Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 82 (1964)
Heft: 22: 56. Generalversammlung der G.e.P. Lausanne 1964

Artikel: Der Expo-Bahnhof der SBB
Autor: Wildberger, Alex
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-67505

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 26.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Der Expo-Bahnhof der SBB

DK 725.91:725.31

Von **A. Wildberger,** dipl. Ing., Schaffhausen

Zusammen mit Arch. *Pierre Zoelly,* Zürich, hatte ich die Aufgabe, einen überdachten Warteraum von 3 bis 4000 m² Grundfläche zu erstellen, unter welchem sich der Reisendenverkehr mit allen seinen Nebenbetrieben abzuwickeln hat. Eine Neuerung in betrieblicher Hinsicht bildet die Vorsortierung der Reisenden auf die Extrazüge, mit dem Ziel, pro Zug je 1000 Fahrgäste zu besammeln und sie den in Intervallen von je 5 min fahrenden Zügen zuzuleiten.

Tragsystem

Auf Grund verschiedener Vorstudien [1]) wurde ein an vier Pylonen aufgehängtes Dach gewählt. Unter dem seeseitigen Flügel von 34 × 70 m Grundfläche befindet sich der freie Warteraum mit Billettschalter, Kiosken und Toiletten, während der bergseitige Teil von 20 × 70 m Grundfläche hauptsächlich der Vorsortierung dient. Die gesamte überdeckte Grundfläche beträgt somit 3600 m².

Die Dachhaut aus Welleternit liegt auf hölzernen Pfetten 12/16 cm von 5,8 m Spannweite. Letztere sind auf stählernen Hauptsparren aus IPE 220 von 6,8 m Länge aufgelegt. Die Abmessungen dieser Elemente waren seitens der SBB gewünscht worden, da sie nach der Expo für eine ihrer Lagerhallen im Raum Genfs verwendet werden sollen. Auf je 5,8 × 6,8 m = 39,4 m² war somit ein Aufhängepunkt erforderlich. Im Querschnitt sind seeseitig 5 Felder und bergseitig 3 Felder angeordnet, wodurch sich 9 Aufhängepunkte ergaben. In der Längsrichtung erwies sich ein Zusammenfassen von je 3 Feldern zu 5,8 m zu einem Haupttragwerk wirtschaftlich, wodurch ein Abstand der vier Pylonen von je 17,4 m entstand. Jeder Pylon besteht aus vier ausbetonierten Siederohren von 229 mm Durchmesser, die in Abständen von 4,5 m durch einen kastenförmigen Ring ausgesteift sind. Ihre Länge von rd. 30 m wurde auf Grund der im Zeitpunkt der Projektierung zur Verfügung stehenden Montage- und Transportmöglichkeiten gewählt. Die bergseitige Verankerung hatte in der Aufschüttung unter den Stationsgleisen zu erfolgen. Aus statischen Gründen wäre ein höher liegender Abspannpunkt in der nördlich des Bahnhofs liegenden Böschung günstiger gewesen. Dies hätte jedoch die Ueberspannung der Durchgangsgleise mit allen Sicherheitsvorkehrungen und Montageerschwernissen bedingt. Die seeseitige Verankerung konnte sehr günstig am Rande des Teraineinschnittes der Express-Strasse gefunden werden, da dort seitens des Architekten hügelförmige Anschüttungen zur Platzbegrenzung erwünscht waren.

[1]) Siehe *P. Zoelly/A. Wildberger,* Der Expo-Bahnhof, «Werk», Febr. 1964, S. 66.

