



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Zimmerwerks-Baukunst in allen ihren Theilen

Romberg, Johann Andreas

Leipzig, 1847

Allgemeine Betrachtungen über die Bohlendächer.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-63572](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-63572)

e sind Dübel, welche die Streben mit den Bohlenbogen verbinden, was durch einen Bolzen noch vervollständigt wird. Die Schwellen d ruhen auf dem Balken k, für die Dachconstruction der kleinen Nebendächer bestimmt, bestehend aus den Stielen m, den Rahmen n, den Streben o und den Sparren p. Die krümmenden Hölzer l sind in den Balken k verlagert und verbolzt, und dienen, um die Dachverschalung daran verbolzen zu können. q sind Anker, welche durch das Holz k gehen. r sind die Bogen, welche nach der Länge des Gebäudes gehen.

F. 857. Entwurf einer Dachconstruction zu Erlangung eines ganz freien Bodenraumes.

A Querdurchschnitt.

B und C Details in einem noch einmal so großen Maßstabe.

Der Hauptbalken a hat unter sich hinlängliche Unterstüßungen, so daß kein Hängewerk angeordnet werden muß. Ueber ihm soll ein ganz freier Bodenraum sein.

Zu diesem Zwecke stellten wir die beiden Balken b gegen einander, zusammenstoßend in den doppelten und verbolzten Hölzern c. In der Gegend, wo die Strebe g auf den Balken b stößt, befindet sich das Holz d zum Auseinanderhalten der Balken b. Das Holz d geht mit doppelter Verfassung in die Balken b und ist an diesen Stellen durch ein eisernes Band mit Schienen, Schrauben und Muttern befestigt. Ein Bolzen verbindet außerdem die Strebe g mit dem Balken b.

Die Eisenverbindung der Hölzer e und d ist aus der Figur und besser aus der Detailzeichnung Fig. 857B zu erkennen. Auf dem Holze e ruht das Rahmstück q, für welches die Bänder durch die Zapfenlöcher e angedeutet sind. Der Kehlbalcken f geht durch die Hölzer e, und an diesen Stellen geht ein Bolzen durch das Holz c.

Auf dem Balken b befindet sich die einfache Hängesäule k, gegen welche die Streben g und l mit doppelten Verfassungen stoßen. Diese Streben sind mit dem Hauptbalken durch 2 eiserne Bänder mit Schienen, Schrauben und Muttern befestigt. Die Hängesäule ober der Stiel ist in den Hauptbalken b und den Sparren n verzapft und durch hölzerne Nägel genagelt.

Für die Fette h findet sich der doppelt vernagelte und verzetzte Dremel i. Für die Fette m ist ein oben und unten verzapfter Stiel o angeordnet; unter diesem befindet sich der Stiel p, gleichfalls verzapft und durch hölzerne Nägel genagelt. Ein solcher Bänder wiederholt sich alle 12 bis 14 Fuß, und wir glauben, daß wir oben angezeigten Zweck hierdurch erreicht haben.

Tafel 129.

F. 858. Die Fig. 858 A giebt den Dachstuhl der Reitschule der Artillerie und des Geniecorps zu Metz, erbaut im Jahre 1810. Fig. 858 B Dachstuhl des Bauwerks für die Schmiede der Marine zu Cherbourg. Fig. 858 C Dachstuhl der Reitschule zu Saumur. Fig. 858 D Dachstuhl zu den Übungen für die Schüler der Artillerieschule und des Geniecorps zu Metz.

Diese Constructionen sind dem Werke: „Theoretische und auf Erfahrung gegründete Studien über die Einrichtung der Zimmerungen von großer Spannung von P. Ardant“ entnommen.

Allgemeine Betrachtungen über die Bohlenböden.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen, die Ardant über die Bohlenböden angestellt und in einer ziemlich umfangreichen Schrift niedergelegt hat, sind von großem Interesse, sowohl für die Bauwissenschaft als für die Praxis. Da wir in unserem vorliegenden Werke von der Absicht ausgingen, möglichst mathematische Berechnungen zu vermeiden und alles auf praktische Regeln und Erfahrungssätze zurückzuführen, so wollen wir aus der Abhandlung des Herrn Ardant nur das im Auszug geben, was eben nur für die Praxis von Nutzen ist. Wir verweisen diejenigen, welchen dieser Auszug nicht genügt, auf die von uns herausgegebene Zeitschrift für praktische Baukunst, in welcher (Jahrgang 1847) die Abhandlung des Herrn Ardant vollständig mit den zugehörigen Abbildungen gegeben ist.

Die Arbeit des Herrn Ardant enthält eine Darstellung der theoretischen Untersuchungen, sowie der Erfahrungen, welche der Verfasser zu Metz auf Kosten des Kriegsdepartements über die aus geraden oder aus gekrümmten Hölzern zusammengesetzten Dachstühle in der Absicht angestellt hat, um die Gesetze ihres

Widerstandes gegen die Biegung und den Bruch, so wie ihren Druck oder die horizontale Wirkung auf die äußeren Stützen zu bestimmen.

Bei dem alten Systeme der Dachstühle, die aus geraden Stücken, durch einen Durchzug (Bindebalken) und durch horizontale Spannriegel und Streben getragen, zusammengesetzt waren, konnte der Druck auf die Mauern nur von der Biegung des ersten dieser Stücke entstehen; aber es ist etwas ganz anderes mit den Dachstühlen, wo der Bindebalken gänzlich fehlt.

Um die Resultate sicher zu stellen, versieht Herr Ardant das unterste Ende des Bogens oder die Dachstuhlstützen von sehr verschiedener Art, die er Versuchen oder Proben unterworfen hat, mit gußeisernen Rollen von großem Durchmesser, welche auf vollkommen horizontalen, auf unerschütterlichen Grundmauern befestigten Stahlschienen gehen, so daß die Kraft, welche fähig ist, das fernere Weichen der äußeren Theile zu verhindern, diese wird hier mittelst Seilen erreicht, welche, in der Wirklichkeit von derjenigen (Kraft) wenig abweichend und verschieden sein dürfte, die der horizontale Druck der Dachstühle in jedem Falle zeigt. Da aber die Unbiegbarkeit des Seilwerks und die Reibung der Rollen, welche noch einen schwachen Einfluß äußern dürften, noch ein Hinderniß für die Genauigkeit der Versuche waren, so hat Herr Ardant es für nützlich gehalten, die Resultate davon unabhängig zu machen, indem er für den Betrag des effectiven Druckes die Mitte des Gewichtes nahm, welches fähig war, eine sehr kleine horizontale Verrückung der Dachstühle nach außen oder nach innen herbeizuführen oder zuzulassen.

Um übrigens die Bedeutung oder die Art der Veränderungen zu bestimmen, welche die vereinten Dachstühle erleiden, sei es durch ihr eigenes Gewicht, sei es durch fremdes, welches an ihrem oberen Ende aufgehängt, oder auf verschiedenen Punkten ihres Umfanges vertheilt ist, beinahe wie die Lasten in dem gewöhnlichen System, hat Herr Ardant diese Dachstühle zwischen zwei Reihen verticaler und paralleler Stangen gelegt, welche dazu dienen, das Verrücken des Dachstuhles zu hindern, ohne deswegen ein bemerkbares Hinderniß der verticalen Senkung, die man beobachten wollte, zu werden.

