

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 35/36 (1900)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Zwei Instrumente für Messungen von Formänderungen und Spannungen an Brücken  
**Autor:** Mantel, G.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-21942>

### **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:** 13.03.2025

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

## Zwei Instrumente für Messungen von Formänderungen und Spannungen an Brücken.

Von Ingenieur G. Mantel in Zürich.

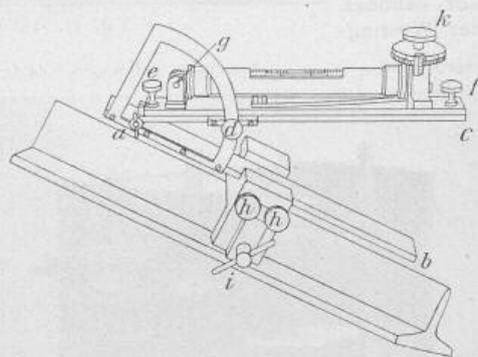
### I.

Als durch die Arbeiten von Culmann, Winkler und andern das Problem der Bestimmung der innern Kräfte in den Netzgerippen der Fachwerkbrücken für die wichtigsten Systeme gelöst war, konnte man wohl einige Zeit denken, dass die Aufgabe der Berechnung derselben endgültig erledigt sei. Es ist auch verständlich, wenn Ingenieure, die seit 10—20 Jahren aufgehört haben, sich eingehender mit dem Brückenbau zu beschäftigen, der Meinung sind, die Arbeitsweise der Fachwerkbrücken, z. B. eines einfachen Parallelträgers, sei eine äusserst einfache und längst vollkommen klar gelegte Sache, und wenn sie aus diesem Grunde schon Brückenproben und andere an Brücken vorzunehmende Untersuchungen als nutzlose Zeit- und Geldverschwendung betrachten.

Sehr bald aber wurde die Ansicht erschüttert, dass die Arbeit der Fachwerkwände entsprechend denjenigen Spannungen vor sich gehe, die man damals einzig in Rechnung stellte, nämlich den in den Achsen der Stäbe wirkenden, sogenannten Hauptspannungen. Sowohl die oben genannten als auch andere Gelehrte erkannten, und die ersten Versuche von Spannungsmessungen an Brücken bestätigten es, dass mit den Hauptspannungen die Beanspruchungen der Fachwerkglieder keineswegs erschöpft seien, dass sich zu diesen noch manche andere Spannungen — Biegungsspannungen zu den achsialen Zug- und Druckspannungen, zusätzliche Biegungsspannungen zu den primären der Fahrbauteile u. s. w. — zugesellen. Diese Erkenntnis veranlasste ein neueres, tiefer gehendes Studium der Fachwerkbrücken, indem nun die Ermittlung der Grösstwerte der Spannungen, die nicht in den Achsen der gezogenen oder gedrückten Stäbe, sondern wie bei den von vornherein auf Biegung beanspruchten, immer an den äussersten Kanten auftreten, sich als notwendig erwies. Achsiale und Biegungsspannungen setzen sich in diesen zu Gesamtspannungen zusammen, die selten über die ganze Stablänge konstant und zudem oft auch wechselnden Vorzeichens sind. Man kann zwei Gruppen dieser Mehrspannungen unterscheiden: solche, die von Zusatzkräften herühren, und eigentliche Nebenspannungen. Ursache der sog. Zusatzspannungen sind einerseits alle jene, neben den lotrechten Lasten früher vielfach vernachlässigten Kräftewirkungen, wie Winddruck, Flugkraft, Bremskraft, Temperaturwirkungen —, andererseits die Abweichungen des der Rechnung zu Grunde gelegten, vereinfachten ebenen Fachwerknetzes und seiner vereinfachten Auflagerbedingungen von der wirklich ausgeführten räumlichen Brücke, in welcher zahlreiche überzählige Stäbe und veränderte Auflagerverhältnisse ebenso zahlreiche neu hinzutretende innere Spannungen bedingen, wodurch die Grundspannungen bald vergrössert, bald verkleinert werden. — Ursache der Nebenspannungen (Sekundärspannungen) ist die, in der Ausführung an Stelle der der Rechnung zu Grunde gelegten reibungslosen Gelenkverbindungen tretende feste Vernietung, sowohl der einzelnen Teile der lotrechten Tragwände und der wagrechten Versteifungswände, als der verschiedenen Wände unter sich und mit den Teilen der Fahrbahtafel; jeder dieser festen Knotenpunkte wird durch seine Verdrehung Veranlassung von mehr oder weniger weit im räumlichen Stabsystem sich ausbreitenden Biegungsspannungen.

