Zeitschrift: Schweizerische Polytechnische Zeitschrift

Band: 2 (1857)

Heft: 2

Rubrik: Bau- und Ingenieurwesen

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: 02.07.2025

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

terabtheilungen – und also das direkte Ablesen von Centimeter-Bruchtheilen – gestatten. In der That ist jeder Centimeter von Anfang bis einschliesslich 20 in 10 Theile, von 20 bis 60 in 5, und von 60 bis 100 in 2 Theile getheilt, so dass beziehungsweise, 1, 2 und 5 Millimeter abgelesen werden können.

Der Weg zur praktischen Herstellung der Theilung ist die Verzeichnung der sämmtlichen Sehnen in Kreisen von 6, 7, 8, 9, ... bis 100 Centimeter, oder deren Berechnung, wozu folgende Anweisung aus der Natur der Sache sich ergibt.

Nennt man R den Halbmesser des Kreises, in Millimetern ausgedrückt, so ist

$$\frac{R-25}{R} = \cos \frac{1}{2} \varphi$$

und φ der Winkel, dessen Bogen von dem Instrumente umfasst wird, wozu man aus den Tafeln die Sehne (oder den doppelten Sinus von $\frac{1}{2} \varphi$) entnimmt: letztere gibt die Länge L des Raumes an, welcher für den Durchmesser $= 2 R$ auf die Skale zu tragen ist.

Kürzer findet man, direkt aus dem Durchmesser D des Kreises, L nach der Formel:

$$L = 10 \sqrt{D - 25}$$

indem man den in Millimetern ausgesprochenen Durchmesser um 25 vermindert, und die Quadratwurzel des Restes zehnfach nimmt.

Der Skalenraum für 1 Centimeter nimmt nach und nach von der wahren Grösse = 10 Millimeter, bis zu 1,6 Millimeter ab. Die Unterabtheilungen eines und desselben Centimeters können unbedenklich gleich gross gemacht werden.

Zum Schlusse sei bemerkt, dass an dem Instrumente die beiden breiten Flächen der äussersten Hülse ab zur Anbringung einer gewöhnlichen Millimeter-Theilung benutzt sind, die Rückseite von cd und ef aber ebenfalls eine derartige Theilung enthält, deren Bezifferung bei f mit Null anfängt und in c mit 310 Millimeter endigt, so dass man — wenn zuerst ef und dann nöthigen Falls auch cd ausgezogen wird — zwischen den Schenkeln ch und fg die Dicke oder Breite eines nicht runden Gegenstandes messen und das Mass sofort in Millimetern ablesen kann.

Bau- und Ingenieurwesen.

Schweizerische Eisenbahnen.

Rheinfallbahn. *)

Die Rheinbrücke bei Schaffhausen.

Mitgetheilt von Herrn Ingenieur Saller.

Taf. 7.

In geringer Entfernung oberhalb des berühmten Rheinfalles ist diese Brücke über den Rhein geführt und zwar an einer Stelle, wo der Fluss schon tobend und schäumend durch das zerklüftete Felsenbette seinem nahen Sturze entgegen eilt. Die Brücke selbst kann keineswegs als ein Muster der Construktion gelten; die ungleichen Oeffnungen, der Winkel, den die Brückenachse macht, der sonderbar construirte linke Brückentheil, werden Manchem zu denken und ohne Zweifel auch zu lächeln geben, und der Fachmann wird sich auf den ersten Blick hin, wenn ihm die beim Bau obgewalteten Umstände nicht bekannt sind, jedenfalls ungünstig über diese Baute aussprechen. Es liegt auch keineswegs in unserer Absicht, durch Mittheilung der Zeichnung dieser Brücke, dieselbe auf die gleiche Stufe anderer grossartiger Bauten, wie sie an den schweizerischen Eisenbahnen in nicht geringer Anzahl zu finden sind, erheben zu wollen, — aber wir benutzen gerne diese Gelegenheit, die Geschichte des Baues dieser Brücke in einem weitern Kreise bekannt machen zu können und hoffen dadurch die gegenwärtige Ausführung bei unsern Fachgenossen, wenn auch nicht vollständig zu rechtfertigen, doch zu entschuldigen. Zudem dürften der Beschreibung manche lehrreiche Angaben in Bezug auf die schnelle und wohlfeile Ausführung der Baute selbst, die lange vor dem anberaumten Termine vollendet wurde, zu entnehmen sein.

Zur Führung der Rheinfallbahn (Schaffhausen-Winterthur) über den Rhein war eine Stelle, nur wenige 100 Fuss oberhalb des Rheinfalls durch Lokalverhältnisse geboten, wo der Strom ein für Staatsstrassen fast zu grosses Gefälle und daher eine beträchtliche Geschwindigkeit besitzt. Das Flussbett besteht aus Kalksteinfelsen von häufigen Lettenlagern durchbrochen; der Strom hat sich nun, begünstigt durch die Lettenlager, nach allen Richtungen tiefe Rinnen gegraben, welche ihn im Winter bei niederem Wasserstande fast gänzlich aufnehmen, so dass die dazwischenliegenden Felsplatten oft nur wenig mit Wasser bedeckt sind. Diess ist dann die Zeit für Sondirung, Bauten etc. Im Sommer jedoch ist der Fluss gänzlich »unnahbar«.

