtlich der übrigen Dachkonstruktion gilt ähnliches wie vor. Die Wandfelder zwischen den Stützen bestehen aus rippenförmig gegeneinander gestellten Fensterstreifen, die durch Wandriegel abgestützt sind. Diese Wandriegel besorgen auch die notwendige Aussteifung der Wandstützen.

Im übrigen kommen zu den genannten Konstruktionsteilen noch alle jene lotrechten und waagerechten Verbände in den Wänden und Dachebenen hinzu, die zur allseitigen Stabilität und Steifigkeit des gesamten Tragwerks und seiner einzelnen Teile notwendig sind.

Zum Schluß dieses Absatzes sei noch erwähnt, daß die allgemein angeordnete Rippung der Dachdecken und Wände den Zweck verfolgt, die Schallwellen, der guten Hörsamkeit der Räume halber, möglichst allseits und gründlich zu zerstreuen und zu vernichten.

Die Schiebewände. Die Schiebewände gliedern sich in einzelne, sägezahnartig ineinandergreifende Wandblätter von maximal 6 m Breite. Jedes Wandblatt besteht aus einer leichten Stahlgitterkonstruktion, die in geeigneter und möglichst leichter Weise schalldicht bekleidet ist. Hinsichtlich der Anordnung der die Beweglichkeit vermittelnden Räder- und Schienenführungen, stellt jedes Wandblatt eine unten gestützte, oben waagerecht geführte Schiebewand dar. Beim Öffnen der Wände gleiten die einzelnen Wandblätter mit Hilfe elektrischer Winden nacheinander in Wandnischen, werden dort von einer oberen und unteren mechanisch gekuppelten querlaufenden Schiebebühne erfaßt und nebeneinander aufgestapelt.

Die Vorhallen. Die Untergeschosse der Hallen, sowie die ein- bis zweistöckigen, ringsherum laufenden Vorbauten des Bauwerks sind in normaler Massivbauweise ausgeführt gedacht. (Schluß folgt.)

INHALT: Ermittlung der unter fahrenden Lokomotiven auftretenden Grenzspannungen bei stählernen Eisenbahnbrücken. — Beitrag über die Stahlkonstruktionen der Wettbewerbsentwürfe um die Kongreßhalle in Hamburg.

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