

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 29/30 (1897)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Die Schwingungen des neuen Kirchturms in Enge  
**Autor:** Ritter, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-82442>

#### 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:** 12.02.2026

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

INHALT: Die Schwingungen des neuen Kirchturms in Enge. (Schluss.) — Ueber die Herstellung eines Reliefs der Schweiz im Maßstab von 1:100000. — Miscellanea: Die Hafenbauten auf dem Isthmus von

Tehuantepec. Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur. Thonlager in Wiedlisbach bei Solothurn. — Vereinsnachrichten: Stellenvermittlung.

## Die Schwingungen des neuen Kirchturms in Enge.

Von Prof. W. Ritter.

(Schluss.)

Um von der Veränderlichkeit der Kraft  $H$  ein übersichtliches Bild zu erhalten, haben wir den Ausdruck  $\Phi = \sin \varphi (3 \cos \varphi - 2 \cos \alpha)$  für verschiedene  $\alpha$  und  $\varphi$  berechnet und in der Figur 5 für eine Doppelschwingung des Pendels aufgetragen.

Man erkennt, dass die Kraft  $H$  bei grösseren Ausschlagswinkeln  $\alpha$  nicht in den Grenzlagen des Pendels ein Maximum wird; für  $\alpha = 90^\circ$  zum Beispiel wird  $H$  in den Grenzlagen

Berechnet man für diese Winkel das Maximum der Funktion  $\Phi$ , so findet man die in nachfolgender Tabelle stehenden Zahlen. Die Tabelle enthält ferner für sämtliche Glocken die Werte  $G$ ,  $r$  und  $l$  und hiernach berechnet, den Horizontalschub

$$H = \frac{Gr}{l} \Phi(\cdot)$$

Glocke	$\Phi_{mx}$	$G$	$r$	$l$	$H_{mx}$
1	1,50	425	0,61	0,77	505
2	1,38	705	0,75	0,93	784
3	1,26	1000	0,77	0,99	980
4	1,14	1745	0,26	1,22	424
5	1,04	3430	0,30	1,62	660

Fig. 5.

Abscissen =  $\varphi$ ; Ordinaten  $\Phi = \sin \varphi (3 \cos \varphi - 2 \cos \alpha)$

$\varphi = 0$        $\varphi = +\alpha$        $\varphi = 0$        $\varphi = -\alpha$        $\varphi = 0$

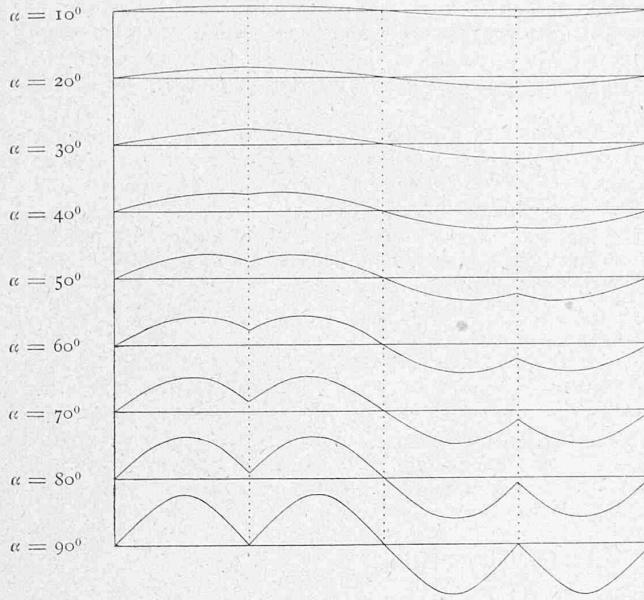
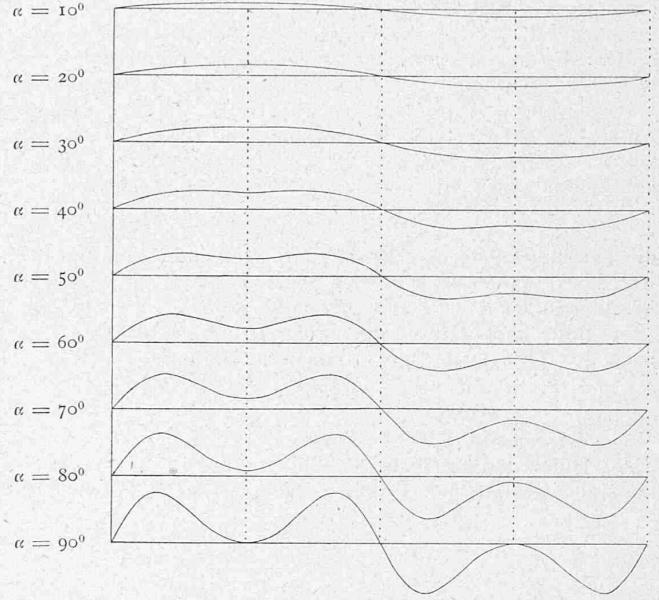


Fig. 6.

Abscissen =  $t:T$ ; Ordinaten  $\Phi = \sin \varphi (3 \cos \varphi - 2 \cos \alpha)$

$t = 0$        $t = 0,5 T$        $t = T$        $t = 1,5 T$        $t = 2 T$



null und erreicht seinen grössten Wert bei  $\varphi = 45^\circ = \frac{1}{2}\alpha$ .