Alle diese Zusatzspannungen verwickeln nun das Kräftespiel in ausserordentlicher Weise, sodass die Hauptspannungen oft kaum zu erkennen sind. Thatsächlich sind ja die wirklichen Grösstbeanspruchungen auch in einem einfachen Parallelträger mit fest verbundener Fahrbahn die Resultanten einer ganzen Anzahl von aufeinander einwirkenden Ursachen, indem eben, principiell wenigstens, jeder Teil von allen übrigen Teilen beeinflusst wird; daher kommt es, dass ein völlig klarer Einblick in das Kräfte-

spiel oft grosse Schwierigkeiten bereitet, ja uns noch oft unmöglich ist, immer aber zum mindesten äusserst umständliche, für die Praxis kaum durchführbare Rechnungen erfordert. Andererseits ist aber die Kenntnis der sich übereinander legenden Gruppen von Nebenspannungen von hervorragender Wichtigkeit, denn sie bilden in Vereinigung mit den Grundspannungen die Grösstspannungen, welche die erstern wesentlich überschreiten können, und für die Sicherheit des Bauwerkes ist es notwendig, dass diese Gesamtspannungen keine zu hohen Beträge erreichen. Wenn man daher auch immer noch genötigt ist, die Dimensionierung der Brücken, der Schwierigkeit einer genauern Rechnung wegen, auf die Grundspannungen zu basieren, so trägt man den Ergebnissen der neueren Forschungen in der Weise Rechnung, dass man diejenigen Konstruktionsprincipien so viel wie möglich berücksichtigt, welche nach jenen Forschungen einen möglichst geringen Höchstbetrag der Zusatzspannungen erwarten lassen, sodass die Gesamtspannungen immer noch in der zulässigen Grenze bleiben. — Die Klarlegung dieser Konstruktionsprincipien ist der wichtigste Vorteil, den uns das Studium der Zusatz- und Nebenspannungen gebracht hat; ohne Beherrschung derselben kann heute der Konstrukteur nicht mehr darauf rechnen, mit Erfolg an die Lösung der immer grösseren Aufgaben heranzutreten, welche die Gegenwart stellt. Dies bleibt richtig, wenn sich auch in der letzten Zeit die Erkenntnis Bahn bricht, dass auf die Widerstandsfähigkeit der Brücke gegen *Bruch* wenigstens die Nebenspannungen in den meisten Fällen nicht einen so bedeutenden Einfluss ausüben, wie man es wohl ursprünglich glaubte annehmen zu müssen; denn dieselben wachsen nach der Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze langsamer an als die Hauptspannungen und treten daher beim Bruch den letztern gegenüber nur mit einem sehr verminderten Betrag in Wirkung, immerhin abgesehen von allen den Fällen, wo es sich um Knicken handelt. Dimensioniert man aber gegen die Elasticitätsgrenze, d. h. stellt man die Bedingung in den Vordergrund, dass diese nie überschritten werden dürfe, so treten die Nebenspannungen mit ihrem vollen Betrag in die Rechnung ein.



Winkelmessinstrument (Klynometer). 1:12.

Um nun einerseits dem Konstrukteur zu ermöglichen, die Richtigkeit seiner Principien am ausgeführten Bauwerk prüfen und unmittelbar konstatieren zu können, dass die auftretenden Spannungen in keinen Teilen zu gross werden, andererseits als Hilfsmittel für den Theoretiker zur Prüfung und Korrektur seiner Rechnungen, sind Messinstrumente gebaut worden, welche entweder indirekt aus den erhobenen Formänderungen — Durchbiegungen, Winkeländerungen — eine Ermittlung der Beanspruchungen in den Stäben ermöglichen sollen, oder aber diese unmittelbar aus der Verlängerung und Verkürzung der Stabkanten bestimmen, d. h. also eine experimentelle Ermittlung der Arbeitsweise der Brücken gestatten.

Zwei neuere Instrumente, welche für Winkel- und Spannungsmessungen von Herrn Mechaniker *Usteri* in Zürich nach meinen Wünschen und Angaben in erster Linie für die Bedürfnisse der Brückenkontrollingenieure des Eisen-

bahndepartementes konstruiert worden sind, sollen hier kurz beschrieben werden.