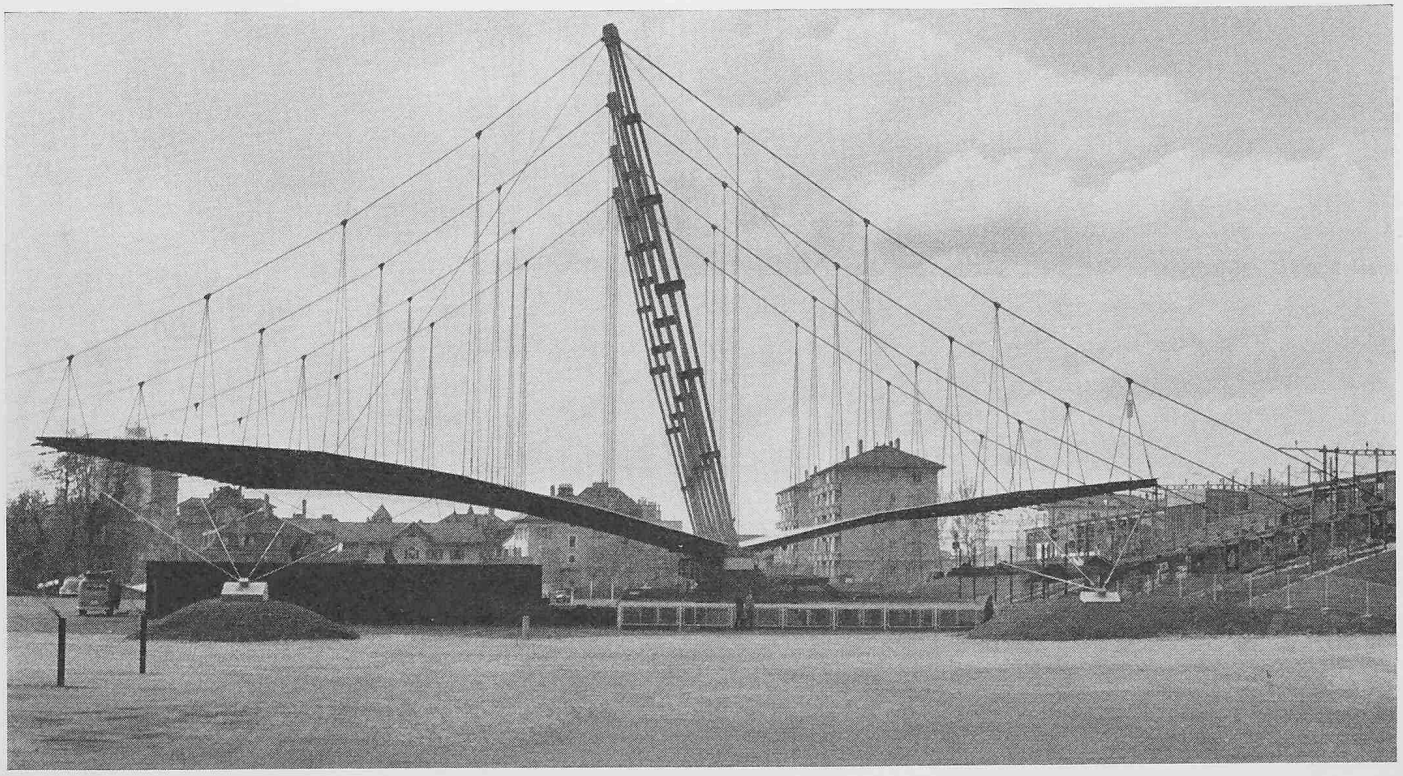
Belastungsgrundlagen

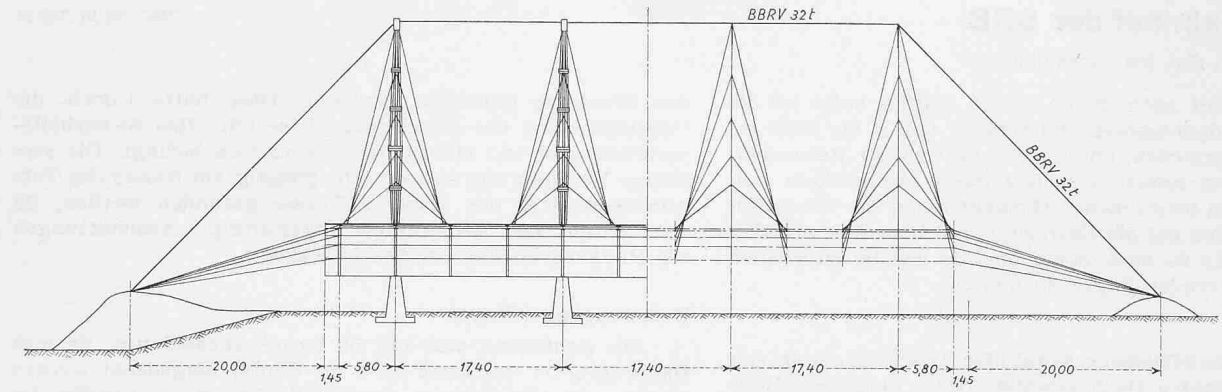
Die Schneelast war mit 60 kg/m² anzunehmen, da laut Bauprogramm das Dach noch im Winter eingedeckt werden musste. Zur Festlegung der Windbelastungen wurden im Windkanal der Eidg. Flugzeugwerke in Emmen eingehende Modellversuche unter Berücksichtigung der Topographie durchgeführt. In Bild 7 ist die Windbelastung für den Fall «Wind vom See her» dargestellt. Erwartungsgemäss ergaben sich recht beachtliche Sogwerte an der luvseitigen Dachseite. An der leeseitigen Dachkante waren Wirbelablösungen festzustellen, deren kräftemässiger Einfluss jedoch nicht erfasst werden konnte. Die Windkräfte wurden für Geschwindigkeiten bis zu 170 km/h beobachtet. Massgeblich für die Dimensionierung erwiesen sich die Windrichtungen senkrecht zur Längsaxe und diagonal unter 45° von der Seeseite her.

