

auch erwiesen, daß die Schienenstöße gut unterhalten oder durch Verwendung langer Schienen an kritischen Stellen ausgemerzt werden. Ungünstig wirken schnell befahrene Weichenanlagen. Von großer Bedeutung wäre die Feststellung von Normalwerten der Erschütterungen des Bodens in Funktion des Abstandes vom

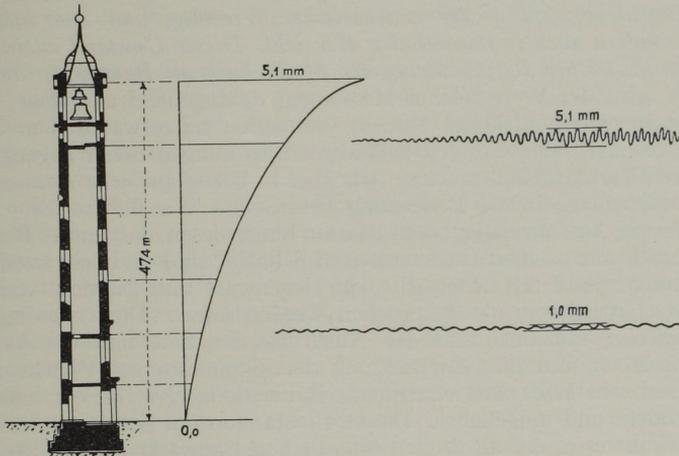


Abb. 9. Kirchturm Enge-Zürich

Ergebnisse der Schwingungsmessungen bei Resonanzerscheinungen des Glockengeläutes

Bahnkörper für verschiedene Untergrundverhältnisse und der Erschütterungen von Gebäuden in bezug auf die Beschädigungsmöglichkeit.

In dieser Beziehung sind auch die schweizerischen Lastkraftwagenbesitzer an der Arbeit, um ihre Interessen wahrzunehmen.

### III. Wert der Messungen an Bauwerken

Obschon die Messungen an Bauwerken nur ein Mittel in der Hand des Ingenieurs sind, um sein Können und Wissen zu vertiefen, so ist es wohl eines der mächtigsten, das ihm erlaubt, seine Bauwerke vollkommener auszugestalten und dem Ziele, Berechnungen und tatsächliche Arbeitsweise in Übereinstimmung zu bringen und die Bewährung zu steigern, immer näher zu kommen. Die vorangehende gedrängte Darstellung der bisherigen Messungen dürfte ein Hinweis sein, wie diese Angelegenheit angefaßt und weiter entwickelt werden kann. Wir möchten aber betonen, daß auch in der Schweiz das Meßwesen eigentlich erst im Beginne der Entwicklung steht. Mit verhältnismäßig wenig Mitteln und Personal mußten neben dringenden Arbeiten die Meßtechnik gepflegt und die benötigten Apparate dazu gesucht und verbessert werden. Wenn trotzdem schon interessante Ergebnisse gefunden wurden, so ist das nicht zuletzt dem Zusammenwirken einer Anzahl gleichgesinnter Kollegen zu danken. Gestützt auf das bisher Geleistete, muß aber ein weiterer systematischer Ausbau der Messungen noch erfolgen, wozu auch die Mitarbeit der ausländischen Fachkollegen nötig ist.

Was nun die Messungen an Bauwerken selbst anbetrifft, haben diese auf die mit Projektierungsarbeiten beschäftigten Ingenieure einen besonderen, heilsamen Einfluß. Die Feststellung, wie erheblich theoretische und gemessene Werte auseinandergehen können, legen es nahe, nur einfache Bauweisen vorzusehen, die wohl immer am wirtschaftlichsten sind und am besten halten und bei denen die für eine

Berechnung stets zu machenden Annahmen am ehesten zutreffen. Die Pflicht, die Unterschiede zwischen Beobachtung und Messung aufzuklären, führen dazu, der gegenseitigen Beeinflussung der Bauteile nachzugehen, oder dafür zum mindesten ein Maß zu gewinnen, was auf anderem Wege nicht möglich ist. *Auf Grund unserer Erfahrungen ist daher die Ausübung der Meßtechnik an Bauwerken für die beteiligten Ingenieure von großer erzieherischer Wirkung, und zwar nicht nur in praktischer, sondern auch in theoretischer Hinsicht. Dieser Umstand allein rechtfertigt es, erhebliche Mittel für die Ausübung der Meßtechnik an Bauwerken aufzuwenden.*

