

I.

DER NEUE BAUSTOFF.

«Die Reibung mit der strengen Ausschließlichkeit des Materials schlägt im Geiste des echten Arbeiters die Funken neuer Motive hervor.»

Friedr. Theod. Vischer.

Ein Steinbruch. Der Erde Kernbau liegt zu Tage. Mächtige Blöcke werden ihm abgerungen, abgesprengt: schwerfällig sinken sie herab. Der Hammerschlag trifft nur ihre Ränder und Außenflächen; die Hauptmasse scheint unzerstörbar; ihr Wesen bleibt Schwere. Wir sehen und empfinden ihre Kraft als die der Natur selbst. »In der Nähe des Gesteines« — sagt Goethe — »komme ich mir vor wie Antäus, der sich immer neu gestärkt fühlt, je kräftiger man ihn mit seiner Mutter Erde in Berührung bringt.«

Ein Eisenhüttenwerk. Seine Hauptgottheit ist das Feuer; zu immer neuer Glut schürt es der Wind. Unter ihrer Macht wird das Erz geschmolzen, zum fließenden Strom. Überall: Bewegung. Riesenhämmer und Walzen bringen sie wieder in feste Form; dann aber ist das rotglühende Leben für immer erstarrt.

Beide, Stein und Eisen, sind unorganische Stoffe, allein jener ist »der verhärtete Niederschlag großer Erdrevolutionen selbst«, dieses deren kluge Nachahmung durch Wissenschaft und Technik: dem Naturgebilde gegenüber ein Surrogat. In der Steinmasse scheinen noch lebendige Kräfte zu schlummern. Man kann zu ihnen hindurchdringen, sie erwecken und gestaltend beleben. Das Eisen aber ist tot. Wir wissen, daß seine Kraft gewaltig ist, aber in der Natur sehen wir sie nicht; wir haben sie aus dieser herausgeschmolzen und zusammengeschweißt, aber dabei schwand ihr auch jene geheimnisvolle Anziehungskraft der Erde, die selbst noch dem Gestein innewohnt. Im Stein spüren wir den natürlichen Geist der Masse. Das Eisen ist uns nur künstlich komprimierte Festigkeit und Zähigkeit.

Bei deren Ausnutzung gelangten Jahrtausende nicht über stammelnde Versuche hinaus. Die Geschichte des Eisens gliedert sich in völlig ungleiche Abschnitte¹. Die größten Erfolge der Eisengewinnung und Eisenbearbeitung drängen sich erst in die letzten vier Menschenalter zusammen. Dem modernen Eisenhüttenwesen gegenüber ist die Eisengewinnung bis zum Schlusse des 15. Jahrhunderts gleichsam nur eine prähistorische Zeit. Denn bis dahin kannte man überhaupt nur das »schmiedbare Eisen« der »Rennarbeit«, das durch Ausschmelzung *unmittelbar* aus den Erzen ge-

¹ Die folgenden Zeilen können natürlich nur in Stichworten skizzieren, über deren Bedeutung aber jedes einschlägige Handbuch Auskunft gibt. Das maßgebende Werk ist Beck, Geschichte des Eisens. 3 Bde. Braunschweig 1893—95. Aus der Fülle von Handbüchern seien neben den betreffenden Abschnitten im »Buch der Erfindungen« (V. Bd., S. 382 ff.) genannt: G. Mehrrens, Eisen und Eisenkonstruktionen. Berlin 1887. (Handbuch der Baukunde. Abt. I. Bd. II. Heft I.) M. Förster, Die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten. Leipzig 1893. (Ergänzungsband zum »Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften«.)

wonnen wurde. Das primitive Gebläse der Handbälge ergab nur niedrige Hitzegrade; erst bei der Ausnutzung der Wasserkraft für die Blasebälge in den größeren »Blaseöfen« begann die für die gesamte Folgezeit maßgebende *mittelbare* Eisenerzeugung: die systematische Darstellung flüssigen Roheisens und dessen Umwandlung in schiedbares Eisen.