Die Baustelle bildet ein Chaos von unerforschbaren Rinnen, Kalken, Felsblöcken und grossen Platten, welche jedoch mehrere Fuss tief verwittert, zerklüftet und häufig unterhöhlt sind. Dieser Baugrund war also durchaus kein

*) Durch besondere Umstände sind wir genöthigt, die allgemeine Beschreibung der Rheinfallbahn mit dem Grundplan und Längenprofile auf das nächste Heft zu verschieben und beginnen nur mit der Mittheilung der Kunstbauten auf dieser Strecke.

einladender und verschiedene Schilderungen der Einheimischen und allseitig ausgesprochene Befürchtungen trugen durchaus nicht bei, Vertrauen zu erwecken. Man war daher herzlich froh, als man im Winter 18⁵³/₅₄ zwei sichere Stellen zur Erbauung von Pfeilern mitten im Flusse gefunden hatte. Mit Hülfe derselben wollte man eine 440′ lange eiserne Ueberbrückung (Gitterbrücke) herstellen, während an beiden Ufern noch steinerne Einbaue mit 160′ Gesammtlänge möglich erschienen.

Die Herstellung des steinernen Brückentheiles wurde im Mai 1855 in Akkord gegeben; der Unternehmer begann das Beischaffen der nöthigen Steine, musste sich aber übrigens den Sommer und Herbst über mit dem Ansehen des wüthenden Stromes begnügen. Denn an ein Bauen, ja nicht einmal an ein Hineingelangen in denselben war vor Eintritt eines niedern Wasserstandes nicht zu denken.

Endlich Anfangs November musste an die Herstellung eines Werksteges gedacht werden. Das Holz für denselben war hergerichtet und die Joche lagen abgebunden am Lande; allein wie dieselben in den Strom zu bringen seien, der noch immer ziemlich hohes Wasser hatte und auf dem Schiffe und Flösse gänzlich unanwendbar schienen: diess war eine schwer zu lösende Frage. Ziemlich rathlos standen die Rheinbrückenerbauer deliberirend am Ufer, bis man endlich, anfangs im Spasse, zu der Idee gelangte, die Joche ebenso über die Rinnen und Kalke auf die Felsbänke zu schaffen, wie der Kirchendiener mit Hülfe eines langen Stockes den Klingelbeutel über Bänke und Köpfe hinweg zu den entfernt Sitzenden gelangen lässt. Nachdem einmal die Idee gefunden, war die Ausführung derselben ziemlich einfach. Man band, wenn auch nicht die Joche selbst, doch kleine leichte Böcke an 6zöllige Bauhölzer von etwa 80′ Länge, schob «diese Schlagruthen», sie immer über Wasser haltend, so weit als möglich in den Strom vor und liess sie dann ins Wasser niedersinken, wo ihr Eigengewicht vor dem Wegspühlen hinderte. Stand nun der Bock fest, so liess man das hintere Ende der Schlagruthe so weit hinab, dass sie horizontal lag. Mit einer zweiten Schlagruthe wurde ebenso verfahren, dann Bretter über beide gelegt und so ein Gerüst gebildet, auf welchem sich die Werkstegjoche transportiren und aufstellen liessen. Gab es nun hiebei auch manches, theilweise komisches Intermezzo, gieng auch hie und da eine Schlagruthe den Rheinfall hinab, so kam doch die am 1. November begonnene Werkbrücke innerhalb eines Monats vollkommen zu Stande. Die Brückenjoche wurden ohne irgend eine Befestigung auf die Felsen gestellt. Das Gewicht der auf ihnen lastenden Werkbrücke liess sie auch ohne irgend eine weitere Beihülfe den vergangenen Sommer hindurch dem Hochwasser widerstehen.

Während der Herstellung der Rheinbrücke wurde der Wasserstand immer kleiner und hiemit der Fluss immer zahmer. Je mehr die Furcht vor der gesunkenen Grösse schwand, desto kühner erwachte die Unternehmungslust und erhob sich endlich zu dem Gedanken, ob es denn ganz unmöglich sein sollte, für eine steinerne Brücke Fundirungsplätze zu finden. Kaum war diese Idee rege geworden, so gieng es an eine Kostenvergleichung und als man hiebei fand, dass eine steinerne Brücke jedenfalls viel wohlfeiler werden würde, als eine eiserne, so war der Bau der erstern entschieden. Freilich war die Frage über Möglichkeit der Fundirung noch nicht gelöst, allein man gieng von dem Grundsatze aus: was der Mensch will, das kann er, und so war es auch. Ueberall wurde fleissig nach Fundirungsstellen gesucht und wenn auch manchmal der Sondirbohrer auf Lehm, Risse oder unterhöhlte Felsen kam, so fand man doch endlich so viele gute Stellen zusammen, dass die Möglichkeit einer Steinkonstruktion bis auf einen Theil am linken Ufer ausser Zweifel stand. Nur musste auf gleiche Bogenweite, ja sogar auf die gerade Brückenachse verzichtet werden, welche bei dieser Geleheit freilich ein sehr unschönes Eck erhielt. Allein einer steinernen Brücke zulieb, die bei ewiger Dauer noch Kostenersparniss versprach, lässt man wohl einige ästhetische Rücksichten schwinden.

Anfangs Dezember konnte endlich der Direktion der Rheinfallbahn, dann der Regierung von Zürich und Schaffhausen ein Plan zur Genehmigung vorgelegt werden, wonach die Länge der eisernen Fahrbahn von 440′ auf 130′ reduzirt wurde. Diess Projekt lässt sich noch sehr gut aus der beiliegenden Zeichnung der jetzigen Brücke erkennen. Es war nämlich das linke Widerlager 11′ stark angenommen und der ganze Theil zwischen ihm und dem Widerlagerpfeiler durch eine Gitterbrücke ersetzt. Hier nämlich zog sich fast längs der Brückenachse eine tiefe Rinne hin, in welcher sich beinahe die halbe Wassermasse des Rheines mit schrecklichem Toben bewegte, so dass nicht einmal Sondirungen, also noch viel weniger die Fundirung eines Brückenpfeilers möglich schien.

Das fragliche Projekt wurde genehmigt und die Ausführung desselben dem schon vorhandenen Akkordanten als Mehrarbeit — freilich mit einigen Opfern — am 10. Dezember 1855 übertragen. Derselbe begann sogleich die Herstellung der Fangdämme und am 20. Dezember konnte der erste Stein — am rechten Widerlager — versetzt werden.