**I. Winkelmessinstrument. (Klynometer.\*)**

Biegungsspannungen sind immer von Querschnittsdrehungen begleitet: misst man diese an zwei benachbarten Stellen, so lässt sich aus dem Unterschied die mittlere Biegungsspannung auf Messlänge unabhängig von etwa vorhandenen Zug- oder Druckspannungen erhalten. Aber auch die Formänderungen bzw. die Winkeländerungen selbst an den verschiedenartigen Teilen einer Brücke messen zu können, ist von Wert: die Neigung frei stehender Tragwände, die Drehung der Brückenenden, namentlich auch der Enden von Bogenträgern u. s. w. Aus letztern kann z. B. ein Mass für die vorhandene Reibung in den Lagern abgeleitet werden, nämlich aus

dem nicht zurückgehenden Reste der Drehungen, den man leicht zu beobachten Gelegenheit hat, wenn die Last das eine mal in der einen, das andere mal in der entgegengesetzten Richtung überfährt. — Endlich ist in vielen Fällen der Besitz einer einfachen, sicher auf horizontaler Unterlage aufliegenden Libelle erwünscht, um Drehungen in den Köpfen von Widerlagern und Pfeilern messen zu können, die gar nicht so selten sind, wovon man sich bald überzeugt, sobald man sein Augenmerk auf solche Messungen richtet. Diese durch die Elasticität des Steins und den nicht immer centriscch wirkenden Auflagerdruck ganz erklärlichen, aber doch überraschenden Bewegungen sind allerdings auch in einzelnen Fällen von Querdrehungen begleitet, die dann auf nicht ganz gleichmässigen Widerstand der Fundamentfläche schliessen lassen.

Zwei Lineale, *a b* und *a c* (s. Figur), sind durch ein Gelenk bei *a* mit einander drehbar verbunden. Am Lineal *ab* ist ein Halbkreis befestigt, welcher die Festlegung des Lineals *ac* durch die zwei Schrauben *a* und *d* in beliebiger Lage gestattet. Auf dem Lineal *ac* ist mittels der beiden Schrauben *e* und *f* ein drittes aufgeschraubt, welches seinerseits die Libelle trägt. Diese ist bei *g* um einen Dorn drehbar befestigt und wird hier zur Vermeidung toten Ganges durch eine Spiralfeder nach aufwärts an die Achse gepresst. Eine Blattfeder drückt das rechte Ende der Libelle an die Spitze einer Mikrometerschraube, welche eine in hundert Teile geteilte Messtrommel von 4 cm Durchmesser trägt. Die untere Kante dieser Messtrommel spielt an einer lotrechten Skala, welche gestattet, die ganzen Umdrehungen abzulesen.

Das untere Lineal wird in eine Gussklammer gefasst und in derselben mit zwei Schrauben *b b* festgeklemmt. Die Gussklammer hat Nuten auf zwei Seiten, um das In-

\*) Herr Mechaniker Usteri-Reinacher in Zürich liefert dasselbe zum Preise von 100 Fr.

strument an stehenden und liegenden Blechen befestigen zu können. Es kann auch an der Unterseite eines schiefen Stabes ebenso fest gemacht werden, wie es in der Zeichnung an der obern Kante befestigt erscheint. Man hat dann nur die Libelle nach Lösung der beiden Schrauben *e* und *f* auf die innere, jetzt nach unten sehende Seite des Lineals *ac* aufzuschrauben. — Die Befestigung der Klammer selbst erfolgt mittels der Klemmschraube *i*, deren Anziehen drei Stahlspitzen auf der entgegengesetzten Seite der Klammer zum Eingreifen in das Eisen bringt, wodurch ein tadelloses Festsitzen erreicht wird.

Um die Drehung eines Querschnittes an einem schiefen Stabe zu messen, befestigt man das Instrument in der in der Zeichnung angegebenen Weise, stellt es mit Hülfe der Schrauben *a* und *d* ungefähr wagrecht, bringt die Blase mit

Hülfe der Teiltrommel *k* zum Einspielen und liest an den Teilungen die ganzen und hundertstel der Ausgangstellung ab. Das nämliche wiederholt man nach Auffahren der Last und erhält in dem Unterschied der Ableesungen einen dem Drehungswinkel des gefassten Querschnittes proportionalen Wert. Natürlich ist in einer solchen Drehung auch diejenige des ganzen Brückenquerschnittes

an der betreffenden Stelle mitenthaltend, aber für die Ermittlung der Biegungsspannung z. B. ist nur der Unterschied der Drehungen an zwei derart benachbarten Querschnitten massgebend, dass für beide die Drehung des Brückenquerschnittes als gleich angesehen werden kann.

