

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 105/106 (1935)  
**Heft:** 17

**Artikel:** Zum Thema: exzentrisches Kippen  
**Autor:** Trüb, J. / Stüssi, Fritz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-47427>

### **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:** 26.01.2026

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

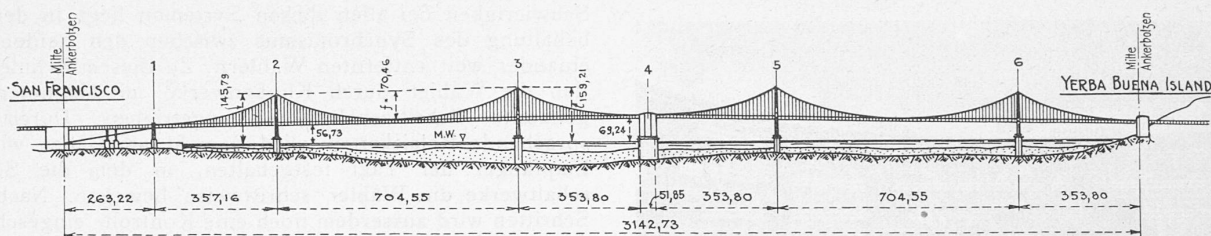


Abb. 2. San Francisco-Oakland West Bay Brücke, 1:20 000.

Tunnel durch die

entwickelt. Der Vergleich der beiden Spannungen, die zusammenschaltet werden sollen, wird stets durch Hintereinanderschalten der an den Spannungstransformatoren sekundär abgenommenen Spannungen vorgenommen. Die Summenspannungen zweier sinusförmiger Spannungen, die nicht ganz synchron sind, ergibt eine sinusähnliche Schwingung mit variabler Amplitude, eine sogenannte Schwebung. Verbindet man die variablen Maximalwerte durch eine

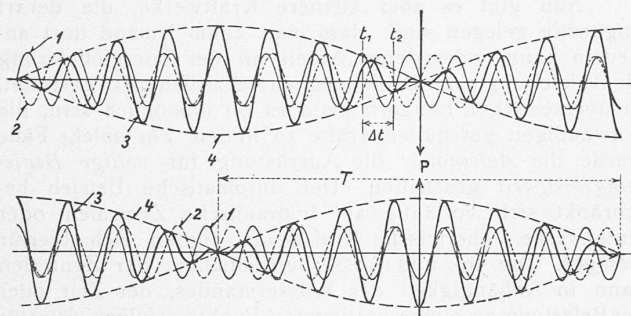


Abb. 24. Spannungsdiagramm vor der Parallelschaltung.

Linie, so erhält man die in Abb. 24 gestrichelte Schwebungskurve. Je nach der angewendeten Vergleichsschaltung (Hell- oder Dunkelschaltung) fällt der Punkt, wo der Synchronismus erreicht ist, zusammen mit dem Maximum der Schwebungskurve (untere Kurve) oder mit ihrem Schnittpunkt mit der Zeitaxe (obere Kurve). Das Parallelschaltrelais der Abb. 25 erfasst den Moment des Synchronismus in der Dunkelschaltung, d. h. da, wo die Neigung der Schwebungskurve und damit die Genauigkeit der Messung am grössten ist. Bei Annäherung an den Moment der Spannungsgleichheit (etwa vom Zeitpunkt  $t_1$  an, Abb. 24) sinkt die Spannung der beiden die Drehscheibe A entgegen dem Moment der Schwerkraft emporhaltenden Magnetspulen 5 und 6 so stark, dass die Scheibe sich zu drehen beginnt und den Kontakt 1, sodann auch den Kontakt 2 schliesst. Die zwischen dem Schliessen der beiden Kontakte verstrichene Zeit  $\Delta t$  wächst mit der Schwebungsdauer  $T$  und ist somit ein Mass für die Genauigkeit der Uebeeinstimmung der beiden Frequenzen. Erst wenn dieses Mass eine einstellbare Zeit, nämlich die Ablaufzeit des mit dem Schliessen des Kontakts 1 magnetisierten Zeitrelais 3 überschreitet, ist der durch Schliessen des Kontaktes 2 und damit Erregung des Momentanrelais 4 an den Oelschalter gegebene

