

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 39/40 (1902)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Neuere Methoden der Festigkeitslehre  
**Autor:** Rappaport, S.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-23365>

### **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:** 21.02.2026

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

Wenden wir diese Mittelzahl im vorliegenden Falle an und zwar auf die mittlere Druckfestigkeit der in der eidgenössischen Festigkeitsanstalt erprobten 28 Tage alten Betonwürfel, so kommen wir nach einem Jahr auf eine Druckfestigkeit von  $132 \text{ kg/cm}^2$  im Mittel, somit auf eine immer noch niedrige Festigkeit, welcher unbedingt zur Sicherheit des Bauwerkes niedrige zulässige Spannungen entsprechen sollten.

Im übrigen sind wir kaum berechtigt, in solchen Fragen Mittelwerte von weit auseinandergehenden Festigkeitszahlen zum Vergleiche heranzuziehen; wir sollten viel eher die niedrigsten Werte in Betracht ziehen, um nicht lokale Verschwächungen der Betonfestigkeit unberücksichtigt zu lassen. Solche Verschwächungen giebt es wahrscheinlich leider eine ganze Anzahl in dem Gebäudekomplex.

(Schluss folgt.)

## Wettbewerb für den Neubau der Kantonalbank in Schaffhausen.

### III. (Schluss.)

Im Anschluss an den in den beiden letzten Nummern enthaltenen Bericht des Preisgerichtes und die Darstellungen der I. und II. Preise veröffentlichen wir auf den Seiten 216 bis 219 die mit einem dritten Preise und mit einer Ehrenmeldung ausgezeichneten Entwürfe. Der erstere mit dem Kennwort: „Für Land und Leute“ hat Eduard Joos, Architekt in Bern zum Verfasser, während der zweite mit dem Motto „Heimatkunst“ von den Architekten Kuder & Müller in Zürich stammt.

## Neuere Methoden der Festigkeitslehre.

Von Ingenieur S. Rappaport in St. Gallen.

### II.

#### Zahlenbeispiele.

##### 1. Beispiel.

Das in Abb. 10 dargestellte Kranengerüst sei bei C und D fest, aber gelenkartig verbunden. Bei A und B sind starre Eckverbindungen gedacht.

Die Länge des Hauptbalkens AB sei = 10 m.

Das Trägheitsmoment J sei

auf der Strecke 0—2,50 m =  $7500 \text{ cm}^4$

„ „ „ 2,50—7,50 „ =  $10000 \text{ „}$

„ „ „ 7,50—10,00 „ =  $7500 \text{ „}$

Die Querschnittsfläche F sei auf der Strecke

0—2,50 m =  $175 \text{ cm}^2$

2,50—7,50 „ =  $200 \text{ „}$

7,50—10,00 „ =  $175 \text{ „}$

Die Länge der Pfosten AC und BD = 6,50 m. Ihr Trägheitsmoment sei konstant =  $3000 \text{ cm}^4$  und die Querschnittsfläche dieser Pfosten =  $50 \text{ cm}^2$ . Gesucht sind für eine Einzellast  $P = 10 \text{ t}$  in der Balkenmitte die Momentenflächen der Stäbe AB, AC, BD, sowie deren Normalkräfte.

Zu diesem Zwecke verwandeln wir das feste Gelenk bei D in ein Gelenk mit Rollenlager (Abb. 11) und führen als unbekannte Grösse X die Horizontalkraft am Gelenk ein. Für diesen nun statisch bestimmt gewordenen Kran (Abb. 11) ergibt sich für eine Einzellast von 10 t über AB als Momentenfläche ein Dreieck von der Höhe

$$H = \frac{Pl}{4} = \frac{10 \times 10}{4} = 2500 \text{ cm t.}$$

Wir teilen nun den Balken AB in zehn Teile von der Länge  $s = 1 \text{ m}$  und berechnen die zugehörigen mittleren Momente  $M_0$  (Vgl. Tabelle).

Ferner bringen wir bei D eine Horizontalkraft  $X = 1 \text{ t}$  an. Für diesen Belastungszustand ergibt sich über AB ein Rechteck von der konstanten Höhe  $1 \times 650 \text{ cm} = 650 \text{ cm t}$  als Momentenfläche und über AC und BD je ein Dreieck, bei A und B von der Höhe  $650 \text{ cm t}$  bei C und D = 0 (vgl. Abb. 12). Die zugehörigen  $M_1$  der Stabteile s sind in den Tabellen zusammengestellt.