Bei meinem Exemplar entspricht ein ganzer Trommelumfang einem Winkel (Bogen und Tangente können wegen der Kleinheit der Winkel einander gleich gesetzt werden) von 0,001521, ein Teilstrich der Trommel also einem solchen von 0,0001521. Auf den einzelnen Trommelteil wird nicht mit Sicherheit eingestellt werden können, obschon die Libelle sehr empfindlich ist; ein Libellentheil entspricht 11" oder nahezu 3 1/2 Trommelteilen. Trotzdem aber ist die Genauigkeit des Instrumentes eine sehr schöne und genügt völlig für die-

jenigen Aufgaben, welche dem Brückeningenieur gestellt werden. Es sei z. B. die Biegungsspannung eines Flachstabes von 20 cm Breite 0,7 l/cm<sup>2</sup>. Dann beträgt die Ausdehnung einer äussern Faser von 20 cm Länge 0,7.20 : 2000 = 0,007 cm, die gegenseitige Verdrehung der beiden Endquerschnitte daher  $\theta = 0,007 : 10 = 0,0007$ . Das entspricht 0,0007 : 0,0001521 = 46 Teilen der Trommel, also kann ein meist noch genügend kleiner Spannungsbetrag abgelesen werden. Freilich wird man gerade für Spannungsmessungen in den meisten Fällen besser unmittelbar mit dem Dehnungsmesser arbeiten. — Bei einer Bogenbrücke mit drehbaren Enden von 55 m Spannweite und 12 m Pfeil ergab die Ueberfahrt des Belastungszuges Drehungen eines Bogenendes um 38 Teilstriche nach abwärts

Neue Berliner Kauf- und Warenhäuser.

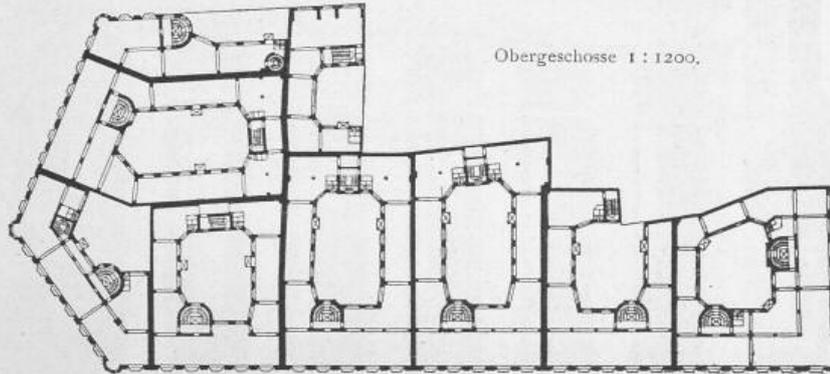


Fig. 34. Kaufhausgruppe an der Rosen- und Neuen Friedrichstrasse.

Neue Berliner Kauf- und Warenhäuser.

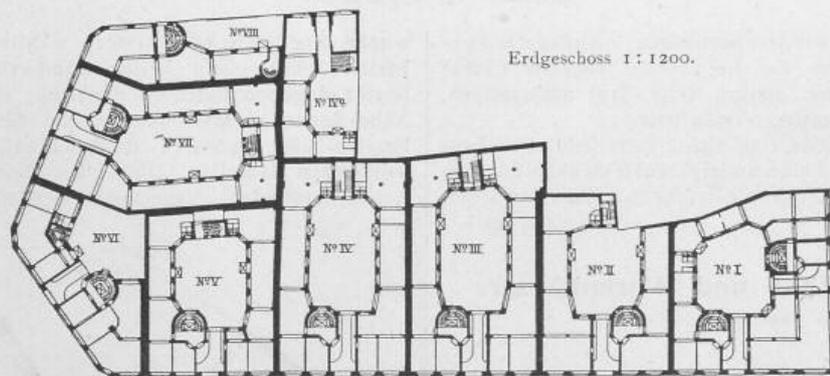


Fig. 33. Kaufhausgruppe an der Rosen- und Neuen Friedrich-Strasse.

Architekten: Kayser & v. Grossheim, Otto March in Berlin.

und um 51 Teilstriche nach aufwärts; um vier Teilstriche blieb das Bogenende gegenüber der Anfangsstellung gehoben, nachdem aber der Zug wieder zurückgefahren, betrug die Abweichung nur noch einen einzigen Teilstrich. Also auch in diesem Fall genügte die Ablesungsgenauigkeit.