Die Zimmerwerkssysteme, welche von dem Verfasser dem Versuche unterworfen worden sind, sind:

1) mehrere einfache Bogen oder Lehrbögen, aus Latten von fichtenen Brettern gemacht, die der Länge nach gekrümmt sind, nach einem Modell nach der Methode, die Herr Emy erdacht hat, und welche verschiedene Grade der Kraft oder Arten der Befestigung darstellt;

2) mehrere Bogen im Halbkreis, aber keine volle halbe Zirkelrundung habend, aus zusammengefügteten Brettern gebaut, nach Art der Zimmerungen von Philibert de l'Orme;

3) ein einfacher Dachstuhl aus geraden Hölzern ohne Durchzüge (Hahnenbalken), bestimmt, die Bögen, welche vorhergehen, zu verhüllen, nach der Methode von Lacaze und Emy;

4) mehrere Dachstühle, welche aus verschieden gebildeten Bögen zusammengesetzt und nach dem vorhergehenden Systeme durch hängende, bald dem Bogen normale, bald verticale Bänder verbunden sind;

5) endlich zwei Systeme von geraden, zusammengesetzten Dachstühlen oder von inwendig durch kreuzweise Hölzer verstärkten, die dazu bestimmt sind, das Gebälke im obern Bogen zu ersetzen.

Im Ganzen sind es 14 Zimmerungssysteme von ungefähr 12 Metres Spannung, welche zu eben so vielen Versuchen Veranlassung gegeben haben.

„Die erste Einführung der Zimmerungen im Bogen, die man mit dem Namen „Gewölbe von Holz“ benennen könnte, fand in Frankreich ziemlich in der Mitte des 17. Jahrhunderts statt. Man verdankt sie dem Herrn Philibert de l'Orme. In dieser Epoche wurden die sehr erhöhten Dächer durch Zimmerwerk getragen, dessen Dachstühle ohne Bindebalken und eben so einer hinter dem andern zusammengestellt waren, wie es heut zu Tage die Dachsparren bei den gewöhnlichen Dächern sind. Man stellte in einer gewissen Entfernung von einander Dachstühle, welche auf einer längs hingelagerten Schwelle ruhen, durch Querriegel verbunden, um gegen Windstöße befestigt zu sein. Diese Zimmerungen, denen man sonst immer eine viel bedeutendere Festigkeit gab, als die Last, die sie trugen, forderte, waren für

die Mauern des Gebäudes viel zu schwer, und verlangten wegen des spitzen Winkels am First Hölzer von großer Länge.

Philibert de l'Orme gedachte dieselben zu ersetzen durch Bögen von tannenen Brettern, die in Zwischenräumen von einander gestellt wurden und durch eine große Anzahl Querbänder verbunden waren. Er zeigte bereits, daß man sie aus Holz von abgebrochenen Gebäuden erbauen könnte, was auch heut zu Tage durch die Zimmerleute von Paris versucht worden ist. Rückfichtlich der zu seiner Zeit gewöhnlichen Bauart läßt sich nicht zweifeln, daß sein System im Augenblicke, wo er es bekannt machte, äußerst öconomisch war, und zwar durch seine Leichtigkeit, welche erlaubte, die ungeheure Dicke zu vermindern, die man damals den Mauern gab. Ich muß übrigens die Bemerkung hinzufügen, daß Philibert de l'Orme nicht von der Abschaffung der Windebalken spricht, die bestimmt sind, zu verhindern, daß der Fuß der Dachstühle die Mauern hinaus drücke, und das mit Fug und Recht, da die sehr hohen, gothischen Dachstühle keine haben und da ihr Druck aufgehoben wurde durch die Dicke des Mauerwerks und durch das Eisen, was man bei den Bauten verschwendete.

Seit Philibert de l'Orme haben sich die Bauten aus Zimmerungen in Frankreich in Ansehung der Leichtigkeit und der Einfachheit, die man bei ihrer Zusammensetzung anwendet, sehr verbessert. Die Dächer haben nicht mehr die übermäßige Höhe, die sie vormals hatten; zugleich ist die Arbeit in einem weit größeren Verhältnisse im Preise gestiegen, als die Materialien; daher kommt es, daß die Bögen von Brettern den Vorzug, welchen sie hatten, nämlich wohlfeiler zu sein, gänzlich verloren haben. Es ist dies heut zu Tage das theuerste System unter allen, weil sich diese Construction nur für Dächer von geringer Breite ausführen läßt. Es behält jedoch den kostbaren Vorzug, daß es sich zu architectonischer Verzierung vollkommen schickt und sich in alle Formen fügt, selbst in die complicirtesten von allen Gewölben, welche der Scharfsinn erdacht hat.

Gegen das Ende des letzten Jahrhunderts hat sich die Aufmerksamkeit der Baumeister vorzüglich den Verbesserungen zugewendet, deren die Zimmerungen im Bogen fähig waren. Die Einen glaubten, daß der viele Abfall an den Brettern einen größeren Aufwand an Holz bewirkte, und sie haben sich vorgenommen, die Bretter in ihrer ganzen Breite anzuwenden, indem sie Vielecke an die Stelle der Zirkelbögen setzten.

Es giebt sehr viele Beispiele dieser Bauart und ich werde nur eins, und zwar ein ganz neues davon anführen, welches mir beachtenswerth scheint, weil darin die Eleganz der Zirkelformen mit der Unveränderlichkeit der Triangel verbunden ist. Es ist dies die Zimmerung eines Wagenschuppens von 18 Metres Länge, erbaut in der Straße Bouloy durch Herrn Lasnier Sohn.

Ich komme nun zu einem andern Bogensystem, welches der Hauptgegenstand meiner Untersuchungen ist, und welches eine gründliche Prüfung erfordert, sowohl wegen der Gunst, in der es steht, als auch wegen der Vorzüge, die man ihm beimißt.

Es ist von Baumeistern erdacht worden, welche von dem Princip ausgingen, eine geringe Anzahl von Bindern anzuordnen, dafür aber das Holz in allen einzelnen Theilen zu verstärken. Anstatt, wie bei den Wohndächern, das Dach aus drei zusammengefügten Brettern tragen zu lassen, schlug Herr Lacaze eichene Krummhölzer vor, welche eine gleiche Stärke mit denen, aus drei Brettern zusammengesetzt, haben und unter sich durch Fellen, Zangen und Schwertklatten verbunden sind. Er bezieht die Entfernung der Binder von einander stets so bei, wie Philibert de l'Orme sie festgestellt hatte, nach ihm aber hat man die Entfernung derselben sehr vergrößert; in Metz, in der Reithahn von Chambière, erbaut im Jahre 1819, beträgt sie 3,30 Metres. In Rochefort beträgt die Entfernung der Binder 3^m,80 und es werden dieselben von Mauerverstärkungen an diesen Stellen getragen. Im Jahre 1823 schlug Hr. Oberst Emy zu den großen Zimmerungen ein neues Bogensystem vor, in welchem lange Hölzer aufgeschritten und nach einem Modell gebogen werden. Hernach bestellten sie die angenommene Figur dadurch, daß man Holz quer durchzog, und eiserne Ringe, die sie zusammenhalten, anbrachte. Diese sinnreiche Erfindung ist sogleich angenommen und fast bei allen Gebäuden von großer Breite angewendet worden, welche seit dieser Epoche erbaut wurden, und man hat die Binder bei den ersten Gebäuden 3,30 Metres

von einander entfernt, hernach 4 Metres und endlich bei einem der neuesten 6,50 Metres.