Die Fundationen waren so einfach, dass ich eine Beschreibung derselben füglich übergehen kann. Das Wasser war selten tiefer als 3′ und der Untergrund bestand aus Felsen, der seiner vielen Zerklüftungen wegen oft erst durch hydraulischen Kalk wasserdicht gemacht werden musste. Die Fangdämme bestanden aus doppelten Bretterwänden, die mit Béton und Letten gedichtet wurden. Bei starkem Wasseranfall mussten sie durch Steinwurf geschützt werden. Die Fundirung geschah gegen Aversalsummen in Akkord.

Am 20. Febr. 1856 kam die Fundation zu Ende und der ganze Bau 1—2′ über dem damaligen Wasserstand. Derselbe war sehr klein und gab Hoffnung auf stete Minderung. Man entschloss sich daher zu dem Versuche, auch den noch übrigen Brückentheil durch Stein zu ersetzen. Es konnte nur von einem «Versuche» die Rede sein: denn das Gelingen setzte einen andauernd günstigen Wasserstand und eine vollständige Absperrung des Stromes von der Baustelle voraus, ohne welche nicht einmal der Grund untersucht werden konnte. Letzteres gelang durch Stein-

dämme, welche aus dem Situationsplane zu ersehen sind, vollkommen. Dieselben wurden am 23. Febr. begonnen und am 6. März vollendet. Man musste hiefür einige hübsche Felsengruppen im Rheinbette zerstören — freilich etwas Vandalismus — aber andere Steine waren nicht so schnell zu bekommen und Noth bricht Eisen. Der Rhein war also jetzt vollständig auf die rechte Seite gedrängt, wobei er sich nahezu zwei Fuss staute. Das linkseitige Flussbett, bisher noch von keinem menschlichen Auge erforscht, lag aufgedeckt, schwarz und finster, zerrissen von tiefen Rinnen und Kalken da. Der linkseitige Sturz des Rheines — der mächtigste und imposanteste — war wasserlos und trockenen Fusses konnten Wasserpflanzen an den Felswänden gesammelt werden.

Das Suchen nach einem Platze, um den letzten Pfeiler darauf zu stellen, war nun sehr leicht, schwierig aber das Finden. Eine 14—20′ tiefe Rinne, die Brückenachse unter einem sehr spitzen Winkel schneidend, hinderte den Pfeiler in die Mitte zwischen den siebenten Pfeiler und dem linken Widerlager zu setzen. Zugleich wollte man den beiden noch zu erbauenden Gewölben, des verschiedenen Horizontalschubes wegen, nicht zu ungleiche Spannweite geben. Endlich wurde eine Felsplatte gewählt, welche etwas in die Rinne vorstand und daher einen freilich sehr knappen Platz für das Pfeilerfundament bot. Da aber nur auf einer Seite das Gewölbe 40′ auf der andern gegen das linke Widerlager hin — 76′ weit geworden wäre, so reduzirte man das letztere durch Anmauern von 16 Fuss an das schon hergestellte linke Widerlager auf eine Weite von 60 Fuss. Hierdurch erklärt sich die grosse Stärke des fraglichen linken Widerlagers. Der neu zu erbauende Pfeiler wurde 13′ stark gemacht, theils des ungleichen Horizontalschubs der beiden Gewölbe wegen, theils um für das 40′ weite Gewölbe ein Widerlager zu haben, im Falle einmal sein Gefährte aus strategischen Rücksichten gesprengt werden müsste.*) Der achte Pfeiler steht also auf der äussersten Spitze eines Felsens an einer tief reissenden Rinne so lange sicher, als dem Strome nicht eine Verbreiterung seines Bettes gefiel. Diess musste um jeden Preis verhindert werden. Man füllte daher die ganze Rinne mit Steinschotter und Kies aus, und pflasterte die Oberfläche mit möglichst grossen in hydraulischen Mörtel gesetzten Steinen. So wurde das Pfeilerfundament vollständig der Willkür des Stromes entzogen. Um das Strömen des Wassers unter dem Pflaster und allfallsiges Wegspühlen des Füllmateriales zu verhüten, wurde eine Schwelle von Béton, quer durch die Flussrinne und von ihrem Boden bis zum Pflaster reichend, angebracht. Die ganze Arbeit, Fundirung des Pfeilers, Ausfüllen und Pflastern der Rinne, war bis zum 25. April vollendet.

Witterung und Wasserstand waren bisher sehr günstig gewesen. Der Wonnemonat brachte aber eine Menge Regen, und somit begann auch der Rhein zu steigen. Die Arbeiten, welche seither rasch vorwärts geschritten waren, kamen ins Stocken und man musste sich begnügen, das Mauerwerk über dem steigenden Strom zu erhalten. Hieran war besonders Steinmangel Schuld. Die zur ursprünglich projektirten Brücke beigebrachten Steine waren vermauert und das Brechen neuer konnte des Frostes wegen erst im April begonnen werden. Dasselbe war schwierig, die Steinbrüche weit entfernt und die Wege bodenlos. Endlich hatte man es so weit gebracht, dass am 26. Juni das Wölben begonnen werden konnte.

Des Steinmangels wegen konnten nicht alle Gewölbe gleichzeitig, sondern nur eines nach dem andern in Angriff genommen werden; so wie ein Gewölbe geschlossen war, wurde das vorhergehende ausgeschaalt. Nicht ganz ohne Interesse mag die Bemerkung sein, dass ein eben geschlossenes Gewölbe unvorsichtiger Weise ausgeschaalt wurde, ohne dass das nachfolgende auch nur auf 1/3 der Höhe gemauert war. Ausser einem kleinen Schrecken hatte diese Voreiligkeit keine üble Folgen. Die Gewölbrüstung war äusserst einfach. Ein Hängwerk, welches an Stellen angewendet wurde, wo das Einstellen von Böcken in den Strom unmöglich war, ist in der beiliegenden Zeichnung angedeutet.

