

Wienbibliothek im Rathaus

T

9642

A

MA 9 - SD 25 - 082008 - 21A

2. Ex.



24-

+ 1214  
M 20.



Ex bibliotheca  
Theodori Karajan.

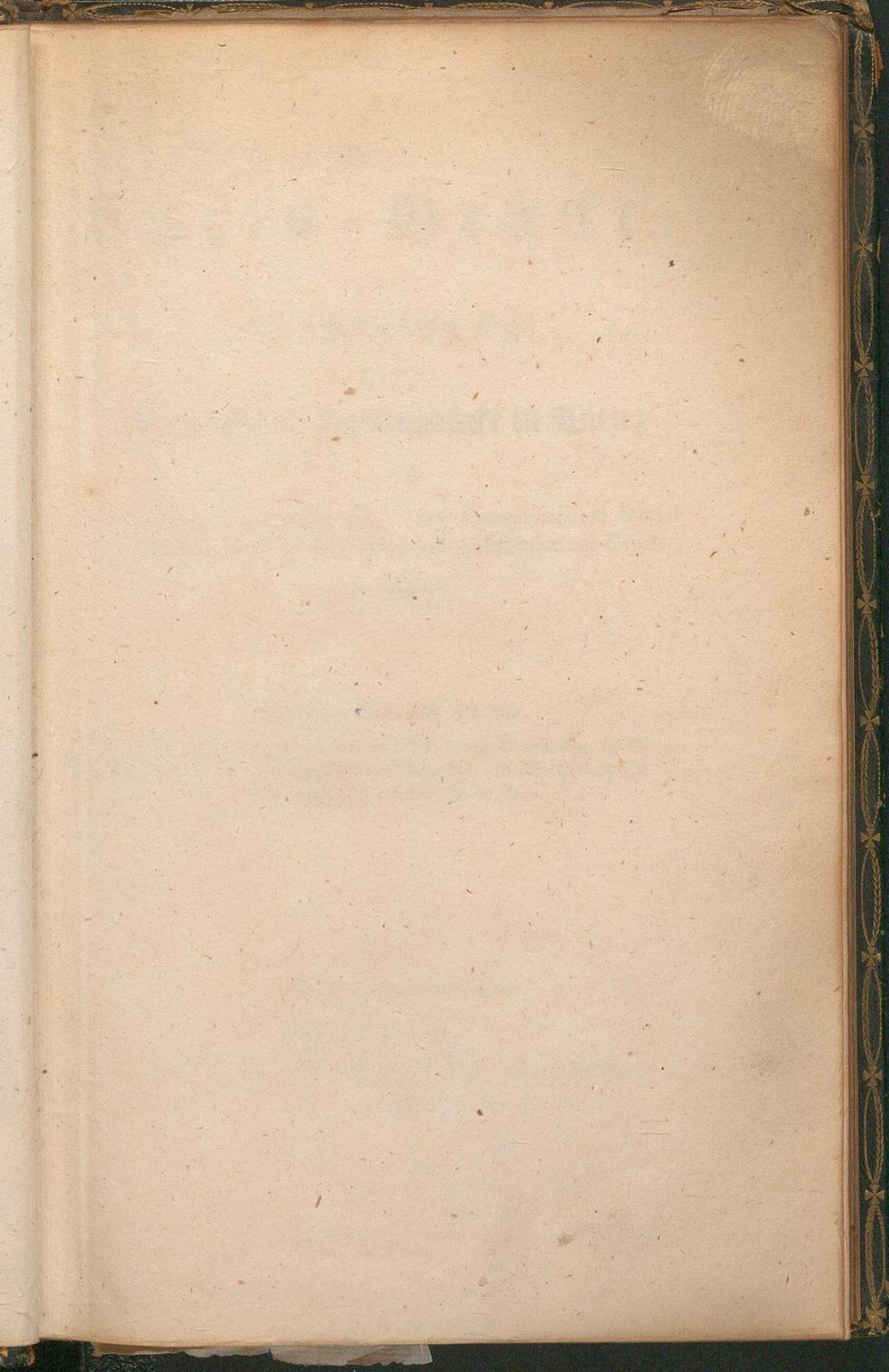
EX BIBLIOTHECA V. CHIAVACCI  
TOMUS \_\_\_\_\_ 12

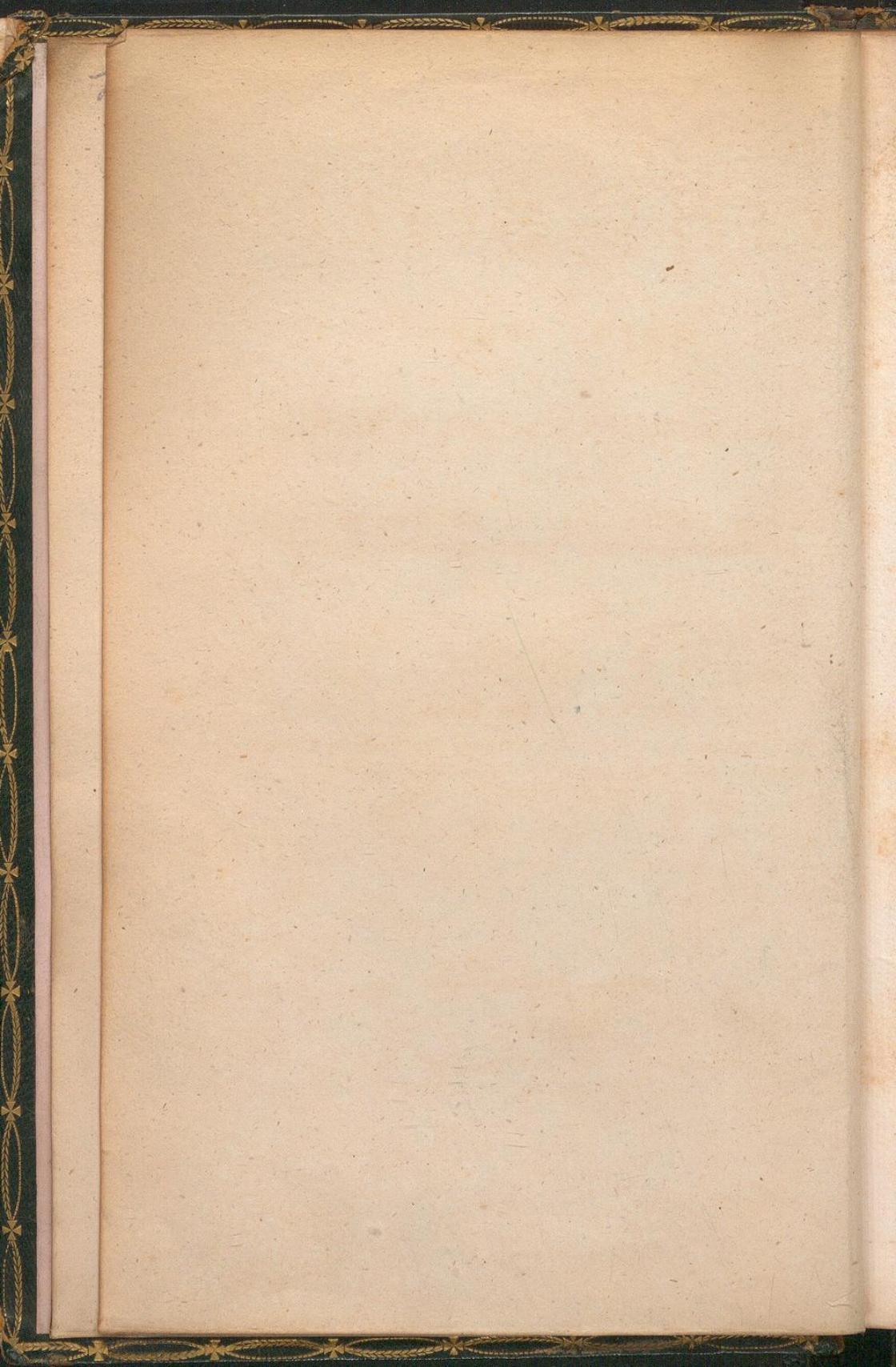


76

N. 320

A 2900





Die  
**Carls = Brücke,**

oder

**Beschreibung**

der

**ersten Stahl-Kettenbrücke in Wien;**

nebst

umständlicher Darstellung aller, dieser Anwendung des Stahls  
vorausgegangenen, Versuche über dessen Elasticität und Stärke.

---

Von

**Ignaz Erlen von Aitis,**

Ritter der gesammten k. k. Erblande, Herrn und Landmanne in Nieder-  
Oesterreich, n. ö. ständischem Ausschusprathe und Mitgliede der k. k.  
Landwirthschafts-Gesellschaft in Wien.

---

---

**W i e n.**

Druck und Verlag von J. P. Sollinger.

1829.

A 9.642

2. Ex.



Bibliothek  
Walter Sturminger

IN 507.492

Seiner Wohlgeboren

dem Herrn

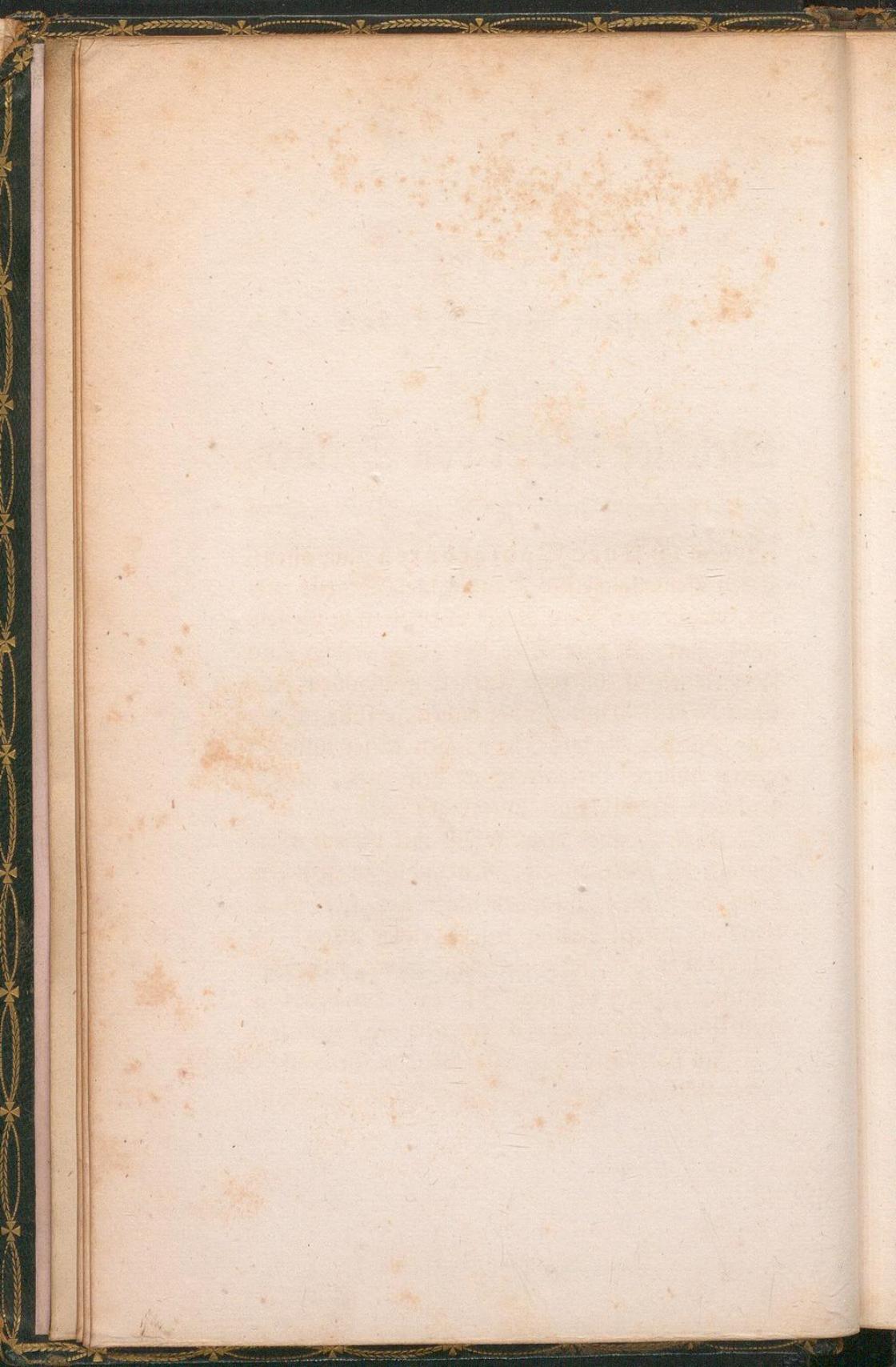
**Melchior Ritter von Steiner,**

Chef des k. k. privil. Großhandlungshauses Steiner & Comp.,  
dann Gouverneur-Stellvertreter der privilegirten österreichischen  
Nationalbank,

achtungsvoll

gewidmet

vom Verfasser



Wohlgeborner Herr!

Indem ich Euer Wohlgeboren zum öffentlichen Beweise meines Dankes diese Schrift widme, welche den Bau eines Werkes zum Gegenstande hat, an dem Sie seit dessen erstem Entstehen eben so thätigen Antheil genommen, als Sie es kräftig unterstützet haben, erfülle ich nur eine Pflicht, die mir Ihre, bey dieser und bey vielen anderen Gelegenheiten bewährte, ausgezeichnete Freundschaft auferleget hat.

Zugleich aber ergreife ich mit vielem Vergnügen die Gelegenheit, offenkundig zu gestehen, daß, wenn das Zustandebringen der Kettenbrückenbau-Unternehmung irgend einen Werth im Vaterlande hat, ich nie gewagt hätte, selbes zu beginnen, wäre ich nicht Ihrer freundschaftlichen Unterstützung vor Allem versichert gewesen.

Ich betrachte Sie also als den Grundstein dieser Unternehmung, und aller Beyfall, den sie

jetzt oder in der Zukunft erhält, gehört vor Al-  
lem und zum großen Theile Euer Wohlge-  
boren und Ihren großherzigen Gesinnungen,  
die gewiß in keinem Falle eine Gelegenheit unbe-  
nützt entweichen lassen, nützliche und der Na-  
tional-Industrie förderliche Anträge und Pläne  
mit Ihrem Beyfalle zu beehren, und nach  
Ehulichkeit zu unterstützen.

Genehmigen Sie die Versicherung meines  
wärmsten Dankes und meiner vollkommensten  
Hochachtung, mit der ich stets bin

Euer Wohlgeboren

ergebener Diener und Freund

Ignaz Edler v. Mitis.

Wien, den 10. April 1829.

Die  
C a r l s = B r ü c k e ,  
oder  
Beschreibung  
der  
ersten Stahl-Kettenbrücke in Wien.

---



---

## E i n l e i t u n g.

---

Die seit dem Jahre 1824 in Wien mit allerhöchster Genehmigung bestehende Gesellschaft für den Kettenbrücken-Bau, durch den glücklichen Erfolg aufgemuntert, welchen der Bau der ersten über den Wiener Donau-Canal von der Vorstadt Landstraße in den bekannten Lustwald Prater errichteten Kettenbrücke (Sophien-Brücke) gehabt hat, unternahm ihrem gleich anfangs gefaßten Entschlusse gemäß, im Jahre 1827 den zweyten Bau einer Kettenbrücke über diesen Donau-Canal, und zwar von der Stadt zunächst dem Fischthore in die Vorstadt Leopoldstadt gegen die sogenannte kleine Annergasse.

Der Anfang dieses Baues geschah nach erhaltener allerhöchster Bewilligung den 15. Juny des erstgedachten Jahres, und die Brücke konnte den 16. Juny 1828 eröffnet werden, welcher durch die Erinnerung an den im Jahre 1814, nach vollendetem siegreichen Feldzuge gegen Frankreichs Kaiserheer, erfolgten glorreichen Einzug Sr. Majestät unseres allergnädigsten Kaisers in die Residenz jedem Österreicher ein Tag der Feyer war.

Bevor ich nun zur Beschreibung dieser zweyten Brücke, dem eigentlichen Zwecke dieses kleinen Werkes, übergehe, wird es vielleicht an seinem Orte seyn, Einiges hier vor auszuschicken, was die Bestimmung dieses Übergangspunctes, und den Umstand aufklärt, daß die Brückenbahn den Fluß nicht in senkrechter Richtung auf die Ufer, sondern etwas schief überseht.

Es bestand, wie es den Bewohnern dieser Residenz bekannt ist, etwa 200 Klafter ober der Hauptcommunications-Brücke zwischen der Stadt und Leopoldstadt (Ferdinands-Brücke) in der Gegend des sogenannten Schanzelthores, schon seit vielen Jahren eine Fähre, die jenseits dem bekannten Dianabade beynahе gegenüber landete, und so zur Bequemlichkeit derjenigen, die in der Leopoldstadt aufwärts zu thun haben, eine nähere Communication über den Fluß herzustellen beabsichtigte. Allein die mit solchen Fahren stets unzertrennlichen, und dem Publicum gewiß nicht angenehmen Zufälle, daß man bald auf die Passage warten muß, oder dieselbe bey eintretenden Hindernissen, z. B. bey einem auf der Donau aufwärts gehenden Schiffzug, oft 10 bis 15 Minuten verzögert, ja ohne nöthige Vorsicht und geprüfte Geschicklichkeit der Schiffer selbst gefährdet war, endlich der Umstand, daß die Fahrt bey Nacht und im Winter bey Gefrier und Eisgang ganz aufhören mußte, bestimmten den Entschluß der Gesellschaft, durch den Bau einer Kettenbrücke in dieser Gegend dem Publicum eine angenehmere und sichere Communication zu verschaffen. An derselben Stelle der Fähre wäre dieß jedoch nur dann möglich gewesen, wenn man die Pfeiler, an welchen die Ketten befestiget seyn müssen, besonders am linken Ufer, wenigstens mit der sogenannten Stirnmauer bis an den Grad der gepflasterten Uferfassung vorgeschoben hätte, wo dann für die Schiffgegensahrt nothwendig ein Einschnitt in die schiefe Abdachung des Ufers hätte gemacht werden müssen, um den Treppelweg für die Pferde herzustellen, welcher aber bey einem Wasserstande von 4 bis 5 Fuß über dem Nullpuncte schon überronnen gewesen wäre, was freylich auch unter der Ferdinands- und Franzens-Brücke der Fall ist. An dem rechten Ufer der Donau, wo den Sommer über der Obstmarkt für die aus dem Oberlande kommenden Obstladungen besteht, würde der Brückenpfeiler eine der Aufsicht wegen unvortheilhafte Trennung des Marktplatzes veran-

laßt haben. Endlich fand man auch diesen Platz zu nahe an der Ferdinands-Brücke, und die Brückenbahn selbst, welche der Schiffahrt wegen sehr hoch über dem Ufer geführt werden muß, würde das Ansehen gehabt haben, als ob sie bestimmt sey, den Übergehenden in die Fenster des ersten Stockwerkes der gegenüberliegenden Häuser zu bringen, eine Idee, die mit einer Brücke seltsam contrastirt hätte.

Diese mehrfachen Gründe führten dahin, einen andern Punct für den Bau der Brücke zu suchen, und derselbe wurde von den hohen Staatsbehörden etwa 150 Klafter aufwärts da bestimmt, wo die Brücke nun vollendet steht. Der Donauarm macht eben hier eine nicht unbedeutende Krümmung, und die Ufer, obschon regulirt und gepflastert, laufen des Stromstriches wegen nicht parallel, und verhindern sonach, schon nach geometrischen Grundsätzen, die senkrechte Durchschneidung mit einer geraden Brückenbahn. Man benützte daher den Vortheil, daß auf dem linken Ufer die Gebäude durch ihre fast in ein Dreyeck gestellte Lage einen etwas freyeren Platz bilden, und auch die Einmündung der beyden Ankergassen dafelbst einen natürlichen, dem Auge gefälligen Eingang in die Leopoldstadt gewährt. Am rechten Ufer aber, wenn es nach dem von Sr. Majestät genehmigten Verschönerungsplane von den kleineren Festungsvorwerken befreyt seyn wird, führt die nur wenig abgebogene Linie der Brückenbahn sehr nahe an das sogenannte Fischerthor, wodurch dem Publicum der Vortheil eines kurzen, und durch Baumgänge seiner Zeit Schatten gewährenden Zuganges in die Stadt gesichert ist. — Daß der rechte Pfeiler der Brücke um beyläufig 21 Fuß von dem Grad der Uferpflasterung weiter ins Land zurückgesetzt, also natürlich die Brückenbahn um so länger ist, war dadurch bedingt, daß zwischen der Pfeiler-Stirnmauer und dem Ufer eine Zufahrt für Frachtwägen offen bleiben mußte, welche die bey der sehr nahen Wassermauth gelandeten und verzollten Waaren, unter der Bahn durch, die

Donau abwärts nach der Stadt bringen. Auch am linken Ufer mußte der Pfeiler um 12 Fuß landeinwärts gesetzt werden, damit hinlänglicher Raum für den Treppelweg der Hohenauer Schiffzüge gewonnen werde.

So entstand also die zwar nicht ganz regelmäßige, aber unvermeidliche, und der Gesellschaft von den hohen Staatsbehörden selbst vorgeschriebene Richtung und scheinbar unnöthige Verlängerung der Brücke, die aber bey der nichts weniger als regelmäßigen Stellung der nächsten umgebenden Gebäude der Vorstadt, ja selbst der Festungsmauer diesseits, mehr in der Zeichnung des Situationsplanes als in der That dem Auge unangenehm auffällt, oder bemerkbar ist.

Die längs dem linken Donauufer zwischen dem Flusse und den Wohnhäusern laufende Fahrstraße durfte und konnte durch den Bau der Befestigungspfeiler oder Kettenhäuser, wie leicht begreiflich ist, nicht unterbrochen werden, daher man genöthiget war, von der sonst gewöhnlichen Art, die Ketten solcher Brücken über Unterstützungspfeiler laufen zu lassen, und mittelst Spannketten im Grunde zu befestigen, wie es z. B. bey der Sophien-Brücke geschah, abzugehen, und statt dessen Gebäude zu errichten, die in ihrer Grundform ein längliches Rechteck bilden, und eine zureichende Länge vom Ufer einwärts haben, um die Spannketten über eine so bedeutende Masse an Mauerwerk zu legen, daß sie jedem Zuge der Brückenbahn und ihrer zufälligen Belastung genügt. Durch diesen Umstand ist die später unten zu beschreibende Form der Kettenhäuser bedingt, und von der Gesellschaft auf Anrathen der, in solchen Bauten durch practische Arbeiten und durch Kenntnisse gleich ausgezeichneten Herren Mitactionärs, der beyden k. k. Wasserbauamts - Ingenieurs, Ferdinand Ritter von Mitis und Christian Nikolaus, gewählt worden. Ich habe zwar in meinem ursprünglichen Plane auf gußeiserne Unterstützungspfeiler von hinlänglicher Höhe und Stärke, die in der Form eines Portales verbunden gewesen wären,

und auf eine ebenfalls gemauerte, in einer hinter den Säulen liegenden starken Grundbefestigung, die über die Höhe des Straßen-Niveau's nicht vorgeragt hätte, angetragen; da aber hierbey die Spannketten unter einem sehr spitzen Winkel von den Säulen abwärts geleitet, also eine große Kraftanstrengung zu leiden, daher im Durchschnitte fast nochmahl so stark hätten angetragen werden müssen; da ferner der Fuß der Unterstützungspfeiler, bey ihrer nicht unbedeutenden Höhe, hier zu Lande, wo so große Arbeiten der Art noch etwas selten vorkommen, seine Schwierigkeiten gefunden hätte, und da endlich die ausgeführten Gebäude auch den Vortheil haben, daß sie eine sehr gute Unterkunft für die Einnehmer des Brückenzolles gewähren, was nach meinem Plane erst durch andere Maßregeln hätte ersetzt werden müssen; so trat ich dem Vorschlage und der getroffenen Wahl der Gebäude bey. Meines ersten Entwurfes erwähne ich nur darum, um mir kein Verdienst anzueignen, was Andern gebührt; eine Regel, die ich auch in der Folge stets beobachten, und sogar dahin ausdehnen will, daß ich selbst auf die Fehler meiner ersteren Ansichten aufmerksam machen, und jede durch fremden Rath, oder eigene bessere Überzeugung wirklich vorgenommene oder noch zu wünschende Verbesserung vorzüglich herausheben werde, um dadurch bey künftigen ähnlichen Bauten dem Leser im Allgemeinen, dem Bauführer aber insbesondere nützlich zu werden.

Diese Absicht bitte ich auch im Auge zu behalten, wenn man diese Schrift einem Urtheile unterwirft, denn sie soll durchaus keine Lobrede, sondern nur eine beschreibende Darstellung des vorhandenen Baues seyn, und die Motive der Ausführung und, was vielleicht der nützlichste Theil derselben seyn dürfte, eine Warnung vor wirklichen Fehlern oder falschen Ansichten enthalten, welche bey solchen Entwürfen sich nur zu leicht aufdringen, besonders so lange nicht vieljährige Erfahrungen Bauten dieser Art uns bekannter

6

machen. Ich strebe durchaus nicht nach Schriftstellerruhm, indem ich selbst besser als jeder Andere den Mangel der hierzu nöthigen Eigenschaften fühle, sondern nur darnach, eine so treffliche Sache, als das höchst nützliche Kettenbrücken-Bausystem ist, durch Wort und That, so gut ich es vermag, zu befördern.

## Erster Abschnitt.

### Beschreibung der Carls-Brücke im Allgemeinen.

Die Kettenhäuser dieser Brücke sind an beyden Ufern der äußern Form nach gleichgestellt und 38 Fuß lang und 20 Fuß breit. Auf dem rechten Ufer ragt der unter der Bahnhöhe befindliche Unterbau nach dem Niveau des Ufer-Terrains an der Stirnmauer etwas über 9 Fuß empor. Bis zur künftigen Regulirung der Glacien dieser Gegend führt indessen eine Erdanschüttung bis an das mit der Brückenbahn in gleicher Ebene stehende Zugangsthor der Brücke. Die Maße, welche bloß auf die angenehme architectonische Form des Gebäudes Bezug nehmen, können aus den angefügten Planen entnommen werden, und ich werde mich daher hier nur auf jene beschränken, die auf die Berechnung des Baues als Kettenbrücke Bezug haben, um nicht weiltläufig zu beschreiben, was durch Ansicht der beyliegenden Tafeln besser gefaßt wird.

Der Austritt auf die Bahn ist von einem Ufer zum andern genau 303 Fuß Wiener Maß entfernt, und dieß ist also zugleich die Länge der Brückenbahn. Der Unterbau des linken Kettenhauses bis an den unter der Bahn in gleicher Ebene liegenden Gorden ist beynah 12 Fuß hoch, weil das Ufer-Niveau um so viel niedriger liegt. An diesem Kettenhause konnte rückwärts wegen der hart daran vorübergehenden Straße keine Anschüttung oder Erddamm angebracht werden, sondern man war genöthiget, von dem Thore des Gebäudes, das mit der Brücke in gleicher Höhe liegt, eine aus 18 Stufen bestehende Treppe abwärts gegen den Eingang

von der Straße anzulegen, was um so süglicher geschehen konnte, als die Brücke bloß für Fußgänger bestimmt ist, die Treppe selbst aber vor Regen und Schnee im Durchgange des Hauses gedeckt, also möglichst bequem und sicher angebracht ist.

Beyde Brückenhäuser sind bis auf den Nullpunct des Donau-Wasserstandes fundirt, und durch massives Steinmauerwerk, auf Piloten und gelegtem Roste aufgeführt. Der bis auf 12 Fuß am rechten Ufer ausgehobene Erdgrund war von vortrefflicher Beschaffenheit, und bestand größten Theils aus blauer Thonerde mit Flußgeschieben untermengt. Daß dieser Grund übrigens ein Product neuester Anschwemmungen ist, beweisen die in der Tiefe noch vorgefundenen Reste von verschiedenen Holzstücken und Pfählen, die zum Anheften kleiner Fahrzeuge gedienet haben mögen. Übrigens war der Grund hinlänglich mit beständiger Feuchtigkeit durchdrungen; so daß alles darin gefundene Holz von Außen zwar dunkelgrau angelaufen war, dabey aber so gut erhalten, daß man es als vollkommen gesund betrachten konnte. Dem ungeachtet war aber der Grund doch dicht genug, daß das Wasser des Flusses, welches während der Ausgrabung oft über der Tiefe der Aushebung stand, nur in so geringer Menge eindrang, daß man fast gar keiner Pumpen zur Ausschöpfung, ja sogar ungeachtet der beträchtlichen Weite der Gruben weniger Ausbohlung bedurfte. Die Piloten, und zwar ohne Eisenschuhe, ließen sich fest und regelmäßig auf 10, 12 und 15 Fuß einrammen. Der Rost, aus 6 bis 8 zölligem Holz, liegt in diesem Grunde, wie es das gefundene alte Holz bewährt, immer in hinlänglicher Feuchtigkeit und muß sich ohne allen Zweifel durch Jahrhunderte erhalten und den Bau sichern.

Auf dem linken Ufer war der Baugrund bey weitem weniger dicht, und bestand aus künstlich angeführtem Schottergrund und Bruchsteinen aller Art. Im tiefsten Grunde erst kam man auf natürlichen groben Flußschotter. Die Aus-

hebung des Grundes wurde hier durch das Eindringen des Wassers, selbst von der Landseite her, viel beschwerlicher, und angestregtes Wasserpumpen erforderlich. Ein nahe an diesem Ufergebäude vorbeigehender großer Unraths-Canal der Leopoldstadt, der abgebaut und etwas verlängert werden mußte, vermehrte noch die Schwierigkeiten der Fundirung durch den Zufluß von übel riechender, ekelhafter Feuchtigkeit, und demungeachtet wurde auch an dieser Seite durch vermehrte und verhältnißmäßig stärkere Pilotirung und einen tüchtigen Krost jede Schwierigkeit des Grundes gehoben, und das Gebäude so gesichert, daß nun nach Verlauf eines vollen Jahres auch nicht eine Spur von einer Setzung des Baues bemerkbar ist.

So tief als die Fundamentrost liegen, befindet sich auch an jeder der rückwärts gelegenen beyden Ecken der Gebäude der aus hartem Kaisersteinbrucher-Stein sorgfältig gehauene Befestigungspunct für die Kette der Brücke. Die angefügte Zeichnung auf der Tafel 3. Fig. I. gibt den deutlichsten Begriff über die Lage und Stärke dieser Befestigung. Der unterste Hauptbolzen, aus geschmiedetem Eisen, ist in ausgehauene Hohlungen eingelegt, und hat einen Durchmesser von 3'' bey einer Länge von 3 Fuß. Quer über demselben, und seinen kreisförmigen Umfang berührend, liegen noch fünf, durch die Zwischenräume der ersten vier Befestigungsringe durchgeschobene, auf die hohe Kante gestellte geschmiedete Eisenbarren, die eine Höhe von 2'' und eine Dicke von 1'' Querschnitt bey einer Länge von 3 Fuß haben. Über diese kreuzförmige Hauptverankerung sind zwey ebenfalls harte Steine genau übergeschoben, und in der Mitte, wo sie einen eingearbeiteten Schlauch für die aufrecht gestellten Kettenringe bilden, möglichst genau an einander gefügt. Zur vollkommensten Sicherung dieses im Grunde liegenden Eisens gegen Rost, hat man die ausgemeißelten Steinhöhlungen, die dasselbe umfassen, mit geschmolzenem Bley ausgegossen, und dadurch nicht nur die Lage dieser

Eisenbestandtheile unverrückbar gemacht, sondern auch den jemahls möglichen Zutritt der Feuchtigkeit ganz abgehalten. Durch das Steinmauerwerk, welches sich ober diesen Werkstücken befindet, mußte natürlich durch einen möglichst engen Schlauch den Befestigungsringen der Kette der Durchgang aufwärts gestattet werden, und damit eben auch da kein Wasser bey steigendem Flusse eindringe, so wurden die vollendeten Schläuche durch aus, d. i. bis dahin, wo sie an das Tageslicht treten, mit einem aus Ziegelmehl, feinem Quarzsand und Gyps zusammengesetzten Einguß so dicht als möglich ausgefüllt.

Es ist wohl nicht zu verkennen, daß es Vielen erwünscht seyn mag, die Hauptbefestigungen so eingerichtet zu sehen, daß man die Ketten stets bis in ihre Wurzel sehen kann, allein gewiß nur aus dem Grunde, um sich von Zeit zu Zeit die Überzeugung zu verschaffen, ob nicht Rost und andere Zufälle etwa das Materiale angegriffen haben; denn sonst kann diese Untersuchung doch nichts nützen, weil mir scheint, daß das Herausnehmen der Kette und eine Auswechslung der Bolzen denn doch wohl unmöglich werden möchte, wenn auch nach Jahrhunderten es rätzlich scheinen sollte. Man hat daher lieber alles gethan, um die zu besorgenden Beschädigungszufälle des Eisens zu verhindern, als daselbe der Besichtigung auszustellen, wodurch überdieß schon in der Fundamentmauer ein nicht unbedeutender hohler Zugangsraum entstanden wäre, der wenigstens zur Festigkeit des Ganzen gewiß nicht beygetragen hätte.

An dem oberen Ende der senkrecht aufstehenden Hauptbefestigungsringe, woran das erste aus fünf Kettenstangen bestehende Kettenglied durch einen eben so starken und gleich langen Bolzen angeschlossen ist, gehet dieser, dem Zutritt und dem Auge offen, rechts und links in die Seitenmauer des, von hier aus bis an den obersten Auflagepunct der Ketten in dem dicken Mauerpfeiler ausgesparten, Ketteneschlauches, wo unmittelbar über dem großen Bolzen abermahls zwey

harte Werkstücke von Stein eingemauert sich befinden. Hierdurch wird ein zweyter Angriffspunct für die Hauptbefestigung der Ketten gebildet. — Hier ist schon der erste Fall, wo ich meiner obigen Zusage gemäß bemerken muß, daß ich diese Einrichtung zwar gerade nicht für nachtheilig halte, daß ich aber bey einer wiederkehrenden Gelegenheit den zweyten Bolzen nicht mehr anbringen würde, und zwar um so weniger, je stärker die Gewalt ist, welche von dem Zuge der Kette auf die Befestigung zu erwarten ist. Denn ich habe mich überzeugt, daß es durch Untermauerung schwer möglich ist, die ersten untersten Ringe zwischen diesen beyden Bolzen so zu spannen, daß der unterste gleich dem oberen von der Brückenbelastung in Anspruch genommen wird; und geschieht dieß nicht, so trägt der obere, wenigstens anfangs alle in, und die Masse des Fundamentes ist als Gegengewicht zum Theile verloren. Ich muß gestehen, daß diese Anordnung hier auch eigentlich nur darum Platz gegriffen hat, um das beliebte Anschauen der Befestigungsbolzen wenigstens einiger Massen möglich zu machen.

Die ersten, zum Unterschiede von den übrigen Kettengliedern sogenannten Kettenringe sind an der Zahl vier, und von geschmiedetem Eisen verfertigt. Auf der hohen Kante sind sie zu 1, 15'', in der Dicke zu 1'' ausgeschmiedet, wonach der ganze Querschnitt eines solchen Ringes 3'', und also die Kette in ihrem Ursprunge 12'' Eisen an einer Seite, beyde Ketten zusammen 24'' messen. Der Durchmesser jedes geschmiedeten Bolzen ist 3'', also ihr Querschnitt 7'', beyde zusammengerechnet 14'' stark, wozu noch 10'' als der Querschnitt der fünf über dem untersten Bolzen quer liegenden Verankerungsringe ebenfalls von Eisen kommen. Weiter unten werden wir ohnehin auf die Berechnung der Stärke, die diese Massen gewähren, kommen, daher will ich hier nur in der ferneren Beschreibung fortfahren. Gleich bey dem Eintritte in das linke Ufergebäude sind rechts und links Thüren zu bemerken, die zu

diesen sichtbaren Befestigungspuncten und unter die, im Gebäude aufwärts gehenden Kettenschläuche führen. Hier ist das erste an die Befestigungsringe gefügte aus fünf Stangen bestehende Kettenglied, und zwar aus geschmiedetem Bodernberger Scharsschochstahl bestehend, zu sehen. Die Form und Gestalt der einzelnen Kettenstangen ist genau dieselbe, wie an der Sophien-Brücke, nämlich eine gerade Stange an beyden Enden in eine fast kreisförmige Platte ausgehend, in deren Mitte sich ein, dem Durchmesser des Verbindungsbolzen entsprechendes, gebohrtes Loch befindet. Die Maße dieser stählernen Stangen sind folgende: Der überall gleiche Querschnitt beträgt 2" nach der hohen Kante und 7" nach der Dicke; der Querschnitt der Verbindungsbolzen 2", 5 oder deren Querschnitt 4, 9". Die Länge der ersten ebenfalls noch vollkommen senkrecht stehenden Kettenglieder beträgt vom Mittelpuncte der Verbindungsbolzen gerechnet über 5 Fuß. Von dem oberen Ende dieses ersten Kettengliedes an krümmt sich die Kette in einem Viertel-Kreisbogen bis zum höchsten Aufslagepunct. Der Halbmesser dieses Bogens beträgt ungefähr 24 Fuß, und sonach ist der höchste Aufslagspunct der Ketten 48 Fuß ober dem Nullpuncte des Wasserspiegels und 24 Fuß über der Bahn erhoben. Von der Stirnmauer des Gebäudes ist derselbe 5' zurück, daher die Entfernung beyder höchsten Auflagen, der neben der Brücke schwebenden Tragketten  $51^{\circ} 5' 6''$  oder 311 Fuß beträgt. Der Bufen, welchen die Kette bildet, hat eine Tiefe (Pfeil) von  $19' 10''$ . Die Kette ist durchaus aus Gliedern gebildet, die wieder abwechselnd aus vier oder fünf Stangen bestehen, welche neben einander liegen und an die Verbindungsbolzen gesteckt sind. Die ersten, d. i. die viertheiligen Glieder, haben zusammen einen Querschnitt von 6", also beyde Ketten rechts und links einen Querschnitt von 12"; die fünftheiligen Glieder, deren Stangen einzeln 2" Höhe und 7" Dicke haben, bilden bey einer Kette einen Querschnitt von

5, 81<sup>□</sup> und bey beyden zusammen von 11, 68<sup>□</sup>. Da aber diese Glieder durch ihr Gewicht offenbar zeigen, daß sie im Durchschnitte eher stärker als schwächer sind, so kann man mit aller Bestimmtheit auf einen Querschnitt von 12<sup>□</sup> für beyde Ketten zusammen rechnen. Die Ketten sind, wie bereits bemerkt wurde, von Stahl geschmiedet, und jedes Glied mißt vom Mittelpuncte eines Verbindungsbolzen zum andern genau 6 Fuß in der Länge. An eben diesen Bolzen sind zwischen den Kettenstangen jedes Mahl auch zwey Platten von Eisen angesteckt, die dazu bestimmt sind, die Hängestangen zwischen sich aufzunehmen und so mit der Kette zu verbinden. Die Hängestangen, aus Eisen geschmiedet und 9<sup>□</sup> im Quadrate stark, sind oben mit einem runden geschweißten Öhre versehen, wodurch ein kleiner Bolzen, von 8<sup>□</sup> im Durchmesser, in die beyden erst gedachten Platten gesteckt, eine zweckmäßige Verbindung herstellt. Am unteren Ende der Hängestangen ist ein Schraubengewinde eingeschnitten, welches, nachdem es durch die gabelförmigen Längenträger der Brückenbahn durchgreift, mittelst einer starken Schraubenmutter diesen Längenträger selbst festhält. Die Längenträger bestehen aus eisernen Stangen, die nach der hohen Kante 1<sup>□</sup> 6<sup>□</sup>, und in der Dicke 9<sup>□</sup> messen. Sie sind beynabe 7 Fuß lang und enden an einer Seite in einer Art von Gabel, welche 9<sup>□</sup> weit ist. Der Stiel, oder die einfache Stange eines solchen Längenträgers greift immer in die Gabel des nächsten, und ist mit einem starken eisernen Zugbande so verbunden, daß eine 4 bis 5<sup>□</sup> lange Öffnung für die von den Ketten abwärts gesenkten Hängestangen um ihre Gewinde offen bleibt. Die Schraubenmutter wird sodann unter dieser Gabelöffnung angezogen, und bildet so den Auflagepunct der Längenträger, deren 51 Stücke die Auflage der Querbalken der Brückenbahn an jeder Seite der Brücke bilden.

Die Querbalken sind von Lärchbaumholz und messen nach der hohen Kante 11<sup>□</sup> und in der Breite 6<sup>□</sup> bey einer

Länge von 12 Fuß. In der Mitte sind sie nach der hohen Kante um 1'' höher gehalten, und verlaufen sich auf der oberen Fläche gegen die äußeren Ende zu um diesen Zoll, damit die Bahn eine Art von convexer Beugung erhält. Sie ruhen auf den Längenträgern genau neben den herabgesenkten Hängestangen, also stets auf der durch die Gabel verdoppelten Stärke derselben, und sind hier auf der unteren Kante eingestemmt, um die Längenträger in einer sicheren parallelen Lage zu erhalten, und sich selbst nicht verschieben zu können. Auf diese Balken ist nun die Bahn selbst, aus 3'' dicken und 18'' langen Pfosten von Kiefernholz bestehend, gelegt, und durch starke Nägel auf den Balken befestiget. Bey der Auflage dieser Pfosten hat man die ganze Breite der Bahn in drey gleiche Streifen nach der Länge der Brücke hin getheilt, und ist dabey folgender Maßen vorgegangen. Für den ersten, rechts an der Bahn gelegenen Streifen legte man Pfosten mit 6 Fuß Länge, die vom ersten bis zum zweyten Querbalken reichten. Der mittlere Streifen der Bahn wurde mit 12 Fuß langen Pfosten begonnen und reichte sonach bis auf den dritten Querbalken, und der dritte Streifen endlich wurde mit ganzen, d. i. 18 Fuß langen Pfosten belegt, die schon auf dem vierten Querbalken ruhten. Nachdem nun überall mit ganzen Pfosten die Belegung fortgesetzt wurde, so ist es natürlich, daß diese stufenweise abgesetzte Belegung bis an das andere Ende der Bahn fort gebildet wurde. Diese Anordnung hat den doppelten Vortheil, daß erstlich die Bahn eine größere Steifheit gegen Seitenschwankungen erhielt, und daß zweytens durch dieses Übergreifen der Pfosten auf den unten liegenden Querbalken die Wirkung der auf der Brücke wo immer befindlichen Last jedes Mahl auf weit mehr als 4 Querbalken oder 8 Hängestangen vertheilt wird. Sollte also auch durch irgend einen Zufall eine oder die andere Hängestange beschädigt werden, oder eine unterliegende Schrauben-

mitter losgehen, so kann dieß der Brücke nicht schaden, weil sie durch die Pfosten selbst gehalten bleibt.

