Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 65 (1947)
Heft: 20

Artikel: Zur Wiederherstellung der Tacoma-Hängebrücke
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-55880

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: 17.07.2025

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

auch eine sehr grosse Drehgeschwindigkeit ω_W. Wenn also bei einer Welle mit zwei Massen die eine Masse m_1 langgestreckt ist, so dass $\Theta_{x1} = \Theta_{y1}$ ist, dann hat die Gesamtanordnung bei besonders raschem Umlauf der Welle ($\omega_W = \infty$) eine grosse Eigenschwingungsfrequenz ($\omega_B = \infty$). Das ist eine kritische Drehzahl höherer Ordnung. Es schwingt nur das eine Trägheitsmoment Θ_1 sehr rasch, während m_1, m_2 und Θ_2 in Ruhe bleiben. Die Welle läuft in der verbogenen Form mit schräg gestelltem Trägheitsmoment Θ_1 um, wobei die Welle so verbogen ist, dass die Schwerpunkte von m_1 und m_2 und das Trägheitsmoment Θ_2 in Ruhe bleiben. Ich nehme an, dass diese Erscheinung in der heutigen Zeit, in der man vielfach Wellen mit sehr hohen Drehzahlen umlaufen lässt, Störungen hervorrufen kann, die nicht sofort auf ihren Ursprung zurückgeführt werden können.

Zur Wiederherstellung der Tacoma-Hängebrücke

DK 624.53 (73)

Ueber den Entwurf der neuen Tacoma-Hängebrücke, die das am 7. November 1940 eingestürzte Bauwerk[1]) ersetzen soll, berichtet Charles E. Andrew im «Engineering News Record» vom 29. November 1945. Wir entnehmen diesem Bericht die folgenden wichtigsten Ergebnisse.

Entsprechend den Untersuchungen der Expertenkommission[2]) musste die neue Brücke mit grösserem Hauptträgerabstand und grösserer Steifigkeit bei Verminderung der aerodynamischen Unstabilität des Brückenprofils erstellt werden. Eingehende Versuche, die sich über einen Zeitraum von rund vier Jahren erstreckten, führten dazu, den Hauptträgerabstand auf 18,29 m statt 11,90 m anzusetzen, während an Stelle des ursprünglichen, vollwandigen Versteifungsträgers von 2,44 m Höhe nun ein Fachwerkversteifungsträger von 10,06 m Höhe bei einem Trägheitsmoment von rund $300 \cdot 10^6$ cm^4 mit möglichst kleiner Windangriffsfläche angeordnet wurde. Die Spannweite der alten Brücke mit 2800 Fuss wurde beibehalten; es konnten so die Hauptpfeiler, sowie Teile der Verankerungen und die westliche Zufahrt der alten Brücke wieder verwendet werden. Die Fahrbahn zeigt ein neues charakteristisches Merkmal: zur Verminderung der Torsionsmomente aus Wind wurden zwischen den einzelnen Fahrbahnstreifen, sowie zwischen Fahrbahn und Gehwegen durchlaufende Längsschlitze von rund 80 bzw. 47 cm Breite angeordnet. Das Eigengewicht der neuen Brücke ist rund 50 % grösser als das der alten.

Die aerodynamischen Versuche, die die Grundlage für den neuen Entwurf bilden, wurden an einem Modell im Massstab 1:50 von 100 Fuss = 30,48 m Länge durchgeführt. Der für diese Versuche erstellte Windkanal musste einen Luftstrom mit einem Querschnitt von $1{,}2 \cdot 30{,}5$ m^2 liefern, der durch 10 Propeller mit je 2,3 m Durchmesser erzeugt wurde. Zur «Eichung» der Modellversuche konnte der glückliche Umstand verwendet werden, dass eine ganze Reihe von Beobachtungen über Schwingungen der früheren Brücke zur Verfügung stand. Es zeigte sich bei diesen Versuchen wieder der bekannte Mangel, dass unser Erfahrungsmaterial über die Dämpfung bei ausgeführten Brücken sehr dürftig ist; in den Modellversuchen wurde deshalb möglichst kleine Dämpfung angestrebt, um bei der Ausführung möglichst sicher zu gehen. Trotzdem in der Natur der Wind starke Veränderung der Geschwindigkeiten und über die Brücke veränderlichen Einfallswinkel aufweist, wurden diese beiden Grössen, mittlere Windgeschwindigkeit und Einfallswinkel, konstant gehalten; auch das ist ungünstiger als die Wirklichkeit, weil durch konstante Windgeschwindigkeit ständig Energie zugeführt wird, während ein veränderlicher Einfallswinkel dämpfend wirkt.

