

**www.e-rara.ch**

**Die Carls-Brücke oder Beschreibung der ersten Stahl-Kettenbrücke in  
Wien ...**

**Mitis, Ignaz von**

**Wien, 1829**

**ETH-Bibliothek Zürich**

Shelf Mark: Rar 4524

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-19685>

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

---

**www.e-rara.ch**

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

---

**Nutzungsbedingungen** Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

**Terms of Use** This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

**Conditions d'utilisation** Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

**Condizioni di utilizzo** Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

### 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.

In 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 Stahlfabriksinhaber, 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 Rasiermessern . . . . .	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  $\frac{3}{4}$  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 ausgeführten 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.

---

## V e r s u c h e

über die absolute Festigkeit einiger österreichischen Stahlgattungen, und Vorschlag, dieses Material statt des Eisens zu Kettenbrücken und Ankertauen 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 bestätigen. Einige unglückliche Ereignisse, die zum Glücke wirklich nicht häufig eingetreten sind, haben bisher solche Brücken, 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 unverständige und leichtsinnige Anordnung bey Bestimmung des Bauplazes 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 unverwüthliche Dauer entgegensehenden, Materiale, nämlich Eisen bestehend, können durchaus nie gefährdet seyn, wenn sie ursprünglich in der, der möglichst größten Belastung angemessenen Stärke für die Hängekettten verwendet worden sind; allein man muß stets von der Überzeugung ausgehen, 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 muthwillig 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 Brückenconstruktion 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 Merkmal 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 Quadratzoll 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 verläßligt 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 Aufforderung 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 Hängebürden, 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 Kärnthn, 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 ungeheuren 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, entgegensezt, 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 besondern 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 Plaze 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 Gärung dem rühmlich bekannten hiesigen Schlossermeister Herrn Kerker, mit dem Auftrage, mir von jeder Sorte drey, für die mir zu Geborthe 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. Agidy, der sein übrigens zu gewissen Zwecken treffliches Fabricat selbst zu Untersuchungen dieser Art angebothen hat. Die zweckmäßig verfertigten Stangen hatte er mir selbst eingeschendet, 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: damaszirt, 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, gefertigter 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 Ziegelaufwand 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 höhern 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 verfertigten 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 Trentsensky 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 Kanten 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.

Hey 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 parallellaufende 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 cylindrisch 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 keilförmigen 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 Maschinenkörpers 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 Zugguncte 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 Bleyeschroten 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 beymahl 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 Lanenbaumstahl 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 Quadrat Zoll 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 Gärbung 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 Unlases 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 Rennie, jun. angestellten ähnlicher Versuche, die Herr E. Tredgold 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 Versuches.	Stahlgattung.	Breite jeder Seitenfläche der unterfuchenvierkantigen Stahlfingern in Decimal = Theilen des Wiener Solles.	Flächen durchschnitt der Stange in Decimal = Theilen des Wiener Quadrat = Solles.	Spezifisches Gewicht, welches die Stange zum Bruch trug.	Anzahl der Stangen, deren Durchschnitt zusammen 1 <sup>□</sup> betragen würde.	Belastung für einen Querschnitt von 1 <sup>□</sup> .	
1.	Herrn Gerlach's Eisstahl.	0,1201	0,014	1500 Pf. 7,898	71	106500 Pf.	
2.		0,1158	0,0138		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 Giesher's damascirter Stahl.	0,1280	0,015	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.	Norderberger Hochstahl.	0,1158	0,0134	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	970 »	79	76630 »	
2.		0,1098	0,01206		1050 »	83	87150 »
3.		0,111	0,0123		1300 »	81	105300 »
1.	Gewaktes Eisenblech der Länge nach geschnitten.		0,02596	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 Verwendung 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 Plage seyn, und wenigstens den Nutzen herbeiführen, daß Männer von tieferen Einsichten und geprüfterer 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 unbezweifelter 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