Über der Pfostenbelegung steht zu beyden Seiten der Bahn ein aus geschmiedetem Eisen sehr zierlich gefertigtes Geländer, welches mit den Hängestangen so verbunden ist, daß diese selbst einen Theil der senkrecht stehenden Geländerstäbe bilden. Die Entfernung dieser Geländer, welche eigentlich die Breite der Brücke bestimmt, beträgt genau 11 Fuß. Die Geländer selbst stehen durchaus unter dem Bogen der Kette, welche an den Puncten ihrer tiefsten Krümmung noch etwas über 6'' über dem Geländer schwebt.

Um den Begriff der ganzen Construction noch mehr zu versinnlichen, werden die Kupfertafeln dienen, welche mit der auf die beygesetzten Buchstaben Bezug nehmenden Erklärung diesem Buche angeschlossen sind.

Nach dieser vorausgeschickten allgemeinen Beschreibung des ganzen Kettenbrückenbaues, werde ich nun auf die einzelnen Hauptbestandtheile zurückkommen, die Gründe entwickeln, warum man dieselben so, wie sie sind, angeordnet hat, durch Rechnung zeigen, welche Stärke und Dauerhaftigkeit man von dem Werke zu erwarten haben dürfte, und zugleich untersuchen, ob die Brücke der Last hinlänglich entspreche, welche sie nach ihrer Bestimmung zu tragen hat.

---

## Zweyter Abschnitt.

### Berechnung der Last, welche auf der Einheit der Länge der Brückenbahn ruht.

Da mir von den Lesern meiner im Jahre 1826 bey Herrn S. P. Sollinger herausgegebenen Beschreibung der Sophien-Brücke wiederholt der Wunsch bekannt geworden ist, daß ich, statt bey den vorkommenden Rechnungen das französische Maß und Gewicht zu brauchen, lieber das hierlandes übliche Wiener Maß und Gewicht hätte annehmen sollen, so will ich diesem Winke bey dem vorliegenden Werke folgen; nur glaube ich für die Rechnung darin eine Erleichterung zu finden, wenn ich die Einheit einer Wiener Klaste in zehntheiligen Unterabtheilungen beybehalte. Bey Resultaten von besonderer Wichtigkeit werde ich dann wohl beysetzen, wie viel der zehntheilige Ausdruck im gewöhnlichen Fuß- und Zollmaße beträgt. Eben so werde ich auch mit der Einheit des Wiener Pfundes die vorkommenden Gewichte im zehntheiligen Ausdruck der Unterabtheilungen gebrauchen.

Die Last ist in doppelter Hinsicht zu berechnen, nämlich die stättige, oder eigene Last der Brücke selbst, und die zufällige Last, welche durch die Benützung der Brücke bald mehr bald minder auf der Bahn sich befindet, und getragen werden soll.

Die erstere Last, in ihren Wirkungen stets gleich, ist die Summe folgender frey schwebenden und von den Unterstützungsgebäuden getragenen Bestandtheile der Brücke.

- a. Die Tragketten, welche von einem Auflagepunkte zum andern in der Entfernung von  $52^{\circ}$ , 166 hängen, der

krummen Linie wegen aber $52^{\circ}, 7$ betragen, wiegen beyde zusammen mit ihren Bolzen und Hängestangen-Blättern . . . . .	18000 Pf.
b. die Hängestangen . . . . .	2300 »
c. die Längenträger . . . . .	2900 »
d. die Querbalken, 51 Stücke, jedes zu 187 Pf. . . . .	9537 »
e. die Belegung mit Pfosten sammt Seitenverschalung, $3736^{\square}$ Fuß betragend, den Quad. Fuß zu 10 Pf. . . . .	37360 »
f. das Geländer, 100 Currentklasten in der Länge, und die Klasten zu 90 Pf. . . . .	9000 »
g. endlich an Spannringen, Nägeln u. s. w. . . . .	400 »

Summe des stätigen Gewichtes . . . . . 79197 Pf.

Da nun die Länge der Sehne ober der Tragkette  $52^{\circ}$  in runder Zahl beträgt, so kömmt auf die Einheit, d. i. eine Klasten der Spannweite, eine stätige Last von 1529 Pf.

In Ansehung der zufälligen Last, habe ich schon bey Überreichung des zu dem Baue dieser Brücke gemachten Vorschlages den hohen Staatsbehörden vorgestellt, daß, nachdem diese Brücke zwischen zwey sehr nahe liegenden öffentlichen und unentgeltlich zu benützenden Brücken sich befindet, und die Zugänge auf diese Brücke durch die sechs Klasten langen Gebäude auf einem nur sieben Fuß breiten Corridor beengt sind, wo noch überdieß am linken Ufergebäude eine 18 Stufen hohe Treppe zu passiren kömmt, wohl nicht mehr als 15 Personen, deren eine auf 115 Pf. gerechnet werden mag, auf eine Quadrat-Klasten der Oberfläche der Bahn als die höchst mögliche zufällige Belastung angenommen werden dürften. Diese Annahme wurde auch schon durch die allergnädigste Resolution des Vorschlages gebilliget, und diente mir bey dem Bauplane zur Richtschnur. Da nun die Bahn der Brücke  $50^{\circ} 5$  Länge und  $1^{\circ} 85$  Breite hat, so beträgt der Raum der Oberfläche  $93^{\square}$ , hiervon jede Quadrat-Klasten mit 15 Menschen belastet, gibt 1400 Menschen, und jeden Menschen zu 115 Pf. gerechnet, ent-

fällt an zufälliger höchster Belastung 161,000 Pf. Vereini-  
get man aber die obige st ä t i g e Last von 79497 Pf. mit  
dieser z u f ä l l i g e n; so zeigt sich eine Summe von 240497  
Pf.; und wird diese Summe durch die Länge der Sehne zwi-  
schen den Auflagepuncten =  $52^\circ$  getheilt, so kömmt auf die  
Einheit der Länge, d. i. eine Klafter, 4624 Pf.

Die Annahme von 15 Menschen für eine Quadrat-Klaf-  
ter der Oberfläche der Bahn, wurde in der Folge, nach-  
dem die Brücke bereits vollendet war, bey Gelegenheit einer  
über die Zulassung ihrer Benützung hohen Ortes angeord-  
neten Commission von einigen zur Beurtheilung zugezoge-  
nen Kunstverständigen bestritten und behauptet, daß man  
24 Menschen auf die Quadrat-Klafter (wie dieß bey der  
Sophien-Brücke geschah), als zufällige höchst mögliche Be-  
lastung annehmen müsse, und zwar weil es möglich sey,  
daß so viele Menschen sich auf einem solchen Raume zu-  
sammendrängen können, und weil in einer so bevölkerten  
Hauptstadt wie Wien, Fälle denkbar seyen, wo ein solches  
Gedränge Statt haben kann. Den ersten Grund der For-  
derung will ich nicht bestreiten, denn ich selbst machte den  
Versuch in einem mit Kreide bezeichneten Raum einer Qua-  
drat-Klafter 24 Mann aufzustellen, nämlich 4 Mann ne-  
ben- und 6 Mann hinter einander; ob aber in einem,  
statt eines Striches mit Geländern oder Mauern umfange-  
nen Raume von etwa 9 Quadrat-Klastern auch 216 Men-  
schen gedrängt werden können, oder ob auf dieser Brücke  
wirklich 2218 Menschen zwischen Geländer und Mauer ein-  
gezwängt bestehen können, wage ich nicht zu beurtheilen,  
noch weniger aber zu versuchen. Was die Anlässe zu Ge-  
drängen in der Hauptstadt betrifft, so scheint mir sind die-  
selben e n t w e d e r vorauszusehen, und dann durch zweckmä-  
ßige Maßregeln einem Andränge auf der Brücke vorzubeu-  
gen, o d e r dieselben treten so augenblicklich ein, daß es gar  
nicht möglich wäre, eine so große Zahl von Menschen so  
plötzlich zu versammeln und einen übermäßigen Andrang

auf der Brücke herbeyzuführen, dem nicht ebenfalls in der Zwischenzeit begegnet werden könnte. Endlich zeigt auch eine freylich erst dreyjährige Erfahrung auf der Sophien-Brücke; daß es sich kaum ereignet haben mag, daß 200 Menschen auf einmahl auf jener Brücke sich befunden haben, und nimmt man hier, bey der Carls-Brücke, wegen der stärkeren Passage das doppelte und dreyfache an, so würde dieß erst 500 bis 600 Menschen ausmachen. Die engen Zugänge, die Treppe an einer Seite, der kleine Aufenthalt bey der Casse, alles dieß würde dazu beytragen, eine große Übersfüllung leicht zu verhindern, wenn der Zubrang von einer Seite her geschieht, um auf das jenseitige Ufer zu gelangen, wo z. B. der die Neugierde reizende Anlaß sich befindet.

Ich will hierdurch die Meinung der Hertzen Kunstverständigen auf keine Weise widerlegen, da selbe von sehr geachteten und kenntnißreichen Männern geäußert wurde, aber eben so große Männer Frankreichs und Englands, wo Werke der Art im großartigsten Style ausgeführt sind, haben noch weit weniger als 15 Menschen, nach den zum Theile bekannten Ausmaßen ihrer Gebäude, auf den Raum einer Quadrat-Klafter angenommen. Herr Navier insbesondere gibt in seinem theoretischen Werke über Kettenbrücken nur 3 Mann für den Quadrat-Meter, jeden mit 65 Kilogramm Gewicht, für das anzunehmende Maximum der Belastung an. Da nun vier solche Quadrat-Meter etwas mehr, als eine Wiener Quadrat-Klafter ausmachen, so kommen nach seiner Annahme auf letztere kaum 12 Menschen zu rechnen. In England scheint man, freylich nicht in den Hauptstädten, aber doch auf bedeutend langen Brücken, die überdieß den Seestürmen ausgesetzt sind, nach Berechnung der bekannten Angaben, noch weniger bedenklich über das Tragvermögen der Kette, oder eigentlich der Brücken selbst zu seyn. Ich hoffe, das Mittel zwischen beyden Meinungen mit der bemerkten Annahme von 15 Menschen zufälliger Belastung auf eine Quadrat-Klafter gehalten zu haben, und

glaube, daß bey derselben und bey der Anwendung der nöthigen Vorsicht wohl keine Gefahr Statt haben werde; rathe aber Jedermann, der einen solchen Bau unternimmt, so weit es die zu Gebothe stehenden Finanzen erlauben, lieber zu stark als zu schwach zu bauen, wenn nur dadurch die Vervielfältigung dieses so nützlichen Brückenbausystemes nicht wesentlich Abbruch leidet.

Wem diese Erörterung über die Annahme der Zahl der Menschen als zufälliger Belastung auf einer Quadratklaster der Brücke in diesem kleinen Werke nicht an ihrem Plage scheinen möchte, den ersuche ich, sich zu erinnern, daß die Absicht desselben, wie ich schon im Eingange sagte, keine Lobrede auf den Bau seyn soll, sondern eine unumwundene Darstellung alles dessen, was Gutes oder Mangelhaftes daran ist, und ich würde daher mein dießfalls gegebenes Wort schlecht gelbset haben, oder von Eigenliebe sehr geblindet seyn, wenn ich die Rüge von Kennern mit Stillschweigen übergangen hätte. Aber auch das war ich mir schuldig, zu zeigen, worauf jene Ansichten sich stützen, die mein Verfahren bestimmt haben. Das billige Urtheil unterrichteter Leser und die Erfahrung wird hier entscheiden; in jedem Falle aber die Sache — ich meine künftige Unternehmungen der Art — gewinnen, wenn die verschiedenen Ansichten darüber bekannt werden.

---

### Dritter Abschnitt.

#### Von dem Materiale und der Gestalt der Ketten, der Hängestangen der und hierzu gehörigen Bestandtheile.

Nach meinem ersten Entwurfe des Constructionsplanes hatten die Ketten im inneren Lichte 6 Fuß lange Ringe von geschmiedetem Eisen, deren immer abwechselnd 5 und 4 Stücke an die Bolzen gereiht worden wären. Ihr Querschnitt hätte 24<sup>o</sup> Zoll betragen sollen. Dieselbe Anordnung in der Gestalt traf schon der durch den Londoner Tunell bekannte Ingenieur, Herr Brunell für die von ihm gebauten Kettenbrücken. Ich wählte diese Form, abgesehen von dieser gewiß annehmbaren Auctorität eines solchen Meisters, aus folgenden Gründen. Stangen, welche solche lange Ringe von beyläufig 1½ Zoll nach der Höhe, und 1 Zoll nach der breiten Kante bilden, sind leicht geschmiedet, und über festgestellte Dornen, die den Durchmesser der Kettenbolzen haben, sowohl in der Länge als Genauigkeit der aufliegenden Abrundungen ohne Schwierigkeit zu machen. Auch ist bey denselben das Bohren der Bolzenlöcher, eine etwas mühsame und kostspielige Arbeit, erspart, und endlich vermeidet man die Anwendung jedes überflüssigen Gewichtes, da solche Ringe durchaus in der Länge und in der geschweiften Abrundung den gleichen Querschnitt behalten, wogegen die geraden Kettenstangen mit ihren an beyden Enden befindlichen kreisrunden Taschen, oder kreisförmigen Platten, durch welche die Bolzenlöcher gebohrt werden, einen doppelt so großen

Querschnitt, als in der Mitte der Stange, folglich mehr Material und Gewicht bey gleicher Länge und Stärke erfordern.

Ich ließ zur Probe einige solche Ringe im Großen, und zwar aus dem besten Eisen, und von den besten Schmieden verfertigen, und versuchte selbe mit dem, schon in meiner gedruckten Abhandlung über die Sophien-Brücke beschriebenen, Versuchshebel. Diese Versuche überzeugten mich jedoch bald, daß man von dem Eisen in dieser Form bey weitem die Widerstandskraft nicht erwarten dürfe, die es in der Form einer einzigen, durch die Achse der Verlängerung gezogenen, Stange hat.

Im Ringe laufen nämlich zwey Seitenstangen parallel nebeneinander, und daß diese nun vollkommen gleich stark, gleich hart oder weich, gleich dehnbar und so zu sagen vollkommen identisch seyen, wäre eine Voraussetzung, die nur höchst selten wirklich vorhanden seyn kann, und doch ist nur auf diese Annahme das richtige Vertheilen einer im Zuge eines solchen Ringes angewendeten Gewalt bedingt. Keiner dieser auf die Probe gestellten Ringe, ungeachtet sie wirklich trefflich gearbeitet waren und 3<sup>o</sup> Zoll Querschnitt hatten, hielt den Zug von 700 Centner Gewalt aus, ohne sehr merkliche Dehnung, Krümmung oder Zusammenziehen in der Mitte zu erleiden; ja einige sprangen bey diesem Gewichte sogar schon ab, und meistens an jener Seite des Ringes, welche dem Zuge Anfangs weniger nachzugeben schien, also stärker war. Diesen Umstand, welcher sehr auffallend ist, erkläre ich mir so, die größere Dehnbarkeit, d. i. Weichheit der einen Stange verursacht, daß die Wirkung des Zuges dann größten Theils auf die andere minder dehbare, d. i. stärkere Stange, und zwar nicht mehr in der geraden Achse der Verlängerung Statt hat, sondern in schiefer Richtung, welche Lage aber nach den Regeln der Mechanik höchst nachtheilig für den Widerstand ist. —

Daß ich also von diesem ersten Entwurfe abgehen und alle

die scheinbaren Vortheile aufgeben mußte, war eben so natürlich, als daß ich sogleich wieder auf die, schon bey der Sophien-Brücke als vortrefflich anerkannte, Form der Kettenstangen zur Construction der Kettenglieder zurückging, und hierbey nur den Unterschied annahm, daß ich die 5 Verbindungsblätter, die bey der Sophien-Brücke die Kettenstangen zu vier und vier verbinden, durch fünftheilige Glieder, von gleicher Form wie die übrigen und nur von verhältnißmäßig geringeren Querschnitten, ersetzte. Dadurch ersparte ich ein nicht unbedeutendes Materialgewicht und besonders viele Bohrungen von Bolzenlöchern.

Mit diesen Untersuchungsarbeiten beschäftigt, fügte es der Zufall, daß Herr Daniel Fischer, ein rühmlich bekannter Stahlfabrikshaber, zu St. Ägid in Oesterreich, den Wunsch äußerte, die absolute Stärke einer von ihm verfertigten Gattung Stahl (damascirten Stahl) durch Versuche kennen zu lernen. Ich unternahm diese Versuche und fand den Stahl bey weitem kraftvoller als Eisen und, da derselbe nicht gehärtet war, auch eben so zähe und biegsam. Dieß führte mich sogleich auf die Idee, ob man nicht Stahl im ungehärteten Zustande statt Eisen mit Vortheil für Kettenbrücken verwenden könnte? Die Frage war um so mehr begründet, als schon lange der Stahl in seiner außerordentlichen absoluten Festigkeit, von den berühmtesten und geschicktesten Männern, welche über Mechanik und Physik geschrieben haben, anerkannt war. Eytelwein, in seinem Handbuche der Statik fester Körper (Berlin 1808, neue Auflage) führt im zweyten Band 15. Kapitel, Seite 243 Versuchsergebnisse über die absolute Festigkeit des Eisens und des Stahles an, die schon Muschenbroek im vorigen Jahrhundert in seiner: *Introductio ad philosophiam naturalem* (Lugd. 1762) bekannt machte. Nach diesen Versuchen fordert eine geschmiedete Stange mit 1<sup>o</sup> Zoll Stärke, d. i. Durchschnitt, zum Abreißen:

	Berliner Pfund.	Wiener Pfund.
Schwedisches Eisen . . . . .	76570	63782
Obmunder detto . . . . .	73830	61500
Vorzüglich gutes deutsches Eisen . . . . .	78035	65000
Gemeines Eisen . . . . .	71300	59393

Dagegen fordert ungehärteter Stahl von demselben Durchmesser:

	Berliner Pfund.	Wiener Pfund.
Beste Sorte . . . . .	125510	104630
Minder biegsamer Stahl . . . . .	130780	108940
Gemeiner Stahl . . . . .	113900	94878

Endlich fordert gehärteter Stahl, ebenfalls von gleichem Durchschnitte:

	Berliner Pfund.	Wiener Pfund.
Gemeine Sorte . . . . .	118120	98394
Stahl zu Rastermessern . . . . .	158200	131880
detto zu gemeinen Messern . . . . .	142380	118600

Herr John Nicholson, in seinem practischen Mechaniker und Manufacturisten (in Übersetzung zu Weimar 1826 herausgegeben), führt Seite 213 Versuche von Georg Kenzie jun. über absolute Festigkeit von Stahl und Eisen an, die am 30. April 1817 gemacht wurden, aber freylich nur mit  $\frac{1}{4}$  Quadratzoll starken Stäben, deren 16 erst den Querschnitt von 1<sup>o</sup> Zoll, nach englischem Maße (welches bekanntlich etwas kleiner als unseres ist) ausmachten.

Diese Versuche lauteten so:

	Pfund avoir du pois.	Pfund Wiener Gewicht.
Gußstahl von der Kruste befreyt forderte zum Bruche für einen vollen englischen Quadratzoll . . . . .	134250	108750
Gemeiner gehämmerter Stahl . . . . .	133150	107850
Deutscher gehämmerter Stahl . . . . .	127630	103380
Schwedisches Eisen . . . . .	72064	58372
Englisches detto . . . . .	55872	45256

Die Stärke dieser Materialien würde, wenn sie auf den Wiener Zoll gerechnet wären, da derselbe etwas größer ist, auch größer, und mit meinen später aufgeführten Versuchen gleichförmiger seyn.

Es wird Jeder, den dieser gewiß wichtige Umstand der größeren absoluten Festigkeit des Stahles anspricht, sehr leicht in vielen anderen Werken ähnliche Resultate auffinden, allein eigene Versuche klären solche Fragen immer am besten auf, darum habe auch ich deren sehr viele unternommen, und ihre Resultate in zwey Abhandlungen bereits bekannt gemacht, welche der, von den Herren Professoren der hiesigen Universität, Andreas Baumgartner und v. Ettingshausen, redigirten, Zeitschrift für Physik und Mathematik eingeschaltet sind.

Da es nun für mich von der größten Wichtigkeit ist, zu beweisen, daß ich mit aller Umsicht zu Werke gegangen sey, als ich es wagte, ein bisher nicht gebrauchtes Materiale zu den Ketten einer Hängebrücke anzuwenden, und da diese Untersuchungen die Leser meines Werkes über den Kettenbrückenbau ansprechen dürften, so halte ich es für angemessen, diese Abhandlungen auch hier einzuschalten, und muß dabey nur bemerken, daß ich in der, dem ersten Aufsatze angefügten, Tabelle der Resultate einige, an sich unbedeutende, Rechnungsfehler verbessert habe, worin man den einzigen Unterschied im Vergleiche mit den Abhandlungen der gedachten Zeitschrift finden wird.

---

## I.

## V e r s u c h e

über die absolute Festigkeit einiger österrei-  
chischen Stahlgattungen, und Vorschlag, die-  
ses Material statt des Eisens zu Ketten-  
brücken und Ankertauren zu verwenden.

Mit allem Rechte verbreitet sich die Anwendung des Kettenbrückenbaues in allen civilisirten Ländern immer mehr, so wie die vortheilhaften Erfahrungen, die durch die Theorie voraus bestimmten Vortheile desselben täglich mehr bestä- tigen. Einige unglückliche Ereignisse, die zum Glücke wirk- lich nicht häufig eingetreten sind, haben bisher solche Brü- cken, die nach dem Princip der Kettenlinie erbaut worden sind, meines Wissens nicht betroffen, und dürften auch wohl nicht zu besorgen seyn; außer dem Falle, daß eine unverstän- dige und leichtsinnige Anordnung bey Bestimmung des Bau- places zu wenig Rücksicht auf die gehörige erforderliche Stärke der Wiederhalts- und Unterstützungsgebäude, selbe aus eigener Schuld herbeyführen würde. Die Ketten selbst, stets aus einem, selbst dem Zahn der Zeit eine unverwüst- liche Dauer entgegensehenden, Materiale, nähmlich Eisen bestehend, können durchaus nie gefährdet seyn, wenn sie ursprünglich in der, der möglichst größten Belastung ange- messenen Stärke für die Hängekettten verwendet worden sind; allein man muß stets von der Überzeugung ausge- hen, daß diese Stärke nicht nach dem Vorausmaß des Querschnittes, selbst bey den trefflichsten Eisengattungen, sondern durch wirkliche Versuche bestimmt werden muß, wenn der Architect nicht das Leben seiner Mitbürger muth- willig einer Gefahr Preis geben will. Daß diese Versuche für jedes einzelne Glied einer solchen Kette so leicht und so überzeugend angestellt werden können, ist gewiß unter den übrigen Vorzügen dieser Brückenconstruction einer der vor-

züglichen, und eine Verabsäumung um so sträflicher, weil es durchaus unmöglich ist, besonders wenn das körperliche Ausmaß der Ketten bedeutend seyn sollte, durch irgend ein äußeres Merkmahl am Eisen zu erkennen, ob selbes wirklich ganz, und ohne innere Risse sey. Erfahrungen, die ich bey dem Baue der ersten Kettenbrücke in Wien, deren trefflich gearbeitete Kettenglieder aus zwey Quadrat Zoll starken Eisenstangen bestehen, machte, haben mich überzeugt, daß bey der Prüfung derselben zwar sehr wenige, aber doch einige derselben, die ein durchaus ganzes und gesundes Aussehen hatten, bey einer ihrer scheinbaren Kraft und Stärke noch lange nicht entsprechenden Anstrengung, abgesprungen sind, oder sich über Gebühr verlängert haben, ungeachtet selbst practische Eisenarbeiter keine Spur eines inneren Schadens an denselben entdecken konnten. Bey diesem Anlasse jedoch, glaube ich, dürfte es nicht ganz überflüssig seyn, zu erinnern, daß man bey solchen Untersuchungen auch nicht auf der anderen Seite zu weit gehen müsse, das heißt, daß man diese Bestandtheile nie bey solchen Versuchen über die wahrscheinlich größte Kraft, welcher sie als Kette zu widerstehen bestimmt sind, belasten oder durch Hammerschläge und ähnliche Mittel im höchst gespannten Zustande mißhandeln sollte, weil sonst ein selbst vollkommenes Materiale in der Probe erst Beschädigungen erhalten kann, die sich zwar im Augenblicke der Probe nicht zeigen, allein durch den Einfluß der künftigen, zwar minderen, aber unausgesetzten Belastung endlich doch merkbar werden, oder gar ein Abspringen veranlassen. Solche Proben scheinen mir in diesem Falle, so wie überhaupt, unzweckmäßig und sogar gefährlich. Wenn man zum Beyspiele Gewehrläufe, die in der Regel der Entzündung eines Schusses Pulver widerstehen sollen, mit drey- und vierfacher Ladung tormentirt: wie leicht kann es sich ereignen, daß der vollkommen gesunde Lauf, wenn er auch nicht gleich bey der Tormentirung springt, doch einen feinen Sprung erleidet, der ihn

erst in der Folge unfähig macht, einen einfachen gewöhnlichen Schuß auszuhalten. Solche Untersuchungen sind in ihren Wirkungen selbst Zerstörungsanlässe, und machen, daß der Körper, der ihnen unterworfen wird, durchaus minder verlässigt nach ihrer Anwendung ist, als er vorher war.

Diese, dem eigentlichen Gegenstande meiner Mittheilung zwar fremde, Bemerkungen habe ich keinesweges vorausgehen lassen, um etwa zu verhüten, daß man auch mein, zu solchen Ketten vorgeschlagenes Material, nämlich Stahl, mit solchen heroischen Kraftversuchen, etwa mehr als Eisen zu verschonen brauchte; im Gegentheile, wenn es sich bey demselben um das Maximum des Widerstandvermögens handelt, mag Jedermann diese oder sonst was immer für Anstrengungen an selbem ausüben, besonders wenn das daraus gefertigte Kettenglied nicht zum wirklichen künftigen Gebrauche, sondern zum endlichen Abspringen bestimmt ist. Nur die Vorliebe für das System der Kettenbrücken, und die gerechte Sorge, daß bey dessen nicht genug anzuempfehlender Anwendung doch leicht durch zu wenig oder zu viele Vorsicht in Verwendung des Kettenmaterials irgend ein unglückliches, der guten Sache schadenendes Ereigniß herbeygeführt werden kann, zwang mir die Äußerung dieser Ansichten über Proben solcher Art ab, die nur dann gerechtfertiget sind, wenn man, wie bey dem Baue der Wiener Kettenbrücke, nur die Hälfte der wirklichen Kraft des Eisens, woraus die Ketten bestehen, selbst für den äußersten Fall der Belastung in Anspruch genommen, und durch Spannung auf einer eigenen Maschine untersucht hat.

Der Gebrauch eiserner Ketten für Hängebrücken und für Ankertaue ist übrigens wirklich noch zu neu, als daß nicht, ungeachtet der warmen Theilnahme der geschicktesten, gelehrten und practischen Männer, die über denselben nachgedacht und geschrieben haben, noch Manches in Folge der Zeit, durch Erfahrung und Beobachtung als zweckmäßig und vortheilhaft für die Anwendung gefunden werden sollte; und

als einen Beytrag der Art glaube ich, daß auch die Erfahrungen und Versuche, die ich hier zu beschreiben die Absicht habe, einen billigen Anspruch auf das Publicum, und vorzüglich auf die Aufmerksamkeit und weitere sorgfältige Prüfung der practischen und gelehrten Mechaniker und Ingenieure zu machen berechtigt sind. Ich selbst bin weit entfernt zu glauben, daß das Wenige, was ich bis zur Stunde mittheilen kann, erschöpfend, und für den Beweis der Sache genügend sey, und ich bin darum fest entschlossen, mit ähnlichen und vollkommen systematischen Versuchen der Art, die Wichtigkeit meiner Ansicht in der Folge noch näher zu beleuchten. Doch gehen schon aus dem bis jetzt Erprobten so unlängbar große Vortheile und Verbesserungen hervor, daß mir Niemand mit Grund wird den Vorwurf machen können, diese Mittheilung sey zu voreilig, besonders da ich selbe als eine zur Prüfung des Gegenstandes gemachte Anforderung an Männer, die mehr Kenntnisse und Geschicklichkeiten zu solchen Arbeiten als ich haben, anzusehen ersuche, und bey weitem nicht verlange, daß man meine Meinung schon als vollendet und erwiesen in der Praxis annehmen sollte.

Die allgemein bekannten Eigenschaften des Stahls, worunter besonders seine Härte, aber eben so seine große Sprödigkeit denselben ganz vorzüglich charakterisiren, mögen vielleicht die Ursache seyn, daß man meines Wissens noch nirgends auf die Idee verfallen ist, denselben für Hängebriicken, Ketten oder Ankertaue als Materiale zu brauchen, und man scheint bisher durchaus für diesen Zweck sich lieber an das zwar ebenfalls sehr feste, dabey aber sehr zähe und dehnbare Eisen gehalten zu haben.

Nachdem ich vor vielen Jahren, durch die Theilnahme an der Leitung eines Stahlhammers in Kärnthén, mit der Fabrication desselben etwas vertrauter zu werden Gelegenheit hatte, so war es mir sehr lebhaft in Erinnerung, daß seine Festigkeit wohl eine Eigenschaft sey, die er seinem Mischungsverhältnisse aus Eisen und Kohlenstoff, bey eini-

gen Sorten auch noch von anderen Metallen, als: Mangan, Nickel u. s. w. zu danken habe, daß es aber bloß von der plötzlichen Abkühlung abhängt, ob er auch hart und sprengbar werden soll, was in der Regel von demselben, wenigstens als Kaufmannsgut gefordert wird, und daher häufig als eine unzertrennliche, dem Gebrauche desselben als Ketten durchaus nicht zusagende Eigenschaft, vorausgesetzt wird.

Nebstdem macht man, wie billig, bey jedem Unternehmen, wie das einer Kettenbrücke ist, auch die Betrachtung, daß das Materiale, besonders wo es in so bedeutender Menge erforderlich ist, zugleich so wohlfeil als möglich sey; ein Umstand, der dem Eisen unter gewissen Ortsverhältnissen, und einigen feineren Gattungen von Stahl gegenüber, offenbar den Vorzug der Anwendbarkeit zu geben scheint, was ich aber in der Folge zu widerlegen hoffe.

Die Sprödigkeit und Sprengbarkeit ist dem Stahle, wie jeder Arbeiter, der mit demselben zu thun hat, weiß, durch ein Durchglühen in einem so hohen Grade zu nehmen, daß sich derselbe wie das weichste Eisen vollkommen schmieden, schweißen, und unter jede Form bearbeiten läßt. Wenn derselbe, ohne wieder gehärtet zu werden vom Amboss kömmt, so behält er zwar immer eine größere Elasticität und Steifheit als Eisen, ist aber selbst im kalten Zustande hinlänglich biegsam, hält beträchtliche Hammerschläge und Biegungen aus, ohne abzuspringen, und ich kann mir wirklich gar keine Art von Stoß, Druck oder einer sonstigen äußeren Einwirkung auf eine Kettenbrücke denken, die der Stahl in diesem Zustande nicht vollkommen, und ohne mindesten Nachtheil aushalten würde. Seereisen habe ich zwar nie selbst gemacht, und kann daher die Umstände weniger beurtheilen, in welche Taue auf Seeschiffen kommen können; doch auch Ankertaue aus Stahl, verglichen mit denen aus Eisen, mögen von Seite der Sprengbarkeit durch Seitenstoß oder Druck in ziemlich gleichem Verhältnisse ste-

hen, dabey aber die ersten, wie die Versuche zeigen, den wirklich ungeheueren Vortheil gewähren, daß sie kaum ein Drittheil der Schwere und Masse haben dürfen, um mit gleicher Festigkeit dem Sturme und den Wellen zu widerstehen.

Eine weitere Betrachtung, die bey der Wahl dieser beyden Kettenmaterialien Statt findet, ist der Einfluß der Luft, Feuchtigkeit, und insbesondere des gesalznen Meerwassers auf die Drydation oder das Rosten derselben.

Hierin wird mir jeder practische erfahrene Eisen- und Stahlarbeiter, noch mehr aber Physiker und Chemiker einräumen, daß der Stahl dem Roste weit mehr widersteht als Eisen, und daß selbst wirklich vollkommene Säuren, als die so kräftige Salpetersäure, den Stahl bey weitem weniger angreifen als Eisen; ein Umstand, der mithin über den Einfluß gewöhnlicher atmosphärischer Dünste, des Regen- und Salzwassers gar keine Sorge zuläßt, und im schlimmsten Falle kann der Stahl so gut wie Eisen durch deckenden Firniß und Anstrich geschützt werden.

Die absolute Kraft des Stahles, das heißt der Widerstand, den eine aus Stahl gefertigte Stange, versteht sich im weichen Zustande, oder wie man zu sagen pflegt, abgelassen, entgegensetzt, wenn selbe durch irgend eine Kraft der Länge nach gezogen und abgerissen werden soll, verhält sich bey einigen Gattungen Stahls, die ich untersuchte, gegen das Eisen, was ich ebenfalls bey dem Baue der Sophien-Brücke zu prüfen Gelegenheit hatte, wie 5 : 2.

Zu meinem besonderen Vergnügen haben die Versuche, die in der beygefügten Tabelle verzeichnet sind, dargethan, daß der gemeine vollkommen schweißbare Stahl, der in der Gegend von Vorderberg in Steyermark erzeugt, und als Stahlriegel verkauft wird, von allen bisher versuchten Stahlgattungen dieses günstige Verhältniß am meisten und bestimmtesten behauptet, und sogar übertroffen hat. Da ich bey der Absicht mich über die Frage der Stärke des Stahles durchaus weder selbst täuschen, noch durch Andere

täuschen lassen wollte, so kaufte ich bey einem hiesigen Eisenhändler, von dessen Redlichkeit ich überzeugt war, daß er über den Fabricationsort des Stahles mich gewiß nicht täuschen würde, solchen Vorderberger Stahl, der auf dem hiesigen Plage nicht höher als ungefähr 11 fl. M. M. pr. Centner zu stehen kommt, dann auch einigen Kärnthnerischen oder Brescianer Stahl. Beyde Sorten übergab ich zur zweckmäßigen Ausschmiedung ohne alle weitere künstliche Bearbeitung oder Gärbung dem rühmlich bekannten hiesigen Schlossermeister Herrn Kerker, mit dem Auftrage, mir von jeder Sorte drey, für die mir zu Gebothe stehende Hebelmaschine eingerichtete, Stahlstangen nach dem Querschnitte, der aus der Versuchstabelle zu entnehmen ist, zu schmieden. Er that dieses auf eine seiner Redlichkeit und Geschicklichkeit entsprechende Art, und war auch selbst bey den Versuchen mitwirkend thätig.

Außer diesen beyden Stahlgattungen habe ich auch noch folgende feinere Sorten auf gleiche Art behandelt und untersucht:

Eine Gattung damaszirten Stahl aus der Fabrik eines sehr geschickten Hammermeisters in Oesterreich, Herrn Daniel Fischer zu St. Ugidy, der sein übrigens zu gewissen Zwecken treffliches Fabricat selbst zu Untersuchungen dieser Art angebothen hat. Die zweckmäßig gefertigten Stangen hatte er mir selbst eingesendet, und bloß, weil dieselben einen etwas zu starken Querschnitt hatten, ließ ich in der mittleren Länge, die so wie bey allen übrigen Versuchsstangen ungefähr 21" betrug, einen Theil, ungefähr 6" lang von den beyden Seiten so weit einfeilen, bis der vierkantige Querschnitt etwas mehr als  $1\frac{1}{2}$  Linie an jeder Fläche zum Umfange hatte. Zur mehreren Richtigkeit der Beurtheilung muß ich beyfügen, daß Herr Fischer mit der Art und Weise, wie der Versuch gemacht wird, als abwesend von hier, nicht bekannt, auf diese kleinen Stahlstangen gerade in der Mitte das Wort: damasziert, mit Punzen, zwar ohne

sichtbaren Nachtheil, aber ziemlich tief schlagen ließ. Bey einigen Versuchen sprang die Stange gerade bey diesem eingeschlagenen Worte, bey andern nicht; aber eine Verletzung kann denn doch hier Statt gefunden haben. Weich war diese Stahlgattung ganz besonders, und jedes Taschenmesser im Stande, beträchtliche Einschnitte auf dieselbe zu machen.

Die vierte Sorte Stahl war ein von dem Schlossermeister des k. k. Hauptmünzamtes in Wien, Herrn Gerlach, verfertigter ausgezeichnet feiner Gußstahl, dessen treffliche Eigenschaften ihn ganz vorzüglich zu Streckwalzen und anderem Münzgeräthe, so wie zu den feinsten Schneidwerkzeugen eignen. Die Erzeugung dieses Stahls wird stets ein ausgezeichnetes Verdienst dieses ehrenwerthen Mannes seyn, wenn gleich der natürlich hohe Preis eines, so großen Feuer- und Tiegelaufwand fordernden, Fabricates dasselbe, ungeachtet seines sehr vortheilhaften Kraftverhältnisses, nicht wohl zur Verfertigung von Ketten eignet. Auch so weich, als der vorhin geschilderte Stahl war er im abgelassenen Zustande nicht, ließ sich aber doch ohne alle Gefahr des Abspringens unter ziemlich scharfen Winkeln biegen und gerade richten, gab kalt dem Hammer leicht nach, und würde sich selbst zum Theile kalt strecken lassen; zum Theile war er, nach der Versicherung des Herrn Gerlach, schweißbar, zum Theile nicht, was von der, in seiner Willkühr stehenden Fabrications-Manipulation abhängen soll, worüber es aber die Bescheidenheit verboth, mir nähere Aufklärung zu verschaffen.

Die Stangen aus diesem Stahle hat Herr Gerlach selbst geschmiedet, und auch persönlich an allen damit gemachten Versuchen Theil genommen. Die ausgezeichnete Feinheit des Korns im Bruche dieser Stangen ist mir in einem höheren Grade noch nicht vorgekommen, und beweist die Trefflichkeit und Reinheit des Materials; besonders soll er eine Politur und Härte annehmen, die ihn den feinsten Sorten englischen Stahls gleichstellt.

Mit Eisen habe ich, wie schon oben erwähnt, bey Ge-

legenheit des Baues der hiesigen ersten Kettenbrücke, sowohl mit der später zu beschreibenden kleinen Hebelmaschine, an zwey bis drey Linien starken Stangen, als auch an zwey Zoll starken Stangen, wie sie als Bestandtheile der Kette selbst angewendet wurden, auf einer nach gleichen Principien gefertigten Maschine, die eine Kraft von mehr als 1200 Centner ausübt, Versuche gemacht. Um aber hier nicht zu weitläufig zu werden, muß ich auf das, was ich darüber in der bey J. P. Sollinger in Wien im Jahre 1826 herausgegebenen Beschreibung der Sophien=Brücke gesagt habe, verweisen; im Allgemeinen aber nur so viel bemerken, daß im Hauptresultate aller Versuche das untersuchte Eisen nicht viel mehr als 400 Centner auf den Quadrat Zoll trug. Draht trägt, nach einer von meinem Bruder, Herrn Ferdinand Ritter v. Mitis, im Jahre 1825 bey Herrn Erntsenky allhier lithographirt herausgegebenen Beschreibung über die von ihm als größerem Versuch erbaute, und noch im k. k. botanischen Garten der hiesigen Universität stehende Drahtbrücke, im Verhältnisse des kleineren Flächendurchschnittes bedeutend mehr, ja selbst bis 6 und 7 hundert Centner auf den Quadrat Zoll. Diese Ergebnisse veranlaßten mich, demahlen zugleich mit den Stahlversuchen auch ein durch Walzen gestrecktes Eisenblech, ungefähr eine Linie dick, in Form von solchen Stangen, die für die Maschine brauchbar waren, schmieden und ausfeilen zu lassen, und zwar so, daß eine derselben, der Länge nach, wie das Blech durch die Walze gegangen ist, die zweyte aber senkrecht auf die vorige Richtung der Quere nach ausgeschnitten worden ist. Die Resultate des Versuches sind der Tabelle ebenfalls angefügt, haben aber meiner Erwartung keinesweges entsprochen, besonders ist die erstere Stange bey einer viel zu geringen Belastung gebrochen. Der Bruch war förmlich in schieferähnlichen Blättern, und mit höchst unförmlichen Ranten erfolgt, und einige Blättertheile sprangen sogar heraus und gingen verloren.

Ob gestreckte Stangen von Eisen statt gehämmerte eine größere Kraft zeigen würden, behalte ich mir noch zu versuchen vor, und habe bereits die Hoffnung, solche von einer unserer vorzüglichsten Eisensfabriken zu erhalten.

Um jene Leser dieses Aufsatzes, für welche die Entscheidungen der Frage, ob der Stahl wirklich die von mir nach Versuchen angegebene Kraft habe, ein näheres wissenschaftliches oder practisches Interesse hat, in den Stand zu setzen, die Art und Weise des Verfahrens zu beurtheilen, wie ich bey den gemachten Versuchen zu Werke gegangen bin, mag es vor Allem nöthig seyn, in Tab. I. eine Zeichnung der Maschine vorzulegen, die ich gebrauchte, um die zu prüfenden Stangen nach und nach bis zu dem endlich erfolgten Bruche zu belasten.

