Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 94 (1976)

Heft: 28/29

Artikel: Die Leichtbetonbrücke Schaffhausen: Belastungs- und Schwingungsversuche

Autor: Balás, S.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73130

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: 24.01.2026

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

5. Folgerungen

Im Falle dieser Leichtbetonbrücke gelang es recht gut, verschiedene bei den dynamischen Versuchen gemessene Grössen auf theoretischem Wege nachzurechnen. Dabei kam der Wahl des Berechnungsmodells entscheidende Bedeutung zu. Die zum Vergleich durchgeführten Abklärungen zeigen, dass *Leichtbetonkonstruktionen kein wesentlich anderes dynamisches Verhalten aufweisen als analoge Betonkonstruktionen.* Wohl besteht bei Leichtbetonkonstruktionen im Vergleich zu analogen Betonkonstruktionen die Tendenz zu etwas grösseren Amplituden. Indessen ist bei beiden Bauwerkarten der Einfluss anderer Konstruktionsmerkmale wie Schlankheit, statisches System, Rissebildung usw., auf das dynamische Verhalten meist grösser als die Baustoffwahl. Bei Leichtbetonkonstruktionen ist daher, wie bei Betonkonstruktionen, stets eine Beurteilung aufgrund der konkreten Gegebenheiten erforderlich.

Beim Leichtbeton, aber auch beim Beton, bestehen wesentliche Wissenslücken über wichtige Grössen, wie z. B. Dämpfung, Einfluss von Rissebildung und Vorspanngrad sowie Verhalten bei dynamischer Beanspruchung im plastischen Bereich. Zur besseren Klärung dieser Fragen werden deshalb im Rahmen eines Forschungsprogrammes am Institut für Baustatik und Konstruktion der ETHZ vergleichende Versuche und entsprechende theoretische Studien durchgeführt.

Literaturverzeichnis

[1] *K. Wehrli:* Die Leichtbetonbrücke Schaffhausen. «Schweizerische Bauzeitung» *94* (1976). Erscheint demnächst.

[2] *H. Bachmann:* Die Arbeit des Ingenieurs zwischen Wirklichkeit und Algorithmus. «Schweizerische Bauzeitung» *88* (1970), H. 49, S. 1133 bis 1139.

[3] *V. Koloušek:* «Dynamik der Baukonstruktion». VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1962.

Adresse der Verfasser: Prof. Dr. *Hugo Bachmann* und *Rudolf Dieterle,* dipl. Ing., Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich.

Die Leichtbetonbrücke Schaffhausen

Belastungs- und Schwingungsversuche

Von **S. Balás,** Dübendorf

DK 624.27.4 : 666.973

In den letzten 18 Jahren führte die EMPA an ungefähr 250 neuen Brücken Belastungsversuche durch. Die Versuche erbrachten Informationen sowohl für das Tragverhalten der Brücke, als auch für deren Qualität. Gleichzeitig wurde in den meisten Fällen auch das dynamische Verhalten der Brücke untersucht und festgestellt, wie die Brücke auf Erschütterungen, Stösse und Schwingungen, welche durch den Verkehr entstehen, reagiert. Die Versuche gewinnen dadurch an Bedeutung, wenn die ermittelten Ergebnisse direkt mit theoretischen Werten verglichen werden können. Hierbei erhält der Projektverfasser wertvolle Angaben darüber, wie gut seine Annahmen dem tatsächlichen Verhalten der Brücke entsprachen.

Es ist immer interessant, das Verhalten einer Brücke von nicht alltäglicher Konstruktion – wie die vorliegende – unter statischer und dynamischer Beanspruchung zu prüfen. Die dreifeldrige Rahmenbrücke in Schaffhausen hat eine maximale Spannweite von 55,80 m und stellt ein sogenanntes Sprengwerk dar. Sie ist symmetrisch bezüglich der Brückenmitte, räumlich leicht gekrümmt und hat einen teilweise vorgespannten Leichtbetonüberbau. Die genaue Beschreibung der Brücke ist in [1] gegeben.