Zum Zweck der Messungen von Verdrehungen wag-

Zerlegung in neun verschiedene, doch nach möglichst gleichartigem Bauschema auszuführende Kaufhäuser, die sämtlich nur je eine Wohnung (des Hausmeisters) enthalten. Die Architekten *Kayser & v. Groszheim* wurden mit Ausführung der südlichen vier, *Otto March* mit den nördlichen vier beauftragt, während der Bau des neunten (IV<sup>a</sup>) noch verschoben

#### Neue Berliner Kauf- und Warenhäuser.



Aus Arch. d. Gegenw. Suppl.

Fig. 35. Kaufhaus Köln an der Neuen Friedrich-Strasse.

Architekt: *Otto March* in Berlin.

rechter Flächen, wie Pfeileroberflächen, Auflagerkörper (Balanciers), schraubt man das die Libelle tragende Lineal ab. Dieses hat auf seiner untern Seite drei Stahlspitzen, welche eine sichere Lagerung ermöglichen.

Weitere Beispiele bedarf es nicht, denn jeder Brückeningenieur wird sich eine Reihe anderer Fälle denken können, in welchen ihm ein derartiges Instrument nützlich werden kann.

(Schluss folgt.)

#### Neue Berliner Kauf- und Warenhäuser.

Von Baurat *C. Junk* in Charlottenburg.

##### VII.

Derselben Baupoeche 1895—96 gehört die grosse Kaufhausgruppe an, welche sich von der Kaiser-Wilhelmstrasse (Neuer Markt) an der ganzen gegen West gerichteten Front der Rosenstrasse und der Nordfront der Neuen Friedrichstrasse bis in einen Teil der Ostfront der Klosterstrasse hinein erstrecken (Fig. 33 und 34 S. 49 und Fig. 35—39).

Die Baustelle wurde geschaffen durch Niederlegen einer grösseren Zahl kleiner, baufälliger Gebäude, die bisher Haupthort des Trödelhandels waren; dabei erhielten die sehr enge Rosenstrasse und der zwischen dieser und Klosterstrasse gelegene Engpass der Neuen Friedrichstrasse eine angemessene Verbreiterung und durch Abstumpfung der Ecke eine zweckmässige Verbindung mit der Strasse „An der Spandauerbrücke“, während eine noch 2 m breite Gasse unterdrückt wurde (s. Lageplan Fig. 39 S. 51).

Die Baugesellschaft, welche sich zu diesem Zwecke gebildet hatte, verlangte behufs leichterer Verwertung die

wurde (Fig. 33 S. 49). Erstere wählten zur Verkleidung der Pfeilerflächen einen hellen Sandstein in kleinen Stücken, letzter dagegen tiefroten Backstein von Normalformat. Die Nähe der alten Marienkirche und des Lutherdenkmals verlangten eine grössere Rücksichtnahme bezüglich des zu wählenden Baustiles. Die Erdgeschosse sollten zu gewöhnlichen Kaufläden ausgestaltet werden, und es empfahl sich

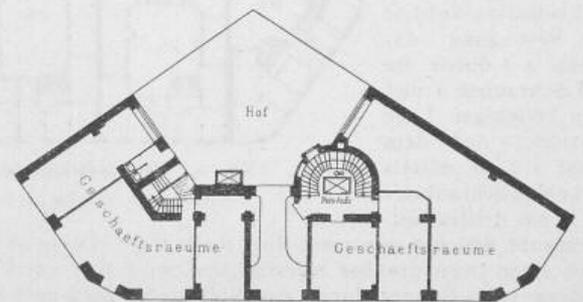


Fig. 36. Kaufhaus Köln. Erdgeschoss 1:500.

daher für diese ein energischer Abschluss gegen die oberen Geschosse. Durch giebelte Einfahrtsportale mit der nach deutschen Haupthandelsstädten getroffenen Hausbenennung als: Kaufhaus „Köln“, Kaufhaus „Hamburg“ u. s. w. wurden die Einzelhäuser gekennzeichnet, und die Anlage von turmartig hochgeführten Erkern, in Anlehnung an die Stilformen der Blüte der Hansazeit, ist den grösseren Eckgebäuden eine entsprechende Charakteristik gegeben worden.

Die aus verglasten Metallgerippen bestehenden, in