[1]) *F. Stüssi* und *J. Ackeret:* Zum Einsturz der Tacoma-Hängebrücke. SBZ B. 117, S. 137* (29. März 1941).

[2]) *O. H. Ammann, T. v. Karman* und *G. B. Woodruff:* The Failure of the Tacoma-Narrows-Bridge. A Report by the Board of Engineers. März 1941.

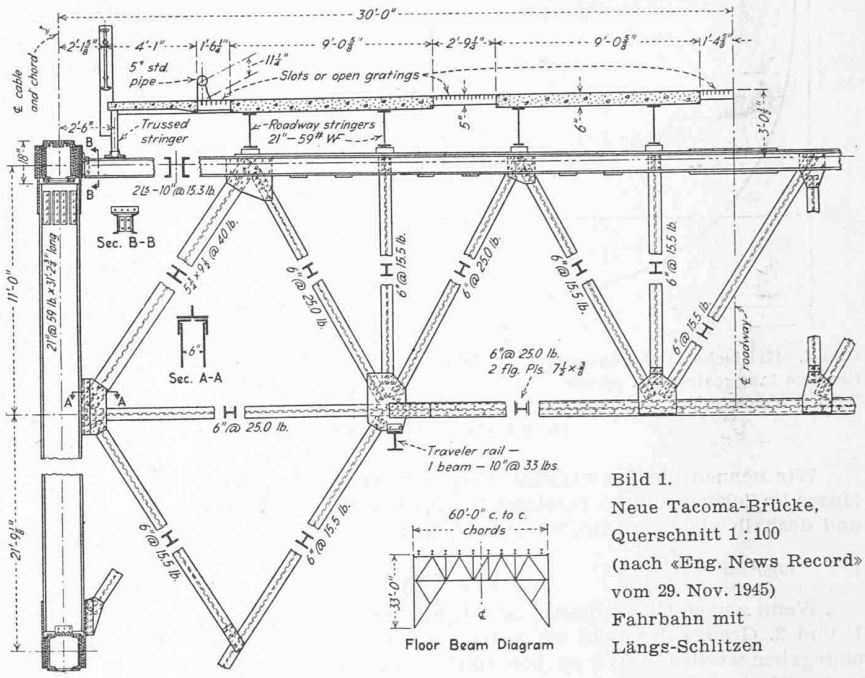

Bild 1. Neue Tacoma-Brücke, Querschnitt 1 : 100 (nach «Eng. News Record» vom 29. Nov. 1945) Fahrbahn mit Längs-Schlitzen

Zur ausgeführten Form des neuen Brückentragwerkes (Querschnitt Bild 1) gelangte man in zwei Etappen. In einer ersten Etappe wurde die Fahrbahn noch ohne Längsschlitze vorgesehen, dagegen die Hauptträger fachwerkförmig ausgebildet. Das Modell dieser Brücke zeigte aerodynamische Stabilität bis zu einer Windgeschwindigkeit von rund 180 km/h, für Einfallswinkel zwischen 2° aufwärts und 5° abwärts, bei einem Trägheitsmoment von rund $270 \cdot 10^6$ cm^4. Eine Vergrösserung des Trägheitsmomentes auf annähernd das Doppelte beeinflusste die kritische Windgeschwindigkeit nur wenig. Wohl zeigte dieses Modell gegenüber der ursprünglichen Brücke ein wesentlich verbessertes Verhalten. Da aber Rauchversuche zeigten, dass bei Sturm die Einfallswinkel des Windes ausserhalb der gefundenen kritischen Winkelwerte liegen können, wurde Stabilität für Neigungswinkel bis $\pm 15°$ bei Windgeschwindigkeiten bis etwa 150 km/h gefordert. Um diese Forderung einhalten zu können, standen zwei Wege offen: Man konnte entweder die Bewegungsursache weiter verkleinern oder die Möglichkeit der Energieaufnahme durch das Tragwerk vergrössern. Der erste Weg ist bestimmt wirtschaftlicher.