Die Versuche wurden im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Schaffhausen von der EMPA in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro *Wehrli & Weimer,* dem Projektverfasser, durchgeführt. Die statischen- und die Fahrversuche wurden auf Anregung von Prof. Dr. *H. Bachmann* mit weiteren Schwingversuchen ergänzt. So konnten die berechneten theoretischen Werte überprüft werden [2].

Statische Versuche

Bei den statischen Versuchen handelte es sich um einen zentrischen und einen exzentrischen Lastfall, wobei der Einfluss von zwei wandernden Lasten mittels 10 induktiven Weggebern an 5 verschiedenen Messquerschnitten ermittelt wurde

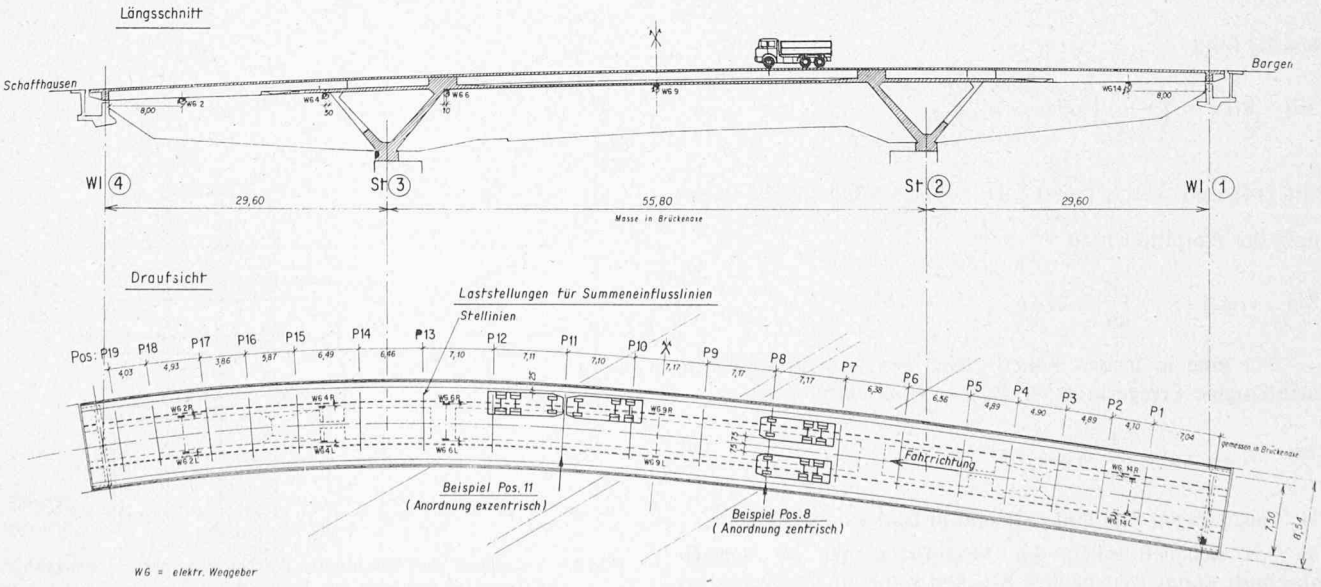

Bild 1. Abmessungen, Instrumentenanordnung und Laststellungen

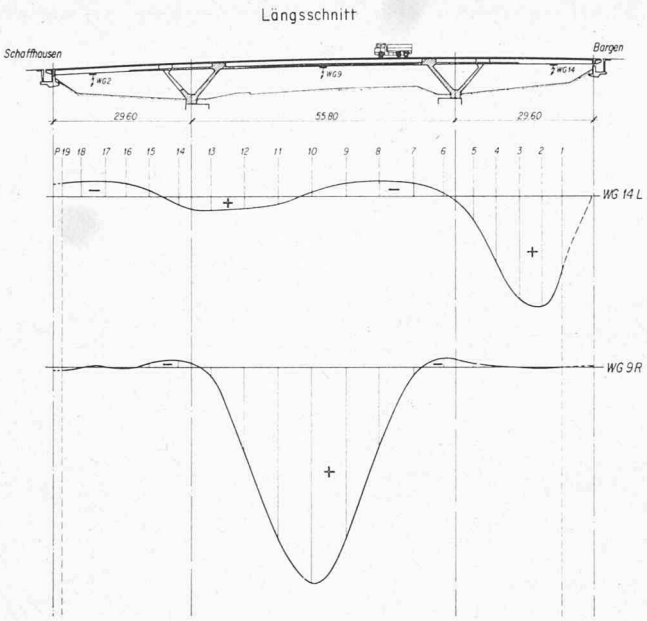

Bild 2. Summeneinflusslinien für Durchbiegungen bei zentrischer Belastung

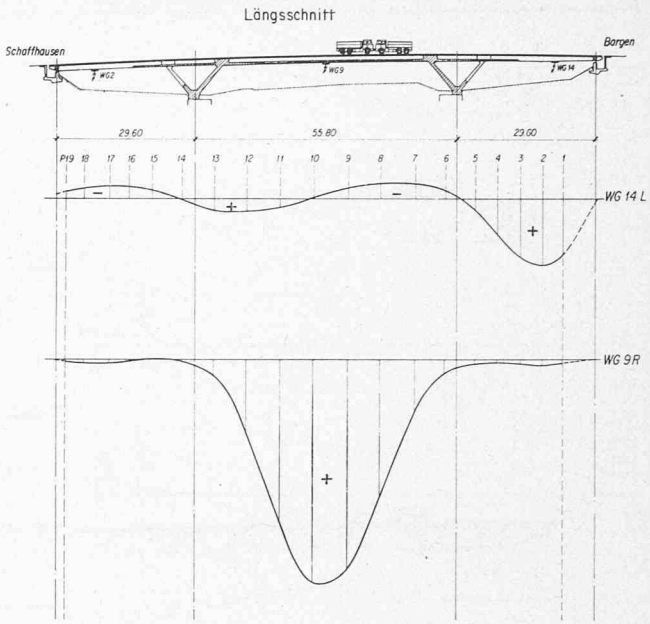

Bild 3. Summeneinflusslinien für Durchbiegungen bei exzentrischer Belastung

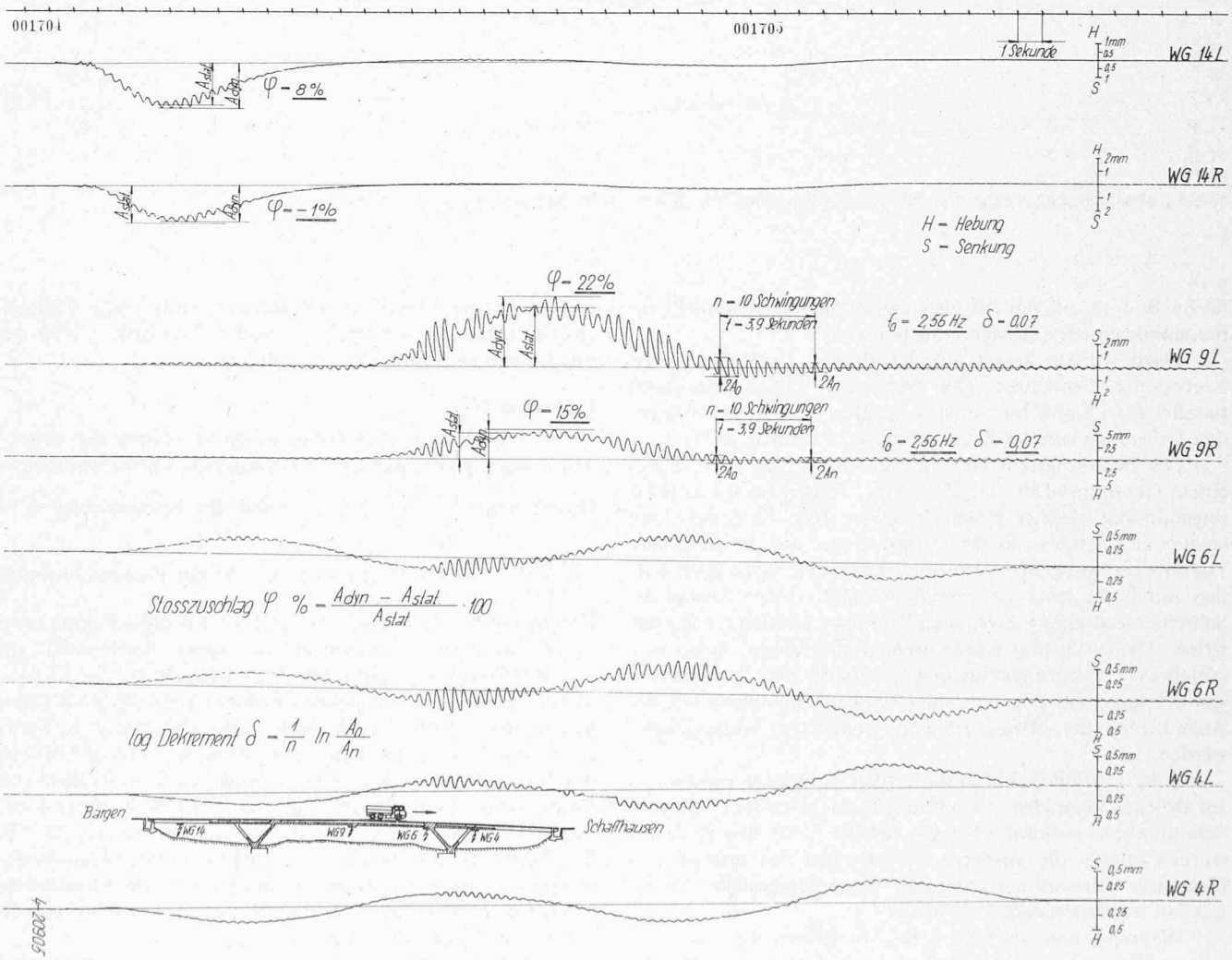

Bild 4. Durchbiegungsdiagramme für einige Messstellen der Brücke bei normaler Fahrt, V = 10 km/h