Statik und Dynamik

Bei festverankerten Trag- und Niederhalteseilen ist die Proportionalität zwischen Kraft und Verschiebung, d. h. der Satz von Maxwell [$\delta_{ik} = \delta_{ki}$] nicht erfüllt. Dadurch wurde eine analytische Berechnung praktisch unmöglich. Man konnte nur auf Grund eines Modells Einblick in das Kräftespiel gewinnen. An einem Drahtmodell im Längenmasstab 1:50 und im Kräftemasstab 1:5000 wurden in der Folge die massgebenden Belastungsfälle durchgemessen. Die Vorspannung der Niederhalteseile wurde so bemessen, dass jeweils im ungünstigsten Belastungsfall ein Schlaffwerden der Kabel vermieden wurde. Die Auswertung der Modellversuche ergab am bergseitigen Tragseil eine max. Zugkraft von 190 t, am entsprechenden seeseitigen eine solche von 125 t. Das bergseitige Niederhalteseil musste mit 36 t, das seeseitige mit 45 t vorgespannt werden. Die grössten Zugkräfte in diesen

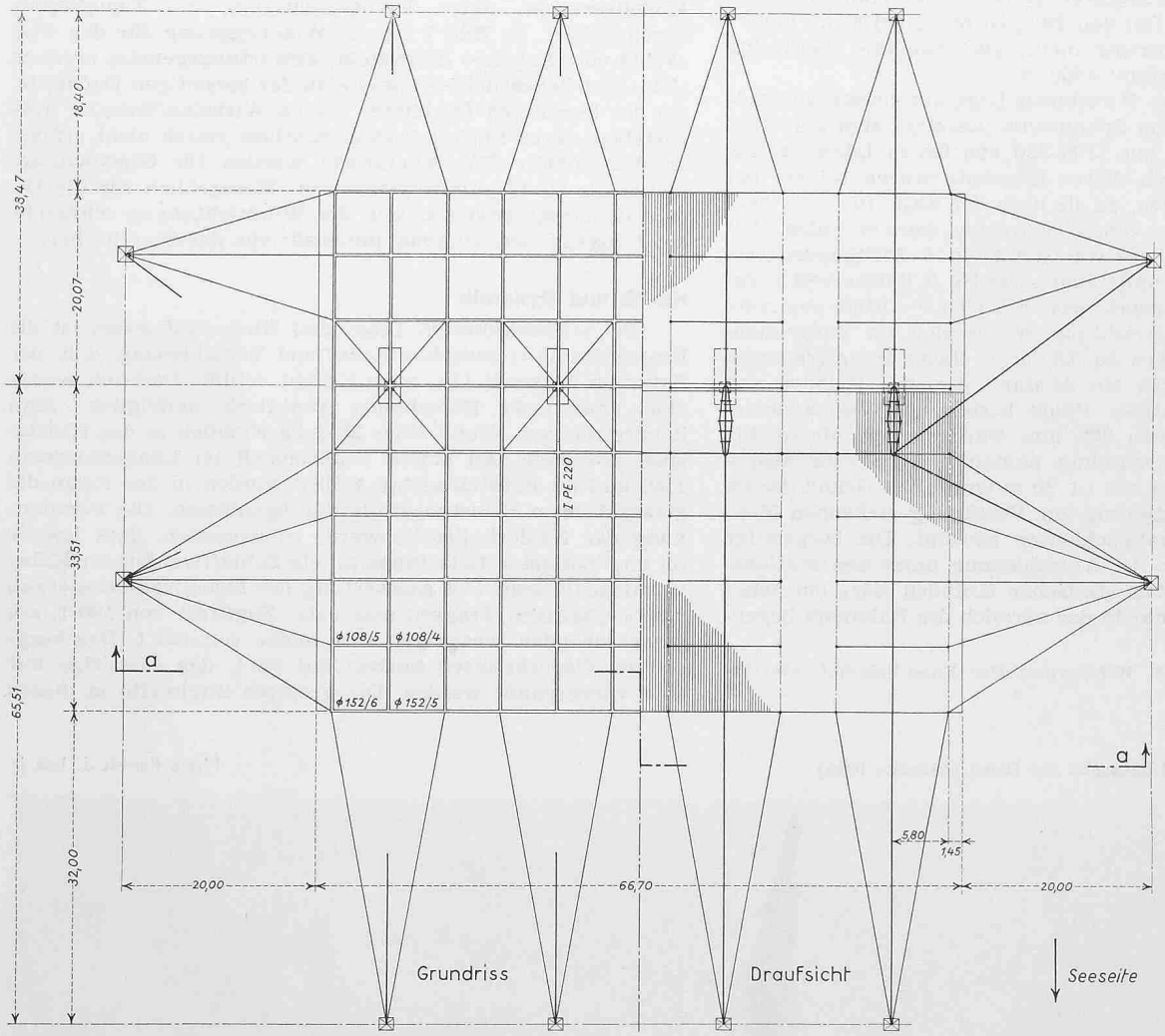
Bild 1. Der Expo-Bahnhof Lausanne aus Osten (Seeseite links) Photo Kermit J. Lee jr.





