

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 99/100 (1932)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Ueber die dynamische Beanspruchung von Bauwerken und ihre messtechnische Untersuchung  
**Autor:** Meyer, Alfred  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-45532>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.01.2025

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

Es genügt hierzu, die Gl. (10) auf den Anfangsquerschnitt des Freilaufkanals anzuwenden, woraus ohne weiteres hervorgehen wird, ob der Spiegel des Schwalles höher oder tiefer liegt als der Scheitel. Dagegen ist nicht ohne weiteres zu überblicken, ob bei einer Schwallhöhe, die tiefer liegt als der Stollenscheitel, der zweite oder dritte Fall eintritt. Es handelt sich hier um zwei Abflussmöglichkeiten, deren Grenzen nur durch eine besondere experimentelle Untersuchung festgelegt werden könnten. Es kann daher zur Zeit nur der erste Fall rechnerisch behandelt werden, für die beiden andern Möglichkeiten begnügen wir uns mit der Angabe eines Näherungsverfahrens.

*Erster Fall*, (Abb. 1, IIIa).

In Abb. 10 sei:

$L$  die Länge des Stollens,  
 $b'_{III}$ ,  $h'_{III}$  und  $f'_{III}$  die Profilbreite in der Höhe des Wasserspiegels, die Wassertiefe bzw. der benetzte Querschnitt unmittelbar flussabwärts des Stollenendes,

$P_{III}$  der totale Wasserdruck im Profil II des Stollens, unmittelbar flussaufwärts des Stollenendes,

$f'_s$  die Sohlenneigung des Kanals.

Die übrigen in die Rechnung einzuführenden Grössen sind wie früher definiert.

Wir betrachten zur Zeit  $t_i$  ein bestimmtes Wasservolumen ABCD entsprechend der Abb. 10. Gegenüber einem ruhenden Beobachter befindet sich dieses Wasservolumen zur Zeit  $t_i + \Delta t_i$  in A'B'C'D'. Wir erhalten für den Impulssatz folgenden Ausdruck:

$$\frac{\gamma}{g} f L \Delta v_i = \left[ + P_{II} - P_{III} + \gamma f L J_s - \gamma f L \frac{v_i^2}{k^2 k^{1/3}} \right] \Delta t_i \quad (19)$$

Wendet man die Gleichung (10) auf den Querschnitt II' an, so ergibt sich

$$\Delta h'_{III} = \frac{\Delta Q_i}{f'_{III} \sqrt{g \frac{b'_{III}}{f'_{III}} + Q_i \frac{b'_{III}}{f'_{III}}}} \quad \dots \quad (20)$$

Die Gl. (19), (20), (13) und (14) lösen das Problem vollständig.

Kennt man zur Zeit  $t_i$  die Werte von  $\psi_i$ ,  $z_i$ ,  $Q_i$ ,  $v_i$ ,  $h_{III}$ ,  $b'_{III}$ ,  $P_{II}$ ,  $P_{III}$  und wählt man ein beliebiges Zeitintervall  $\Delta t_i$  so gibt (13) den Wert von  $Q_i$ . Aus (14) erhält man  $\Delta z_i$ , aus (19)  $\Delta v_i$  und schliesslich aus (20)  $\Delta h'_{III}$ .

*Zweiter Fall* (Abb. 1, IIIb).

Da der Wasserspiegel in II' dauernd auf der Höhe des Stollenscheitels liegt,  $P_{III}$  also konstant bleibt, so erfordert die Rechnung nur die Anwendung der Gleichungen (13), (14) und (19).

*Dritter Fall*.

Die einfachste Rechnungsgrundlage besteht darin, diesen Fall gleich wie den zweiten zu behandeln, unter Verwendung der Gl. (13), (14) und (19). Diese Annahme ist ungünstig, weil  $P_{III}$  in Wirklichkeit kleiner ist als der Wert, der für Fall 2 gilt und weil ferner auch die im Stollen befindliche Wassermasse mit der Zeit abnimmt. Wenn das Maximum von  $z$  in der dritten Phase erreicht wird, wird also die auf obige Annahme gestützte Berechnung für  $z_{\max}$  einen zu grossen Wert liefern. Praktisch wird aber der Fehler unbedeutend sein. (Schluss folgt.)

## Ueber die dynamische Beanspruchung von Bauwerken und ihre messtechnische Untersuchung.

von Dipl. Ing. ALFRED MEYER, Sektionschef bei der Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen, Bern.

Die messtechnische Untersuchung von Bauwerken, die durch ruhende Lasten beansprucht werden, ist schon seit längerer Zeit zu hoher Vervollkommenheit gelangt und die dazu nötigen Messgeräte (Spannungsmesser, Einsenkungsmesser und Neigungsmesser) finden in der Praxis bereits vielfache Verwendung. Durch solche Messungen sind wertvolle Erkenntnisse gezeitigt und die Berechnungsmethoden dadurch vertieft worden.

Anders verhält es sich mit den Messgeräten, die zur Untersuchung eines Bauwerkes dienen, wenn dieses durch mehr oder weniger rasch bewegte Fahrzeuge beansprucht wird. Obwohl die Eisenbahnverwaltungen aller Länder ein grosses Interesse an der Erforschung der dynamischen Beanspruchung ihrer Bauwerke haben, sind erst in neuerer Zeit brauchbare und zuverlässige Messgeräte hierfür gebaut worden. Den Anstoss hierzu hat nicht zuletzt das Preisausschreiben gegeben, das die Deutsche Reichsbahn im Jahre 1924 zur Erlangung dynamischer Messgeräte erlassen hatte.<sup>1)</sup> Diesem Preisausschreiben zufolge ist auch der nachstehend beschriebene, vom Verfasser entworfene Spannungsmesser entstanden. Er ist seither in Verbindung mit der herstellenden Firma<sup>2)</sup> stetig verbessert worden und hat in der Praxis bereits vielfache Verwendung gefunden.

Bekanntlich beruht die Wirkungsweise eines Spannungsmessers auf den in einem Bauwerk durch Spannungswechsel hervorgerufenen Längenänderungen. Diese Längenänderungen werden vom Spannungsmesser, durch Hebel oder dergleichen mehrfach vergrössert, angezeigt. Die an einen dynamischen Spannungsmesser zu stellenden Anforderungen sind mannigfacher Natur; da sie dem Bauingenieur weniger geläufig sind, sollen sie nachstehend etwas ausführlicher behandelt werden. Das Bauwerk wird durch die sich bewegenden Fahrzeuge in Schwingungen versetzt, es entstehen dadurch zusätzliche Beanspruchungen in Form von Spannungsschwingungen und es muss der Spannungsmesser imstande sein, ausser der statischen Spannung auch die Spannungsschwingungen in einem Diagramm festzuhalten.