Dieses liefert seitdem der Hochofen als Gußeisen, indem er dem Eisenoxyd den Sauerstoff nimmt (»Reduktion«) und die Schlacken ausscheidet, und aus diesem Gußeisen wird das *schmiedbare* Eisen erst mittelbar durch Entkohlung mittels Oxydation auf dem offenen Frischherd gewonnen. Der Verarbeitung seiner Eisenballen (»Luppen«) brachten die durch Wasser getriebenen Hammerwerke eine gewaltige Kraftsteigerung.

Das 18. Jahrhundert ersetzte die Holzkohle durch die Steinkohle und die Wasserkraft durch die Dampfkraft, eine neue Epoche der Eisengewinnung aber beginnt erst an seinem Ende durch den *Puddelprozeß*, der das im *Flammofen* durch die Steinkohlenflamme geschmolzene Roheisen dadurch in schiedbares Eisen (»Schweiß-eisen«, »Schweißstahl«) umarbeitet, daß er Luft einrührt (»puddelt«). Die konstruktive Überlegenheit dieses Puddel- oder Schweißeisens über das Gußeisen konnte nicht lange verborgen bleiben.

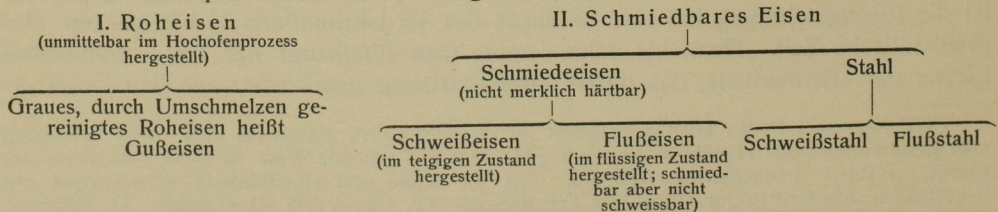
Gleichzeitig mit Verbesserungen dieses Puddelverfahrens durch Anwendung chemischer Prozesse, die der *Eisenerzeugung* zu gute kommen, bringen die *Walzwerke* der *Eisenbearbeitung* eine neue mechanische Gestaltungskraft von größter Tragweite: das Eisenblech verdrängt die gußeisernen Wandungen, und »die Schiene wird Vorläuferin des Formeisens«.

Die weitaus größten Wandlungen in der Geschichte des Eisens beginnen jedoch erst um die Mitte des 19. Jahrhunderts mit den völlig neuen Methoden der Eisendarstellung in den Hüttenwerken. Den Markstein bildet das *Bessemer-Verfahren* (Patent 1855), bei dem das geschmolzene Roheisen durch eingepreßte Luft im drehbaren, birnenförmigen Zylinderofen (»Birne«, »Konverter«) zu *schmiedbarem Flußeisen* entkohlt wird. Erst auf diesem Wege gelang es, auch im Flammofen »ohne Hilfe der Tiegel oder des Herdes« große Eisenmengen zu schmelzen.

Das nur auf Druck zu beanspruchende *Gußeisen* liefert heute im wesentlichen die Freistützen.

Für die eisernen Trägerkonstruktionen in der Raumüberdeckung und Überbrückung in der Gegenwart ist das Hauptmaterial das *Flußeisen*¹.

¹ Die verschiedenen Darstellungsprozesse haben den ganzen Begriff »Eisen« bereits so weit vermannigfalt, daß sogar eine neue Benennung der Gattungen selbst notwendig wurde. Auf Grund der 1876 in Philadelphia vereinbarten Einteilung unterscheidet man heute als Hauptgruppen:



Das in Deutschland »Flußeisen« genannte Material, »das zwar stahlartigen Charakter zeigt, in seinen sonstigen Eigenschaften aber dem zähen Schweiß-eisen gleicht«, heißt in Frankreich gewöhnlich: »acier doux«, in Amerika: »soft steel« oder »medium steel«. Vergl. Mehrtens, Brücken a. a. O. S. 7.

Neuerdings findet für weitgespannte Brücken des geringen Eigengewichts wegen der *Nickelstahl* Verwendung.