Bey der Einfachheit dieser Maschine, welche im Grunde nichts als ein gehörig eingerichteter Winkelhebel ist, glaube ich, wird der durch die Zeichnung dargestellte vertikale Aufsriß der Maschine genügend für den Zweck seyn, die Gebrauchsweise derselben und ihre Wirkung zu erklären. Zwey parallelaufende starke Bohlenwände aus festem Eichenholz bilden eine Art von länglichem Kasten, der mit einer aus dem gleichen festen Holze gefertigten Wand an der vorderen und rückwärtigen Seite geschlossen ist. Durch die Rückseite A geht ein cylinderisch gebohrtes Loch, hinter welchem von Außen eine starke Stahlplatte mit einer gleichmäßigen Öffnung angebracht ist, um diese Wände gehörig zu verstärken. Diese Öffnung ist bestimmt, eine Schraubenspindel B aufzunehmen, an deren Knopf eine Art von Kloben C zwischen den Seitenwänden in einer nutzförmigen Bahn laufend, vor- und rückwärts sich schiebt, je nachdem die Spindel mit der starken, hinter der erwähnten Stahlplatte angebrachten metallenen Schraubenmutter und einem dazu passenden Schlüssel angezogen wird. Die Vorderseite des Kastens F ist ebenfalls mit einer solchen Stahlwand durchaus von Außen bedeckt; in  $\frac{2}{3}$  der Höhe derselben ist eine

besonders sorgfältig gearbeitete und gehärtete, länglichte Pfanne, nach Außen etwas vorragend, befestiget G, und dazu bestimmt, den Ruhepunct des Hebels, der in wagrechter verlängerter Richtung des Kastens von H bis I reicht, und von seiner keilsförmigen Stützungsschneide K an bis an die am äußersten Ende an einem genau abgerundeten Bolzen hängende Wagbrücke L genau 30 Zoll mißt, aufzunehmen. An derselben vorderen Seite des Kastens ragt über selben hin, vom Hebel aus, abermahls ein durch starke Eisen- und Stahlbeschläge befestigter horizontal gespaltener Kloben, wie jener an der Spindel, zur Aufnahme der zu untersuchenden Stangen bestimmt, die mit einem eigenen vertikal einzusteckenden Bolzen festgehalten werden. Die Entfernung der Ruhepunctschneide bis zum Mittelpuncte des Horizontalbolzens, der den Kloben mit der oberen Kante des Hebels verbindet, ist genau  $1\frac{1}{2}$  Zoll, was das Maß des kürzeren Hebelarmes bildet, der also im Verhältnisse wie 1:20 steht.

Vom Boden des Kastens oder Maschin Körpers aus in gleicher Horizontalverlängerung, laufen unter dem Hebel hin an jeder Seite verlängerte Balken N, die dazu dienen, zwey Paar Seitenstützen aufzunehmen, die, ohne das freye Spiel des Hebels bey seiner Drehung um die Ruhepunctschneide zu hindern oder zu hemmen, doch vorbeugen, daß derselbe, wenn er nach erfolgtem Bruche der Stange gewaltsam nach Außen geschleudert wird, nicht zu Boden fällt. Zu derselben Absicht befindet sich über den, dem Zugpuncte zunächst befindlichen beyden vertikalen Stützen ein Querbalken P aufgeschraubt, der unter dem Hebel zwey kleine Schenkel Q hat, die den frey werdenden Hebel, so zu sagen, auffangen. An der äußersten vertikalen Seitenstütze befindet sich bey R eine festgeschraubte Spitze, die auf einer an der Hebelseitenfläche angebrachten gravirten Stahlplatte S, die genaue Horizontallage des Hebels anzeigt, weil nur in dieser Lage der Hebel mit genauer Kraft wirkt. Sobald man hier

bemerkt, daß er gegen den Zug der Gewichte hin nachgibt und sinkt, so wird die Spindel an der Rückwand angezogen, und somit die horizontale Lage des Hebels wieder hergestellt.

Hieraus ist leicht begreiflich, daß jedes Sinken des Hebels nur dann Statt finde, wenn die eingespannte Stange sich der Länge nach streckt. Das Anziehen der Spindel muß natürlich mit möglichster Gleichförmigkeit und immer sehr langsam geschehen, um keinen heftigen und gewaltsamen Riß an der zu versuchenden Stange zu veranlassen. Eine gleiche Vorsicht muß man auch bey der Auflegung der Gewichte auf die Wagbrücke beobachten; und am zweckmäßigsten habe ich gefunden, die Vermehrung der Belastung durch Zugabe von Bleyschroten zu bewerkstelligen, die man in eine an der Wagbrücke aufgehängte Kiste so lange zugibt, bis die Stange springt, und die man sodann nur zu wiegen braucht, um das aufgelegte Gewicht zu wissen. Der Hebel selbst, welcher von starken verzahnten Eichenbohlen gemacht, und nebstbey mit Stahl und Eisen stark armirt ist, wirkt schon für sich durch das eigene Gewicht mit 120 Pfund Kraft, und jedes Pfund Gewicht, das auf die Wagbrücke gelegt wird, mit einer Kraft von 20 Pfund, wie das Verhältniß der Länge beyder Hebelarme anzeigt.

Fig. 2 ist eine Abbildung der Probestangen. Bey aa befinden sich die Öhre, mittelst welchen sie in die Spindel und Hebelkolben durch Bolzen befestiget werden, und bc ist jener Theil der Stange, welcher den Durchmesser hat, der für die Kraft berechnet wird.

Die gemachten Versuche wurden jederzeit in Gegenwart von mehreren meiner Freunde und Männern von erprobter Sachkenntniß vorgenommen. Die Erfolge, welche natürlich mit dem aufgelegten Gewichte und mit dem verschiedenen Querschnitte der Stangen im Verhältnisse stehen, wurden immer mit mathematischer Genauigkeit bis in die Hunderttausendstel berechnet.

Aus den sechs, mit dem feinsten Gußstahl vorgenommenen Versuchen ergibt sich als ein Mittelwerth an absoluter Stärke von 1<sup>□</sup> solchen Stahles 110593 Pfund, also eine beynähe drey-mahl größere Festigkeit, als die, des bisher zu Brückenbauten angewendeten Eisens, welches nur eine absolute Kraft von 40000 Pfund bewiesen hat.

Die fünf Versuche mit Herrn Fischer's damascirten Stahl gaben nur 70464 Pfund; ein Unterschied, der es wahrscheinlich macht, daß der diesem Stahl eingegärbte Eisendraht, der zur Erzeugung des Damaskes nöthig ist, ihm einen Theil der Kraft benimmt.

Die Versuche mit gemeinem steyerischen Roh- oder Tannenbaumstahl sind in Beziehung auf die practische Anwendung unstreitig die vortheilhaftesten; sie geben bey völliger Gleichheit der einzelnen Resultate eine Kraft von 114953 Pf. auf einen Quadratzoll Durchschnitt, und übertreffen daher das Eisen um 74953 Pf., also noch mehr als der feinste Gußstahl.

Zu welchen Erwartungen berechtiget dieses treffliche Material, wenn es nur einiger Maßen noch durch eine Art Gärung mehr gereinigt wird? Das Verhältniß des Preises gegen Eisen, als rohes Materiale mag höchstens wie 9 : 7 seyn, und die Bearbeitung wird wahrscheinlich für Stahl ebenfalls nicht beträchtlich kostbarer seyn. In der Anwendung, besonders für Kettenbrücken, vermindert sich die Menge des Gewichtes und die Stärke der nöthigen Querschnitte der Kette nicht nur nach obigem Kraftunterschiede, sondern auch noch überdieß durch das geringere nöthige Gewicht der Ketten; und selbst die Widerlagen, und alle übrigen Befestigungstheile einer solchen Brücke können verhältnißmäßig weniger in Anspruch genommen, also mit Ersparungen gebaut werden.

Noch auffallender spricht sich der Vortheil dann aus, wenn von Brückenbauten mit sehr beträchtlichen Spannweiten die Rede ist; z. B. über die Donau bey Pesth, oder hier

am Labor wäre es vielleicht sehr möglich, mit Stahl eine Kettenbrücke ohne alle Mittelpfeiler zu erbauen. Wer aber die Kosten eines solchen in dem Strome zu errichtenden Brückenpfeilers berechnet, wird leicht einsehen, daß der Landpfeiler, wenn auch in größerer und höherer Stärke, bey weitem weniger Kosten erfordert. Und wenn auch dieß nicht wäre, so würde die volle Freyheit des Flusses für die Schiffahrt, bey Eisgängen und Überschwemmungen die höchste Sicherheit für die Brücke, und die Entfernung jedes Unlusses zu einem Unglücke mit sich bringen.

Die drey Versuche mit dem so genannten Brescianer Stahl sind weniger gleichförmig in ihren Resultaten. Ihr Mittelwerth an absoluter Kraft, die 89693 Pf. beträgt, ist immerhin noch groß genug; allein weder der Preis, noch sonst eine Betrachtung scheint für den Gebrauch dieser Gattung, wenigstens nach diesen ersten vorläufigen Versuchen zu sprechen, die aber ohnehin noch vervielfältigt, und für diese Gattung Stahl, so wie für alle übrigen auch im Großen unternommen werden müssen.

Die ferneren Resultate seiner Zeit nachzutragen und bekannt zu machen werde ich nicht unterlassen \*).

Über die physische Ursache, welche diese bey weitem größere Festigkeit des Stahles begründet, schon dermahl ein bestimmtes Urtheil zu fällen, würde etwas vorlaut seyn; aber als eine vorläufige Bemerkung sey es gesagt, daß ich

---

\*) Nachdem die oben beschriebenen Versuche hier gemacht, und sogar dieser Aufsatz verfaßt war, gelangte ich zur Kenntniß einiger, von dem Herrn Georg Kennie, jun. angestellten ähnlicher Versuche, die Herr E. Fredgold in den Verhandlungen der königlich englischen Gesellschaft bekannt gemacht hat.

Nach diesen Versuchen, die auf österreichisches Maß und Gewicht für den Quadrat Zoll reducirt sind, beträgt die Stärke von englischem Gußstahl 116992 Pf. des gesammten gemeinen Stahles 116016 Pf., und des deutschen Stahles 111216 Pf. — Eine neue Bestätigung der angezeigten Resultate.

beobachtete, daß alle die Stangen, welche abgerissen worden sind, dem Zuge der Gewichte bey weitem weniger durch Zusammenziehung des Querschnittes nachgegeben haben, als ich dieses bey allen Eisengattungen, selbst lange vor dem Maximum der Belastung, erfahren habe.

Die constante Belastung des einmahl gegebenen Querschnittes, scheint mir, würde bey gehärtetem Stahle vielleicht noch größer seyn, und Versuche würden uns darüber belehren; allein wegen der damit verbundenen größeren Sprengbarkeit fragt es sich sehr, ob man für die Praxis davon Gebrauch machen kann, oder wenigstens welchen Grad der Härtung man etwa geben dürfe.

Tabelle über die Versuche in Beziehung auf die absolute Festigkeit einiger Gattungen inländischen Stahles.

Zahl des Versuchs.	Stahlgattung.	Breite jeder Seitenfläche der unterfuchten vierkantigen Stahlfangen in Decimal- Theilen des Wiener Solles.	Flächen- durchschnitt der Stange in Decimal- Theilen des Wiener Solles.	Specifisches Gewicht der Stahlgattungen.	Gewicht, welches die Stange bis zum Bruche trug.	Anzahl der Stangen, deren Durchschnitt zusammen 1 <sup>o</sup> '' betragen würde.	Belastung für einen Querschnitt von 1 <sup>o</sup> ''.
1.	Herrn Gerlachs Gußstahl.	0,1201	0,014	7,898	1500 Pf.	71	106500 Pf.
2.		0,1158	0,0138		1580 »	72	113760 »
3.		0,1	0,01		1220 »	100	122000 »
4.		0,08	0,0073		840 »	137	115080 »
5.		0,095	0,0099		1160 »	101	117160 »
6.		0,1169	0,1366		1220 »	73	89060 »
1.	Herrn Daniel Fischers damascirter Stahl.	0,1230	0,015	7,797	1220 »	66	80520 »
2.		0,1131	0,0128		860 »	78	67080 »
3.		0,1291	0,0166		1160 »	60	69600 »
4.		0,1131	0,0128		840 »	78	65520 »
5.		0,13	0,0169		1160 »	60	69600 »
1.	Vorderbergerer Roßstahl.	0,1158	0,0134	7,3	1540 »	74	113960 »
2.		0,1152	0,0132		1500 »	75	112500 »
3.		0,1116	0,0124		1480 »	80	118400 »
1.	Brescianer Stahl aus Kärnten.	0,1122	0,0126	7,378	970 »	79	76630 »
2.		0,1098	0,01206		1050 »	83	87150 »
3.		0,111	0,0123		1300 »	81	105300 »
1.	Gewalztes Eisenblech der Länge nach geschnitten		0,02596	7,857	840 »	38,5	32340 »
2.			0,03		1260 »	33,8	42588 »

## II.

## V e r s u c h e

über die Stärke und Elasticität des Eisens  
und Stahles, mit Rücksicht auf die Verwen-  
dung dieser Materialien zu Ketten und  
Balken.

In dem vorhergehenden Aufsatze habe ich über die Versuche, die ich zur Untersuchung der absoluten Festigkeit verschiedener Stahlgattungen mit Barren von geringem Durchschnitte unternommen hatte, die Resultate bekannt gemacht, und da der Gegenstand an sich schon von großer Wichtigkeit ist, so glaube ich, dürfte die Mittheilung der Fortsetzung und Erweiterung dieser Versuche hier nicht am unrechten Platze seyn, und wenigstens den Nutzen herbeyführen, daß Männer von tieferen Einsichten und geprüfter Erfahrung als ich, aufgeregt werden können, meine Mittheilungen zu würdigen, das allenfalls Unrichtige derselben aufzudecken, und somit die in jeder Beziehung höchst wichtige Beschaffenheit der Sache mit unbezweifelnder Richtigkeit zu Tage zu fördern.

Ich habe meinem früheren Aufsatze auch eine Zeichnung der kleinen Hebelmaschine beygefügt, mittelst welcher ich meine Versuche mit Stangen von einer bis zwey Linien Durchschnitte vorgenommen hatte, um dadurch den beurtheilenden Leser in den Stand zu setzen, sich einen richtigen Begriff von dem Versuchsverfahren zu machen, und daraus auf die mehr oder minder große Genauigkeit der Resultate zu schließen. Aber angenommen, daß dem Verfahren und dem Baue der Hebelmaschine nichts auszusetzen sey, so bleibt doch noch immer der sehr kleine Querschnitt, welchen die untersuchten Stangen haben mußten, damit sie der Kraft der Maschine angemessen waren, ein Gegenstand des billigen Zweifels über das Verhalten von Stangen mit einem

beträchtlich größeren Querschnitte, welche in der practischen Verwendung weit öfter als solche unbedeutende Maße vorkommen.

Aus diesem Grunde nun, da ich hierzu eine vollkommen ähnlich gebaute große Hebelmaschine (ein Eigenthum der Wiener Kettenbrückenbau-Gesellschaft) benützen konnte, habe ich auch mit beträchtlich starken Eisen- und Stahlstangen einige Versuche über die absolute Festigkeit wiederholt, und halte es für zweckmäßig, nun auch die Resultate dieser Versuche bekannt zu machen.

Ich erhielt von der k. k. Hauptgewerkschaft zu Eisenerz in Steyermark verschiedene, mit großer Sorgfalt und Genauigkeit ausgeschmiedete Eisen- und Stahlstangen, die ich in Untersuchung nahm, und will die Resultate als eine Fortsetzung der Tabelle, die in dem früheren Aufsatze enthalten ist, angeben:

Zahl des Ver- suches.	Benennungen der Stangengattungen.	Höhe des Prisma des Durch- schnitts.	Breite.	Durch- schnitts- Fläche.	Speci- fisches Ge- wicht.	Aufgelegtes Gewicht, welches den Bruch be- wirkte.	Für einen □ Zoll Quers- schnitts = Fläche berechnet.
1.	Eine Stange von zweymahl gegärbtem Eisen	1"	0",5.	0,5□"	7,58.	25140 Pf.	50280 Pf.
2.	Damaſcirter und einmahl raffinirter Stahl	1"	0",5.	0,5□"	7,8.	41500 "	83000 "
3.	Damaſcirter und zweymahl raffinirter Stahl	1"	0",5.	0,5□"	7,8.	52720 "	105440 "
4.	Tannenbaum- oder Scharſchachſtahl . .	1"	0",5.	0,5□"	7,75.	59880 "	119760 "

Zur Erläuterung dieser Versuchsergebnisse muß ich Einiges bey jedem derselben hier anführen. Das versuchte Eisen zeigt hier eine größere Widerstandskraft, als ich in meinem vorigen Aufsatze aus früheren mit eben der Maschine gemachten Versuchen angegeben habe, wo ich sagte, daß ich die absolute Festigkeit nicht größer als 400 Centner auf einem Quadrat Zoll Querschnitt gefunden habe; allein dieser Irrthum rührte von einer erst später entdeckten Unvollkommenheit der Maschine her, die darin bestand, daß ich genöthiget war, bey jeder theilweisen Vermehrung der aufgelegten Belastung, die Stange vorher ganz zu entlasten, und sofort das alte schon sehr beträchtliche Gewicht mit der neuen hinzugegebenen Vermehrung, bis der Bruch erfolgte, wieder auf einmahl aufzulegen. Dieses Verfahren mußte nothwendig die Kraft des Zusammenhanges früher erschöpfen, als wenn die schon einmahl belastete und gedehnte Stange fortwährend mit neuen Lasten belegt worden wäre.

Ein Draht, oder eine dünne Eisenstange, wenn ich sie auch noch so mäßig, aber doch schon über ihr natürliches Elasticitätsvermögen hin und her beuge, wird brechen, wenn ich auch bey weitem nicht die Kraft in vollem Maße darauf wirken lasse, die ihre Zerstörung oder ihr Abreißen herbeizuführen im Stande ist, und mit Unrecht würde man dann diesen geringen Kraftaufwand zum Maße ihres Widerstandsvermögens bestimmen. Den gleichen Fall führte das so oft nöthige Belasten und Entlasten der Stangen, bey dem ich sie sonst untersuchte, herbey. Diesen Fehler habe ich mich bemüht, zu verbessern, aber es würde zu weit führen, wenn ich die Art, wie ich dabey zu Werke gegangen, umständlich beschreiben wollte, es mag also genügen zu wissen, daß nun die Hinzufügung der neuen Gewichte mit weniger Unterbrechung des schon wirkenden Zuges geschehen kann, und geschieht. Für gutes steyerisches Eisen (und das war die untersuchte Stange in jeder Beziehung, wie schon der Ort der Erzeugung verbürgt) ist auch die Cohäsionskraft, von beyläufig 500 Cent-

ner, durchaus nicht zu viel, was aus dem weiteren Verfolge dieser Mittheilung zu entnehmen ist.

Die zweyte Stange, nämlich die damascirte und einmahl raffinirte Stange, zeigte eine Cohäsionskraft von 830 Centner. Für Eisen zu viel, für Stahl zu wenig. Ich muß gestehen, daß ich die Composition eines unter diesem Nahmen bey der k. k. Hauptgewerkschaft vorkommenden Materials nicht kenne, doch zeigte der Bruch, besonders die ziemlich merkbare conische Zusammenziehung der Bruchränder, daß dieser sogenannte Stahl noch größten Theils die Natur des Eisens hatte, und ich vermuthete, daß selber aus Eisen und Stahl gemengt, und zusammengearbt war, was oft zu geschehen pflegt, wenn man auf solchen Stahlarbeiten durch saure Weizen an der äußeren Fläche die Damast- oder Fladerform und Zeichnung erscheinen machen will. Ebenso wenig kenne ich, was für eine Manipulation bey dem Raffiniren des Stahles Statt findet, um daraus auf die größere Festigkeit der dritten Stange zu schließen, die doch schon 1050 Centner Last bis zum Bruche trug; aber so viel ist erweislich und gewiß, daß wenigstens Eisen, je öfter es im Feuer überarbeitet und gefrischt wird, um so besser und consistenter ist, ja daß in der Regel das beste Eisen jenes ist, was aus alten und am zweckmäßigsten sehr kleinen Stücken eingerennt und frisch ausgestreckt wird.

Endlich die vierte untersuchte Stange war eigentlicher, d. i. natürlicher Stahl, welchen die trefflichen Spatheisensteine des Erzberges bey Eisenerz bey gehörigem Schmelzproceß und Kohlensatz des Hochofens zum Theile schon in den Flossen geben. Dieses treffliche Naturproduct der östereichischen Monarchie hat auch in diesem größeren Versuche, so wie in dem früheren kleineren seine Kraft bewährt, indem es fast 1200 Centner bis zum Bruche trug. Viele noch sonst häufig gemachte Versuche, die ich aber nicht stets so genau zu protokolliren für nöthig fand, haben für den gemeinen Stahl jederzeit eben so günstige Resultate gegeben.

Ohne allen Zweifel ist die Kenntniß der absoluten Festigkeit dieser Eisen- und Stahlstangen von großer Wichtigkeit und Nutzen; allein da die Verwendung dieser Kräfte in vollem Maße, wie von selbst einleuchtet, allezeit mit der Zerflörung, das heißt mit dem Bruche verbunden wäre, so gehört, wie mir scheint, jeder Versuch darüber nur der Theorie an, und zwar um so mehr, da aus den Ergebnissen durchaus nicht auf einen proportionirten Theil der Widerstandsfähigkeit geschlossen werden kann, von welchem man mit der Beruhigung in der Ausübung Gebrauch zu machen im Stande ist, daß dessen fortgesetzte Anwendung die natürliche Kraft der Stange nicht sogleich, oder in der Länge der Zeit angreife und erschöpfe, und daß also einer Seits die Benützung zum Nachtheile der Standhaftigkeit des Eisens zu groß, daher Gefahr damit früher oder später verbunden wäre, anderer Seits aber, daß man auch nicht durch die Bestimmung eines zu geringen aliquoten Theiles dieses Widerstandsvermögens, besonders bey Anwendungen, wie die Kettenbrücken zum Beyspiele, sich unnöthig zu sehr in seinem Anspruche beschränkt, und dadurch Masse und Kosten verschwendet, die dem Unternehmer in allen Beziehungen zur Last fallen, ohne irgend einen größeren Nutzen zu schaffen, als die große Beruhigung, daß eine so derbe Construction für Patagonier eben so als für Menschen unseres Schlages Sicherheit geben wird.

Auf das wahre Maß der benützbaren Kräfte führen uns ganz andere Betrachtungen, und die Kenntnisse dereben so, wie die absolute Festigkeit unwandelbaren Eigenschaften dieser Metallsubstanzen, nämlich der Gränzen ihrer natürlichen Elasticität.

Indem ich diese Worte niederschreibe, drängt sich mir unwillkürlich die Erinnerung auf, wie oft ich bey der Mittheilung dieser Idee, selbst von wissenschaftlich gebildeten Männern mißverstanden worden bin, wenn die Rede von Elasticität war, indem man darunter jenes Vermögen eini-

ger Körper verstand, eine ihnen künstlich gegebene Form, z. B. die schneckenförmige der Uhrfeder, die spiralförmige der Drahtfeder, gegen den Zug oder Druck zu behaupten; diese Elasticität, wenden sie dann ein, ist in ihren Kraftäußerungen durchaus nicht so gleichförmig, und noch weniger beständig, als daß man irgend einen Angriff darauf mit stets gleicher Sicherheitsgewährung für die Länge der Zeit berechnen könnte, und somit ist sie als Maß der Verwendung, wenigstens mit der Zeit, verwerflich und höchst gefährlich.

Weit entfernt, das Gegentheil beweisen zu wollen, da ich mich dadurch aussetzen würde, am Ende durch einen abgetragenen, so genannten elastischen Hosenträger, widerlegt zu werden, muß ich nur erinnern, daß von dieser Elasticität, die ich zum Unterschiede die künstliche nennen will, durchaus keine Rede sey, und daß man unter Elasticität in dem Sinne, wie sie hier zu nehmen ist, jene physische, den Charakter, ja sogar die natürliche Form der Körper bestimmende Eigenschaft oder Kraft zu verstehen hat, sich in ihrer natürlichen Umgränzung d. i. Ausdehnung oder cubischen Größe zu erhalten, und vielmehr, wenn durch irgend eine andere entgegenwirkende Kraft die eigenthümliche Ausdehnung vermehrt oder vermindert werden will, nach Beseitigung dieser Gegenwirkung in ihre vorige Lage und natürliche Begränzung zurückzutreten. Daß diese Eigenschaft der Elasticität jedem Körper, der irgend einen Ton von sich gibt, oder auch den hervorgebrachten fortzuleiten im Stande ist, eigen seyn müsse, wird dem, der mit den Gesetzen der Physik bekannt ist, von selbst klar seyn, so wie, daß man aus der Höhe oder Tiefe des Tones zum Theile auf den Grad der Elasticität schließen könne.

Dieser zum Gegenstande der Abhandlung freylich nicht wesentlich gehörende Satz mag im Vorübergehen nur darum gesagt seyn, daß man daraus entnehmen möge, daß ein Körper, der keinen Ton, oder die Fortpflanzungsfähigkeit des-

selben hat, wohl schwerlich in der Natur denkbar sey, also auch kein Körper bestehe, der nicht die Elasticität in irgend einem Grade besitzt. Die scharfsinnigen Erklärungen, wodurch in der Zusammensetzung der ursprünglichen Theile eines Körpers die Elasticität hervorgebracht wird, führen zu weit in die Theorie, und können kein Gegenstand dieser kleinen Abhandlung seyn.

Modificirt, das heißt erhöht oder vermindert, kann die Elasticität bey allen Körpern durch die Natur, bey einigen auch durch den Gebrauch werden; und darauf beruht die Frage für den gegebenen Fall, die darin besteht:

Welche Kraft darf man der natürlichen Elasticität entgegen wirken lassen, ohne daß sie weder augenblicklich, noch in der Zukunft eine Änderung erleidet?

Die Versuche und Ergebnisse über die absolute Festigkeit haben uns an die äußere Gränze der Gewalt geführt, wo wir aus einem ganzen Körper zwey gemacht, und noch obendrein seine Natur so verändert haben, daß wir mit leichter Mühe und geringem Kraft- oder Gewichtsaufwande aus diesen Theilen noch mehrere machen können. Denn nicht nur der Bruch, sondern auch die theilweise Zerstörung des Zusammenhanges und der Elasticität, die Veränderung des Gefüges und der Einheit der Theile der beyden Stücke der abgerissenen Stahl- oder Eisenstangen, war eine Folge der auf selbe wirkenden Lasten, und es ist sehr wesentlich zu bemerken, daß diese Veränderung des Gefüges weit dem eigentlichen Bruch vorausgeht, und man sich sehr irren würde, wenn man z. B. von vier Eisenstangen, die bestimmt sind, gemeinschaftlich eine gewisse Last zu tragen, und wovon jede mit einem vierten Theile in Anspruch genommen wird, fordern oder erwarten würde, daß, wenn nur eine darunter ist, die sich bey irgend einer vorher einzeln auf jede Stange gehalten Wirkung einer Last, um einen auch noch so kleinen Theil ihrer Länge oder sonstigen Ausdehnung geändert haben

würde und dadurch das gleiche Maß mit den übrigen erhalten hätte, nun mit dem gleichen Maße in der Vereinigung aller vier widerstehe. Eine Meinung, die Viele zu haben scheinen, und die bey gewissen Umständen sehr bedenkliche Folgen haben kann, und bey Körpern, die einen minderen Grad der Elasticität haben, z. B. Eisen gegen Stahl; tritt diese beliebte Gleichstellung der Längen natürlich leichter und früher, dagegen mit größerer Gefahr ein, vor welcher zu warnen auch die Nothwendigkeit um so größer zu seyn scheint.

Versuche über die relative Festigkeit sind es, die uns zugleich über die weit wichtigere Frage belehren, wie groß die äußere einwirkende Kraft seyn dürfe, welche die natürliche Elasticität auf Stahl und Eisen nicht störe, d. h. sie in seiner Kraft, bey stäter oder oft wiederholter Anwendung der Gegenwirkung, in ihrem vollen Maße bleiben läßt, so lange die Natur nicht durch andere, z. B. chemische Einwirkungen, als Rost u. s. w. dieselben in ihrer physischen Wesenheit, folglich auch in ihrem Grade der Elasticität verändert.

Ich bin weit entfernt, diese Ansicht für neu auszugeben, sondern weiß gar wohl, daß sie seit Galileis Zeiten von den größten Mathematikern und Ingenieuren behandelt und der strengsten Rechnung unterworfen worden ist. Ich habe mich bloß darauf beschränkt, das Feld der Versuche, besonders in Betreff des Stahles, zu erweitern.

Damit man aber beurtheilen könne, ob die hier mitzutheilenden Versuche Werth haben, ist vor allen nöthig, die Beschreibung und Abbildung der Maschine zu geben.

---

## Beschreibung

des bey meinen Versuchen gebrauchten Extensiometers.

Fig. 6.

aa zwey vertikal stehende Säulen, welche  
 bbbb durch Strebestützen senkrecht auf  
 cc dem Fußbalken befestiget sind, und zwischen dem  
 dee Bahngerüste sich wechselseitig angenähert und von  
 einander entfernt werden können. Das obere Ende dieser  
 Säulen ist prismatisch zugespitzt, und durch

f Stahlstangen, die durch Klammern festgehalten werden gegen die Eindrücke der zu untersuchenden Barren gedeckt. Die Länge dieser Barren, oder der Abstand der Säulen wurde allzeit von der einwärts gerichteten Kante des Stahlstabs gemessen.

An der auswärts gerichteten Seite der vierseitigen Auflagsäulen ist ein

gg Pfosten aufrecht befestiget, der die Breite des Laufgerüstes hat, und auf dem Bahnbalken selbst aufstehet, wodurch die Tragsäulen selbst noch verstärkt werden. In der Höhe der stählernen Auflagspunkte sind diese Pfosten durchlöchert, und mit starken Eisenschienen die viereckigen Öffnungen rundum eingerahmt, um die zum Versuche bestimmten längeren Barren durchzustechen, oder auch, wenn man selbe an einem frey schwebenden Ende belasten will, das andere Ende durch Keile aus Eisen in diesen Öffnungen zu befestigen. An den Seiten dieser Pfosten sind

ii eiserne Klammern, durch welche die

h Tragstangen für den Extensiometer durchgeschoben werden.

Auf diesen Stangen wird der mit eisernen Füßen versehene Extensiometer durch die

k Hülsen geschoben, und an der Stelle mit Stellschrauben befestiget, wo man die zu untersuchenden Barren

in der Entfernung von den Auflagepunkten mit den Gewichten belasten will. Außer diesen ist von dem Instrumente in der ersten Figur noch ein

l freisrundes Blatt in 100 Umkreistheile eingetheilet, nebst  
m dem an einem vierkantigen Zapfen steckenden Zeiger zu sehen.

Fig. 7

ist dieses Instrument nach der Seite angesehen, und hier der wesentlichste Bestandtheil, nämlich

n der genau abgedrehte Cylinder aus Eisen zwischen beyden Füßen (vorhin mit k bezeichnet) und durch einen o Bügel oben zusammen gehalten. — An diesem Bügel ist

p eine Stahlfeder angenietet, welche auf den leicht an der Achse sich bewegenden Cylinder aufdrückt, damit er fest genug an der Richtungsstelle stehen bleibet. Über diesem Cylinder ist ein Faden von flacher Seide gewunden, an dem ein

q Senkel hängt. Dieser Senkel besteht aus einer Bleifugel, durch welche senkrecht ein Drahtstift von mehr als zwey Zollen Länge geht. Wenn dieser Senkel durch Umdrehung des Zeigers so weit herabgelassen wird, bis die Spitze des Drahtstiftes entweder die zu untersuchenden Barren, oder das Prisma der Wagschale berührt, so zeigt selber, wenn dann Gewichte aufgelegt werden und hierdurch der Barren sich senkt, durch ein weiteres Vorrücken des Zeigers genau, um den wie vielten Theil des Umkreises am Cylinder die Stange ausgewichen ist, und dieses Umkreismaß erscheint dann natürlich vergrößert an der Spitze des Zeigers auf der vorderen in hundert Theile getheilten Scheibe. Der Umkreis des Cylinders hat hier in diesen Instrumenten 6'' 4''' Wiener Maß, und es würde sehr zweckmäßig seyn, da er ohnehin nichts zu tragen hat, als den Senkel, ihm einen bey wei-

tem kleineren Durchmesser zu geben, weil die Beobachtungen bey der Größe der Scheibe dann um so deutlicher seyn würden.

Fig. 8

zeigt die ebenfalls in der ersten Figur ersichtliche Wagschale oder Wagbrücke; sie wird mit

r dem dreyseitigen Prisma auf jenen Punct des zu untersuchenden Barrens gehangen, dessen Abstand man zum Versuche wählt; in der Zeichnung steht diese Brücke gerade im Mittel der Entfernung der Auflagepunkte, und weil der Senkel am Faden in der Tangente des Cylinders sich herabsenket, muß der Extensiometer natürlich etwas verschoben über der Mitte stehen.

Die Einrichtung der Brücke für die aufzulastenden Gewichte ist schon durch die Ansicht der Zeichnung deutlich, und nur zu bemerken, daß, im Falle man nicht genug Raum auf der Brücke selbst für die Gewichte findet, an der Seite noch

s sechs vorstehende Haken sich befinden, woran Gewichte mit Ringen eingehangen werden können. Nur ist zu bemerken, daß jederzeit die Gewichte möglichst gleich vertheilt werden, damit die Brücke vollkommen horizontal schwebt, und die Belastung die Stangen oder Barren nicht schief drückt, sondern parallel und senkrecht durch die Achse der Barrenform.

---

Von mehr als zweyhundert Versuchen, unter verschiedenen Abänderungen gemacht, alle anzuführen, wäre wohl überflüssig, und ich muß daher das Vertrauen der Leser in so ferne in Anspruch nehmen, daß ich die wenigen hier mitzutheilenden Versuche aus guten Gründen gewählt, dabey aber die gewissenhafteste Unparteylichkeit beobachtet habe, weit entfernt von der Absicht, etwas unwahres zu beweisen, was nur zu leicht von Jedem, der Lust und Geschick

zu eigenen Versuchen hat, widerlegt werden könnte. Übrigens habe ich mich überall, wo von Maß und Gewicht die Rede ist, des österreichischen bedienet, und fremde Angaben nach Vega's Reductionstabellen auf österreichisches Maß gebracht. Alle Versuche, die den Stahl betreffen, sind mit geschmiedeten und durchaus ungehärteten Stangen vorgenommen worden.

Nach den in der beygefügteten Tabelle enthaltenen Versuchsergebnissen will ich nun, in Folge der von Herrn Thomas Tredgold, Civil-Ingenieur in England, gegebenen Verfahrensregeln, die wichtige Frage lösen: wie weit man solche Gattungen Eisen oder Stahl, wie Österreich im Überflusse hat, bey der Verwendung in Anspruch nehmen darf, ohne die geringste Besorgniß für ihre, und zwar permanente, hinlängliche Widerstandsfähigkeit?

Ich besitze zwar auch die erste in England von Herrn Tredgold herausgegebene Originalausgabe seines diesfälligen Werkes unter dem Titel: *A practical Essay on the Strength of cast Iron*, habe aber noch mehr eine in Leipzig bey Baumgärtner herausgekommene Übersetzung der zweyten Auflage des Originals vom Jahre 1826, darum benützt, weil in derselben ungemein viele Vermehrungen und höchst interessante Verbesserungen vorkommen.

Zu bedauern ist nur, daß die gewiß verdienstliche Übersetzung eines so belehrenden Werkes, mit so weniger Sorgfalt redigirt ist, daß selbe oft von sinnstörenden Fehlern im Texte und in den Formeln wimmelt, und daß nur derjenige dieselben finden wird, der das Werk nicht bloß liest, sondern mit der Feder in der Hand studirt.

Für jene, die diese Auflage nicht nur lesen, sondern gründlicher über die Sache belehrt oder überzeugt seyn wollen, werde ich allezeit, so oft ich eine Rechnungsformel hier gebrauche, Seite und S. in Klammern gestellt beysetzen, wo sich in der erwähnten Übersetzung das für einen Zeitschrifts-

# T a b e l l e

über die Stärke der relativen Festigkeit nachfolgender Gattungen von Stahl- und Eisenstangen.

Nummer des Versuchs.	Bestimmung der untersuchten Stange.	Vierseitig prismatisch.			Entfernung der Auflagen der Stangen von einander.	Belastung in der Mitte.	Senkung in Zollen.	Anmerkungen.
		Höhe	Breite	Durch- schnitts- fläche				
		in Zollen.						
<b>1.</b>	Ein Mahl gegärbtes Eisen von der K. K. Hauptgewerkschaft.	<b>1"</b>	<b>0'5</b>	<b>0''5</b>	<b>46"</b>	Waagschale nebst dem halben eigenen Gewicht der Stange 17 $\text{Lb}$ 0'',0374 8    »    0'',0176 25   »    0'',055 25   »    0'',055 Summe 225 $\text{Lb}$ 0',495 25   »    0'',055 25   »    0'',055 25   »    0'',06 25   »    0'',062 Hauptsum. 325 $\text{Lb}$ 0'',728	Bey jedesmähliger Belastung wurde das Gewicht wieder abgenommen, und untersucht, ob eine bleibende Beugung zu bemerken war. Bis zur angewachsenen Vermehrung des Gewichtes auf 225 $\text{Lb}$ fand durchaus keine bleibende Krümmung Statt, daher ich das Gewicht und die entsprechende Krümmung von 0'',5 als das Maximum seiner Widerstandskraft gegen in der Mitte aufgelegtes Gewicht ansah. Demungeachtet legte ich noch ferner Gewichte zu, und bemerkte die anfangs kaum merkliche, am Ende aber doch 0'',05 betragende bleibende Beugung. Im Allgemeinen will ich bemerken, daß ich bey allen Versuchen, die hier folgen, auf gleiche Art die Belastung nur stets theilweise vermehrt habe, und dann bey eintretender bleibender Beugung noch so lange fortgefahren bin, bis ich selbe in der That messen konnte; allein diese umständliche Weise werde ich in der Tabelle dadurch abkürzen, daß ich nur die Summe der ohne Nachtheil wirkenden Gewichte nebst der entsprechenden Beugung, und am Ende das aufgelastete Totalgewicht wieder mit seiner entsprechenden Beugung, so wie jenen Theil derselben, den ich als bleibend bemerkte, anzeigen will.	
<b>2.</b>	Eine von dem Hammermeister Pöschl bey Krems aus altem Brucheisen gefertigte Stange.	0',78	1'',525	1''',1895	46"	Belastung 500 $\text{Lb}$ 0'',676 überdieß 30    »    0'',001	Mit 500 $\text{Lb}$ blieb keine bleibende Beugung, dagegen mit 530 $\text{Lb}$ die bleibende Beugung von 0'',001 betrug.	

Nummer des Versuches.	Bestimmung der untersuchten Stange.	Vierseitig prismatisch.			Entfernung der Auflagen der Stangen von einander.	Belastung in der Mitte.	Senkung in Zollen.	Anmerkungen.
		Höhe	Breite	Durch- schnitts- Fläche				
3.	Eine Eisenstange von mir unbekanntem Ursprunge.	1'',75	0'',6	1''',05	60''	Belastung 470 $\mathcal{L}$ überdieß 30 "	0'',4 0'',03	Bey der Belastung von 470 $\mathcal{L}$ blieb durchaus keine bleibende Krümmung, dagegen nach Abnahme der 500 $\mathcal{L}$ schon eine bleibende Beugung von 0'',001 zu sehen war.
4.	Eine Eisenstange, die zu Würzzuschlag im Hammer des Herrn Vinc. Huber verfertigt wurde, aus Vorderberger = Flossen.	0'',583	0'',583	0''',35	57'',75	Belast. 76,35 $\mathcal{L}$ überdieß 20 "	1'',09 1'',29	Bey der ersten Belastung von 76,35 $\mathcal{L}$ war keine, bey 96,35 $\mathcal{L}$ aber eine bleibende Krümmung von 0'',05 zu sehen.
5.	Dieselbe Stange an einem Ende befestiget, an dem anderen frey vorragend.	0'',583	0'',583	0''',35	30''	Belast. 45,43 $\mathcal{L}$ am vorragenden Ende.	1'',448	Bleibende Krümmung 0'',09.
6.	Eine Eisenstange aus demselben Hammer.	0'',5	0'',5	0''',25	57'',75	Belastung 29 $\mathcal{L}$ überdieß 6 "	1'',16 1'',24	Bey dem ersten Gewichte von 29 $\mathcal{L}$ war keine Krümmung der Stange eingetreten, aber als die gesammten 35 $\mathcal{L}$ aufgelegt waren, so hatte sich schon eine bleibende Krümmung von 0'',02 ergeben.
7.	detto	0'',5	0'',5	0''',25	57'',75	Belastung 34 $\mathcal{L}$ überdieß 6 "	1'',01 1'',1898	Bleibende Krümmung nach Abnahme der aufgelegten 40 $\mathcal{L}$ : 0'',02.
8.	detto	0'',458	0'',458	0''',21	57'',75	Belastung 25 $\mathcal{L}$ überdieß 5 "	0'',87 0'',174	Bleibende Krümmung nach Abnahme der 30 $\mathcal{L}$ : 0'',023.
9.	detto	0'',416	0'',9166	0''',38	57'',76	Belastung 50 $\mathcal{L}$ überdieß 6 "	1'',051 0'',1	Bleibende Senkung bey 56 $\mathcal{L}$ : 0'',03.
10.	detto	0'',9166	0'',416	0''',38	57'',75	Belastung 100 $\mathcal{L}$ überdieß 10 " detto 10 "	0'',465 0'',08 0'',05	Bey 100 $\mathcal{L}$ war keine Krümmung, bey 110 $\mathcal{L}$ eine kaum merkliche, bey 120 $\mathcal{L}$ , wo die Senkung 0'',595 betrug, blieb eine Krümmung von 0'',01 zurück. Ich ließ bey mehreren, besonders aber bey dieser Stange die größten Lasten durch 24 Stunden aufgelegt, habe aber in keinem Falle nach dieser Zeit bey der Abnahme eine weitere Vermehrung der Krümmung beobachten können.