In diesen Kurven bildet der Winkel  $\varphi$  die Abscisse. Für die Beurteilung der Wirkung von  $H$  passender und für spätere Zwecke brauchbarer ist es, die Zeit als Abscisse zu wählen. Für kleine Ausschläge ist bekanntlich

$$\varphi = \alpha \sin \frac{\pi t}{T},$$

worin  $t$  eine beliebige Zeit und  $T$  die Schwingungszeit bezeichnet. Auch für grössere Ausschläge behält diese Gleichung annähernd ihre Gültigkeit. Berechnet man nun für verschiedene Winkel  $\alpha$  und für wechselnde Verhältnisse  $t:T$  die Funktion  $\Phi$ , so gelangt man auf die Kurven der Figur 6.

Die Winkel, bis zu denen die Glocken des Kirchturms in Enge beim gewöhnlichen Läuten ausschlagen, sind

bei der 1. Glocke	$\alpha =$	$\text{etwa } 90^\circ$
" " 2. "	$\alpha =$	$" 85^\circ$
" " 3. "	$\alpha =$	$" 80^\circ$
" " 4. "	$\alpha =$	$" 75^\circ$
" " 5. "	$\alpha =$	$" 70^\circ$

Die Tabelle zeigt deutlich, welchen günstigen Einfluss die Pozdech'sche Aufhängung der Glocken 4 und 5 ausübt. Während der grösste Horizontalschub bei den drei kleinen Glocken annähernd deren Gewichten gleichkommt, beträgt er bei den beiden grossen Glocken nur etwa den vierten oder fünften Teil des Glockengewichtes. Es leuchtet jedoch ein, dass hiermit der grosse Unterschied in der Wirkung der Glocken auf den Turm noch nicht erklärt ist; denn wenn die Schwingungen allein von der Grösse der Kraft  $H$  abhingen, müssten beispielsweise die 2. und die 5. Glocke annähernd gleichen Einfluss ausüben, während die Schwingungen bei jener etwa sechsmal grösser sind als bei dieser. Diese Erscheinung kann nur aus der Uebereinstimmung der Schwingungszeiten von Glocke und Turm erklärt werden.

\*) Die Angaben dieser Tabelle verdanke ich teils eigenen Beobachtungen, teils dem Gutachten, das die Herren Prof. Dr. Herzog und Ingenieur Löhle im Herbste 1893 über den Einfluss des Geläutes auf die Festigkeit des Turmes abgegeben haben.

Wie die Figuren 6 lehren, besitzt die Kurve der  $H$  bei starken Ausschlagswinkeln für jede Doppelschwingung der Glocke drei Höcker; das heisst der Turm bekommt, während die Glocke einmal hin und her schwingt, drei Stösse nach der einen und drei Stösse nach der andern Seite. Am gefährlichsten werden offenbar diese Stösse, wenn der Turm dreimal so rasch schwingt als die Glocke, und dies ist bei der 2. und 3. Glocke fast genau der Fall. Bei diesen werden daher die Schwingungen des Turmes fortlaufend verstärkt. Bei jedem andern Verhältnis der Schwingungszeiten arbeitet der Horizontalschub zeitweilig der Turmschwingung entgegen und schwächt deren Ausschlag ab. Das Verhältnis der Schwingungszeiten von Turm und Glocke gleich 1 zu 3 kann als das „kritische“ bezeichnet werden.

Diese Erwägung findet in der nachfolgenden Untersuchung ihre Bekräftigung.

Es sei (Fig. 7)  $a$  die Antriebs- oder Impulskurve und  $s$  die Schwingungskurve für den schwingenden Turm, das heisst es sei in der Zeit  $t$  nach Beginn der Schwingungen  $y$  der wirkliche Ausschlag der Turmspitze und  $z$  derjenige Ausschlag, der bei ruhiger Wirkung der Kraft  $H$  eintreten würde. Letzterer ist der Kraft  $H$  proportional und bei konstantem Trägheitsmoment und fester Einspannung des Turmes gleich  $\frac{H t^3}{3 E J}$ . Infolge des Ausschlages  $y$  entsteht für die Turmspitze eine Beschleunigung nach innen, infolge des Antriebes eine Beschleunigung nach aussen. Die wirkliche Beschleunigung  $p$  ist daher der Differenz  $z - y$  proportional.

Bezeichnet  $T$  die Schwingungszeit des Turmes, so ist nach der Theorie der geradlinigen Bewegung

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = p = \left(\frac{\pi}{T}\right)^2 (z - y).$$

Wäre  $z$  eine einfache Funktion der Zeit, so liesse sich diese Differentialgleichung lösen. Angesichts der unregelmässigen Gestalt der Kurve  $a$  dagegen schlagen wir, um

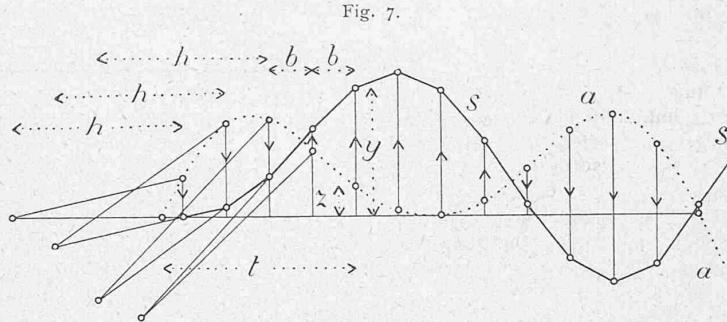


Fig. 7.