* * *

Eine ungeheure Summe von Erfahrung, Wissenschaft — insbesondere der Chemie — und Technik also war nötig, um dem Eisenbau des 19. Jahrhunderts überhaupt erst das Rohmaterial zu liefern: dieses Material selbst hat schon in seinen ersten hundert Jahren wesentliche Wandlungen erfahren — Gußeisen, Schweiß Eisen, Flußeisen — so daß heut dem Bauingenieur ein völlig anderer Baustoff zur Verfügung steht als vor etwa fünfzig Jahren. Das Tempo dieser Verbesserungen beschleunigt sich, und die ihnen gewidmete Arbeit der wissenschaftlichen Technik schreitet neben den Eisenbauten im internationalen Austausch rastlos bessernd vorwärts.

Das sind im Sinne geschichtlicher Betrachtung »Fermente« von beunruhigender Wandelbarkeit. Kein Baustoff bietet etwas auch nur annähernd Verwandtes. Man steht hier am Anfang einer mit rasender Schnelligkeit weiterstrebenden Entwicklung.

Für stilistische Erörterungen ist das der ungünstigste Boden. Selbst deren verhältnismäßig sicherster Teil, die »Materialstilistik«, die sich nur auf die technischen Bedingungen des Stoffes und seiner Bearbeitung stützt, versagt hier, denn eben diese Bedingungen verflüchtigen sich zu »unbegrenzten Möglichkeiten«.

Vor allem gerade in ihrem hier maßgebenden Einfluß auf die Formenbildung. Schon jetzt darf als Grundsatz ausgesprochen werden, daß das Eisen als Baumaterial überhaupt an keine durch seine Natur unabänderliche Form gebunden ist: es läßt sich schlechterdings keine beim »Bauen« verwendbare Form denken, in die es nicht zu bringen wäre.

Und es läßt sich schon heute mit Sicherheit voraussagen, daß der »Eisenstil« diese formale Bewegungsfreiheit bis aufs äußerste ausnutzen wird. Denn die unbedingt bleibenden Vorzüge des Eisens als Baumaterial vor Stein und Holz sind zu wesentlich, um überhaupt nur die Möglichkeit zuzulassen, daß es aus dem Dienste der Raumüberdeckung und Raumüberbrückung jemals wieder ausscheiden werde.

Das Eisen ist an Festigkeit dem Stein vierzigfach, dem Holz zehnfach überlegen und hat jenem gegenüber trotzdem nur das vierfache, diesem gegenüber nur das achtfache Eigengewicht. Ein Eisenkörper besitzt also im Vergleich mit einem gleichgroßen Steinvolumen bei nur viermal größerer Schwere eine vierzigmal größere Tragkraft. Diese statische Überlegenheit des Eisens vor allen anderen bisher verwandten Baumaterialien macht es zum besten Stoff jeder »rationalen Konstruktion«, die ein Höchstmaß von Tragfähigkeit mit einem Mindestmaß von Material erreichen will.

Von diesem rein technisch-konstruktiven »Willen« ist hier auszugehen.

Er beherrscht unter dem Einfluß äußerer Verhältnisse den gesamten Nutzbau. In der Baukunst dagegen hat seine Macht stark geschwankt, denn sie fand dort in dem allgemeinen »Formenwillen« oft einen starken Gegner.

Es gibt Stilepochen, die solche rationale Konstruktion überhaupt nicht aufkommen ließen. So die gesamte altorientalische Architektur. Ihr war der Aufwand an Baumaterial ein unentbehrlicher Teil der Monumentalität, wie der Aufwand an Menschenmaterial ein Zeichen der Macht. Ähnlich im kaiserlichen Rom. Von ihm lernte es

die italienische Hochrenaissance: sie liebte in der Masse den Überschuß an Kraft. Die gleiche Neigung, jedoch wiederum in anderer psychologischer Absicht, hat der Barock: »ein sichtliches Behagen an der dumpfen Ausbreitung der Masse«.

