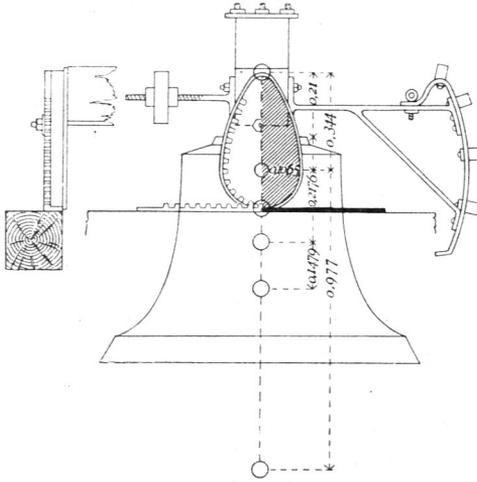


Fig. 64.

Ansicht.



Ritter's Glocken-Aufhängung.

Fig. 65.

Schnitt.

beträgt. Es beschreibt mithin jeder Punkt des ganzen Systemes beim Schwingen eine Cycloide, und diese Cycloiden sind für alle Punkte, welche über den Umfang der Scheibe hinausliegen, verschlungene.

Die Schwingungsdauer eines Pendels dieser Zusammenfassung ist von Euler für kleine Ausschlagwinkel berechnet und in Jullien's »*Problèmes de mécanique rationnelle*« (Paris 1855), Bd. 2, S. 65 abgeleitet.

Für die Verhältnisse, wie sie bei einer nach Ritter's System aufgehängten Glocke bestehen, nämlich mächtig große Ausschlagwinkel, einen verhältnismäßig kleinen Scheiben-Radius und ein großes Trägheitsmoment der Masse um ihren eigenen Schwerpunkt, kann man einfach die Scheibenmittelpunkte als feste Endpunkte der

Drehachse betrachten, und es stimmen mindestens die über die Schwingungsdauer bei dem Geläute in Werdau, welches im Jahre 1867 nach Ritter's System hergerichtet wurde, vom Verfasser gemachten Beobachtungen mit dieser Annahme überein.

Dieser Gegenstand wird bei der in Art. 61 vorzuführenden Beschreibung des Werdauer Geläutes noch weiter verfolgt werden.

b) Beschreibung einiger Glockenstuhl-Constructionen.

Im Thurme der Katharinen-Kirche zu Osnabrück war statt eines alten, durch Brand zerstörten ein neues Geläute von 4 Glocken, deren größte (H) 2320 kg wiegt, aufzustellen. Da es in Anbetracht der großen Mauerwerksmaße des Thurmes nicht geboten erschien, die in der Höhe des Kirchendaches aufzuhängenden Glocken durch einen hohen Stuhl zu stützen, so war bloß ein Gebälk herzustellen, welches in dem Thurmmauerwerk in der angegebenen Höhe seine Auflagerung erhielt. Auch von der Anwendung der *Pozdech'schen* oder *Ritter'schen* Aufhängungsweise wurde abgesehen, weil der Thurm, der das alte Geläute Jahrhunderte lang ohne Schädigung getragen, mehr als genügende Stabilität besitzt, um den beim Läuten entstehenden Kräften widerstehen zu können, und weil man bei der gewöhnlichen Aufhängung stärkere Tonwirkungen erwartete.

Das Mauerwerk zeigt (Fig. 66) an zwei einander gegenüber liegenden Seiten einen Absatz, auf den die Hauptträger gestützt sind, während eine Auflagerung der Enden der Querträger bei der Stärkenberechnung nicht berücksichtigt, bei der Ausführung aber, und gewiß mit großem Vortheil für die gleichmäßige Vertheilung der Kräfte auf das Mauerwerk, an den drei mittleren durch Einstecken in die Mauern hergestellt wurde.

Die (im Ganzen 5) durchgehenden Querträger haben zunächst den Hauptträgern die nöthige Stabilität gegen Seitenchwankungen zu gewähren, demnächst zur Vertheilung der Pressungen und damit zur Verminderung der Schwankungen zu dienen, wobei die Wirkung der Trägheit des ganzen Gebälkes gegenüber jeder durch das Läuten entstehenden schiebenden und biegenden Kraft mit zu Nutze kommt.