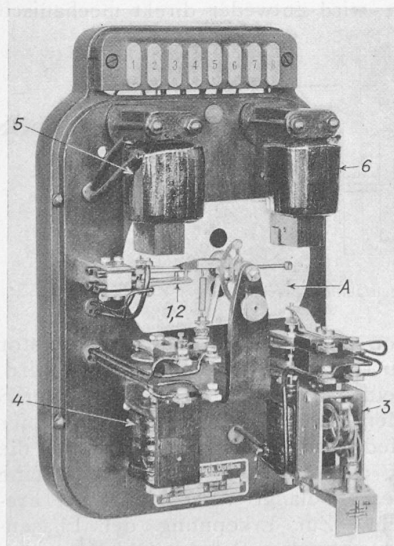


Abb. 25. Parallelschaltrelais.

Befehl wirksam; andernfalls ist der vom Zeitrelais 3 betätigte, zum Weitergeben des Befehls benötigte Kontakt beim Schliessen des Kontaktes 2 noch nicht geschlossen; infolgedessen wird der Stromkreis des Zeitrelais unterbrochen, und die Scheibe dreht sich unverrichteter Dinge zurück. Das Parallelschaltrelais prüft also automatisch den Synchronismus, ehe es den Oelschalter schliesst.

Die Automatik muss auch alle möglichen Fehlerfälle berücksichtigen. Bei inneren Fehlern wird die Anlage definitiv abgestellt und gesperrt, bis eine Kontrolle durch die Bedienung erfolgt ist. Bei äusseren Fehlern wird die Anlage nur temporär abgestellt, bis das gestörte Netz wieder in Ordnung ist, und geht dann wieder automatisch in Betrieb.

Die Automatik muss sich in jedem Anwendungsfalle den besonderen Bedingungen anpassen. In den Problemen, die öfters dabei auftauchen, kann sich der Erfindergeist der Konstrukteure austoben. Ohne sich grosser Uebertreibung schuldig zu machen, kann man behaupten, dass heute alles automatisch betrieben werden kann. Fraglich bleibt dabei nur, ob der finanzielle Aufwand für diese Automatisierung noch tragbar ist. Es ist also auch hier dafür gesorgt worden, dass die Bäume nicht in den Himmel wachsen.

Die Automatik muss sich in jedem Anwendungsfalle den besonderen Bedingungen anpassen. In den Problemen, die öfters dabei auftauchen, kann sich der Erfindergeist der Konstrukteure austoben. Ohne sich grosser Uebertreibung schuldig zu machen, kann man behaupten, dass heute alles automatisch betrieben werden kann. Fraglich bleibt dabei nur, ob der finanzielle Aufwand für diese Automatisierung noch tragbar ist. Es ist also auch hier dafür gesorgt worden, dass die Bäume nicht in den Himmel wachsen.

### Zum Thema: Exzentrisches Kippen.

Wir erhalten folgende Zuschrift:

Der Aufsatz von Ing. Dr. F. Stüssi in Nr. 11 (S. 123 lfd. Bds.) veranlasst mich, eine Formel bekanntzugeben, die ich schon seit einigen Jahren dazu verwende, die seitliche Knicksicherheit von auf Biegung belasteten Trägern abzuschätzen. Sie lautet:

$$\eta = \frac{\pi^2}{4} \frac{h^2}{l^2} \frac{J_y}{J_x} \frac{E}{\sigma_{\max}}$$

Darin bedeuten:

$\eta$  den Sicherheitsgrad gegen seitliches Ausknicken,  $h$  die Trägerhöhe,  $l$  die Spannweite,  $J_x, J_y$  die Trägheitsmomente,

$\sigma_{\max}$  die maximale Randspannung berechnet aus  $\frac{M_{x \max}}{W_x}$ .