Die mehr oder weniger rasch verlaufenden Spannungswechsel rufen in den beweglichen Teilen des am Bauwerk befestigten Spannungsmessers Trägheitskräfte hervor, die das Messgerät bei zunehmender Schwingungszahl unter Umständen zerstören, oder zumindest einzelne Teile desselben so stark deformieren, dass Fehlanzeigen entstehen. Die Grenze der sekundlichen Schwingungszahl, bis zu der ein dynamischer Spannungsmesser noch verwendbar ist, muss auf einem sogenannten Schütteltisch, von dem weiter unten noch die Rede sein wird, festgestellt werden. Um diese Grenze möglichst hoch zu setzen, müssen die das Diagramm erzeugenden Teile (Hebelsystem) bei grösster Steifigkeit möglichst masselos ausgebildet werden. Diese im Grunde sich widersprechenden Forderungen können nur durch eingehende Berechnung der auf die Einzelteile wirkenden Kräfte erreicht werden.

Die Erscheinung, dass Seismographen bei Erdbeben häufig ausser Tätigkeit gesetzt werden, ist auf die erwähnte Einwirkung von Trägheitskräften auf das unrichtig dimensionierte Schreibhebelsystem zurückzuführen.

Nach diesen Ausführungen ist es klar, dass für statische Untersuchungen gebaute Spannungsmesser für dynamische Untersuchungen unbrauchbar sind. Im Laufe der Zeit haben sich zwei Arten von dynamischen Spannungsmessern herausgebildet, nämlich mechanisch registrierende und optisch registrierende.

Bei einem *mechanisch registrierenden* Spannungsmesser erfolgt die Vergrösserung der Längenänderungen und die Aufzeichnung des Diagramms auf mechanischem Wege durch Hebel und Schreibstift. Das Diagramm ist daher im Moment des Entstehens sichtbar.

Bei einem *optisch registrierenden* Spannungsmesser erfolgt die Vergrösserung der Längenänderungen teils auf mechanischem, teils auf optischem Wege. Die Aufzeichnung des Diagramms geschieht durch den masselosen Lichtstrahl

<sup>1)</sup> „Die Bautechnik“ 1924, Heft 51 und 52.

<sup>2)</sup> Trüb, Täuber & Co. Zürich, Ampèrestrasse 3.

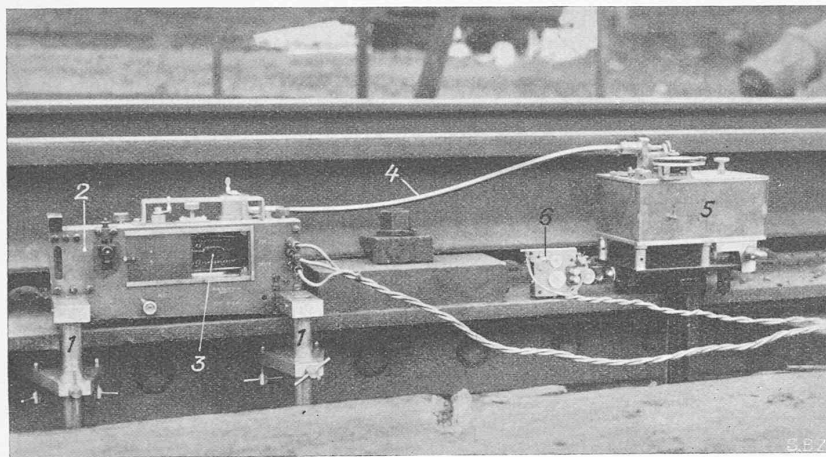


Abb. 9. Spannungsmesser Bauart Meyer am Obergurt einer Blechträgerbrücke angespannt. Messlänge 20 cm. — 1 Anspannklammern, 2 Spannungsmesser, 3 Diagramm, 4 Biegsame Welle, 5 Motor, 6 Zeitzeichengeber.

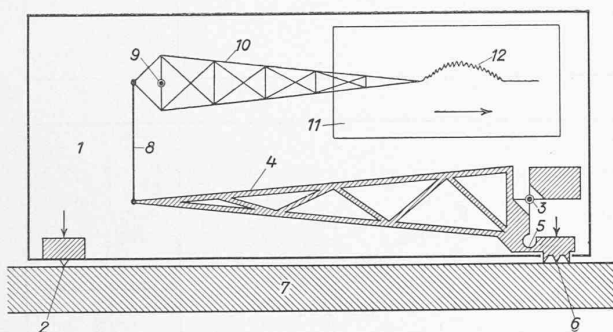


Abb. 1. Schematische Darstellung des Spannungsmessers Bauart Meyer.

auf ein Filmband. Um das Diagramm sichtbar zu machen, muss der Film in der Dunkelkammer entwickelt werden. Die optisch registrierenden Spannungsmesser besitzen im allgemeinen eine stärkere Vergrößerung als die mechanisch registrierenden und ergeben dadurch bei gleicher Spannung grössere Diagramme. Die optische Erzeugung der Diagramme ist jedoch mit einer gewissen Schwierigkeit und Umständlichkeit verbunden. So benötigt man für den elektrisch-optischen Kohleplättchen-Dehnungsmesser des Standardbureau in Washington, Telemeter<sup>3)</sup> genannt, für die Aufzeichnung des Diagramms einen elektrischen Oszillographen, dessen Bedienung viel Erfahrung erfordert. Da bei einem optischen Spannungsmesser die den Lichtstrahl speisende Lichtquelle während der Aufnahme eines Diagrammes konstant ist, fallen gerade die raschen Schwingungen des Diagramms am wenigsten scharf aus. Beim Telemeter verändert sich ausserdem bei Temperaturänderungen die Vergrößerung, und man ist genötigt, während der Versuche die Vergrößerung, von Zeit zu Zeit festzustellen. Dem gegenüber ist ein mechanisch registrierender Spannungsmesser einfacher in der Handhabung und billiger im Betrieb.

Nach diesen einleitenden Worten soll die Arbeitsweise des in Abb. 1 schematisch dargestellten mechanisch registrierenden Spannungsmessers näher beschrieben werden.

An einer mit der Spitze 2 versehenen Platte 1 befindet sich der im Kreuzlamellengelenk 3 gelagerte fachwerkartig ausgebildete Hebel 4 mit der durch die Lamelle 5 verbundenen Mess-Spitze 6. Die Spitzen werden vermittelt Klammern in der Richtung der Pfeile in das Versuchsobjekt 7 gepresst. Durch Spannungsänderungen im Versuchsobjekt werden zwischen den Spitzen 2 und 6 geringe

Längenänderungen hervorgerufen und durch die Mess-Spitze 6 auf den Hebel 4, von diesem auf das Kupplungsstück 8 und den in 9 gelagerten ebenfalls fachwerkartigen Hebel 10 nochmals vergrössert übertragen. Dieser zeichnet auf einem in Richtung des Pfeils laufenden berussten Papierstreifen 11 das Diagramm 12 auf.