Die Hauptträger sind Fachwerkträger von 1,75 m Höhe; die Querträger sind mit 1,50 m Höhe so viel niedriger als die Hauptträger, daß sie durch letztere mit ununterbrochenen Gurtungen haben durchgesteckt

werden können. Die Knotenpunkte sind an den Durchdringungsstellen der Träger, so wie an den Auflagerstellen der Glocken-Drehachsen angenommen, woraus für den Mittelträger sich die in Fig. 68 dargestellte Anordnung ergab. Die Querträger haben nur eine einfache Dreiecksverbindung erhalten, da solche für ihren Zweck genügt. Es ist außer den Knotenblechen ausschließlich Winkelleisen zur Anwendung gekommen und bei der Berechnung der Eisenstärken eine Beanspruchung von 600 bis 700 kg pro 1 qm für die gleichzeitige Maximalwirkung aller 4 Glocken zu Grunde gelegt. Dagegen sind die Nieten, welche warm eingezogen worden sind, in Rücksicht auf den häufigen und raschen Wechsel in der Beanspruchung nur mit 375 kg pro 1 qm berechnet, und es ist in dieser Weise mit dem bloßen Reibungswiderstand derselben, den man bekanntlich auf 750 kg pro 1 qm schätzt, mit Sicherheit auszukommen. Um dies zu erreichen, sind die Enden der Diagonalen gabelförmig hergerichtet, so dass sie die Knotenbleche umfassen, wobei verkröpfte Flacheisen zur Anwendung gekommen sind, wie dies Fig. 67 erkennen lässt. Das Gewicht des ganzen Gebälkes ist bei einer Grundfläche von 132 qm gleich 12 719,5 kg an Schmiedeeisen, also pro 1 qm gleich 96,4 kg; die gesammten Kosten, mit 450 Mark Einheitspreis pro Tonne, haben 6386 Mark incl. Anfrich etc. betragen.

Das Gebälk ist unter Freilassung des Raumes für die Glocken mit einem hölzernen Fußboden abgedeckt. Das Project zu der Restauration der Kirche und des Thurmes ist von Baurath *Strüve* in Berlin, zum Glockenstuhl vom Verfasser dieses aufgestellt; die Bauleitung hatte Architekt *Dreyer* in Osnabrück; das Glockengebälk ist von der Firma *Ruetz & Co.* in Rothe Erde bei Aachen geliefert und seit 1871 in Gebrauch⁸⁶⁾.

Fig. 67.

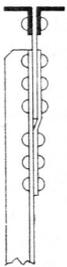
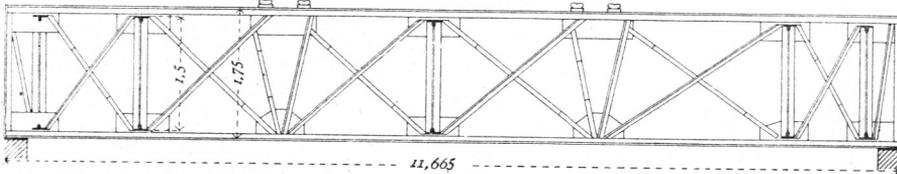


Fig. 68.

Mittelträger. — 1/100 n. Gr.



Glocken-Gebälk der Katharinen-Kirche zu Osnabrück.

Der auf dem Kirchthurm zu Neuenkirchen bei Osnabrück 1876 ausgeführte Glockenstuhl (Fig. 69 bis 72) hat gleichfalls für ein in gewöhnlicher Weise aufgehängtes, fomit den Stuhl stark beanspruchendes Geläute zu dienen, ist aber im Uebrigen ein Bockgerüst, welches in 3 m Höhe über dem Fusse die Lager der Glocken trägt.

Die Glocken geben die ersten drei Töne der *D-dur*-Scala (*D*, *E* und *Fis*) und wiegen 1350 kg = *D*, 950 kg = *E* und 638 kg = *Fis*. Unter Bezugnahme auf die Berechnung in Art. 53 (S. 52) erfolgt die größte Horizontalwirkung unter der Annahme eines Ausschlages von 110 Grad zu jeder Seite der Verticalen oder um 20 Grad über den Horizont hinaus bei der Stellung von 49° 16' 38" gegen die Verticale und hat den Werth $H = 1,562 Q$, und da $Q = 1350 + 950 + 638 = 2938$ kg, so ist

$$H = 4589 \text{ kg.}$$

⁸⁶⁾ Vergl. *Strüve*. Wiederaufbau der St. Katharinen-Kirche zu Osnabrück im Jahre 1880. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1882, S. 21.

58.
Kirche
zu
Neuenkirchen.

Der gleichzeitig stattfindende Verticaldruck auf das Glockenlager ist

$$V = Q \left(\cos \alpha + \frac{2x}{s} \right) \cos \alpha + \frac{\mathcal{F}g}{rs} \sin^2 \alpha$$

oder in Zahlen

$$\frac{V}{Q} = \left(0,6524 + 2 \frac{0,211726 + 0,619045 \cdot 0,6524}{0,787} \right) 0,6524 + \frac{0,10397}{0,619045 \cdot 0,787} \cdot 0,57434,$$

$$\frac{V}{Q} = 1,44624 + 0,12257 = 1,56881,$$

oder $V = 1,56881 Q = 1,56881 \cdot 2938 = 4609 \text{ kg.}$

Der Winkel der Resultante mit der Verticalen findet sich daher aus der Beziehung

$$\text{tg } \beta = \frac{4589}{4609} = 0,99562, \text{ woraus } \beta = 44^\circ 52' 4''^{87)}$$

oder rund 45 Grad, während die Resultante den Werth von rund

$$\sqrt{2} \cdot 1,565 Q = 2,207 Q$$

annimmt.