Das 60′ weite Gewölbe hatte ein Bockgerüste, dessen Pfähle bis auf den Grund der ehemaligen Stromrinne reichten und in die Auffüllung und das Pflaster eingeschlossen waren. Das Wasser fiel an diese Pfähle mit einer solchen Stärke, dass sie und mit ihr die Gewölbrüstung und die belastenden Steine in ein beträchtliches Schwanken versetzt wurden. Aus diesem Grunde zögerte der Unternehmer lange Zeit, hier mit dem Wölben zu beginnen. Jedoch mit der Belastung durch die Gewölbsteine hörte das Schwanken auf.

Am 5. Oktober wurden die Gewölbe geschlossen und im Januar die Brücke vollkommen beendigt.

Das Vorstehende ist grösstentheils eine Baugeschichte der Rheinbrücke. Ich bin nun die Beantwortung der Frage schuldig: was interessirt eine solche den Leserkreis einer polytechnischen Zeitschrift? Was wird man sich darum kümmern, ob die Fundirung der Rheinbrücke zu Schaffhausen am 20. Dezbr. begonnen und die Gewölbe am 5. Oktober geschlossen wurden? Allein wie oft hängt nicht die Wahl einer Construktion von der Möglichkeit ihrer rechtzeitigen Ausführung ab, und welche Wichtigkeit hat daher auch die Kenntniss der erforderlichen Bauzeit für diese oder jene Construktion! Freilich ist die Rheinbrücke in Bezug auf Fundation etwas abnorm; aber dessenungeachtet dürfte ihre Baugeschichte zu der erwähnten Kenntniss beitragen und ihre Mittheilung daher gerechtfertigt erscheinen.

Auch bei der Rheinbrücke hing die Ausführung der Steinconstruktion von der Möglichkeit ab, sie bis zur Eröffnung der Rheinfallbahn (Anfangs April 1857) fertig zu bringen. Allseitig und von kompetenter Seite wurde diese Möglichkeit abgesprochen. Allein man wagte den Bau in Rücksicht auf die Leichtigkeit der Fundirung und auf den Umstand, dass im Dezember 1855 so viel Steine vorhanden waren, um vor dem Steigen des Wassers den Bau über Wasser zu bringen, ferner in der Berücksichtigung, dass die Brücke ungeachtet ihrer 600′ Länge der geringen Breite

*) Wirklich war in dem kürzlich drohenden Kriege mit Preussen das 60′ weite Gewölbe von den Ingenieuroffizieren als Opfer auserkoren.

wegen doch nur einen verhältnissmässig geringen Cubikinhalt besitzt. Diese Berechnung hat nicht getäuscht und der Bau wurde noch lange vor der Zeit fertig. Die Bemerkung scheint nicht überflüssig, dass die Hausteine sehr schwer zu gewinnen und auf 2–3 Stunden beizufahren waren.

Die Kosten der Brücke betragen:

a. Akkordarbeiten.

	Frk.
Fundirungen (mit Ausnahme des achten Pfeilers) aversal	21,000
Für Werksteg, Versetzgerüst, Werkzeug etc.	37,400
» Gewölbrüstung	14,000
Einige kleinere Aversalien	1400
Sämmtliche Maurerarbeiten (die Pfeiler, Widerlagerverkleidungen, Gewölbe und Gesimse sind von Quadermauerwerk) per 2 Fr. 10 — 2 Fr. 32. Alles übrige Mauerwerk ist ordinäres Quadermauerwerk zu Fr. 47 pr. Sch. R., welches an den sichtbaren Flächen durch sogenanntes mittleres Bruchsteinmauerwerk verkleidet ist (pr. Sch. R. 65 Fr.)	147,040
für Wasserableitungsröhren, Pflaster	1120
zusammen	221,960
Hievon ab 3% Abgebot	6660
Akkordarbeiten	215,300

b. Regiearbeiten:

Fundation des achten Pfeilers	8600
Schmiedeiserne Geländer	4000
Sonstige Ausgaben	1100
Gesammtkosten	229,000

Als noch die Brücke mittelst Eisen und zwar mit Gitterkonstruktion hergestellt werden sollte, war der hiezu nöthige steinerne Unterbau nach Abrechnung des Abgebotes in runder Summe verakkordirt um . . 100,000

Die 450′ lange Gitterbrücke über die Thur bei Andelfingen (Rheinfallbahn) kostete 222,000 Fr. Die Rheinbrücke, obwohl um 10′ kürzer, hätte weit mehr gekostet, da bei ersterer die grösste Spannweite 100′ beträgt, bei letzterer jedoch zu 144′ angenommen war.

Setzt man jedoch auch nur den gleichen Kostenbetrag	222,000
so hätte die Rheinbrücke mit Gitterwerken gekostet.	322,000
Von Stein kostet sie	229,000
Demnach wurden durch Steinkonstruktion erspart	93,000

Es ist vollkommen unnöthig von den Vortheilen einer steinernen Brücke der Eisenkonstruktion gegenüber zu reden. Ich weiss auch ganz wohl, dass lokale Umstände hie und da den Bau steinerner Brücken verbieten; ebenso gebe ich zu, dass die Ersparniss bei der Rheinbrücke grösstentheils den niedern Steinpreisen und der leichtern Fundation zuzuschreiben sind; dessenungeachtet dürfte die Rheinbrücke als Wink dienen, ehe man zur Eisenkonstruktion greift, sorgfältig die Kosten des Steinbaues zu prüfen. Die Steinpreise bei der Rheinbrücke hätten viel theurer, die Fundation viel schwieriger sein dürfen, bis die ersparten Fr. 93,000 aufgezehrt und die Kosten jener einer Eisenbrücke auch nur gleich gekommen wären.