Tabelle für den Hauptbalken AB.

| Stabteil | $M_0$<br>cm/t    | $M_1$<br>cm/t    | Trägheitsmoment<br>J cm <sup>4</sup> | $\frac{M_0 M_1}{J}$ | $\frac{M_1^2}{J}$ | Bemerkungen |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------|
| 0—1 m    | + 250            | — 650            | 7500                                 | — 21,66             | + 56,33           |             |
| 1—2 »    | + 750            | — 650            | 7500                                 | — 65,00             | + 56,33           |             |
| 2—3 »    | + 1250           | — 650            | 8750                                 | — 92,85             | + 48,29           |             |
| 3—4 »    | + 1750           | — 650            | 10000                                | — 113,75            | + 42,25           |             |
| 4—5 »    | + 2250           | — 650            | 10000                                | — 146,25            | + 42,25           |             |
| Somit    | $\Sigma_0^{1/2}$ | $\Sigma_0^{1/2}$ | =                                    | — 439,51            | + 245,45          |             |
|          | $\Sigma_0^1$     | $\Sigma_0^1$     | =                                    | — 879,02            | + 490,90          |             |

Tabelle für die Pfosten AC = BD.

| Stabteil  | $M_0$                     | $M_1$                     | Trägheitsmoment<br>J | $\frac{M_0 M_1}{J}$ | $\frac{M_1^2}{J}$ | Anmerkung |
|-----------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|-----------|
| 0—50 cm   | 0                         | 25                        | 3000                 | 0                   | + 0,10            |           |
| 50—150 »  | 0                         | 100                       | 3000                 | 0                   | + 3,33            |           |
| 150—250 » | 0                         | 200                       | 3000                 | 0                   | + 13,33           |           |
| 250—350 » | 0                         | 300                       | 3000                 | 0                   | + 30,00           |           |
| 350—450 » | 0                         | 400                       | 3000                 | 0                   | + 53,33           |           |
| 450—550 » | 0                         | 500                       | 3000                 | 0                   | + 83,33           |           |
| 550—650 » | 0                         | 600                       | 3000                 | 0                   | + 120,00          |           |
| Somit     | $\Sigma_0^{1/2}$ für AC = | $\Sigma_0^{1/2}$ für BD = |                      | + 303,42            | + 303,42          |           |
|           | $\Sigma_0^1$ für AC =     | $\Sigma_0^1$ für BD =     |                      | + 303,42            | + 303,42          |           |

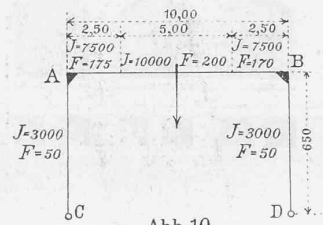


Abb. 10.

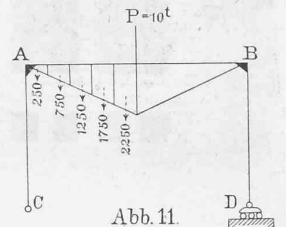


Abb. 11.

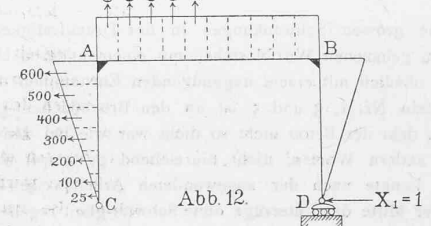


Abb. 12.

Vernachlässigt man den Einfluss der Normalspannungen, so ergibt sich aus Gleichung (6)

$$d_{x1} = q \Sigma \sigma_0 \sigma_1 + q X_1 \Sigma \sigma_1^2$$

$$\text{und mit } \Sigma \sigma_0 \sigma_1 = \Sigma \frac{M_0 M_1}{J}$$

$$\text{und } \Sigma \sigma_1^2 = \Sigma \frac{M_1^2}{J}$$

$$d_{x1} = q \Sigma \frac{M_0 M_1}{J} + q X_1 \Sigma \frac{M_1^2}{J}$$

Sind ferner Verschiebungen der Gelenkpunkte C und D in horizontalem Sinne ausgeschlossen, so wird  $d_{x1} = 0$  und mit konstantem q erhält man