Den Abstand der Spitzen 2 und 6 nennt man die *Messlänge* des Spannungsmessers, die in vorliegendem Fall normalerweise 20 cm beträgt (vergl. Abb. 9). Sie ist so gering gewählt, damit der Spannungsmesser noch zwischen zwei Eisenbahnschwellen an einem Schwellenträger einer Brücke befestigt werden kann. Die meisten Spannungsmesser haben eine bedeutend grössere Messlänge (bis 50 cm und mehr), sodass sie an genannter Stelle nicht verwendet werden können. Um bei geringer Beanspruchung eines Versuchsobjekts die Empfindlichkeit des Spannungsmessers zu steigern, kann die Messlänge durch ein Verlängerungsstück auf 40 cm vergrössert werden (vergl. Abb. 10).

Das Uebersetzungsverhältnis des Hebelsystems ist so gewählt, dass einer Diagrammordinate von 1 mm eine Beanspruchung an der Messstelle von 100 kg/cm<sup>2</sup> bei 20 cm Messlänge und von 50 kg/cm<sup>2</sup> bei 40 cm Messlänge entspricht, wenn es sich um ein Versuchsobjekt aus Eisen handelt. Da das Diagramm auf 1/10 bis 1/5 mm genau ausgemessen werden kann, ist die Spannung für praktische Zwecke genügend genau feststellbar.

Die Aufzeichnung der Diagramme erfolgte ursprünglich mit Tinte. Diese Erzeugungsart erfordert jedoch viel Geschicklichkeit, sodass sie verlassen und die Aufzeichnung auf berusstem Papier eingeführt wurde. Durch diese Massnahme ist die Wartung des Messgeräts auf ein Minimum reduziert worden. Auch ergibt diese Erzeugungsart äusserst kontrastreiche Diagramme (Abb. 11 und 12). Die berussten Streifen werden in gerolltem Zustand in einer Länge von rd. 6 m in das Messgerät eingesetzt, worauf es betriebsbereit ist. Damit die einzelnen Lagen sich nicht berühren, sind in zwei Reihen Erhöhungen im Papier angebracht (siehe bei b und d in Abb. 11). Nach der Diagrammaufnahme wird der Streifen herausgenommen und mit Schellacklösung fixiert, wodurch die Diagramme unverwischbar werden.

Wie bereits erwähnt, können bei einem Spannungsmesser Fehlanzeigen als Folge der Trägheitskräfte im Hebelsystem auftreten. Es ist dies dann der Fall, wenn sich die sekundliche Dehnungsschwingungszahl des Objekts, an dem der Spannungsmesser befestigt ist, der Eigenschwingungszahl des Spannungsmessers nähert. Unter der *Eigenschwingungszahl* oder *Eigenfrequenz* eines Spannungsmessers versteht man diejenige Schwingungszahl in der Sekunde, die das Hebelsystem eines an einem Objekt befestigten Spannungsmessers ausführt, wenn man dessen Schreibspitze auslenkt und hierauf frei schwingen lässt. Je mehr sich die dem Spannungsmesser aufgezwungenen sekundlichen Dehnungsschwingungen des Objekts der Eigenfrequenz des Spannungsmessers nähern, desto mehr werden die Diagramme durch den Spannungsmesser verzerrt aufgezeichnet. Erreicht die Anzahl der dem Spannungsmesser aufgezwungenen Schwingungen gar die Eigenfrequenz des Spannungsmessers, so spricht man von Resonanz zwischen aufgezwungener Schwingung und Eigenfrequenz; in diesem Falle erreicht die Verzerrung des Ausschlags das Maximum.

In Abb. 2 sind diese Verhältnisse graphisch dargestellt. Die Kurve a stellt die theoretische Resonanzkurve eines schwingungsfähigen Systems in Funktion seiner Eigenfrequenz  $n_e$  dar. Ein dem System aufgezwungener Schwingungsschlag von der Grösse 1 steigt bei der halben Eigen-

<sup>3)</sup> O. S. Peters: Development of the Carbon Resistance Strain-Gage; „Engineering News-Record“ 1927, Band 99, Seite 25. — Dr. Bernhard: Beitrag zur Brückenmesstechnik; „Der Stahlbau“ 1928, Heft 13, Seite 145 ff.



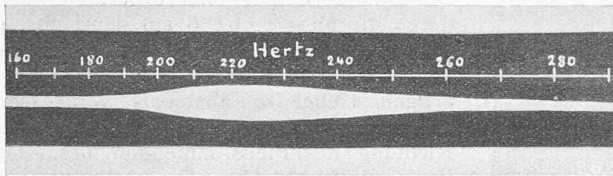


Abb. 3. Resonanzdiagramm.

frequenz  $n_e/2$  bereits auf etwa 1,3 an. Bei  $n_e$  wird er  $\infty$  gross, um dann rasch abzuklingen. Bei der doppelten Eigenfrequenz  $2 n_e$  wird der Ausschlag bereits fast Null. Je nach dem elastischen Verhalten des Hebelsystems und dem Luftwiderstand wird die Resonanzkurve jedoch mehr oder weniger stark gedämpft und nimmt eine Form etwa nach Kurve *b* an. Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt eines Resonanzdiagramms eines Spannungsmessers mit einer Eigenfrequenz von 220 Hertz.<sup>4)</sup> Die Aufnahme dieses Diagramms geschah so, dass dem Spannungsmesser an der beweglichen Spitze durch einen Schütteltisch Schwingungen von gleichbleibender Amplitude aufgezwungen wurden und zwar von Null beginnend bis 300 Hertz. Der Papierablauf erfolgte absichtlich langsam, sodass die einzelnen Schwingungen nicht erkenntlich sind, jedoch der Umriss des Schwingungsaussschlags umso schärfer hervortritt. Bis 180 Hertz zeichnete der Schreibhebel die dem Spannungsmesser aufgezwungenen Schwingungen unverzerrt auf. Von hier ab wächst der Schwingungsaussschlag infolge der Deformation des Hebelsystems bis zur Eigenfrequenz von 220 Hertz, um dann wieder abzuklingen.

Aus diesen Ausführungen geht hervor, dass ein Spannungsmesser wohl die statische Spannung richtig anzeigen kann, die Spannungsschwingungen bei ungenügend hoher Eigenfrequenz jedoch entweder verzerrt oder überhaupt nicht registriert. Es ist daher auf die Erprobung eines dynamischen Spannungsmessers das grösste Gewicht zu legen.