Herr Oberst Emy hat ohne Zweifel den Willen nicht gehabt, die Zimmerung des Philibert de l'Orme nachzuahmen, auch trifft mein Tadel, die ursprüngliche Idee ihres Erfinders ganz entstellt zu haben, nicht ihn, sondern Diejenigen, welche bei der Entfernung der Binder im Bogen, von auf die schmale Seite gefesteten Brettern gebildet, über die von Hrn. Lacaze gezogenen Grenzen hinausgegangen sind.

Dieser Tadel ist gegründet. In der That sind die Binder, die in großer Entfernung von einander aufgestellt sind, nicht mehr auf eine Weise verbunden gewesen, um sich gegenseitig zu unterstützen, und man hat sie, um ihnen hinreichende Festigkeit zu geben, nach einem System vereinigen müssen, welches ich den „geraden Dachstuhl“ nennen werde und welcher aus zwei geneigten Dachstuhlstützen und zwei verticalen Spannriegeln besteht, die durch Tragbänder und einen Windebalken verbunden sind (was wir den „liegenden Dachstuhl“ nennen). Ferner werden die Dachstuhlsetten und die dicken Dachsparren, die unnützlich sind, wenn die Dachstühle sehr nahe sind, notwendig, wenn man sie 1,50 Metres bis 2 Metres von einander entfernt, und auf solche Weise geht der Vortheil, keine dicken und langen Holzstücke anzuwenden zu müssen, gänzlich verloren.

Ich muß noch hinzufügen, daß die größeren Baukosten nicht zum Nutzen der Festigkeit beitragen.

Es dienen auch wirklich die Dachsetten, die Dachsparren, die Dachbänder und Querbänder nicht ausdrücklich dazu, die Last der Bedachung zu tragen, die Dachstühle allein erfüllen in der That das Amt der Stütze.

Dies ist noch nicht Alles; es ist einleuchtend, daß die Last der Dächer, welche auf den Mauern nur in einigen Punkten aufliegen, denselben viel beschwerlicher fallen muß, als wenn sie auf der ganzen Länge vertheilt ist, und man muß die Dicke der Mauerungen beträchtlich vermehren. Einige bogenförmige Zimmerungen, nach einer neuen Erfindung, die vor Kurzem constructirt wurden, haben gegen die Mauern einen Druck ausgeübt, welcher die Anwendung außergewöhnlicher Windebalken von Eisen und Streepfellen nöthig machte.

Diese ganz natürlichen Wirkungen waren unerwartet, weil die Zimmerungen nach Philibert de l'Orme nicht gestattet, sie zu beobachten und weil die Verfasser der Abhandlungen über Zimmerungen von Mathurin Houffe bis Rondelet alle ein beinahe vollständiges Schweigen über diesen Druck und das Mittel, sich davor zu wahren, beobachteten.

Ich weiß, daß ich im Widerspruche mit der Meinung einer großen Menge Baumeister stehe, welche den Bogenzimmerungen den Vorzug einräumen, fest und sparlich zu sein, keinen Druck gegen die Mauern auszuüben und in ihrem Anblick eine Eleganz zu gewähren, welche kein anderes System gewähren könne.

Sind diese Vortheile reell? Dies ist eine Frage, welche mir durch die Urtheilskraft und die Erfahrung zu ergründen nützlich schien, und das ist der Zweck der Arbeit, welche ich unternommen habe.

Kurz zusammengefaßter Bericht über den Zweck und die Resultate der bei Bögen des Zimmerwerks und bei Zimmerungen im Bogen angestellten Versuche.

„Ich gestehe, daß, als ich meine Versuche anfang, meine Ansichten nicht so bestimmt und so systematisch waren, als man nach dem Folgenden würde glauben können. Beschäftigt beim Bau-Cursus an der Schule d'Application de l'Artillerie et du genie, hatte ich mir vorgenommen, kurz die hauptsächlichsten Formeln zusammenzufassen, welche bei der Zusammensetzung der Pläne der Zimmerung dienen können. In diese Formeln müssen constante Ausdrücke für die specifische Elasticität der Zimmerstücke aufgenommen werden, und es ist notwendig, daß sie für die aus mehreren Hölzern zusammengesetzten Bögen durch Versuche bestimmt werden. Ich theile ohnehin nicht die Idee, daß die halbrunden Bögen nicht auf die Mauern drücken. Das Studium des ausgezeichneten Werkes des Hrn. Navier, über die Dauerhaftigkeit der Constructionen, bestärkte in mir die entgegengesetzte Meinung, welche die Urtheilskraft allein entstehen läßt, sobald man über diese Frage nachdenkt, und ich

wollte durch Thatfachen die Werthe, welche die Theorie für diesen Druck angiebt, darthun.

Bei meinen ersten Versuchen wurde ich durch die große Biegsamkeit der gezimmerten Bögen und ihre Leichtigkeit, ihre Gestalt unter geringen Lasten zu verändern, überrascht. Ich habe alsdann die Besorgniß über die Güte der Zusammensetzung eines Bogens und eines geraden Dachstuhl's begriffen, um die Bogenzimmerungen so zusammen zu setzen, wie sie heutigen Tages am gebräuchlichsten sind; ich wurde so darauf hingeleitet, mehre Zimmerungssysteme zu studiren und sie unter einander zu vergleichen. Meine Versuche sind nicht so vollständig gewesen, als ich es gewünscht habe, aber indem ich ihre Resultate dem Studium und der Betrachtung unterwarf, glaubte ich Grund zu haben, eine Reihe von Fragen über die bogenförmigen Dachstühle aufzustellen und sie zu beantworten, wie folgt:

Erste Frage: Sind die bogenförmigen Zimmerungen vortheilhafter, als die geraden?

Antwort: Nein.

Zweite Frage: Haben die bogenförmigen Zimmerungen die Eigenschaft, keinen Druck gegen ihre Stützen auszuüben?

Antwort: Nein.

Alle Zimmerungen ohne Bindebalken streben, die Mauern, welche sie tragen, aus einander zu rücken.

Die Prüfung dieser Fragen ist in theoretischer Hinsicht wichtig.

