

Schwingversuche an der Fussgängerüberführung Bircherweid

Autor(en): **Scartazzini, P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **87 (1969)**

Heft 8

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-70603>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

drähten im vorhandenen Lastbereich, 2 Millionen mal ohne Bruch ertragen werden kann – ungefähr $30 \div 40 \text{ kg/mm}^2$. Übrigens ist auch die statische Bruchsicherheit mit ungefähr $\nu = 7$ sehr hoch, und zwar deshalb, weil sich das Spannband unter der Bruchbelastung sehr stark dehnen und damit über 2 m durchbiegen würde, was nach der eingangs genannten Formel zu einer grossen Tragkraftzunahme führt.

Die genannten Belastungs- und Schwingungsversuche wurden am «Rohbau», das heisst ohne Geländer und Belag vorgenommen. Obwohl für die schlanke Brücke ein leichtes, feingliedriges Gelände gewählt wurde, zeigte sich nach der Montage, dass dieses das Schwingungsverhalten des Spannbandes wesentlich verbessert. Dank der grossen Dämpfung der im Vergleich zur Platte hohen Geländerkonstruktion sind die Schwingungen bei normalem Fussgängerverkehr kaum mehr spürbar.

6. Schlussbemerkungen

Die Anwendung des Spannbandes im Brückenbau wird zweifellos auch in Zukunft nur in Spezialfällen möglich sein. Sie kommt grundsätzlich nur bei völlig geraden Brücken in Frage, die heute die Aus-

nahme bilden. Der hohe Spannstahlverbrauch und die Verankerung der grossen Horizontalkräfte erschweren es, gegen Spannbetonbrücken oder – bei grossen Spannweiten – gegen Schrägseil- oder Hängebrücken wirtschaftlich konkurrieren zu können. Diese Schwierigkeiten können aber unter Umständen durch verschiedene, dem Spannband eigene Vorteile aufgewogen werden; dies sind vor allem: einfache Baumethode ohne Lehrgerüst, geringe Betonkubatur der dünnen, leichten Fahrbahnplatte, schlanke und elegante Konstruktion ohne hohe Pylone u.a.m. Heute würde man Spannbander mit Vorteil in Leichtbeton erstellen, womit sich ganz erhebliche Einsparungen an Spannstahl erzielen liessen.

Die beiden ersten praktischen Anwendungen von Spannbandbrücken zeigen, dass sich dabei auftretende technische Probleme gut bewältigen lassen. Trotz der sicher beschränkten Anwendungsmöglichkeit sollte diese elegante und interessante Konstruktion bei künftigen Projektierungen nicht aus den Augen verloren werden.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr.-Ing. R. Walther, Aeschenvorstadt 21, 4000 Basel.

Schwingversuche an der Fussgängerüberführung Bircherweid

DK 624.21:624.012.47:620.178.3

Von P. Scartazzini, dipl. Ing., EMPA Dübendorf

Als Ergänzung zu seinem Vortrag und im Einvernehmen mit Prof. Walther können wir den folgenden Bericht der EMPA veröffentlichen. (Red.)

1. Allgemeines

Wie aus dem Aufsatz von Prof. Dr. R. Walther hervorgeht, wurde für die Fussgängerüberführung Bircherweid erstmals ein ganz neuartiges Brückensystem angewendet, nämlich ein Spannband als tragendes Element. Da bei dieser Konstruktion vor allem das Schwingverhalten für den Gebrauch von entscheidender Bedeutung ist, war es ohne Zweifel gegeben, in Versuchen das Verhalten unter dynamischer Belastung zu untersuchen und die entsprechenden Kennwerte wie Eigenfrequenz, Schwingamplituden und Dämpfungswerte zu bestimmen. Diese Messungen wurden im Auftrage des Strassenbauamtes des Kantons Schwyz von der EMPA in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Dr. R. Walther und H. Mory durchgeführt.

2. Statischer Versuch

Um einen Vergleichswert zu den dynamischen Messungen zu erhalten, wurde die Brücke vorerst mit 3 Personenwagen (Gesamtgewicht 2400 kg) in der Mitte der Spannweite statisch belastet (Bild 1). Dabei stellte sich eine grösste Durchbiegung von 14 mm ein, was rund $1/3300$ der Spannweite entspricht. An den Verankerungen und Abstützböcken konnten weder horizontale noch vertikale Verschiebungen beobachtet werden. Die Verankerung des Spannbandes ist also praktisch unnachgiebig.