Im vorliegenden Falle erfolgte die Erprobung in eigenartiger Weise auf der in Abb. 4 in Grund- und Aufriss dargestellten Schütteltischanlage. Da durch diese Einrichtung jeder der beiden Hebel für sich auf Resonanz untersucht werden konnte, soll sie nachstehend näher beschrieben werden. Der Schütteltisch besteht aus einem Gestell *G* und dem Elektromagneten *E*, vor dem der pendelartig gelagerte Anker *A* hin und her schwingen kann. Schickt man durch die Windungen des Elektromagneten einen Wechselstrom, so wird der Anker entsprechend der Frequenz des Wechselstroms in Schwingungen versetzt. Die Hin- und Herbewegungen des Ankers, die die Dehnungsänderungen eines in Schwingung befindlichen Bauteils nachahmen, betragen dementsprechend nur einige Hundertstel Millimeter.

Der Spannungsmesser wird einerseits auf dem festen Teil *G*, andererseits auf dem beweglichen Teil *A* des Schütteltisches befestigt. Am Anker *A*, sowie an den Drehpunkten *B* und *C* der kleinen Hebel befinden sich kleine, etwa  $1/2$  mm<sup>2</sup> grosse Spiegelchen. Von einer Bogenlampe *L* aus erhalten die Spiegelchen je einen Lichtstrahl, der von diesen auf einen durch einen Synchronmotor *M* angetriebenen Polygonspiegel *P* zurückgeworfen und von da auf die Mattscheibe *F* abgelenkt wird. Wird nun ein Wechselstrom von bestimmter Frequenz gleichzeitig durch den Elektromagneten und den Synchronmotor gesandt, so werden der Anker, das Hebelsystem und damit auch die Spiegelchen bei *A*, *B* und *C* in Schwingungen versetzt.

<sup>4)</sup> 1 Hertz = 1 Schwingung pro Sekunde (siehe Abb 8 oben).

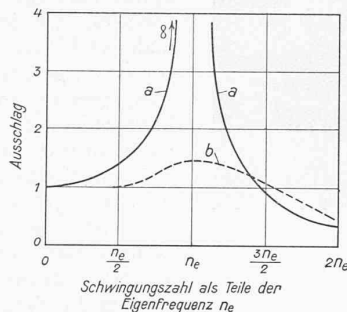


Abb. 2. Resonanzkurven.

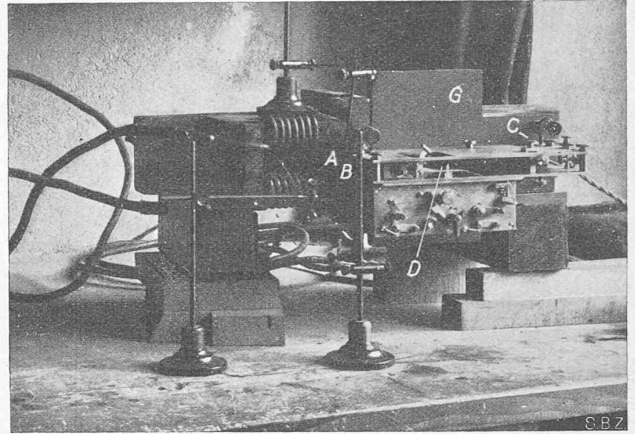


Abb. 5. Schütteltisch mit darauf befestigtem Spannungsmesser.

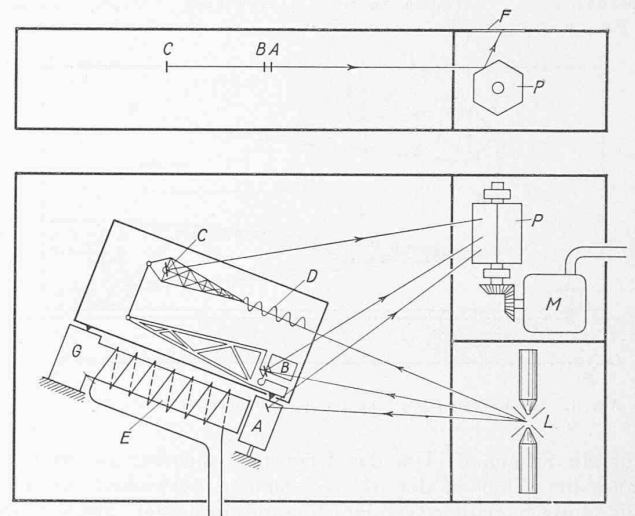


Abb. 4. Schematische Darstellung der Schütteltischanlage.

Durch den synchron laufenden Polygonspiegel werden die schwingenden Lichtstrahlen auf der Mattscheibe in stehende Wellen umgewandelt. Gleichzeitig wird von der Schreibhebelspitze des Spannungsmessers das Diagramm *D* aufgezeichnet. An Stelle der Mattscheibe wird eine photographische Platte angebracht, wodurch die Ausschläge der Lichtstrahlen festgehalten und mit dem Diagramm *D* in Beziehung gebracht werden können. Durch Veränderung der Stromstärke und der Frequenz des Wechselstroms können Schwingungsaussschlag und Schwingungszahl in weiten Grenzen verändert werden.

Abb. 5 zeigt den Schütteltisch von vorn gesehen. *G* ist das Gestell, *A*, *B* und *C* sind die Spiegelchen. Bei *D* wird das Diagramm erzeugt.

In Abb. 6 ist ein Oszillogramm der Ankerschwingung *A*, der Drehbewegungen *B* und *C* der beiden Hebel für eine Frequenz von 100 Hertz wiedergegeben. Daneben befindet sich das vom Spannungsmesser gleichzeitig aufgenommene Diagramm *D*. Solche Oszillogramme werden von 10 zu 10 Hertz bis zu 300 Hertz aufgenommen. Aus der Grösse der Schwingungsaussschläge *a*, *b*, *c* und *d* werden die folgenden Verhältniszahlen *b/a*, *c/b*, *d/c*, und *d/a* gebildet und diese in Funktion der Frequenz als Kurven aufgetragen.

Abb. 7 zeigt solche Kurven eines Spannungsmessers mit zu niedriger Eigenfrequenz, der auch ungenügend stark angepresst war. Die Kurve *b/a* gibt Aufschluss über das Gleiten der beweglichen Spitze auf dem Anker *A*. Darnach beginnt ein Gleiten bei etwa 200 Hertz, da dort das Verhältnis *b/a* unter eins sinkt, d. h. *b* grösser wird als *a*. Ein Gleiten kann bei ungenügender Befestigung eintreten, da

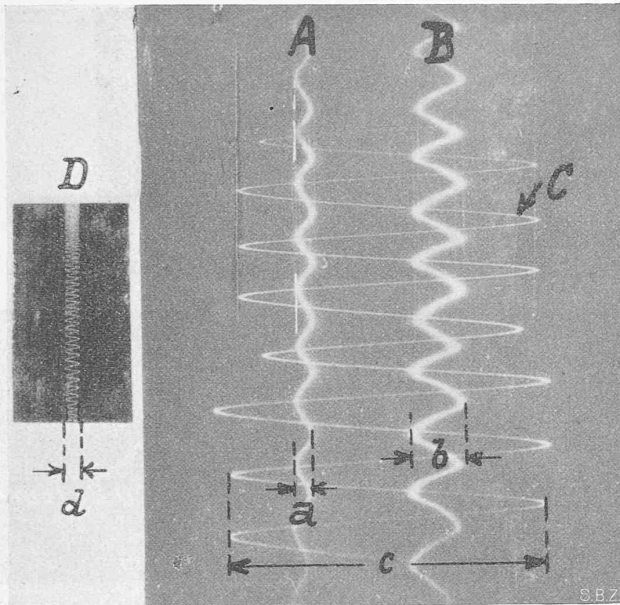


Abb. 6. Oszillogramm von 100 Schwingungen in der Sekunde zur Erprobung des Spannungsmessers.