Die Thatfachen und das Raisonnement vereinigen sich, um zu beweisen, daß der Druck der gezimmerten Bögen bedeutend ist, und daß, bei der gewöhnlichsten Vertheilungsart der Last, jeder der Füße des Bogens auf seine Unterlage drückt, mit einer Kraft, die gleich $\frac{1}{4}$ der Totallast ist.

Vergleicht man die Bögen mit andern Zimmerungssystemen, so ist man veranlaßt, einzusehen, daß der Druck gar nicht von der Natur der Materialien, aus denen der Bogen konstruirt ist, abhängt und daß er mit der Größe und der Vertheilungsart seiner Last und mit dem Verhältniß, welches zwischen seiner Chorde und seiner Quersfüße existirt, variiert. Die Kreisrunde oder polygonale Form der Zimmerungen hat weiter keinen großen Einfluß auf den Druck; ein bogenförmiger Dachstuhl drückt eben so sehr, als ein anderer von derselben Breite und Höhe, mit gleicher Last beladen, wenn diese Last auf dieselbe Art vertheilt ist.

Dritte Frage: Gewähren die gezimmerten Bögen der Biegung und dem Beugen einen größeren Widerstand, als die geraden Dachstühle?

Antwort: Nein.

Dieser Widerstand ist im Gegentheil in sehr gut konstruirten Bögen zweimal kleiner, als in den aus geraden Stücken zusammengesetzten Dachstühlen.

Man belehrt sich über diese Thatfache, indem man bedenkt, daß in den Bögen, die aus auf die schmale Seite gefügten Brettern konstruirt sind, die Quersfügen den Zusammenhang der Fasern unterbrechen, welche alsdann nicht mehr durch die Ausdehnung Widerstand leisten, und daß der Druck nur auf die Kanten dieser Fugen ausgeübt wird. In den Bögen von gebogenem Holz existirt die Abhärenz nicht unter den Fasern der zwei auf einander folgenden Platten; diese Platten gleiten, ungeachtet der Beschläge, über einander hin oder biegen sich für sich allein, auf die Art, daß zwischen zwei eisernen Ringen der Bogen aufschwillt und sich zusammenpreßt. Dies geschieht in den solidesten Bögen, deren Platten 0^m.054 Dicke haben.

Vierte Frage: Tragen die Bögen, welche man mit geraden einfachen Dachstühlen, d. h. mit solchen, die aus zwei Dachstuhl'säulen und zwei Spannriegeln zusammengesetzt sind, vereinigt, viel zum Widerstand dieser Dachstühle bei?

Antwort: Das kommt auf die Umstände an.

Ja: wenn der Bogen einen Querdurchschnitt hat, welcher um ein Viertel größer ist, als der der Dachstuhl'säulen, und derselbe auf eine sehr feste Art konstruirt ist.

Nein: wenn er biegsam ist, sei es durch die Art seiner Construction, sei es in Folge der Kleinheit seines Querschnittes.

Man begriff leicht, angenommen, daß die Biegsamkeit der Bögen wenigstens die doppelte, als die der geraden Dachstühle

ist, daß sich ergibt, daß das Ganze, aus einem Gewölbe und Dachstuhl'säulen und Spannriegeln gebildet, ganz und gar der Gleichartigkeit entbehrt, in Rücksicht auf den Widerstand, welchen es der Wirkung der Last des Daches darbietet.

Wenn man dieses Ganze beschwert, wird sich das Gewölbe biegen und unter der Last weichen, und die Einfassung der geraden Stücke, welche es umgiebt, wird das ganze Gewicht tragen und zerbrechen, sobald es eine Krümmung angenommen haben wird, die bedeutend abweicht von der, welche der Bogen ohne Schwierigkeit ertragen kann. Es müßte also, um die Gleichheit des Widerstandes wieder herzustellen, die Unbeugsamkeit des Bogens oder seine Dimensionen bedeutend vermehrt werden.

Fünfte Frage: Giebt es Systeme des Zimmerwerks ohne Bindebalken, welche vortheilhafter sind, als die bogenförmigen Dachstühle, und welche eine so hinreichende Wirkung für die Zukunft gewähren?

Antwort: Ja.

Man wird sehen, daß die aus geraden Stücken zusammengesetzten Zimmerwerke einen viermal größern Widerstand der Biegung gewährt haben, als die bogenförmigen Dachstühle, deren Cubikinhalt des Holzes derselbe ist. Ich glaube überdies nicht, daß es für einen intelligenten Zimmermann eine schwere Aufgabe ist, die Stücke der geraden, zusammengesetzten Dachstühle so einzurichten, daß sie im Innern eine Bogenform bilden, welche eben so genügend ist, als die der Bohlenmacher.

Unter den Thatfachen, welche ich anführen will, sind es zwei, welche, wie es mir scheint, besonders die Aufmerksamkeit der Baumeister verdienen, um Pläne der Zimmerung zu entwerfen. Die erste ist das Vorhandensein eines erheblichen, durch die Dachstühle ausgeübten Druckes, von welcher Art auch ihre Gestalt sei, und um denselben zu widerstehen, müssen die Balken wenigstens von Holz oder von Eisen, muß die Construction der Mauern und Strebebeulen fest sein, die in ihren Wirkungen ganz den Widerlagen bei Brücken entsprechen.

Die zweite ist das Uebergewicht des Widerstandes der Bögen oder der geraden Stücke, in welchen die Dauerhaftigkeit und der Zusammenhang der Fasern unverletzt ist, über die, welche aus zusammengesetzten Stücken bestehen, und in welchen entweder Quersfügen oder solche der Länge nach sind.

Aus der zweiten Thatfache ergibt sich, daß, da ein Bogen aus einem Stücke verfertigt sein kann, alle Anstrengungen des Baumeisters dahin gerichtet sein müssen, die Theile so zusammen zu setzen, daß das Ganze so viel wie möglich dauerhaft ist.

Diese letzte Bemerkung ist sehr wichtig; sie sucht einen Fehler auszuwarten, der schon lange nachgewiesen ist, und den Widerstand eines hölzernen oder eisernen Zimmerbogens dem eines Gewölbes zu vergleichen.

Dieser Vergleich ist nicht ganz genau. Die steinernen Gewölbe haben eine eigene Festigkeit, welche von der Schwere der Gewölbesteine herrührt. Die Bögen erhalten ihre Gestalt in Folge des Zusammenhanges ihrer Theile. Wenn der Zusammenhang der Höhe der Gewölbesteine mit dem Halbmesser der inneren Bogenrundung eines Gewölbesteines bei einem steinernen Gewölbe eben so schwach wäre, als der der Dicke eines gezimmerten Bogens mit seinem Halbmesser, so würde der steinerne Bogen einstürzen, und wenn man selbst die gezimmerten Bögen verhältnißmäßig eben so dick, als die steinernen Gewölbe, machte; wenn nicht eine Verbindung zwischen den Stücken, woraus sie zusammengesetzt sind, besteht, werden sie nicht die geringste Last ertragen.

In der ersten Art dieser Construction benutzt man die Schwere, Straffheit und Unbiegsamkeit der Steine; in der zweiten ist es die Elasticität und Cohäsion der Theile, welche die wesentlichen Eigenschaften sind.