Diese Formel leitet sich ab aus Abb. 1 oben genannten Artikels. Man bestimmt das „Innere Moment“, dann das „Aeusserere Moment“ des Trägers in Bezug auf die  $y$ -Axe. Das Verhältnis dieser Momente ergibt obige Formel, bei zwei Annahmen:

1. Die Biegelinie in der  $x$ - und  $y$ -Ebene ist eine Sinuslinie,
2. Der Untergurt weicht nicht aus.

$$M_i = \frac{J_y E}{\varrho} = \pi^2 J_y E \frac{y}{l^2},$$

$y$  = seitliche Ausbiegung der Trägermitte,  $\varrho$  = Krümmungsradius.

$$M_a = M_{x \max} \varphi = 2 \frac{J_x}{h} \sigma_{\max} \varphi, \text{ woraus}$$

$$\eta = \frac{M_i}{M_a} = \frac{\pi^2}{2} \frac{J_y}{J_x} \frac{E}{\sigma_{\max}} \frac{h}{l^2} \frac{y}{\varphi}$$

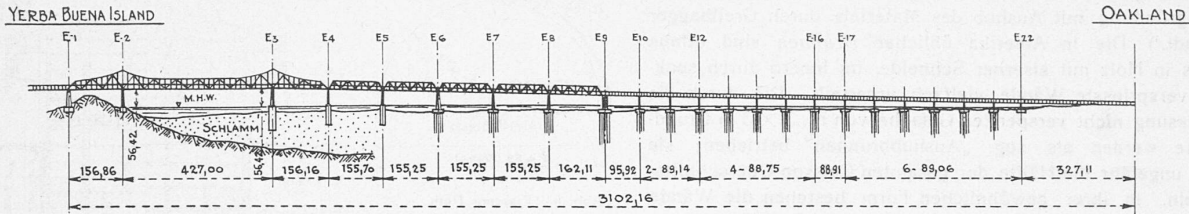
$$y = \frac{h}{2} \varphi, \text{ woraus:}$$

$$\eta = \frac{\pi^2}{4} \frac{h^2}{l^2} \frac{J_y}{J_x} \frac{E}{\sigma_{\max}}.$$

Ich messe selbstverständlich dieser etwas „lapidaren“ Formel nur die Wichtigkeit zu, die ihre zweifelhafte Abstammung gestattet. Bei zweckmässiger Verwendung leistet sie jedoch dem Praktiker in Momenten der Bedrängnis verblüffende Dienste.

La Tour-de-Peilz, 21. März 1935.

J. Trüb.



Yerba Buena Insel.

Abb. 3. San Francisco-Oakland Ost Bay Brücke, 1 : 20 000.

Hierauf erwiderte Dr. Fritz Stüssi was folgt:

Die Ableitung von Dipl. Ing. J. Trüb beruht auf der Annahme, dass der Unterflansch während des Kippens nicht ausweiche. Diese Annahme ist indessen nicht zutreffend. Ersetzt man sie durch das Verhältnis  $y : \varphi$ , das sich aus den Gleichungen 4 und 9a meines Aufsatzes für den Fall eines konstanten Biegemomentes  $M_1$  ( $\varphi$  und  $y$  sinusförmig) und bei konstantem  $\Gamma$ -Querschnitt zu

$$\frac{y}{\varphi} = \frac{C(1 + \frac{\pi^2}{a^2})}{M_1}$$

ergibt, so liefert die Ableitung Trüb mit der Schreibweise  $B_2 = E J_y$  und  $\eta \sigma_{\max} 2 J_x : h = M_1$ , kr.

$$M_{1, \text{kr.}} = \frac{\pi^2 B_2}{l^2} \frac{C(1 + \frac{\pi^2}{a^2})}{M_1}$$

oder  $M_{1, \text{kr.}} = \frac{\pi \sqrt{B_2 C}}{l} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{a^2}}$  . . . (a)

in Uebereinstimmung mit Gl. (14). Diese Gleichung wurde übrigens zuerst von Timoshenko aufgestellt.