Der Bequemlichkeit wegen wählt man  $b$  so, dass  $b : b$  eine ganze Zahl wird. Der Pol kommt dann stets auf eine Teillinie zu liegen. Macht man beispielsweise  $b = 0,0598$  Sekunden, so wird (für  $T = 0,375$ )  $b = 0,239 = 4 b$ . Im Uebrigen bedarf das Verfahren kaum einer näheren Erläuterung.

Nach diesem Verfahren sind die Schwingungskurven der Figuren 8 und 9 gezeichnet worden. Beobachtungen in der Glockenstube haben gezeigt, dass beim Beginn des Läutens der Ausschlagswinkel nach jeder Doppelschwingung um etwa  $10^6$  wächst, bis er seinen grössten Wert erreicht hat. Man erhält daher die punktiert gezeichneten Antriebskurven der Figuren 8 und 9 dadurch, dass man die Einzelkurven der Figur 6

der Reihe nach aneinander fügt.

Die Figur 8 entspricht der zweiten Glocke. Ihre Schwingungszeit ist 1,13 Sekunden, also genau dreimal so gross als die des Turmes. Man sieht, wie die Schwingungskurve nach und nach immer lebhafter wird und Ordinaten annimmt, die weit über diejenigen der Antriebskurven hinausgehen.

Ganz anders die Figur 9. Hier ist als Schwingungszeit der Glocke die vierfache Schwingungszeit des Turmes, also 1,5 Sekunden angenommen worden, was annähernd der Glocke 5 entspricht. Hier bewegt sich die Schwingungskurve nur schwach hin und her. Die Ausschläge werden zeitweilig wieder ganz klein und gehen niemals stark über diejenigen der Antriebskurve hinaus.

Vergleicht man die Figuren 8 und 9 mit den Kurven der Fig. 1, im besondern mit denen der Glocken 2 und 5, so erkennt man, dass sie, abgesehen vom Maßstab, gut mit diesen übereinstimmen. Der Parallelismus zwischen den gezeichneten und den aufgenommenen Kurven zeigt sich selbst in Kleinigkeiten, so in dem Hervortreten jedes dritten Zackens bei der zweiten Glocke. Vor Allem aber geht aus den Figuren 8 und 9 unzweideutig hervor, welch be-

Fig. 8 und Fig. 9.

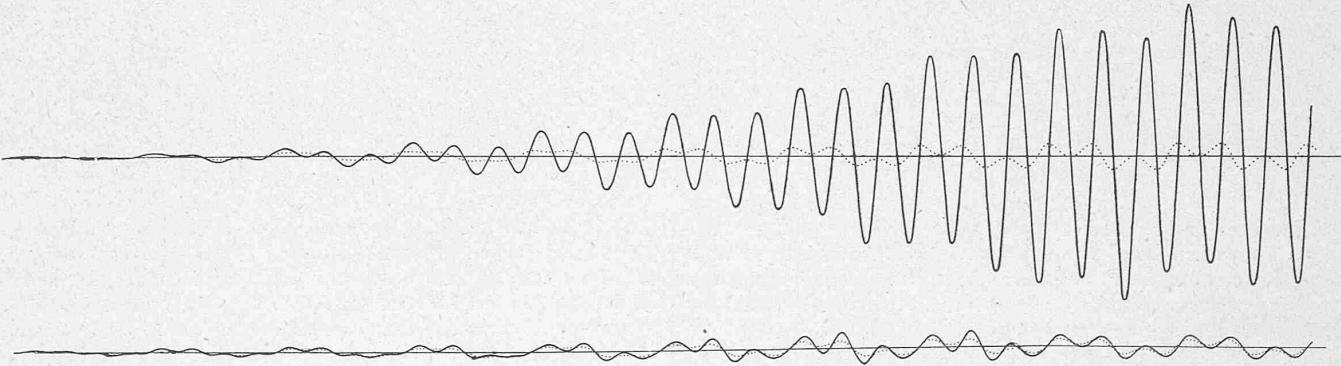


Fig. 8 (obere Figur) Verhältnis der Schwingungen = 1 : 3. — Fig. 9 (untere Figur) Verhältnis der Schwingungen = 1 : 4.

die Kurve  $s$  zu erhalten, ein graphisches Verfahren ein: Wir betrachten (Fig. 7) die zwischen  $a$  und  $s$  gelegene Fläche als eine Belastungsfläche und zeichnen die entsprechende Seilkurve.

Am einfachsten teilt man zu diesem Zwecke die Belastungsfläche in Streifen von der Breite  $b$  und betrachtet die Höhen dieser Streifen als Kräfte. Verwendet man als Polweite die Länge  $b$ , so lautet die Differentialgleichung der Seilkurve  $\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{z - y}{b h}$ . Es ist daher  $b = \frac{T^2}{\pi^2 h}$  zu machen.

deutenden Einfluss das Verhältnis der Schwingungszeiten auf die Grösse der Turmschwingungen ausübt und dass das Verhältnis 1 : 3 in der That als das kritische bezeichnet werden muss.

### III. Die Beanspruchung des Mauerwerks.

Die praktisch wichtige Frage ist die, ob die Turmschwingungen die Festigkeit des Mauerwerks zu beeinträchtigen im Stande sind.