Vielfach wird der Wert solcher Messungen dahingehend ausgelegt, daß damit ein bedeutender wirtschaftlicher Nutzen verbunden sei, etwa in dem Sinne, daß an Material gespart, oder mit den zulässigen Spannungen höher gegangen werden könne. Diesen Verhältnissen möchten wir aber in bezug auf *neue Bauwerke* vorderhand keine ausschlaggebende Bedeutung beimessen. Wir haben schon im ersten Abschnitt unserer Ausführungen bereits darauf hingewiesen, daß unsere Berechnungsgrundlagen noch mit solchen Unsicherheiten behaftet sind und sein werden, daß in allen Beziehungen und mit Rücksicht auf Gegenwart und Zukunft von einer absoluten Wirtschaftlichkeit nie gesprochen werden kann. Die Grundlagen, deren wir uns bedienen müssen, sind der Ausdruck der Zeit und der Verhältnisse, in denen wir leben und die Entwicklung der ökonomischen Verhältnisse eines Landes können ein *heute* wirtschaftliches Bauwerk *morgen* in ein unwirtschaftliches verwandeln und umgekehrt. Dieser Umstände muß sich besonders derjenige Ingenieur bewußt sein, der an großen öffentlichen Bauwerken mitwirkt, deren Bestand die verhältnismäßig kurzfristige Zeit der schöpferischen Tätigkeit des Ingenieurs lange überdauert. So kann es z. B. weder vom Standpunkte des Privaten, noch von dem des Staates als wirtschaftlich angesehen werden, wenn, wie es bei Brückenbauten vorgekommen ist, innerhalb 70 Jahren ein Bauwerk infolge der Belastungszunahme dreimal ersetzt werden mußte, so daß heute die vierte Brückengeneration im Betriebe steht. Mit Rücksicht auf die Entwicklung der Anforderungen, z. B. der Betriebsmittel, können also heute wirtschaftlich erscheinende Bauwerke nach kurzer Frist unwirtschaftlich werden. Wer bürgt aber dafür, daß wir heute die Entwicklung der Betriebsmittel nicht überschätzen und früher oder später ein Rückschlag eintritt? Damit müssen wir erkennen, daß das Ziel des dauernd wirtschaftlichen Bauwerkes ein Phantom ist, das um so weiter entflieht, je mehr wir seine wahre Gestalt erfassen möchten. Wir ersehen daraus, daß unsere Bauwerke nur relativ wirtschaftlich sein können, gemessen an den heute gegebenen Belastungsgrundlagen. Es kann aber keinem Ingenieur ein Vorwurf gemacht werden, wenn er dabei eher leicht oder eher schwer baut. Neigen wir heute zu letzterem, so hat das seinen Grund darin, daß der teure Unterhalt und die Abnutzung der Bauwerke tunlichst hintangehalten, also die Bewährung möglichst gesteigert werden soll, die von jeher und auch noch heute nur mit kräftigen Bauwerken erkaufte werden kann.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn *bestehende Bauwerke* für erhöhte Belastungen zu berechnen und zu untersuchen sind. Hier können wir von festen Grundlagen ausgehen; Belastung und Bauwerk sind gegeben und nur noch die dritte große Unbekannte, die Frage nach den zulässigen Spannungen trübt die Sicherheit unseres Urteils. Gewisse engere Grenzen sind dafür allerdings vorhanden, wenn nicht sogar Vorschriften gestatten, sich auf bestimmte Werte zu stützen. In diesen Fällen leisten nun auf meßtechnischen Untersuchungen aufgebaute Nachrechnungen große Dienste, indem sie an den Berechnungen diejenigen Verbesserungen anzubringen gestatten, die sich auf Grund der Feststellung der wirklichen Arbeitsweise ergeben. Bei den zumeist in eher verwickelter Weise angeordneten älteren Bauwerken ist dies von erheblicher Bedeutung, so z. B. bei der Bestimmung der Querkraftverteilung auf vielfache Strebenzüge, bei Lastverteilungen auf

mehrere Hauptträger, von Einspannungen, der Schubregulierung von Bogenbrücken usw. In solchen Fällen kann ein unmittelbarer wirtschaftlicher Nutzen entstehen, wenn Verstärkungen umgangen oder günstige Verhältnisse nachgewiesen werden können, die durch die Berechnung allein nicht faßbar sind.