Es ist also aus dieser falschen Manier zu ersehen, daß man bei dem Bau der ersten eisernen Brücken die Construction der steinernen Gewölbe nachgeahmt und Schlusssteine aus Eisen gemacht hat. Man hat dadurch Systeme erhalten, deren Solidität fast ganz und gar auf dem Widerstande des Eisens gegen die Compression beruhte, und in welchen sein Widerstand gegen die Ausdehnung nicht in Betracht gezogen war, kurz also, daß seine hauptsächlichsten Beschaffenheiten nicht berücksichtigt waren. Die z. B. nach Art der Brücke im Jardin des plantes konstruirten Bögen kosten auch viel und erfordern häu-

fige Reparaturen. Heut zu Tage strengen sich die Ingenieure, die wieder zurückgekommen sind auf viel wichtigere Ideen, an, ihre Bögen in der Art zu construiren, daß sie so viel als möglich aus einem einzigen Stück zu bestehen scheinen. Das System der Construction der Carrousselbrücke ist nach diesem Principe von Polonceau gebaut worden, und ich schäme mich glücklich, mich auf eine solche Autorität stützen zu können.

Nach diesem Abschweif, welcher, wie es mir schien, von dem Gegenstande dieser Abhandlung nicht gar zu fern liegt, kehre ich zu den gezimmerten Dachstühlen des Dachwerks zurück und ziehe aus allem Vorhergehenden, bezüglich auf die Wahlen, welche man unter den Dachstühlen machen muß, folgende Schlüsse.

1) Wenn man einen Reitfall, einen Mandovriestall oder ein anderes Local zu bauen hat, in welchem die Bewegungen des Materials es nicht erfordern, daß der berechnete Raum zwischen den zwei langen Seiten des Daches ganz frei sei, so nehme man das beste System an, nämlich das einer gewöhnlichen Zimmerung nach Palladio, mit Bindebalken und eisernen Hängefäden. Man wird so zu gleicher Zeit die Gefälligkeit, die Solidität und zweckmäßige Einrichtung vereinigen.

2) Wenn man will, daß der obere Theil im Dache ganz und gar von Holz befreit sei, wie man dies z. B. für ein Fouragemagazin verlangen kann, oder für eine Etage Dachstuben, muß man der Anwendung der Bögen die eines aus geraden Hölzern zusammengesetzten Dachstuhles vorziehen. Man wird seine Wahl treffen zwischen diesen zwei Systemen, je nachdem der Preis der Bretter ist, oder je nachdem man größeres Holz verwenden kann.

3) Wenn man bei Decorationen oder bei irgend einem andern Motiv seine Zuflucht zu einem bogenförmigen Dachstuhl nehmen will, wird der beste der sein, bei welchem der Bogen die größte Unbiegbarkeit in Rücksicht auf seine Dimensionen hat. Ein gerader, hölzerner Dachstuhl, in Verbindung mit einem gußeisernen Bogen, würde ein vortreffliches Ganzes bilden.

Die Bögen von Brettern, die auf die schmale Seite gesetzt sind, müssen aus zwei Lagen von zusammengefüzten Bohlen bestehen und durch Bolzen befestigt sein. Es wird gut sein, noch eiserne Ringe hinzuzufügen, die dazu bestimmt sind, das Verfließen der Bohlen in der Länge zu verhindern.

Beschreibung der Anstalten, welche getroffen wurden, um den Druck zu messen.

Wenn ein gezimmelter Bogen, dessen Füße in ein hölzernes Stützband sich einfügen, dieses Stützband nicht horizontal fortreibt, wenn es einfach, sei es auf den Grund, sei es auf die Mauer, gelegt ist, so wird man daraus mit Unrecht schließen, daß die Bögen keinen horizontalen Druck haben. Dies beweist wenigstens, daß die Reibung des Stützbandes auf der Erde oder auf dem Mauerwerk im Stande ist, das Gleichgewicht mit dem Druck herzustellen; das muß überdies immer stattfinden, denn die Füße des Bogens streben mit einer Kraft, welche gewöhnlich den vierten Theil der ganzen Last des Dachstuhls und seiner eigenen Last nicht überschreitet, ihren Platz zu verlassen, während der Widerstand, welchen die Reibung dem Abgleiten entgegensetzt, sich ungefähr um $\frac{1}{3}$ derselben Last vermehrt.

Um unwiderlegliche Versuche anzustellen über den horizontalen Druck der Zimmerungen ohne Bindebalken, wäre demnach die erste Bedingung, sich Resultate unabhängig von der Reibung zu verschaffen. Hier folgt mein Verfahren, dahin zu gelangen.

In dem neuen Mandovriestalle de l'école d'Application de l'artillerie et du génie habe ich auf einem guten Grunde zwei massive Werkstücke in einer Entfernung von 12^m,03 aufstellen lassen.

Nachdem ich ganz genau die oberen Steine der zwei Pfeiler hatte abgleichen lassen, zeichnete ich vermittelst einer Messschnur, die von einem zum anderen ausgespannt war, zwei parallele Linien darauf in einer Entfernung von 0^m,21, welche als Merkzeichen dienen, um in den Stein vier Stahlleisten einzufügen. Diese Leisten befanden sich, nachdem sie an ihren Platz gebracht waren, parallel je zwei und zwei auf jeder Grundmauer.

Man nahm nachher zwei gußeiserne Rollrädchen von 0^m,20 Durchmesser und vereinigte sie durch eine feste eiserne Achse von einer solchen Länge, daß die Mitten der Dicken der Räder ge-

rade den Stahlleisten entsprachen, auf welchen sie zu rollen bestimmt waren.

Auf einer andern Seite arbeitete man Koste von Eichenholz aus, die auf ihrer oberen Fläche 0^m,01 ausgehöhlt waren und auf der unteren Fläche kupferne Wulste trugen, welche sich an die Achse der gußeisernen Räder anfügten.

Der auf diesem Gerüst aufgesetzte Bogen, der in verticaler Lage erhalten, mit seinen beiden Enden auf den steinernen Grundmauern ruht, konnte vermöge der Zurüstung, welche wir beschreiben wollen, ohne Widerstand der Wirkung des Druckes nachgeben, welcher dahin gerichtet sein würde, die beiden Enden aus einander zu treiben; aber ein Seil, welches an jedem derselben angelegt ist und horizontal über eine Rolle läuft, trägt einen mit einer Last beladenen Kasten, welcher sich gerade der Wirkung des Druckes widersetzt und unmittelbar das Maß giebt, welches die passiven Widerstände der Zurüstung zu berechnen gestattete.

Im Allgemeinen war das Gewicht der Bögen und ihrer Lasten nicht erheblich, was so zu operiren gestattete, daß man keine Verbesserungen anzubringen hatte.

Deshalb fing man darauf an, indem man den Bogen einer Last aussetzte, deren horizontalen Druck man haben wollte, in den an dem Seile aufgehängten Kästen, den ich den Sicherheitskästen nennen will, eine Last zu legen, welche verursachte, daß der Fuß des Bogens inwendig gegen den Mittelpunkt um ein Kleines abwich; diese Last merkte man sich an.