Expo-Bahnhof Lausanne

Architekt
P. Zoelly, Zürich
Ingenieur
A. Wildberger,
Schaffhausen



Bilder 2 und 3. Grundriss und Draufsicht, darüber Längsschnitt, Masstab 1:800

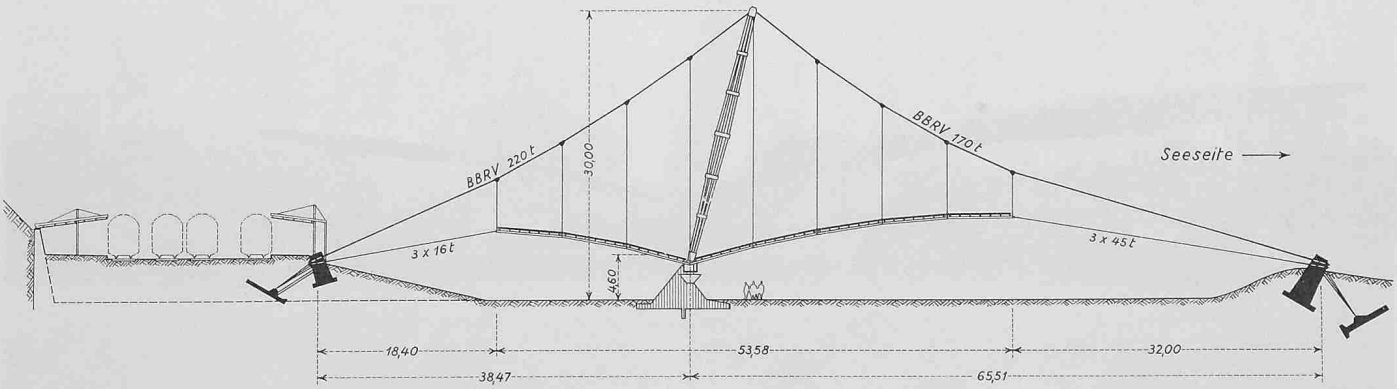


Bild 4. Querschnitt 1:800

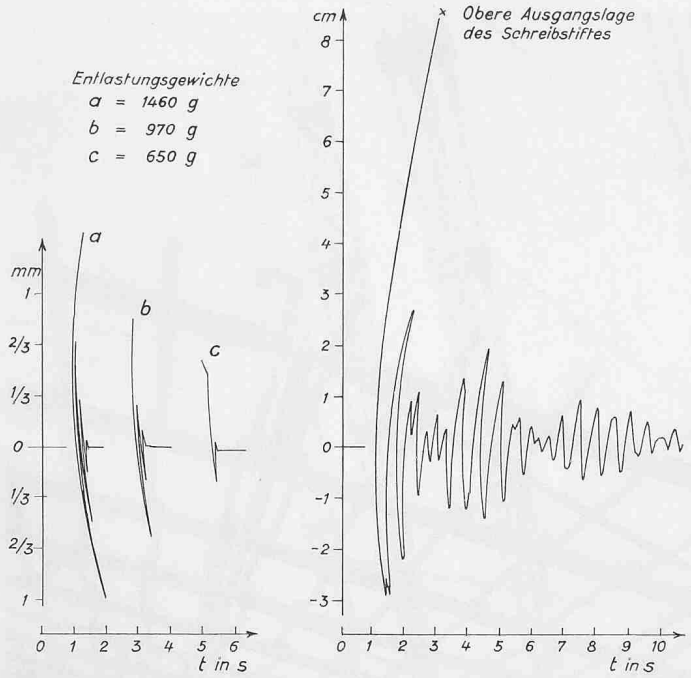


Bild 5. Messung der Eigenschwingungszeit durch plötzliche Entlastung der seeseitigen Dachkante, links am Modell, rechts am fertigen Bauwerk

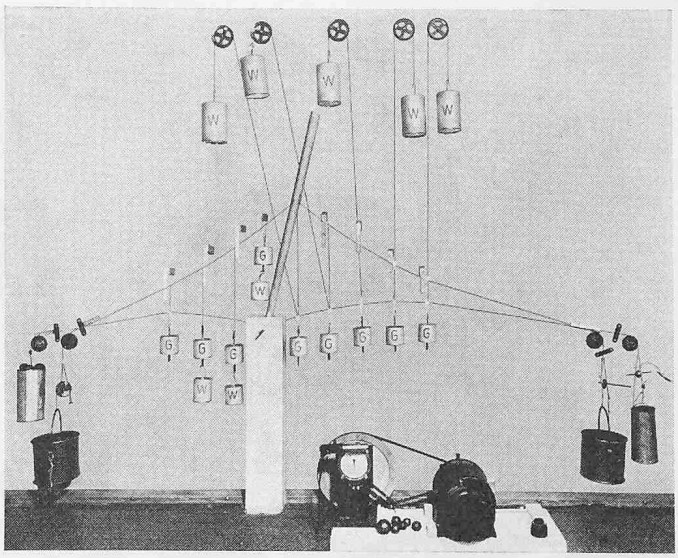


Bild 6. Ansicht des Modells; im Vordergrund der Pulsator. Belastungsfall Eigengewicht G und Wind von Seeseite W. Photo P. Grünert

beiden Seilen betragen 40 bzw. 82 t. Die max. Druckkraft im Pylon wurde zu 215 t ermittelt.

Die Ergebnisse dieser quasi statischen Wind- und Schneebelastung vermochten die Experten nicht völlig zu befriedigen, da über die dynamischen Einwirkungen noch keine Klarheit herrschte. In der Folge wurde versucht, am Modell die Eigenschwingungswerte festzustellen. Mit Hilfe einer am seeseitigen Dachende angebrachten pulsierenden Kraft wurde versucht, das Tragsystem aufzuschaukeln. Infolge der verhältnismässig grossen Dämpfung war die Feststellung der Resonanzfrequenzen äusserst schwierig. Ein an der selben Stelle angebrachtes Gewicht, welches plötzlich entlastet wurde, wobei gleichzeitig die eintretende gedämpfte Schwingung aufgezeichnet wurde, lieferte bessere Ergebnisse (Bild 5). Es wurde eine Eigenschwingungszeit am Modell von $T_M = 0{,}106$ s beobachtet.