Man kann daher bei der Berechnung von Stühlen für in gewöhnlicher Weise aufgehängte Glocken, die bis zu 20 Grad über den Horizont schwingen, für den Augenblick des grössten Horizontalzuges die Kräfte resultante unter 45 Grad gerichtet und die Grösse derselben zu $2\frac{1}{5}$ des Gewichtes der schwingenden Maffen annehmen.

Da der Glockenstuhl eine Breite am Fusse von 5,43 m besitzt, während das Lager 3 m hoch liegt, so

fällt die um 45 Grad geneigte Resultante um $3 - \frac{5,43}{2}$

= 0,285 m außerhalb des Fusses des Glockenstuhles. Es bleibt indeffen der Schwerpunkt des letzteren noch innerhalb seiner Basis, wie aus Folgendem hervorgeht.

Bei dem Verticaldruck der schwingenden Glocken von 4609 kg und dem Eigengewichte des Glockenstuhles von 2400 kg (2392 kg) fällt der Schwerpunkt in dem Augenblicke gleichzeitiger stärkster Horizontalwirkung aller Glocken von 4589 kg um

$$x = \frac{4589 \cdot 3}{4609 + 2400} = 1,964 \text{ m}$$

aus der Mitte, bleibt also noch um

$$2,715 - 1,964 = 0,751 \text{ m}$$

vom Rande des Glockenstuhles entfernt, so dafs auch ohne Befestigung ein Kippen nicht eintreten kann. Die Tangente des Winkels der Richtung der Gesamtpfeffung mit der Verticalen ist

$$\frac{1,964}{3} = 0,655,$$

der Winkel also $33^\circ 13\frac{1}{2}'$, entsprechend etwa der Reibung der Ruhe von Eifen auf Holz, so dafs der Glockenstuhl ohne weitere Befestigung gegen das Gleiten gesichert ist.

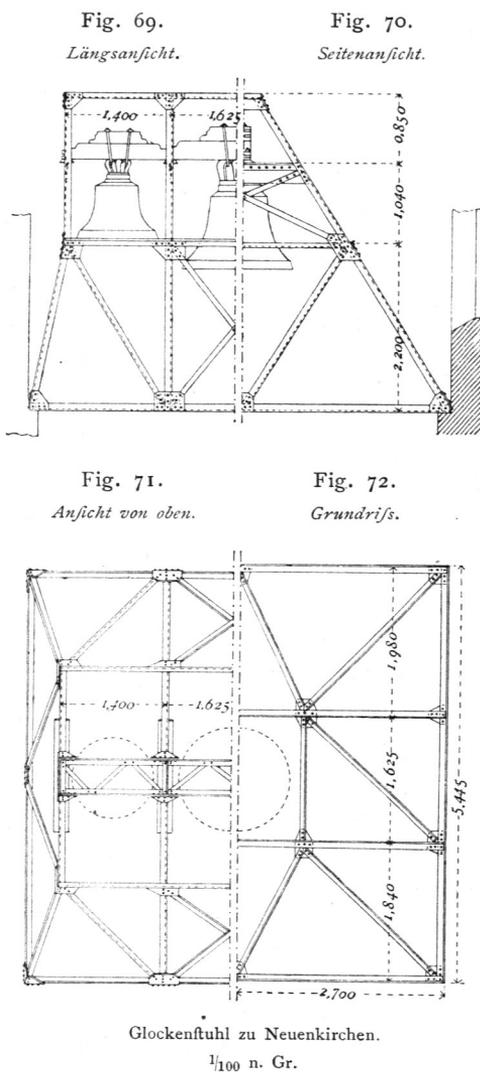
Was nun die Festigkeit des Gerüstes anlangt, so hat der Binder zwischen der grössten und der mittleren Glocke am meisten auszuhalten; die Last beider Glockenhälften ist

$$\frac{950 + 1350}{2} = 1150 \text{ kg;}$$

die Horizontalwirkung der gleichzeitig schwingenden Glocken ist daher *in maximo*

$$H = 1,562 \cdot 1150 = 1796 \text{ kg.}$$

⁸⁷⁾ Die Abweichung dieses Resultantenwinkels β von α rührt, wie leicht ersichtlich, von der Seitenkraft p (siehe Art. 53 und Fig. 59) her.