Hernach nahm man davon allmählig einen Theil hinweg, bis der Bogen zurückwich und sein Fuß gegen die Außenseite seine ursprüngliche Lage, welche überdies durch Zeichen wohl bestimmt war, um dieselbe Quantität, um welche er im entgegen-gesetzten Falle abgewichen war, wieder vorschritt. Indem man nun das Mittel der Last im aufgehängten Kasten nahm, welche den zwei Situationen des Bogenfußes entsprach, hatte man einen Werth des Druckes, welcher, wenn er nicht genau war, wenigstens nicht mehr, als der Einfluß des passiven Widerstandes, betrug. Nach einiger Zeit hatten sich die Arbeiter, die bei den Versuchen angestellt waren, durch Erfahrung so gut daran gewöhnt, die Kraft zu beurtheilen, welche nöthig war, den Bogen, indem sie ihn zogen oder stießen, abzuweichen zu machen, so daß sie den Augenblick mit so viel Richtigkeit, als nur die Beobachtung zuließ, erfaßten, wo die beiden Arten von Kraft, nämlich die Wirkung des Druckes und die Last, welche sich damals in dem Sicherheitskasten befand, gleich waren.

Die Versuche über die Biegung der Zimmerungen erfordern nur sehr einfache Zusätze zu der Vorrichtung, welche dazu dient, den Druck zu messen. Hinter den zwei aus Werkstücken erbauten Pfeilern, welche dem Fuße der Bögen zur Unterlage dienen, ließ ich in derselben Richtung Pfähle einschlagen, welche die Maurer gebrauchen, um ihre Gerüste zu bauen, auf diese nagelte man eine Lage von Tannenholz, die eine irreguläre Figur bildete, deren Oberfläche aber genau eine verticale Fläche war, die mit der horizontalen Richtung parallel lief, in der Mitte des Zwischenraumes der Stahlleisten, auf welchen die Füße der gezimmerten Bögen hinrollten. Dieser Boden diente dazu, die Zeichnung der Curven zu erhalten, welche, sei es die innere oder die äußere Bogenrundung, in den Zeitpunkten der Biegung, wo sie am leichtesten zu erkennen waren, bewirkte.

Diese Zeichnung wurde durch ein Winkelmaß erhalten, dessen einer Schenkel sich auf den Boden, der andre auf den Bogen stützte, und dessen Scheitel über der verticalen Fläche die Projection der verschiedenen Punkte, welche man aufnehmen wollte, angab.

Sobald man einen Bogen zum Versuch aufstellte, fing man anfangs an, die krumme Linie zu zeichnen, welche er natürlich bildete; man nahm hierauf die Figur auf, welche er durch die Wirkung der Last annahm, hernach die, welche er beibehielt, nachdem man ihn von seiner Last befreit hatte. Diese verschiedenen krummen Linien wurden auf ein im Voraus auf einen tannenen Boden gezeichnetes Bieck übertragen, vermittelst senkrechter auf die Seiten des Biecks gefällter Linien, die von jedem Punkte der neuen krummen Linien, welche man aufnehmen wollte, gezogen waren.

Eine zweite Reihe Pfähle, welche mit der ersten correspondirten, waren vor dem Bogen eingeschlagen. Sie dienten dazu, mit denen der parallelen Reihe diese in einer verticalen Fläche

durch ein Mittel zu erhalten, welches in nichts auf die Resultate der Versuche Einfluß haben konnte. Es bestand darin, durch einen Nagel über der äußeren Rundung des Bogens Lattenenden zu befestigen, welche ihn rechts und links drückten, so daß er um ein oder zwei Millimeter sich den Pfählen näherte. Diese Latte konnte an keiner Stelle Reibung verursachen, aber sobald der Bogen um 1 Millimeter auf die Seite hing, befand er sich, gestützt und festgehalten, in einer verticalen Lage.

Die Pfähle hatten auch den Zweck, Einfällen vorzubeugen, welche das Einfallen des Bogens und der Latten herbeiführen könnten; die der äußeren Enden waren durch Querbögel gestützt und durch Quereisen verbunden, um das Abgleiten der Bögen in dem Falle, wo die Last der Sicherheitskästen nicht genügen würde, zu verhindern."

Theoretische Auseinandersetzung des durch die Bögen auf ihre Unterlagen ausgeübten Druckes in den gewöhnlichen Fällen der Praxis.

„Die Formen, welche geübte Practiker den Bögen der aus Holz oder Eisen construirten Dachstühlen geben, beschränken sich auf drei, nämlich 1) die eines Halbzirkels; 2) die eines circulären gedrückten Bogens; 3) die eines Kreuzbogens oder einer Parabel, deren Höhe die Spannung übersteigt.

Die Vertheilung der Lasten, welche das Gewölbe trägt, läßt sich auf verschiedene Weise über seiner äußeren Rundung bewerkstelligen.

1) Die Last kann gleichförmig auf dem Umfange des Bogens vertheilt sein, gleichsam als ob er nur seine eigne Last trägt, oder das Dach unmittelbar auf den Bogen gelegt ist, so wie dies bei metallenen Dächern von Zink oder von Kupfer stattfindet.

2) Die Last kann auf dem Bogen in gleichen Theilen für gleiche horizontal gemessene Längen vertheilt sein, wie dies z. B. bei den Bögen stattfindet, welche durch Hängeeisen in gleichmäßiger Entfernung hängende Balken tragen, wie in einigen Hängebrücken oder in den Theatern.

Eben so ist die Last des Daches auf eine Dachform vertheilt, wenn die Bindebalken, welche die Dachstuhl Säulen und den Bogen verbinden, vertical und in gleicher Entfernung aufgestellt sind.

3) Sie kann von einem Theile des Bogens allein getragen werden, wie dies für die Dachstühle der Dächer stattfindet, wenn die Bindebalken, welche die Dachstuhl Säulen und den Bogen verbinden, der krummen Linie normal sind. Denn es ist dann einleuchtend, daß der letzte Bindebalken, welcher einen Theil der Last des Daches trägt, derselbe ist, welcher durch den Vereinigungspunkt der Dachstuhl Säulen und des verticalen Pfeifers geht. Aber bei den Neigungen, welche man am gewöhnlichsten den Dächern der Dächer giebt, kann man diese Art der Vertheilung der Last mit der vorhergehenden vertauschen.

4) Endlich kann man die Last im Gipfel oder an irgend einem andern Punkte des Bogens schwebend annehmen.

Es ist von Nutzen, diesen Fall für den Bau von Brücken zu betrachten, die von Bögen getragen werden, welche dann dem Tragen der Lasten, deren Lage verschieden ist, wie dies z. B. allemal der Fall ist, wenn ein beladenes Fuhrwerk sich über den Brückenbelag bewegt, ausgesetzt sind. Diese Annahme kann sich auch auf die ungleich mit Schnee beladenen Dächer beziehen.