Kennte man den Elastizitätskoeffizienten des Mauerwerks, so könnte man dessen Beanspruchungen aus den

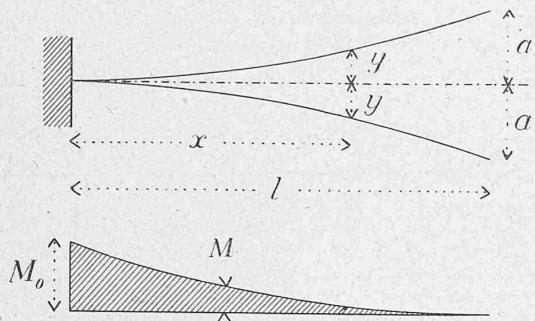
Schwingungsausschlägen auf einfache Weise berechnen. Doch schwankt dieser Koeffizient selbst für ein und dieselbe Steinsorte zwischen ziemlich weiten Grenzen und ist überdies für Mauerwerk, das heißt für ein Gemenge von Stein und Mörtel noch viel zu wenig untersucht, als dass man sich auf die bisherigen Versuchsergebnisse stützen könnte.

Bauschinger fand für Granite 120—290, für Jurakalk 200—460, für Buntsandstein 60—210, für Molassenstein 170—260 t:cm<sup>2</sup>. (Vgl. Mitteilungen 1884.) Das Mauerwerk des Turmes besteht aus Bächler Sandsteinen; die Ecken sind mit Granit verkleidet. Herr Ingenieur R. Koechlin in Zürich bestimmte durch Biegungsversuche den Elasticitätskoeffizienten von Graniten und Sandsteinen, die den zum Turm verwendeten ähnlich sind. Er fand für die Granite 300—400, für die Sandsteine 100—150 t:cm<sup>2</sup>. Es ist daher nicht möglich, einen auch nur annähernd richtigen Wert für  $E$  anzugeben.

Für diesen Mangel bietet uns die gemessene Schwingungszeit des Turmes Ersatz und es lässt sich umgekehrt der durchschnittliche Elasticitätskoeffizient des Mauerwerks aus der Schwingungszeit ableiten.

Ein Stab von der Länge  $l$ , der an dem einen Ende eingespannt ist, gerät in regelmäßige Schwingungen. (Fig. 10). Der Ausschlag sei am freien Ende gleich  $a$ , in der Entfernung  $x$  vom eingespannten Ende gleich  $y$ . Die Biegungsmomente, die beim grössten Ausschlag im Stabe eintreten, seien  $M$ .

Fig. 10.



Der Stabquerschnitt sei konstant gleich  $F$  und sein Trägheitsmoment gleich  $J$ . Das Gewicht des ganzen Stabes sei  $G$ , der Elasticitätskoeffizient  $E$ . Dann ist nach der Theorie der elastischen Linie

$$M = E J \frac{d^2 y}{dx^2}.$$

Um den Stab in seiner Grenzlage zu erhalten, wäre, auf die Längeneinheit bezogen, eine Belastung von der Grösse

$$q = \frac{d^2 M}{dx^4}.$$

erforderlich. Diese Belastung erzeugt eine Beschleunigung  $p = q:m$ , worin  $m$  die Masse eines Stabelementes von der Länge Eins bezeichnet. Da  $m = G:g l$ , so folgt

$$p = \frac{g l q}{G}. \quad (3)$$

Soll der Stab regelmässig schwingen, das heißt soll die Schwingungszeit für alle Elemente dieselbe sein, so muss die Beschleunigung dem Ausschlag auf der ganzen Länge proportional sein. Wenn  $T$  die Schwingungszeit bezeichnet, ist hierbei  $T = \pi \sqrt{\frac{y}{p}}$  folglich

$$p = \frac{\pi^2 y}{T^2}. \quad (4)$$

Hierach ergibt sich die Gleichung der Stabachse

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = \frac{\pi^2 G}{g T^2 E J l} y \quad (5)$$

Setzt man zur Abkürzung

$$c^4 = \frac{\pi^2 G}{g T^2 E J l} \quad (6)$$

so wird

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = c^4 y. \quad (7)$$

Die Gleichung der Stabachse unterliegt in unserm besondern Falle folgenden Bedingungen:

Für  $x = 0$  ist  $y = 0$

$$\therefore x = 0 \quad \frac{dy}{dx} = 0$$

$$\therefore x = l \quad M = 0 \text{ also } \frac{d^2 y}{dx^2} = 0$$

$$\therefore x = l \quad \frac{d M}{dx} = 0 \quad \frac{d^3 y}{dx^3} = 0$$

$$\therefore x = l \quad y = a$$

Diesen Bedingungen wird durch folgende Gleichungen entsprochen.<sup>1)</sup>

$$y = a \frac{e^{cx} + e^{c(l-x)} - (e^{cl} + 1) \cos cx + (e^{cl} - 1) \sin cx}{2(e^{cl} + 1)}$$

$$0 = 2 + (e^{cl} + e^{-cl}) \cos cl$$

oder unter Beziehung hyperbolischer Funktionen

$$y = a \frac{\sin cl (\cosh cx - \cos cx) - (\cosh cl - 1) (\sin cx - \sin cx)}{2 \sin cl}$$

$$0 = 1 + \cosh cl \cdot \cos cl$$

Fig. 11.