$$0 = -879,02 + X_1 [490,90 + 303,42 + 303,42]$$

$$\text{und hieraus } X_1 = \frac{879,02}{1097,74} = +0,8007 \text{ t.}$$

Berücksichtigt man aber den Einfluss der Normalspannungen, so ergibt sich für die Stäbe

$$AC \text{ und } BD \quad S_0 = 5 \text{ t, } S_1 = 0$$

für den Stab AB ist  $S_0 = 0, S_1 = 1 \text{ t}$ , hieraus:

$$\Sigma_0^1 \sigma_0 \sigma_1 \text{ für die Stäbe AC und BD} = 0$$

$$\Sigma_0^1 \sigma_0 \sigma_1 \text{ „ den Stab AB} = 0$$

$$\Sigma_0^1 \sigma_1^2 \text{ „ die Stäbe AC und BD} = 0$$

Dagegen für den Stab AB

$$\Sigma_0^1 \sigma_1^2 = \frac{l}{s} \cdot \frac{S_1^2}{F} = \frac{2,50}{1} \cdot \frac{1}{175} + \frac{5,00}{1} \cdot \frac{1}{200} + \frac{2,50}{1} \cdot \frac{1}{175} = +0,053,$$

$$\text{somit } X = + \frac{879,02}{1097,74 + 0,053} = 0,8007 \text{ t.}$$

Man ersieht hieraus, dass der Einfluss der Normalspannungen in der Regel vernachlässigt werden kann.

Mit der Ermittlung der Kraft  $X_1$  ist die Aufgabe gelöst. Für irgend eine Stelle des Balkens berechnet sich das wirkliche Moment

$$M = M_0 - M_1 X_1,$$

woraus sich die Spannung  $\sigma = \frac{M}{W}$  ergibt. — Die Normalkraft berechnet sich aus  $S = S_0 + S_1 X_1$  und die Zusatzspannung  $\sigma = \frac{S}{F^1}$  (Forts. folgt.)

### Simplon-Tunnel.

Der vierzehnte Vierteljahresbericht über die Arbeiten am Simplon-tunnel, der die Zeit vom 1. Januar bis 31. März 1902 umfasst, ist vom 26. April 1902 datiert. Es betrug der im Berichtsvierteljahr erzielte Fortschritt: Auf der Nordseite im Richtstollen des Haupttunnels 549 m, im Parallelstollen 592 m, im Firststollen 650 m; während auf der Südseite im Richtstollen nur 15 m im Firststollen 248 m und im Parallelstollen gar kein Fortschritt zu verzeichnen war. Der Vollausschub ist auf der Nordseite um 652 m auf der Südseite um 272 m weiter vorgeschritten. Die Gesamtleistung an Aushub beträgt für die Seite von Brieg 28 196 m<sup>3</sup> für jene von Iselle 9 776 m<sup>3</sup>, während die Ausmauerung auf ersterer Seite um 464 m (4865 m<sup>3</sup>) auf der letzteren um 211 m (2673 m<sup>3</sup>) gefördert wurde. In nachfolgender Tabelle sind nach Arbeitsgattungen geordnet die Gesamtleistungen zu Beginn und am Schlusse des Quartals einander gegenübergestellt.

Tabelle I.

| Gesamtlänge des Tunnels 19729 m          | Nordseite-Brieg |           | Südseite-Iselle |           | Total     |           |
|--|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
|  | Dez. 1901       | März 1902 | Dez. 1901       | März 1902 | Dez. 1901 | März 1902 |
| Stand der Arbeiten Ende . .              |                 |           |                 |           |           |           |
| Sohlenstollen im Haupttunnel . m         | 6335            | 6884      | 4428            | 4443      | 10763     | 11327     |
| Parallelstollen . . . . . m              | 6194            | 6786      | 4473            | 4473      | 10667     | 11259     |
| Firststollen . . . . . m                 | 5441            | 6091      | 3643            | 3891      | 9084      | 9982      |
| Fertiger Abbau . . . . . m               | 5352            | 6004      | 3740            | 4012      | 9092      | 10016     |
| Gesamtausschub . . . . . m <sup>3</sup>  | 259458          | 287654    | 181533          | 191309    | 440991    | 478963    |
| Verkleidung, Länge . . . . m             | 5109            | 5573      | 3469            | 3680      | 8578      | 9253      |
| Verkleidungsmauerwerk . . m <sup>3</sup> | 51137           | 56002     | 35688           | 38361     | 86825     | 94363     |