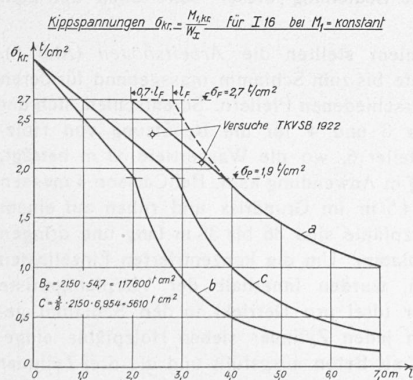
Die von J. Trüb angegebene Formel kann auch geschrieben werden

$$M_{1, \text{kr.}} = \frac{\pi^2 B_2}{2 l^2} h ; \dots \dots \dots (b)$$

sie stellt somit ( $J_{\text{Flansch}} = 1/2 J_y$ ) die Eulersche Knicklast des losgelösten Druckflansches multipliziert mit der Trägerhöhe  $h$  dar. Sie stimmt daher, abgesehen vom Unterschied zwischen Trägerhöhe und innerm Hebelarm, überein mit der leider noch stark verbreiteten Auffassung, dass die Kipplast aus der Knicklast des Druckflansches bestimmt werden könne. Es ist auch schon vorgeschlagen worden, bei der Bestimmung der Knicklast des Druckflansches auch die Steifigkeit des Zugflansches, der ja einer Ausbiegung entgegenwirkt, mitzuberücksichtigen, d. h.

$$M_{1, \text{kr.}} = \frac{\pi^2 B_2}{l^2} h \dots \dots \dots (c)$$

In der beigegebenen Abbildung sind die kritischen Spannungen eines Normalprofilträgers  $\Gamma 16$  aus Baustahl St. 37 bei konstantem Moment  $M_1$  nach den Gleichungen (a), (b) und (c) dargestellt. Bei den Knickkurven  $b$  und  $c$  wurde für den unelastischen Bereich die Tetmajers Gerade als massgebend angenommen, bei der Kurve  $a$  die Fließgrenze mit linearer Interpolation zwischen  $\sigma_p$  und  $l_F' = 0,7 l_F$ . Die eingetragenen Versuchspunkte sind einem unveröffentlichten Versuchsprotokoll der T. K. V. S. B. (Biegeversuche im Mai 1922 an der E. M. P. A.,



Zürich: 1. Seitliches Knicken des gedrückten Gurtes von  $\Gamma$ -Eisen. Versuche Nr. 1 und 5. Berichterstatter A. Walther, J. Brunner, M. Roß) entnommen. Ihre Uebereinstimmung mit den Knickspannungen nach  $a$  ist bei Beachtung der Streuungen von Materialeigenschaften und Querschnittswerten und der kaum zu verwirklichenden Voraussetzungen des idealen Kippens eine sehr gute; dagegen sind die Abweichungen von den Knickkurven  $b$  und  $c$  unzulässig grosse. Die praktische Verwendung der in Abb. 5 (S. 125)

angegebenen Kippspannungen hat gegenüber irgendwelchen Näherungsformeln allerdings den Nachteil, dass der Wert des Verdrehungsträgheitsmomentes  $J_d$  in den Profiltafeln nicht enthalten ist und deshalb vom Konstrukteur selbst berechnet werden muss. Diese kleine und einmalige Mehrarbeit dürfte aber durch den Vorteil der Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit mehr als aufgewogen werden.  
Zürich, 31. März 1935. Fritz Stüssi.