Aus der zweiten dieser Gleichungen ergiebt sich durch Probieren

$$c l = 1,875.$$

Damit ist die Form des schwingenden Stabes bestimmt. Sodann folgt aus (6)

$$E = \frac{\pi^2 G}{g T^2 J / c^4} = 0,798 \frac{G l^3}{g T^2 J}.$$

Multipliziert man ferner die zweite Ableitung von  $y$  mit  $EJ$  und setzt  $x = 0$ , so bekommt man das Moment an der Einspannstelle

$$M_0 = E J a c^2 = 2,807 \frac{G l a}{g T^2}.$$

Für den Kirchturm in Enge ergiebt sich (s. Fig. 11)

$$G = 2550 t$$

$$l = 46,0 m$$

$$J = 110 m^4 \text{ (Durchschnitt)}$$

$$T = 0,375 \text{ sec.}$$

$$a = 0,0036 m. ^2)$$

Folglich

$$E = 1310000 t:m^2 = 131 t:cm^2$$

$$M_0 = 860 m t.$$

Das Widerstandsmoment des Querschnittes beträgt am Fusse des Turmes  $41,5 m^3$ , folglich die grösste Beanspruchung des Mauerwerks

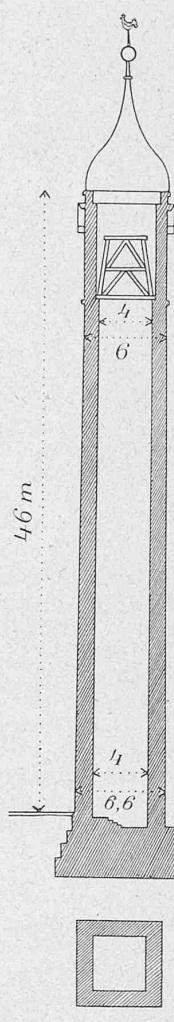
$$\sigma = \frac{860}{41,5} = 20,7 t:m^2 = 2,07 kg:cm^2.$$

Wie bereits früher bemerkt wurde, bildet der Turm in Enge keinen vollkommen eingespannten Stab; das Fundament schwingt als elastische Masse mit (vgl. Fig. 3) und die Tangente an die Stabachse an der Einspannstelle bewegt sich mit dem Stabe hin und her (Fig. 12).

Die oben für die Achse des Stabes abgeleitete Differenzialgleichung (5) bleibt in diesem Falle unverändert. Dagegen ändert sich eine der Bedingungen, die die Gleichung der Stabachse zu erfüllen hat. Für  $x = 0$  ist nämlich  $\frac{dy}{dx}$  jetzt nicht mehr gleich null, sondern gleich  $\frac{aa}{l}$  wobei  $a$

<sup>1)</sup> Vgl. A. Seebeck: Ueber die Querschwingungen elastischer Stäbe, Leipziger Abhandlungen 1852, und A. Mousson: Die Physik auf Grundlage der Erfahrung, Zürich 1879.

<sup>2)</sup> Der grösste vom Schwingungszeichner verzeichnete Ausschlag beträgt 2,9 mm. Dabei stand der Apparat 39,5 m über dem Erdboden. Für das obere Ende des Mauerwerks ergiebt sich hieraus, unter Benutzung der Fig. 3, ein Ausschlag von 3,6 mm.



nach früher annähernd  $= \frac{1}{3}$  ist. Unter diesen Umständen ergeben sich folgende Gleichungen

$$y = a \frac{\sin cx + \sin c x + \sin cl \cdot \cos c(l-x) + \sin cl \cdot \cos c(l-x)}{2(\sin cl + \sin c l)}$$

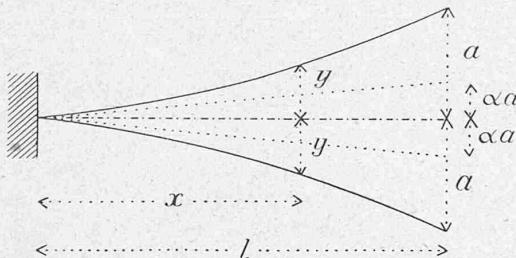
$$= \frac{\cos cl \cdot \sin c(l-x) - \cos cl \cdot \sin c(l-x)}{2(\sin cl + \sin c l)}$$

$$\alpha = cl \frac{1 + \cos cl \cdot \cos cl}{\sin cl + \sin c l}$$

Aus letzterer Gleichung ergibt sich, wenn man  $\alpha = \frac{1}{3}$  setzt

$$cl = 1,674.$$

Fig. 12.



Ferner wird  $E = 1,26 \frac{G l^3}{g T^2 J}$

$$M_0 = 0,843 E J a c^2 = 2,96 \frac{G l a}{g T^2}$$

Setzt man wie oben  $G = 2550 t$ ,  $l = 46 m$ ,  $J = 110 m^4$ ,  $T = 0,375 s$ ,  $a = 0,0036 m$  und das Widerstandsmoment des Fussquerschnitts  $= 41,5 m^3$ , so wird

$$E = 2060000 t : m^2 = 206 t : cm^2$$

$$M_0 = 908 mt$$

$$\sigma = 21,9 t : m^2 = 2,19 kg : cm^2$$

Man sieht, dass die Beanspruchung des Mauerwerks nach dieser zweiten, genaueren Berechnungsweise nicht viel anders herauskommt. Dagegen wird der Elasticitätskoeffizient wesentlich grösser.