Nummer des Versuchs.	Bestimmung der untersuchten Stange.	Vierseitig prismatisch.			Entfernung der Auflagen der Stangen von einander.	Belastung in der Mitte.	Senkung in Zollen.	Anmerkungen.
		Höhe	Breite	Durch- schnitts- Fläche				
		in Zollen.						
11.	Eine Stange von Stahl aus der k. k. Hauptgewerkschaft, und zwar von Tannenbaum- oder Scharfschachstahl, wie im Versuche 4.	1"	0",5	0",5	46"	Belastung 375 $\mathbb{L}$ überdieß 50 "	0",684 0",096	Bey der ersten Belastung war keine Krümmung geblieben, nach Abnahme der Last von 415 $\mathbb{L}$ aber blieb von der 0",78 Senkung eine Krümmung von 0",03 zurück.
12.	Dieselbe Stange.	0",5	1"	0",5	46"	Belastung 200 $\mathbb{L}$ überdieß 20 "	1",199 0",125	Bey der ersten Belastung von 200 $\mathbb{L}$ eine kaum merkliche Senkung, da hingegen bey Abnahme der 220 $\mathbb{L}$ schon eine Krümmung von 0",03 bleibend gefunden war.
13.	Dieselbe Stange.	1"	0",5	0",5	An einem frey vorstehenden Ende belastet 28",875	Belastung 145 $\mathbb{L}$ überdieß 10 "	0",89 0",08	Bey der Last von 155 $\mathbb{L}$ , wo die Beugung 0",97 betrug, wurde schon eine bleibende Krümmung von 0",002 gefunden.
14.	War ebenfalls eine aus hauptgewerkschaftlichem Stahle derselben Gattung verfertigte Stange.	1"	0",5	0",5	Auflagen auf bey- den Enden 46"	Belastung 370 $\mathbb{L}$ überdieß 50 "	0",66 0",09	Bey der Belastung von 370 $\mathbb{L}$ und Beugung von 0",66 war keine Krümmung geblieben, aber bey der Last von 420 $\mathbb{L}$ betrug die Beugung 0",75, und die bleibende Krümmung 0",029.
15.	Dieselbe Stange.	0",5	1"	0",5	Eben so 46"	Belastung 200 $\mathbb{L}$ überdieß 20 "	1",165 0",126	Daß hier sowohl die erste ganz unschädliche Beugung bey einer Last von 200 $\mathbb{L}$ verhältnißmäßig gegen den vorigen Versuch um etwas zu groß eingetreten ist, und eben so die zweyte bey der Last von 220 $\mathbb{L}$ , wo sie in Summe 1",291 ausmacht, kann nur daher kommen, daß die Stange nach ihrer flachen Seite vielleicht an einigen Stellen ungleich dick war, was mit dem Maßstabe zu finden, wohl nicht möglich ist. Die bleibende Krümmung nach Abnahme der 220 $\mathbb{L}$ betrug 0",05.
16.	Hauptgewerkschaftlicher damascirter, und einmahl raffinirter Stahl.	1"	0",5	0",5	Eben so 46"	Belastung 280 $\mathbb{L}$ überdieß 25 "	0",5 0",016	Bey Abnahme der vollen Last von 305 $\mathbb{L}$ und der dadurch erfolgten Beugung von 0",546, war eine bleibende Krümmung von 0",02 vorhanden.

Nummer des Versuches.	Bestimmung der untersuchten Stange.	Vierseitig prismatisch.			Entfernung der Auflagen der Stangen von einander.	Belastung in der Mitte.	Senkung in Zollen.	Anmerkungen.
		Höhe	Breite	Durch- schnitts- Fläche				
17.	Dieselbe Stange.	0'',5	1''	0''',5	Eben so 46''	Belastung 145 $\bar{U}$ überdieß 15 "	0'',86 0'',09	Bey Abnahme der vollen Last von 160 $\bar{U}$ und der Beugung von 0'',95 blieb eine Krümmung von 0'',03.
18.	Hauptgewerkschaftlicher damascirter, und zweymahl raffinir- ter Stahl.	1''	0''5	0''',5	Eben so 46''	Belastung 350 $\bar{U}$ überdieß 30 "	0'',55 0'',048	Bey Abnahme der vollen Last von 380 $\bar{U}$ blieb von der Beugung 0'',598 eine Krümmung von 0'',028 zurück.
19.	Dieselbe Stange.	0'',5	1''	0''',5	Eben so 46''	Belastung 180 $\bar{U}$ überdieß 20 "	1'',2 0'',14	Bey Abnahme der vollen Last von 200 $\bar{U}$ blieb von der Beugung von 1'',34 eine Krümmung von 0'',03 zurück.
20.	Eine vom Herrn Huber in Würzzuschlag aus gegärbtem Schar- schachstahl verfertigte Stange, zur Kette der Carl's = Brücke bestimmt.	0'',5833	2''	1''',1666	Auf zwey Aufla- gen in der Entfer- nung von 48'' an beyden Enden un- terstützt.	Belastung 470 $\bar{U}$ überdieß 30 "	1'',09 0'',075	Bey Abnahme der ganzen Belastung von 500 $\bar{U}$ blieb von der Beugung 1'',165 eine Krümmung von 0'',02 zurück.
21.	Ein zweytes solches Kettenglied.	0'',5833	2''	1''',1666	Eben so 48''	Belastung 470 $\bar{U}$	1'',13	Bey Abnahme des Gewichtes blieb keine Krümmung zurück.
22.	Ein drittes solches Ket- tenglied.	0'',5833	2''	1''',1666	Eben so 48''	Belastung 470 $\bar{U}$	1'',12	Bey Abnahme des Gewichtes fand eine sehr kleine Krümmung, die höchstens 0'',01 betrug, Statt, daher ich diesen Versuch in der Berechnung nur mit 465 $\bar{U}$ Gewicht aufnehme.
23.	Ein viertes solches Glied.	0'',5833	2''	1''',1666	Eben so 48''	Belastung 470 $\bar{U}$	1'',05	Bey Abnahme des Gewichtes keine Spur von einer Krümmung.
24.	Ein fünftes solches Glied.	0'',5833	2''	1''',1666	Eben so 48''	Belastung 470 $\bar{U}$	1'',05	Bey Abnahme des Gewichtes war ebenfalls keine Krümmung sichtbar.

artikel zu Weitläufige zur weiteren Begründung und Erläuterung findet.

Zuerst will ich für alle in der angehängten Versuchstabelle enthaltenen Eisengattungen, nach den Ergebnissen der zehn ersten Versuche, die Größe der Ausdehnung berechnet darstellen, welche jede Art Eisen, ohne Nachtheil seines Gefüges, also ohne Kraftverlust aushält. Dazu dient (Seite 170, S. 212)

$$\frac{3. h. DA}{2 l^2} = \varepsilon.$$

Um ein für allemahl den Werth der Buchstaben, die in dieser und allen folgenden gebrauchten algebraischen Formeln vorkommen, zu bestimmen, wird ihre Bedeutung hier angesetzt:

$\varepsilon$  = der größten unschädlichen, in den Gränzen der natürlichen Elasticität bleibenden, bey der Entlastung verschwindenden Ausdehnung der untersuchten Stange, in Theilen der Stangenlänge.

DA, oder zuweilen kürzer bloß

d = der bey Auflegung von Lasten bemerkten Krümmung der Stange in Decimalzollen ausgedrückt.

L = die Länge der Stange in Zollen.

L' = die Länge im Fußmaß.

l = die halbe Länge der Stange in Zollen.

l' = die halbe Länge im Fußmaß.

h = das Maß der vertikalen Seitenflächen des Prisma der Stange, oder die Höhe.

b = der Horizontalflächen desselben Prisma oder die Breite beyder in Zollen.

w = die bey der Untersuchung aufgelegte Last in Pfunden.

f = die höchste Last, welche auf einen Stab von 1<sup>□</sup>'' Durchmesser als Basis ohne Beeinträchtigung der Kraft desselben wirken kann.

Im Versuche Nr. 1 ist also

$$l = 23'',$$

$$h = 1'',$$

$$DA = d = 0'',495.$$

Diese Werthe in der Formel substituirt geben

$\frac{3 \cdot 1'' \cdot 0,495}{2 \cdot (23'')^2} = 0,0014 = \frac{1}{712} =$  der größten Verlängerung  $\varepsilon$ , der solches Eisen mit Beybehaltung seiner Stärke ausgesetzt werden darf, und die wieder verschwindet, wenn die Last zu wirken aufhört.

Bey dem Versuche Nr. 2  $\varepsilon = 0'',00149 = \frac{1}{629}$

„ „ „ „ 3  $\varepsilon = 0'',00116 = \frac{1}{857}$

„ „ „ „ 4  $\varepsilon = 0'',00114 = \frac{1}{874}$ .

Den fünften Versuch, da die Verlängerung bey dem Umstande, daß die Stange im Versuche nur an einem Ende belastet, aber das andere befestiget war, durch eine umständlichere Formel berechnet werden muß, will ich um so mehr übergehen, weil es ohnehin dieselbe Stange wie im vorigen Versuche war.

Bey dem Versuche Nr. 6  $\varepsilon = 0'',00104 = \frac{1}{958}$

„ „ „ „ 7  $\varepsilon = 0'',000908 = \frac{1}{1100}$

„ „ „ „ 8  $\varepsilon = 0'',000716 = \frac{1}{1395}$

„ „ „ „ 9  $\varepsilon = 0'',000786 = \frac{1}{1272}$

„ „ „ „ 10  $\varepsilon = 0'',000766 = \frac{1}{1305}$

Das Eisen Nr. 2 erleidet die größte Verlängerung von allen übrigen, welche auch wieder, der Kraft unbeschadet, bey Abnahme des Gewichtes verschwindet, also muß seine Elasticität die größte seyn; auch wenn solches Eisen, was aus altem Brucheseisen eingerennet und ausgeschmiedet worden ist, durch eine Gewalt abgerissen wird, so sind am Bruche die Kanten des Prisma nicht so sehr zusammengezogen und conisch, als bey Eisen im neunten und zehnten Versuche, die bey weitem weniger Elasticität haben, also weniger Bestreben und Vermögen äußern, ihre durch Gewalt angegriffene ursprüngliche Form wieder herzustellen.

Von einer solchen Bemerkung kann z. B. ein Draht-

zieher bey der Wahl des Eisens, das er in Draht verwandeln will, Gebrauch machen.

Will er guten und starken Draht machen, so nehme er vom Eisen Nr. 2, er muß es aber öfters durch die Zugeisenlöcher gehen lassen, und darf keine Nummer derselben überspringen, denn wie das Eisen das Ziehloch, welches es streckte, verläßt, so stellt es sich wieder zum Theile in seiner vorigen Dicke her, und geht ohne einige Gewalt gewiß nicht wieder durch dasselbe Loch des Zieheisens; will er aber nur recht schnell einen Draht erzeugen, unbekümmert um dessen nachherigen Eigenschaften, so nehme er nur das minder elastische Eisen, das schnell die angemessene Dicke des Loches annehmen, sich aber zu Federn schwerlich so gut als Draht von der anderen Gattung Eisen brauchen lassen wird.

Senkt sich eine Kettenbrücke, deren Ketten aus dem Eisen der Art Nr. 2 gemacht sind, durch große Lasten mehr als eine von der anderen Art Eisen construirte, so ist das kein Beweis, daß mehr Gefahr damit verbunden ist, denn die alte Gestalt oder Horizontalrichtung der Brücke wird sich leicht herstellen; aber weniger elastisches Eisen dürfte leicht eine größere Senkung behalten.

Aus dem ersten Versuche, der umständlich in der Tabelle aufgeführt ist, ergibt sich der wichtige Satz, daß die Ausdehnung eines Stabes durch eine Kraft, die in der Richtung seiner Länge wirkt, bey einerley Querschnitt, im geraden Verhältnisse zum aufgelegten Gewichte steht, so lange dadurch die Gränzen der vollkommenen Elasticität des in Anspruch genommenen Körpers nicht überschritten werden. Diese Gränzen müssen wohl beachtet werden; denn sobald man die elastische Kraft überschreitet, so wird größere Ductilität bemerkbar.

Man kann einen sehr wichtigen Vortheil aus der Anwendung dieses Grundsatzes ziehen, nämlich wenn man die Dehnungsfähigkeit eines Körpers einmahl kennet, d. h., wenn man weiß, um wie viel er sich unter einer gewissen

Last, wäre selbe auch bey weitem nicht die größte, die er auszuhalten vermag, beugen wird, so darf man nur diese Last auf ihn einwirken lassen, und die Größe der Beugung, die natürlich mit einer Verlängerung verbunden ist, beobachten. Entspricht sie der voraus gemachten Bestimmung, so ist der Körper in seinem Wesen und in seiner Natur nicht verändert, also gesund und brauchbar; tritt aber einmahl eine verhältnißmäßig größere Beugung ein, so kann man sicher die Construction als gefährlich ansehen.

Bauet man größere Werke, und besonders Werke wie z. B. Kettenbrücken, wo Menschenleben gefährdet werden kann, so ist es sehr rätzlich, sich über den vorlauten Spott der Empiriker wegzusetzen, und fleißig die Anzahl der Versuche zu mehren, ohne daß es nöthig ist, jedes Stück etwa in Rücksicht der Elasticität zu versuchen, was dagegen in Ansehung der absoluten Festigkeit unerläßlich bleibt, da die dahin gehörigen Versuche gegen solche Fälle gerichtet sind, die bey jedem einzelnen Stück Statt haben können, und nicht immer leicht zu entdecken sind. Es gibt freylich noch ein bequemerer Mittel, was die Mühe der Versuche sparet, nämlich der größere Materialaufwand oder die Benützung vorgegangener Erfahrungen; dieses letzte ist auch das beste, besonders wenn der Vorgänger auf richtigen und geprüften Grundsätzen sein Constructions-system gebauet hat.

Durch dieselbe Formel, welche uns oben die Verlängerung nach den Versuchsergebnissen für das Eisen geliefert hat; ist auch für die Versuche mit Stahl die Verlängerung berechnet worden.

Bey dem Versuche Nr. 11	ε	=	0'',001939	=	$\frac{1}{515}$
„	„	„	12	ε	= 0'',001699 = $\frac{1}{589}$
„	„	„	14	ε	= 0'',00187 = $\frac{1}{534}$
„	„	„	15	ε	= 0'',00165 = $\frac{1}{606}$
„	„	„	16	ε	= 0'',001417 = $\frac{1}{705}$
„	„	„	17	ε	= 0'',001219 = $\frac{1}{820}$
„	„	„	18	ε	= 0'',001559 = $\frac{1}{641}$

Bey dem Versuche Nr. 19	$\varepsilon = 0'',001701 = \frac{1}{587}$
„ „ „ „ 20	$\varepsilon = 0'',00165 = \frac{1}{603}$
„ „ „ „ 21	$\varepsilon = 0'',001716 = \frac{1}{582}$
„ „ „ „ 22	$\varepsilon = 0'',001701 = \frac{1}{587}$
„ „ „ „ 23	$\varepsilon = 0'',00159 = \frac{1}{626}$
„ „ „ „ 24	$\varepsilon = 0'',00167 = \frac{1}{597}$

Auch auf diese Resultate der Berechnung passen alle obigen, schon bey Vergleichung der Ergebnisse für das Eisen gemachten Bemerkungen. Nur auf Eines muß ich aufmerksam machen: in allen Fällen, wo ich mit derselben Stange die Versuche doppelt machte, z. B. Versuch Nr. 11 u. 12, 14 u. 15, 16 u. 17, 18 u. 19, habe ich, ungeachtet aller erdenklichen Sorgfalt stets einige Unterschiede, in den Resultaten der Verlängerungsberechnung erhalten, was nach der Theorie nicht seyn soll; allein diese Theorie setzt voraus, daß die Durchschnittsmaße, besonders die Höhe des Prismas, auch richtig und vollkommen genau durch die ganze Länge der Stange dieselbe seyn soll; der Schmied aber, der mit solcher Genauigkeit arbeiten soll, wird wohl nicht zu finden seyn, weil sogar die Maße so genau zu nehmen, sehr schwer ist. Die kleinsten Unterschiede von der Höhe des Prismas machen, je kleiner dieselbe an sich ist, um so größere, für die Praxis aber gewiß bedeutungslosere Unterschiede.

Im Durchschnitte beweisen diese Resultate, um wie viel der Stahl das Eisen an Elasticität übertrifft; er kann sich beträchtlich mehr ausdehnen, und doch wieder seine alte Form, folglich auch seine vorige Länge einnehmen. Gehet selbst seine Ausdehnung über die Gränzen seiner Elasticität, wird die Stange abgerissen, so behält der Stahl noch die Kraft, seine Seitenform beyzubehalten, die Zusammenziehung der Bruchende hat nicht, oder kaum Statt, während der Eisenbruch fast zu zwey Drittel, ja zur Hälfte seiner Fläche zugespizet wird, weil die von der äußeren Gewalt ihm aufgezwungene Form bleibender ist.

Diese Eigenschaft des Stahles hat noch einen wichtigen Vortheil für die Anwendung bey Constructionen, die einer so genannten lebenden Kraftwirkung, d. i. einem Stöße ausgesetzt sind; der Stoß wird weniger durch den starren Widerstand eines möglichst unelastischen Körpers, sondern bloß durch die Nachgiebigkeit desselben in seinem Kraftmomente aufgehoben; eine Thatsache, die Feder eingestehen wird, der jemahls einen fallenden Körper beobachtet hat, wenn er auf einen elastischen Bund Stroh, statt auf Steine fiel; der weiche elastische Halm wird oft kaum beschädigt, während von demselben Stöße ein fester Marmor, ja selbst eine gußeiserne Platte in tausend Trümmer zersplittert würde. Eben so wird der Stahl weniger durch einen Hammerstreich leiden und abspringen, als ein Eisenstab, vorausgesetzt, beyde seyen im Durchschnitte gleich stark und gleich lang, und wohl zu merken, der Stahl sey nicht künstlich gehärtet.

Der Unterschied der Temperatur kann eben aus diesem Grunde, wie mir scheint, nicht so nachtheilig auf Stahl, als auf das minder elastische Eisen wirken, obschon Viele das Gegentheil besorgen, und von diesem Umstande stets die erste Einwendung hernehmen, so oft von der Verwendung des Stahles zu Kettenbrücken die Rede ist. Freylich hat man auch da stets den gehärteten Stahl vor Augen, und führet Beyspiele an, daß man am Ende glauben müßte, eine zu der Nordpolerpedition mitgenommene Messerklinge aus Stahl würde, wenn man einen Seehund zerlegen wollte, in der Faust des Jägers in Stücke zerspringen. Zum Glück sind solche Facta nicht immer wahr, oder doch unrichtig dargestellt, auch wohl gar keine Beobachtungen vorhanden, warum ein Stahlstück bey der oder jener Gelegenheit zersprungen ist.

Demungeachtet, aus wahrer Ehrfurcht für die Empirie, habe ich die Gelegenheit dieses Winters von 1827 zu 1828, der es an Wechsel der Temperatur wahrlich nicht fehlen ließ, dazu benützt, um auch hier einige practische

Versuche zu machen. Ich ließ nämlich eine Stahlfange, in Kärnthén zu Wolfsberg in der Fabrik der Herrn Gebrüder R o s t h o r n erzeugt, obgleich selbe nicht mehr als höchstens 0''<sup>52</sup> Durchschnitt hatte, im Freyen durch die ganze Zeit vom 15. November 1827 bis halben Februar 1828 ununterbrochen dem Zuge von 300 Centner, der Länge nach ausgesetzt, sie erfuhr aber auch nicht den geringsten Unfall, oder eine Verlängerung; ja selbst als ein heftiger Drcan ein darüber hoch aufgestülhtes Dach einstürzte, was freylich bey gelinderer Temperatur geschehen ist, litt sie dadurch doch nichts.

Zum Schlusse des Gegenstandes der Elasticität des Eisens und Stahles will ich nun alle die Resultate zur Übersicht zusammenstellen und vergleichen, dann auch zeigen, wie dieses nach meinen Versuchen gefundene Mittelverhältniß zu jenem passe, was geschicktere Ingenieure und Physiker in dieser Beziehung gefunden haben.

Aus neun Versuchen für Eisen verschiedener Gattung, ist das mittlere Verhältniß der Ausdehnungsfähigkeit in den Gränzen der Elasticität:

$$\varepsilon = 0'',001045 = \frac{1}{957}.$$

Bey den 13 Versuchen mit Stahl, eingerechnet, die vier Nummern 16, 17, 18 u. 19 mit damascirtem Stahl, der etwas Eisenartiges hat, ist im Durchschnitte:

$$\varepsilon = 0'',001639 = \frac{1}{610}.$$

Wenn man der Wahrheit, oder der Unempfehlung einer Sache Glauben verschaffen will, so muß man auch die kleinsten Nachtheile, die man durch Beobachtungen auffindet, nicht verschweigen, und darum will ich erinnern, daß diese große Ausdehnungsfähigkeit des Stahles bey gewissen Gelegenheiten, z. B. bey seiner Anwendung zur Construction einer Kettenbrücke, ohne allen Zweifel tiefere Senkungen der Bahn selbst, also bedeutendere Schwingungen in vertikaler Richtung hervorbringen wird, als eine gleich stark belastete von Eisen. Ich muß mir vorbehalten, diesen

Satz später noch durch Rechnung zu beweisen. Dagegen für Ankertaue kann es wohl unmöglich einem Zweifel unterworfen seyn, daß der Stahl ein viel vortheilhafteres Material ist als Eisen, denn der in ewiger Bewegung und Stößen bestehende Kampf mit den Elementen ist wahrlich eine lebendige Kraft, und wird mit der so elastischen Rückwirkung, wie fast 2 gegen 1, leichter bestanden.

Es ist sehr schade, daß über den Stahl so wenige Versuche von anderen geschickten Physikern gemacht worden sind, oder wenigstens mir nicht bekannt waren, um zu vergleichen wie sie mit meinen Erfahrungen übereinstimmen. Herr *Tredgold* (Seite 104, S. 95) führt einige nach Herrn *Duleau* gemachte Versuche an, die umständlicher auch in *Navier's* *Résumé de Leçons données a l'école royale des Ponts et Chaussées*, Paris 1826 chez F. Didot (Seite 42, S. 71.) beschrieben sind.

Beide diese Schriftsteller geben zu erkennen, daß sie die Erfolge der Versuche für unregelmäßig halten; allein es ist wohl schwer darüber zu urtheilen, denn von der ersten versuchten Gattung, nämlich englischem Gußstahl, mit *Huntsman* bezeichnet, ist z. B. ausdrücklich, wenigstens in *Tredgold* gesagt, daß er im ungehärteten Zustande versucht wurde; aber von der zweyten weiß man nur, daß es deutscher cementirter Stahl, mit *Fonstmann* bezeichnet war, ob gehärtet oder nicht, ist nicht gesagt. Überdies ist Cementstahl ein in verschlossenen Büchsen durch Ausglühen mit Kohlenstoff in Stahl verwandeltes Eisen; bey dieser Stahlerzeugung kommt aber sehr viel auf den Grad an, in welchem das Eisen mit Kohlenstoff gesättiget wird; etwas ganz anderes ist es, wo dieser Kohlenstoff erzeugt wird, und noch überdies selbst andere Metalle, z. B. Mangan schon von der Natur im Erze sind, wie es bey dem kärnthnerischen und steyerischen Spateisen und besser gesagt, Stahlerzen geschieht, das nach der Schmelzmanipulation schon aus dem Hochofen als vollkommener gleichartiger Stahl in Flossen

kommt; in diesem Falle ist freylich weit mehr Gleichförmigkeit zu erwarten, wie meine Versuche beweisen.

Auch ist noch ein Umstand zu bemerken. Herr Duleau hat mit ziemlich starken Stangen, besonders von deutschem Stahl, seine Versuche über die Beugung gemacht, und dabey ein verhältnismäßig sehr geringes Gewicht, nämlich 10 Kilogramm = 17,85 Pfund unseres Gewichtes als Last angewendet; seine Beugungen waren also sehr gering, und wie ich aus eigener Erfahrung weiß, nicht leicht richtig zu bestimmen. Ich habe mir übrigens doch die Mühe gegeben, alle in Navier's Werke angegebene Data der Versuche nach unserem Maß und Gewicht zu berechnen, dann aber nach meinen Versuchen aus der höchsten Ausdehnungsfähigkeit =  $\frac{1}{600}$  der Länge und aus dem weiter unten vorkommenden höchsten Gewichtsverhältnisse, welches eine solche Ausdehnung zu Wege bringt, auszumitteln, wie viel die Beugungen der Duleau'schen Stangen erlitten haben würden, wenn das verhältnismäßige Gewicht auf die Mitte der Stangen gelegt worden wäre; und da fand ich diesen Einfluß der Ungleichförmigkeit bey weitem weniger; aber so viel zeigte sich mir deutlich, daß der Cementstahl wirklich noch die Natur des Eisens beybehalten hat, denn wenn man diesen mit dem verhältnismäßig größeren Gewichte belastet hätte, z. B. die Stangen im Versuche Nr. 4 mit 81 Pf., in Nr. 5 mit 317 Pf., in Nr. 6 mit 377 Pf., in Nr. 7 mit 361 Pf. und in Nr. 8 mit 470 Pf.; so hätten sich die Stangen alle um  $\frac{1}{600}$  der Länge ausgedehnt, und dieß hätten sie ohne bleibende Beugung gewiß nicht, ja kaum ohne Bruch ausgehalten; ein Beweis, daß sie die Stärke des Stahles nicht hatten, also wahrscheinlich das, was wir Stahl nennen, nicht vollkommen war.

Die englische Gußstahlstange, ganz auf dieselbe Art berechnet im Versuche Nr. 1 und 2, mit dem gehörigen Gewichte als Last, zeigte eine Verlängerung, die ganz vollkommen mit meinen Versuchen übereinstimmt, nämlich im

Durchschnitte  $\frac{1}{620}$  der Länge. Die höchste Last, welche ein solcher Stahl ohne Nachtheil der Elasticität aushalten kann ist auf die Größe eines Quadratzoll Querschnittes bey 500 Cent. W. G. berechnet; reducirt man den von Herrn Tredgold in der kleinen Tafel (Seite 105) gegebenen Modulus der Elasticität = 34000000 Pf. a. d. p. Gewicht nach diesen Verhältnissen, so findet man, daß auch er sein höchstes Tragvermögen ohne Nachtheil der Elasticität auf 58438 Pf. a. d. p. Gewicht beyläufig berechnet haben müsse. Im Gußstahl ist überhaupt das Verhältniß zwischen Eisen und Kohlenstoff richtiger, also auch der Stahl vollkommener, doch leider ist der Weg der Erzeugung zu kostbar, wenigstens für den Aufwand zu großen Constructions; wo uns aber, wie in Oesterreich, die Natur mit eben so gutem und höchst wohlfeilen Stahl hinlänglich versieht, wäre es eine unverantwortliche Vernachlässigung, von diesem kostbaren Schätze nicht Gebrauch zu machen, und ich glaube, daß es meine Pflicht ist, darauf durch meine Erfahrungen aufmerksam zu machen.

Nun wäre noch übrig, das Verhältniß zwischen der Last, die eine Stange ohne Schaden und ohne bleibende Änderung ihrer Dimensionen tragen kann, zu derjenigen zu finden, die den Bruch bewirkt. Weil aber die Abreißungsversuche schon theils schwerer zu machen, theils mit der Zerstörung der versuchten Körper verbunden sind, so mangelt es noch an ganz richtigen Vergleichen der beyden Gränzpunkte, nämlich dem Verhältnisse der unschädlichen Anstrengung zur zerstörenden, oder den Bruch bewirkenden. Wo ich beydes an derselben Stange versucht habe, will ich es auch anführen, und so gut als möglich diesen Abgang ersetzen.

Die Rechnungsformel zur Ausmittelung von  $f$  (dessen Bedeutung oben angegeben wurde) ist folgende:

$$f = \frac{3 L w}{2 b h^2}$$

Dieselbe auf den Versuch Nr. 1 meiner Versuchstabelle angewendet, gibt:

$L = 46''$ ,  $w = 225$  Pf.  $b = 0'',5$ ,  $h = 1''$ , daher die Formel in Ziffern:

$$\frac{3 \cdot 46'' \cdot 225 \text{ Pf.}}{2 \cdot 0'',5 \cdot 1''^2} = 31050 \text{ Pf.}$$

Für die übrigen Versuche gebe ich sowohl bey Eisen, als später für Stahl nur den Werth  $f$ , das heißt jenes Gewicht, womit man eine Stange von  $1''$  Zoll Querschnitt unbedenklich belasten kann; den dann jeder selbst nachrechnen kann, da man alle Data in der Tabelle finden wird.

Versuch Nr. 2  $f = 37185$  Pf.

» » 3  $f = 23020$  »

» » 4  $f = 33377$  »

» » 6  $f = 20097$  »

» » 7  $f = 23562$  »

» » 8  $f = 22541$  »

» » 9  $f = 27305$  »

» » 10  $f = 20164$  »

Diese Ergebnisse zusammengenommen geben für die Widerstandsfähigkeit des Eisens 26478 Pf.

Was den Versuch Nr. 2 betrifft, so habe ich schon oben bey Gelegenheit der Verlängerungsberechnung gesagt, daß ich die ausnehmende Güte dieser Stange dem Umstande zuschreibe, daß sie aus altem kleinen Eisen, unter dem sich auch vielleicht einiger Stahl befand, gefertigt worden ist.

Ein weit auffallenderer Umstand ist mir bey dem Eisen der Stange, die zum Versuche Nr. 4 gebraucht wurde, vorgekommen; denn ungeachtet ich außer Stande bin, die Thatsache derzeit noch genügend zu erklären, hier umständlich zu bemerken mir sehr nothwendig und nützlich scheint, um zu ähnlichen Versuchen Anlaß zu geben, welche die Sache vielleicht aufklären mögen. Es begegnete mir nämlich der Fall, daß eine der für die Carls-Brücke bestimmten Stahlstangen während der Probe mit einem weit geringeren Gewichte, als

sie tragen sollte, absprang, und da ich am Bruche durchaus keinen Fehler wahrnehmen konnte, so fand sich endlich, daß wegen einer fehlerhaften Bohrung die angebrachte Gewalt des Probegewichtes in einer schiefen Richtung gegen die Längsachse der Stange gewirkt hat, und ich schloß daraus, daß dieses die Ursache des Bruches der Stange war. Um mich aber auch praktisch zu überzeugen, so ließ ich von dem nämlichen Eisen, welches zu dem in der Tabelle Nr. 4 bemerkten Versuche gebraucht worden ist, solche kleine Stangen, wie sie für die kleineren Hebel-Maschinen brauchbar waren, verfertigen, welche Maschine die Leser in dem vorhergehenden Aufsatze bereits kennen gelernt haben.

Bey einer dieser Stangen ließ ich die Löcher, welche dazu dienen, um die Bolzen zur Befestigung aufzunehmen, wie gewöhnlich senkrecht auf die Achse der Länge bohren, bey der zweyten aber ließ ich die Hälfte des Loches in der Dicke an einer Seite ausreiben, so daß, als die Stange eingespannt war, der Zug offenbar schief durch die Achse gehen mußte. So eingerichtet schritt ich zum Abreißungsversuche, und es waren zu meinem Erstaunen nicht weniger als 68 Pf. erforderlich, um endlich den Bruch zu bewirken, als die ordentlich gebohrte Stange versucht war. Ich maß den Querschnitt derselben auf das genaueste, verglich auch das Gewicht eines Stückes von 1 Zoll Länge der abgerissenen Stange, welches 35 Gran betrug, und fand, daß der Querschnitt durchaus nur  $2^{\square}$ ''' , 6, also eine Seite 1''' , 6 betragen hat. Das ist also der 55,88. Theil eines vollen Quadratzolles im Querschnitte. Rechnet man nun, daß die Wirkung des Probehebels das 20fache des aufgelegten Gewichtes + dem eigenen Gewichtsmomente des Hebels selbst ist, so kommt auf eine so kleine Eisenstange das ungeheure Gewicht von 1480 Pf., die erforderlich waren, den Bruch zu Stande zu bringen, was also für solches Eisen auf den ganzen Quadrat-zoll Querschnitt 82035 Pf. macht.

Dieser Erfolg ist aber um so gewisser erprobt, da auch

die zweyte solche Stange, ungeachtet einer unganzen Ader im Querschnitte, auf den Quadratzoll 61440 Pf., die dritte absichtlich falsch gebohrte 55200 Pf. und die vierte ebenfalls falsch gebohrte Stange 50176 Pf. auf den Quadratzoll Stärke bewiesen hat. Ein so kraftvolles Eisen ist mir durchaus noch nie vorgekommen, ungeachtet es im übrigen alle Eigenschaften, besonders am Bruche, selbst die gewöhnliche conische Zusammenziehung der Ränder, die Weichheit, den faferigen ziemlich dunkelgrauen Bruch an sich zeigte, also Eisen im eigentlichen Sinne war. Ob auch die anderen Gattungen Eisen, nämlich jene, die für kein fast ähnliches Resultat gaben, wie die Stange Nr. 1 und 2, eine gleiche Zähigkeit unter gleichen Umständen beweisen werden, bin ich entschlossen bey erster Gelegenheit zu versuchen. Es wäre höchst merkwürdig, die Ursache auszumitteln, die das Eisen zu einer so bedeutenden Kraft erheben könne; ich gestehe, daß ich eine Beymischung von Stahl vermüthe, was ich um so mehr zu glauben Ursache habe, da die Stange, von der ich hier Erwähnung machte, in meiner Gegenwart in dem Huberschen Stahlhammer zu Würzzuschlag aus derselben Esse geschmiedet wurde, wo damahls durchaus nur Stahl gearbeitet worden ist. In steyerischen Hämmern überhaupt werden die Flossen auf Stahl und Eisen aus denselben Radwerken genommen, und oft nur willkührlich in Stahl- und Eisenflossen sortirt, es ist also wohl sehr möglich, daß sodann ein Mittelbing von beyden bey dem Einrennen unter den Hammer kommt, und so das Eisen diese außerordentliche Stärke dem fremden, aber gewiß nur vortheilhaften Zusatze verdanket.

Von den Eisenstangen, welche ich zu Versuchen von der k. k. Hauptgewerkschaft erhalten habe, zeigte eine im Versuche Nr. 1 ebenfalls eine Belastungsfähigkeit von 31050 Pf., und eine ähnliche aber habe ich laut den gleich anfangs mitgetheilten Abreißungsversuchen mit der großen Hebelmaschine gebrochen; dort zeigte selbe nur eine dem Bruche

widerstehende Kraft von 50280 Pf., dieses glaube ich immer ist weniger als die eigentliche Kraft, denn diese große Maschine ist zwar für ihre Bestimmung, nämlich auf Kettenglieder mit einem Male jene Last wirken zu lassen, welche sie als Kette tragen sollen, ungemein vortheilhaft und gut, aber zu Versuchen, wo man die Gewichte nur nach und nach bis zum Äußersten vermehren muß, ist dieselbe etwas unbehülflich; und ungeachtet ich schon eine bedeutende Verbesserung daran in der Rücksicht angebracht habe; so ist doch noch das Nachtragen der großen Gewichte gegen Ende des Versuches mit Beschwerlichkeiten verknüpft, die selbst nachtheilig auf die eingespannte Stange wirken können, und also den Bruch früher herbeysühren, als er durch das Gewicht bewirkt worden wäre, das doch sein wahres Maß des Widerstandes zeigen soll.

Die höchste Widerstandsfähigkeit des Stahles nach der Versuchstabelle berechnet mit derselben Formel zeigt:

für den Versuch Nr. 11  $f = 51750$  Pf.

»	»	»	»	12	$f = 55200$	»
»	»	»	»	14	$f = 51060$	»
»	»	»	»	15	$f = 55200$	»
»	»	»	»	16	$f = 38640$	»
»	»	»	»	17	$f = 40020$	»
»	»	»	»	18	$f = 48300$	»
»	»	»	»	19	$f = 49680$	»
»	»	»	»	20	$f = 49730$	»
»	»	»	»	21	$f = 49730$	»
»	»	»	»	22	$f = 49730$	»
»	»	»	»	23	$f = 49730$	»
»	»	»	»	24	$f = 49730$	»

Ungeachtet die Versuche Nr. 16, 17, 18 und 19 eigentlich nicht mit vollkommenem Stahl, wie ich oben schon meine Meinung äußerte, gemacht worden sind, und daher auch ein geringeres Widerstandsvermögen zeigen, so will ich doch aus allen dreyzehn Versuchen, das Durchschnittsverhältniß

mit  $f = 48961$  Pf. annehmen. In der Ausführung der Kette für die Carls-Brücke ging ich noch sicherer, und blieb bey der Anwendung von 40000 Pf. Widerstandsfähigkeit stehen, obwohl die Last als Wirkung auf die Kette ebenfalls noch bedeutend höher angenommen und berechnet ist.

Ich machte noch außerdem einen Versuch, welchen ich wegen seiner Einfachheit als ein sehr schickliches Mittel, die Tragfähigkeit auszumitteln, zur häufigen Anwendung und Wiederholung, um diese gewiß nützlichen Erfahrungen weiter auszubreiten, Jedermann anrathet.

Ich nahm eines der für die Carls-Brücke bestimmten Kettenglieder, welches auf die breite Seite auf zwey festen Auflagen, in der Entfernung von  $61''$ , 5 niedergelegt wurde; es hatte auf diese Art eine Horizontalbreite von  $2''$ , und eine Höhe von  $0''$ , 5833. Auf die Mitte der Entfernung der Abstände brachte ich mittelst der gewöhnlichen Wagschale das Gewicht derselben, und das halbe Gewicht der Stange selbst eingerechnet, eine Last von 155 Pf., ließ so das Ganze durch einige Stunden stehen, und maß nun die Theile der auf der Stange entstandenen Krümmung, welche =  $0''$ , 654 gefunden wurde. Nun berechnete ich aus dem angewendeten Gewichte 155 Pf., mit welcher unschädlichen Anstrengung dieser Stahl auf die Basis eines Quadratzolles Querschnitt belastet war, und bezeichne dieses Ergebnis mit  $f'$ , die Last 155 Pf. =  $w'$

$$f = \frac{3 Lh'}{2 bh^2} = 21013 \text{ Pf.}$$

Offenbar ist nun dieses weit unter dem oben im Durchschnitte für Stahl berechneten  $f = 49044$  Pf.; da sich aber  $f' : f = w'$  zu der unbekanntten Last verhält, die eigentlich auf die Mitte gelegt werden sollte, so wollen wir diese mit  $W$  bezeichnen und werden finden

$$W = \frac{f w'}{f'} = 362 \text{ Pf.}$$

Nun fragt es sich: Welche Beugung hatte denn diese Be-

lastung hervorgebracht? Die Beugungen unter gleichen Umständen des Versuches auf dieselbe Stange verhalten sich inner den Gränzen der Elasticität, wie die aufgelegten Gewichte, also  $w' : d' = W : D$ , daher

$$D = \frac{d' W}{w'} = \frac{0'',654 \cdot 362 \text{ Pf.}}{155 \text{ Pf.}} = 1'',526^{\circ}.$$

Aus dieser Beugung  $D$ , das Verhältniß der Verlängerung gesucht durch die bekannte Formel

$$e = \frac{3 h D}{2 l^2} = \frac{3 \cdot 0'',5833 \cdot 1'',526}{2 \cdot (30'',75^2)} = 0'',001413 = \frac{1}{706}$$

Ein Mehreres hierüber in diesen Aufsatz einzuschalten, da derselbe eigentlich nur die Resultate meiner Versuche zum Zwecke hat, scheint nicht an seinem Plage zu seyn, allein beyde oben angeführten Werke der Herren *Tredgold* und *Navier* enthalten so viel Nützlichcs und Bestimmtes darüber, daß es nicht genug empfohlen werden kann, sich mit denselben vertraut zu machen.

Ich habe in diesem Aufsatz weiter oben gesagt, daß durch Rechnung zu beweisen sey, daß der Stahl, ungeachtet er, in den Gränzen seiner Elasticität belastet, bey weitem mehr Widerstand leistet, als in eben diesen Gränzen Eisen, doch sich unter gleicher Last mehr verlängert. Diese Berechnung, auf alle früheren Versuche gestüzt, will ich in Kürze noch anfügen, da wir in den Fall kommen können, von solchen Erfahrungen Gebrauch zu machen.

Eine Stahlkette an einer Brücke, welche z. B. 50 Klafter lang wäre, bestimmt, eine Last von 5000 Centner inner den Gränzen ihrer Elasticität zu tragen, müßte bey der Größe der Tragfähigkeit des Stahles von 50000 Pf. auf einen Zoll Querschnitt 10 Quadrat Zoll stark seyn, und würde sich um  $\frac{1}{600}$  ihrer Länge ausdehnen, also um 5'',9 länger werden, sobald sie mit dem Gewichte der 5000 Centner belastet wird. Dagegen, wenn die Kette von Eisen gemacht würde, so ist, da ihre Elasticitäts-Gränze nur 25000 Pf. auf den Quadrat Zoll Querschnitt beträgt, eine Stärke

der Kette von 20<sup>0</sup>'' nöthig hätte, und diese würden sich mit gleicher voller Last von 5000 Centner um  $\frac{1}{919}$  ihrer Länge ausdehnen, also die Kette nur um 3'', 91 länger werden. Aber nicht nur bey dieser, der Widerstandskraft beyder Ketten angemessenen höchsten Belastung, sondern auch bey der weit geringeren von 1000 Centner, wird die Stahlkette sich bey ihrer Stärke von 10<sup>0</sup>'' um 1'', 18, die Eisenkette aber nur um 0'', 78 verlängern, die vertikalen Oscillationen der Bahn, daher sich ungefähr wie 1 : 1,5 verhalten.