3. Dynamische Versuche

a) Versuche mit Fussgängern

Zur Beurteilung des dynamischen Verhaltens unter tatsächlicher Verkehrslast wurden die Schwingungen bei verschiedenen Durchgängen eines Einzelfussgängers sowie einer Fussgängergruppe (5 Personen) gemessen (Bild 2). Die Schrittfrequenzen, die in jedem einzelnen Durchgang möglichst konstant gehalten wurden, variierten zwischen 0,70 und 2,89 Hz, was 40 bzw. 170 Schritten pro Minute entspricht. Dies umfasst also den Bereich vom langsam gehenden bis zum eilenden Fussgänger.

Sowohl für den Einzelfussgänger wie auch für die Fussgängergruppe im Gleichschritt trat Resonanz bei einer Frequenz der Brückenschwingung von 1,59 Hz auf mit Schwing-

weiten von 10,3 mm bzw. 35,3 mm. Beim Durchmarsch der Fussgängergruppe im Freimarsch waren die Schwingweiten erwartungsgemäss kleiner. Je nach den zufälligen zeitli-

chen Unterschieden in den Einzelwirkungen wurde die einfache Schwingung der Brücke gestört. Beim Versuch mit der Schrittfrequenz im Bereich der Eigenfrequenz der Brücke

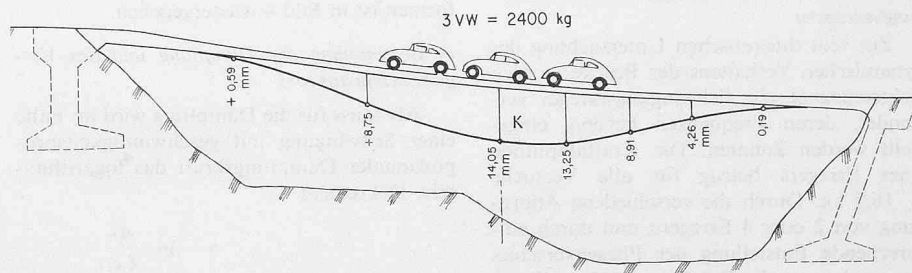


Bild 1. Schematische Darstellung der statischen Biegelinie

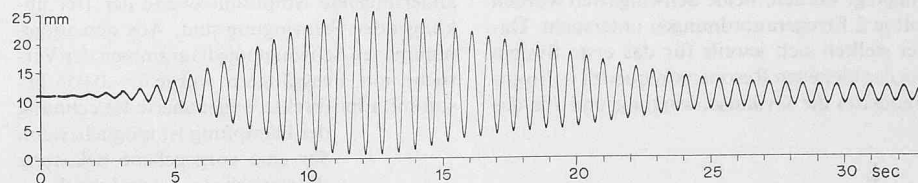


Bild 2. Dynamischer Versuch mit Fussgängergruppe im Gleichschritt. Oszillogramm für Punkt K (Bild 1). Frequenz 1,62 Hz

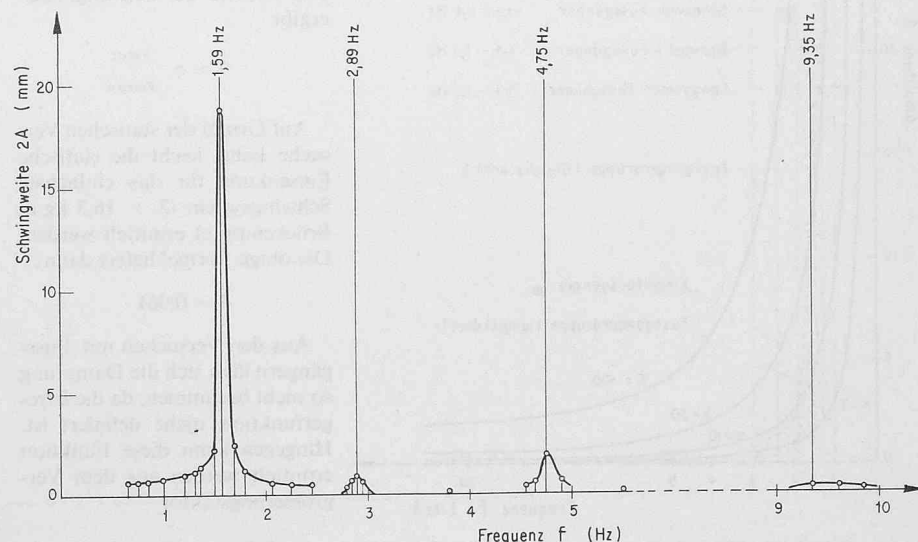


Bild 3. Frequenzspektrum der Brücke. Schwingungserregung durch zwei Erreger in Brückenmitte