Der Winkel, um den sich die Turmachse am Fusse dreht, ist

$$\delta = \frac{\alpha a}{l} = \frac{\frac{1}{3} \cdot 0,0036}{46} = 0,000026.$$

Die Fundamentfläche ist ein Quadrat von  $b = 9,6 m$  Seitenlänge, somit ist die lotrechte Bewegung an der Kante  $\frac{1}{2} b \cdot \delta = 0,000125 m$ . Die Beanspruchung des Bodens ist  $\sigma = \frac{6 \cdot 908}{9,6^3} = 6,2 t : m^2$ . Einer Belastung des Bodens von  $1 t : m^2$  entspricht daher eine Senkung von  $0,020 mm$ .

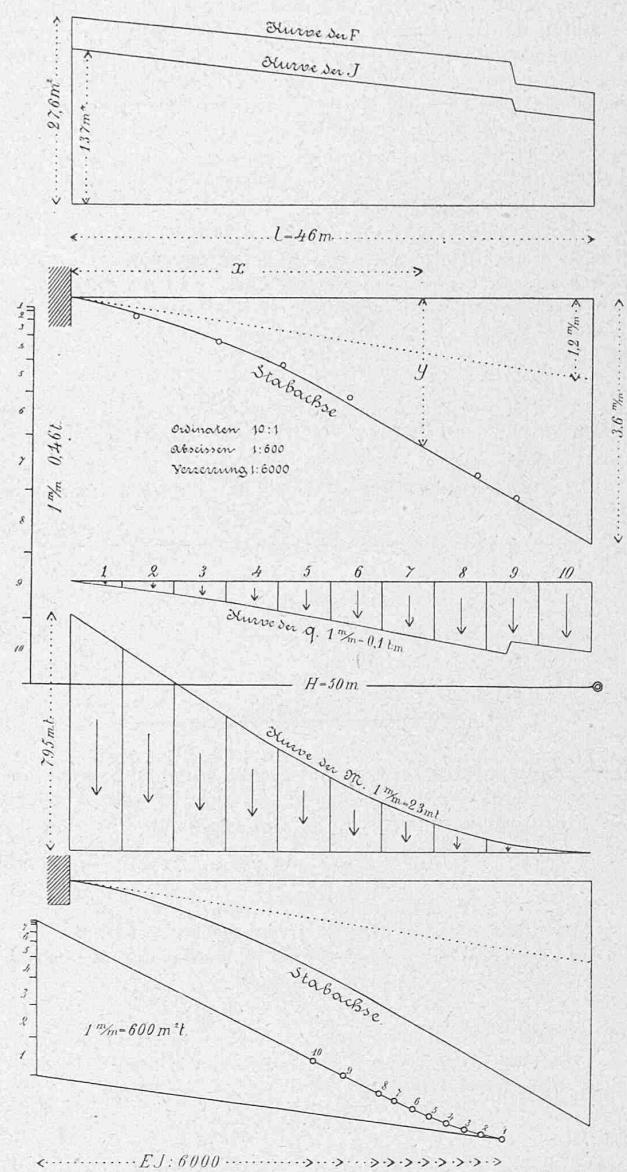
Bei der Berechnung des Eisenbahnoberbaus nimmt man an, dass die Senkung der Schwellen für je  $1 t : m^2$  Druck bei weicher Bettung  $\frac{1}{3}$ , bei harter  $\frac{1}{8} mm$  betrage. Der Fundamentgrund des Kirchturms in Enge ist somit etwa sechsmal widerstandsfähiger als eine gute Eisenbahnbettung.

In obigen Berechnungen ist das Trägheitsmoment des Turmquerschnittes als konstant vorausgesetzt worden. In Wirklichkeit ändert sich dasselbe ziemlich stark. Es beträgt am Fusse 137, dicht unter dem Glockenstuhl 87  $m^4$ . Diese Veränderlichkeit in die analytische Berechnung einzuführen, würde die Rechnung sehr verwickeln. Dagegen kann man auf graphischem Wege leicht darauf Rücksicht nehmen.

In der Figur 13 ist zunächst durch zwei Linien die Veränderlichkeit des Flächeninhalts  $F$  und des Trägheitsmoments  $J$  des Turmquerschnittes dargestellt. Dann folgt in 6000-facher Verzerrung dargestellt die Form der durch Messung gefundenen Stabachse. Man trägt die äussersten Ausschläge der Stabachse und der Ursprungstangente auf und zeichnet die Kurve zunächst nach Gutdünken. Aus den Werten  $y$  berechnet man sodann die Werte  $q$ . Nach früher (Gleichungen 3 und 4) ist  $q = \frac{\pi^2 \gamma F y}{g T^2} = 17,1 F y$ . ( $\gamma$  = spezifisches Gewicht des Mauerwerks = 2,4.) Es genügt, 5—6 Werte von  $q$  zu berechnen und aufzutragen, um die Kurve der  $q$  zu erhalten. Betrachtet man die Fläche der  $q$  als Belastung und zeichnet dazu eine Seilkurve, so gelangt man zur Mo-

mentenkurve (Kurve der  $M$ ). Die Belastungsfläche wurde hierbei in 10 Streifen zerlegt und die mittlere Höhe jedes Streifens als Kraft aufgetragen. Als Polweite wählten wir 50 m, sodass sich für die Momente der Maßstab  $1 mm = 23 mt$  ergibt. Betrachtet man die Momentenfläche wiederum als Belastung und zeichnet dazu eine zweite Seilkurve, so erhält man nach den Regeln der graphischen Statik die Stabachse. Als Polweiten des Kräftepolygons verwendet man hiebei die Werte  $E J : 6000$ ; dann erscheinen die Ordinaten wie in der Anfangsfigur in 6000-facher Vergrösserung.

Fig. 13.