Als Verticalkräfte haben wir zunächst die Componente des Glockendruckes

$$\begin{array}{r} V = 1,56881 \cdot 1150 = 1804 \text{ kg,} \\ \text{dazu } \frac{1}{4} \text{ des Eigengewichtes des Glockenstuhles } 600 \text{ kg,} \\ \hline \text{zusammen } 2404 \text{ kg.} \end{array}$$

Die Resultante der fenkrecht zu einander wirkenden Kräfte fällt noch um $2,715 - \frac{3 \cdot 1796}{2404} = 0,475 \text{ m}$ innerhalb des Fußes des zur Zeit betrachteten Gefässes des Glockenstuhles; es kommen demnach von dem Gesamtdruck $= \sqrt{1795^2 + 2404^2} = 3000 \text{ kg}$, welcher Druck nahezu parallel dem Sparren wirkt, auf letzteren

$$3000 \frac{5,43 - 0,475}{5,43} = 2740 \text{ kg.}$$

Der Sparren, aus Winkeleifen von 90 mm Schenkellänge und 16 qcm Querschnitt bestehend, erhält somit eine Pfeifung von $\frac{2740}{16} = 171 \text{ kg pro 1 qcm}$.

Die Knickfestigkeit wurde nach der Formel (Gleichung 148. in Theil I, Bd. 1, S. 312)

$$P = \frac{K F \mathcal{F}}{\mathcal{F} + \alpha F l^2}$$

berechnet, worin hier $K = 2,8 \text{ t pro 1 qcm}$, $F = 16 \text{ qcm}$, $\mathcal{F} = 130,43$, $l = 220 \text{ cm}$ und $\alpha = 0,000044$ zu setzen ist, so dafs

$$P = \frac{2,8 \cdot 16}{l + 0,000044 \frac{220^2 \cdot 16}{130,43}} = 35,5 \text{ Tonnen;}$$

die Knickfestigkeit wird demnach zu nur $\frac{2740}{35500} = \frac{1}{13}$ ausgenutzt, oder es ist in der äußersten am meisten gedrückten Fafer eine Beanspruchung von $\frac{2800}{13} = 215 \text{ kg}$.

Es ist mithin reichliche Sicherheit vorhanden, und es würde das gewählte Winkeleifen-Profil bei den vorliegenden Längenverhältnissen auch noch für doppelt so schwere Glocken genügen.

Die in etwa halber Höhe angebrachte feitliche Gurtung, aus Winkeleifen von 65 mm Schenkellänge und 12 qcm Querschnitt bestehend, bildet nun im Verein mit den zwischen ihr und dem unteren Rahmen als unterer Gurtung angebrachten Diagonalen einen Balken von 2,2 m Höhe und 5,43 m Länge, genügend steif, um jede Deformation des Stuhles auch dann zu verhüten, wenn etwa blofs die 4 Ecken das Mauerwerk berühren sollten, für welchen Fall sich eine Gurtungsspannung, bezw. Pfeifung (wie aus der Zeichnung leicht zu entnehmen) von $\frac{4200 \cdot 2 - 1200 \cdot 0,4}{2,2} = 3600 \text{ kg}$ oder bei 12 qcm Querschnitt von 300 kg pro 1 qcm einstellt.

Zur Uebertragung der horizontalen Kräfte auf die 4 Ecken oder auch auf die Mittelpunkte der parallel zur Schwingungsrichtung liegenden Endrahmen ist auch noch eine Horizontalverstrebung angebracht, mit deren Hilfe das Fachwerksystem Fig. 72 gebildet wird. Da es sich bei diesen Theilen lediglich um die Horizontalkräfte handelt, so ist deren Beanspruchung noch geringer, als bei den Sparren und den Mittelturtungen. Zur Minderung der Schwingungsbewegungen ist auf dem Glockenstuhle noch die aus Fig. 71 ersichtliche Umrahmung angebracht und mit Vergitterung versehen.

Der Glockenstuhl ist von der Georgs-Marien-Hütte bei Osnabrück 1876 angefertigt und hat bei 2,4 t Gewicht einchl. Aufstellung und Anstrich 1390 Mark gekostet, während für einen solchen aus Eichenholz 1700 Mark gefordert worden waren. Nach einer Mittheilung des Herrn Architekten H. Dreyer in Osnabrück, unter dessen Leitung die Arbeit ausgeführt wurde, hat sich die Construction als vollkommen fest erwiesen. Auf das Quadratmeter des Grundriffes des Lichtraumes des Thurmes kommen vom Glockenstuhle $\frac{2400}{29,48} = 81,4 \text{ kg}$.

Der verhältnismässig hohe Einheitspreis pro Tonne der hier bis jetzt beschriebenen beiden Glockenstühle ist darin begründet, dafs dieselben für die vorliegenden besonderen Fälle projectirt und durchweg mit warm eingezogenen Nieten zusammengesetzt worden sind, welche Arbeiten bei der Geringfügigkeit des Gesamtgewichtes im Vergleich etwa zu eisernen Brücken und der Schwierigkeit der Aus-

führung, so wie der damit verbundenen Transporte etc. die Steigerung des Einheitspreises erklärlich machen. Dafs übrigens die Vernietung allein geeignet ist, die grösstmögliche Festigkeit der Verbindungen und damit die für die Erhaltung der Kirchthürme so wünschenswerthe Steifigkeit der Glockenstühle dauernd sicher zu stellen, dürfte wohl nicht zu befechten und daher die Anwendung von Nietten statt der auch wohl verwandten Schraubenbolzen ungeachtet der etwas höheren Kosten dringend zu befürworten sein.