Die nächsten Schwierigkeiten traten nun beim Umrechnen der Modellwerte auf das Bauobjekt ein. Die auf Grund einer einfachen Pendelschwingung durchgeführte Berechnung ergab für das Bauwerk einen Wert von $T_N \sim 1{,}0$ s, d. h. eine Eigenschwingungszeit, die für Windkräfte möglicherweise zu Resonanzerscheinungen führen könnte. Variationen in der Vorspannkraft der Niederhalteseile beeinflussen die im Modell gemessenen Werte nur wenig. Es blieb nur noch eine Verifikation am Bauwerk übrig, da inzwischen die konstruktive Fertigstellung sehr weit fortgeschritten war. Diese wurde nach beendeter Montage durchgeführt, wobei am Dachrand ein Betonklotz von 1 m³ Volumen, d. h. 2,45 t Gewicht aufgehängt und die Schwingung des Aufhängepunktes nach plötzlicher Entlastung (Durchschneiden des Aufhängeseiles) gemessen wurde. Aus dem Schwingungsdiagramm (Bild 5) ergab sich eine Eigenschwingungszeit von $T_N = 0{,}51$ s, die somit wesentlich kleiner als eine Sekunde ist und damit erfahrungsgemäss ausserhalb der Erregerfrequenz von Windbelastungen liegt. Die Ingenieure und Experten haben erleichtert aufgeatmet!

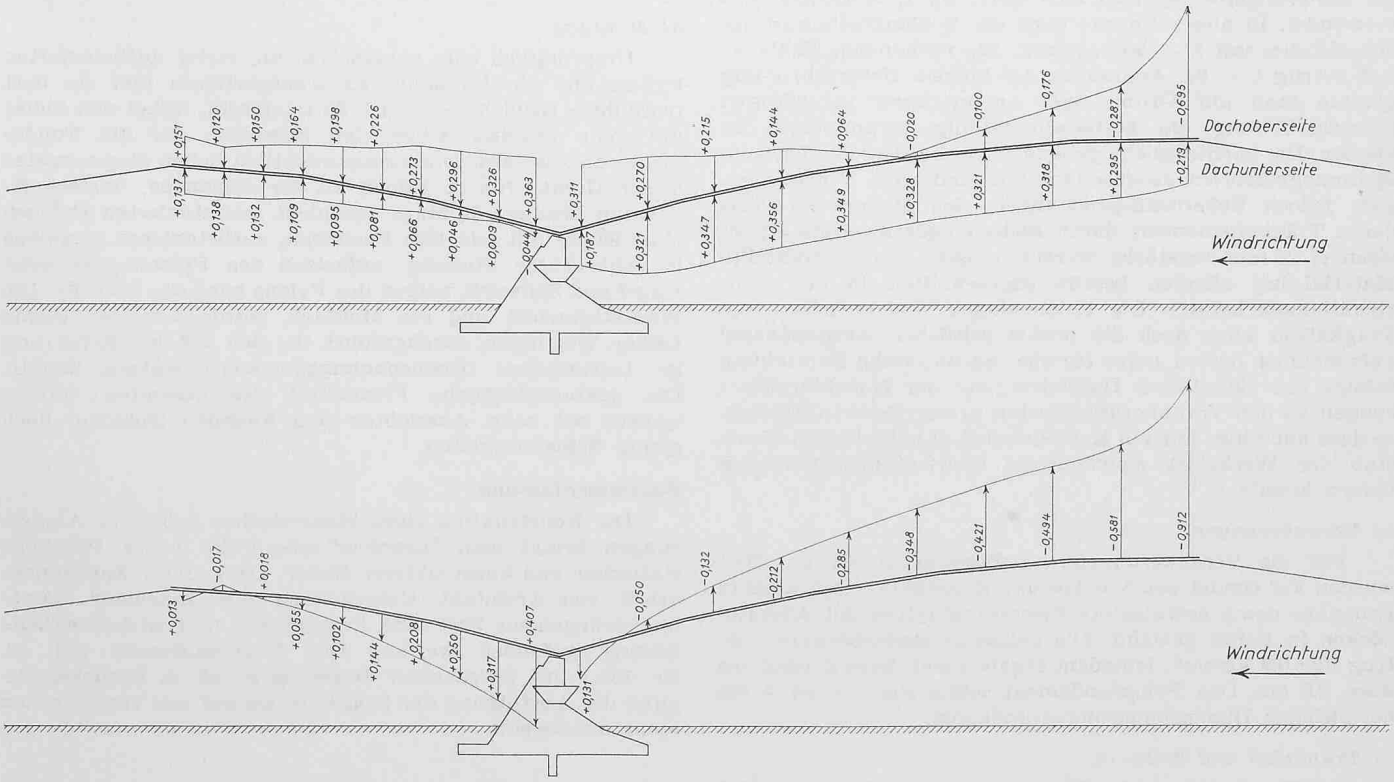


Bild 7. Winddruckbeiwerte c_p für den Lastfall Wind von Seeseite, oben für Sog und Druck getrennt, unten Gesamtwert. Winddruck $p = c_p \cdot 85$ [kg/m²]. Messebene in der Symmetrieaxe des Bauwerks