Der Elasticitätskoeffizient wurde bei dieser Zeichnung zuerst gleich  $2000000 t : m^2$  angenommen und der erste Strahl des Kräftepolygons parallel zur Ursprungstangente gezogen. Der Ausschlag am Stabende ergab sich hierbei gleich  $1,79 mm$ . Um den richtigen Ausschlag zu erhalten, musste man somit  $E$  auf  $1490000 t : m^2$  erniedrigen. Die so erhaltene Stabachse wich in ihrem Verlaufe etwas von der oben gezeichneten ab. Sie wurde dorthin übertragen und das ganze Verfahren wiederholt. Nach dieser Wiederholung zeigten sich zwischen oberer und unterer Stabachse keine Unterschiede mehr.

Der Elasticitätskoeffizient ergab sich schliesslich

$$E = 1530000 t : m^2 = 153 t : cm^2$$

und das Biegunsgmoment am Ursprung

$$M_0 = 795 mt,$$

somit die grösste Beanspruchung des Mauerwerks

$$\sigma = 19,2 \text{ t} : \text{m}^2 = 1,92 \text{ kg} : \text{cm}^2.$$

Die beiden letzteren Zahlenwerte weichen von den früher gefundenen nicht stark ab und bilden, da sie auf ganz anderem Wege gefunden wurden, eine gute Bestätigung der rechnerischen Ableitung.

Die durch Messung gefundenen Zwischenpunkte wurden oben in die endgültige Stabachse eingetragen; man sieht, dass sie sich derselben recht gut anschmiegen.

Der Figur 13 lässt sich auch leicht die Beanspruchung des Mauerwerks an einer beliebigen Stelle entnehmen. Für die Mitte des Turmes zum Beispiel ergiebt sich  $M = 252 \text{ mt}$ , ferner  $W = 35,0 \text{ m}^3$ , folglich  $\sigma = 7,2 \text{ t} : \text{m}^2$ .

Die Frage nun, ob die gefundene Beanspruchung des Mauerwerks dessen Festigkeit zu gefährden im Stande sei, darf man ruhig mit Nein beantworten.

Das eigene Gewicht des Turmes ruft am Fusse eine Druckspannung von  $\sigma = \frac{2250}{27,6} = 82 \text{ t} : \text{m}^2$  hervor. Der Wind erzeugt bei 150 kg : m<sup>2</sup> Druck ein Biegungsmoment von 984 mt, also eine Spannung von  $\sigma = \frac{984}{41,5} = 24 \text{ t} : \text{m}^2$ . Nimmt man hiezu die Wirkung des Glockengeläutes gleich 19 t : m<sup>2</sup>, so ergiebt sich

$$\begin{aligned} \text{die grösste Beanspruchung} &= 82 + 24 + 19 = 125 \text{ t} : \text{m}^2 \\ \text{" kleinste"} &= 82 - 24 - 19 = 39 \text{ t} : \text{m}^2 \end{aligned}$$

Das Mauerwerk besteht aus Bächlersteinen mit hydraulischem Mörtel; die Ecken sind mit Granitquadern verkleidet. Eine Beanspruchung von 125 t : m<sup>2</sup> = 12,5 kg : m<sup>2</sup> darf daher als eine durchaus zulässige bezeichnet werden. Zugspannungen treten, wie man sieht, selbst im ungünstigsten Falle niemals auf.

Auch der rasche Wechsel der durch die Glocken erzeugten Spannungen braucht nicht als bedenklich angesehen zu werden. Wenn gleich hierüber noch keine Laboratoriumsversuche bestehen, so lehren doch die steinernen Eisenbahnbrücken, in denen beim Befahren ohne Zweifel ebenso grosse und ebenso rasche Spannungswechsel auftreten, dass solche Wechsel vom Mauerwerk Jahrzehnte lang ohne Schaden ertragen werden.

Zum Schluss könnte man noch die Frage aufwerfen, ob sich so starke Schwingungen, wie sie beim Kirchturm in Enge auftreten, voraussehen und vermeiden lassen.

Die Antwort auf diese Frage geht aus dem Vorangegangenen deutlich hervor. Kennt man die Abmessungen des Turmes und seinen Elasticitätskoeffizienten, so lässt sich seine Schwingungszeit berechnen; und dann hat man bei der Wahl der Glocken und deren Aufhängung nur dafür zu sorgen, dass deren Schwingungszeit zu der des Turmes nicht das kritische Verhältnis 3 : 1 annimmt. Freilich ist unsere heutige Kenntnis der Elasticitätskoeffizienten verschiedener Mauerwerksarten noch eine sehr mangelhafte. Doch mag es Fälle geben, wo sich dieser Koeffizient mit genügender Sicherheit schätzen lässt, und mit der Zeit werden wohl Versuche und weitere Beobachtungen an ausgeführten Bauwerken die bestehende Unsicherheit mehr und mehr beseitigen.

### Ueber die Herstellung eines Reliefs der Schweiz im Massstab von 1:100 000.

Am 4. Dezember letzten Jahres legte der schweizerische Bundesrat den eidgenössischen Räten einen Beschluss-Entwurf vor, nach welchem der Bund sich anheischig macht, auf seine Kosten ein Relief der Schweiz im Massstab von 1:100 000 nach dem Roh-Entwurf des Herrn Ch. Perron in Genf, sowie die zur Vervielfältigung dieses Reliefs notwendigen Formen herzustellen. Zu diesem Zwecke verlangte der Bundesrat von den eidg. Räten einen Kredit von 95 000 Fr., welcher auf die Voranschläge der Jahre 1897 bis 1900 zu verteilen wäre.