So selten die Versuche sind, welche bisher über die Eigenschaften des Stahles von anderen Physikern unternommen wurden, so habe ich doch, und zwar von Herrn *Tredgold* selbst ein Paar solche in Beziehung der seitlichen Belastung in einem englischen Journale gefunden, was den Titel *Repertory of arts and manufactures*, May 1825 führt, die ich nicht nur zur Beleuchtung meiner eigenen obigen Versuche, und der daraus hergeleiteten Rechnungsergebnisse, sondern vorzüglich zur Aufklärung des Verhältnisses von Stahl im gehärteten Zustande diesem Aufsatze noch anfügen will.

Herr *Tredgold* nahm einen Stahlbarren, der geschmiedet, dann durch ein Walzwerk gleichgestreckt, und so weit gehärtet war, daß er der Feile widerstand; legte selben auf zwey um 12'', 534 Wiener Zoll entfernte Auflagen, und zwar so, daß dessen ausliegende Flächen 0'', 9159 Breite, die vertikal stehenden aber 0'', 3598 Höhe hatten. Bey diesem Stabe in seiner Mitte mit 439 Pf. Wiener Gewicht belastet, war eine Beugung von 0'', 0864 bemerklich, welche bey Abnahme der Last gänzlich verschwand. Wird nun nach den oben gezeigten Formeln zuerst die Verlängerung berechnet, so ist

$$s = 0'', 001187 = \frac{1}{842},$$

und die höchste für diesen Zustand des Stahles der Elasticität unschädliche Belastung auf die Basis eines Wiener Zolles

$$f = 69610,$$

daher jene Gewalt, welche nöthig wäre, um ein Prisma dieses Stahles um seine Längeneinheit, die bey uns einen Wiener Zoll seyn soll, zu verlängern oder zu verkürzen, und die Herr Tredgold den Modulus der Elasticität nennt:

$$= \frac{f}{s} = \frac{69610 \text{ Pf.}}{842} = 58631126 \text{ Pf.}$$

Dann untersuchte Herr Tredgold eine zweyte Stahlstange, die aber nicht gehärtet war, und so wie jene, die ich zu meinen Versuchen brauchte, der Feile leicht nachgab.

Bey diesem Stabe waren die Auflagen  $23''$ ,  $13$  entfernt, die Breite desselben auf der er lag  $0''$ ,  $887$ , und die Höhe der Seitenflächen  $0''$ ,  $347$ . Ein in der Mitte aufgelegtes Gewicht von  $173$  Pf. bewirkte eine Beugung von  $0''$ ,  $6$ . Aus diesen Angaben die Verlängerung berechnet, so ging selbe

$$s = 0''$$
,  $001978 = \frac{1}{505}$

hervor, schwand aber bey abgenommenem Gewichte ganz.

Für das bekannte Maß der Widerstandsfähigkeit eines Quadratzolles  $f = 56194$  Pf. und aus beyden zusammen den Modulus der Elasticität

$$\frac{f}{s} = 28401000.$$

Herr Tredgold ging noch weiter in diesen, alle Aufmerksamkeit verdienenden Versuchen, und entdeckte noch folgende Umstände.

Die erste Stange zeigte unter derselben Last dieselbe Beugung wenn:

1. dieselbe bis zur rothgelben Strohfارbe abgelassen wurde.
2. Auch noch, wenn der Stahl bis zur blauen Farbe abgelassen war. Wurde sie
3. aber durch Rothglühen gehärtet, und dann sehr langsam abgekühlt, so zeigte zwar eine Last von  $196,35$  Pf. noch keine bleibende Krümmung, doch scheint es, daß man nicht viel weiter mit der Belastung gehen durfte.
4. Wurde selbe nun neuerlich gehärtet, und auf das stärkste

gehärtet, so brachte erst eine Last von 624 Pf. eine Beugung von  $0'',00482$ , die bleibend war, zu Wege; die Vermehrung der Last um 17,85 Pf. vermehrte die bleibende Krümmung um gleiche  $0'',00482$ , endlich brach sie ganz ab, unter der Last von 1035 Pf.

Die zweyte Stange, als sie gehärtet worden war, daß sie der Feile widerstand:

1. unter gleicher Belastung, wie das vorige Mahl, gleiche Beugungen.
2. Ward sie bis zur strohgelben Farbe des Stahles abgelaßen, so brachten 232 Pf. zwar keine, dagegen 267 Pf. schon eine bleibende Krümmung hervor, und mit 687 Pf. brach die Stange ab.

Sobald es Zeit, und andere Geschäfte zulassen, werde ich Versuche dieser Art ebenfalls unternehmen, und selbe mitzutheilen nicht ermangeln.

Es beruhigt mich übrigens sehr, daß meine Resultate so nahe mit denen Herrn *Tredgold's* übereinstimmen, und läßt mich mit Grund hoffen, daß das von mir gewählte Versuchsverfahren ziemlich das richtige seyn dürfte.

Noch muß ich der Wahrheit zur Steuer anführen, daß die, mit Stahlketten construirte und im Gebrauche stehende, *Carls-Brücke* bey Sturmwinden, welche leider durch die Lage der Umgebung an dieser Stelle der *Donau* besonders heftig sind, ziemlich bedeutend schwanke (*oscillire*), jedoch nur in vertikaler Richtung, was allerdings nebst der bedeutenden Länge auch daher kommt, weil die Construction bey vermindertem Querschnitte der Kette beträchtlich leichter ist, wie es sich deutlich zeigt, wenn man die Vertheilung der constanten Belastung auf eine Klafter der Bahnlänge bey der bestehenden *Sophien-Brücke* auf 2585 Pf., bey der *Carls-Brücke* aber nur auf 1529 Pf. berechnet findet. Die eigene Belastung wäre erst dann verhältnißmäßig gleich, wenn die *Carls-*

Brücke um beyläufig 31400 Pf. an sich, oder durch zufälliges Gewicht schwerer seyn würde. Es ist nicht zu verkennen, daß dieser Umstand, besonders bey sehr langen Brücken wohl erwogen werden muß, wenn es sich darum handelt, Stahl oder Eisen zur Kette zu wählen.

Übrigens sind diese wellenförmigen Schwankungen mehr unangenehm und scheinbar fürchterlich, als wirklich gefährlich oder bedenklich, denn als wir in Wien den 20. July 1828 Abends den fürchterlichen Orcan hatten, der nicht nur hier, sondern in einem großen Theile der ganzen Provinz aufwärts der Donau so bedeutende Verheerungen in Wäldern und Gebäuden anrichtete, so hatte die Carls-Brücke, deren Bahn in schuhhohen Wellen schwankte, doch nicht die mindeste Verletzung erlitten, und hat dadurch eine Probe bestanden, die ihr ein volles Vertrauen auf ihre Stärke und Dauerhaftigkeit im Publicum verschafft hat.

Ich hoffe meine Leser werden es entschuldigen, daß ich durch diese umständliche Auseinandersetzung der Gründe für die Anwendung des Stahles, so lange die eigentliche Beschreibung und Untersuchung des Baues selbst unterbrochen habe, dagegen will ich nun um so schneller, und mich auf die festgestellten Ergebnisse stützend, zurückkehren.

---

## Vierter Abschnitt.

### Von der Kraft und dem Widerstandsvermögen der schwebenden Tragketten der Karls-Brücke.

Ich werde die Untersuchung nach derselben Weise und mit denselben Rechnungsformeln, aus Navier's theoretischer Abhandlung genommen, wie früher bey der Sophien-Brücke behandeln; nur, wie ich schon in der Einleitung sagte, mit dem Unterschiede, daß ich die Rechnungen mit der Einheit der Wiener Klafter und Pfund ausführen werde. Die Bedeutung der Buchstaben für die vorkommenden algebraischen Formeln bleibt dieselbe:

die halbe Sehne über der Entfernung der Auflagepunkte der Kette:  $h = 25^{\circ}, 9585$

der Krümmungspfeil dieser Sehne:  $f = 3^{\circ}, 3$

die halbe Länge der Krümmen selbst:  $c = 26^{\circ}, 415$

die Tangente der Krümmen mit der horizontalen Entfernungslinie der Sehne:  $\text{lang. } \alpha = \frac{2f}{h} = 0,25425$  der Winkel  $\alpha = 14^{\circ}, 16'$

die der Einheit, d. i. einer Klafter der Länge der Sehne entsprechende Last der Construction und des zufälligen Gewichtes:  $p = 4562$  Pf.

Die Summe aller horizontal wirkenden Spannkraften wird durch  $Q$ , und diese vereinigt mit der vertikal wirkenden Kraft durch  $T$  bezeichnet.

Um den Werth von  $Q$  zu finden, dienet die Formel

$$Q = \frac{ph^2}{2f}$$

Es ist daher  $Q = 465770$  Pf. Dieses für den Werth  $T$  angewendet gibt die Formel:

$$T = \frac{Q}{\cos \alpha},$$

folglich  $T = 480570$  Pf.

Diese Ausdrücke der Anstrengung beziehen sich bloß auf die Auflagepunkte der Kette selbst, und sie ist natürlich am tiefsten Punkte der Krümmung, wo das eigene Gewicht der Kette außer Rechnung fällt, beträchtlich geringer.

Da nun der geringste Querschnitt der Stahlketten, wo fünf Stangen in dem Gliede sich befinden  $11''$ ,  $75$  beträgt, so würde jeder Quadrat Zoll des Stahles mit  $40900$  Pf., und wo die Glieder aus vier Stangen zusammen gesetzt sind, die zusammen an beyden Ketten  $12''$  Querschnitt haben, mit  $40050$  Pf. angestrengt werden.

In meiner Abhandlung über die Stärke und Elasticität des Eisens und Stahles habe ich aus dem Durchschnitte von dreyzehn mit Stahl gemachten Versuchen genügend bewiesen; daß die natürliche Elasticität des Stahles  $48961$  Pf. Anstrengung zuläßt, und überdies sind alle in der Kette befindlichen Stangen, und zwar jene der fünfstheiligen Glieder mit  $50000$  Pf., jene der viertheiligen Glieder mit  $60000$  Pf. belastet und einzeln untersucht worden. Bey diesen Proben haben sich auch sieben Stücke als nicht brauchbar erwiesen, und sind ausgeschossen worden.

Wenn man endlich auch noch darauf Bedacht nimmt, daß der Fall der vollen Belastung vielleicht in einem Jahrhunderte kaum einmahl eintreten dürfte, und daß man für einzelne solche außerordentliche Fälle doch auch die absolute Stärke der Ketten, die bis auf  $120000$  Pf. erprobter Maßen reicht, im Auge behalten muß; so möchte ich wohl sagen, es dürfen diese Ketten zwar unberechenbaren Naturereignissen, nie aber der Anwendung und dem gewöhnlichen Gebrauche unterliegen. — Daß Naturkräfte öfter schon Menschenwerke, besonders Bauten zerstört ha-

ben, die für die Ewigkeit gemacht schienen, hat schon so manche gewölbte Bogenbrücke, z. B. jene in Prag erfahren, die nach einer Dauer von Jahrhunderten doch in den letzten Decennien des verflossenen Jahrhunderts einen Pfeiler und einen Bogen bey einem Eisgange verlor. Die Anwendung von Ketten zu Brücken ist noch kaum 20 Jahre alt; was können also nicht Gewitter, Blitze, oder ungewöhnliche Orcane und Erderschütterungen noch bewirken? Doch das darf den Menschen nicht abhalten, seine Verstandeskräfte anzuwenden, nur muß man sich dabey der lächerlichen Eitelkeit enthalten, zu glauben, daß man allen Elementen Troß biethen könne. Wenn diese Digression auch nicht zur Sache gehört, so entwichte sie doch unwillkührlich meiner Feder, aufgeregt durch den Umstand, daß die durch Theorie und Rechnung gefundene große Stärke mich an eine Art von Unzerstörbarkeit für einen Augenblick denken ließ, die einen Troß erzeugen kann, dem man sich nie überlassen darf, denn die Elemente hassen das Gebild der Menschenhand. — Man möge also diese Paar Zeilen dem Gemütthe des Verfassers vergeben, wenn sie auch der Verstand überflüssig finden sollte.

Um wieder den Faden der weiteren Untersuchungen aufzunehmen, will ich die Wirkungen der stätigen, d. i. sich immer gleich bleibenden Belastung der Construction der Brücke selbst, nach den obigen Bestimmungen und Formeln, der Kürze halber jedoch bloß in den Resultaten geben. Für diesen Fall ist die Belastung auf eine Klafter der Länge der Sehne  $p' = 1529$  Pf., folglich:

$$Q = 155605 \text{ Pf.}$$

$$\text{endlich: } T = 160000 \text{ Pf.}$$

Die Betrachtung der Verhältnisse dieses Zustandes eines Brückenbaues ist wohl ohne Zweifel bey weitem die wichtigste, denn eine stäte Wirkung, in welcher der Bau, natürlich auch durch alle Elementareinflüsse und Ereignisse getroffen wird, so klein sie scheinen mag, wäre gewiß,

wenn der Kraft der Construction dießfalls nur etwas mehr, als höchst Mäßiges aufgebürdet würde, in solchen Fällen weit bedenklicher, als eine augenblickliche, dazu so seltne, oder eigentlich wohl, da sie sich vermeiden läßt, nie eintretende Anstrengung.

Theilt man das oben für Erhaltene Spannungs-Resultat durch den Kettenquerschnitt =  $11^{\square}$ ", 75, so trifft einen Quadrat Zoll 13592 Pf., und mit dem Kettenquerschnitte  $12^{\square}$ " nur 13308 Pf.; also in jedem Falle sind die Ketten beynahe nur mit dem neunten Theile ihrer absoluten Kraft in Anspruch genommen, was denn doch so wenig ist, daß von einer nachtheiligen Folge nicht die Rede seyn kann, und die ungünstigsten Zufälle den Bau wohl immer im ungeschwächten Stande seiner vollen Kraft antreffen werden. Der ganz gewöhnliche Gebrauch der Brücke wird eben so wenig einen großen Unterschied machen; denn die Tage, an welchen die Brücke am häufigsten benützt wird, und deren zum Besten der Unternehmung nur viele zu wünschen sind, haben bey der schon drey Jahre, doch auch in der Residenz befindlichen Sophien-Brücke nur eine Anzahl von höchstens 6 bis 7000 Menschen des Tages ausgewiesen, und nur einen Tag gab es, den ersten Sonntag nach der Eröffnung nämlich, wo 13000 Menschen über die Brücke gingen, obwohl kaum 300 Menschen sich zugleich auf der Brücke befanden. In diesem Falle würde auf einen Quadrat Zoll der Ketten etwa 22800 Pf. zu tragen kommen; eine Anstrengung bey weitem unter dem halben Elasticitätsvermögen des Stahles, folglich eben so wenig jemahls nachtheilig, wenn es auch unaufhörlich seyn sollte, daß diese Menschen auf der Bahn bleiben wollten.

Noch ein Theil, aus welchem die schwebende Kette besteht, die Verbindungsbolzen nämlich bleiben zu berücksichtigen übrig. Sie sind, was die Dicke der Stahlstangen bestimmt, 7" lang, vollkommen rund abgedreht, damit sie in die Bohrung der Glieder genau passen, haben 2", 5 Durch-

messer, also 4<sup>o</sup>“, 89 Querschnitt, und sind von geschmiedetem Eisen. An beyden Enden sind, wie bey der Sophienbrücke, vertiefte Nuten eingestochen, welche die aufgesteckten Kettenstangen von der Seite durch aufrecht stehende kalt eingehämmerte Reife von Eisen festhalten, und abzugleiten verhindern. Bedenket man, daß alle Stangen, die ein Kettenglied bilden, vollkommen gleich lang sind, daß die Bohrlöcher genau und anliegend geformt, daß die neben einander so genau als möglich liegenden Stangen der Kette immer abwechselnd hin, die andere im Zuge entgegen wirken, so kann man sich alle Rechnung über relatives Kraftverhältniß füglich ersparen, um überzeugt zu seyn, daß keine, die Construction jemahls treffende Last, solche Cylinder abreißen, oder eigentlich zerquetschen könnte, weil die Gewalt in entgegengesetzter Richtung fast über die ganze Oberfläche gleichförmig vertheilt ist, und die kurzen Hebelarme für den Angriff der Seitenbelastung gegen die dem Eisen eigene Widerstandskraft beynahе verschwinden. Daß sie weicher als der Stahl sind, führt den doppelten Vortheil mit sich, daß etwaige scharfe Kanten der Bohrlöcher der Stangen sich eindrücken, und daß bey dem Schwunge der Ketten eben wegen dieser Ungleichheit der Härte eine weit gelindere und beyde Körper mehr schonende Reibung Statt findet.

---

## Fünfter Abschnitt.

Von der Stärke der Tragstangen, ihren Einhängelättern, Bolzen, und den am untern Ende befindlichen Schraubengewinden nebst Muttern.

Da die Hängestangen mit der schwebenden Kette in unmittelbaren, auf der Bahn sichtlichem Verbande stehen, so dürfte es am Zweckmäßigsten seyn, auf dieselben den Gang der Untersuchung zunächst zu leiten. Sie sind, wie die allgemeine Beschreibung der Brücke schon sagte, von Eisen und haben 81<sup>0'''</sup> Querschnitt. Nehme man das ungünstigste Verhältniß der absoluten Kraft des Eisens, nämlich 40000 Pf. auf einen Quadrat Zoll Querschnitt an, so kann man diese Stangen doch mit einer Kraft von 22300 Pf. nicht absprenge. In der Construction werden dieselben senkrecht durch die Achse der Länge belastet, und tragen alle zusammen 104 an der Zahl, im Falle die Bahn allein auf ihren Schraubenmuttern ruht, am obersten Ende ihre eigene und die übrige Schwere der Bahn, d. i. 61497 Pf.; also jede für sich nur 610 Pf. Im Falle der vollen Belastung der Brücke durch Menschen aber, wo zu obiger Schwere noch für die zufällige Belastung 161000 Pf. hinzukommen, entsteht ein Totalgewicht von 240497 Pf., wovon auf eine Stange also 2312 Pf. zu tragen kommen. Mir scheint, es bedarf nur eines Blickes, um diese Anforderung der höchsten Belastung, neben der Kraft, die erwiesen ist, verschwinden zu sehen. Und doch gehört es zu den Eigenheiten des menschlichen Vorurtheiles, daß fast jeder im Baufache nicht Erfahrene, gerade in der Geschmeidigkeit dieser Hängestangen, die größte

und bedenklichste Schwäche der Construction findet. Es macht freylich die Länge solcher prismatischer Körper, gegen die kleine Seitenbegrenzung gehalten, diese Schüchternheit im Urtheile rege, was vorzüglich dadurch bemerkbar wird, weil die längsten dieser Stangen, die wohl mehr als 24 Fuß lang sind, stets die meiste Furcht einflößen; allein bey ruhiger Betrachtung derselben wird man wohl allgemein zugeben, daß bey der Verwendung des Materials auf Hängestangen eher eine Verschwendung als ein Mangel zu rechtfertigen wäre. Diese Theile der Construction müssen nähmlich, wenn es auf die Bestimmung des Querschnittes ankommt, weniger von Seite ihrer Kraft gegen die Belastung, als von jener betrachtet werden, daß sie als die Verbindungsstücke zwischen zwey, in fast stäter Bewegung befindlichen Brückenbestandtheilen, nähmlich der oberen Kette, und der unteren Bahn, hinlänglich steif bleiben, und nicht, wie es in England häufig der Fall seyn soll, widrige Krümmungen annehmen, die am Ende wohl gar bey einer oder der andern dieser Stangen einen Bruch herbeiführen können. Besonders wenn die Ketten ein sehr bedeutendes Gewicht haben, müssen sie noch stärker seyn, denn sie müssen die Kette heben, wenn die Bahn sich hebt. Darum also hat man sie auch so stark gemacht, und wie der Erfolg kisher beweist, das wahre Verhältniß ziemlich getroffen, weil keine verbogen ist, ungeachtet schon nicht Menschenlast zwar, aber bedeutende Dreane die Bahn sehr heftig in wellenförmige Bewegung gebracht haben. Um aber ihre Stärke nicht unbenützt zu lassen, hat man zugleich von denselben den Gebrauch als Geländerstützen gemacht, und sie dem Auge, vom Geländer bis zur Bahn fast gänzlich entzogen.

Die Einhängeblätter von Eisen und eysförmiger Gestalt, haben, da sie oben auf dem eigentlichen Bolzen der Kette selbst mittelst 2½ zölligen Löchern aufgesteckt sind, bey weitem mehr Breite als Dicke, und zwar eben darum, daß sie zwischen den Kettenstangen sich mit möglichst gerin-

ger Dicke einfügen. Ihre Stärke beträgt nur 4''; der obere Durchmesser des Ovals, wo der große Kettenbolzen in die Öffnung greift, 4'', und der untere Durchmesser, in welchem der kleine Bolzen der Hängestangen ruht 1'', 25. Das hier für den kleinen Bolzen durchbrochene Loch beträgt 0'', 75, oder 9'' im Durchmesser, es hat also zur Seite der beyden Bohrlöcher das Blatt noch 9'' Breite, oder der Querschnitt im Ganzen, da wo das Blatt am schwächsten ist, 0'', 5.

Nachdem für jede Hängestange zwey solche Blätter bestimmt sind, die zusammen 1'' Querschnitt an den schwächsten Theilen haben, diese Blätter aber ganz sicher nie mehr zu tragen haben, als die Hängestangen selbst, welche zwischen ihnen hängen, so braucht nur bemerkt zu werden, daß sie im Verhältnisse wie 144'' zu 81'' noch stärker sind. Nur die Eleganz der Form und der im Ganzen doch nicht bedeutende Aufwand an Gewicht des Eisens kann die, wirklich an sich nicht nothwendige, Stärke dieser Blätter entschuldigen. Die kleinen Bolzen, die, durch beyde Blätter gesteckt, das Ohr der Hängestangen durchgreifen, haben 9'' im Durchmesser, und sind von geschmiedetem Eisen. Der Zug der Hängestangen auf ihre ganze obere Seitenfläche, auf einer Entfernung der Auflagepunkte an den Blätterlöchern, von 9'' ausgetheilt, beträgt, wie oben gesagt wurde, im schlimmsten Falle nur 2312 Pf.; eine Last, die beynabe ein Dorn von hartem Holze aushalten würde, wenn er kurz genug eingespannt ist. Ich glaube demnach auch hierüber alle ferneren Aufklärungen durch Rechnungen bey Seite setzen zu dürfen, wenn ich nicht die Geduld meiner sachkundigen Leser zu sehr in Anspruch nehmen will. Nur die Schraubengewinde an den unteren Enden der Hängestangen erübrigen in diesem Abschnitte noch einer Erwähnung. Auch diese sind für einige profane Beurtheiler des Baues ein Stein des Anstoßes geworden, daher zur Aufklärung diene, daß diese Gewinde so geschnitten sind, daß 10 Umgänge auf einen Zoll der Länge der Spindel kommen, und daß jeder

Gang fast eine Tiefe von einer Linie hat. Die Muttern sind etwas über einen halben Zoll dick, enthalten also sechs Umgänge. Sie sind über 2" an jeder Seite breit, und auf ihrer Oberfläche ruhen unmittelbar die Längenträger so, daß sie einer außerordentlichen starken Reibung ausgesetzt wären, wenn man sie selbst absichtlich umdrehen will. Ich glaube kaum, daß, wenn man diese Beschaffenheit der Gewinde und diese Dicke der Muttern kennt, noch eine Besorgniß Statt haben kann, daß eine Anstrengung von 22 bis 23 Centner Gewalt eine derley Schraube aussprengen und durchziehen kann; nur eine äußerst schlechte Beschaffenheit des Schraubenschnittes, eine zu kleine Spindel, die doch 9" Durchmesser bis zur äußersten Schneide der Schraubengewinde hat, würde so etwas befürchten lassen. Dächte man sich aber wirklich den Fall, daß ein oder die andere solche Mutter in der Länge der Zeit sich abschrauben sollte, so zeigt ja schon die in der allgemeinen Beschreibung der Brücke aus einander gesetzte Einrichtung der Bahnbelegung mit Pfosten, daß dieses gar nichts für den Augenblick schadet, und ein solcher bald offenkundiger Zufall, ist schnell wieder in Ordnung gebracht, daher in keinem Falle ein Grund vorhanden, weder die Schrauben stärken zu machen, noch sie zu vermehren.

Bevor ich diesen von den Hängestangen handelnden Absatz schliesse, will ich noch eines praktischen Vortheiles erwähnen, dessen ich mich bey der Bestimmung des Maßes der Hängestangen zur Controlle der geometrischen Berechnung ihrer stufenweise nach der Kettenkrümmung abnehmenden Länge von den Aufhängepuncten bis zur tiefsten Senkung bedient habe, und wodurch alle diese Stangen so richtig und genau erhalten wurden, daß keine einzige gestreckt oder verkürzt werden durfte, als ich die Brückenbahn einhängte.

Ich verfertigte nämlich eine Kette von Draht mit Gliedern von eben so viel Zoll Länge, als die Kettenglie-

der im Großen Schuhe haben sollten. Nun bestimmte ich an einer vertikalen Mauer zwey Punkte in derselben horizontalen Entfernung mit eben dieser Maßverjüngung, wie bey der Brücke die Auflagepunkte entfernt sind. Diese Punkte mit einer Linie vereinigt, aus deren Mitte eine lothrechte Linie herabgesenkt, und mit dem tiefsten Senkungspuncte bezeichnet, ließen mich nicht nur die genaue Länge der künftigen Kette mit ähnlichem Busen, sondern auch, indem ich von jeder Gliederverbindung gerade Linien bis auf eine zweyte horizontale Linie, welche die Bahn oder die Längenträger in der voraus bestimmten Entfernung oder Tiefe von den Auflagepunkten vorstellte, absenkte, das genaueste Maß für meine Hängestangen bestimmen. Mag immerhin der gelehrte Geometer über dieses empirische Hülfsmittel lächeln, da er sich auf seine mathematische genaue Abscissen- oder Ordinatenrechnung beruft, ich habe diese Rechnung auch gemacht und von anderen Mathematikern machen sehen, wenn es aber zum Einhängen dieser mathematisch bestimmten Hängestangen kam, waren dieselben bald zu lang bald zu kurz, mit einem Worte so gefunden, daß man sie überarbeiten mußte, wann man schon glaubte, sie brauchen zu können. Bey dem Baue der Carls-Brücke waren alle richtig, und daher das Einhängen in wenigen Stunden in Ordnung. Es ist auch ganz natürlich, daß die übrigens ganz unfehlbar richtige Rechnung für krumme Linien nicht hierher paßt, weil diese Ketten mit langen geraden Gliedern keine reine Krümmung bilden, und weil sie auch überall, wo Glied an Glied sich reiht, ein größeres Gewicht haben, als in dem übrigen Theile der krummen Linie, die sie bilden. Die Theorie sagt aber, die Kettenlinie ist jene krumme Linie, welche ein vollkommen biegsamer, durchaus gleich schwacher, an zwey in derselben horizontalen Linie liegenden Punkten befestigter Faden bilden wird, wenn dieser länger als die Entfernung der Befestigungspuncte ist. Ich rathe also Se-

dem, der eine solche Kettenbrücke bauet, immerhin nebst der Rechnung, wenn er sie vornehmen will, auch diesen Handwerksvortheil zu gebrauchen; die kleine Mühe und unbedeutenden Kosten des verwendeten Drahtes werden sich ganz bestimmt lohnen, und manchen Ärger und Aufenthalt ersparen, wann man schon glaubt, mit dem Baue fertig zu seyn.

---

## Sechster Abschnitt.

### Von der Stärke der Längenträger.

Mit den so eben behandelten Hängestangen stehen am unteren Ende die Längenträger in Verbindung. Sie bilden, an beyden Seiten der Bahn, parallel von einem Brückenpfeiler zum andern ununterbrochen in horizontaler Richtung laufend, die Auflage der Bahn; indem dieselbe, genau neben den Hängestangen, quer über den Balken der Bahn auf ihnen ruht. Aus der schon vorausgegangenen allgemeinen Beschreibung der Brückenconstruktion wird man sich erinnern, daß sie von geschmiedetem Eisen, in der Form von vierkantigen Barren, die hohe Kante zu 1'',5, die Dicke zu 0'',75 gefertigt, an einem Ende in einer Gabel auslaufen, welche bestimmt ist, immer den Stiel des nächsten gleichgeformten Stückes der Längenträger aufzunehmen. Die Zeichnung auf den beyliegenden Kupfertafeln gibt den deutlichsten Begriff, daher ich auf selbe weisen muß. Die Schraubenmutter der Hängestangen bildet den Unterstützungspunct des Längenträgers und die Gabel desselben auf der oberen Kante den Ruhe oder Auflagepunct für den Querbalken der Bahn. Die hohe Kante steht aufrecht zwischen diesen beyden Angriffspuncten der auf den Längenträger in gegenseitiger Richtung wirkenden Gewalt. Die Hängestange stellet gleichsam die Kraft und die Richtung derselben senkrecht aufwärts, der Balken die Last, und zwar wie jedes andere Gewicht senkrecht abwärts gerichtet vor. Der Längenträger selbst ist der Punct, der durch seine Festigkeit und

Cohäsion beyde entgegengesetzten Kräfte in Ruhe erhalten, d. i. den Fall der Bahn und der darauf befindlichen zufälligen Last verhindern muß. Ein bekannter und selbst dem nicht wissenschaftlich Gebildeten einleuchtender Satz ist es, daß, wenn zwey gegen einander wirkende Kräfte einander gleich sind, Ruhe, und in unserem Falle also sichere Haltbarkeit der Bahn erfolgen muß; wobey jedoch der die Bewegung hindernde Zwischenkörper der Anstrengung beyder Kräfte ausgesetzt, und daher denselben gewachsen seyn muß. Hier ist dieser Zwischenkörper die Gabel des Längenträgers, und obwohl dieselbe nicht unmittelbar in der Richtungslinie der Anstrengung der in Ruhe zu haltenden beyden Kräfte sich befindet; so ist die Gabel, wie gleich bewiesen werden soll, doch stark genug, den erforderlichen Widerstand zu leisten. Wir wissen aus der unmittelbar vorausgegangenen Untersuchung der Anstrengung der Hängestangen, daß eine derselben im angenommenen Falle der höchsten Belastung der Brücke nur 2312 Pf. Kraftanstrengung unterliegt, es ist also natürlich, daß der hierdurch aufzuhebende Druck des Balkens im gleichen Falle der Bahnbelastung eben so viel betrage. Es entsteht also bloß die Frage: ob diese beyden Anstrengungen die eine aufwärts, die andere abwärts gerichtet, die Gabel des Längenträgers, die mit relativer Kraft des Eisens widersteht, abzubrechen, d. h. ihren Querschnitt zu trennen vermag. Sobald von relativer Kraft die Rede ist; so kommt es auf die Entfernung der Angriffspuncte an, unter denen die Wirkung der Kraft Statt findet. Man nehme nun für unseren Fall diese Entfernung mit 6'', das ist mit der ganzen Dicke des aufliegenden Balkens gleich an, berechne dabey den ganzen Querschnitt der Gabel des Längenträgers, dessen beyde Zurken zusammen  $2, 25''$  machen, so wird man nach meinen obigen Versuchen die Widerstandsfähigkeit des Eisens gegen eine seiner natürlichen Elasticität durchaus unschädlichen Belastung, mit 25213 Pf. berechnet, finden, daß ein solcher an einer Seite befestigter und an der ande-

ren belasteter horizontaler Eisenstab mit den Querschnitten = 2<sup>0</sup>“, 25 eine Belastung von 4737 Pf. mit einer bey so kurzen Hebeln nicht zu messenden Beugung und vollkommen ohne alle Nachtheile aushalten wird. Da nun der Druck des Balkens in allen, und höchstens nur 2312 Pf., und noch dazu durch die Dicke des Balkens auf die ganze Länge von 6“ vertheilt, ausübet, so mag diese Stärke der Längenträger in jedem Falle mehr als doppelt genügend erwiesen seyn.

Ich habe schon gleich anfänglich bey dem ersten Entwürfe zu dieser Brücke für die Stangen der Längenträger und ihre Zusammenfügung zum fortgesetzten Ganzen, eine solche Verbindungsform vorgeschlagen, die gestatten sollte, daß ich die Hängestangen zwischen zwey durch Spannringe verbundene Ende der Längenträger Stangen durchstecken, und somit nur ein geschnittenes Ende der Hängestange nöthig gehabt hätte, nicht aber eine Gabel, wie bey den Hängestangen der Sophien-Brücke, mit zwey Gewinden, zwey Muttern, und überdieß einem Querstück, das dem Längenträger zur Stütze dient. Allein mein erster Entwurf hätte eine, in der Bearbeitung der einzelnen Theile des Längenträgers etwas schwierige Abgripfung der Stangenende erfordert, und ich danke es dem guten Rathe des k. k. Wasserbauamts-Ingenieurs Nikolaus, die, wie man sieht, einfache Form der Gabel an einem Ende jedes Längenträgers gefunden zu haben, wodurch die größte Stärke des Längenträgers gerade dahin kömmt, wo sie in Anspruch genommen, und die Verbindung mittelst eines einzigen vierkantigen Spannringes oder Zwingers bewirkt wird. Dabey wird auch den Hängestangen Raum gegeben, um allezeit senkrecht von der Curve der Tragkette gestellt zu werden, ungeachtet die horizontale Entfernung von je zwey und zwey solcher Hängestangen, natürlich nach der Länge der Brücke, immer um etwas verschieden seyn muß, sobald auf der bogenförmigen Kette die Länge der Kettenglieder verschieden ist.

Die Längenträger reichen von einem Pfeiler der Brücke zum andern, sind aber in den Mauern nicht befestiget, sondern bloß etwas eingeschoben, damit sie durch ihre Bewegung der Bewegung der Bahn entsprechen, und nicht genöthiget sind, sich selbst einen Spielraum in der Mauer auszugraben, welchen man ihnen zweckmäßiger lieber gleich anfangs frey läßt.

## Siebenter Abschnitt.

### Von dem Geländer der Brückenbahn.

Das an jeder Seite der Brücke befindliche Schutzgeländer von Eisen hat eigentlich, besonders in der Gestalt, in der es besteht, gar keinen Einfluß weder auf die Stärke und Haltbarkeit der Construction, noch selbst auf die größere oder mindere Steifheit der Bahn. Seine einzige Bestimmung und der Nutzen, den es gewähren soll, ist, daß kein über die Brücke Gehender in den Strom falle. Übrigens ist es eben darum ein nothwendiger Theil, aber zugleich auch eine Last der Brücke.

Die Aufgabe dabey schien mir also die zu seyn, es so gering als möglich zu machen, und durch eine nette Form desselben die Brücke zu zieren. Was die Befestigung der Geländer betrifft, so glaubte ich am zweckmäßigsten die Hängestangen selbst als Befestigungsstützen gebrauchen zu können, doch so, daß diese Hängestangen ihr freyes Spiel zwischen der Kette und der Bahn auf- und abwärts beybehalten können. Aus diesem Grunde sind auch die eisernen Hülsen, deren vier an jeder Hängestange sich befinden, wie die beyliegenden Zeichnungen deutlich zeigen, rund um die Hängestangen um 2''' weiter in ihren Öffnungen, als der Querschnitt der Hängestangen. Jeder Theil des Geländers ist für die Entfernung der nächsten beyden Hängestangen besonders verfertigt, und auf der vollendeten Bahn, an die schon an den Hängestangen steckenden Hülsen angenietet worden. Bloß diese erhalten das Geländer vertikal stehend, und nur durch sein Gewicht ruht es auf der Bahn, mit

welcher es gar nicht verbunden ist, damit die Krümmungen, welche die lange Pfostenbahn bey darüber sich bewegenden Lasten oder Stürmen annehmen muß, das Gitterwerk wenigstens in kurzen Krümmungslinien nicht beugen und verunstalten können. Würde man die Absicht haben, durch ein steifes massives Geländer, allenfalls von Holzbalken oder Pfosten, vertikale Schwingungen der Bahn zu vermindern, so zweifle ich keinesweges an der Möglichkeit der Erreichung dieses Zweckes, die um so sicherer seyn wird, je genauer und fester man das Geländer in vertikaler Stellung mit der horizontalen Bahn verbindet. Allein dadurch möchte man nur eine an sich unschädliche, höchstens der Ungewohnheit wegen etwas unbequeme, Bewegung der Brücke mindern, im Gegentheile aber die Construction dem Seitenstöße von Stürmen Preis geben, welches weit bedenklichere Seitenbewegungen und horizontale Schwankungen herbeyführen möchte. Denn wird eine solche Seitenschwankung nur einiger Maßen bedeutend, so wird die ganze Last der Brücke plötzlich auf eine Kette allein geworfen, die zweyte, gegen welche die Bahn ansteigt, trägt gar nichts, wenigstens für den Augenblick der Bewegung, und was für üble Folgen können dann nicht entstehen? Selbst die Pfeiler würden darunter leiden, und überhaupt eine solche steife Brücke nicht lange bestehen. Aus diesem Gesichtspuncte betrachtet, scheint mir, daß Biegsamkeit, Elasticität und möglichste Leichtigkeit bey hinlänglicher Stärke aller einzelnen Theile, unentbehrliche Vorzüge von Hängebrücken sind, und daß es daher eben so lächerlich als thöricht wäre, der schönen geschmeidigen Form solcher Brücken durch ein steifes Geländer, so wie den schlanken Hüften eines wohlgebauten Weibes durch einen widrigen Schnürleib, eine widernatürliche Gewalt anzuthun, und Steifheit zu erkünsteln. Die Brücke wird dadurch zum Troge, das Weib zur Drahtpuppe, und zwar nur aus Unverstand und verdorbenem Geschmacke.

## Achter Abschnitt.

### Von der Brückenbahn.

Die Art und Weise der Construction der Brückenbahn ist schon oben im Allgemeinen beschrieben, und der Grund der stufenweise verschiedenen Bewegung der Bahnpfosten angegeben. Die Dicke der Pfosten ist 3'', was also, da die Länge der Bahn 303 Fuß beträgt, nur der 1212te Theil der Länge ist, und woher zum Theile die außerordentliche Biegsamkeit kommt, welche verhältnismäßig größer als die eines Kartenblattes ist, somit also der nothwendigen Veränderung, welche die Curve der Kette durch die über die Bahn sich bewegende Belastung anzunehmen veranlaßt ist, um jederzeit als ein umgekehrtes Gewölbe von der stärksten und zweckmäßigsten Gestalt zu erscheinen, fast gar keinen Widerstand entgegensetzt.

Man hat, da die Bestimmung der Brücke obnehin nur für Fußgeher ist, die größtmögliche Einfachheit und Leichtigkeit der Bahn zum vorzüglichsten Augenmerk bey dem Baue gehabt, und dabey auch eine solche Einrichtung getroffen, um, wenn einzelne Balken oder Pfosten mit der Zeit beschädigt würden, ohne allen Anstand und Aufenthalt die Belegung erneuern zu können. Daß alle Theile stark genug sind, lehrt der Augenschein; nur daß man das Holzwerk nicht getheeret oder angestrichen hat, möchte vielleicht getabelt werden; allein ich glaube, daß, nachdem Masse und Feuchtigkeit bey der freyen und schwebenden Länge dieser höchst einfachen Bahn sehr bald durch Luftzug und Wind

hinweggeschafft wird, es wohl eben so wenig nothwendig ist, dasselbe anzustreichen, als ein offenes Holzdach, auch würde der Anstrich, der auf der Bahnfläche befindlich wäre, nur zu bald von den Übergängern abgenützt werden.

Nachdem nun alle an und auf der Brücke selbst befindlichen und sichtbaren Theile behandelt und beurtheilt worden sind, so will ich auf die Beschaffenheit der in den Befestigungspfählen befindlichen Kettenbestandtheile, und auf die Construction der Gebäude selbst übergehen.

---

## Neunter Abschnitt.

### Von den Spannketten und ihrer Stärke.

Die örtliche Lage der Carls-Brücke hat aus bereits entwickelten Gründen nicht gestattet, daß bey dieser Brücke, wie bey der Sophien-Brücke, Ketten über einen Unterstützungspfeiler gezogen, dann frey schwebend, und endlich in einer rückwärts liegenden Mauer befestiget werden konnten. Wäre dieß der Fall gewesen, so würde ihre größere oder minder erforderliche Stärke von dem Winkel abhängig gewesen seyn, unter welchem sich die Spannkette gegen den Befestigungspunct neiget. Ist dieser größer als jener der Krümmungstangente, so muß die Spannkette verhältnißmäßig größer seyn, was auch gewöhnlich der Fall ist, weil man nicht leicht den Befestigungspunct so weit hinter die senkrechten Unterstützungspfeiler bringen wird, daß beyde Winkel gleiches Maß haben. Bey Auflegung der Spannkette auf einen Mauerquadranten aber, wie es bey der Carls-Brücke der Fall ist, bildet jedes Kettenglied auf dem zur Unterstüzung der Kette gemauerten Viertelkreis eine Sehne, deren Winkel gegen die, über dem höchsten Auflagepunct gezogene, horizontale Linie um so kleiner ist, in je mehr Abtheilungen die Spannkette den ganzen Quadranten umgibt, d. h. je kürzer die einzelnen Glieder dieser Kette sind. Ich habe bey der Carls-Brücke die Eintheilung so getroffen, daß sieben Kettenglieder den Bogen der Auflage überspannen. Der Winkel von  $90^\circ$  also, welchen jeder Viertelkreis enthält, ist in sieben Theile getheilt, daher der der Sehne oder dem Kettengliede im Kreismittelpuncte gegenüber stehende

Winkel beyläufig  $12^{\circ}$ ,  $34'$ , der Winkel am Umkreise mit dem Radius  $83^{\circ}$ ,  $43'$ , und der Winkel ober der Sehne mit der horizontalen darüber hingehenden Linie nur das Complement von  $90^{\circ}$ , d. i.  $6^{\circ}$ ,  $17'$  mißt. Diesen letzten Winkel wollen wir mit  $w$  bezeichnen, und annehmen, daß die Spannkette durchaus in der Richtung des ersten Gliedes gegen die Befestigung zurücklaufe, sodann aber im Grunde, in der Art befestiget sey, wie es bey der Sophien-Brücke der Fall ist. Unter dieser Voraussetzung ist der von den beyden Kräften, nämlich von dem Zuge der Tragketten  $= T = 240285$  Pf. und der Spannketten  $= R = 237075$  Pf., eingeschlossene Winkel  $= 59^{\circ}$ ,  $27'$ . Wird nun nach diesen Verhältnissen der Druck, den beyde genannte Kräfte ausüben, um den durch den Widerstand der Mauer bewirkten Winkel zu ebenen, berechnet, so ist selber  $= 72895$  Pf.