Die zweite Versuchsetappe zeigte nun, dass durch durchgehende Längsschlitze, abgedeckt mit Stahlgitterrosten, die aerodynamische Unstabilität praktisch eliminiert werden kann. Die Versuche zeigten, dass die Schlitzbreite auf die Grösse des anfachenden Momentes von Einfluss ist; bei den gewählten Ausführungsbreiten werden die Impulse so stark vermindert, dass die vom Wind übertragene Energie bei kleiner Schwingungsweite aufgenommen werden kann. Damit waren die Grundlagen für die Ausführung der neuen Brücke gegeben. Mit der Durchführung dieser Untersuchungen war Prof. F. B. Farquharson der University of Washington beauftragt.

In diesem Entwurf wird zum ersten Mal ein neues Konstruktionsmerkmal in Form der durchlaufenden Fahrbahnlängsschlitze verwirklicht, wodurch die aerodynamische Unstabilität weitgespannter und schmaler leichter Hängebrücken gegenüber Torsion praktisch ausgeschaltet wird. Es muss hier festgestellt werden, dass dieses Merkmal nicht eine amerikanische, sondern eine schweizerische Erfindung ist. Im Anschluss an unsere Untersuchungen über den Einsturz der Tacoma-Brücke[1]) hat Prof. Dr. J. Ackeret, unterstützt durch Konstrukteur J. Egli, grundsätzliche Modellversuche in kleinem Masstab über den Einfluss des Fahrbahnlängsschlitzes durchgeführt. Die Versuchsergebnisse, in Bild 2 wiedergegeben, sind ausserordentlich instruktiv und schlüssig. Diese Versuchsergebnisse von Bild 2 hat Prof. Ackeret am 21. Nov. 1941 Prof. Farquharson zugestellt und der Empfang dieser Ergebnisse wurde von Prof. Farquharson am 3. März 1942 auch bestätigt. Es unterliegt deshalb keinem Zwefel, dass die Ausführungsform der neuen Tacoma-Brücke in einem grundlegend wichtigen Merkmal durch diese Versuche Ackeret-Egli