Zahl bes Stenz sädes.	Benennungen der Stangengattungen.	Höhe des Prisma des Durch- schnitts.	Breite.	Durch- schnitts- Fläche.	Speci- fisches Gewicht.	Aufgelegtes Gewicht, nebst den Stanz- wirth.	Für einen □ Zoll Quers- schnitts = Fläche berechnet.
1.	Eine Stange von zweymahl gedühtem Eisen	1"	0",5.	0,5□"	7,58.	25140 pf.	50280 pf.
2.	Damasciter und einmahl raffinirter Stahl	1"	0",5.	0,5□"	7,8.	41500 "	83000 "
3.	Damasciter und zweymahl raffinirter Stahl	1"	0",5.	0,5□"	7,8.	52720 "	105440 "
4.	Kannenhauts ober Schafschafsch	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 Aufsätze 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 Rahmen 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 zusammengegarbt 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. Eben so 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 Schmelzproceße 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 Zerstörung, 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 Verwendungen, wie die Kettenbrücken zum Beispiele, 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 der eben 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 Gegenteil 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 geübten 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 Exten-  
siometers.

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 wer-  
den gegen die Eindrückung der zu untersuchenden Barren ge-  
deckt. Die Länge dieser Barren, oder der Abstand der Säulen  
wurde allzeit von der einwärts gerichteten Kante des Stahl-  
stabes gemessen.

An der auswärts gerichteten Seite der vierseitigen  
Auflagsäulen ist ein

gg Pfosten aufrecht befestiget, der die Breite des Lauf-  
gerüstes hat, und auf dem Bahnbalken selbst aufstehet, wo-  
durch die Tragsäulen selbst noch verstärkt werden. In der  
Höhe der stählernen Auflagspunkte sind diese Pfosten durch-  
löchert, und mit starken Eisenschienen die viereckigen Öff-  
nungen rundum eingerahmt, um die zum Versuche bestimm-  
ten 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 ver-  
sehene Extensiometer durch die