Eine für eiserne Glockenstühle vielfach gewählte Anordnung geben wir in Fig. 73 bis 76, welche den vom Glockengießer *Grofse* für die Johannis-Kirche zu Dresden gleichzeitig mit dem Geläute selbst gelieferten Glockenstuhl darstellen.

Hier sind gewalzte I-Träger, welche in den Umfassungsmauern ruhen, kreuzweise über einander zur

Unterstützung der 4 Böcke oder Gespärre zur Anwendung gekommen. Die U-förmig gewalzten Lagerbalken werden durch Streben aus Winkelleisen gestützt; eben so sind die Rahmen selbst aus doppelten Winkelleisen hergestellt und oben durch eine horizontale Einrahmung mit Winkelleisen, zwischen welchen sich Flacheisen-Diagonalen befinden, verbunden und gegenseitig abgesteift. Ausserdem sind in der Fläche der Rahmen fächerartige Verbindungen theils aus Winkel-, theils aus Flacheisen hergestellt, während endlich noch eine eben solche Verbindung zwischen je zwei benachbarten Böcken besteht. Es sind ausschliesslich Schraubenbolzen verwandt.

Wie aus der Höhenlage der Lagerbalken zu den Glocken aus den Fig. 73 u. 74 zu entnehmen ist, sind die Glocken nach dem *Pozdech'schen* Systeme, jedoch unter Beibehaltung der gewöhnlichen Anordnung der Armatur (Holz mit Eifenbeschlag) aufgehängt. Die grösste dieser Glocken *B* ist 1853 kg schwer, während die Armatur 600 kg wiegt. Der Glockendurchmesser ist 1,57 m. Die Drehachse (Schneiden der stützenden Meissel) liegt 56 mm oder 0,036 *D* unter dem Glockenscheitel, also bedeutend weniger, als bei der in Fig. 62 dargestellten *Pozdech'schen* Anordnung. Der Glocken-Schwerpunkt liegt unter dem Scheitel 0,700045 *D*, mithin unter der Drehachse 0,464 *D*, während der Schwerpunkt der Armatur 0,33 *D* über der Drehachse sich befindet.

Unter Benutzung der mehrfach aufgeführten Ziffer des Trägheitsmomentes der Glocke berechnet sich aus diesen Angaben der Schwingungshalbmesser $s = 0,993 D$; derselbe ist also um etwa 3 Procent kleiner, als der bei der originalen *Pozdech'schen* Construction.

Für ganz kleine Schwingungen resultirt hieraus eine Schwingungsdauer von

$$t = \pi \sqrt{\frac{s}{g}} = 3,14 \sqrt{\frac{0,993 \cdot 1,57}{9,81}},$$

$$t = 1,24658 \text{ Sekunden}$$

oder 48,1 Schläge in der Minute.

59.
Johannis-
Kirche
in Dresden.

Fig. 73.
Seitenansicht.

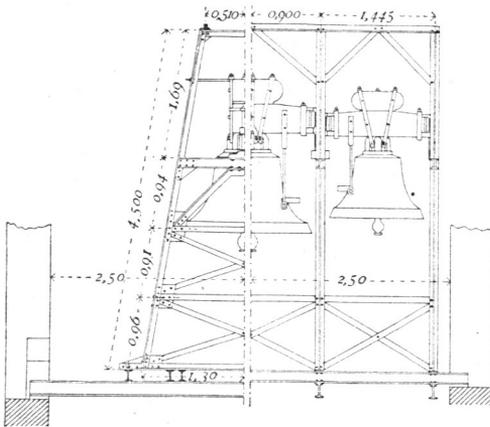


Fig. 74.
Längsansicht.

Fig. 75.
Grundriss.

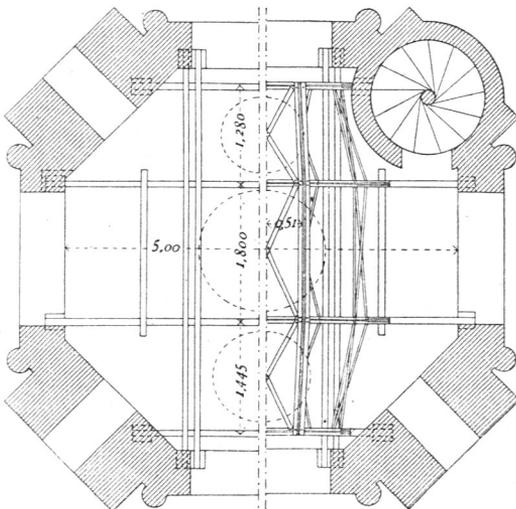


Fig. 76.
Ansicht von oben.