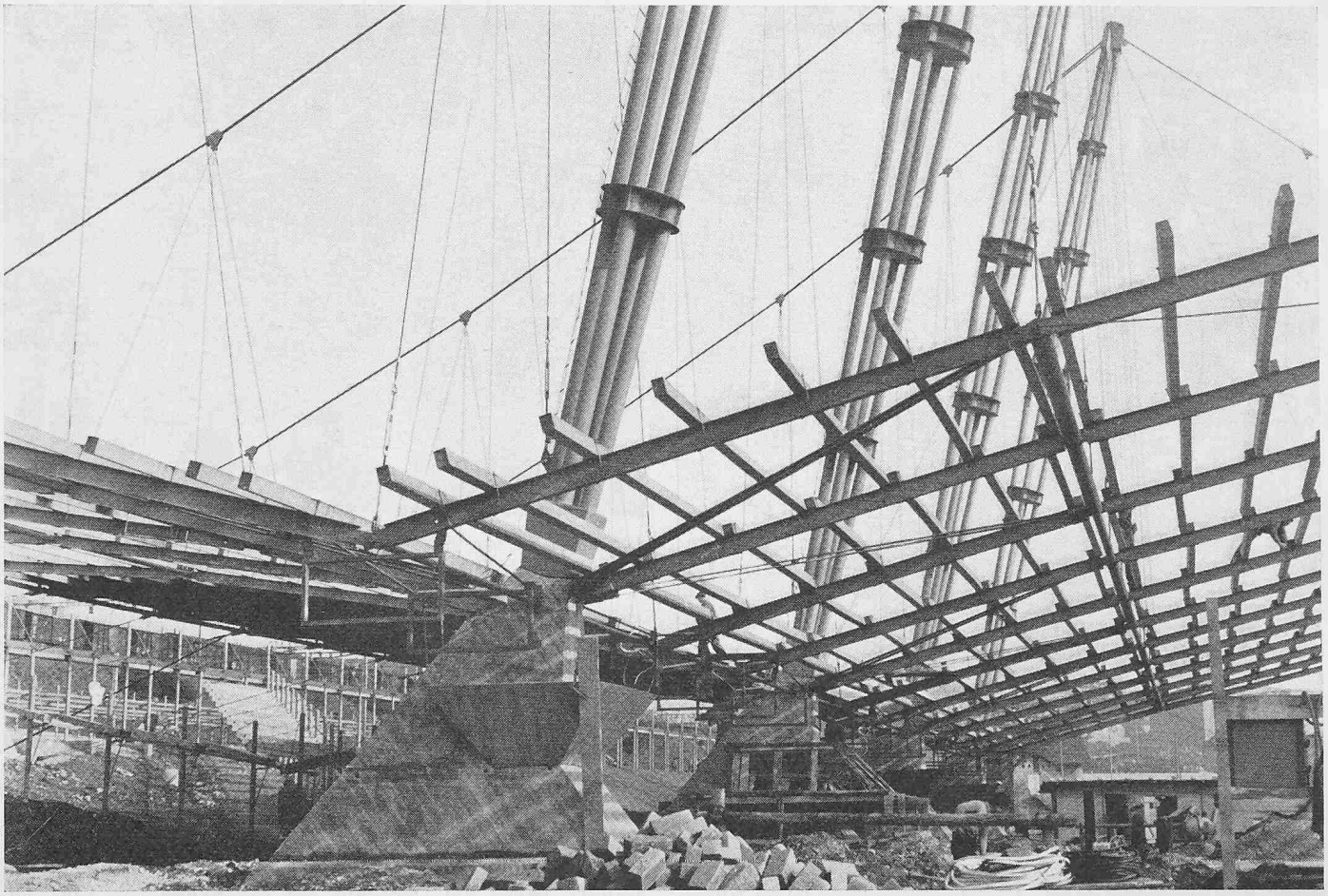


Bild 8. Expo-Bahnhof Lausanne im Bauzustand Photo Kermit J. Lee jr.