Die Uebereinstimmung zwischen den Versuchen, welche unter verschiedenen Umständen und von Personen angestellt wurden, welche in keinem Zusammenhang mit einander standen, scheint sehr günstig für die Theorie des Druckes solcher Bögen zu sein, so daß man aus dem Ganzen der eben mitgetheilten Thatsachen wohl mit Recht schließen darf:

- 1) daß die gezimmerten, halbrunden oder gedrückten Bögen einen horizontalen Druck auf ihre Unterlage ausüben;
- 2) daß der dem alleinigen Gewicht des halbrunden Bogens zuträglich Druck sich nicht plötzlich über dieses Gewicht erhebt;
- 3) daß der durch die Last, welche ein halbkreisförmiger Bogen trägt, hervorgebrachte Druck von $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{3}$ des Totalgewichtes dieser Last sich erhebt, je nachdem, wie sie auf dem Umfange des Bogens vertheilt ist;
- 4) daß die gedrückten Bögen einen Druck ausüben, welcher

zu dem gehört, den die halbkreisförmigen Bögen hervorbringen, in dem Verhältniß der halben Sehne zum Sinus versus dieser Bögen;

5) daß die horizontal gegen seine Stützen ausgeübte Gewalt durch die Füße eines Bogens nicht verschieden ist, je nach der Art seiner Construction, wenn nur die übrigen, auf die Figur und die Dimensionen des Bogens, auf die Größe und die Vertheilung der Last bezüglichen Umstände dieselben bleiben.

Die mehr oder minder große Flexibilität der Bögen ändert sich also in Nichts durch die Intensität des Druckes; dessenungeachtet muß noch hinzugesetzt werden, daß die Wirkungen dieses Druckes, wenn der Bogen biegsam ist, gefährlicher sein können, als wenn er es nicht ist.

In der That, wenn die Standhaftigkeit der Stützen der Wirkung des Druckes keinen hinreichenden Widerstand entgegensetze, würde die horizontale Verrückung des Fußes eines biegsamen Bogens größer sein, als die eines sehr unbiegsamen, und das Umstürzen der Mauer oder des als Stütze dienenden Pfeilers würde viel eher unter der Wirkung des ersten Bogens, als unter der des zweiten stattfinden. Man könnte selbst bei einem Bogen wahrnehmen eine Stufe einer solchen Unbiegsamkeit, daß die horizontale Verrückung seiner Füße unmerklich war, und keine Wirkungen des Druckes, obgleich die Intensität dieser Kraft sehr groß war. Diese letzte Hypothese kann in der Praxis nicht realisiert werden, aber es dürften diese Verrückungen wenigstens die Baumeister veranlassen, den gezimmerten Gewölben, die von Mauern getragen werden, die größtmögliche Unbiegsamkeit zu geben.

Wenn man zwei Arten von Holz mit einander vergleicht, und wenn die erste einen Coefficienten der Elasticität hat, welcher um $\frac{1}{3}$ den der andern übersteigt, so kann man daraus schließen, daß bei der Gleichheit in den Dimensionen ein, von einer bestimmten Figur aus der ersten Art von Holz, construirter Dachstuhl ohne Schwierigkeit eine um $\frac{1}{3}$ größere Last, als ein, von derselben Figur aus der zweiten Art, construirter Dachstuhl, welcher dasselbe Gewicht hat, vorausgesetzt, daß die Grenze der permanenten Lasten proportional dieselbe bleibt, tragen können wird."

Es würde zu weit führen, wenn wir die umfangreichen Versuche Ardant's hier mittheilen wollten und wie wollen, auf die von uns herausgegebene Zeitschrift für Baukunst, in welcher die Abhandlung vollständig gegeben ist, verweisend, uns hier nur auf die Mittheilung der Resultate dieser Versuche beschränken.

„Unter den Resultaten sind die wichtigsten diejenigen, welche feststellen, daß ein gezimmertes Dachstuhl, welches auch seine Figur und auf welche Art er construit sei, immer auf seine Stützen horizontal gerichtete Wirkungen ausübt, und daß er sie gegen das Außere des Baues hin umzustürzen strebt. Es giebt nur zwei Mittel, dem Umsturz der Mauern vorzuzutommen, welche große Zimmerungen stützen. Das erste ist das wirksamste, und besteht darin, ihre Füße durch einen hölzernen oder eisernen Bindebalken zu vereinigen. Das zweite ist, den Stützen eine Festigkeit oder einen Widerstand zu geben, welcher fähig ist, dem Drucke das Gleichgewicht zu halten.

Wenn man annehmen kann, daß das Gewicht der Construction einen Druck auf die Grundmauern ausübe, so muß man solche nach außen, nicht nach innen, verstärken.

Tabelle über die Dicken, welche den Umfangsmauern der Gebäude zu geben sind, deren Dächer von Dachstühlen ohne Bindebalken getragen werden.

Spannung des Dachstuhles in Metern. (1.)	Zwischenraum der Dachstühle in Metern. (2.)	Höhe der Füße des Dachstuhls über dem Boden. (3.)	Dicke der Mauern vom Boden bis zu den Füßen des Dachstuhls. (4.)	Dicke der Mauern von den Füßen des Dachstuhles bis zum Karnies. (5.)	Breite des Grundes, ein Meter unter dem Boden. (6.)
24 ^m	3,30	3 ^m	1 ^m ,62	0 ^m ,60	2 ^m ,01
24	3,30	5	1,80	0,60	2,25
20	3,30	3	1,40	0,50	1,75
20	3,30	5	1,60	0,50	2,00
16	3,30	3	1,35	0,40	1,70
16	3,30	5	1,42	0,40	1,80

Die Dicken, welche für den Theil der Mauer gegeben sind, der über dem Anfang der Dachstühle bis zum Karnies befindlich ist, sind unter der Voraussetzung bestimmt, daß dieser Theil der Mauer keinen Druck aushält. Es ist also durchaus wesentlich die Construction so zu leiten, daß der horizontale oder schiefe Druck vermieden wird, welchen die Zimmerung gegen den Gipfel der Mauer bewirken kann.

Wenn man den Constructionen einige Sicherheit bieten will, muß man sie nur mit einem Theil der Last beladen, welche den Bruch herbeiführen kann. Dieser Theil darf für die leichtesten und einseitigen Constructionen und für die, welchen man eine lange Dauer geben will, nicht derselbe sein. In dem ersten Falle kann man die Grenze der permanenten Lasten um ein Viertel der Last erhöhen, welche den Bruch herbeiführen würde, in dem zweiten Falle darf es höchstens um ein Achtel derselben geschehen.

Die am meisten bei der Zusammensetzung der im Bogen gezimmerten Dachstühle zu beachtende Vorsicht ist die, die Bögen so zusammenzusetzen, daß sie die größtmögliche Straffheit haben, denn ihre Biegsamkeit ist eine Ursache der Destruction für den Bau, in Folge der Spannung, welche sie verursacht. Wenn man die aus Holz gebogenen Bögen annimmt, muß man die längsten und dicksten Platten, welche man sich verschaffen kann, anwenden, eiserne Ringe und Bolzen in großer Zahl anbringen, Fugen zwischen zwei Stücken von Platten vermeiden, die Einfluß auf die Rippen der äußeren Rundung des Bogens oder auf den Gipfel der innern Rundung haben und die Zahl der Platten vis-à-vis dem Punkte der größten Beugung vermehren, welche sich im Drittel des halben Bogens befindet, vom Fuß aus gerechnet.