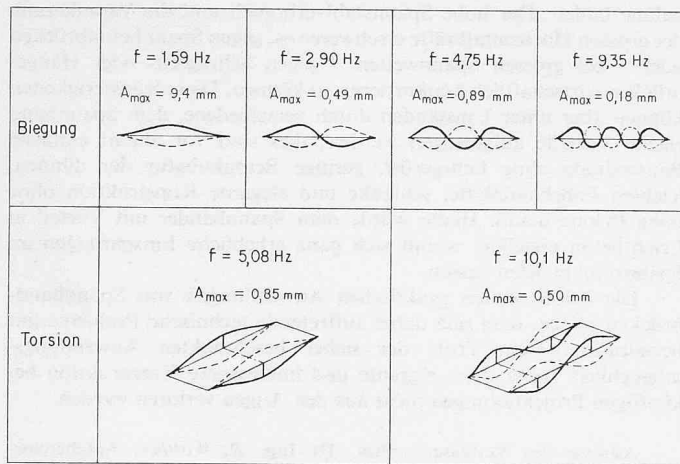


Bild 4. Zusammenstellung der verschiedenen Schwingformen bei Erregung in Brückenmitte mit $2 \times \pm 16,5$ kg

(1,59 Hz) war es aber für den Einzelnen schwierig, die frei gewählte Phasenverschiebung aufrecht zu erhalten, da jedem Einzelnen durch die Schwingung der Brücke die Phase aufgezwungen wurde. In der zweiten Hälfte des Versuchs kam die Brücke deshalb auch in freies Schwingen mit einer grössten Schwingweite von 7,6 mm.

b) Versuche mit elektromagnetischen Schwingungserregern

Zur rein theoretischen Untersuchung des dynamischen Verhaltens der Brücke wurden elektromagnetische Schwingungserreger verwendet, deren Frequenzen beliebig eingestellt werden konnten. Die Kraftamplitude eines Erregers betrug für alle Versuche $\pm 16,5$ kg. Durch die verschiedene Anordnung von 2 oder 4 Erregern und durch entsprechende Einstellung der Phasenverschiebungen konnte die Brücke sowohl zu Biege- als auch zu reinen Torsionsschwingungen angeregt werden. Beide Schwingarten wurden mit je 2 Erregeranordnungen untersucht. Dabei stellten sich jeweils für das erste System bei der kleinsten Resonanzfrequenz (= Eigenfrequenz) die Grundschiwingung und für das

zweite System die erste Oberschwingung ein. Bei den Biegeschwingungen wurden Frequenzen bis zu 10 Hz erzeugt. Die gemessenen Resonanzfrequenzen betrugen 1,59 Hz, 2,89 Hz, 4,75 Hz und 9,35 Hz (Bild 3). Die Resonanzfrequenzen der Torsionsschwingungen lagen bedeutend höher, nämlich bei 5,08 Hz, 10,1 Hz und 20,3 Hz. Eine Zusammenstellung der verschiedenen Schwingformen ist in Bild 4 wiedergegeben.

c) Bestimmung der Dämpfung und des Vergrößerungsfaktors

Als Mass für die Dämpfung wird im Falle einer Schwingung mit geschwindigkeitsproportionaler Dämpfungskraft das logarithmische Dekrement

$$\delta = \ln \frac{A_n}{A_{n+1}}$$

verwendet, wobei A_n und A_{n+1} zwei aufeinanderfolgende Amplitudenwerte der frei abklingenden Schwingung sind. Aus den aufgenommenen Schwingungsdiagrammen der Versuche mit Fussgängern wurde $\delta = 0,055$ bestimmt. Eine direkte, angenäherte Berechnung der Dämpfung ist möglich, wenn für eine vorgegebene Belastung die statische (y_{stat}) und die dynamische Einsenkung im Resonanzfall (y_{odyn}) bekannt sind. Die Theorie der Schwingungen ergibt:

$$\delta \approx \pi \frac{y_{stat}}{y_{odyn}}$$

Auf Grund der statischen Versuche kann leicht die statische Einsenkung für das einfachste Schwingssystem ($2 \times 16,5$ kg in Brückenmitte) ermittelt werden. Die obige Formel liefert dann:

$$\delta = 0,061$$

Aus den Versuchen mit Fussgängern lässt sich die Dämpfung so nicht bestimmen, da die Erregfunktion nicht definiert ist. Hingegen kann diese Funktion ermittelt werden aus dem Vergrößerungsfaktor

$$\frac{y_{odyn}}{y_{stat}} = \frac{\pi}{\delta} \approx 50$$

Tabelle 1. Formeln für Bewertungsmassstab nach Dieckmann. Unter 5 Hertz $K = Af^2$ (Beschleunigung), über 5 Hertz $K = 5 Af$ (Geschwindigkeit)