k Hülsen geschoben, und an der Stelle mit Stell-  
schrauben 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 eingetheilt, 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 Bleisugel, 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 beygefügtten 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 Oesterreich 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 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				
1.	Ein Mahl gegärbtes Eisen von der L. L. Hauptgewerkschaft.	1"	0"5	0"5	46"	Waagschale nebst dem halben eigenen Gewicht der Stange 17 $\text{Lb}$ 0",0374 8 "    0",0176 25 "    0",055 25 "    0",055 25 "    0",055 25 "    0",055 25 "    0",055 25 "    0",055 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 jedesmahliger 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 Krüm- mung 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 blei- bende Beugung. Im Allgemeinen will ich bemerken, daß ich bey allen Versuchen, die hier folgen, auf gleiche Art die Belastung nur stets theilweise ver- mehrt habe, und dann bey eintretender blei- bender 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 blei- bend bemerkte, anzeigen will.
2.	Eine von dem Hammer- meister Pöschl bey Krems aus altem Brucheisen verfertigte 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, da- gegen 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				
		in Zollen.						
3.	Eine Eisenstange von mir unbekanntem Ursprunge.	1'',75	0'',6	1'',05	60''	Belastung 470 $\mathbb{L}$ überdieß 30 "	0'',4 0'',03	Bey der Belastung von 470 $\mathbb{L}$ blieb durchaus keine bleibende Krümmung, dagegen nach Abnahme der 500 $\mathbb{L}$ 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 $\mathbb{L}$ überdieß 20 "	1'',09 1'',29	Bey der ersten Belastung von 76,35 $\mathbb{L}$ war keine, bey 96,35 $\mathbb{L}$ 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 $\mathbb{L}$ 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 $\mathbb{L}$ überdieß 6 "	1'',16 1'',24	Bey dem ersten Gewichte von 29 $\mathbb{L}$ war keine Krümmung der Stange eingetreten, aber als die gesammten 35 $\mathbb{L}$ 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 $\mathbb{L}$ überdieß 6 "	1'',01 1'',1898	Bleibende Krümmung nach Abnahme der aufgelegten 40 $\mathbb{L}$ : 0'',02.
8.	detto	0'',458	0'',458	0'',21	57'',75	Belastung 25 $\mathbb{L}$ überdieß 5 "	0'',87 0'',174	Bleibende Krümmung nach Abnahme der 30 $\mathbb{L}$ : 0'',023.
9.	detto	0'',416	0'',9166	0'',38	57'',76	Belastung 50 $\mathbb{L}$ überdieß 6 "	1'',051 0'',1	Bleibende Senkung bey 56 $\mathbb{L}$ : 0'',03.
10.	detto	0'',9166	0'',416	0'',38	57'',75	Belastung 100 $\mathbb{L}$ überdieß 10 " detto 10 "	0'',465 0'',08 0'',05	Bey 100 $\mathbb{L}$ war keine Krümmung, bey 110 $\mathbb{L}$ eine kaum merkliche, bey 120 $\mathbb{L}$ , wo die Senkung 0'',595 betrug, blieb eine Krümmung von 0'',04 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 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				
		in Zollen.						
11.	Eine Stange von Stahl aus der k. k. Hauptgewerkschaft, und zwar von Tannenbaum- oder Scharfschachtstahl, wie im Versuche 4.	1"	0",5	0",5	46"	Belastung 375 $\mathbb{U}$ überdieß 50 "	0",684 0",096	Bey der ersten Belastung war keine Krümmung geblieben, nach Abnahme der Last von 415 $\mathbb{U}$ aber blieb von der 0",78 Senkung eine Krümmung von 0",03 zurück.
12.	Dieselbe Stange.	0",5	1"	0",5	46"	Belastung 200 $\mathbb{U}$ überdieß 20 "	1",199 0",125	Bey der ersten Belastung von 200 $\mathbb{U}$ eine kaum merkbliche Senkung, da hingegen bey Abnahme der 220 $\mathbb{U}$ 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 $\mathbb{U}$ überdieß 10 "	0",89 0",08	Bey der Last von 155 $\mathbb{U}$ , 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 beyden Enden 46"	Belastung 370 $\mathbb{U}$ überdieß 50 "	0",66 0",09	Bey der Belastung von 370 $\mathbb{U}$ und Beugung von 0",66 war keine Krümmung geblieben, aber bey der Last von 420 $\mathbb{U}$ betrug die Beugung 0",75, und die bleibende Krümmung 0",029.
15.	Dieselbe Stange.	0",5	1"	0",5	Eben so 46"	Belastung 200 $\mathbb{U}$ überdieß 20 "	1",165 0",126	Daß hier sowohl die erste ganz unschädliche Beugung bey einer Last von 200 $\mathbb{U}$ verhältnißmäßig gegen den vorigen Versuch um etwas zu groß eingetreten ist, und eben so die zweyte bey der Last von 220 $\mathbb{U}$ , 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 $\mathbb{U}$ betrug 0",05.
16.	Hauptgewerkschaftlicher damascirter, und einmahl raffinirter Stahl.	1"	0",5	0",5	Eben so 46"	Belastung 280 $\mathbb{U}$ überdieß 25 "	0",5 0",046	Bey Abnahme der vollen Last von 305 $\mathbb{U}$ 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 $\bar{\text{L}}$ überdieß 15 "	0'',86 0'',09	Bei Abnahme der vollen Last von 160 $\bar{\text{L}}$ 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 $\bar{\text{L}}$ überdieß 30 "	0'',55 0'',018	Bei Abnahme der vollen Last von 380 $\bar{\text{L}}$ 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 $\bar{\text{L}}$ überdieß 20 "	1'',2 0'',14	Bei Abnahme der vollen Last von 200 $\bar{\text{L}}$ 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 Karls = Brücke bestimmt.	0'',5833	2''	1'',1666	Auf zwey Aufstagen in der Entfer- nung von 48'' an beyden Enden un- terstützt.	Belastung 470 $\bar{\text{L}}$ überdieß 30 "	1'',09 0'',075	Bei Abnahme der ganzen Belastung von 500 $\bar{\text{L}}$ 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 $\bar{\text{L}}$	1'',13	Bei Abnahme des Gewichtes blieb keine Krümmung zurück.
22.	Ein drittes solches Ket- tenglied.	0'',5833	2''	1'',1666	Eben so 48''	Belastung 470 $\bar{\text{L}}$	1'',12	Bei Abnahme des Gewichtes fand eine sehr kleine Krümmung, die höchstens 0'',01 betrug, Statt, daher ich diesen Versuch in der Berechnung nur mit 465 $\bar{\text{L}}$ Gewicht aufnehme.
23.	Ein viertes solches Glied.	0'',5833	2''	1'',1666	Eben so 48''	Belastung 470 $\bar{\text{L}}$	1'',05	Bei Abnahme des Gewichtes keine Spur von einer Krümmung.
24.	Ein fünftes solches Glied.	0'',5833	2''	1'',1666	Eben so 48''	Belastung 470 $\bar{\text{L}}$	1'',05	Bei 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 ver-schwindenden 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 Horizontalsflächen 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> Durch-schnitt als Basis ohne Beeinträchtigung der Kraft des-selben wirken kann.