Dem konstruktiven Überschuß der altorientalischen Baukunst gegenüber bezeichnet die hellenische Baukunst eine Annäherung an jenes rationelle Konstruktionsprinzip. Allein sie reicht nur bis zum Gleichgewicht zwischen Mittel und Zweck. Der Gedanke an ein Minimum und Maximum bleibt ihr überhaupt fern, und gerade dadurch wirkt sie so vollendet. Die erste Störung dieses Gleichgewichtes bringt der Gewölbekonstruktion, und dabei sinkt naturgemäß die Seite der Mittel herab: bei den Widerlagern der Gewölbe war aus rein konstruktiven Gründen das »zu Wenig« so gefahrlos, daß man ganz bewußt ein »zu Viel« vorzog. Die Ausglei chung zwischen beiden bestimmte in wesentlichem Grade die Entwicklung der römischen und weiter der romanischen Baukunst, und bei beiden spielte dann auch der fortifikatorische Zweck hinein. Bei beiden aber entscheidet endlich wiederum das psychologische Bedürfnis zu gunsten der Massigkeit.

Den Umschwung bewirkt erst die Gotik.

In den Kirchen ihrer Frühzeit: außen ein Aufwand von Mauermassen, der für den Eindruck des Innern selbst ästhetisch zu groß erscheint; in der Blütezeit: ein Gleichgewicht, ebenso köstlich wie im hellenischen Tempel, aber schon mit sichtlichem Streben, die tragenden Glieder nicht über das Notwendige hinauswachsen zu lassen; in der Spätzeit dann: die bedingungslose Herabminderung ihres Umfanges auf das Unerläßlichste. Damit ist die »rationelle Konstruktion« des Steinbaues an ihre äußerste Grenze gelangt.

Für die Gotik ist das Problem der Masse das ihres Wesens; es umschließt dieses auch im psychologischen Sinn. Sie löst es durch »Entmaterialisierung«. Schon dadurch tritt sie unter allen bisherigen Stilen der Steinarchitektur den Grundbedingungen des Eisenbaues am nächsten.

Allein der letztere ist seinem struktiven Wesen nach nicht dem Stein verwandt, sondern dem Holz: rationelle Konstruktion lehrte am frühesten und besten der Holzbau. Er kann nicht von der unerschöpflichen Masse ausgehen wie der Stein; das Stoffvolumen, mit dessen Tragfähigkeit er rechnet, ist durch die Natur selbst in unabänderliche Grenzen eingeschlossen; seinen Umfang bestimmt der Baumstamm. Das Bauwerk besteht also hier in einem »Zusammenfügen starrer, stabförmig gestalteter Teile zu einem in sich unverrückbaren System«, wie Semper sagt, und diese »Tektonik« ersetzt die Masse durch zusammengefügte Einzelglieder. Bei ihrer Verwendung als Baustoff sind auch diese »tot«. Aber sie hatten organisches Leben; es ist nur »abgestorben«. Seine Spuren stehen im Laufe der Fasern, in den Jahresringen, in den Schnittstellen der Wurzeln und Zweige vor Augen. Wir werten sie als Erzeugnisse organischer Lebensenergie. Und sie haben eine bestimmte Richtung, die an die aufsteigende und in der Verzweigung sich ausbreitende Kraft des wachsenden Baumes erinnert. Auch das Holz ist dem Stein gegenüber konzentrierte Zähigkeit, aber bei ihm schuf diese unmittelbar die Natur selbst. Dem Eisen gleicht es nicht als tektonischer Stoff, sondern höchstens als tektonische Form.

Deren Wesen wird durch den Umfang des Balkens bestimmt: durch ein stabförmiges Gebilde. Der Blockbau aus wagerecht aufeinander geschichteten Balken und der Palisadenbau aus senkrecht aneinander gerückten Pfosten gibt feste Wände.