Glockenstuhl der Johannis-Kirche zu Dresden.

1/100 n. Gr.

Beim größten Ausschlage von 78 Grad ergibt sich die Fallhöhe $h = 0,79 s$; daher ist

$$t_1 = t \sqrt{1 + \frac{1}{4} \frac{0,79}{2}} = 1,3067898 \text{ Sekunden}$$

oder 45,9 Schwingungen in der Minute, während 48 und 46 Schwingungen in der Minute beobachtet worden sind.

Das Gewicht des Glockenstuhles beträgt 2088 kg; dazu kommen 957 kg Gewicht der I-Träger, was zusammen 3045 kg oder 122 kg pro 1 qm ergibt.

Ein ganz ähnlicher Glockenstuhl ist von Stadtbaurath *Friedrich* für die Friedrichstädter Kirche zu Dresden in einem achteckigen Raume von 4 m Mittelbreite und Länge construirt.

60.
Kirche
zu Friedrich-
stadt-Dresden.

Derfelbe trägt 3 Glocken, deren größte 1425 kg wiegt und die nach *Pozdech's* System aufgehängt sind. Dieser Glockenstuhl, gleichfalls auf I-Trägern ruhend, wiegt 2325 kg, also pro 1 qm 145 kg. An diesem Stuhle sind übrigens die sämtlichen Constructionstheile durch Nieten mit einander verbunden.

Wie bereits in Art. 56 (S. 56) gefagt wurde, ist das Geläute zu Werdau im Jahre 1867 nach *Ritter's* System ausgeführt worden.

61.
Kirche
zu
Werdau.

Es wiegt die größte der Glocken im Werdauer Kirchthurm	2283 kg,
die Armatur	ca. 600 kg,
der untere Glockendurchmesser D ist	1,64 m,
der Schwerpunkt der Armatur liegt über dem Glockenscheitel $0,345 \text{ m} = 0,21 D$,	
der Schwerpunkt der Glocke liegt unter Scheitel	$0,500045 D$,
die Lagerfläche der Glocke liegt unter Scheitel	$0,241 D$,
der Scheibenhalbmesser ist	$0,175 \text{ m} = 0,1065 D$.
Es liegt somit der Schwerpunkt des ganzen schwingenden Körpers über dem Schwerpunkte der Glocke allein	$0,1479 D$;
der Abstand des Scheibenmittelpunktes vom gemeinschaftlichen Schwerpunkte ist	$0,2176 D$.

Das Trägheitsmoment der Masse in Bezug auf den gemeinschaftlichen Schwerpunkt ist

$$\mathcal{I}_1 = Q D^2 \left(0,10397 + 0,1479^2 + \frac{600}{2283} 0,5621^2 \right) = 0,20894 Q D^2,$$

oder, wenn man die ganze Masse mit Q_1 bezeichnet,

$$\mathcal{I}_1 = 0,1654 D^2 Q_1.$$

Es ist somit das Trägheitsmoment in Bezug auf die durch die Kreismittelpunkte gehende Achse

$$\mathcal{I}_a = Q_1 D^2 (0,1654 + 0,2176^2) = 0,2127 Q_1 D^2;$$

das statische Moment ist in Bezug auf dieselbe Achse

$$M_a = 0,2176 Q_1 D;$$

folglich ist der Abstand des Schwingungspunktes

$$s = \frac{\mathcal{I}_a}{M_a} = \frac{0,2127}{0,2176} D = 0,977 D,$$

oder, da $D = 1,64 \text{ m}$ ist,

$$s = 1,60228 \text{ m}.$$

Die zur Berechnung der Schwingungsdauer zu ermittelnde Höhe des Schwingungsbogens h ist bei einem Auschlagwinkel von 78 Grad

$$h = s (1 - \cos 78^\circ) = 0,79209 s.$$

Hieraus berechnet sich unter Benutzung der Gleichung

$$t = \pi \sqrt{\frac{s}{g} \left(1 + \frac{1}{8} \frac{h}{s} + \frac{9}{256} \frac{h^2}{s} \right)}$$

die Schwingungsdauer $t = 1,3468$ Sekunden, entsprechend 44,57 Schwingungen. Beobachtet wurden 44 Schwingungen. Für ganz kleine Schwingungen ist $h = 0$, und dann ist

$$t = \pi \sqrt{\frac{s}{g}} = 1,2713 \text{ Sekunden}$$

oder pro Minute 47,2 Schwingungen, während 47 Schwingungen beobachtet wurden.