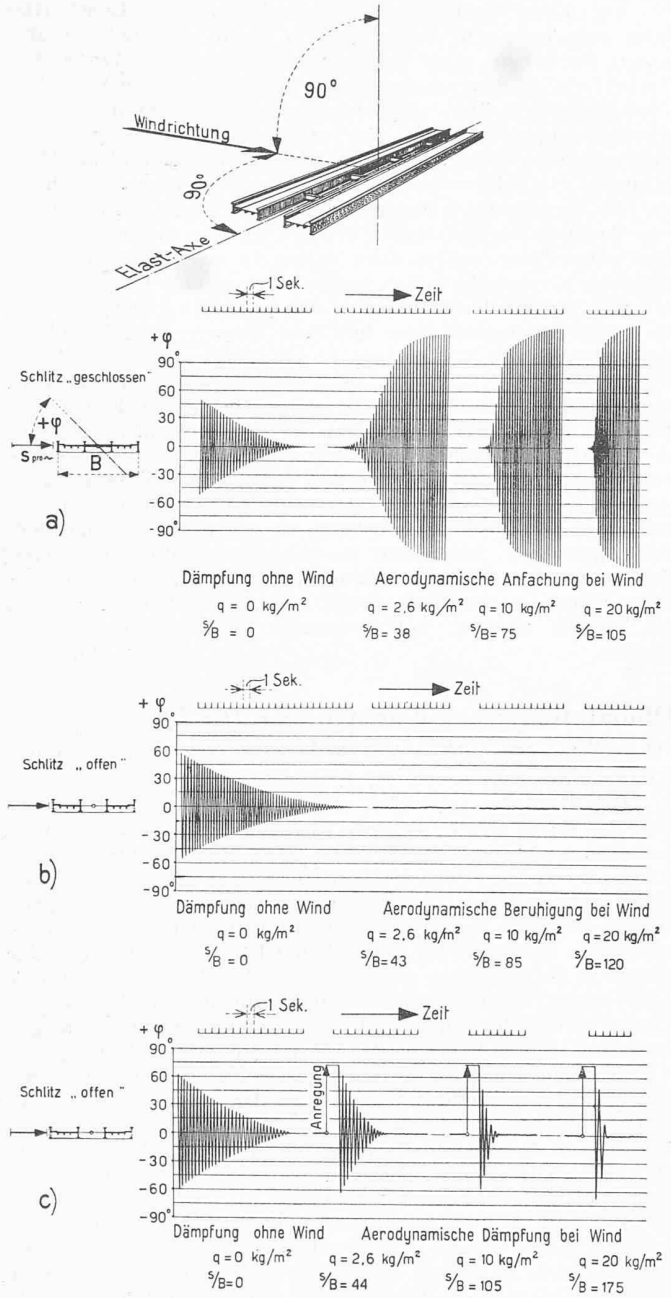

Bild 2. Ergebnisse der aerodynamischen Modellversuche für die Tacoma-Brücke von J. Ackeret und J. Egli, E. T. H. Zürich 1941

beeinflusst worden ist, und es muss in aller Offenheit und Freundschaft gegenüber unsern amerikanischen Kollegen hier festgestellt werden, dass die Unterlassung einer entsprechenden Quellenangabe in der amerikanischen Berichterstattung zum mindesten einen Schönheitsfehler darstellt. F. Stüssi

Verband Schweizerischer Brückenbau- und Stahlhochbau-Unternehmungen (V. S. B.)

DK 061.2 : 624.014.2 (494)

Dieser Verband hat Ende letzten Jahres sein 40-jähriges Bestehen gefeiert (siehe Bd. 128, S. 260). Es kam bei diesem Anlass so recht zur Geltung, welch grosse Bedeutung einer solchen Organisation für Technik und Wirtschaft zukommt. Aus diesem Grunde machen wir gerne von der Erlaubnis des Alt-Präsidenten, Ing. E. Geilinger in Winterthur, Gebrauch, den Hauptteil seiner Ansprache hier abzudrucken. Gleichzeitig sei auf die Besprechung (S. 269) des prächtigen Jubiläumswerkes des V. S. B. hingewiesen, das die im folgenden berührten Probleme ebenfalls behandelt und darüber hinaus noch vieles Interessantes bietet. Red.

Die Inhaber unserer alten Stahlbaufirmen waren als selbstverantwortliche Unternehmer gewohnt, in wirtschaftlicher und technischer Beziehung auf eigenen Füssen zu stehen und in voller Unabhängigkeit ihre Entscheidungen zu treffen. Trotzdem sie von der Richtigkeit dieser Auffassungen durchaus überzeugt waren, wurden sie doch durch die wirtschaftlichen Schwierigkeiten gezwungen, einen, wenn auch bescheidenen Teil ihrer geschäftlichen Unabhängigkeit aufzugeben und die durch einen Zusammenschluss der einzelnen Firmen notwendigen Bindungen auf sich zu nehmen. Eine Anzahl einsichtiger Männer erkannte den Ernst der Situation, die Gefahren, die ihren Betrieben und der jungen Industrie drohten. Sie hatten die Wahl zwischen teilweiser Aufgabe der individuellen Freiheit, dem sinnlosen Kampf aller gegen alle und dem Ruin des eigenen Unternehmens. In voller Erkenntnis all dieser Gefahren wurde im Herbst 1905 der Grundstein zum V. S. B. gelegt, der am 1. Januar 1906 seine Tätigkeit aufnahm. Die Leitung des jungen und zarten Gebildes lag in den bewährten Händen des ersten Präsidenten Albert Buss und seines Freundes Ständerat Dr. Paul Scherrer, der als Geschäftsführer seine reichen Erfahrungen in den Dienst der Stahlbau-Industrie stellte.