Mit den steinernen Brücken ist die Idee der Kostspieligkeit oft so innig verbunden, dass im Falle geringer zu Gebote stehender Mittel, dieselben häufig gleich von vorneherein von der Conkurrenz ausgeschlossen werden.

Auf die Ersparniss durch Steinkonstruktion hat auch die geringe Höhe der Fahrbahn über dem Wasser bedeutenden Einfluss. Ich muss jedoch bemerken, dass mir Brücken bis zu 100′ Höhe bekannt sind, die nur der Kostenersparnisse wegen von Eisen ausgeführt wurden, indess ein später hergestellter vergleichender Anschlag statt Ersparnissen bedeutende Mehrkosten nachwies.

Ueber schmiedeiserne Brücken.

Taf. 6. Fig. 1—6.

(Fortsetzung.)

4) Constructionsweise des Trägers.

Die Entscheidung darüber, ob die Träger vortheilhafter als Blechwände, oder als Gitterbalken hergestellt werden sollen, hängt mehr von besondern Umständen, als von allgemeinen Betrachtungen ab.

Die Gitterbrücken sind in Hannover anfangs beliebt gewesen, dann verlassen worden und werden jetzt in Preussen, Württemberg und Baden, denen mit voller Blechwand vorgezogen. In Preussen gibt man z. B. vorschriftsmässig bei 31,4 Meter Spannweite den Stäben 78,3 Millimeter Breite, 13 Millimeter Stärke und 314 Millimeter Abstand, was mit einem Blechträger von 5,15 Millimeter Dicke in den Stössen identisch wäre. Dagegen schreibt man in Hannover 12,15 Millimeter Stärke vor, und wenn dabei die Widerstandsfähigkeit für beide Fälle gleich wäre, so hätte man also in Hannover unnöthigerweise 2,35mal soviel Eisen verwendet.

Die Vorkämpfer für das Gittersystem heben hervor, dass dabei alle Theile in solchen Stellungen stehen, in denen sie den grössten Widerstand leisten können, nämlich in der Längenrichtung, und berufen sich auf Experimente, während die Gegner ebenfalls durch Experimente den Vorzug der Blechträger vor den Gitterträgern bei gleichem Gewicht nachgewiesen haben wollen. Falsch ist es, die Gitterwerke mit den Blechträgern in der Art zu vergleichen, dass man annimmt, die sich kreuzenden Stäbe der ersteren seien zu einer Blechwand ausgedehnt, wie die folgenden Berechnungen zeigen.

Es scheint klar, dass beide Systeme ziemlich gleich gut sind, und dass Alles von der Art der Ausführung und lokalen Verhältnissen abhängt. Die Gitterbrücken haben zwar die Mehrzahl der englischen Ingenieurs gegen sich, doch scheint diess mehr aus Vorurtheil zu geschehen. Die preussischen Ingenieure, welche ihnen wegen ihrer Billigkeit und grösseren Eleganz den Vorzug geben, schieben diess auf die Antipathie der Engländer gegen alles Amerikanische. Doch findet man auch in England Gitterbrücken, z. B. bei Dublin über den Königskanal (canal-Royal), eine Brücke von 42,7 Meter Spannweite und 1/8 soviel Höhe.

Man bestimmt die Querschnitte aus Blech hergestellter Träger gewöhnlich nach den bekannten Formeln über T-förmiger Körper, bei den gitterförmigen Trägern begnügt man sich mit einer Berechnungsweise, die zwar sehr einfach, aber auch kaum angenähert richtig ist, indem man annimmt, dass das Gitterwerk die horizontalen Rippen fest verbinde und sich über die Bedingungen, welche in Bezug auf seine Dimensionen hierzu nöthig sind, nicht weiter kümmert, vielmehr bloss die Stärke dieser Rippen berechnet. Die Ermittelung der Dimensionen für das Gitterwerk ist aber keineswegs schwierig, wie folgende Betrachtung zeigt.

Mag die Ausfüllung zwischen den Rippen sein, welcher Art sie will, immer muss sie

1) zwischen den beiden horizontalen Rippen eine solche Verbindung herstellen, dass sie sich nicht einzeln biegen können, dass also ein gradliniger und normaler Durchschnitt durch dieselbe auch in dem gebogenen Träger noch geradlinig und normal zur Axe stehe;

2) muss sie die horizontalen Rippen gegen den Einfluss seitlicher Kräfte sichern, so dass sie nur in der Längenrichtung Widerstand zu leisten brauchen. Die obere Rippe erscheint dann wie aus einzelnen, stumpf aneinander gestossenen Theilchen bestehend, die untere wie aus charnierartig verbundenen Stücken zusammengesetzt.

Ist Figur 3 auf Tafel 6 ein solches Gitterwerk, welches durch zwei unter den Winkeln α und β geneigte Systeme von Stäben gebildet wird, so betrachten wir zuerst den Fall, wo der Träger an beiden Enden aufruht und im Mittel belastet ist und bemerken, dass der Druck $\frac{P}{2}$ im Wiederlager sich zerlegt in eine Zugkraft $\frac{P}{2\,tg\,\alpha}$ in der Rippe Ac und einen Druck $\frac{P}{2\sin\alpha}$ in der Strebe Ab. Letztere Kraft zerlegt sich in eine zusammendrückende Kraft $\frac{P}{2\sin 2\alpha}\,\frac{(\sin\alpha+\beta)}{\sin\beta} = \frac{P}{2}\left(\frac{1}{tg\,\alpha}+\frac{1}{tg\,\beta}\right)$ in der Richtung der oberen Rippe und in eine Zugkraft $\frac{P}{2\sin\beta}$ in der Zugstange bc, welche wiederum zerlegt wird in eine Zugkraft $\frac{P}{2\sin\beta}\,\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha} = \frac{P}{2}\left(\frac{1}{tg\,\alpha}+\frac{1}{tg\,\beta}\right)$ in der unteren Rippe und in eine comprimirende Kraft $\frac{P}{2\sin\alpha}$ in der Strebe $c\,d$ u. s. w.