In der bezüglichen Botschaft wurde darauf hingewiesen, dass am 29. Dezember 1895 das topographische

Bureau dem Militär-Departemente eine Eingabe übermittelt habe, welche dahin ging, der Bund möchte auf seine Kosten die Herstellung eines Reliefs übernehmen, um dasselbe ganz oder teilweise im Rohzustande (Ebauche) an der schweizerischen Landesausstellung in Genf und wenn möglich in vollständiger Ausarbeitung an der Weltausstellung in Paris von 1900 auszustellen. Auf den Antrag des Militär-Departements wurde dieses ermächtigt, dem Herrn Perron einen Beitrag von 1500 Fr. zu verabfolgen, in der Meinung, dass dadurch irgendwelche Verbindlichkeit für zukünftige Leistungen nicht präjudiziert werden solle. Die Herstellung des Reliefs im Rohzustande sollte gewissermassen eine Vorarbeit sein, um sich über die Möglichkeit der Ausarbeitung eines definitiven Reliefs in genanntem Maßstabe Rechenschaft geben zu können.

Auf dieses hin machte sich Herr Perron sofort ans Werk, so dass bei der Eröffnung der Landesausstellung bereits einige Teile der Arbeit und bald nachher in der Gruppe 20 (Kartographie und Topographie) eine ganze Reihe von Platten ausgestellt werden konnten. Im August letzten Jahres waren sämtliche 100 Platten, aus denen das Gesamtrelief besteht, in teilweise ausgearbeitetem Rohzustand vorhanden, und im Herbst wurde dieses Material im Vorsaal des Nationalrates ausgestellt.

In der Folge wandte sich Herr Perron, unterstützt von der geographischen Gesellschaft in Genf, neuerdings an den Bundesrat mit dem Vorschlage, die Eidgenossenschaft möchte die Fertigstellung des ganzen Werkes nach den ausgestellten Mustern übernehmen. Zur Bewältigung der ganzen Arbeit bedürfe es eines Zeitraumes von vier Jahren und es wäre möglich, im Falle eines baldigen Entscheides, das Gesamtwerk bis zur Weltausstellung von 1900 zu vollenden.

In der bereits erwähnten Botschaft unterstützt nun der Bundesrat die Herstellung eines solchen Reliefs, indem er wörtlich folgendes ausführt:

«Schon seit einigen Jahren haben verschiedene schweizerische Topographen sehr schöne Reliefs von einzelnen Teilen unseres Landesgebiets im Maßstabe von 1:25 000 und auf Grundlage unserer Siegfriedkarte erstellt. Diese Topographen wünschten die Ausfertigung eines Reliefs der ganzen Schweiz im Maßstab von 1:25 000 herbeizuführen. Der Verwirklichung dieses Projektes stellten sich jedoch bis jetzt Schwierigkeiten entgegen, welche dasselbe auf absehbare Zeiten als unausführbar erscheinen lassen. In erster Linie stehen die sehr grossen Kosten einer solchen Unternehmung; dieselben würden sich auf mehrere hunderttausend Franken belaufen. Sodann müsste zur Unterbringung eines solchen Reliefs ein besonderer Saal oder ein besonderes Gebäude erstellt werden. Im weiteren würde die Benützung derselben infolge seines grossen Umfangs sehr erschwert und dessen Nutzen somit ein fraglicher sein. Der Wert einer solchen kostspieligen Arbeit würde also ein beschränkter und fast ausschliesslich künstlerischer und theoretischer sein.

Ganz anders verhält es sich bei einem Relief im Maßstabe von 1:100 000. Ein solches lässt sich leicht an den Wänden von Sälen selbst von bescheidenem Umfang anbringen. Mit verhältnismässig geringen Kosten lassen sich von einem solchen Relief Reproduktionen erstellen, welche ihren Platz in unsern schweizerischen Hauptkasernen, in den eidgenössischen und kantonalen Ratsälen und Verwaltungsgebäuden, in den höheren eidgenössischen und kantonalen Unterrichtsanstalten und endlich in Vereinslokalen und dergleichen Räumlichkeiten finden würden.

Wir wollen nicht behaupten, dass diese Reliefs für das Studium unserer Geographie und Topographie unentbehrlich seien; aber unbestreitbar würde der Besitz eines solchen, sowie der dazu gehörenden notwendigen Formen für die Herstellung einer beliebig grossen Zahl von Vervielfältigungen bei einem verhältnismässig bescheidenen Preis, ein hohes künstlerisches, militärisches und wissenschaftliches Interesse befriedigen und ein sehr schätzenswertes praktisches Lehrmittel für militärische Schulen und Kurse, sowie für höhere Unterrichtsanstalten (Gymnasien, höhere Mittelschulen, Handelsschulen, technische Schulen etc.) bieten.

So sehr wir also die Unternehmung eines Reliefs im Maßstabe von 1:25 000 und sogar von 1:50 000 bei den überaus hohen Erstellungs-kosten, der grossen Ausdehnung und den Schwierigkeiten der Benützung in das Gebiet der ausschliesslich künstlerischen und Luxusarbeiten verweisen müssen, ebenso sehr sind wir der Ansicht, dass dagegen diese Arbeit im Maßstabe 1:100 000 als ein allgemein zugängliches, in jeder Hin-