Die Beobachtung des Geläutes in Werdau ergab ein fast vollständiges Stillhängen der Klöppel und in Folge dessen ein heftiges Anschlagen der Glocken an die Klöppel und geringen Winkelabstand von der

Verticalen, wofelbst die Geschwindigkeit am grössten ist. Dafs das Anschlagen in der That kräftig vor sich ging, ergab der Augenschein, und daneben lassen die Klöppel, welche in gewöhnlicher Weise mit kugelförmiger Verdickung aus Schmiedeeisen und nicht in Form eines Tellers mit Stiel, wie sie der Erfinder (*Ritter*) sonst anzuwenden pflegte, hergestellt sind, die Folgen ihres 14-jährigen Gebrauches durch starke Abplattungen und Quetschungen an den Anschlagstellen in eben so deutlicher Weise erkennen, wie man dies bei gewöhnlichen Geläuten beobachten kann. Wie es nicht anders sein kann, finden sich diejenigen Klöppelseiten, welche beim Anziehen des Läutefeiles unmittelbar getroffen werden, weit mehr abgenutzt, als die entgegengesetzten, welche blofs vom Stofs der zurückkehrenden Glocke herrühren, woraus der grofse Antheil der jedesmaligen Zieharbeit an der ganzen, in der schwingenden Glocke vorhandenen lebendigen Kraft dargethan wird. Es ist dem läutenden Personal mit einiger Anstrengung sogar möglich, die Zahl der Schwingungen in der Minute um mehrere zu steigern, und zwar durch vorzeitiges Anhalten und starkes Ziehen, wobei der Ausschlagwinkel auf der einen Seite kleiner wird. Die oben angegebenen Beobachtungen über die Schwingungszahlen wurden übrigens bei in der Mitte fest gebundenem Klöppel gemacht, wo dann ein leises Ziehen zur Ingangerhaltung genügte. Endlich habe ich noch mitzuthellen, dafs die Scheiben ihre Unterlagen nur wenig angegriffen haben und auch die Zähne der Scheiben und der Lagerplatten nur schwach abgenutzt erscheinen, so dafs die Bewegung der Scheiben im Wesentlichen als eine rollende und somit wenig passive Widerstände verursachende angesehen werden mufs. Dafs die einseitige Wirkung der Zugfeile auf das eine Ende der Achse die Anbringung einer Verzahnung am meisten erfordert, zeigt die gröfsere Abnutzung der Zähne an der Seite, an welcher das Zugfeil auf das für dasselbe an der Achse vorhandene Segment einer Seilscheibe wirkt.

Der aus Eichenholz hergestellte, mit einigen diagonal angebrachten Zugeisen armirte Glockenstuhl, welcher übrigens bei 7 m Höhe mit seinem Fusse bis auf einen um ein Gefchofs tiefer als der Fussboden der Glockenstube liegenden Mauerabfatz hinabreicht, hat augenscheinlich nur geringe Beanspruchungen beim Läuten der vorhandenen 4 Glocken ($H: 1,64$ m Durchmesser, 2283 kg; $D: 1,36$ m Durchmesser, 1356 kg; $Fis: 1,09$ m Durchmesser, 710 kg; $H: 0,78$ m Durchmesser, 277 kg; zusammen 4626 kg) auszuhalten, während früher, bei der gewöhnlichen Aufhängung, während welcher die Glocken in 2 Etagen über einander hingen, zur Verhinderung der starken Bewegungen ein Abstützen des Stuhles oben gegen das Thurmgemäuer zum Nachtheil des letzteren hatte stattfinden müssen, was jetzt nicht mehr der Fall ist. Der ganze Raum für den Glockenstuhl misst im Grundrifs 4,29 m Länge bei 3,64 m Breite, woraus denn die geringe Wegelänge der Glocken in der Schwingungsrichtung zu beurtheilen ist⁸⁸⁾.

Zum Vergleiche der bei den betrachteten drei Aufhängungsmethoden benötigten Längen diene übrigens Folgendes.

Bei der gewöhnlichen Aufhängung bildet die Klöppelspitze während der horizontalen Lage der Glocke und des Klöppels den am weitesten ausladenden Punkt, und es berechnet sich daher die halbe Raumlänge aus

Glockenhöhe	=	$0,7346 D$,
Abstand der Achse über Scheitel	=	$0,1190 D$,
Ueberstand der Klöppelspitze über den unteren Glockenrand	=	$0,2500 D$
	im Ganzen	= $1,1036 D$,
oder die ganze Raumlänge	=	$2,2072 D$.

Bei der *Pozdech'schen* Anordnung steht die Klöppelspitze, wenn der Klöppel die Glocke berührt, um $0,8 D$ von der Drehachse ab; sobald nun die Verbindungslinie zwischen Klöppelspitze und Drehachse horizontal steht, ist der grösste Horizontalabstand erreicht, und es ist daher die ganze benötigte Länge $2 \cdot 0,8 D = 1,60 D$.