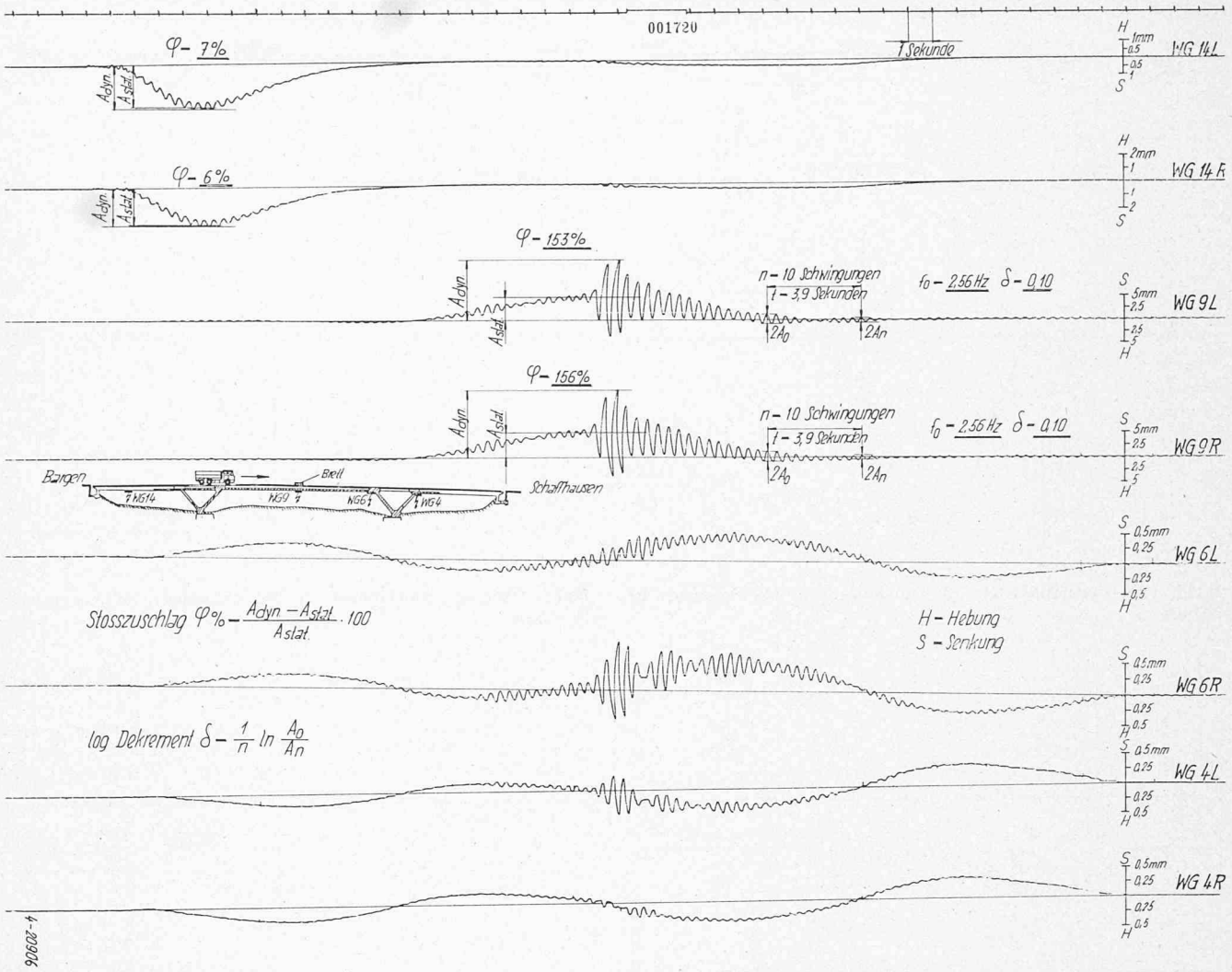

Bild 5. Durchbiegungsdiagramme für einige Messstellen der Brücke beim Sprungversuch, $V = 10$ km/h

(siehe Bild 1). Es wurden also die Summeneinflusslinien für die jeweiligen Messgrössen aufgenommen.

Dazu wurden zuerst auf der Brücke 19 Stellinien mit Klebstreifen bezeichnet. Die markierten Fahrachsen liefen parallel zur Längsachse der Brücke. Der Abstand der fahrenden Fahrzeuge von der Brückenlängsachse betrug je 75 cm.

Die Belastungsfahrzeuge – zwei Volvo, Typ F89-32, mit einem Gesamtgewicht von 55,13 Mp – fuhren beim Lastfall 1 ungefähr mit gleicher Geschwindigkeit über die Brücke und stellten sich jeweils mit ihrer Vorderachse auf die Stellinien. Die dabei erzwungenen Verformungen an den Messstellen wurden durch die zwei elektrischen Geräte, einem Achtkanal-Schreiber und einem Zweikanal-Schreiber kontinuierlich registriert. Dieser Lastfall wurde dreimal abgefahren, wobei jede Abfahrt der Summeneinflusslinien zwischen zwei Nullablesungen erfolgte. Somit konnten die Temperatureinflüsse bei der Auswertung der Messergebnisse weitgehend ausgeschaltet werden.

Beim Lastfall 2 fuhren die beiden Fahrzeuge exzentrisch zur Brückenlängsachse, an der Seite Fullachstrasse, 25 cm vom Schrammbord entfernt, über die Brücke. Über den Stellinien wurden jeweils die vorderen Stossstangen des normal und rückwärts fahrenden Lastwagens gegenübergestellt. Dieser Lastfall wurde zweimal abgefahren.

Während den statischen Belastungsversuchen konnten grösste Durchbiegungen von $\delta_{max} = 9{,}38$ mm für den Lastfall 1, bzw. $\delta_{max} = 9{,}71$ mm für den Lastfall 2, erwartungsgemäss an der Messstelle 9R (Brückenmitte, Seite Fullachstrasse) gemessen werden, was rund 1/5900 bzw. 1/5700 der Spannweite entspricht (Bilder 2 und 3).