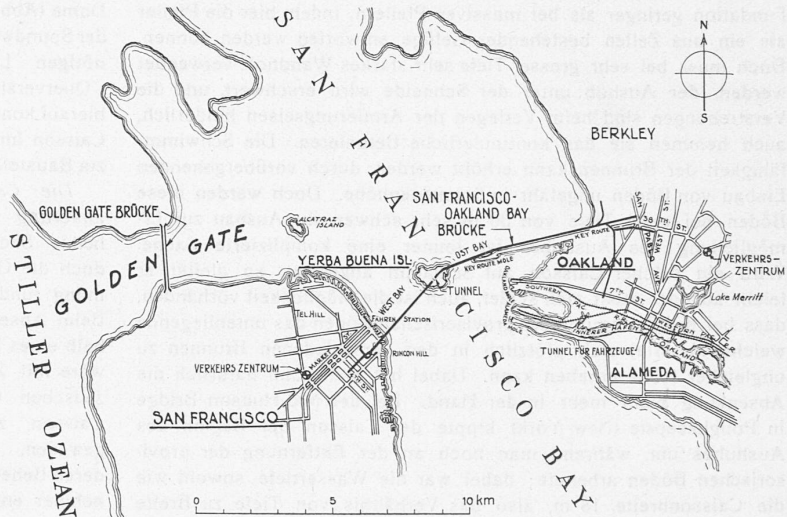


Abb. 1. Die neuen Riesenbrücken bei San Francisco: die Golden Gate Brücke im Norden und die Baybrücke im Osten der Stadt. — 1 : 250 000.

### Pfeilergründung der San Francisco-Oakland-Brücke.

Von Ing. WALTER DARDEL, M. A. C. I., Aarberg (Bern).

Ein Blick auf den Situationsplan, Abb. 1, zeigt sofort, welches grosses Interesse die Stadt San Francisco an den beiden gewaltigen Brückenbauten hat, die zur Zeit in Ausführung begriffen sind: von ihrem östlichen Hinterland trennt sie die San Francisco-Bay, und für den Verkehr mit dem Norden ist das goldene Tor zu überbrücken. Dies übernimmt eine Hängebrücke mit einer Rekordspannweite der Hauptöffnung von 1280 m; einer ihrer beiden Türme ist schon montiert. Doch soll dieser Bericht der andern, der San Francisco-Oakland-Brücke gewidmet sein, die eigentlich aus zwei Teilen (West-Bay-Brücke und Ost-Bay-Brücke, Abb. 2 u. 3) besteht, da der Verkehrszug sich in der Mitte der Bay auf die Yerba Buena-Insel stützt und die dortigen Felsen in einem Tunnel durchfährt. Die heute von Fährbooten bewältigte Verkehrsleistung beträgt 11 000 Fahrzeuge und rd. 137 000 Personen im Tag, woraus sich die zwei-stöckige Ausbildung des Fahrbahnquerschnittes (Abb. 4) erklärt. Auch der 164 m lange Tunnel wird zweistöckig ausgebaut, 20 m breit und 15,5 m hoch. Die Gesamtlänge des neuen Verkehrsweges erreicht 13,25 km, seine Kosten etwa 75 Mill. \$.

Bei den Fundierungen der West-Bay-Brücke galt es, durch Sand und Lehm zu einer grössten Tiefe von rd. 67 m auf Felsen zu dringen, wobei zu beachten ist, dass diese Pfeiler überaus grosse Abmessungen aufweisen, zum Teil infolge waagrechter Kräfte, verursacht durch Gezeitenströmung, Wind und Kabelzug, sowie Erdbeben.

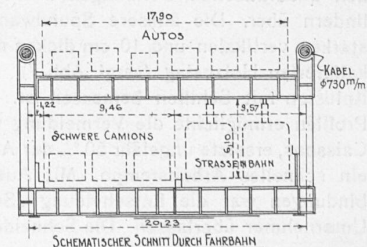


Abb. 4. Fahrbahn-Querschnitt 1 : 500.