Verwendet man denselben Klöppel bei der *Ritter'schen* Aufhängung und legt die Verhältnisse des Zahlenbeispiels in Art. 61 zu Grunde, so ist der Abstand zwischen Klöppelspitze und Drehachse $= 0,74 D$, mithin die ganze Länge $2 \cdot 0,74 = 1,48 D$.

⁸⁸⁾ Bei den in Werdau angestellten Beobachtungen und eingezogenen Erkundigungen ist mir Herr Stadtbauinspector *Neumann* daselbst in freundlicher Weise förderlich gewesen, was ich hier dankend anerkennen habe.

Verwendet man aber den von *Ritter* gewöhnlich benutzten Klöppel mit leichtem Stiel unter Weglassung des Knopfes, so wird die äußerste Linie von dem Glockenrande beschrieben, und es ist dann der größte Horizontalabstand von der Achsenlinie der vertical hängenden Glocke nur $0,68 D$, mithin die ganze benötigte Länge $2 \cdot 0,68 D = 1,36 D$.

Da diese Ziffern, verbunden mit den berechneten Angaben über die beim Läuten auftretenden Kräfte einiges Interesse haben dürften, so stellen wir sie in folgender Tabelle zusammen.

	Gewöhnliche Aufhängung	<i>Pozdech'sche</i> Aufhängung	<i>Ritter's</i> Aufhängung	
			mit gewöhnlichem Klöppel	mit kurzem
Erforderliche Länge	2,2072 <i>D</i>	1,60 <i>D</i>	1,48 <i>D</i>	1,36 <i>D</i>
Größter Horizontal Schub	1,5620 <i>Q</i>	0,2713 <i>Q</i>	—	—
Größter Verticaldruck	3,1087 <i>Q</i>	1,5573 <i>Q</i>	—	—
Abstand des Schwingungspunktes	0,787 <i>D</i>	1,0259 <i>D</i>	0,977 <i>D</i>	—

c) Außergewöhnliche Constructions.

Haben wir bisher bloß Glockengebälke und Glockenfüße von geringer Höhe, wie sie gewöhnlich vorkommen, betrachtet, so bleibt uns noch übrig, bezüglich außergewöhnlicher Constructions Einiges zu bemerken. Zu solchen außergewöhnlichen Constructions sind die Glockenfüße von bedeutender Höhe zu rechnen, wie sie aus Holz vielfach gebaut worden sind, um die Thürme vor den Wirkungen des Schwingens der Glocken zu bewahren. Wir erinnern hier an den ca. 19^m hohen Glockenstuhl im St. Stephans-Thurme zu Wien, ferner in der Thomas-Kirche zu Leipzig von 20^m Höhe⁸⁹⁾, sodann an den von *Viollet-le-Duc* 1852 neu erbauten 24^m hohen Glockenstuhl (*beffroi*) in einem der Westthürme der *Notre-Dame*-Kirche zu Paris etc. Alle diese Glockenfüße sind selbstverständlich gut verstrebt; es sind aber außer den Eckfäulen auch noch Zwischenfäulen zum unmittelbaren Aufnehmen des Druckes der Glockenachsen angebracht, was dem ganzen Verbandschaden muß. Es ist daher, um die ganze Stabilität des Glockenstuhles thunlichst zu erhöhen, für diese Constructions die Anwendung lediglich von Eckfäulen, die nach Art amerikanischer Brücken (nach *Long's*chem System) mit einander verstrebt sind, zu empfehlen; auch ist ein derartiger Stuhl aus Holz in der Christus-Kirche zu Hannover auf den Rath des Verfassers dieses Kapitels von *Hase* 1864 ausgeführt.

Für Eisenconstruction dürfte sich eine der bei eisernen Viaduct-Pfeilern gebräuchlichen Anordnungen am meisten empfehlen.

Von den Erscheinungen, welche auf den Nutzen der Anwendung hoher Stühle besonders hinweisen, ist hier die pendelartige Bewegung des Stephans-Thurmes beim Läuten zu erwähnen, über welche Dombaumeister *Schmidt* in einer Versammlung des Ingenieur- und Architekten-Vereines in Wien folgende Mittheilung gemacht hat⁹⁰⁾.

Die große, 3,48^m im Durchmesser haltende, 22,4^t schwere Glocke wurde nach der letzten Restauration des Thurmes 1869 zum ersten Male wieder in Bewegung gesetzt. Durch den ca. 19^m hohen Glockenstuhl werden die Kraftwirkungen fast vollkommen auf die unteren Lagerblöcke übertragen. Die

⁸⁹⁾ Siehe: BREYMANN. G. A. Allgemeine Bau-Constructions-Lehre. II. Theil: Constructions in Holz. 4. Aufl. Von H. LANG. Stuttgart 1870.

⁹⁰⁾ Nach: Deutsche Bauz. 1871, S. 86.