K	Definition	Arbeit
1 bis 3	Stark spürbar, bei stundenlanger Einwirkung recht unangenehm, noch erträglich	behindert
3 bis 10	Unangenehm, bei stundenlanger Einwirkung nicht zumutbar, höchstens eine Stunde erträglich	stark behindert
10 bis 30	Sehr unangenehm, höchstens zehn Minuten erträglich	kaum möglich
30 bis 100	Äusserst unangenehm, höchstens eine Minute erträglich	nicht möglich
über 100	Unerträglich	möglich

und den aufgenommenen Diagrammen, indem die Auslenkungen der Brücke in einen statischen und einen dynamischen Anteil aufgeteilt werden. Daraus berechnet sich dann im Resonanzfall die Erregerkraft zu 69 ± 17 kg für einen Einzelfussgänger, der mit einer Schrittfrequenz gleich der Eigenfrequenz der Brücke über diese marschiert.

4. Schlussbemerkungen

Wie Prof. Walther in seinem Aufsatz «Spannbandbrücken» erwähnt, ist in der Berechnung eine weitaus genügende statische Sicherheit für die Brücke nachgewiesen. Für die Benützung ist aber auch das Empfinden der Schwingungen durch die Fussgänger von wesentlicher Bedeutung. Die Eigenfrequenz der Brücke von 1,59 Hz liegt im Bereich der Schrittfrequenz eines normal marschierenden Fussgängers. Die im Resonanzfall gemessenen Amplituden betrugen ± 5 mm für einen Einzelfussgänger und $\pm 17,5$ mm für eine Gruppe von 5 Fussgängern. Diese Werte sind in Bild 5 neben den verschiedenen Kurven aufgetragen, die zur Beurteilung der Einwirkung von mechanischen Schwingungen auf den Menschen als massgebend betrachtet werden können¹⁾. Tabelle 1 zeigt, dass man sich bei einer Frequenz von 1,6 Hz und Amplituden von über ± 10 mm unsicher fühlt und ab ± 20 mm das Arbeiten unmöglich wird. Diese Werte stimmen gut mit der Erfahrung aus verschiedenen Versuchen, die an der EMPA durchgeführt wurden, überein. Es ist hier noch beizufügen, dass, wie mitgeteilt wurde, die Montage des Geländers das Schwingverhalten dieser Fussgängerüberführung wesentlich verbessert haben soll. Die Torsionsfrequenzen der Brücke liegen wesentlich höher als die Biegefrequenzen. Unter normalem Gebrauch wird daher die Brücke eher zu Biegeschwingungen als zu Torsionsschwingungen angeregt werden.

Zum Schluss sei noch darauf hingewiesen, dass dieses Spannband ähnliche dynamische Charakteristiken aufweist wie grosse Spannbandbrücken (z. B. Weinlandbrücke $f = 1,4$ Hz, $\delta = 0,038$ oder Achereggbrücke $f = 1,95$ Hz, $\delta = 0,09$).

Adresse des Verfassers: P. Scartazzini, dipl. Ing., EMPA, 8600 Dübendorf.

¹⁾ Vgl. D. Dieckmann, Über die Einwirkung mechanischer Schwingungen bis 100 Hertz auf den Menschen, «VDI-Berichte», Bd. 24, 1957.

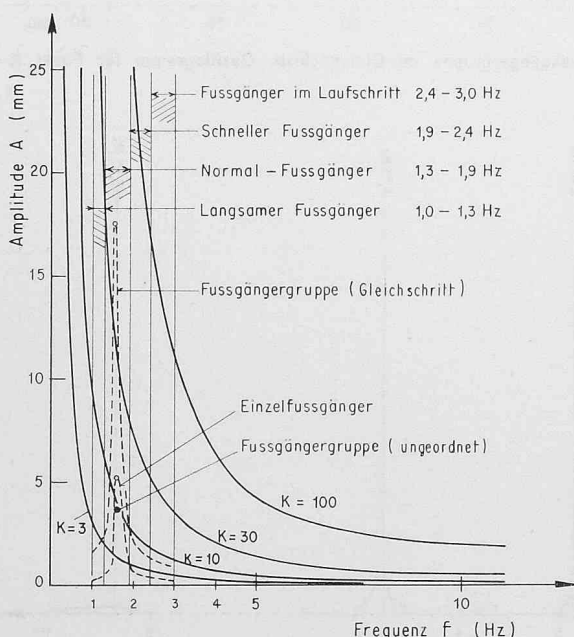


Bild 5. Subjektive Beurteilung von mechanischen Schwingungen. Diagramm der Messresultate