Im Versuche Nr. 1 ist also

$$l = 23'',$$

$$h = 1'',$$

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

Diese Werthe in der Formel substituirt geben

$\frac{3.1''.0.495}{2.(23'')^2} = 0,0014 = \frac{1}{712} =$  der größten Verlängerung  $\epsilon$ , 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  $\epsilon = 0'',00149 = \frac{1}{629}$

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

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

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  $\epsilon = 0'',00104 = \frac{1}{958}$

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

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

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

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

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 Prismas 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 verhältnismäßig 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 bequemeres 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 Constructionssystem 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'',001553 = $\frac{1}{641}$

Bei dem Versuche Nr. 19	$\epsilon = 0'',001701 = \frac{1}{587}$
„ „ „ „ 20	$\epsilon = 0'',00165 = \frac{1}{605}$
„ „ „ „ 21	$\epsilon = 0'',001716 = \frac{1}{582}$
„ „ „ „ 22	$\epsilon = 0'',001701 = \frac{1}{587}$
„ „ „ „ 23	$\epsilon = 0'',00159 = \frac{1}{626}$
„ „ „ „ 24	$\epsilon = 0'',00167 = \frac{1}{597}$

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 Prisma, 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 Prisma 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 bezubehalten, 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 Jeder 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 Nordpolexpedition mitgenommene Messerflinge 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>''</sup>, 52 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 Orcan ein darüber hoch aufgestütztes 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:

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

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:

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

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 Anfertigung 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 à 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 Flößen

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 verhältnißmäßig 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 verhältnißmäßige 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 verhältnißmäßig 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 Quadrat Zoll 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 Constructionen; 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  $1^{\square}$  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, verfertigt 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<sup>5</sup>/<sub>16</sub>“, 6, also eine Seite 1<sup>1</sup>/<sub>16</sub>“, 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 Quadrat Zoll 61440 Pf., die dritte absichtlich falsch gebohrte 55200 Pf. und die vierte ebenfalls falsch gebohrte Stange 50176 Pf. auf den Quadrat Zoll 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 faserigen ziemlich dunkelgrauen Bruch an sich zeigte, also Eisen im eigentlichen Sinne war. Ob auch die anderen Gattungen Eisen, nämlich jene, die für ein 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 Müzzzuschlag aus derselben Esse geschmiedet wurde, wo damahls durchaus nur Stahl gearbeitet worden ist. In seyerischen Hämmern überhaupt werden die Flossen auf Stahl und Eisen aus denselben Radwerken genommen, und oft nur willkürlich in Stahl- und Eisensflossen sortirt, es ist also wohl sehr möglich, daß sodann ein Mittelding von beyden bey dem Einrennen unter den Hammer kommt, und so das Eisen diese außerordentliche Stärke dem fremden, aber gewiß nur vortheilhaften Zufaze 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 Mahle 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 herbeiführen, 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 Quadratcolles Querschnitt belastet war, und bezeichne dieses Ergebniß mit  $f'$ , die Last 155 Pf. =  $w'$

$$f = \frac{3 L h'}{2 b h^2} = 21013 \text{ Pf.}$$

Offenbar ist nun dieses weit unter dem oben im Durchschnitt für Stahl berechneten  $f = 49014$  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 frägt es sich: Welche Biegung 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

$$D = \frac{d' W}{w'} = \frac{0'',651 \cdot 362 \text{ Pf.}}{155 \text{ Pf.}} = 1'',526^{\circ}.$$

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 Orte zu seyn, allein beyde oben angeführten Werke der Herren *Tredgold* und *Navier* enthalten so viel Nützlich 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 gestühet, 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  $\frac{1}{609}$  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

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

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:

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

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

Bey diesem Stabe waren die Auslagen  $23''$ ,  $13$  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

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

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

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

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 Strohfärbung abgelaßen wurde.
2. Auch noch, wenn der Stahl bis zur blauen Färbung 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 824 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 mitzuthheilen nicht ermangeln.

Es beruhigt mich übrigens sehr, daß meine Resultate so nahe mit denen Herrn Tredegold'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 34400 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 Karls-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.