Da es sich in diesem Absatze eigentlich nur um die Untersuchung der Stärke der Spannketten handelt, so gehört die Bestimmung der Mittelkraft oder der Pressung zwar nicht hierher, und ist vorläufig darum angezeigt, weil aus der Entwicklung des Parallelogramms der Kräfte auch dieses Datum hervorgeht.

Es ist übrigens bewiesen, daß die Spannketten nicht mehr Kraft zu haben brauchen, sondern sogar etwas schwächer seyn könnten als die Tragketten, mit denen sie aber hier gleichen Durchschnitt haben, und somit in jedem Falle genügen. Bey jeder ferneren Beugung und Zusammensetzung der Kettenglieder nehmen die Verhältnisse der Anstrengung noch mehr ab, weil, wie sogleich gezeigt werden soll, die von dem Zuge der Tragketten zu überwindende Reibung der Ruhe die Rückhaltsanstrengung in der Spannkette von Glied zu Glied vermindert, so, daß die letzten Spannkettenglieder kaum die Hälfte der Stärke zu haben brauchen, die sie wirklich haben. Der Fall, in welchem sich nämlich bey unserer Construction die Spannketten befinden, ist ganz derselbe eines um einen fest stehenden unbeweglichen Cylin-

der geschlungenen Seiles, von welchem Eytelwein in seiner Statik im 2. Bande 11. Capitels mit mathematischer Genauigkeit beweiset, daß, wie die Zahl der ganzen Verbindungen, oder auch nur die Zahl der gleich großen Bögen, aus welchen der ganze Umfang des Cylinders besteht, in arithmetischer Progression wächst, so wächst in geometrischer Progression die Kraft, welche einer in der Tangente hinziehenden Kraft widersteht. Bleibet diese Last, welche im gegenwärtigen Falle  $T = 240285$  Pf. ist, gleich, so nimmt die erforderliche Kraft  $R$ , die bestimmt ist, derselben das Gleichgewicht zu halten, von Glied zu Glied, welches immer einen gleichen Bogen des Umkreises des Quadranten umfängt, ebenfalls in geometrischen Proportionen ab. Daher, weil alle sieben Glieder zusammen gerade einen Viertelkreis umfassen, auf dem sie ruhen, würden 100 Pf. hinreichen, um 1688 Pf. im Gleichgewichte zu halten; oder in unserem Falle die Rückhaltsanstrengung in der Hauptbefestigung nur 142350 Pf. für jede Kette an einem Ende betragen.

Ich habe die Beweisrechnungen absichtlich hier weggelassen, weil dem mit der Mathematik und Statik vertrauten Leser der angeführte Autor oder überhaupt der Beweis des Satzes ohnehin gewiß bekannt ist, und für den bloß empirischen Leser werde ich im folgenden Absatze einen praktischen sehr einfachen Versuchsbeweis anführen, der augenscheinlich darthut, was die Wissenschaft a priori erweist. Um aber Jenen, die es zu mühsam finden könnten, selbst nachzurechnen, doch zu zeigen wie immer ein Glied der Spannkette nach dem andern, im Gewichte ausgedrückt, weniger Anstrengung nöthig hat, so will ich doch noch folgende Rechnungsresultate anfügen. Ein jedes Glied der Spannkette umfaßt genau den siebenten Theil des Quadranten oder den acht und zwanzigsten des ganzen Kreises, also wird für die oft erwähnte stärkste Anstrengung der Tragkette  $T = 240285$  Pf., der Widerstand genügen im

1.	Spannkettenglied mit	222990 Pf.
2.	» » »	206930 »
3.	» » »	192031 »
4.	» » »	178206 »
5.	» » »	165376 »
6.	» » »	156715 »
7.	» » »	142350 »

Aus allem diesen geht offenbar hervor, daß meine angebrachte Befestigung durch 2" Durchmesser haltende Cylinder, dazu noch die in der allgemeinen Beschreibung erklärte Verankerung mit fünf besonderen über dem untersten Hauptbolzen gelegten Eisenstangen eine übermäßige Stärke gegen ihre wirkliche Anstrengung haben, und also fehlerhaft sind, wie ich schon gesagt habe, wenn sie gleich den Schein einer übergroßen Vorsicht für sich haben.

---

## Zehnter Abschnitt.

### Von den Kettenhäusern oder Unterstützungspfeilern, und der Stabilität des Mauerwerkes selbst.

Ohne in die Wiederholung der schon im 1. Abschnitte im Allgemeinen gegebenen Beschreibung dieser Gebäude einzugehen, die man durch einen aufmerksamen Anblick der beyliegenden Zeichnungen, 1. und 3. Tafel, sich noch deutlicher machen kann, will ich sogleich auf die Untersuchung der Widerstandskräfte jener Theile an diesen Gebäuden übergehen, die von der Belastung hauptsächlich in Anspruch genommen werden. Ein vorzüglicher solcher Punct ist in jedem dieser Gebäude der höchste Auflagepunct der Ketten, Tab. III. Fig. 1 mit a bezeichnet. Der Druck, welchen diese besonders wichtigen Puncte zu leiden haben, ist schon im vorigen Absatze als Mittelkraft mit  $d = 72895$  Pf. berechnet worden. Diesen Druck hat die aus Ziegeln, im Fundamente aus Bruchsteinen gebaute Mauer nun zu leiden; um jedoch den besonderen Druck der mittelst der Ranten der Kettenstangen geschieht, auf eine angemessene Oberfläche zu vertheilen, so liegt unmittelbar unter der Kette eine geschmiedete eiserne Platte von 1' 2'' Dicke und 80'' Fläche. Diese Platte liegt wieder auf einem eingemauerten sehr festen Stein, der bey einer Dicke von 1' eine Oberfläche von 216'' hat. Dieser Oberfläche also theilt sich der Druck der berechneten Pressung der Ziegelmauer mit.

Nach Eytelwein's Handbuch der Statik, 2. Band, aber ist die rückwirkende Festigkeit eines guten Ziegelsteines

auf einen Quadratzoß = 1124 Pf. Berliner Handelsgewicht, oder 936 Pf. Wiener Gewicht, also

$$216'' \times 936 \text{ Pf.} = 203224 \text{ Pf.}$$

die Summe der ganzen rückwirkenden Festigkeit in diesem Theile des Gebäudes. Diese mehr als doppelte Kraft ist um so verlässlicher, als an dieser gedrückten Stelle der Pfeiler von oben bis ins Fundament in einer Stärke von wenigstens 25'' durchaus massiv, ohne alle leeren Zwischenräume, erbaut ist. Überdies kommt auch die Richtung der Pressungskraft der Stabilität des Baues sehr zu Statten, da diese Pressung, wie meine Berechnung der beyden Winkel  $\alpha$  und  $\omega$ , in welchen der Zug und Widerstand an dieser Seite Statt findet, unläugbar beweiset, nicht senkrecht, sondern beynah um 4 Grade einwärts gegen die Mitte des Gebäudes abweichend gerichtet ist. Wenn man sich diese Richtungslinie nur bis auf den horizontalen Radius des Quadranten, d. i. auf 27 Fuß Tiefe verlängert denkt, so fällt sie dort, beynah um 5 Fuß ins Gebäude, mehr von der Steinmauer zurück, als oben wirklich der Angriffspunct sich befindet, der selbst schon 5 Fuß innerhalb der Mauer ist.

Was die Richtung betrifft, so geht dieselbe durchaus von allen Auflagepuncten nach der Linie der Radien, mit welchen der Bogen des Quadranten bestimmt wurde, und es vereinigen sich diese Pressungen alle im Mittelpuncte des ganzen Kreises, dessen Lage die beygefügte Zeichnung deutlich erkennen läßt. — Von dem letzten oder achten Auflagepunct auf dem Quadranten steht die Kette senkrecht über 14 Fuß tief im Fundamente, und hat in dieser Länge bloß allein einem senkrecht aufwärts gerichteten Zuge zu widerstehen, der nach den Rechnungen des neunten Abschnittes höchstens 142350 Pf. betragen kann. Die Pressung vertheilt sich durch die harten Steine, die auf dem Hauptbefestigungsbolzen und der Verankerung liegen, auf eine Fläche von 16''; daß also die rückwirkende Kraft, oder Festigkeit der Mauer bey einer so ungeheueren Angriffsfläche überwiegend größer

sey, braucht wohl nicht erst berechnet zu werden. Eben so wenig kann man wohl, auch schon auf den ersten Anblick der Kettenhäuser zweifeln, daß die Masse des Mauerwerkes nicht bey weitem mehr als hinreichend Gewicht haben müsse, um dem senkrecht aufwärts strebenden Zuge der Ketten zu widerstehen; allein da die Art der Befestigung, wie sie hier bey der Carls-Brücke angewendet ist, etwas von den durch Navier und andere Schriftsteller beschriebenen und berechneten Befestigungsarten abweicht, so glaube ich doch die theoretischen Ansichten entwickeln zu müssen, von welchen ausgehend, ich mich für diese, freylich mehr durch die Umstände der Localität als durch Schlüsse aus der Theorie aufgezwungene, Form der Gebäude entschieden fand.

Wenn man die Form der Kettenhäuser nur in der Beziehung betrachtet, in welcher sie ihrer Masse und Festigkeit nach hinlängliche Stützpunkte für die Kette abgeben sollen, so ist es natürlich, daß man mit der architectonischen Form sowohl im Inneren als Äußeren weniger zu thun hat, als mit ihrer Masse. Die in den Gebäuden befindlichen leeren Räume für Gemächer, Stiegen, Durchgänge u. s. w. kommen nur in so ferne in Betrachtung, als man bey der Anlage dieser nöthigen Ubicationen darauf Rücksicht nehmen muß, die Hauptmasse der Mauern an keiner Stelle so zu schwächen, um etwa dem Hauptzwecke nicht mehr mit Sicherheit entsprechen zu können, der stets dahin gerichtet ist, feste Stützen für die Ketten abzugeben. Für die Entwicklung der theoretischen Grundsätze dieser bey der Carls-Brücke angewendeten Befestigungsart will ich bloß allein auf die beyden parallel in der Richtung der Brücke laufenden Seitenmauern, über welche hin die Ketten liegen, die Beobachtung der Untersuchenden lenken, und außer aller Acht lassen, daß diese beyden Seitenmauern durch die Gewölbe mitsammen vereinigt und durch ein gemeinsames Dach bedeckt, ein förmliches Haus bilden.

Eine jede solche Seitenmauer ist ohne Rücksicht auf die

Böschung, vom Fundamente bis an den ersten Hauptcordon 36 Fuß lang, im Durchschnitte 6 Fuß dick, und vom Roste des Fundamentes bis unter den Giebel des Daches beyläufig 54 Fuß hoch. Da aber unsere Kettenglieder nicht bis an die ganze Tiefe des Grundmauerwerks reichen, sondern nur von der Höhe des Cordons oder der Bahn auf 15 Fuß tief die Hauptbefestigungsbolzen, unter dem erwähnten Befestigungssteine liegen, so will ich die Höhe bloß mit 45 Fuß in Anschlag bringen. Aus dieser Ausmaß den Kubikinhalt zu berechnen und das höchst wahrscheinliche Gewicht zu beurtheilen, ist an sich ganz leicht, indem man nur die ganze Länge mit der Höhe  $7,5^{\circ}$  multiplicirt, und die Dicke ohnehin schon  $1^{\circ}$  angenommen ist, wornach also der Kubikinhalt in Klaftern  $6^{\circ} \times 7^{\circ},5 = 45$  Kub. Klafter gibt. Nachdem das Mauerwerk theils aus Bruchsteinen, theils aus Ziegeln besteht, so will ich im Durchschnitte das Gewicht von jeder Kub. Klafter zu 21600 Pf., oder den Kub. Fuß zu 100 Pf. berechnen,  $45$  Kub. Klafst.  $\times 21600 = 972000$  Pf.

Nun befinden sich aber in diesem Mauerwerke mehrere überwölbte hohle Räume, und ich will daher zur Ausgleichung und Annäherung an das wahre Gewicht der Mauermaße nur 800000 Pf. annehmen. Da eine solche Mauer, als ein regelmäßiges, mit der hohen Kante stehendes Parallelepipedon, durchaus symmetrisch ist, so ist dessen Schwerpunct in der Regel in der halben Länge der Mauer oder im Mittel der Basis derselben mit einer, dem obigen Gewichte gleichen Kraft als unterstützt zu betrachten. Nebst dieser eigenen Kraft der Mauer aber wird auch von der Kette selbst, die, wie schon oft gesagt, über einem Viertelkreisbogen innerhalb der Mauer liegt, auf acht Puncten ein solcher Druck ausgeübt, daß selber zusammengerechnet nicht weniger als 318181 Pf. ausmacht. Auch dieses Gewicht, da dasselbe in die Basis des Mauerkörpers fällt, lastet auf derselben, aber nicht mehr in der Mitte der Länge der Mauer, sondern an der Stelle, wo der Mittelpunct des Kreises sich

befindet, von welchem der Quadrant ein Bogen ist. Er ist auf der Basis in der Länge von vorne herein gleich dem Auflagepunkte der Kette 5 Fuß, und von der Basis, die wir für diese Untersuchung als geltend angenommen haben, 15 Fuß aufwärts gelegen. Vereinigt man diese beyden Punkte, nämlich den Schwerpunkt der Mauer und jenen der convergirenden Resultanten, oder den Kreismittelpunct durch eine Linie, ohne auf die Abweichung der Richtung des Druckes auf den Hauptauflagepunct Rücksicht zu nehmen (wobey ohnehin nur ein sehr geringer Unterschied in der Lage des vereinigten Druckes heraus kömmt), so findet sich, im Verhältniß der Last des Schwerpunktes = 80000 Pf., und des zweyten = 318181 Pf., daß der neue für die gesammte Last von beyden = 1118181 Pf., gefundene Schwerpunkt nicht mehr auf der Mitte der Basis, sondern in der Länge der Mauer von vorne herein gemessen 14 Fuß entfernt, also ungefähr 4 Fuß aus der Mitte gerückt gegen vorne zu liegt. Betrachtet man nun die Basis als einen einarmigen Hebel, dessen Drehpunkte am vorderen Ende derselbe, und der Angriffspunct A, einer in senkrechter Richtung aufwärts wirkenden Kraft in C = dem Schwerpunkte (die gesammte Last R = 1118181) sich befindet, so werden wir die Größe der Kraft sehr leicht finden, die der gemeinsamen Schwere R das Gleichgewicht hält: Es wird nämlich seyn:

$$P = \frac{BC \cdot R}{AB} = \frac{14' \cdot 1118181}{36'} = 434848 \text{ Pf.}$$

In dieser Formel ist AB die ganze Länge der Basis = 36 Fuß; BC die Entfernung des Schwerpunktes von dem äußeren Ende der Basis, welche hier den Auflage- oder Drehpunkt des Hebels vorstellt, = 14 Fuß; R ist schon aus dem Früheren bekannt. P wäre die Kraft, welche am äußersten Anfange der Mauerlänge angebracht den Druck nach abwärts wohl aufheben, aber noch keine Bewegung oder einen Sturz der Mauer verursachen kann. Bey unserer Carls-Brücke aber ist die senkrecht aufwärts ziehende Kraft in der

Tangente des horizontalliegenden Radius des Quadranten, nicht ganz am Anfange der Basis der Mauer, sondern um 5' weiter gegen die Mitte zu gelegen, wodurch die ganze Länge der Basis AB, die von hier 36' hat, nun nur noch 31' beträgt; alle übrigen Verhältnisse, welche die Formel ausdrückt, bleiben dieselben, und es folgt also, daß  $P = 504985$  Pf. an diesem weiter vorgerückten Angriffspuncte betragen wird, wobey ebenfalls noch gar keine Bewegung der Mauer erfolgen kann. Vergleichen wir nun unsere wirklich an dieser Stelle aufwärts wirkende Kraft, d. i. die Spannung der Hauptbefestigungsglieder, aus dem vorigen Abschnitte, mit 112330 Pf. berechnet, so ist einleuchtend, daß dieselbe mehr als drey-mahl so groß seyn könnte, als sie wirklich ist, ohne im mindesten besorgen zu machen, daß sich der Pfeiler heben könne. Noch größer wird die Beruhigung, wenn man erwägt, daß ich hier auf gar keine Cohäsion der Mauer mit der Erdmaße, in der sie steht, oder auf keinen Druck der Gewölbe, die beyde Mauern verbinden, und endlich auf die Verbindung mit den übrigen Theilen des ganzen Kettenhauses nicht das Mindeste gerechnet habe, obschon alle diese Umstände die feste Stellung dieser Mauer sehr vortheilhaft erhöhen. Ich glaubte eigentlich diesen Gang meiner Idee rück-sichtlich solcher Befestigungsanordnungen nur darum ausführlicher behandeln zu sollen, weil derley Anordnungen öfter bey anderen solchen Brückenbauten vorkommen können, ungeachtet bisher diese Art noch selten angewendet worden ist. Auch glaube ich, daß es nie überflüssig wäre, der Aus-führung eine ähnliche Untersuchung vorausgehen zu lassen, um die Haltbarkeit solcher Gebäude zu versichern.

Bey allen Gegenständen der Mechanik und Statik war ich von jeher gewohnt, wo es ohne zu vielen und kostspieligen Apparaten möglich war, zur Berichtigung der Resultate der Rechnungen, in die so leicht Fehler einschleichen können, praktische Versuche anzustellen, die auf empirische Weise auch

dem nicht Rechnungskundigen als ersichtliche Beweise der aufgestellten Grundsätze dienen. Auch das in den beyden letzten Abschnitten von der Anstrengung der Spannketten, und dem Drucke auf das Mauerwerk Gesagte wollte ich auf eine solche empirische Art beweisen. Zu diesem Ende stellte ich (Tab. III. Fig. 3.) eine aus Bretern gefertigte Tafel A von hinlänglicher Größe in eine vertikale Ebene auf, zog sodin eine horizontale Linie aa, auf welcher dann durch die vertikal gezogene Linie ab ein rechter Winkel gezeichnet war. Aus dem Scheitelpuncte dieses Winkels wurde sodann mit einem Halbmesser von 27'' ein Viertelkreisbogen zwischen beyde Linien beschrieben, und dieser Bogen in sieben gleiche Theile eingetheilt, durch diese Theilungspuncte gegen den Mittelpunct des Kreises eben so viele Radien gezogen, an dem Umkreise aber außer dem Bogen hinaus in fortgesetzter Richtung verlängert. Von dem höchsten, über dem senkrechten Schenkel des Winkels liegenden Puncte wurde dem horizontalen Schenkel parallel eine Linie bc gezogen, sodann mit dieser ein Winkel  $\alpha$ , der jenem Krümmungswinkel der Tangente der Tragkette bey der Carls-Brücke gleich ist (nämlich beyläufig 14 bis 15 Grade), von dem gedachten Puncte aus vorwärts außerhalb des Bogens beschrieben. Auf diese Art hatte ich eine wirklich dem Baue der Kettenhäuser ganz ähnliche Figur gezeichnet.

Um nun Versuche über den Zug der Kette und deren Druck auf die Auflagerspuncte vornehmen zu können, ließ ich eine kleine eiserne Kette von ähnlicher Gestalt, wie unsere bey der Carls-Brücke im Großen ausgeführten Ketten, in der Länge von sieben Gliedern verfertigen, abwechselnd jedes Glied von zwey und einer Stange mit Nieten verbunden. Auf der Tafel nach der Richtung der, zwischen den Theilungspuncten des Bogens gezogenen, Sehne wurden ziemlich starke vorragende Lattenstücke unter den Sehnenwinkeln gegen einander anstoßend befestiget, welche dazu

bestimmt waren, die Auflage für die Ketten zu bilden, genau so wie sie bey der Carls-Brücke im Großen auf dem Mauerpolygon liegen. Vorne an der für die Richtung der Krümmungstangente gezeichneten Linie war in einiger Entfernung von dem Polygon eine leicht bewegliche eingekerbte Rolle an ihrem oberen Umkreis die Winkellinie tangirend, durch eine Schraube, welche die Achse der Rolle bildete, befestiget, sodann eine Schnur an die kleine Kette gebunden, welche über die Rolle gelegt, ein Gewicht von 10 Pf. trug. An dem anderen Ende der Kette, welches über die Latte des Polygons gelegt rückwärts herab hing, wurde ein Gefäß gebunden, welches dazu bestimmt war, ein Gegengewicht an Bleischrotten aufzunehmen, und den Zug der vorne hängenden 10 Pf. im Gleichgewichte zu halten. Dieses Gleichgewicht erfolgte, als 5 Pf. 16 Loth an der Kette, versteht sich mit Einrechnung des Gewichtes des Gefäßes selbst, angehängt waren. Die Kette lag vollkommen ruhig und fest auf dem Quadranten, daher das Verhältniß des vorderen Zuges zur rückwärts befindlichen Befestigung, unter diesen Umständen, wie 100 : 55 war. Ist nun der Zug bey der in ähnlicher Lage sich befindenden Carls-Brücke im Großen, nach obiger Berechnung an einer Kette bey der größten Belastung  $T = 240285$  Pf., so verhält sich:

$$100 : 55 = 240285 \text{ Pf.} : 132157 \text{ Pf.}$$

Aus der im neunten Abschnitte ausgeführten Rechnung nach Eytelwein's Grundsätzen der Statik über die Wirkung der Reibung bey dem Umschlagen des Seiles, oder der Kette um den Quadranten eines Cylinders, haben wir den für Ketten nothwendigen Widerstand = 132330 Pf. gefunden, es haben also beyde Arten des Beweises, nämlich die theoretische Berechnung und der praktische Versuch gleiche Resultate gegeben, und wie es scheint, die Untersuchung auf einen höchst genügenden Grad übereinstimmend erschöpft.

Nun wollte ich aber auch durch eben diese Vorrichtung den Druck und dessen Richtung, welchen jedes Glied der Kette auf seine Auflage verursacht, eben so empirisch ausmitteln.

Da ich natürlich voraussetze, daß jeder Druck auf eine Auflage in gerader Richtung, wie er Statt findet, mit einer seiner Stärke entgegengesetzten gleichen Gewalt aufgehoben wird, so ging ich auf folgende Art zu Werke:

Unter jedem außerhalb dem bezeichneten Kreisbogen geführten Radius, und zwar in angemessener Entfernung ober der Kette schraubte ich eine, der erst beschriebenen ähnliche Rolle *e* an die Tafel so, daß selbe mit dem Umfange die verlängerte Linie berührte. Ferner band ich an die Zusammenfügungsnieten der kleinen Kette eine Schnur, die über die Rolle gelegt, an ihrem andern Ende ein Gefäß zur Aufnahme der Bleychrote fest gebunden hielt. Bey dem höchsten, und so zu sagen ersten Auflagepunct, wo das vorderste Ende der Spannkette mit der Tragkette, und im Versuche mit der Schnur, an welcher die 10 Pf. Gewicht hingen, im Zusammenhange steht, fällt die Richtung des Druckes nicht mit dem Radius, welcher hier vollkommen vertikal steht, zusammen, sondern, weil der Winkel der ersten Sehne, mit der darüber gezeichneten horizontalen Sehne, den wir mit  $\omega$  bezeichnet haben, nur  $6^{\circ} 17'$  beträgt, und der Zugwinkel der gespannten Schnur mit eben der horizontalen Sehne beyläufig  $15^{\circ}$  enthält, so bestimmte ich die Richtungslinie dadurch, daß ich eine Senkrechte auf die vordere Spannungslinie, und eine Senkrechte auf die Sehne, unter welcher die Kette mit dem ersten Gliede auflag, beyde aus dem Puncte der Vereinigung, d. i. aus dem Puncte des Druckes zeichnete. Dadurch bildete sich natürlich ein Winkel, dessen Schenkel die beyden erstgedachten Linien waren, und der dann so viele Grade hatte, als beyde obigen Winkel  $\alpha$  und  $\omega$  zusammen, nämlich  $21^{\circ}$ ; die Schenkel dieses Winkels

in gleicher Länge durch eine Basislinie vereinigt, und aus der Mitte dieser Basis, nach dem zu unterst des Dreyeckes geführten Scheitel- oder Druckpunct eine in den Quadranten hinein fortgeführte gerade Linie gezeichnet, so bestimmt diese Linie die Richtung des Druckes an dieser Stelle. Auch an dieser Linie wurde über dem Bogen, und denselben mit dem Umfange berührend, eine Rolle angeschraubt, die an das vordere Kettenende angebundene Schnur über die Rolle gelegt, und an dem anderen Ende derselben ebenfalls ein Gefäß zur Aufnahme der Bleyshrote gebunden. Sämmtliche Schnüre waren so lange, daß die angehängten Gefäße, unter das durch eigene Stützen aufrecht gehaltene Bret, oder Tafel herab hingen, und so viel möglich ohne alles Hinderniß die Gewichte frey in der Luft schwebend wirken konnten. Nachdem die ganze Maschinerie auf diese Art vorbereitet war, wurde zuerst das Gefäß des ersten Auflagepunctes so lange mit Gewichten belastet, bis die Kette an dieser Stelle gehoben war, wozu ich, da immer noch der Zug durch 10 Pf. bestimmt war, nebst dem Gefäße noch ein Gewicht von 4 Pf. Bleyshroten benöthigte; es fing aber die Kette schon, wiewohl sehr wenig an, sich nach vorne hin gegen den Zug zu schieben, und es mußte das Gegengewicht am senkrecht herabhängenden Kettenende vermehrt werden, daß die Kette wieder ihre vorige Lage über dem Bogen erhielt. Das über dem zweyten Auflagepunct hängende Gefäß mit Bleyshroten gefüllt, forderte, bis die Kette hier gehoben wurde, 2 Pf. 8 Loth, und so jeder weitere Punct fast genau um 8 Loth weniger, bis am achten und letzten Punct der Auflage der Kette auf dem Quadranten nur mehr 24 Loth nöthig waren, um die Kette schwebend zu erhalten. Dabey aber mußte das Gewicht an dem senkrecht herabhängenden Ende der Kette, d. i. rückwärts bis auf 8½ Pf. vermehrt werden, um die Kette genau in der nämlichen Lage, und unter denselben Brechungswinkeln als sie

früher über dem aus Batten gebildeten Polygon in Ruhe lag, schwebend zu erhalten. Die unter diesen Umständen nöthige Vermehrung des Widerstandsgewichtes an dem hinteren Ende der Kette ist ganz natürlich daraus zu erklären, daß bey der schwebenden Kette der Einfluß der Reibung fast ganz aufhörte, und man hätte eigentlich noch ein größeres Gegengewicht nöthig gehabt, wenn nicht das eigene Gewicht der Kette dazu beygetragen hätte, das fehlende zu ersetzen, da aber dieß durchaus kein praktisches Interesse gewährt, so unterließ ich in dieser Beziehung jede nähere Untersuchung, und bestimmte bloß aus dem Verhältnisse des zum Aufheben des Druckes an jedem Auflagepuncte nöthigen Gewichtes bey dem Zuge von 10 Pf., nach der Richtung der Tragketten-Krümmung in dieser Versuchsmaschine, den verhältnißmäßigen Druck der Kette im Großen auf die analogen Puncte nach der größten Anstrengung  $T = 240285$  Pf. für eine der Ketten, welches Verhältniß ich schon oben für jeden Punct angegeben hatte.

Wenn gleich bey diesem empirischen Verfahren die Bestimmungen nicht mit der unfehlbarsten Genauigkeit getroffen werden können, so ist doch zu erwarten, daß kein eben großer Abstand von der Größe des wirklichen Druckes Statt finden wird, und weil es ohnehin rätlich ist, daß man das widerstehende Mauerwerk bey der Ausführung solcher Bauten immer lieber stärker als zu schwach baue, so mag ein solches praktisches Bemessungsmittel der erforderlichen Widerstandsfähigkeit immerhin anwendbar seyn, besonders wenn der Baumeister eines solchen Werkes kein gelehrter Mathematiker ist, was denn doch zuweilen der Fall seyn mag.

Noch mehr Beruhigung enthält dieses Resultat, wenn man bedenkt, daß hier die Ergebnisse des Versuches stets mit der Spannung der größtmöglichen Belastung der Brücke ins vergleichende Verhältniß gesetzt worden sind. So selten aber diese hohe Belastung eintritt, eben so selten wird auch

die Wirkung der Pressungen an den verschiedenen Punkten im Mauerwerk wirklich so groß seyn. Die Anstrengung bey der eigenen Last der Construction, und wie die Erfahrung lehrt, mit einem sehr unbedeutenden Zuwachs für die zufällige Belastung gibt einen Maßstab für die ununterbrochene Wirkung auf den Bau, der der Stätigkeit wegen sehr wichtig ist. Aus der Ansicht aber in der Rechnung ausgehend, vermindern sich alle diese Pressungen in eben dem Maße, wie im vierten Abschnitte die Anstrengung der Ketten im Querschnitte von 1 Quadratzoß im gleichen beständigen Fall berechnet worden sind, wo auch bey der größten Belastung ein Quadratzoß Stahl 40500 Pf., ohne Belastung aber außer jener der Construction selbst nur 13308 Pf. zu tragen hat. Es würde daher z. B. auf den am meisten zu tragen bestimmten Auflagepunct, wo die Tragkette mit der Spannkette verbunden ist, der hier berechnete Punct  $P = 72895$  Pf. nur 24222 Pf. betragen; auf gleiche Art, und in eben dem Verhältnisse, d. i. nur mit einem dritten Theil der obigen Angaben, würden in allen übrigen Punkten eines Statt findenden Punctes, dieser auf das Mauerwerk wirken, dafür aber freylich unter allen Umständen permanent seyn.

Eher als ich diesen Abschnitt schliesse, muß ich auch noch erinnern, daß, nachdem bey der Carl's-Brücke in den Kettenhäusern die Kettenschläuche, und also die sehr angestrengten Ketten, über in der Mauer befindlichen hohlen Räumen liegen, diese unumgänglich nöthigen Räume mit Gewölben überspannt sind, und damit auch diese Gewölbe nicht zu viel durch den Druck leiden, an jenen Stellen, wo die Kette aufliegt, starke, eine bedeutende Oberfläche bildende Platten von Gußeisen auf geschmiedete, in das volle Mauerwerk greifende Balken gelegt, und dadurch die Ketten unterstützt sind, damit der Druck sich besser vertheile, und nirgend nachtheilig wirken kann. Noch vortheilhafter

möchte es gewesen seyn, wenn ich die Glieder der Spannketten kürzer gehalten, und dadurch die einzelnen Druckpuncte vermehrt hätte, denn dann würde jeder einzelne noch weniger zu tragen haben, und das Polygon der Kette dem Kreisbogen ähnlicher, die Reibung aber, die für den Widerstand in der Hauptbefestigung so vortheilhaft ist, bedeutend größer seyn.

## Fiffter Abschnitt.

Beschreibung des Verfahrens bey dem Einhängen der Tragketten, und ihrer Spannung über dem Flusse.

**N**achdem beyde Ufergebäude vollendet waren, wurden auf beyden Seiten zuerst die Kettenglieder, welche in den Kettenschläuchen über dem gedachten Mauerquadranten zu liegen kommen sollten, durch ihre Bolzen zusammengesteckt, und vom Befestigungspuncte bis auf den höchsten Punct, wo sie aus der Mauer gegen die Bahn vorragen, eingelegt. Von den Pfeilern wurde ein bis zur Höhe der Kette reichendes Gerüste von den Mündungsöffnungen an für die Kette etwa  $2\frac{1}{2}$  Klafter, nach der schiefen Richtung der Kettenkrümmung gesenkt, erbaut, und so auf diesem Gerüste ruhend, noch zwey Kettengliederlängen an jede Kette angebracht, und auf das Gerüste gelegt. Am linken Ufer fuhr ich mit der Anreihung der Kettenglieder noch weiter fort, so daß endlich die senkrecht vom vorderen Rande des Gerüstes herab hängende Kette das Ufer selbst erreichte. Inzwischen wurde auch die übrige ganze Länge der Kette am linken Ufer zusammengefügt, und Glied an Glied gebolzt, und so beyde Ketten in ganzer Länge auf eine längst dem Ufer aufgestellte Pontonbrücke übertragen, und auf Walzen, die aus 12'' langen abgeschnittenen Baumstämmen bestanden, aufgelegt, damit man die schweren Ketten leicht vor- und rückwärts schieben konnte; jedes Kettenglied hatte seine eigene solche Walze zur Auflage. Die Pontonbrücke, die bey-

den Ketten parallel neben einander tragend, machte nun am linken Ufer mit dem untersten Ende festgestellt, eine Schwenkung über den Fluß, und wurde durch die gleichförmig vertheilten Anker festgehalten, und in die Richtung der werdenden Brücke gestellt. Das vom Gerüste des linken Ufers herabhängende Stück der Kette wurde mit seinem, auf der Pontonbrücke entsprechenden Theil der Kette gehörig verbunden und verbolzet, sodann die vereinigte Kette so weit als möglich auf der Brückenbahn gegen das rechte Ufer vorgeschoben. Nun wurde unter das vorlezte Glied der auf diese Weise dem rechten Ufer so nahe als möglich gebrachten Kette eine Art von Joch (Tab. II. Fig. 17. 18. 19. 20. und 21.), aus starken Pfosten verfertigt, untergeschoben. Damit aber die Kettenglieder selbst bey der Anstrengung des Zuges auf gar keine Art verbogen, oder sonst beschädiget werden konnten, so legte ich neben das aus fünf Stangen bestehende Kettenglied noch an jeder Seite der Kette eine Seitenstange an, deren Gestalt man aus der Fig. 22 u. 23 entnehmen kann. Diese Stange war an einem Ende, wie man aus der Zeichnung sieht, wie die Stangen der Kette selbst gestaltet, hatte ebenfalls sein kreisrundes Loch a, zur Ansteckung an den Verbindungsbolzen, und nur außerdem noch eine Art von griff-, oder hufeisenartigem Stollen b, der über das runde Blatt der Kettenstangen, an welche es anlag, eingreifen, und so die Kette fast wie eine Zange einklemmen mußte. Die runde Öffnung war auf dem Bolzen der Kette angesteckt, da dieser aber nicht lang genug ist, um durch die Dicke der Zulagstange, die 1' betrug, durchzugreifen, daher von Außen nicht hatte befestiget werden können; so war in dem betreffenden Bolzen der Kette ein Loch mit einem Mutterschraubengewinde eingebohrt, und in selbes eine Art von Vorlageriegel (Fig. 26 in zwey Richtungen gezeichnet) eingeschraubet. Es ist also leicht zu begreifen, daß auf diese Art die beyden Zulagstangen sich an dieser Stelle von dem Bolzen, ungeachtet derselbe nur auf die

Hälfte der Dicke derselben reichte, nicht abschieben konnten, und die Kette also bey dem Bolzen selbst, und überdies durch die erwähnten Stellen an dem runden Blatte der Kettenstangen ergriffen, und festgehalten blieb. Am andern Ende hatte diese, beyläufig 4 Fuß lange Zulagstange, ein Ohr c zur Aufnahme eines eisernen Durchschubkeiles d. Gleich hinter diesem Keile lag nun das oben erwähnte Aufzugjoch, welches aus drey übereinander liegenden starken Pfosten bestand. Ich habe alle Theile desselben in den fünf, diesen Gegenstand betreffenden Zeichnungen der 2. Tafel mit den gleichen entsprechenden Buchstaben bezeichnet, und ersuche demnach die fernere Beschreibung mit dieser Zeichnung stets der Deutlichkeit wegen zu vergleichen. Die Pfosten hatten eine Länge ab von 2 Fuß, und eine Breite cd, von 10 Zoll. Die Dicke, welche aus Fig. 19 zu ersehen ist, betrug 3 Zoll von jedem, lagen sie also alle 3 übereinander, so hatten sie 9 Zoll Dicke zusammen, und wurden durch die Schrauben ik verbunden. Der in der Mitte liegende Pfosten war aber nicht ganz, sondern sein Mittelstück ausgeschnitten, wie man in Fig. 17 und 21 durch ef angezeigt sieht. In diesem Raume nun lag das fünfstheilige Kettenglied sammt den beyden Zulagstangen ohne alle Pressung, da die Breite der Öffnung ef 10 Zoll, die Höhe aber fast 3 Zoll betrug.

Unmittelbar vor dieser Öffnung ragten die Zulagstangen mit ihrem Keilöhre zwischen den Zughacken l vor. Damit aber das Holz der Pfosten nicht beschädigt werde, wenn die Keile d bey dem Zuge stark angepreßt werden, so waren sie, wie in Fig. 19 bey g zu sehen ist, mit starken Eisenschienen beschlagen. Durch die mittleren Pfostenstücke waren die Zughacken l durch die gebohrten Löcher h gesteckt, und hinter den Muttergewinden zwey lothrecht stehende starke Schienen n angebracht, wodurch im Zuge alle drey übereinander liegende Pfosten angegriffen werden, daher um so weniger ausweichen können, da sie schon durch die Schrauben ik, welche durch die Löcher mm gehen, fest aufeinander gehalten

ten sind. Als nun dieses Joch gehörig an dem erwähnten vorletzten Kettengliede der auf der Brücke liegenden Kette fest gemacht war, so wurde in dem Haken l der Ring eines Flaschenzuges mit vier Rädern eingelegt. An dem letzten aus dem Kettenschlauche vorragenden Kettengliede, und eigentlich an dessen Verbindungsbolzen, war abermahls ein solcher Haken mittelst einer Eisenstange, die fast dieselbe Gestalt wie die beschriebenen Zulagestangen hatte, befestiget, und diente dazu, die unbewegliche Flasche des Zuges aufzunehmen. Es leuchtet somit ein, daß auf solche Weise ganz vollständige Flaschenzüge, und somit acht bewegliche Rollen zur Erleichterung der Kettenspannung dienten. Da aber die nöthige Gewalt, um die über 8500 Pf. schwere Kette zu spannen, mehr als 200 Centner betrug, so stellte man senkrecht unter das Gerüste am rechten Ufer noch für jeden Flaschenzug einen Hornhaspel, welcher auf der Tafel III. Fig. 4, 5 und 6 in verschiedenen Ansichten gezeichnet ist. Dieser Haspel hatte an jeder Seite ein von starken Bohlen verfertigtes Zugrad mit Angriffhörnern a, und einen Kurbelgriff an Radarmen befestiget b. Diese Räder stakten an einer geschmiedeten eisernen Achse c, auf welcher auch das eiserne Getriebe d sich befand. Dieses Getriebe griff in ein Metallstirnrad e ebenfalls auf einer Achse von Eisen, welche zugleich von der hölzernen Welle für das Zugseil umgeben war. Dem Stirnrade gegenüber, am anderen Ende der Welle, befand sich ein Hemmrad f, mit schief gesteckten Zähnen, und an der Wellstütze befestiget der Hemmkegel g. Diese ganze sehr solid gebaute Maschine, ein Eigenthum der k. k. Hofbau-Direction, welche sie zu diesem Zwecke der Kettenspannung zu leihen die Güte hatte, steht auf Radrollen, um sie leicht von der Stelle zu bringen.

Es wäre zu weitläufig, die Verminderung der nöthigen Kraft gegen die Gewalt, welche die Spannung der Kette erforderte, nach dem Verhältnisse der beweglichen Rollen in beyden Flaschenzügen, und nach den Rädern um dem Ge-

triebe, dann der Welle umständlich hier zu berechnen, da Jeder, der nur die Anfangsgründe der Mechanik inne hat, das Nähere selbst berechnen kann, nur muß ich bemerken, daß die ganze Arbeit des Aufspannens einer Kette mit beyläufig 10 Mann ungefähr in einer Stunde verrichtet war. Die Höhe, auf welche das auf der Pontonbrücke liegende Kettenende bis zum Verbindungspuncte mit dem Kettengliede auf dem Gerüste reichte, betrug beynah 50 Fuß.