Damit kommen wir zum Schluß unserer Ausführungen, indem wir das Ziel, die Ergebnisse und den Wert der Messungen wie folgt in einigen Thesen zusammenfassen:

1. Die Messungen an Bauwerken sind geeignet, Theorie (Berechnungsmethoden) und Praxis (wirkliche Arbeitsweise) einander vollständig nahe zu bringen, die grundlegenden Versuche in den Laboratorien (die in kleinen und kurz dauernden Erprobungen bestehen) in denkbar bester Weise zu ergänzen und die Zulässigkeit der Übertragung solcher Ergebnisse ins Große, also auf Ingenieurbauwerke nachzuprüfen. Es wäre erwünscht, daß diese Bestrebungen überall Unterstützung fänden.

2. Die Messungen an Bauwerken machen den Ingenieur mit seinem Werk erst richtig bekannt und verschaffen ihm Anregungen und Belehrungen; die Auswertung veranlaßt ihn zu einfachem Bauen, sowie dazu konstruktiv richtige Lösungen anzuwenden und weist ihn darauf hin, auch untergeordnet erscheinenden Einzelheiten Aufmerksamkeit zu schenken. Damit und aus der zutreffenderen Beurteilung der wirklichen Verhältnisse entsteht bei der Projektierung von Neubauten ein großer Vorteil. Bei der Beurteilung bestehender Bauwerke kann die Meßtechnik unschätzbare Dienste leisten und sogar großen wirtschaftlichen Gewinn abwerfen.

3. Bruchversuche mit ganzen Bauwerken und Modellen, oder Überlastungen derselben geben hauptsächlich in Knickfragen wertvolle Aufschlüsse; sie können aber grundsätzlich entbehrt werden, da sie uns über den Sicherheitsgrad nicht mehr aussagen, als die Versuche an Bauwerken, in Verbindung mit Versuchen im Laboratorium. Die Sicherheit eines Bauwerkes ist nämlich eine Funktion der verschiedenen, vom inneren Aufbau abhängigen Dauerfestigkeiten der Materialien und wird damit zugleich abhängig vom Verhältnis und der Art der dauernden Kräfte (Eigengewicht) zu den veränderlichen Kräften (Belastungen) und von der Form der Bauelemente selbst. Da voraussichtlich für die Bewährung eines Bauwerkes die Einhaltung der Proportionalitätsgrenze (Eisen) oder dazu eines Erschütterungsmaßes (Massivbau, Eisenbeton) oder noch andere Gesichtspunkte ausschlaggebend sind, kann uns nur die genaue Beobachtung und Erforschung der Bauwerke diejenigen Wege weisen, die zu einer zuverlässigen Beurteilung derselben und damit auch zu einwandfreien Grundsätzen für Neubauten führen können.<sup>1</sup>

#### Literaturangaben betreffend neuere schweizerische Messungen an Bauwerken

BÜHLER u. RUEGG: Die neue Linthbrücke bei Schwanden. Schweiz. Bauzeitung 1919, Nr. 7 v. 16. Aug. — DRUCKSTOLLENKOMMISSION SBB: Bericht 1923, Nov. — Prof. JOYE: Recherches sur les variations et la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens. Fribourg 1923. — ZÖLLY: Trigonometrische Beobachtung der elastischen Deformationen der

<sup>1</sup> Diese Umstände würden nahe legen, nur noch wenige Bauwerktypen auszuführen, die dann aber nach allen Richtungen genau zu berechnen und konstruktiv vollständig abschließend durchzudenken wären. Es ist unendlich schade, wie viel Unzulängliches gebaut wird, meistens allerdings unter dem Drucke der Verhältnisse. Es gilt zum Teil auch im Ingenieurbau, was FORD in bezug auf den Häuserbau (Architekten) ausgesprochen hat. Da wir alle einer höheren Warte zusteuern, hoffen wir, es werden auch die in den verschiedenen Ländern noch bestehenden Unterschiede in der Denkweise der Ingenieure sich ausgleichen. Manche Anzeichen hiefür sind da. Es werden sich einst einheitliche Belastungsannahmen und Bemessungsregeln herauskristallisieren müssen, da die Bedingungen prinzipiell ja überall dieselben sind, obschon bis heute gerne stets das Trennende betont wurde, was gerade dem wissenschaftlich gebildeten Ingenieur schlecht ansteht.