Es werden also

1) alle die Streben zu beiden Seiten des Mittels, welche gegen oben convergiren durch eine zusammendrückende Kraft $\frac{P}{2\sin\alpha}$ afficirt und

2) die Zugstangen, welche nach unten convergiren, durch eine Zugkraft $\frac{P}{2\sin\beta}$ angespannt;

3) ist die untere Rippe einer nach dem Mittel zu wachsenden Zugkraft

$$\frac{P}{2\,tg\,\alpha}+\frac{NP}{2}\left(\frac{1}{tg\,\alpha}+\frac{1}{tg\,\beta}\right)$$

$$=\frac{P}{2}\left(\frac{N+1}{tg\,\alpha}+\frac{N}{tg\,\beta}\right)=T\ \ldots\ (a)$$

ausgesetzt, wenn mit N die um 1 verminderte Zahl der zwischen dem Ende und dem betreffenden Querschnitte befindlichen Streben bezeichnet wird, und

4) erfährt die obere Rippe eine ebenfalls nach der Mitte zu wachsende comprimirende Kraft

$$\frac{NP}{2}\left(\frac{1}{tg\,\alpha}+\frac{1}{tg\,\beta}\right)+\frac{P}{2\,tg\,\alpha}=\frac{P}{2}\left(\frac{N+1}{tg\,\alpha}+\frac{N}{tg\,\beta}\right),$$

denn der Druck $\frac{P}{2\sin\alpha}$ der letzten Strebe MK zerlegt sich in M in den Druck $\frac{P}{2\,tg\,\alpha}$ in der Rippe und $\frac{P}{2}$ in der Vertikale, welcher letztere Druck, vermehrt um die entsprechende Componente, von der andern Seite der Belastung P das Gleichgewicht hält.

Bezeichnet also δ den Zwischenraum zwischen zwei Scheiteln, l die halbe Länge des Trägers und e seine Höhe, so wird

$$\delta = e\left(\frac{1}{tg\,\alpha}+\frac{1}{tg\,\beta}\right),$$

$$l = N\delta+\frac{e}{tg\,\alpha}=\left(\frac{N+1}{tg\,\alpha}+\frac{N}{tg\,\beta}\right)e,\ \text{also}$$

$$\frac{N+1}{tg\,\alpha}+\frac{N}{tg\,\beta}=\frac{l}{e}$$

und durch Substitution (a)

$$T=\frac{p\,l^2}{2\,e},$$

wie man direkt erhält, wenn man den Träger als einen hohlen Balken betrachtet, dessen obere und untere Rippe auf irgend eine Weise fest verbunden sind.

Ist das Gewicht gleichförmig vertheilt (Fig. 4 auf Taf. 6), so hat man sich zu denken, dass in jedem mittleren Scheitelpunkt das Gewicht $p\,\delta$ und in den äussersten Scheitelpunkten das Gewicht $\frac{p\,\delta}{2}+\frac{p\,e}{2\,tg\,\alpha}$ wirksam ist. Die Strebe Mb im Mittel erfährt dann die Zusammendrückungskraft $\frac{p\,\delta}{2\sin\alpha}$, welche sich in b nach der Rippe und nach der Zugstange zerlegt, und in letzterer $\frac{p\,\delta}{2\sin\beta}$ gibt. Die Kraft $\frac{p\,\delta}{2\sin\beta}$, gibt in c eine Kraft in der Richtung der Rippe und die Kraft $\frac{p\,\delta}{2\sin\alpha}$ in der Strebe $c\,d$. Man erhält also aus der Last in der Mitte in jeder Strebe eine Kraft $\frac{p\,\delta}{2\sin\alpha}$ und in jeder Zugstange eine Kraft $\frac{p\,\delta}{2\sin\beta}$. Das zweite Gewicht $p\,\delta$ im Scheitel c gibt wiederum in jeder Strebe $c\,d$ bis A eine Kraft $\frac{p\,\delta}{\sin\alpha}$ und in jeder Zugstange $e\,d$ eine Kraft $\frac{p\,\delta}{\sin\beta}$. Das dritte Gewicht zerlegt sich in dieselben Kräfte, und so weiter. Es existirt also

in der 1. Strebe die Compression $\frac{p\,d}{\sin\alpha}$,

« « 2. « « « $\frac{3}{2}\cdot\frac{p\,\delta}{\sin\alpha}$,

in der 3. Strebe die Compression $\frac{5}{2} \cdot \frac{p\,\delta}{\sin\alpha}$,

allgemein « « $(n-1)$ten « « « $\frac{2n-3}{2} \frac{p\,\delta}{\sin\alpha}$

und in der $n$ten Strebe der Compression der $(n-1)$ten Strebe vermehrt um $\frac{p}{2\sin\alpha}\left(\delta + \frac{e}{tg\,\alpha}\right)$, also die Kraft

$$\frac{p}{2\sin\alpha}\left[(2n-3)\,\delta + \delta + \frac{e}{tg\,\alpha}\right]$$

$$= \frac{p\,(n-1)\,\delta}{\sin\alpha} + \frac{p\,e}{2\sin\alpha\,tg\,\alpha} = \tau.$$

Die Spannung in jedem Punkte der unteren Rippe ist gleich der Summe der Drücke der Streben, welche zwischen dem Ende und diesem Punkte eingeschaltet sind. Man hat also hinter einander:

Druck der ersten:

$$\frac{p\,\delta}{2\sin\alpha}\,\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha} = \frac{p\,\delta}{2}\left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right),$$