Nachdem die ganze Seillänge (die wegen der Flaschenzüge sehr bedeutend war, und um so mehr Raum auf der Welle eingenommen hätte, als das Seil bey  $\frac{3}{4}$  Zoll im Durchmesser hielt) zu oft um den Wellbaum der Maschine hätte gewunden werden müssen, so war das aufzuwindingende Seilende nur mit drey Umwindungen über die Welle geschlagen, und wie es sich bey dem Zuge immer verlängerte, durch einen hinter der Welle stehenden Mann stets abgezogen. Um aber das abziehende Seil immer so viel als möglich in der Mitte der Welle zu erhalten, so mußte der Flaschenzug und eigentlich die in den Rollen laufenden Seile jederzeit oben auf dem Gerüste mit Stricken gebremset werden, so oft das unten an der Welle gehende Seilende mit seinen Bindungen von einer Seite derselben an die andere gelangt war; was freylich eine nicht vermeidliche, aber doch in dem Zeitraume einer Stunde mit einbegriffene Bögerung der Arbeit veranlaßte. So wie die beyden zu vereinigenden Ende der Kette, nämlich das von der Brücke gehobene und jenes auf dem Gerüste, sich so nahe gebracht waren, daß der zwischen jenem durch das Zugjoch ergriffenen vorletzten Kettengliede und dem letzten obersten Gliede befindliche Raum nur mehr eine etwas kleinere Entfernung eines ganzen Gliedes, das ist nicht ganz mehr 6 Fuß von der Mitte eines Bolzenloches zum andern betrug, so wurde das letzte Glied der unteren Kette, was im Zuge vor dem Joche senkrecht herabhing, in einzelnen Stangen in die Kettenrichtung erhoben, die runden durchbohrten Endblätter nebeneinander

eingeschoben, bis Loch auf Loch paßte, und mit dem durchgesteckten Bolzen verbunden, das ist also die Kette an sich selbst aufgehangen und gespannt; sofort konnte aller Zug der Maschinen aufhören, und die ganze Zurüstung von der ersten Kette ab, und auf die zweyte übertragen werden. Obwohl zu diesem Theile der Vorrichtung wieder eine Zeit von einigen Stunden erforderlich war: so gelang es doch, beyde Ketten in einem halben Tage einzuhängen, somit also den Bau eines eigenen Gerüstes auf dem Flusse, wie bey der Sophien-Brücke, der ersten in Wien erbauten Kettenbrücke, zu ersparen und die Schiffahrt so kurz als möglich zu sperren.

Als endlich beyde Ketten auf diese Art eingehängt waren, so senkten sie sich natürlich von selbst in die ihrer gegebenen Länge angemessene Kettenlinie. Da aber bey der Bohrung der runden Bolzenlöcher in den einzelnen Kettenstangen immer ein etwas, wiewohl im Einzelnen kaum meßbarer Raum über die Größe des Bolzendurchschnittes gelassen werden mußte, damit die Bolzen nicht gar zu streng zwischen alle die neuen Bolzenlöcher sämmtlicher Kettenstangen durchzustecken waren, so geschah es natürlich, daß man nicht auf eine vollkommen gleiche Länge beyder Ketten rechnen konnte, was dann auch unvermeidlich eine ungleiche Senkung der beyden Ketten zur Folge gehabt haben würde. Diesem nicht nur dem Auge widrigen Übelstande zweyer nicht symmetrischen Kettenkrümmungen, und der durch eine solche Ungleichheit veranlaßten ungleichen Anstrengung der Ketten selbst zu begegnen, setzte man sich schon im Voraus in Stand, diese ungleiche Länge, die sich einsinden würde, durch folgende Vorrichtung zu beseitigen. Es waren nämlich auf jeder Seite der Kette die ersten beyden Bolzen, in Tab. III. Fig. 1 mit l und k bezeichnet, in ihrer ganzen Länge nach gespalten, die Löcher der Stangen statt rund, wie Tab. II. Fig. 1 und 2 bey aa zu sehen ist, oval gebohrt, zwischen die Spaltungsflächen des Bolzens eiserne Reile

eingeschoben, die man gegen einander verschieben konnte, was dann verursachte, daß man eine Verkürzung der Kette durch Eintreiben der Keile, und eine Verlängerung durch Herauschieben derselben ganz in seiner Macht behielt. Mit diesem Handgriffe wurde auch wirklich der beabsichtigte Zweck der vollkommenen Ähnlichkeit der Kettenkrümmung erreicht, sodann aber die Keile außer der Kette abgeschnitten, und dieselben so durch eingestrichene Nuten und kalt eingezwängte Ringe von Außen mit den zwey Theilen des gespaltenen Bolzen verbunden, daß ohne Abnahme dieser Einlagringe gar keine Veränderung in der Lage der Keile Statt finden kann; noch weniger können diese Keile jemahls von selbst aus den Kettenlöchern herausfallen. Dieses Mittel im vollen Maße bey unserer Brücke angewendet, gestattete aber bloß eine Verkürzung der zu tief hängenden Ketten um etwa 4 bis 5 Zoll, und die Ketten waren dann noch etwas zu lang, und hingen um etwa noch weitere 6 Zolle zu tief, was darum sehr unangenehm war, da sie, nach dem entworfenen Plane der Brückenconstruction, bestimmt waren, über dem Geländer zu schweben. Ich verdanke es dem, von meinem Bruder, dem k. k. Wasserbauamts-Ingenieur Ferdinand Ritter von Mitis angegebenen eben so einfachen als sicheren Instrumente, welches Tab. II. Fig. 24 und 25 gezeichnet ist, daß auch diesem Übelstande auf eine sehr leichte Weise vollkommen abgeholfen wurde. Dieses Instrument bestand aus zwey ziemlich starken Schraubenspindeln aa, die durch einen geschmiedeten eisernen Steg b, an dessen beyden Seiten die Mutterschrauben eingeschnitten waren, sich senkrecht durchschrauben ließen. Dieser Steg nun wurde in dem Kettenschlauche zunächst dem Kettenauflagepunkte, quer unter die Kettenglieder geschoben, was um so leichter anging, als die runden Platten der Kettenstangen die Glieder stets um zwey Zoll über der darunter liegenden Mauer halten. Dann wurden die Spindeln eingeschraubt, und mit abwechselndem Anziehen mittelst eines

kräftigen Schraubenschlüssels das Kettenglied so lange gehoben, bis man so viele Eisenplatten unter die Auflagepunkte unterschieden konnte, als erforderlich waren, die Kette auf jene Höhe zu heben, die sie nach dem Plane haben mußte, was durch eine von einem Pfeiler auf den anderen gerichtete Wisirlatte genau abgemessen wurde. Wer die mechanischen Vortheile und die Gewalt kennt, die ein mit geringer Steigung geschnittener Schrauben hat, wird leicht begreifen, daß diese Arbeit, ungeachtet des wenigen Raumes, den der geschlossene Schlauch dem Arbeiter hierzu gestattete, und ungeachtet das Heben der Kette eine bedeutende Kraft erforderte, doch leicht und sicher, obschon langsam, von einem einzigen Schlossergesellen verrichtet wurde.

Da nun endlich die beyden Ketten in vollkommen richtiger Krümmung über dem Fluß hin schwebend hingen, so handelte es sich darum, die Hängestangen von Glied zu Glied einzuhängen. Um die Art, wie dieß bewerkstelliget wurde, sich deutlich vorstellen zu können, muß man auf der Tab. II. Fig. 1, 3 und 6, betrachten. Ich habe nämlich auf demselben Bolzen, der die Kettenstangen zu Gliedern vereinigt, jedesmahl auch zwey länglicht oval geschmiedete eiserne Platten a a zwischen die Kettenstangen dergestalt eingesteckt, daß selbe in die Mitte der Kette, und durch die mittelsten Kettenstangen getrennt, von der Kette senkrecht herab hingen. Diese Platten hatten zwey Bolzenlöcher, das erste c für den Kettenbolzen selbst, und dann ein zweytes d von 9 Linien für den kleinen Bolzen der einzuhängenden Hängestange. Dieses letztere hatte eine kleine eingeseilte Nut nach abwärts, wie Fig. 6 deutlich zeigt, und war zur Aufnahme des Bolzen Fig. 7 bestimmt, der an einem Ende einen Kopf, an dem anderen aber eine, wie der Bart eines Schlüssels vorragende Nase hatte. Steckte man diesen Bolzen durch die beyden unten correspondirenden Löcher in die Platten e, so mußte die Nase des Bolzen durch die Nut eingeschoben werden, und es durfte nur so hin der kleine Bolzen ge-

dreht werden, so konnte er zurück aus den Löchern der Platte nicht mehr herausfallen. Diese Vorrichtung war nur darum nöthig, weil man bey dem Einhängen der Hängestangen, deren eine man auf Tab. II. Fig. 13, im größern Maßstabe gezeichnet sieht, nicht die Zeit hatte, den kleinen Bolzen auf seinem Ende ohne Kopf gehörig einzunieten, was erst dann geschah, als die Brückenbahn gelegt, und man mit Leitern an jeden Verbindungsbolzen sicher und leicht gelangen, also auch nieten konnte.

Das Einhängen der Hängestangen geschah nun auf folgende Weise: über beyde Ketten quer wurde ein beyläufig 3<sup>n</sup> langer mäßig starker runder Balken, von den noch immer stehenden Gerüsten an den Pfeilern, gelegt; so zwar, daß dieser Baum an jeder Seite um etwa 3 Fuß über die parallel schwebenden Ketten hinausragte. An diesem Baum, gleich innerhalb der Ketten, wurde auf jeder Seite eine Sprossenleiter fest angebunden, die senkrecht herabhängend verhinderten, daß sich der Balken nicht nach der Seite heraus schieben konnte, zugleich aber einem Arbeiter, der vom Eingange der Brücke aus, wo die Leiter mit ihren Endspitzen aufstand, den sicheren Weg zu den Einhängelplatten, mit der Hängestange in der Hand, zu gelangen darboth. Der die Leitern tragende Balken war überdies an seinen Enden mit zwey langen aber schwachen Stricken gebunden, welche von zwey auf dem Gerüste stehenden Arbeitern gehalten verhinderten, daß der Balken nicht über die Kette ihrer Krümmung nach gleiten konnte, daher alle Gefahr für den einhängenden Arbeiter vollkommen beseitiget war. Da die ersten beyden Hängestangen an jedem Ufer schon vom Gerüste aus eingehangen wurden, so fing man mit der dritten Hängestange auf jeder Seite in beschriebener Art an. Wie aber eine solche Stange zwischen die Blätter mit seinem Ohr a Fig. 13 eingeschoben und durch den kleinen Bolzen fest gesteckt war, hing sie mit ihrem Schraubengewinde b senkrecht herab. Jetzt ergriff ein anderer im Hori-

zonte der Bahn stehender Arbeiter eine so genannte Längenträgerstange, deren Form man aus Tab. II. Fig. 8 und 9 abnehmen kann, er zog die nur 6 Fuß vor ihm schwebende Hängestange mit einem Hacken an sich, steckte das Schraubengewinde b der Hängestange, an dem die Schraubemutter fest war, ober dieser Mutter zwischen die Gabel a in Fig. 9 des Längenträgergliedes, und legte dessen hinteren Stiel auf den in der Höhe der Bahn angebrachten Mauervorsprung des Pfeilers, wo er einstweilen eingeklemmt war. Diese nähmliche Einlegung fand auch bey der zweyten Kette Statt, und somit waren der Länge der Bahn nach, durch die 6 Fuß langen Längenträgerstangen, zwey horizontalschwebende eiserne Balken gelegt, auf denen bis an die nächsten Hängestangen ein querliegender 3 Klafter langer Pfosten geschoben, und so die Auflage für die der Länge nach vorgeschobenen Gerüstladen gebildet wurde. So konnte man schon auf 6 Fuß weit vom Pfeiler weg vorwärts gelangen. Nun wurde der Leiterbaum sammt den angebundenen Leitern, durch die Seile auf den Gerüsten vorwärts gleiten gemacht, der Schlosser bestieg die Leitern, befestigte die nächsten Hängestangen in seine Blätter, ließ sie senkrecht hängen, worauf dann unten vom Brückengerüste aus wieder die zweyte Stange des Längenträgers auf gleiche Art wie früher eingelegt, und der Stiel b, ober derselben mittelst einer starken eisernen Hülse c Fig. 9 zwischen die Gabel des ersten Längenträgers, und von der durchgesteckten Hängestange eingeklemmt wurde. So war nun schon das zweyte Fach des Brückengerüsts vollendet, und da auf gleiche Weise von jedem Uferpfeiler aus, gegen die Mitte der Bahn hin, zugleich gearbeitet wurde, nun schon eine 4 Klafter lange Bahn hergestellt. Auf gleiche Art wurde mit der Arbeit fortgefahren, so daß in zwey Tagen das ganze Gerüste, und so zu sagen eine leichte Brücke über den Fluß fertig war, ohne daß die darunter weggehende Schifffahrt nur einen Augenblick aufgehalten oder gehin-

bert worden wäre. Nun diene dieses vollendete Brückengerüste erst, um die eigentlichen, von Lärchbaumholz verfertigten Querbalken der Brückenbahn (d Fig. 8 und 10) an die bestimmten Stellen der ganzen Länge der Brücken nach auszutragen, und zunächst den durch das Bleyleth senkrecht gestellten Hängestangen auf die Gabeln der Längenträger aufzukanten. Diese Balken hatten an ihren Enden die Einschnitte e, die sie nicht nur gegen das Abschieben nach der Seite schützten, sondern auch die Längenträger in eine vollkommen parallele Linie brachten. — Die Schlußringe um die Gabel der einen, und der Stiel der nächsten Längenträgerstange wurden festgeschlagen, und durch Keile von Eisen unverrückbar gestellt, durch das Auf- und Abschrauben der an den Hängestangen befindlichen Muttern aber die horizontale Richtung der künftigen Bahn bestimmt. Noch muß ich erinnern, daß, da nach dem Constructionsplane der Brücke die Längenträgerstangen bestimmt waren, zugleich die Stützen des Brückengeländers zu bilden, wie dieß Fig. 8 zeigt, die sogenannten Verbindungshülsen der Geländer schon vorher, als die Hängestangen eingehängt wurden, über diese Hängestangen eingeschoben werden mußten, und einstweilen lose zusammengebunden an den Hängestangen hingen. Diese Hülsen, in Fig. 8, 13, 14 und 15 sichtbar, hatten vierkantige Öffnungen g, um die Hängestangen aufzunehmen, die um zwey Linien weiter, als der Durchschnitt der Stangen waren, damit das Geländer seiner Zeit den vertikalen Schwingungen der Bahn nachgeben könne, ohne diese Stangen zu hemmen oder zu biegen. Auch waren an den Seitenarmen dieser Hülsen schon überall die Nietlöcher hh für die Geländerfächer, die mit ihren Querleisten i, Fig. 8 an diesen Hülsen angenietet wurden, versehen. Die Gestalt dieser Hülsen, deren vier Stücke an jeder Hängestange sich befinden, richtete sich nach der horizontalen Lage und Form der Geländerleisten i, und eben so auch nach ihrer Breite. Die Ansicht der Zeichnungen wird dieses Alles ohnedem deutlich

genug machen, und eine fernere umständlichere Beschreibung der Geländeraufstellung scheint mir überflüssig. Übrigens versteht es sich von selbst, daß die Geländer erst dann aufgestellt wurden, als die Bahn vollendet war. Das Geländer ist aber mit dem Holzwerke der Bahn durchaus nicht fest verbunden, und ruht auf der Bahn bloß mit den unterhalb befindlichen Kugeln *k* durch seine eigene Last. Da wo die Hängestangen durch die Bahnpfosten greifen, ist eine Deckplatte von Blei fest anschließend genagelt, damit keine Risse auf dem darunter liegenden Querbalken kommen, und denselben faulen machen kann. Sollte jemahls eine Reparation der Bahnpfosten nöthig werden, so kann man solche leicht vornehmen, indem man die Geländer nur aushebt, und so den darunter liegenden Pfosten mit einem neuen, ja selbst einen Querbalken auswechseln kann. Die vierkantigen Schlußringe oder Bänder der Längenträger bis an die Mutterschrauben der Hängestangen angetrieben, verhüten auch, daß keine Mutter sich mit der Zeit abschrauben kann, da sie deren Umdrehung verhindern, was aber auch schon durch die Last der Bahn bey der vorhandenen starken Reibung auf der Gabel des Längenträgers nicht leicht vorauszusehen ist.

Die Querbalken, wie man aus Fig. 10 sehen kann, sind in der Mitte etwas höher, als an den Seitenköpfen, damit das Wasser auf der Bahn, unter den Kugelfüßen des Geländers, leicht abfließen kann.

Das Hirnholz der Balken ist unter der Bahn durch einen vertikalstehenden Pfosten Fig. 8, 11, bedeckt. Dieser reicht so weit herab, daß man von der Seite auch die eisernen Längenträger und die Gewinde der Hängestangen nicht sehen kann. Dieser Pfosten trägt wohl auch etwas, jedoch nur wenig zur größeren Steifheit der Bahn bey, die überhaupt zu befördern eben so wenig rathlich als möglich ist, besonders bey dem Umstande, daß bey der Länge der Brücke von 303 Fuß die 3 Zoll dicken Bahnpfosten nur den

1212ten Theil ausmachen, wodurch im Verhältnisse jedes Kartenblatt dicker als diese Kettenbrücke ist.

Wie wenig Nachtheil aber von diesem Verhältnisse für die Brücke zu besorgen ist, hat die bisherige Erfahrung, und besonders der heftige Sturm vom 20. July 1828 bewiesen; auch wird das Publicum wohl bald die unschädlichen vertikalen Schwankungen gewöhnen, und sich überzeugen, daß dieselben das charakteristische Merkmal aller Hängebrücken, aber keinesweges eine die Festigkeit oder Sicherheit des Baues gefährdende Fehlerhaftigkeit seyen.

---

## Zwölfter Abschnitt.

### Erklärung der drey angeschlossenen Kupfertafeln.

Im Allgemeinen muß der Verfasser dieser Zeichnungen die Erinnerung vorausschicken, daß dieselben keineswegs als förmliche Bau- und Constructionspäne anzusehen sind, wozu sie in einem viel größeren und richtigeren Maßstabe hätten entworfen seyn müssen; ihre Bestimmung ist nur, das in diesem Werke Gesagte durch eine beyläufige Darstellung anschaulicher zu machen. Die Gegenstände, welche von besonderer Wichtigkeit für die Beurtheilung der Construction nöthig zu kennen sind, wurden in den vorausgegangenen Abschnitten schon beschrieben, daher sie hier eigentlich nur kurz wiederholt werden.

#### Tab. I.

Fig. 1 ist eine allgemeine Übersicht der Seitenansicht der ganzen Brücke nebst Ufer- und Stromprofil. A das rechte Ufer, B das linke Ufer.

Fig. 2. Ein Durchschnitt in der Mitte des rechten Uferpfeilers nach der Länge. A die Eingangsthüre in das Gewölbe zu ebener Erde, B das Gewölbe selbst, C die Scheidemauer von dem hinteren Befestigungsgewölbe, D die Seitengewölbe zum Kettenschlauche, E der Durchgang für das Publicum in der Höhe der Brückenbahn, F die Thüre zur Kammer des Cassiers und zur Ausgangsstiege in dessen Wohnung, G der aufgedämmte Zugang in diesen Corridor des Gebäudes, H der Eingang, I der Ausgang der Brücke, K die Thüre von der Stiege in die Wohnung des Cassiers,

L ein Vorzimmer mit einem Kamine zum Kochen, beleuchtet durch das Fenster gegen die Brücke, M ein Zwischengang, um in N das eigentliche Wohnzimmer zu gelangen, welches durch das Fenster gegen den Aufgang der Brücke beleuchtet ist, O der Raum, unter dem mit Zink eingedeckten Dache.

Fig. 3. Façade des Zugangsthores zur Brücke auf dem rechten Ufer, mit dem Fenster, welches das Wohnzimmer beleuchtet.

Fig. 4. Façade des Austrittsthores auf die Brücke, auf beyden Ufern gleich. A die Thüre in die Gewölbe unter dem Coridor, und an dem linken Ufer in das Gewölbe unter der Stiege, B der Ausgang auf die Brückenbahn, C das Fenster, welches die Vorkammer der oberen Wohnung beleuchtet, D die beyden Kettenschlauchmündungen.

Fig. 5. Die Façade des Zuganges in den linken Uferpfeiler. Das Thor zu ebner Erde führt hier, wo keine Anschüttung des Zuganges möglich war, auf die Treppe des Coridors.

Fig. 6. Der Durchschnittsaufriß des linken Uferpfeilers in der Mitte nach der Länge. A die Thüre unter das Treppengewölbe vorne, B das Gewölbe selbst, C das Zutrittsthor auf die Treppe des Coridors, D die Treppe und der Coridor selbst, E das Austrittsthor auf die Brückenbahn, F die Thüre in das Cassezimmer, und zur Stiege in die obere Wohnung, G leerer Raum zwischen dem Gewölbe ober dem Coridor und der Boden der oberen Wohnung, H Eintrittszimmer und Küche der Cassierswohnung, I Verbindungskammer mit K dem Wohnzimmer desselben, alles auf gleich Art wie jenseits beleuchtet.

Fig. 7. Grundriß des rechten Pfeilers auf der Ebene des Durchgangscoridors. A der Coridor selbst mit seinen Gewölben, und B die Cassekammer, C der Zugang zur Stiege D in die obere Wohnung, E der Durchschnitt des in die Hauptmauern gelegten Kettenschlauches.

Fig. 8. Der Grundriß des Wohnungsstockes. A die Stiege, B Eingang in die Wohnung, C der Camin zum Kochen, D Verbindungskammer, E Wohnzimmer mit zwey Gewölbniſchen, aus denen kleine Thüren in F die Kettenſchläuche und auf den Boden des Hauſes führen.

Nachdem die Wohnung in dieſem Pfeiler jener im vorbeschriebenen Pfeiler sehr ähnlich ist, so wurde selbe nicht mehr zu zeichnen nöthig gefunden.

Fig. 9. Grundriß zu ebener Erde des linken Pfeilers, worin man A das Gewölbe unter der Treppe des Coridors und B den Grundriß der Kettenſchläuche ſieht.

Fig. 10. Grundriß des Durchgangscoridors; A die Stiegenruheplätze, B die Stiege ſelbſt, C Caſſezimmer, D der Aufgang in die Wohnung, E die dahin führende Stiege, F die neben dem Eintrittsthore befindlichen zwey Befestigungskammern, die durch Spalethüren von dem Coridor aus zugänglich ſind.

#### Tab. II.

Fig. 1. Aufriß der Ketten, an welchen die Bahn hängt, nach der Seite anzusehen. A ein verkürztes Kettenstangenglied an einer Seite, mit seiner runden Platte B zur Aufnahme des Bolzen C bestimmt, und an dem anderen Ende mit seinem ovalen Platte D und ähnlichem Loch für den E gespaltenen Bolzen und die Verkürzungskeile, F die Platte für die Hängestangen.

Fig. 2. Der Grundriß derselben Kette in ihrer Zusammensetzung. Nachdem die einzelnen Theile ohnehin leicht kenntlich sind, und diese Zeichnung nur bestimmt ist, die Zusammensetzung der Kettenstangen darzustellen, deren wechselweise 4 und 5 die Glieder der Kette bilden, so hat man die Bezeichnung derselben mit Buchstaben überflüssig gefunden.

Fig. 3 zeigt einen Querschnitt der Kette im Aufriß, und ist vorzüglich bestimmt, die Lage der Hängestangenblätter und der Hängestangen ſelbſt zu verſinnlichen.

Fig. 4 zeigt einen Bolzen, der die Ketten verbindet,

mit seinen an beyden Enden eingeschnittenen Nuten, zur Aufnahme der Schlußringe, wenn die Stangen der Kette eingesteckt sind.

Fig. 5. Ein solcher Schlußring im Aufrisse, dessen Ende übereinander fallen, daß er sich feste zusammenschlagen, in die Bolzennut gehörig einsenken und festhalten kann.

Fig. 6. Ein Hängestangenblatt mit seinen Löchern zur Aufnahme des großen Verbindungsbolzen, so wie der kleinen für die Hängestangen.

Fig. 7. Ein kleiner Hängestangenbolzen. Die nähere Erklärung dieser Theile enthält der vorige Abschnitt ohne dieß, so wie auch die folgende Zeichnung auf dieser Tafel.

Fig. 8. Ein Aufriß eines Theiles der Brückenbahn sammt dem Geländer, an der rechten Seite des Aufrisses im Querschnitte der Bahn.

Fig. 9. Die eisernen Längenträgerstangen im Grundrisse.

Fig. 10. Querbalken der Brücke.

Fig. 11. Deckpfosten an der Seite der Bahn.

Fig. 12. Eine vollständige Kettenstange im Aufrisse nach einem darunter befindlichen Maßstabe.

Fig. 13. Eine liegend gezeichnete Hängestange mit ihren Geländerhülsen, wie sie vor dem Einhängen angesteckt wurden.

Fig. 14 und 15. Zwey solche einzelne Hülsen. Diese letzteren drey Zeichnungen haben den Maßstab mit AB bezeichnet. Alle anderen Zeichnungen aber den Maßstab CD, der halb so groß ist.

Fig. 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 u. 23 stellen insgesamt die für das Einhängen der Ketten nöthigen Rüstungstheile vor, welche im vorigen Abschnitte genau beschrieben sind.

Fig. 24 und 25 ist das eben so beschriebene Stellungsinstrument, um die gespannten Ketten in die gehörige Höhe zu heben.

## Tab. III.

Fig. 1 ist der Querschnittsaufriß eines Kettenpfeilers in der vertikalen Ebene des Kettenschlauches selbst. a zeigt den höchsten Auflagepunct der Kette, von wo aus sowohl die Länge als die Tiefe der Krümmung der Tragkette berechnet ist.

Nachdem im Absatze X die umständliche Beschreibung aller übrigen Bezeichnungen schon enthalten ist, so will ich hier nur bemerken, daß der zu dieser Zeichnung gehörige Maßstab unter der Fig. 1 selbst angebracht ist.

Fig. 2 sind die Quadersteine, welche zur Aufnahme der Hauptbefestigungsbolzen dienen, mit ihrer ausgemeißelten Höhlung, sowohl für den Bolzen, als für den senkrechten Durchgang der ersten Ringglieder der Kette. Auch bey dieser Zeichnung ist der vergrößerte Maßstab, wie jedesmahl im Wiener Fußmaß, beygesetzt.

Fig. 3 ist die Darstellung der Maschine, welche in dem vorhergegangenen Abschnitte beschrieben ist, und deren ich mich bediente, um den erforderlichen Gegenzug bey der Hauptbefestigung und den Druck auf jedem Auflagepuncte der Kette im Kettenschlauche praktisch zu zeigen, und dadurch die Theorie zu bestätigen. Auch hier ist ein eigener Maßstab beygesetzt.

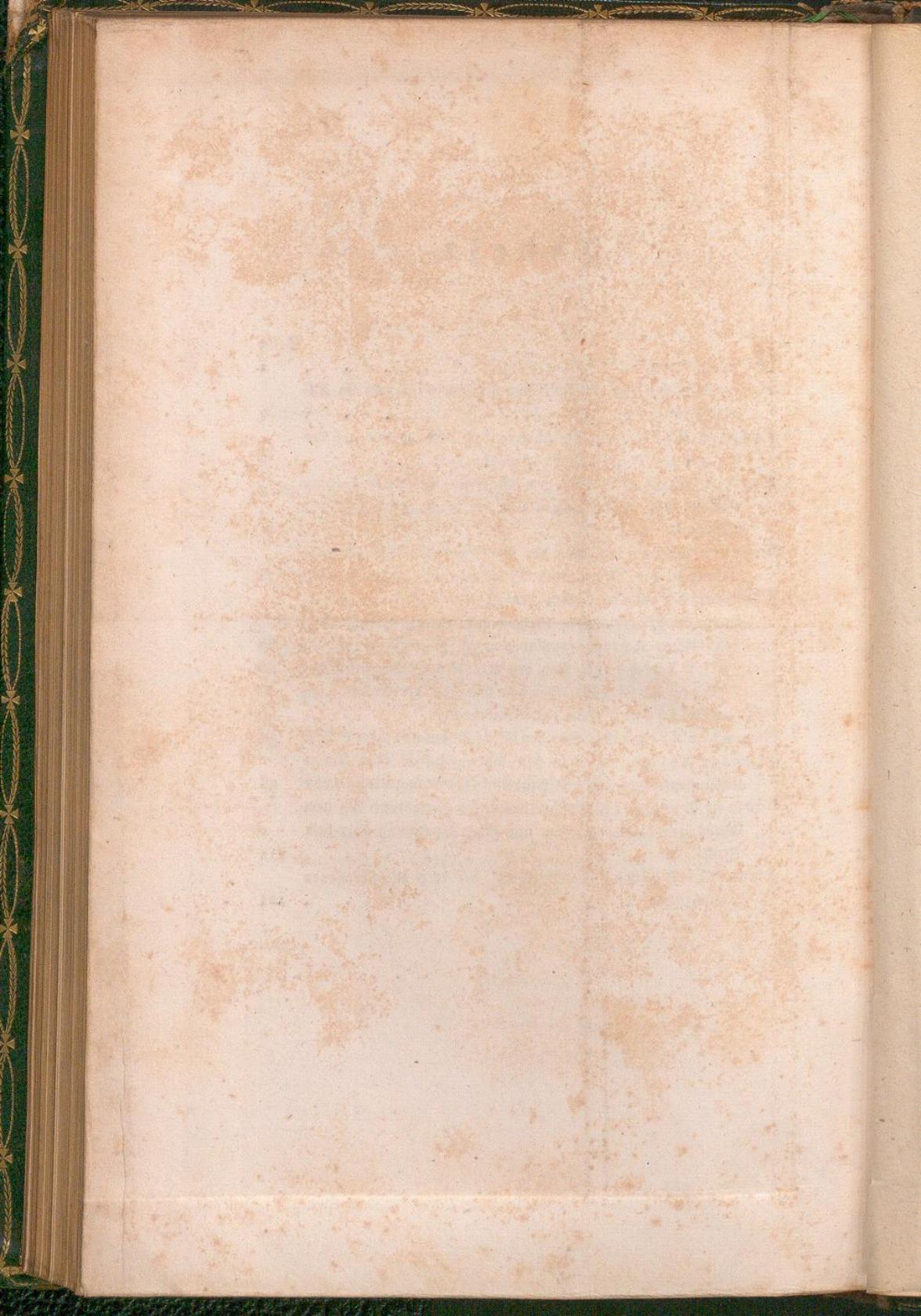
Fig. 4, 5 und 6 ist die Zeichnung des im Abschnitte XI beschriebenen Hornhaspels in verschiedenen Aufrißen und Durchschnitten dargestellt, dessen man sich bey der Einhängung der Kettenglieder bedient hat, mit einem eigenen darunter befindlichen Maßstabe.

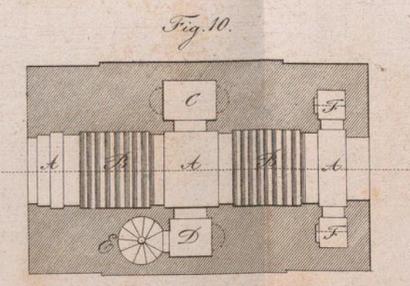
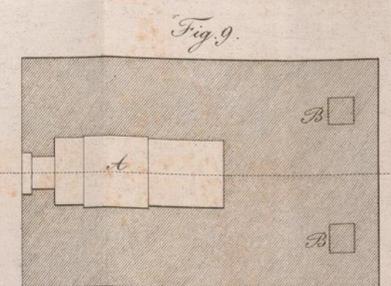
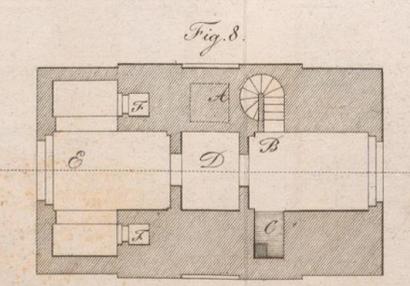
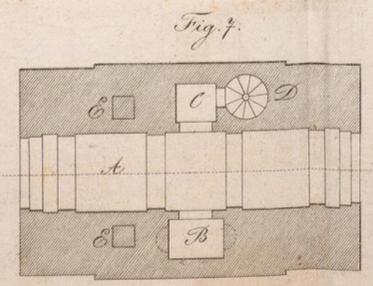
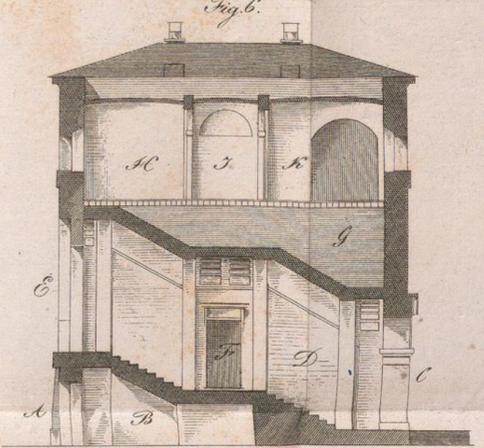
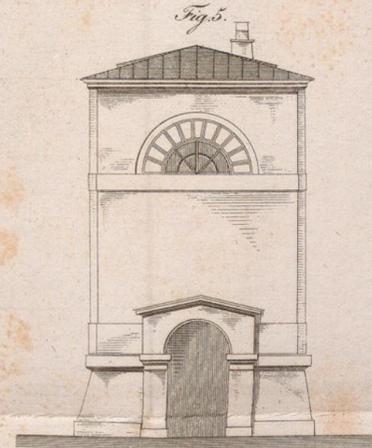
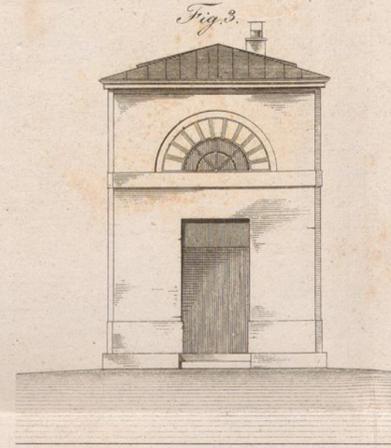
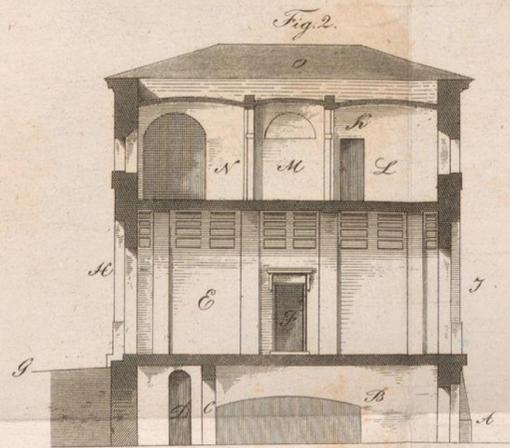
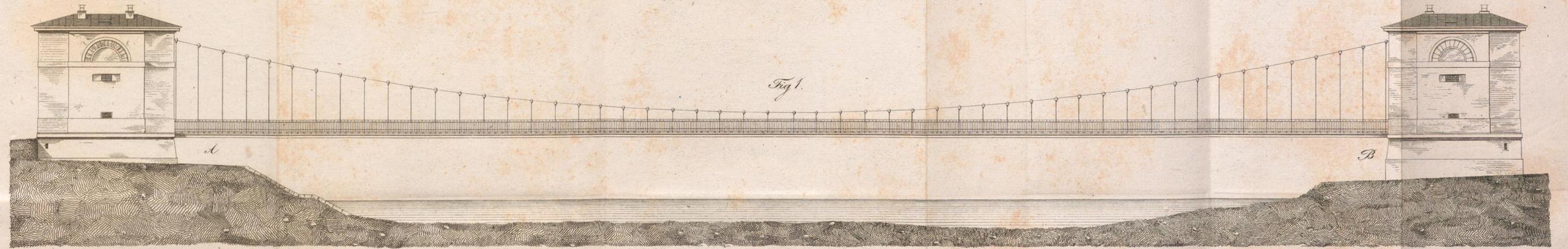
# I n h a l t.

---

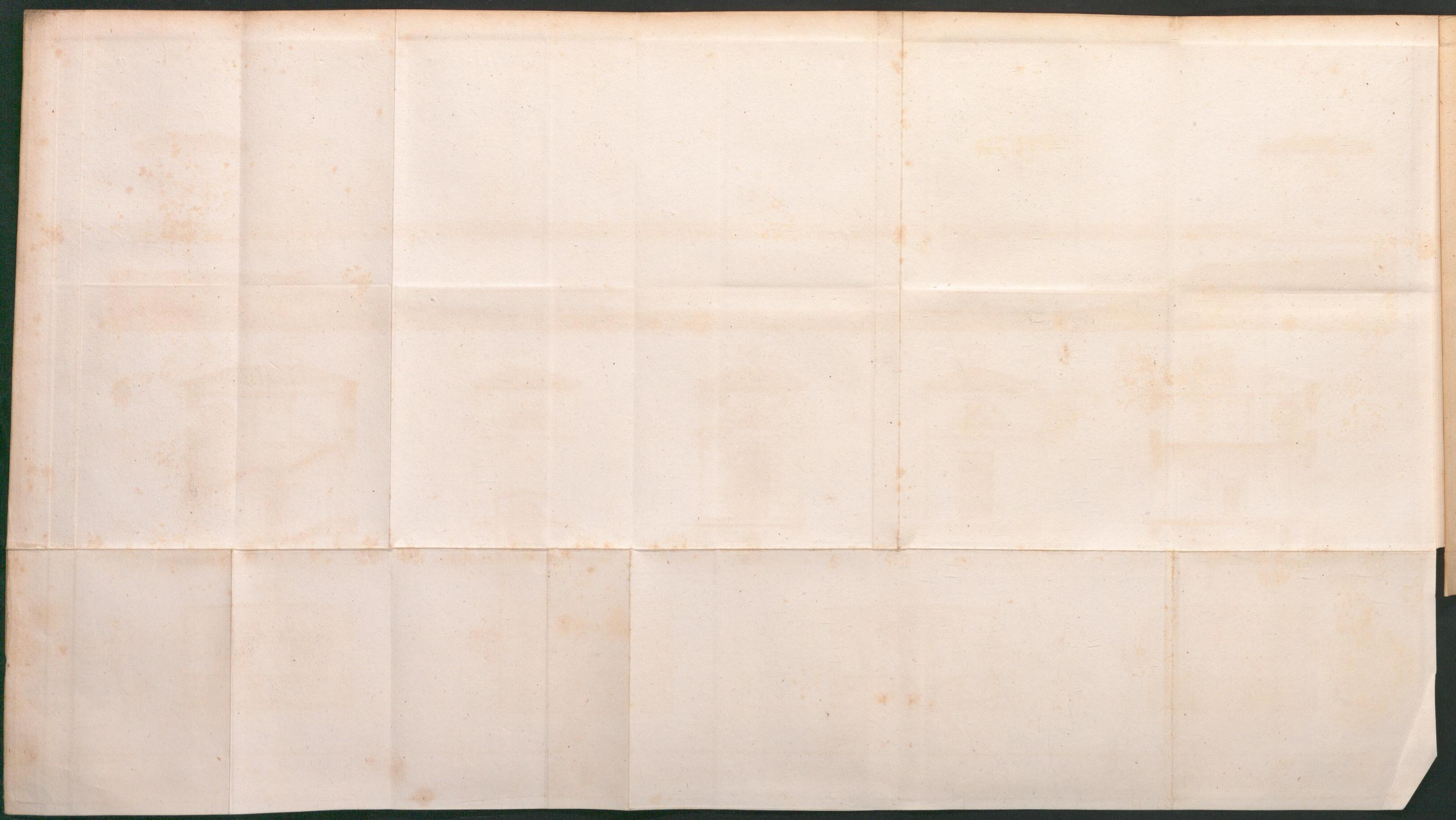
	Seite
Einleitung . . . . .	1
Erster Abschnitt. Beschreibung der Carls = Brücke im Allgemeinen . . . . .	7
Zweyter Abschnitt. Berechnung der Last, welche auf der Einheit der Länge der Brückenbahn ruht . . . . .	16
Dritter Abschnitt. Von dem Materiale und der Gestalt der Ketten, der Hängestangen und der hierzu gehörigen Bestandtheile . . . . .	21
Vierter Abschnitt. Von der Kraft und dem Widerstandsvermögen der schwebenden Tragketten der Carls = Brücke . . . . .	75
Fünfter Abschnitt. Von der Stärke der Tragstangen, ihren Einhängelblättern, Bolzen und den am untern Ende befindlichen Schraubengewinden nebst Muttern . . . . .	80
Sechster Abschnitt. Von der Stärke der Längenträger . . . . .	86
Siebenter Abschnitt. Von dem Geländer der Brückenbahn . . . . .	90
Achter Abschnitt. Von der Brückenbahn . . . . .	92
Neunter Abschnitt. Von den Spannketten und ihrer Stärke . . . . .	94
Zehnter Abschnitt. Von den Kettenhäusern oder Unterstützungspfeilern und der Stabilität des Mauerwerkes selbst . . . . .	98
Elfter Abschnitt. Beschreibung des Verfahrens bey dem Einhängen der Tragketten, und ihrer Spannung über dem Flusse . . . . .	111
Zwölfter Abschnitt. Erklärung der drey angeschlossenen Kupfertafeln . . . . .	124