Fahrversuche

Zur Beurteilung des dynamischen Verhaltens der Brücke wurde die Eigenfrequenz f_o, deren logarithmisches Dekrement (Dämpfung) $\delta = \frac{1}{n} \ln \frac{A_0}{A_n}$ und der Stosszuschlag $\varphi = \frac{A_{dyn} - A_{stat}}{A_{stat}} 100$ (%) in Funktion der Fahrgeschwindigkeit bestimmt. Zu diesem Zweck fuhr ein dreiachsiger, etwa 30 Mp schwerer Lastwagen auf der vorher bestimmten, mit der Brückenachse identischen Fahrachse über die Brücke, wobei die Fahrgeschwindigkeit möglichst konstant blieb. Diese betrug zuerst 5 km/h und wurde dann schrittweise je Fahrt um 5 km/h bzw. 10 km/h gesteigert. Zweimal wurde die Brücke durch das Belastungsfahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h abgefahren. Bei den weiteren Fahrten fuhr der Lastwagen je einmal mit einer Geschwindigkeit von 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 und 60 km/h. Die dabei entstandenen Bewegungen des Bauwerkes wurden an den gleichen Messstellen, wie bei den statischen Belastungsversuchen, mit Hilfe von 10 induktiven Weggebern aufgezeichnet.

Um den Einfluss einer Unebenheit auf der Fahrbahn auf den Stosszuschlag festzustellen, wurden sogenannte Sprung-

versuche durchgeführt, wobei der Lastwagen über ein in Brükkenmitte bzw. in Randfeldmitte quer über die Fahrbahn gelegtes Brett zu fahren hatte. Diese Fahrten wurden mit dem gleichen Geschwindigkeits-Programm wie oben, aber nur bis zu einer Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h durchgeführt.

Die Stossempfindlichkeit der Brücke wurde sowohl für die gewöhnlichen Fahrversuche als auch für die Sprungversuche an mehreren Messstellen ausgewertet. Die grösste Wirkung der dynamischen Versuche ergab sich an jenen Messstellen, wo sich die überhaupt grössten Durchbiegungen infolge der statischen Belastungen zeigten. Aus den ermittelten Ergebnissen konnte bei der normalen Fahrt mit einer Geschwindigkeit von 15 km/h an der Messstelle WG 9 L ein maximaler Stosszuschlag von 34% berechnet werden. Wesentlich kräftigere Schwingungen wurden an der Brücke durch die Sprungversuche erzeugt, wo an der Messstelle WG 9 R bei einer Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h ein maximaler Stosszuschlag von 156% ermittelt wurde.

Die Bilder 4 und 5 stellen die Durchbiegungs-Diagramme für einige Messstellen der Brücke bei den Fahrten ohne und mit Brett dar. Die Fahrzeuggeschwindigkeit betrug für die beiden Fahrten 10 km/h. Der aufgetretenen kleinsten Resonanzfrequenz, der Eigenfrequenz von $f_o = 2{,}5$ Hz entspricht eine durchschnittliche Dämpfung von $\delta_m = 0{,}085$.

Schwingversuche

Zur Überprüfung der theoretischen Untersuchungen über das dynamische Verhalten der Brücke wurde eine Universal-Schwingungs-Prüfmaschine (Losenhausen, Typ 2000)/4/20 verwendet, deren Frequenzen beliebig eingestellt werden konnten. Der Schwingversuch wurde mit zwei Erregeranordnungen in Brückenmitte und bei der Stellinie P 17 durchgeführt, und die erzeugten Schwingungen mittels 10 elektrischer Weggeber aufgenommen.

Mit der Schwungmasseneinstellung der Maschine von 6° bzw. 16° wurden Frequenzen von 1,6 bis zu 13,2 Hz erzeugt. Bei der Schwingungserregeranordnung in Brückenmitte konnte für die niedrigste Resonanzfrequenz (Eigenfrequenz) von 2,50 Hz an der Messstelle WG 9 R eine maximale Schwingweite von 1,17 mm gemessen werden. Die überhaupt grösste Schwingweite (1,28 mm) trat an der Messstelle WG 2 R bei einer Resonanzfrequenz von 5,35 Hz auf, wobei die Schwingungserreger im Bereich dieser Messstelle, bei Stellinie P 17 aufgestellt wurde. Weitere Angaben über die Schwingversuche sind [2] zu entnehmen.