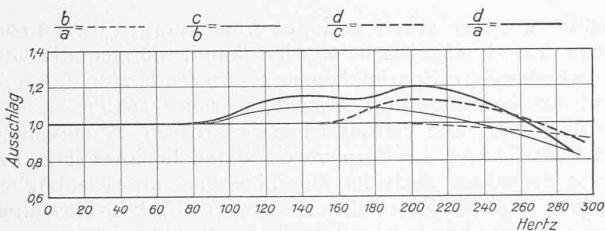


Abb. 7. Resonanzkurven eines Spannungsmessers mit zu niedriger Eigenfrequenz.

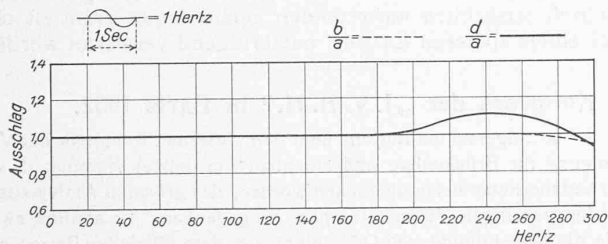


Abb. 8. Resonanzkurve eines verbesserten Spannungsmessers.

bei hohen Schwingungszahlen infolge der Trägheitswirkung eine Kraft bis zu 60 kg an den Spitzen des Spannungsmessers hin- und herrüttelt. Die Kurven der Verhältnisse  $c/b$  und  $d/c$  stellen die Resonanzverhältnisse der beiden Hebel dar. Es zeigen sich bei 140 resp. bei 200 Hertz Resonanzstellen der Hebel. Die Kurve des Verhältnisses  $d/a$  endlich gibt Aufschluss über die vergrößerte Wiedergabe der Ankerbewegung durch das Diagramm. Es erscheinen auch hier wieder die Resonanzstellen der beiden Hebel bei 140 bzw. 200 Hertz.

Solche Resonanzkurven ermöglichen es, Verbesserungen am Spannungsmesser auszuführen. Abb. 8 stellt die Resonanzverhältnisse einer späteren verbesserten Ausführung des Spannungsmessers dar. Aus der Kurve des Verhältnisses  $d/a$  ist ersichtlich, dass der Spannungsmesser bis zu einer Frequenz von 170 Herz verzerrungsfrei arbeitet. Bei 240 Hertz zeigt sich eine Resonanzstelle; es ist dies die Eigenfrequenz des Spannungsmessers. Das Gleiten der Spitzen beginnt hier bei etwa 260 Hertz, dem durch stärkeres Anpressen der Spitzen begegnet werden kann.

Die Untersuchung des registrierenden Spannungsmessers von Fränkel-Leuner<sup>5)</sup> auf dem Schütteltisch hat

<sup>5)</sup> Beschrieben in „Deutsche Bauzeitung“ 1893, Heft 94.

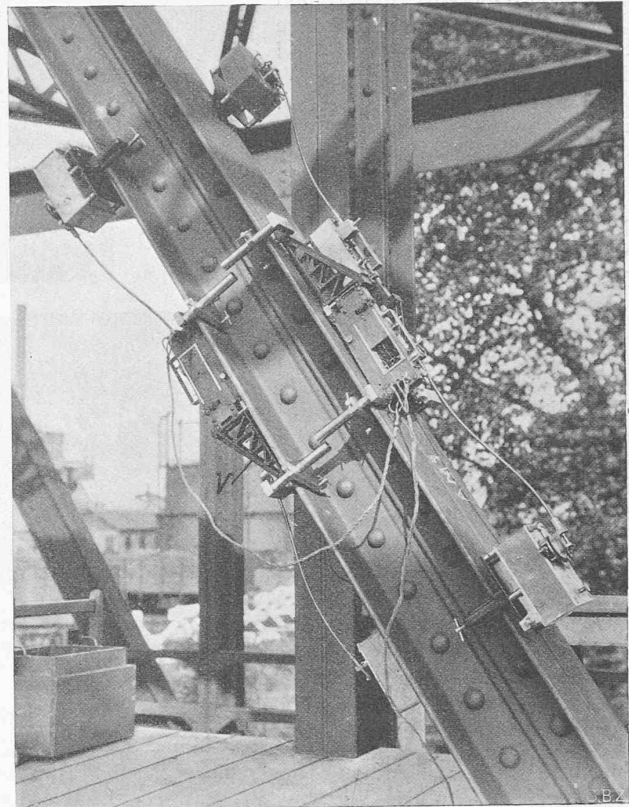


Abb. 10. Vier Spannungsmesser mit Verlängerungstück V an der Strebe einer Fachwerkbrücke; Messlänge 40 cm.

ergeben, dass dessen Eigenfrequenz bei etwa 10 Hertz und die verzerrungsfreie Anzeige bei etwa 3 Hertz liegt, womit seine Verwendung für die Aufzeichnung von Spannungsschwingungen praktisch nicht in Frage kommt.

Abb. 9 (S. 51) zeigt den Spannungsmesser 2 mit Zubehörteilen, mittels Klammer 1 am Obergurt einer Brücke angespannt. Die Messlänge beträgt hier 20 cm. Der Papieranschub erfolgt vermittelt der biegsamen Welle 4 durch den Motor 5. Der Spannungsmesser ist allseitig gegen Witterungseinflüsse abgeschlossen. Das Diagramm kann jedoch durch ein verschliessbares Fenster 3 beobachtet werden. Durch einen Zeitzeichengeber 6 werden auf elektrischem Wege Zeitintervalle von einer Sekunde oder einem Bruchteil davon auf dem Diagramm mitaufgezeichnet.

Abb. 10 zeigt die Strebe einer Fachwerkbrücke, an der gleichzeitig vier Spannungsmesser mit dem Verlängerungsstück V angebracht sind. Mit diesem Verlängerungsstück beträgt die Messlänge 40 cm.