Mit ihm von mindestens gleichem Alter, aber von weit reicherer Entwicklung ist der Ständerbau. Schwelle, Ständer und Rahmstück bilden als Ganzes ein Fach; durch eingezogene Streben, die dasselbe schräg durchziehen, wird seine seitliche Verschiebung gehindert: es wird zum »Stabilrahmen«. Dieser versteifte Rahmen ist ein festes Gerüst. Der Hohlraum zwischen ihm kann offen bleiben oder durch Bretter, Blockhölzer, Bohlen und — im Fachwerkbau — durch Steine, Ziegel, Mörtel ausgefüllt werden: statisch bedeutet er im Verhältnis zum Rahmen ein Minimum von Kraft, und als solches wird er auch ästhetisch empfunden.

Dem Wunsch, einen Überfluß von materiellen Mitteln und einen Überschuß an konstruktiver Kraft zu zeigen, kann ein Gerüst überhaupt nur sehr unvollkommen genügen, seine Ausdrucksmittel hierfür sind nicht Massen, sondern Linien. Ihre Vielheit übt ästhetisch und psychologisch eine ganz andere Wirkung aus als die Steigerung eines Massenvolumens: sie beruhigt nicht, sondern sie verwirrt. Die Geschichte des Holzbaues kennt daher solche Epochen, die, wie einzelne der Steinarchitektur, den Materialaufwand zur Stilbedingung machten, überhaupt nicht. Sie bewegt sich dauernd im Gebiete der rationellen Konstruktion. In wieweit sie erreicht wird, hängt beim Holzbau niemals vom Willen ab, sondern vom konstruktiven Können.

Die Festigkeit, mit der das letztere beim Holz zu rechnen hat, ist wesentlich größer als die des Steines, denn dieser ist nur druckfest, das Holz druck- und zugfest. Allein die Zugfestigkeit des Holzes läßt sich aus technischen Gründen nur in wenigen Fällen günstig ausnutzen, da die Bolzen, mit denen die Enden des statisch als Zugstange anzusehenden Holzbalkens gefaßt werden müssen, zu leicht ausreißen. In guten Steinkonstruktionen sollen füglich nur Druckspannungen¹, in guten Holzkonstruktionen meist Druck- und Biegungsspannungen auftreten. Das Eisen dagegen leistet allen drei Gattungen der Beanspruchung — dem Druck, dem Zug und der Biegung — den größten Widerstand; es vereint und steigert also die statischen Vorzüge des Steines und des Holzes. Jeder Teil einer Eisenkonstruktion übertrifft einen gleichgroßen Holzbalken an Festigkeit zehnfach, kann statisch also das Gleiche wie dieser bei einem weit geringeren Volumen leisten. Und bei der unbeschränkten Bildsamkeit des Eisens wird es möglich, die statisch »rationellste« Form für diese Leistung in jeder Einheitlichkeit und Mannigfaltigkeit künstlich zu schaffen.

Diese Erkenntnis mag sehr alt sein: ihre Anwendung auf die Bauzwecke ist sehr jung. Jahrtausenden war das Eisen nur der Stoff für Werkzeuge und es trat in den Dienst des Bauwerkes nur bei der Zurichtung und Verbindung vom Stein und vom Holz. Sein Hauptbereich lag der Baukunst fern.

* * *

»Das Eisen ist das beste Werkzeug im Leben und zugleich das schlimmste. Mit ihm durchfurchen wir die Erde, pflanzen Bäume, scheren die Hecken und schneiden die Reben; mit ihm bauen wir Wohnungen und behauen die Steine. Zu vielerlei Nützlichem brauchen wir es. Aber auch zum Krieg, zu Raub und Mord,

¹ Da bei der Biegung auf einer Seite Zug-, auf der anderen Druckspannung auftritt, ist auch die Biegezugfestigkeit des nur auf Druck zu beanspruchenden Steines gering.

und nicht nur Mann gegen Mann, sondern auch aus der Ferne, zu Wurf und Flug — nach meiner Ansicht die abscheulichste Hinterlist, die der menschliche Geist je ersann. Denn indem wir dem Eisen Schwingen gaben, haben wir dem Tode Flügel verliehen.«

So schrieb Plinius im ersten nachchristlichen Jahrhundert.