Das Ziel des Verbandes war anfänglich rein wirtschaftlicher Natur, handelte es sich doch vorerst um eine Sanierung der unhaltbar gewordenen Preisverhältnisse und um die Selbstverteidigung des Stahlbaues im Kampfe gegen andere Bauweisen. Als geeignete Mittel zur Lösung dieser Aufgabe erkannte man den Zusammenschluss zur Vermeidung des ungesunden Konkurrenzkampfes in den eigenen Reihen und die Verbesserung der Vergebungspraxis bei staatlichen Aufträgen. Im Laufe der Zeiten schloss sich diesen mehr wirtschaftlichen Bestrebungen die Arbeit auf dem Gebiete der technischen Förderung des Stahlbaues in Ausführung und Theorie als unerlässliche und wichtige Verbandsaufgabe an. Von Anfang an erkannten die Gründer unseres Verbandes, dass die mit dem Zusammenschluss unweigerlich verknüpften Einschränkungen der Unabhängigkeit ein gesundes Ausmass nicht überschreiten dürfen, und dass dem Stahlbau und seinen Unternehmungen am besten gedient ist, wenn der technische Fortschritt und die berufliche Tüchtigkeit sich frei entfalten können.

Wie ein roter Faden zieht sich dieser Gedanke durch die Geschichte unseres Verbandes. Mancherlei widrige Umstände in Kriegs- und Krisenzeiten liessen gelegentlich da und dort Wünsche nach grundsätzlicher Umstellung auftauchen, entweder im Sinne einer Verschärfung der Verbandsbestimmungen oder im gleichen Atemzug durch weitgehende Lockerung der Statuten, die im Grunde genommen fast einer Liquidation gleichgekommen wäre. Immer wieder siegte der Gedanke einer vernünftigen Synthese zwischen Verbandszusammenschluss und Möglichkeit der individuellen Entwicklung. Dieser Gedanke kam mit aller Macht in den Jahren des zweiten Weltkrieges zum Durchbruch, als durch die Schwierigkeiten des Krieges die Notwendigkeit der Zusammenarbeit so deutlich wie noch nie bewiesen wurde, als aber auch der privaten Initiative und der beruflichen Tüchtigkeit so weite Wege offen standen. Die Erfahrungen dieser schicksalsschweren und arbeitsreichen Jahre haben in den neuen Verbandssatzungen von 1946 ihren Niederschlag gefunden. In Zeiten der ausgesprochenen Verstaatlichung der Wirtschaft, der Syndikate und der Verbandsgründungen haben wir unsere Bindungen gelockert im Willen, auf der Basis der freien Verständigung und des gegenseitigen Zutrauens unsere Aufgabe zu erfüllen und unsern Weg zu finden.

Dabei wollen wir ohne Umschweife zugeben, dass jede Verbandsarbeit im Grunde genommen doch dem einen letzten Ziele dienen soll: der wirtschaftlichen Stärkung unserer Unternehmungen; denn schliesslich sind wir Stahlbauer weder wirtschaftliche Theoretiker noch technische Idealisten, sondern Geschäftsleute, die für die Existenz ihrer Betriebe verantwortlich sind.

Mit diesem freimütigen Bekenntnis rufen wir natürlich die prinzipiellen Gegner aller wirtschaftlichen Industrie- und Gewerbeverbände auf den Plan und im stillen hören wir die bekannten Einwände: Trust und Kartell. Heute wollen wir uns auf eine an und für sich sehr interessante Diskussion über diese theoretischen Begriffe nicht einlassen, sondern wir begnügen uns mit der Feststellung, dass unsere Verbandspraxis einer genauen Ueberprüfung in dieser Beziehung nicht aus dem Wege zu gehen braucht. Als wirksames Mittel zur Aufrechterhaltung eines angemessenen Preisniveaus betrachten wir neben der gegenseitigen Verständigung im Kreise