In Abb. 11 und 12 sind Spannungsdiagramme in Naturgrösse dargestellt. Die drei Diagramme der Abb. 11 stammen vom Untergurt einer 10 m langen Trägerbrücke. Sie stellen die Beanspruchung in Trägermitte dar, bei einer Geschwindigkeit der über die Brücke fahrenden Lokomotive von 5, 40 und 118 km/h, wobei die Fahrt von 5 km/h die ruhende Last darstellen soll. Da die Messlänge des Spannungsmessers 20 cm betrug, entspricht einer Ordinate von 1 mm eine Spannung von 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Mit der Zunahme der Geschwindigkeit der über die Brücke rollenden Last wächst die Spannung. Die Zunahme der Spannung wird im Brückenbau durch die *Stosszahl*  $\varphi$  ausgedrückt; die Stosszahl gibt an, wie viel grösser die der Berechnung der Brücke zugrunde gelegte ruhende Last sein müsste, um die gleiche Beanspruchung zu erzeugen, wie die mit einer gewissen Geschwindigkeit über die Brücke bewegte Last. Im vorliegenden Falle beträgt die Stosszahl bei 40 km/h  $\varphi = 660/500 = 1,32$  und bei 118 km/h  $\varphi = 750/500 = 1,50$ . Die Spannung im Brückenmaterial ist also bei 118 km/h um rund 50% grösser als bei ruhender



Last. Im Obergurt der selben Brücke wurde eine noch höhere Stosszahl festgestellt, was auf den unmittelbaren Lastangriff der auf dem Obergurt liegenden Schwellen und auf die Seitenstösse zurückzuführen ist.

Die oberste mit *a* bezeichnete Linie des Diagrammstreifens ist die Zeitzeichenlinie des elektrisch betriebenen Zeitzeichengebers; das Intervall der Striche bedeutet  $\frac{1}{6}$  Sekunde. Darnach lässt sich die Anzahl der Spannungsschwingungen feststellen, die 90 in der Sekunde beträgt. Die Kenntnis der Schwingungszahl ist unter anderm notwendig, um festzustellen, ob diese noch innerhalb der verzerrungsfreien Angabe des Spannungsmessers liegt. Die Punktreihen *b* und *d* sind die bereits erwähnten Erhöhungen im Papier, zum Schutze gegen das Berühren der einzelnen Papierlagen unter sich. Die auf der Linie *e* angebrachten Striche sind Zeichen eines durch die Loko-

motivräder betätigten Schienenkontakts. Da es sich im vorliegenden Falle um eine 10-achsige Lokomotive handelte, sind zehn Zeichen sichtbar. Durch diese Zeichen ist man imstande, den Einfluss verschieden schwerer Lokomotivachsen festzustellen. Auch dienen sie dazu, bestimmte Ordinaten mehrerer parallel geschalteter Spannungsmesser an der nämlichen Brücke zu bezeichnen.

In Abb. 12 sind drei Diagramme der in Abb. 10 dargestellten Strebe wiedergegeben und zwar für Lokomotivgeschwindigkeiten von 5, 40 und 115 km/h. Entsprechend der Druck- und Zugzone der Strebe erscheint auch im Diagramm ein negativer und ein positiver Teil. Einer Diagrammordinate von 1 mm entspricht hier, der Messlänge von 40 cm wegen, eine Spannung von 50 kg/cm<sup>2</sup>. Das Zeitintervall beträgt  $\frac{1}{6}$  Sekunde, woraus sich 50 Spannungsschwingungen in der Sekunde abzählen lassen. Die Stosszahlen betragen:

Geschwindigkeit	Stosszahl $\varphi$	
	Druckzone	Zugzone
40 km/h	$\frac{125}{90} = 1,39$	$\frac{290}{260} = 1,11$
	$\frac{159}{90} = 1,66$	$\frac{350}{260} = 1,35$

Die grössere Stosszahl in der Druckzone lässt sich dadurch erklären, dass die Druckkraft die Strebe dynamisch stärker ausbiegt als die Zugkraft. Auf diese Erscheinung ist man erst in neuester Zeit durch solche Messungen aufmerksam geworden.

Der Erforschung des dynamischen Verhaltens der Eisenbahnbrücken wird zur Zeit grosse Aufmerksamkeit gewidmet. So hat sich ein Ausschuss des Internationalen Eisenbahnverbandes, dem die meisten Eisenbahngesellschaften angehören, zur Aufgabe gemacht, verschiedene Brückentypen mit verschiedenen Lokomotivtypen dynamisch zu untersuchen. Es ist zu erwarten, dass durch diese planmässigen Versuche für den Brückenbau nutzbringende Erkenntnisse gezeitigt werden.

Es soll noch darauf hingewiesen werden, dass der Spannungsmesser sowohl an Holz-, als auch an Massivkonstruktionen (Beton, Stein) verwendet werden kann.

Im Anschluss an diese Ausführungen soll auch auf den grossen Wert der dynamischen Spannungsmessungen im Maschinenbau hingewiesen werden. Wenn solche noch wenig ausgeführt worden sind, so mag dies daran liegen, dass es bisher an einem einfachen Messinstrument gefehlt hat. Der beschriebene Spannungsmesser dürfte diese Lücke

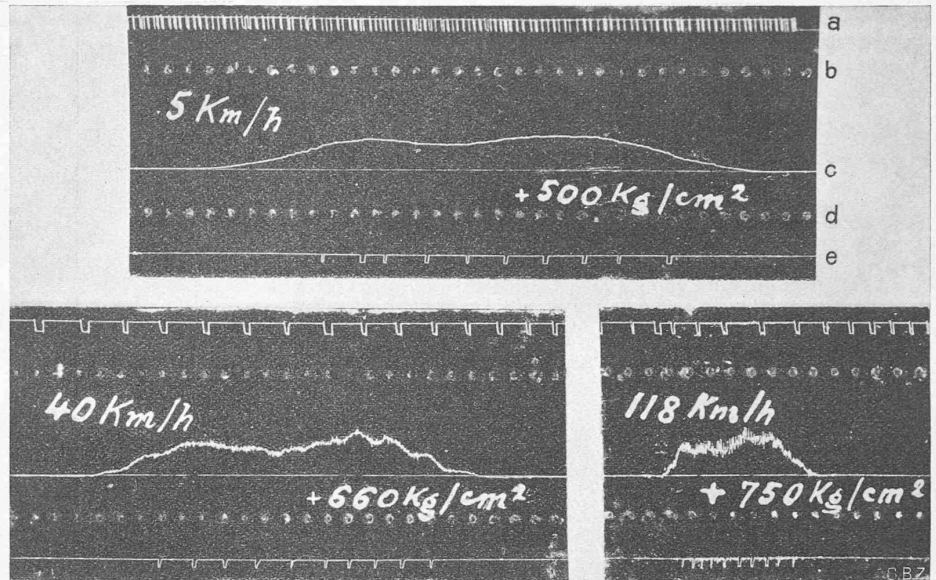


Abb. 11. Spannungsdiagramme (in Naturgrösse) einer 10 m langen Trägerbrücke bei Geschwindigkeiten der Lokomotive von 5, 40 und 118 km/h; Diagramm-Ordinate: 1 mm = 100 kg/cm<sup>2</sup> Spannung.  
a Zeitzeichen =  $\frac{1}{6}$  Sekunde, b und d Erhöhungen im Papier, c Diagramm, e Zeichen herrührend von den Lok.-Achsen.