Wenn man Bögen aus auf die schmale Seite gefesteten Brettern konstruirt, muß man das System von Lacaze annehmen, sich eigener Hohlen bedienen und die Fügungen durch eiserne Ringe und Bolzen verstärken.

Wenn der Bogen, welcher Art auch die Construction sei, Biegsamkeit zeigt, muß man ihn an den Dachstuhlstützen durch

dem Bogen normale Bänder vereinigen, weil diese Lage den Fügungen mehr Festigkeit giebt und bewirkt, daß die Last vorzüglich auf den Dachstuhlstützen getragen wird.

Wenn der Bogen straff und solid ist, wird man die Bänder vertical anbringen, weil sich alsdann die Last ziemlich gleichmäßig zwischen den Bogen und die Dachstuhlstützen und mehr gleichförmig über den ganzen Dachstuhl theilt.

Um einen gezimmerten Bogen zu machen, der bestimmt ist, eine Last zu tragen, die auf irgend eine Weise vertheilt ist, muß man kennen: 1) den Querdurchschnitt der Hölzer, welchen er bedarf, um den Eindrücken, welche auf ihn einwirken, widerstehen zu können; 2) den Sinus versus der Krümmung, welche er für die Wirkung der Last annehmen wird.

Die folgende Tabelle und die nachfolgenden Formeln geben die Werthe aller dieser Größen; hier folgt die Bezeichnung der Buchstaben, welche darin vorkommen:

A ist der mittlere Halbmesser des halbrunden oder gedrückteten Bogens; X die Hälfte der Chorde und Y die Neigung eines gedrückteten Bogens; P ist die Totallast, welche von dem ganzen Bogen getragen wird; Q der horizontale Druck auf die Stützen im Niveau der Anfänge; f die verticale Senkung des Punktes, wo die Last aufgehängt ist, wenn sie in einem einzigen Punkte vereinigt ist, oder die Senkung im Gipfel, wenn sie gleichförmig auf den Bogen vertheilt ist; a und b sind die Breite und Höhe des Durchschnittes, wenn er winkelig ist; r der Halbmesser dieses Durchschnittes, wenn er zirkelrund ist; R' die größte Wirkung der Compression, welche man ihn aushalten lassen kann durch Einheit der Oberfläche, je nach dem Stoffe, aus dem das Gewölbe oder der Bogen zusammengesetzt werden soll; E der Maßstab der specifischen Elasticität der Bögen oder der Zimmerungen."

Für die gezimmerten Bögen . . . $\left\{ \begin{array}{l} R' = 300000^k \\ E = 500000000^k \end{array} \right.$
 Für die Bögen aus gegossenem oder geschmiedetem Eisen . . . $\left\{ \begin{array}{l} R' = 5000000^k \\ E = 12000000000^k \end{array} \right.$

Tabelle der auf halbkreisförmige Bögen sich beziehenden Formeln.

Art der Vertheilung der Last.	Werth des Druckes im Niveau der Anfänge.	Senkung des Scheitels oder des Punktes der Aufhängung der Last in Metern.	Gewichte der Bögen in Metern,	
			deren Durchschnitt rechteckig ist.	deren Durchschnitt zirkelförmig ist.
Gleichförmige Vertheilung über die Peripherie des Bogens.	0,16 P	0,051 $\frac{PA^3}{Eab^3}$	$ab^2 = \frac{P}{R'} (0,599b + 0,27 A)$	$r^3 = \frac{P}{R'} (0,124r + 0,062 A)$
Gleichförmige Vertheilung in Bezug auf eine horizontale Linie.	0,22 P	0,084 $\frac{PA^3}{Eab^3}$	$ab^2 = \frac{P}{R'} (0,680b + 0,25 A)$	$r^3 = \frac{P}{R'} (0,200r + 0,044 A)$
Im Gipfel aufgehängt.	0,32 P	0,222 $\frac{PA^3}{Eab^3}$	$ab^2 = \frac{P}{R'} (0,597b + 0,55 A)$	$r^3 = \frac{P}{R'} (0,200r + 0,212 A)$
Ueber der Mitte des Halbmessers aufgehängt.	0,28 P	0,173 $\frac{PA^3}{Eab^3}$	Wie die vorhergehende.	Wie die vorhergehende.

Tafel 130.

Von der Verschiftung.

Man hat in der Zimmerwerkunst dreierlei Verschiftungen, nämlich: die Schiftung auf dem Leergespärre, die Schiftung auf dem Werkfasse, und die Schiftung auf dem Gradsparren. Die Schiftung auf dem Leergespärre ist unter den beiden ersten Arten die gebräuchlichste und beste.

Die Schiftung auf dem Werkfasse wird sehr selten, und zwar nur noch an wenigen Orten auf dem Lande gebraucht.

Die Schiftung auf dem Gradsparren ist eine für sich bestehende Art, und steht mit den beiden vorigen in keiner Verbindung. Sie findet auch meistens nur bei runden und viereckigen Formen von Gebäuden Anwendung.

Von der Schiftung auf dem Leergespärre.

Bei dieser Art Schiftung müssen vor allem die Mittelschnüre der Grad- und Kehlsparren a, o in dem Werkfasse F. 859. geschlagen werden; alsdann wird die Dicke derselben an beiden

Enden angemerket, wie hier z. B. bei a 9 Zoll und bei o 7 Zoll, und die Schnüre h e, h e ic. geschlagen. Um nun die Länge der Schiftstücke zu finden, nimmt man die Weite aus dem Werkfasse, Fig. 859 A (und zwar von der längern Seite des Schiftstückes, welche man die Bundeite nennt), d e, d f, d g, d h ic., trägt selbe in das Leergespärre Fig. 859 B von d nach e, f, g, h ic., und zieht von e, f, g, h, i winklerechte Linien von aa auf die Sparren do; dann giebt d p, d q, d r ic. die Länge der in dem Werkfasse, Fig. 859 A, d e, d f, d g ic. treffenden Schiftstücke, und in dem Leergespärre, Fig. 859 B, p 1, q 2, r 3, s 4, t 5 die lothrechte Schmiege.

Von der Backenschiftung.

Bisher wurde gezeigt, wie man die Längen und die lothrechte Schmiege der Schiftstücke findet. Um nun die Backenschmiege dieser Schiftstücke, welche entsteht, wenn der Grad- oder Kehlsparren die Schiftsparren diagonal durchschneidet, deutlicher zu zeigen, ist in Fig. 859 C ein Theil des Werkfasses in vergrößertem Maßstabe vorgestellt.

Es ist schon oben gesagt worden, daß die Grad- und Kehlschnüre geschlagen sein müssen, ehe man die Länge eines Schift-