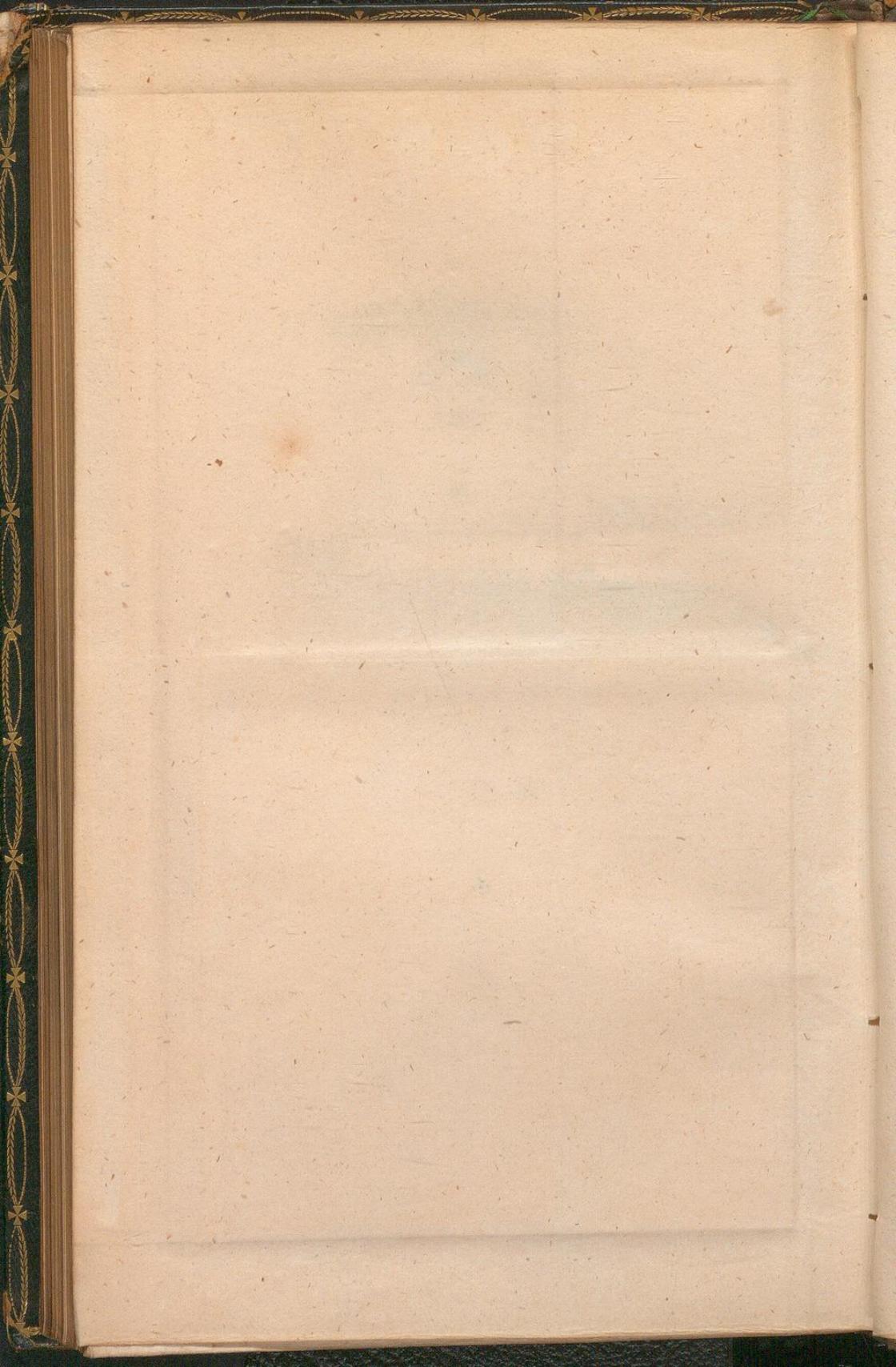
---



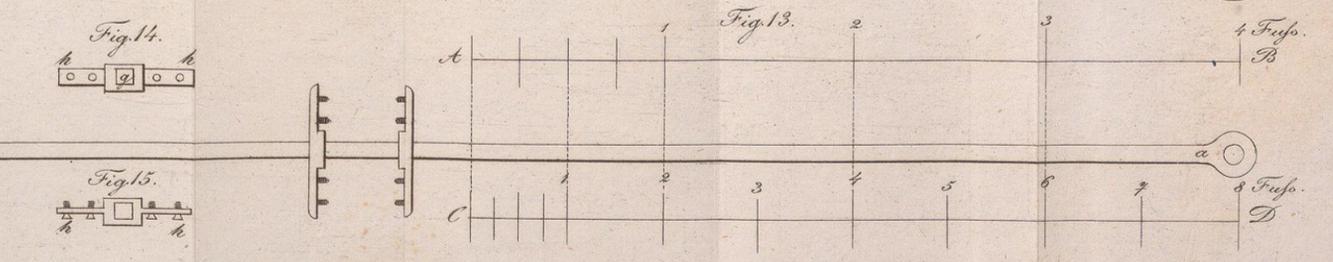
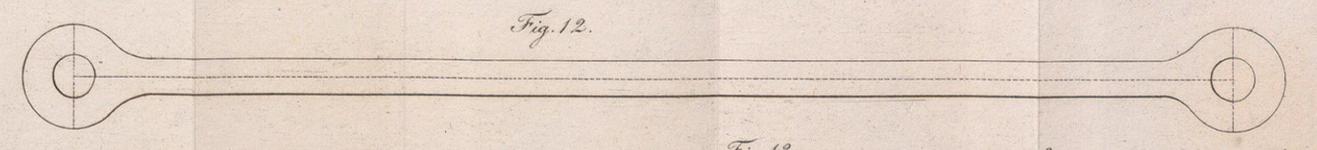
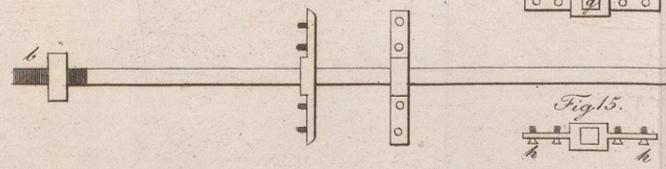
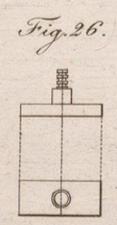
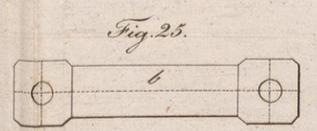
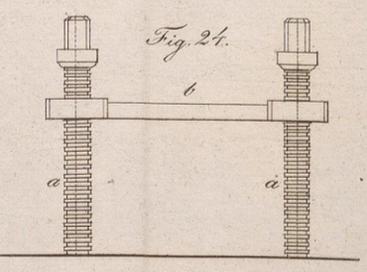
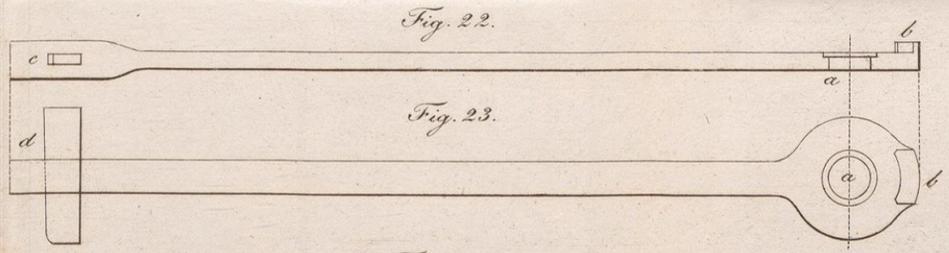
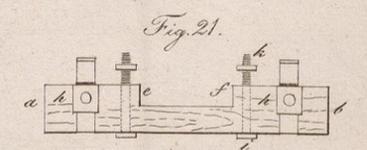
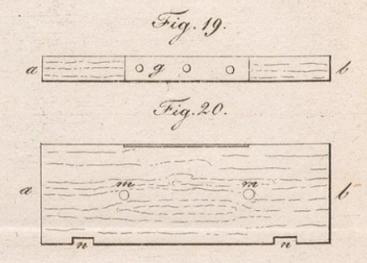
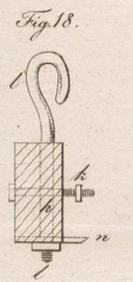
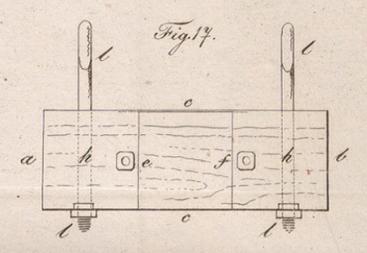
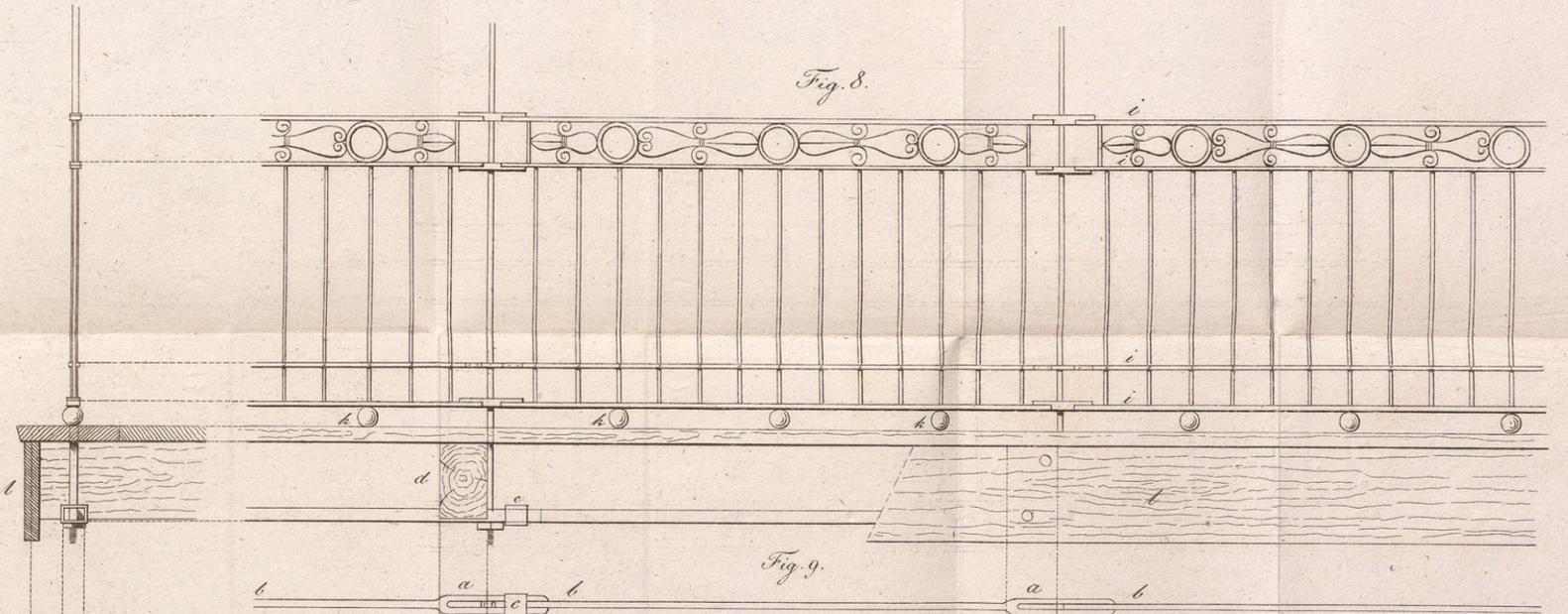
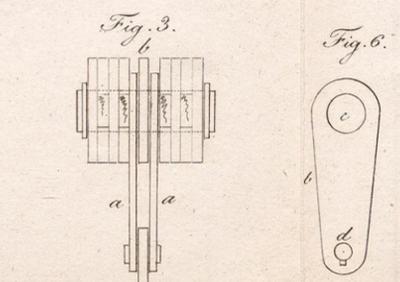
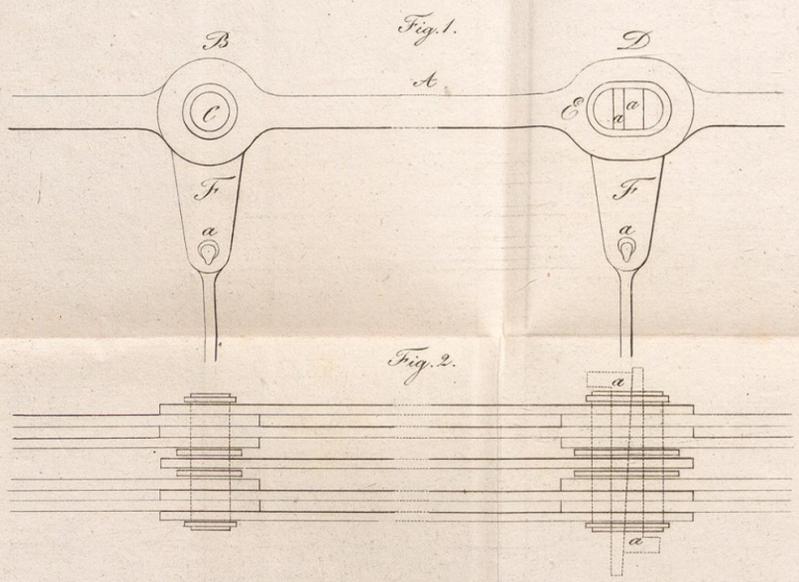


0 1 2 3 4 5 6 Klafter.









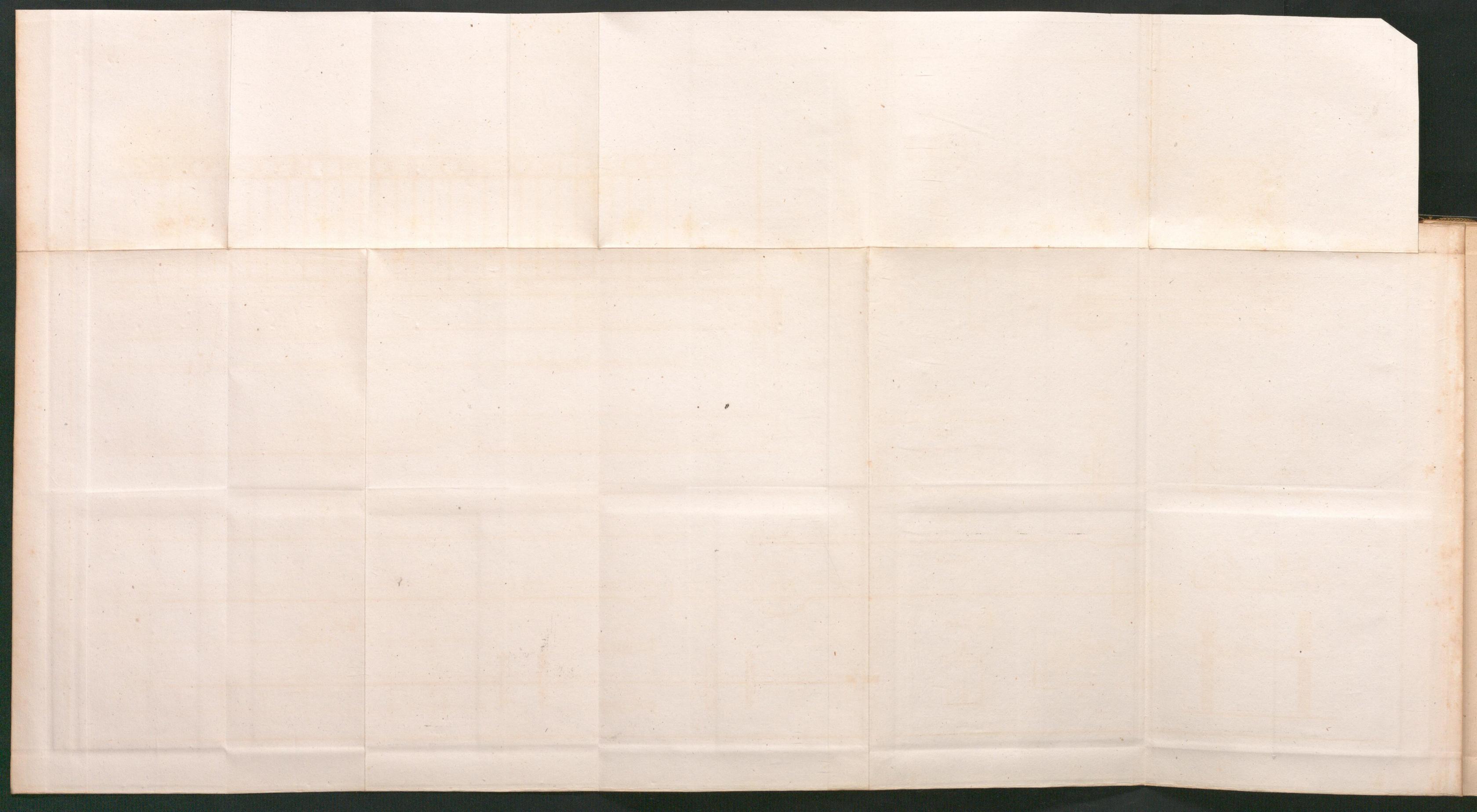
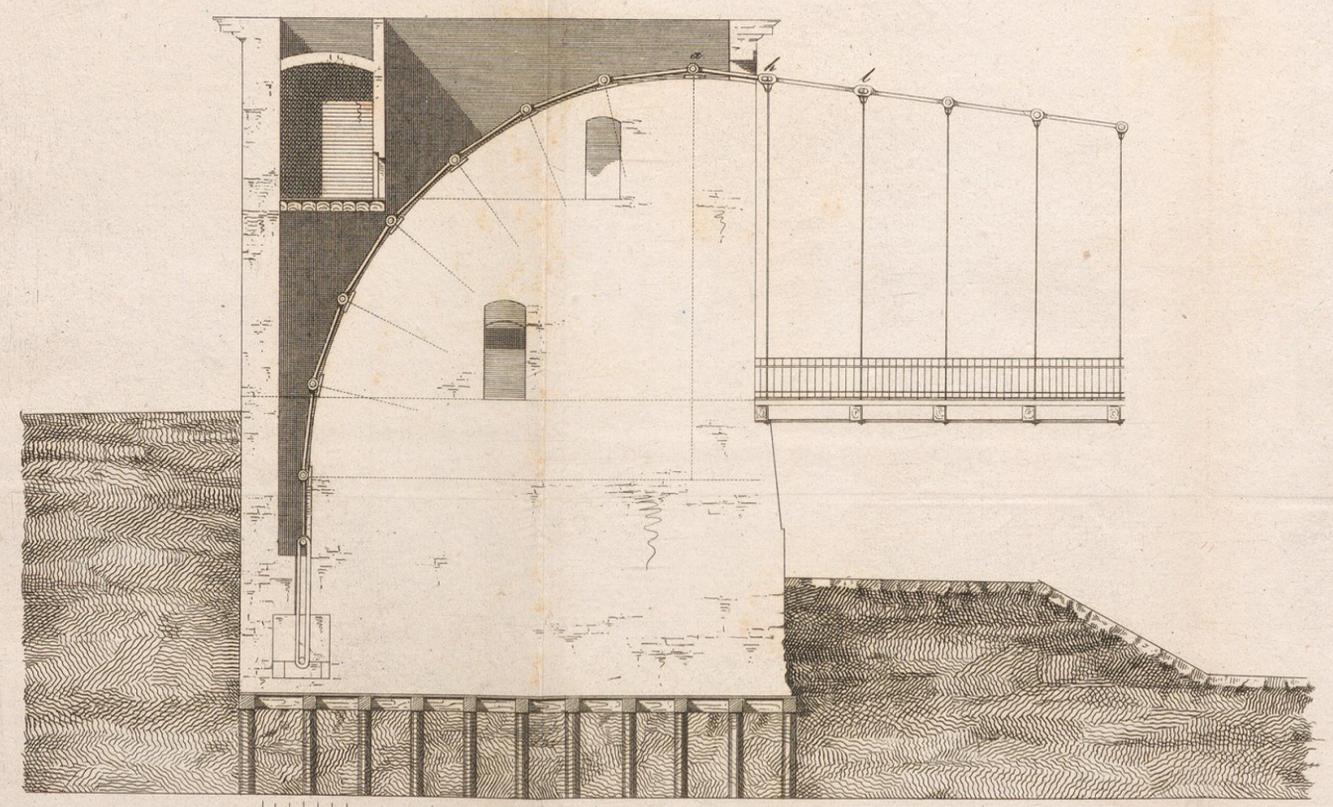






Fig. 1.



0 1 2 3 4 5 6 Klafter.

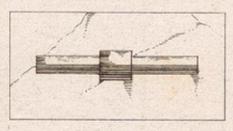
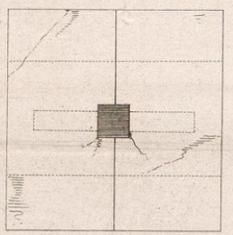
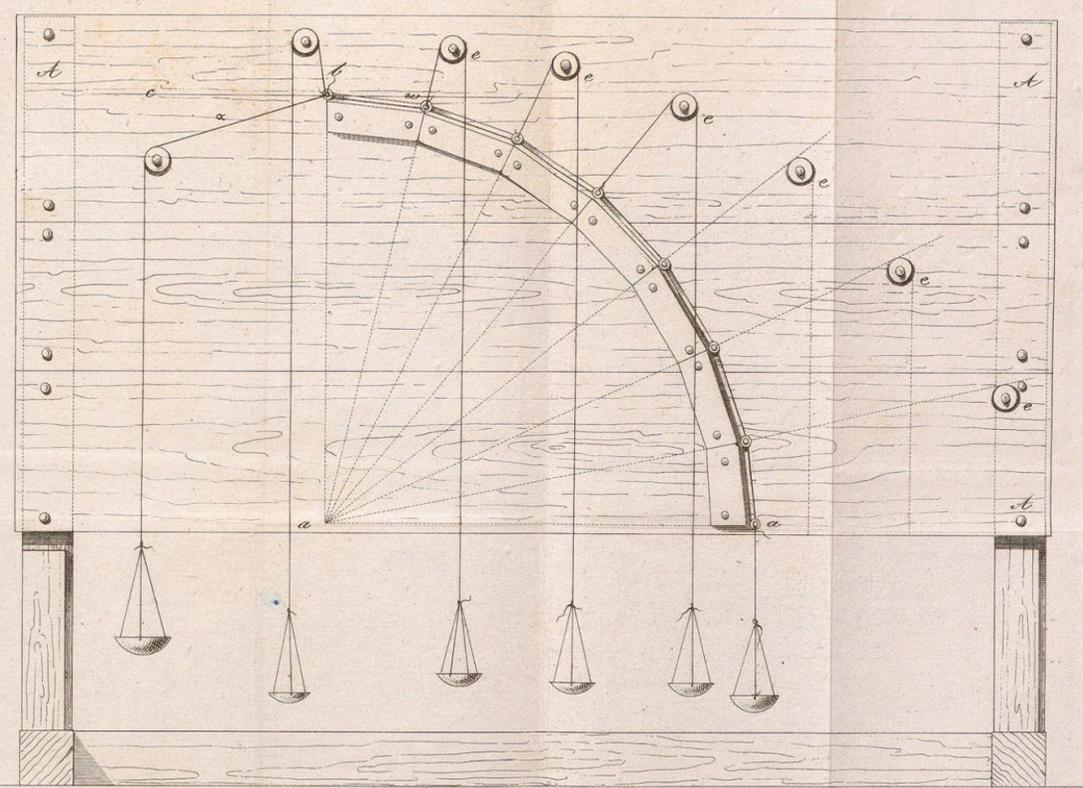


Fig. 2.



0 1 2 3 4 5 6 W. Fuß.

Fig. 3.



0 1 2 3 4 Klafter.

Fig. 4.

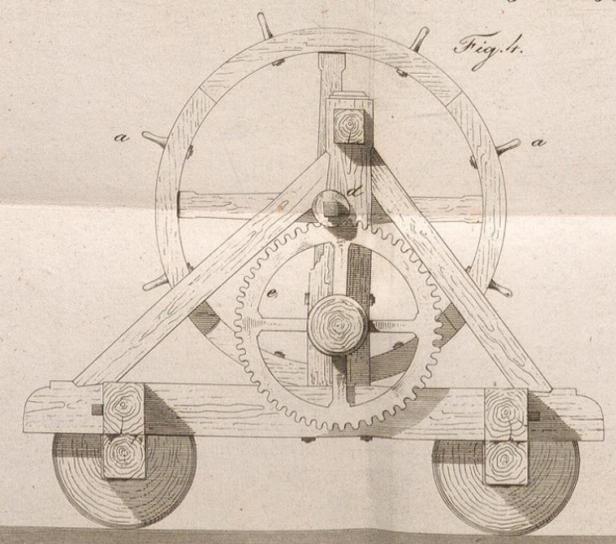
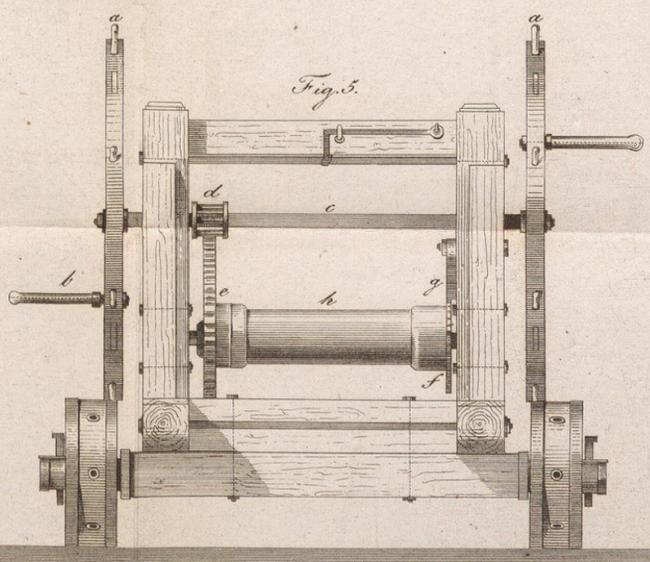
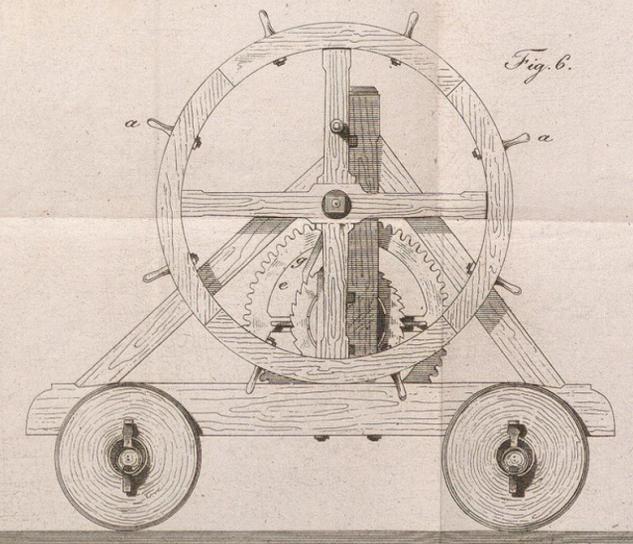


Fig. 5.

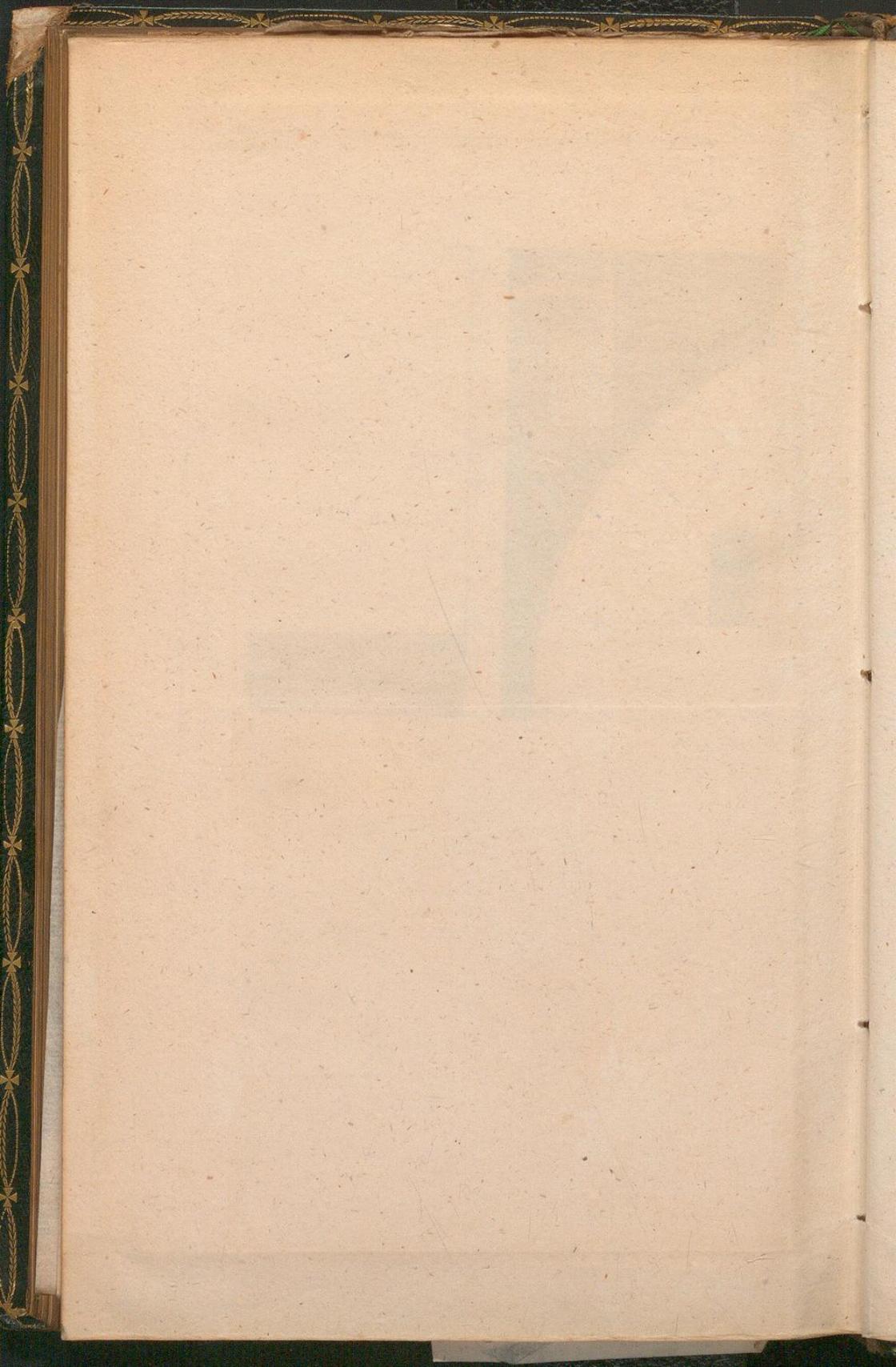


0 1 2 3 4 5 6 Fuß.

Fig. 6.









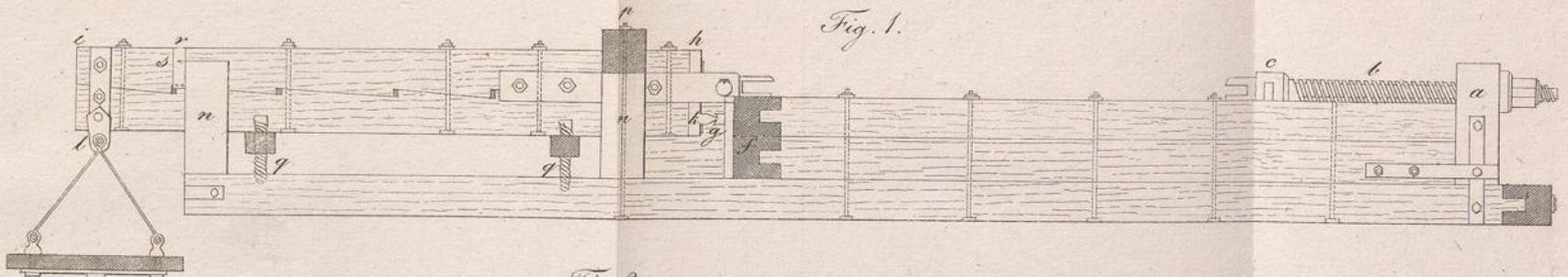


Fig. 1.

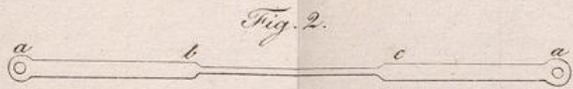


Fig. 2.

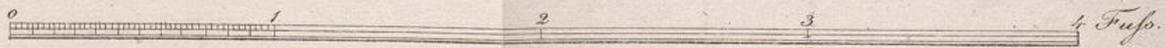


Fig. 3.

Fig. 5.

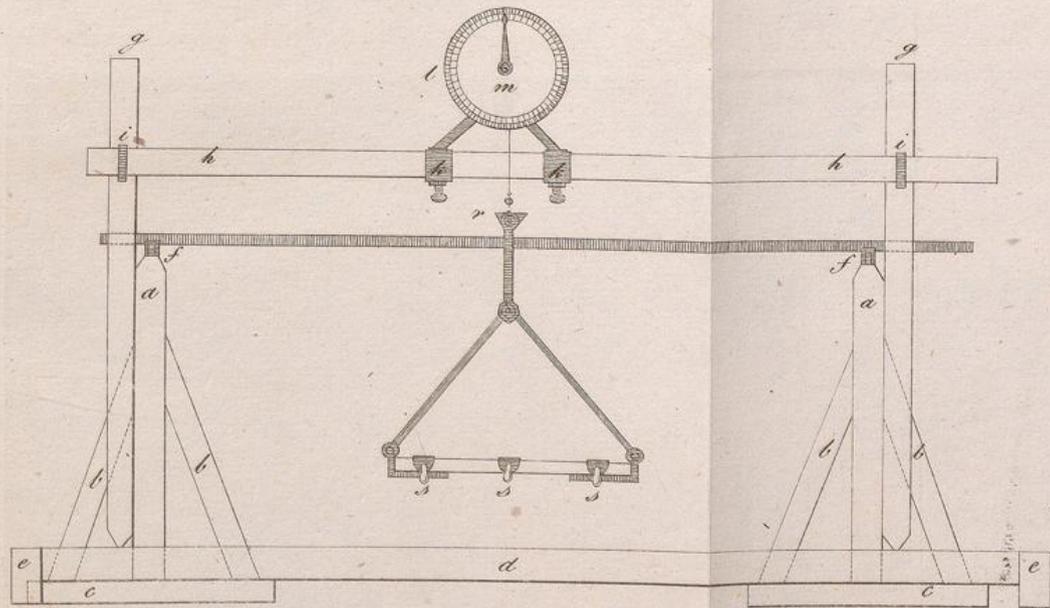
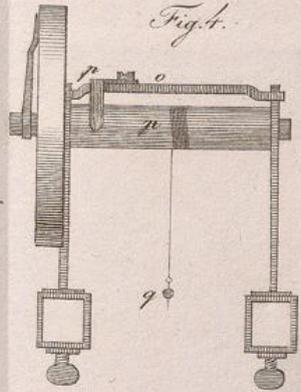
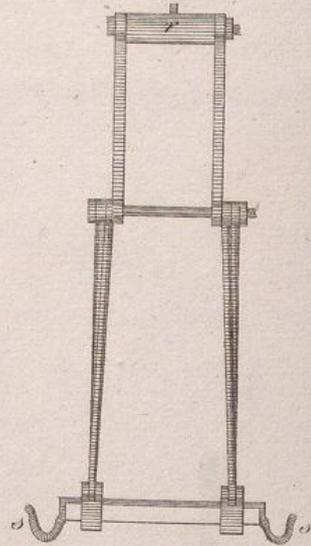
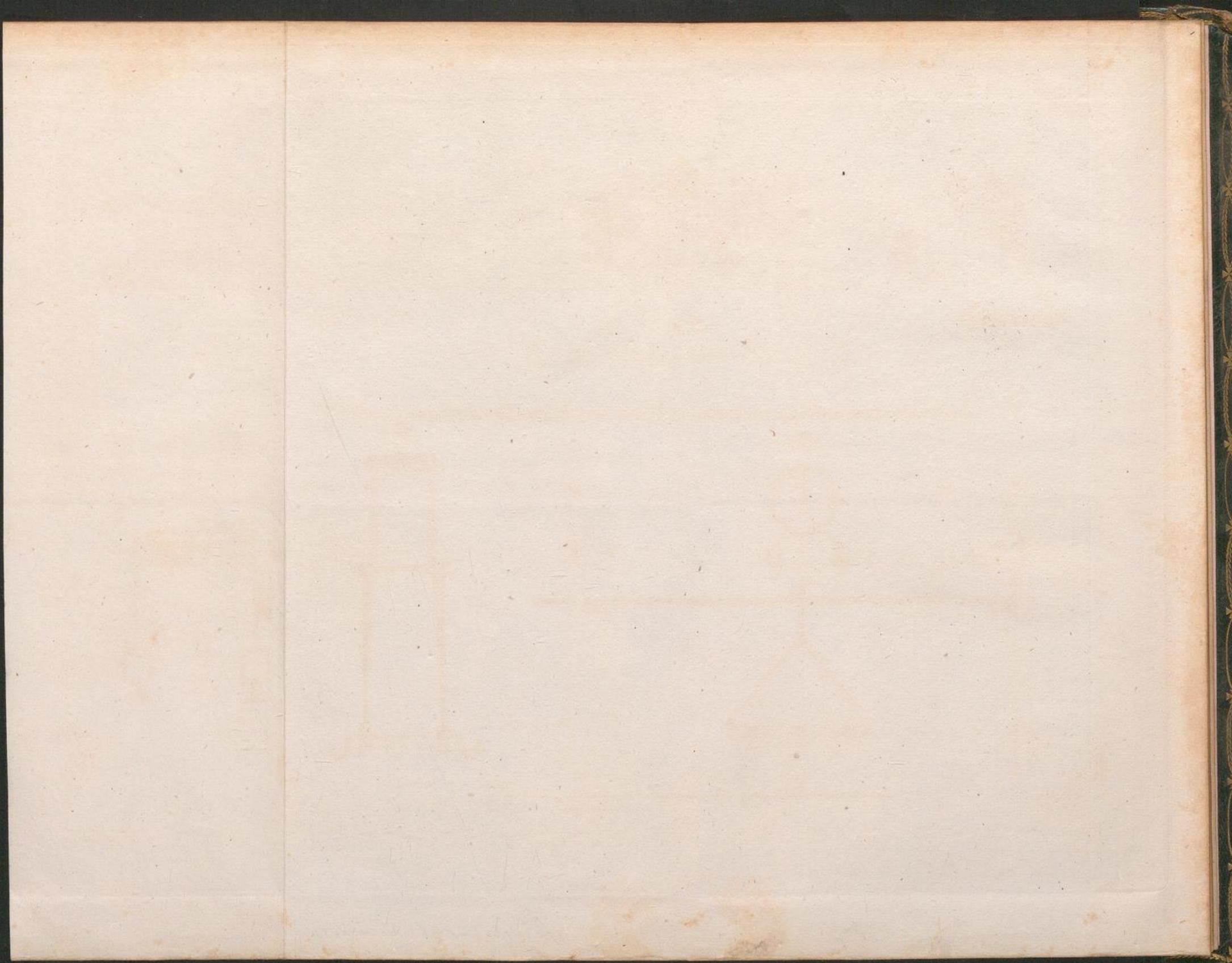


Fig. 4.





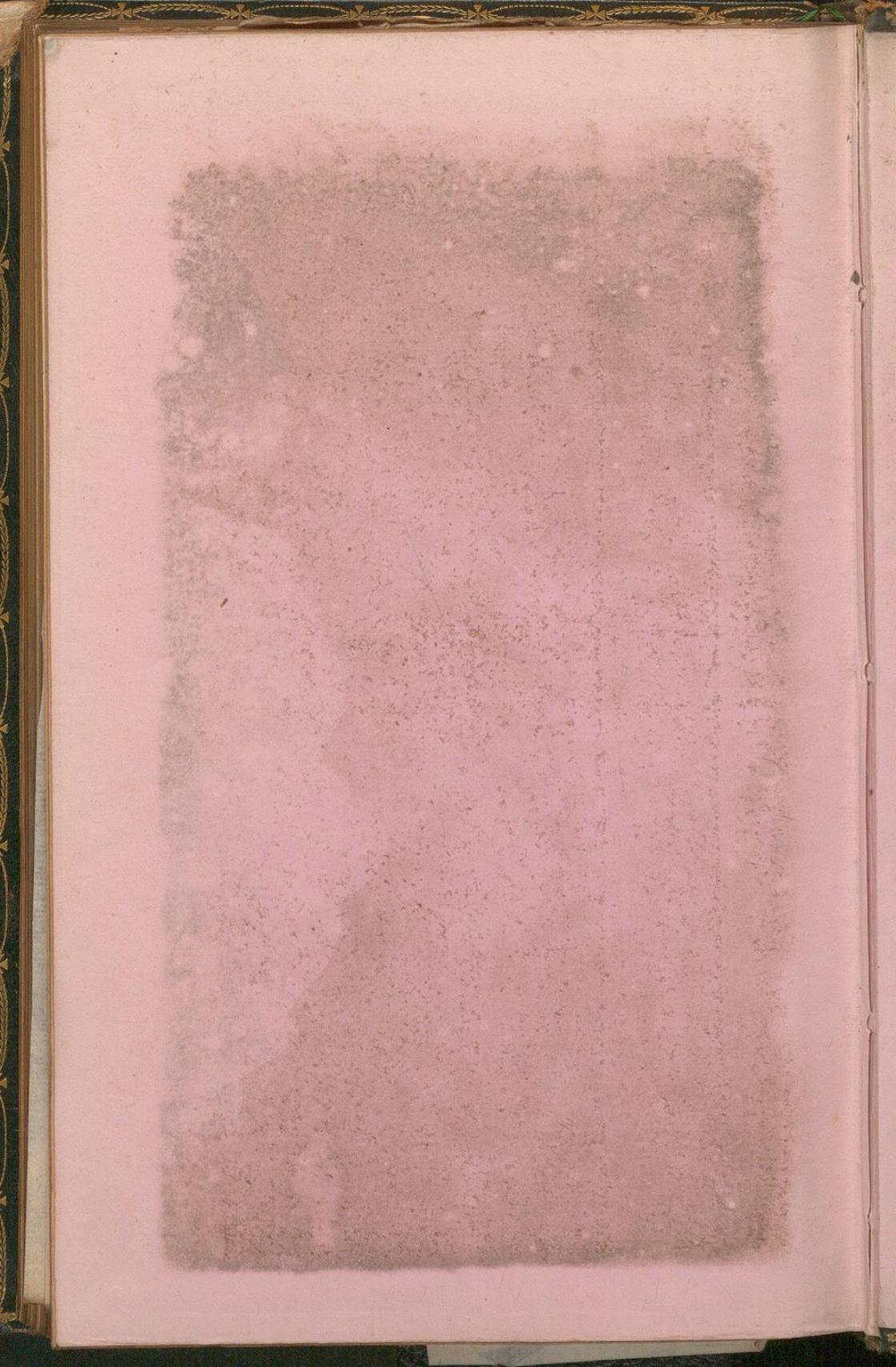






(8) 129 ff. 2 Tabellen 4 gef. Tfln  
4/10 T.

ge 3/5



XXXI  
1825