Schlussbemerkungen

Die Brücke verhielt sich unter den aufgebrachten Lasten elastisch, und es wurden keine bleibenden Verformungen festgestellt. Die mit dem Betonhammer ermittelten Rückprellhärten bei den Stützen deuten auf eine gleichmässige Betonqualität hin; Risse wurden keine festgestellt. Die ermittelten Ergebnisse bezüglich kleinster Resonanzfrequenz bei den Fahr- und Schwingversuchen stimmen gut überein. Es wurde eine Eigenfrequenz bei beiden Versuchen von $f_o = 2{,}50$ Hz ermittelt.

Literaturverzeichnis

[1] *K. Wehrli:* Die Leichtbetonbrücke Schaffhausen. «Schweizerische Bauzeitung» *94* (1976). Erscheint demnächst.

[2] *H. Bachmann, R. Dieterle:* Versuche und Berechnungen zum dynamischen Verhalten einer Leichtbetonbrücke und einer analogen Betonbrücke. «Schweizerische Bauzeitung» *94* (1976), Heft 28/29, S. 419–426.

Adresse des Verfassers: *S. Balás,* dipl. Ing., Abteilung Massivbau, EMPA, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf.

Das Wärmerohr

Bericht von der «Second International Heat Pipe Conference» in Bologna

Von **Emil Bader,** Zürich

DK 061.3:658.264

Im Ausstellungszentrum von Bologna haben sich vom 31. März bis 2. April 1976 Wissenschaftler aus Amerika, Indien und Europa getroffen, um die neusten Erkenntnisse der Wärmerohrtechnik auszutauschen. Die erste «International Heat Pipe Conference» – so der offizielle Name dieser Institution – hatte im Jahr 1973 in *Stuttgart* stattgefunden und zur 3. Konferenz wird man sich 1978 an Amerikas Westküste zusammenfinden. In Stuttgart wurden 44 und in Bologna bereits 80 Themen vorgetragen, woraus das wachsende Interesse am Wärmerohr hervorgeht. Jedem Redner standen 10 Minuten zur Verfügung und etwelche beherrschten die Kunst, die Forschungsresultate, oder den Stand der Technik innerhalb dieser kurzen Zeitspanne mit einfachen Worten zusammenfassend darzulegen.

Bologna wird von anderen italienischen Städten wegen der vielen Kongresse beneidet. Tatsächlich fühlt man sich in dieser Stadt wohl. Die Kongresseröffnung in der ehrwürdigen Universität, an der einst Keppler gewirkt hat, wie auch ein von den Veranstaltern gestiftetes Konzert eines Streichquintetts im Mozart-Saal der Reale Accademia Filarmonia, mit nachfolgendem Nachtessen im Circolo della Caccia liessen manche Teilnehmer Kulturgüter vergangener Epochen erahnen, deren Zeugnisse wohl in keinem anderen Land als in Italien noch so vielfältig vorhanden sind und so mühelos genossen werden können. Das «Instituto di Fisica Technica» der Universität Bologna hatte die Tagung gut organisiert. Bereits bei der Listeneintragung vor Konferenzbeginn erhielt jeder Teilnehmer die gedruckten Vorträge – ein Buch mit 682 Seiten! – vorgelegt.

Steckbrief

Jeder Behälter, in dem ein Stoff in flüssiger und dampfförmiger Phase hermetisch eingeschlossen ist, wirkt als Wärmerohr, sobald an beiden Enden von aussen ein Temperaturunterschied aufrecht erhalten wird. Dann leitet nämlich nicht

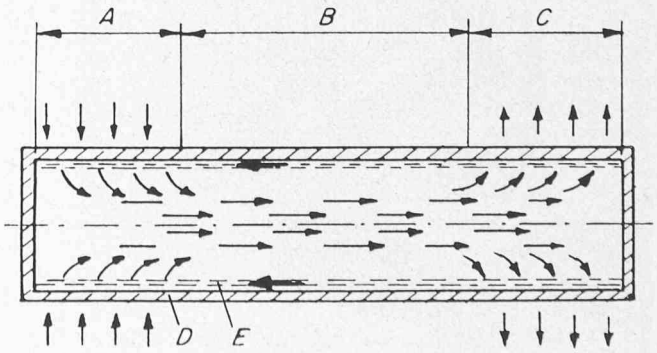

Bild 1. Prinzip des Wärmerohres. A Verdampfung, B Transportzone, C Kondensation, D Rohrwand, E Docht