Staumauer am Pfaffensprung, Schweiz. Bauzeitung, Nr. 3, 20. Jan. 1923. — Wyss: Beitrag zur Spannungsuntersuchung an Knotenblechen eiserner Fachwerke. Forschungsheft V. d. I., Nr. 262. — BÜHLER u. MEYER: Beschreibung von Apparaten zur Untersuchung von eisernen und massiven Bauwerken. Schweiz. Bundesbahnen Bern, 1924, 2. Aufl. — *Diskussionsberichte der eidg. Materialprüfungsanstalt*: Nr. 8, 14, 29. — *Schweizerische Ingenieurbauten in Theorie und Praxis* (Denkschrift zum 1. Internationalen Kongreß für Brückenbau und Hochbau), Zürich, Sept. 1926. Verlag Ernst & Sohn, Berlin. Aus diesem Werke sind besonders im Hinblick auf die Darstellung von Meßergebnissen zu erwähnen: ACKERMANN: Versuche mit Holzverbindungen. BÜHLER: Stoßwirkungen bei eisernen Eisenbahnbrücken. HÜBNER: Erfahrungen bei Versuchen an Bauwerken. MEYER: Spannungsverteilung in Füllungsgliedern von Brücken. Roš: Spannungsmessungen an der durch Steinschlag beschädigten eisernen Brücke der Chur-Arosa-Bahn; Nebenspannungen infolge vernieteter Knotenpunktverbindungen; Messungen an der hölzernen Straßenbrücke bei Wettingen; Messungen an den Eisenbetonbrücken bei Hundwil und Baden. STURZENEGGER: Meßergebnisse an der Isornobrücke der Centovallibahn. S. J. A. Prof. A. PARIS: Réservoir au Calvaire sur Lausanne (Bulletin technique de la Suisse romande 1928, Nr. 6/9). — SULZBERGER: Die Fundamente der Freileitungstragwerke und ihre Berechnung. Bull. d. elektr. Ver., Nr. 5 u. 7/1924, 10/1925, 6/1927. — MEYER-Roš: Gutachten über den Druckschacht Gelmersee-Handeck, 1927. — GASSMANN: Einige neuere Schwingungsmeßapparate. Schweiz. techn. Zeitschr., 12. April 1928. — STADELMANN: Temperaturscheinungen am Mauerwerk. S.-A. aus Hoch- u. Tiefbau, 1928. — MONTEIL: Die schweizerischen Untersuchungen der Bereifung von Motorlastwagen. Verband schweiz. Motorlastwagenbesitzer. Bern 1928. Mitwirkung der Beratungsstelle für Erschütterungsmessungen. Trüb, Täuber & Cie., Zürich 6. — NATER: Ergebnisse der Belastungsprobe des SBB Sitter Viaduktes. Vortrag am Brückenbaukongreß 1926, erscheint in der Zeitschrift Bautechnik.

## Diskussion

Dr.-Ing. FRANZ FALTUS, Pilsen:

Als Beitrag zu den Ausführungen des Herrn Referenten sei es mir erlaubt, ein nicht alltägliches Beispiel von Messungen an einem hochgradig statisch unbestimmten

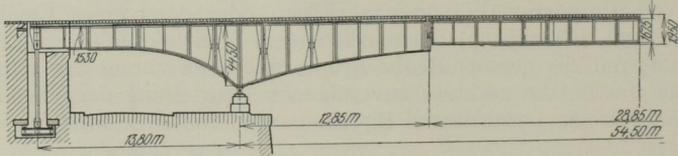


Abb. 10. Friedensbrücke in Wien, Längsschnitt

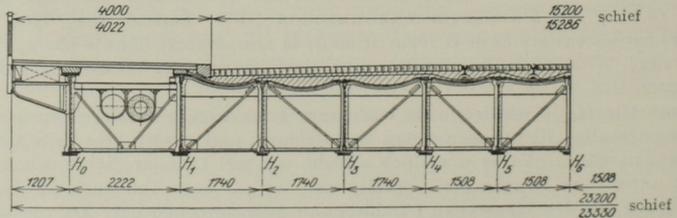


Abb. 11. Friedensbrücke in Wien, Querschnitt

Tragwerk zu erwähnen, und zwar die Kontrolle der Wirksamkeit der Querversteifung der neuen Friedensbrücke über den Donaukanal in Wien.

Abb. 10 zeigt im Längsschnitt der Brücke die vollwandigen gegerberten Haupt-