Druck der zweiten:

$$\frac{3}{2}\,p\,\delta\left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right),$$

Druck der dritten:

$$\frac{5}{2}\,p\,\delta\left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right) \text{ u. s. w.}$$

Druck der vorletzten:

$$\left(\frac{2n-3}{2}\right)p\,\delta\left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right) \text{ und}$$

Druck der letzten:

$$\tau\cos\alpha = \frac{p}{2\,tg\,\alpha}\left[(2n-2)\,\delta + \frac{e}{tg\,\alpha}\right]. \qquad (1)$$

Die Maximalspannung im Mittel findet sich also:

$$\vartheta = \frac{p\,\delta}{2}\left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right)1 + 3 + 5 + \ldots + 2n-3)$$

$$+ \frac{p}{1\,tg\,\alpha}\left[(2n-2)\,\delta + \frac{e}{tg\,\alpha}\right] = \frac{p\,\delta}{2}\left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right)(n-1)^2$$

$$+ \frac{p}{2\,tg\,\alpha}\left[(2n-2)\,\delta + \frac{e}{tg\,\alpha}\right],$$

oder wenn

$$\delta = e\left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right)$$

substituirt wird, so wird

$$\vartheta = \frac{pe}{2}\left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right)^2(n-1)^2 + \frac{pe}{tg\,\alpha}(n-1)\left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right)$$

$$+ \frac{pe}{2\,tg^2\,\alpha} = \left[\left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right)^2(n-1)^2\right.$$

$$\left. + \frac{2\,(n-1)}{tg\,\alpha}\left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right) + \frac{1}{tg^2\,\alpha}\right].$$

Nun ist die halbe Länge des Balkens l

$$l = (n-1)\,\delta + \frac{e}{tg\,\alpha} = \left(\frac{1}{tg\,\alpha} + \frac{1}{tg\,\beta}\right)e\,(n-1) + \frac{e}{tg\,\alpha},$$

daher bedeutet die in die [] eingeschlossene Grösse $\frac{l^2}{e^2}$ und man hat

$$\vartheta = \frac{p\,l^2}{2\,e^2},$$

ein Ausdruck, welcher direkt gefunden wird, wenn man den Träger als hohlen Balken berechnet.

Wenn in der angenommenen Construction die Länge der Streben zu gross wird, so theilt man die Zwischenräume der Scheitel in 2,3 . . . gleiche Theile und diese Punkte werden die Scheitel eines eben solchen Strebensystemes, welches das erste kreuzt. Die Belastung im Scheitel ist dann $\frac{p\,\delta}{2}$, $\frac{p\,\delta}{3}$ u. s. w. statt $p\,\delta$ und die Querschnitte werden sonach in demselben Verhältnisse geringer. Der Querschnitt der Gitterstäbe muss übrigens von den Enden nach der Mitte zu und derjenige der Rippen von der Mitte nach den Enden zu abnehmen.

Natürlich modificirt die Vernietung der Stäbe an den Kreuzungspunkten die obigen Berechnungen. Das Gitterwerk wird dadurch in den Stand gesetzt, durch sich selbst eine gewisse Last zu tragen und ist als Rippe thätig, doch ist es besser, auf diese Vermehrung der Tragfähigkeit nicht Rücksicht zu nehmen.

Wirkt die Last an einem beliebigen Punkte, so müssen die Theile des Systemes danach bemessen werden, d. h. sie müssen von dem Angriffspunkte aus nach beiden Seiten hin entgegengesetzt vertheilt sein. Ist dies der Fall und sind m und n die Abstände des Angriffspunktes der Last von den Auflagerungspunkten, so braucht man nur in den Formeln des ersten Falles $\frac{P\,n}{m+n}$ statt $\frac{P}{2}$ für die Seite von der Länge m und $\frac{P\,m}{m+n}$ für die Seite von der Länge n einzuführen. Man erhält sodann die Kräfte, welche thätig sind

	auf der Seite m,	auf der Seite n,
in den Streben	$\frac{P\,n}{m+n} \cdot \frac{1}{\sin\alpha}$	$\frac{P\,m}{m+n} \cdot \frac{1}{\sin\alpha}$,
in den Zugstangen	$\frac{P\,n}{m+n} \cdot \frac{1}{\sin\beta}$	$\frac{P\,m}{m+n} \cdot \frac{1}{\sin\alpha}$,
in der Rippe am Lastpunkt .	$\frac{P\,n\,m}{(m+n)^e}$	$\frac{P\,m\,n}{(m+n)^e}$,

Ist endlich die Last eine darüberhingehende, so ist das Streben- und Zugstangen-System eigentlich gar nicht zulässig, weil die soeben ausgesprochene Bedingung der Symmetrie alsdann für jeden Scheitel auf einander stattfinden muss. Es müssen daher in jedem Scheitel zwei Stücke sich treffen, welche ebenso gut der Ausdehnung wie der Zusammendrückung Widerstand leisten, und man gibt ihnen natürlich gleiche Neigung. Man erhält in diesem Falle die Stärken, wenn man in den letzten Formeln den Grössen m und n die jedem Scheitel zugehörigen Werthe beilegt.

Das einer zusammendrückenden Kraft ausgesetzte System befindet sich in den günstigsten Verhältnissen, wenn man $\alpha = 90^\circ$ setzt, weil alsdann sowohl der Druck als auch die Länge der Stücke auf das Minimum reducirt wird. Bei den Zugstangen, deren Querschnitt nicht von der Länge, sondern bloss von der Kraft abhängt, kann man dem Winkel β auch einen kleineren Werth geben, aber diese Neigung darf nicht so gering und die Länge nicht so gross sein, dass die obere Rippe in zu grosse, ununterstützte

Stücke zerlegt wird, welche namentlich in der Mitte des Trägers eine sehr grosse Neigung zur Einbiegung erhalten würden. Die Gitterwerke wirken natürlich am besten dieser Tendenz entgegen.