ausfüllen, da er seiner geringen Abmessungen wegen sozusagen überall angebracht werden kann, nötigenfalls unter Verwendung von Spezialklammern. Anwendungen dieser Art sind bereits ausgeführt worden, worüber später berichtet werden soll. Die verhältnismässig grossen Abmessungen der Bauteile und die dazu verwendeten hochwertigen Baustoffe verlangen auch im Maschinenbau die bestmögliche Ausnutzung des Materials. Die noch vielfach im Maschinenbau vorherrschende Gepflogenheit, die Abmessungen von Maschinenteilen gefühlsmässig anzunehmen, kann verlassen werden, wenn mit Hilfe von Spannungsmessungen die im Betrieb tatsächlich auftretenden Spannungen ermittelt und bei einem späteren Entwurf nutzbringend verwertet werden.

## I. Kongress der „I. V. B. H.“ in Paris 1932.

Im allgemeinen Bericht über den „Internat. Kongress der Vereinigung für Brückenbau und Hochbau“ in letzter Nummer (S. 40) ist bedauerlicherweise übersehen worden, des grössten Aktivpostens in den geselligen Veranstaltungen zu gedenken. Er stammt zwar, wie die Besichtigung von Orly, nicht aus dem offiziellen Programm, sondern war eine Bereicherung seitens der *Pariser Gruppe der G. E. P.* Diese hatte die der G. E. P. angehörenden, sowie alle schweizerischen Kongressteilnehmer mit ihren Damen auf den 20. Mai zu einem „dîner commun, suivi d'une petite sauterie“ ins Hotel Bohy-Lafayette eingeladen. Die Veranstaltung, an der etwa 40 der Eingeladenen, insgesamt rd. 110 Personen teilnahmen, hat einen äusserst gelungenen Verlauf genommen. Den Pariser Kollegen von der G. E. P. sei hiermit für die schönen Stunden froher Geselligkeit und Kameradschaft auch an dieser Stelle herzlich gedankt! C. J.

## Frank Julian Sprague.

Am 25. Juli vollendet Frank Sprague, in ungewöhnlicher Frische des Geistes und des Körpers, selbst noch in leitender Stellung geschäftlich tätig, sein 75. Lebensjahr. Eine grosse Versammlung, in der zehn der bedeutendsten technischen Gesellschaften und zehn Hochschulen der Vereinigten Staaten offiziell vertreten sind, beglückwünscht Sprague an seinem Geburtstage und spricht ihm feierlich die dankbare Anerkennung aus für sein mannigfaltiges Lebenswerk am Fortschritt der angewandten Elektrizität.

Sprague muss zu den glänzendsten Pionieren und Förderern der Starkstromtechnik gezählt werden. Er vereinigt Wissenschaftlichkeit, Erfindungsgabe, praktisch orientierten Weitblick, Geschicklichkeit und Hartnäckigkeit im Selbstverwirklichen seiner Ideen, Mut und Ehrenhaftigkeit im Geschäft. Die Gegenstände, mit denen er sich besonders bahnbrechend beschäftigte sind: die mathe-

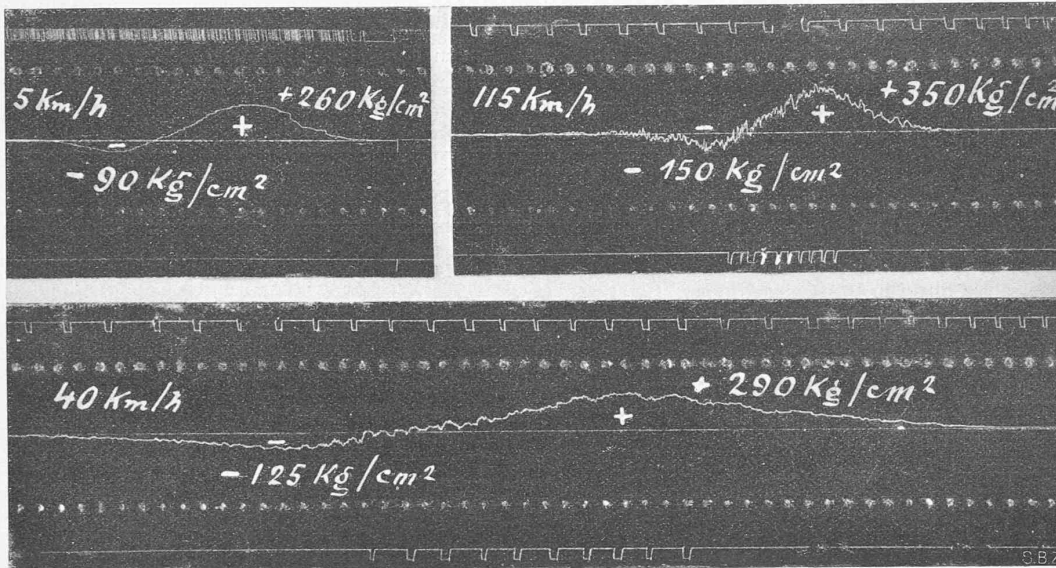


Abb. 12. Spannungsdiagramme der Strebe einer Fachwerkbrücke bei Geschwindigkeiten der Lokomotive von 5, 40 und 115 km/h.  
Diagrammordinate: 1 mm = 50 kg/cm<sup>2</sup> Spannung.

matische Behandlung der Energieverteilung, die praktische Anwendung des Elektromotors auf die Traktion, die elektrische Strassenbahn in allen Einzelheiten, der Elektromotor von konstanter Drehzahl, der elektrische Aufzug, die Fernsteuerung, die Vielfachsteuerung bei elektrischer Traktion, die automatische Steuerung von elektrischen Eisenbahnfahrzeugen. An der Diskussion von technischen und wirtschaftlichen Fragen des Verkehrs, des Traktionsystems und dergl. in Fachkreisen und in der Öffentlichkeit beteiligte er sich öfter, mit vollendeter Polemik und imponierender Festigkeit der Ueberzeugung.