Auf der Nordseite betrug die mittlere Querschnittsfläche des Richtstollens 5,97 m, die des Parallelstollens 5,89 m; an beiden Arbeitsstellen waren während 88 Arbeitstagen je drei Bohrmaschinen thätig, mit welchen im ganzen 922 Bohrangriffe ausgeführt wurden. Aus den beiden Stollen sind durch mechanische Bohrung im ganzen 6 758 m<sup>3</sup> Aushub gefördert und dazu 29 726 kg Dynamit und 4 872,3 Arbeitsstunden angewandt worden. Von letzteren entfallen 1976 Stunden auf die eigentliche Bohrarbeit und

1) Die Integralform des gleichen Falls würde bei konstantem  $E$  und  $J$  der einzelnen Stäbe lauten:

$$\int_0^M \frac{\partial M}{\partial X} dx + \int_0^N \frac{\partial N}{\partial X} dx = 0.$$

Für den Stab  $AB$  ist:  $M = M_0 - Xh$ ,  $\frac{\partial M}{\partial X} = -h$ ,  $N = -X$ ,  $\frac{\partial N}{\partial X} = -1$ .

$$\int_0^l \frac{M}{EJ} \frac{\partial M}{\partial X} dx = \frac{Xh^2 l}{EJ} - \frac{h}{EJ} \int_0^l M_0 dx$$

$$\int_0^l \frac{N}{EF} \frac{\partial N}{\partial X} dx = \frac{Xl}{EF}$$

Für den Stab  $AC = BD$  ist:  $M = -Xx_1$ ,  $N$  von  $X$  unabhängig.

Somit  $\frac{\partial M}{\partial X} = -X_1$  und  $\frac{\partial N}{\partial X} = 0$ .

$$\int_0^h \frac{M}{EJ} \frac{\partial M}{\partial X} dx = \frac{Xh^3}{3EJ_1} - \frac{h}{EJ} \int_0^h N \frac{\partial N}{\partial X} dx = 0.$$

Die ganze Gleichung lautet daher

$$2 \frac{Xh^3}{3EJ_1} + \frac{Xl}{EF} + \frac{Xh^2 l}{EJ} - \frac{h}{EJ} \int_0^l M_0 dx = 0$$

und aus dieser folgt

$$X = \frac{\int_0^l M_0 dx}{h l \left[ 1 + \frac{2}{3} \frac{J}{J_1} \frac{h}{l} + \frac{J}{F h^2} \right]}$$

und ergibt mit  $\int_0^l M_0 dx = F_0$  der Fläche die von der Momentenkurve des einfachen Balkens eingeschlossen wird und mit  $J$  konstant = 10000 cm<sup>4</sup> und  $J_1$  konstant 3000 cm<sup>4</sup> und  $F$  konstant = 200 cm<sup>2</sup>

$$X = \frac{1000 \cdot 2500}{650 \cdot 1000 \left[ 1 + \frac{2}{3} \frac{10}{3} \frac{650}{1000} + \frac{10000}{200 \cdot 5062} \right]} = 0,78 t.$$

2896,3 Stunden auf das Laden der Minen und das Schüttern. Entsprechende Daten für die südlichen Stollen fehlen diesmal gänzlich, da dort die mechanische Bohrung während des ganzen Vierteljahres eingestellt bleiben musste.

Das Ergebnis der Handbohrung betrug auf beiden Tunnelseiten zusammen 30 366 m<sup>3</sup> Aushub bei einem Aufwand von 29 706 kg Dynamit und 134 702 Arbeiter-Tagschichten.

Die Anzahl der täglich beschäftigten Arbeiter belief sich im Durchschnitt auf:

|                        | Nordseite | Südseite | Total |
|------------------------|-----------|----------|-------|
| Im Tunnel              | 1311      | 877      | 2188  |
| Ausserhalb des Tunnels | 510       | 322      | 832   |
| Zusammen               | 1821      | 1199     | 3020  |

gegen 3174 im vorhergegangenen Quartal. Auf der Nordseite waren im Maximum 513, auf der Südseite 348 Arbeiter gleichzeitig im Tunnel beschäftigt.