Konstruktive Einzelheiten

a) Pylonen

Die Dimensionierung des Pylons als querbelasteter, mit Bindeblechen ausgebildeter Druckstab bot auch einige Schwierigkeiten. In der Vordimensionierung wurde nämlich die Näherungsformel nach DIN 4141, Bl. 1, Abschnitt 8.23 verwendet. In dieser Formel wird der Schlankheitsgrad des Einzelstabes mit $\lambda = 50$ begrenzt. Die vorhandene Schlankheit betrug $\lambda = 64$. Angesichts der kleinen Ueberschreitung glaubte man auf Grund einer entsprechend vorsichtigen Dimensionierung die Materialbestellung verantworten zu können. Die nachträgliche genaue statische Berechnung nach Spannungstheorien zweiter Ordnung und nach Vianello ergab jedoch Ueberbeanspruchungen der Rohre, so dass deren Trägheitsmoment durch sechs eingeschweisste Rundeisen ⌀ 26 mm verstärkt werden musste (das vorbestellte Material lag nämlich bereits zugeschnitten in der Konstruktionswerkstatt). Die Pylonenköpfe, welche neben den Tragkabeln auch noch die beiden seitlichen Abspannkabel aufzunehmen hatten, boten für eine zeichnerische Darstellung infolge der räumlichen Durchdringung der Kabeldurchführungen zu den Verankerungsplatten grosse Schwierigkeiten, so dass auch hier nur ein Kartonmodell in natürlichem Massstab der Werkstatt einwandfreie Bearbeitungsgrundlagen liefern konnte.

b) Verankerungen

Für die Verankerungen mit Zugkräften bis zu 225 t wurden auf Grund von Vorstudien (Zugpfähle, vorgespannte Erdanker usw.) erdbelastete Eisenbetonplatten mit Abstützböcken in Beton gewählt. Die zulässige Bodenpressung betrug nur 0,9 kg/cm²; trotzdem ergaben sich Bewegungen bis max. 2,5 cm. Das Pylonfundament setzte sich um rd. 4 cm bei gleichen Dimensionierungsgrundlagen.

c) Tragkabel und Seilwerk

Als Tragkabel wurden Vorspanndrähte ⌀ 7 mm gewählt mit Verankerungsköpfen nach System BBRV. Als Niederhaltekabel sind Spiraldrahtseile verwendet worden, die in Dreiergruppen zusammengefasst und mit Durchführungen aus Vorspanndrähten in den Abstützböcken verankert wurden. Die Regulierung der Seillagen sowie der Vorspannung konnte mittels hydraulischer Pressen durchgeführt und den Setzungen der Fundation angepasst werden.

d) Montage

Ursprünglich war vorgesehen, die fertig ausbetonierten Pylone auf die Baustelle zu transportieren und sie dort trotz ihres Gewichtes von rd. 35 t (einschl. Kabel und Seile) mit dem derzeitig schwersten Pneukran auf die Fundamente aufzusetzen. Die ausserordentlich hohen Regieansätze dieser Geräte führte jedoch zu der folgenden, wirtschaftlicheren Lösung: Montage der nicht ausbetonierten Pylonen ohne Köpfe mit leichtem Pneukran, ausbetonieren derselben in senkrechter Stellung, aufsetzen des Pylonkopfes samt Kabel und Seilwerk, neigen des Pylons nach der Seeseite. Die Werkstattarbeit und die Montage wurde von der Firma *Lebag,* Wettingen, durchgeführt, die sich auf ihre Erfahrung im Leitungsbau (Hochspannungsmasten) stützen konnte. Die ausserordentliche Flexibilität des gesamten Hängewerkes bot beim Ausrichten und Spannen trotzdem noch genug Schwierigkeiten.

Zusammenfassung

Die Konstruktion eines Hängedaches grösserer Abmessungen bringt dem Ingenieur eine Fülle neuer Probleme statischer und konstruktiver Natur. Dank guter Zusammenarbeit von Architekt, Unternehmer und Ingenieur konnte im vorliegenden Fall eine interessante und wirtschaftliche Lösung gefunden werden. Der Kostenaufwand mit rd. Fr. 135.—/m² überdachter Hallenfläche ist in Berücksichtigung der Abstützung der Konstruktion auf nur vier Punkten recht interessant.

Adresse des Verfassers: *Alex Wildberger,* dipl. Ing., Grabenstrasse 11, Schaffhausen.