Die elektrische Strassenbahn ist längst eine Selbstverständlichkeit. Die erste, die als solche im heutigen Sinne des Wortes bezeichnet zu werden verdient, führte Sprague 1887 in Richmond, Va., auf Bestellung aus. Das Unternehmen umfasste die vielen, damals erst in kleinen Versuchen unvollkommen gelösten Aufgaben der Energieversorgung, der Fahrleitungen über belebten Strassen, der Stomabnahme, des Einbaues der Motoren und der übrigen elektrischen Ausrüstung in den Wagen, der Geschwindigkeits- und Zugkraft-Regelung usw. Dabei waren diese Aufgaben zum Teil erschwert durch Steigungen, die mit Pferdetraktion nicht hätten bewältigt werden können. Die Neuheit und Schwierigkeit all dieser Aufgaben zu jener Zeit ist heute kaum zutreffend zu würdigen. Sprague löste sie unter dem Druck eines Lieferungsvertrages auf Termin, zwar unter beinahe vollständiger finanzieller Erschöpfung seiner Gesellschaft, der „Sprague Railway & Motor Co“, aber technisch so vollständig und bezüglich der kommerziellen Möglichkeiten des elektrischen Strassenbahnbetriebes so überzeugend, dass das fertige Werk den unaufhaltsamen Siegeszug der elektrischen Traktion bei den Strassenbahnen eröffnete. In den folgenden drei Jahren rüstete Sprague nicht weniger als 110 elektrische Strassenbahnen aus. 1890 verschmolz sich seine Gesellschaft mit der Edison General Electric Co. Die Sprague'schen Konstruktionen erhielten sich lange als Norm oder entwickelten sich zu Normen; manche können in neuen Ausführungen noch nachgewiesen werden.

1895 trat Sprague mit seiner Erfindung des Multiple Unit Systems, der Vielfachsteuerung hervor und zeigte diese 1897/98 bei der South Side Elevated Bahn in Chicago in erfolgreichem Betrieb. Mit der Vielfachsteuerung lieferte Sprague recht eigentlich den Schlüssel zur technisch guten und kommerziell möglichen Lösung des Problems des elektrischen Betriebes vor allem der grosstädtischen Hochbahnen, Untergrundbahnen und Vorortbahnen und leitete damit eine neue Entwicklung der elektrischen Traktion, ja des Eisenbahnbetriebes überhaupt ein, die für den Verkehr auf Schienenwegen kaum weniger bedeutsam war als die Entwicklung, die von der Strassenbahn in Richmond ausging.

1906 erfand Sprague die automatische Steuerung von elektrischen Eisenbahnfahrzeugen, durch die insbesondere der Betrieb vielfachgesteuerter Züge eine kaum mehr zu übertreffende Einfach-

heit und Sicherheit gewann.

Sprague war nie eine Reklamefigur. Er ging zu sehr in den Sachen selbst auf, an denen er arbeitete. Sein Name ist daher in unserem Lande sehr vielen Fachgenossen nicht bekannt. In seinem Lande waren seine bahnbrechenden Pionierleistungen im Gebiete der elektrischen Traktion längst so sehr anerkannt, dass er als „Father of electric traction“ bezeichnet wird.

Dr. E. Huber-Stockar.

## MITTEILUNGEN.

**Das Columbushaus** am Potsdamer-Platz in Berlin (Arch. E. Mendelsohn) ist im Mai d. J.

nach nur einjähriger Bauzeit fertiggestellt worden. Es handelt sich um einen zehngeschossigen Stahlskelettbau, der auf einer zwei Geschosse tiefen Unterkellerung aus Eisenbeton ruht. Im Erdgeschoss sind Läden, im ersten Geschoss ein Restaurant; ebenso im obersten, wo längs beider Strassenfluchten (Bellevue- und Friedrich-Ebertstrasse) eine 6 m breite, stützenlos überdachte Terrasse durchläuft. Die übrigen Geschosse enthalten Bureauräume. „Deutsches Bauwesen“ vom 1. Juni gibt eine gut und knapp illustrierte Beschreibung, der wir entnehmen, dass die Tragkonstruktion der Aussenwände aus je zwei ummantelten Peinerprofilen Nr. 10 besteht, die Pfeiler von 16 cm Gesamtstärke bilden (in Abständen von 1,30 m). Es entstehen so durchlaufende Fensterbänder, die jede beliebige Innenaufteilung ermöglichen.

**Versuchsfahrten mit einem Saurer-Autobus-Anhängerwagen** sind kürzlich am Thunersee vorgenommen worden, wo sich der durch ein Gestänge in seinen Vorder- und Hinterrädern gesteuerte Anhänger auch in engen Kurven gut bewährte, da er stets die Spur des Triebwagens einhielt. Biegsame Leitungen verbinden die beiden Wagen, und zwar für Bremsdruckluft (Syst. Knorr), Lichtstrom und Auspuffgas. Wie wir dem „Motorlastwagen“ vom 25. Mai entnehmen, fasst der Anhänger 46 Personen, besitzt eine Anticorodal-Karosserie mit unsichtbarer Nietung und gewährt ein bedeutend angenehmeres Fahren als der lärmende und vibrierende Motorwagen.

**Der Münchener Glaspalast** soll durch ein neues Kunsthaus ersetzt werden, das an gleicher Stelle, im alten botanischen Garten zwischen Elisen- und Sofienstrasse entstehen wird. Prof. A. Abel, der Nachfolger Theodor Fischers auf dem Lehrstuhl der Technischen Hochschule, hat nun auf behördlichen Auftrag einen Entwurf dafür geschaffen, den die „Deutsche Bauzeitung“ vom 1. Juli wiedergibt. Da ursprünglich die Veranstaltung eines Projekt-Wettbewerbes vorgesehen worden war, hat sich selbstverständlich die Münchner Architektenschaft energisch gegen diese Art der Lösung gewehrt und erreicht, dass nun doch noch ein Wettbewerb ausgeschrieben wird.

**Uferbefestigung mit Asphalt** ist in Monheim am Rhein auf einer 1:3 geneigten Böschung angewendet worden, nachdem Versuche im Walchensee-Forschungsinstitut günstige Resultate ergeben hatten. Diese über dem Mittelwasserspiegel liegende Böschung einer Verlade-Anlage ist im Ausmass von 2000 m<sup>2</sup> mit einer 9 cm starken Mexphalt-Tränkdecke versehen worden. Nach dem „Bauingenieur“ vom 3. Juni d. J. hat man damit eine Ersparnis von 50% gegenüber den Kosten einer Pflasterung erreicht.

**Ein eigenartiges Hallenschwimmbad** hat die Stadt Breslau aufzuweisen. Da auf beschränktem Grundriss zwei Schwimmbassins gefordert waren, entschloss man sich, sie übereinander anzuordnen. Wie wir der „Bautechnik“ vom 1. Juli entnehmen, ist das untere Bassin in Eisenbeton, das obere jedoch in Eisen ausgeführt; beide in der Grösse von 9 × 12 m.