### Geologische Verhältnisse.

In dem auf der Nordseite durchfahrenen Gneiss und Glimmerschiefer wurden die hellgefärbten schieferigen Einlagerungen immer häufiger. Das Gestein hatte in ausgesprochener Weise das Aussehen des für die Gruppe des Monte Leone typischen Gneisses. Neben hornblendehaltigen treten fast weisse sehr quarzreiche Einlagerungen auf, die oft kaum durch die ganze Breite des Stollens reichen. Im übrigen hat das Gebirge die im letzten Vierteljahresbericht beschriebene Natur beibehalten. Die anfänglich unter einem Winkel von 40° nach Nord-Westen einfallenden stark gefalteten Schichten wurden immer flacher und lagen zu Ende des Berichtsvierteljahres fast horizontal. An einer einzigen Stelle (bei Km. 6,872) traf man auf eine senkrechte Spaltung des Gebirges.

Die Angriffsstelle des südlichen Richtstollens lag im zersetzten kalkhaltigen und wasserdurchtränkten Glimmerschiefer. Zu Ende März stiess man auf ein regelmässiger gelagertes Gestein von ausgesprochen schieferigem Ansehen, das weniger druckhaft war und in welchem der Stollen durch Handbohrung vorgetrieben werden konnte. Die Schichten fielen anfänglich nach Süd-Osten, später unter einem Winkel von 40–55° nach Nord-Westen ein.

Die Messungen der Gesteinstemperatur in den im Richtstollen neu erstellten Probellochern haben die in Tabelle II verzeichneten Ergebnisse gehabt.

Tabelle II.

| Nordseite-Brieg              |                                       | Südseite-Iselle              |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Abstand vom Tunnelleingang m | Temperatur des Gesteins °C            | Abstand vom Tunnelleingang m | Temperatur des Gesteins °C            |
| 6200                         | { erste Messung 39,0<br>letzte » 33,3 | 4400                         | { erste Messung 16,2<br>letzte » 16,2 |
| 6400                         | { erste » 38,6<br>letzte » 33,4       |                              |                                       |
| 6614                         | { erste » 42,3<br>letzte » 36,1       |                              |                                       |
| 6800                         | { erste » 42,9<br>letzte » 38,6       |                              |                                       |

Die verhältnismässig niedrige Temperatur, die bei der ersten Messung bei Km. 6,400 erhalten wurde, erklärt sich daraus, dass das betreffende Bohrloch zu spät erstellt wurde und das Gestein sich inzwischen schon bedeutend abgekühlt hatte. Im südlichen Richtstollen ist des geringen Fortschritts wegen kein neues Bohrloch erstellt worden.

Die in den bleibenden Beobachtungsstationen der Nebenstollen erhobenen Temperaturen sind wie üblich in den zwei Tabellen III und IV (S. 222) zusammengestellt.

Der Wasserandrang blieb auf der Nordseite auch in diesem Quartal gering, dagegen stieg die Temperatur der wenigen unbedeutenden Quellen bis auf 45,4°C. Die aus den südlichen Stollen ausströmende Wassermenge hat im Berichtsvierteljahr merklich abgenommen, obwohl die Messungen immer noch mehr als 800 Sek./l ergeben. Abgesehen von Schwankungen in der Temperatur und im Härtegrade einiger kleiner Wasserzuflüsse, die teilweise stark zurückgegangen sind, ist von den grossen bei Km. 4,000 in beiden Stollen zu Tage tretenden Quellen zu berichten, dass ihre Temperatur noch weiter gesunken ist. Die kältesten darunter weisen 11,3°–11,5°C auf, während die stärksten 13 und 17°C haben. Auffallend ist es, dass sich ihr Härtegrad immer mehr ausgleicht; derselbe stellt sich auf 75–85°.

Die durch die Ventilationsanlage der Nordseite täglich in Stollen II eingeführte Luftmenge wurde bei Km. 4,500 mit durchschnittlich 2 422 850 m<sup>3</sup> gemessen. Mittels vier Injektoren wurden hiervon 171 936 m<sup>3</sup> bis vor Ort im Richtstollen und 89 568 m<sup>3</sup> bis zur Angriffsstelle im Parallelstollen gepresst. Die Lufttemperatur betrug durchschnittlich 25,6°C bei