Setzt man $\beta = 90^\circ$, so erhält man das in Figur 6 dargestellte System, aus welchem das Howe'sche System*) hervorgeht, wenn man in jedem Scheitel die für bewegliche Belastungen erforderliche Gegenstrebe anbringt. In diesem Falle wird die Menge der Kraftzerlegungen immer grösser; es kann auch in den Gegenstreben für gewisse Belastungen gar keine Spannung vorhanden sein, z. B. für die Belastung im Mittel, oder bei gleichförmig vertheilter Last, weil sich da das System auch ohne diese Streben im Gleichgewicht befindet. Man muss aber bei Bestimmung der Stärke dieser Streben das Maximum der variablen Last zu Grunde legen. Ebenso muss auch das System der Streben berechnet werden; ferner leuchtet es ein, dass durch die Zugabe der Gegenstreben die Spannung in den horizontalen Rippen nicht verändert wird, und dass diese Spannung die Folge des ungleichen Druckes ist, welchen die ungleich zusammengedrückten Arme jedes Andreas-Kreuzes von verschiedenen Seiten darauf ausüben. Hängt das Gewicht im Mittel, so ist der von jedem Andreas-Kreuze auf jede Rippe ausgeübte Druck $= \frac{P}{2\,tg\,\alpha}$, was für die Spannung im Mittel $\vartheta = \frac{NP}{2\,tg\,\alpha}$ gibt, oder weil $tg\,\alpha = \frac{Ne}{l}$, $\vartheta = \frac{P\,l}{2\,e}$.

In dem Falle, wo $\alpha = 90^\circ$ ist, Figur 5, entsteht durch Hinzufügung der Gegenstrebe eine Art umgekehrter Howe'scher Träger. Die verticalen Streben widerstehen dann der Zusammendrückung, die schrägen der Ausdehnung. Hierhin gehört die Windsorbrücke, deren Träger aus einem Bogen und seiner durch derartige vertikale Streben und sich diagonal kreuzende Zugeisen damit verbundenen Sehne bestehen. Die bogenförmige Gestalt der oberen Rippe kann nur den Effekt haben, annähernd die theoretische Form des Körpers von gleichem Widerstande herzustellen und ist nur anwendbar, wo die Bahn auf der unteren Rippe des Trägers ruht.

(Civilingenieur.)

*) Richtiger: By's System, wie Herr Prof. Bauernfeind in München in der Zeitschr. des Oesterr. Ingen.-Vereins 1855, S. 275, nachgewiesen hat.

Chemisch-technische Mittheilungen.

Aus dem pharmazeutisch technischen Laboratorium des Schweizerischen Polytechnikums.

Ueber das Flavin.

Nachfolgende Untersuchung hat der Unterzeichnete in Gemeinschaft mit Herrn Brunner aus Liverpool, Schüler des schweiz. Polytechnikums, vorgenommen.

Die erste Kunde über das seit einigen Jahren aus Nordamerika nach Europa, zuerst wahrscheinlich nach England, gebrachte Produkt scheint sich in J. Napier's Manual of the Art of dying, Glasgow 1853 zu finden. Es wird da die Meinung ausgesprochen, der Körper sei ein Extrakt der Querzitronrinde, eine Meinung, die Muspratt in seinem Handbuch der technischen Chemie, ohne neue Unterstützungsgründe für dieselbe vorzubringen, viel stärker betont. Was diess Urtheil veranlasst haben mag, ist wohl zunächst nur die Bezugsquelle, die für Querzitron und Flavin Nordamerika ist, und einige allgemeine, keineswegs aber hinlänglich charakteristische Reaktionen, sowie die Aussage der Färber, dass es sich in vielen Fällen mit Vortheil anstatt der Querzitronrinde gebrauchen lasse; eines sichern Bodens entbehrte aber dieser Ausspruch ganz.

Die Färbekraft des Flavin soll 16 Mal so gross sein als die der Querzitronrinde. Das Flavin ist ein lockres braungelbes amorphes Pulver, das in Wasser sich nicht vollständig lösen lässt, eine mit heissem Wasser gemachte Lösung setzt bald ein bräunliches Pulver ab, das ebenfalls nichts Krystalinisches erkennen lässt. Die Lösung reduzirt das Kupferoxyd aus der alkalischen weinsauren Lösung zu Oxydul, fällt Leim flockig und Eisenoxydsalze mit grünbrauner Farbe. Der in Wasser ausziehbare Theil betrug 42 % vom Gewicht des Ganzen. An rohem Aether giebt das Flavin ziemlich reichlich Farbestoff ab, nach Abdunsten des Aethers zeigt sich der Rückstand fast ganz in Alkohol löslich, die alkoholische Lösung in einer flachen Schale, unter allmäligem Zusatz von Wasser verdunstet, hinterlässt ein braungelbes Pulver, an dem unter dem Mikroskop wenig Krystalinisches erkannt werden kann. Durch Wiederaufnahme desselben in Alkohol und Ausscheidung mit Wasser schien es mehr krystalinisches Gefüge erhalten zu haben, die Farbe desselben war aber immer noch trübgelb. Durch Wiederlösen in Weingeist und Versetzen der Lösung mit einer weingeistigen Bleizuckerlösung wurde ein schön rothbrauner Niederschlag hervorgebracht. Die Lösung blieb blass, wenig gelb. Der Niederschlag wurde mit etwas Weingeist abgewaschen, noch feucht in Wasser vertheilt und ein Strom Schwefelwasserstoff hindurch geleitet. Nach vollkommen erreichter Sättigung wurde mit verdünnter Essigsäure versetzt, gekocht und filtrirt. Das Filtrat