Dieser älteste Lob- und Bannspruch kennt die Macht des Eisens beim Bauen offenbar nur beim Werkzeug, Nagel und Klammer. — Das Baumetall des Altertums war die Bronze¹. Vorwiegend aus Bronze war auch eine Reihe feinerer dekorativer Arbeiten, deren Bereich im Mittelalter dem Schmiedeeisen zufiel. Die Kunstschmiedearbeiten bilden seitdem ein Hauptgebiet aller angewandten Künste, überreich an Meisterwerken der Technik wie der Kunst, allein sie führen nur bis an die Grenzen der Baukunst: sie liefern selbst in ihren größten Schöpfungen höchstens raumtrennende Gitter ohne Tragefunktion, wie etwa die herrlichen Werke Lamours an der Place Stanislaus zu Nancy. Und das Gußeisen bleibt zunächst ganz zurück. Seine Kunstleistungen sind die in der Renaissance beginnenden derben Ofenplatten und Kaminböcke.

Noch viel langsamer aber entwickelte sich die Bedeutung des Eisens als konstruktive Hilfskraft des Baues. Als solche begleitet es den Gewölbebau des Mittelalters und der Renaissance, aber es war dabei selbst denen, die es benutzten, nur wenig willkommen. Man brachte dem Eisen ein gewisses Mißtrauen entgegen, eben weil es nicht unmittelbar von der Natur dargeboten, sondern als Bildstoff erst künstlich gewonnen wird. Das ist nur eine Sonderanwendung jenes allgemeinen Empfindens der Renaissance, dem Leo Battista Alberti² einmal mit den Worten Ausdruck gibt: »Nam est quidem cujusquis corporis pars indissolubilior, quae a natura concreta et cuncta est, quam quae hominum manu et arte conjuncta atque compacta est.«

Die eisernen Zugstangen, welche den Gewölbeschub abfangen³, und die Eisenbänder, welche die Kuppeln als Ring umschließen, haben trotz ihrer für die Statik des Ganzen unerläßlichen Leistung in der baulichen Konstruktion keine andere Rolle als etwa die eisernen Klammern im Holzwerk und zwischen den Steinquadern und die eisernen Eckverschläuderungen des Mauerwerkes: sie halten die aus anderem Stoff gebildete Masse zusammen. Meist ersetzen sie dabei nur das Holz. Die Eisenringe, mit denen beispielsweise die Kuppel der Markuskirche schon 1523, und später, in mehrfacher Wiederholung, die Peterskuppel umgürtet wurden, bedeuten nichts anderes als der riesige hölzerne Verankerungsring, den schon Brunelleschi nach dem Muster des Florentiner Baptisteriums um den Fuß seiner Domkuppel legte. Ja diese Eisenringe sind noch nicht einmal als konstruktive Hauptmittel recht anerkannt, sie gelten vielmehr nur als Aus-

¹ Vergl. zum Folgenden: Gottgetreu, Lehrb. d. Hochbaukonstruktion. III. Eisenkonstruktionen. Berlin 1885. S. 5 f.

² De re aedificatoria. Ed. 1512 Paris. Lib. III, Cap. XIII, Fol. XLIV.

³ Älteste wichtige Beispiele: die Nebenschiffe der Hagia Sophia in Konstantinopel und die Omar-moschee in Kairo (7. Jahrhundert). Leo Battista Alberti bemerkt in seiner Baulehre, daß nur der Flachbogen (»arcus comminutus«) einer solchen eisernen Zugstange (»catena ferrea«) bedürfe, (De re aedificatoria. Lib. III, Cap. XIII, Fol. XLIV.) Über die »architektonische Ignorierung« solcher Zugstangen im 19. Jahrhundert vergl. Baumeister a. a. O. S. 28 Anm. — Eiserne Träger erwähnt Merckel a. a. O. S. 266 bereits an antiken Tempelbauten Indiens.

hilfsmittel, welche lediglich durch unrichtige Steinkonstruktionen oder durch deren nachlässige Ausführung mit minderwertigem Materiale verschuldet sind. Sie werden möglichst verborgen, und die Zugstangen drängen sich dem Auge als roh eingefügte Fremdkörper störend auf. Die komplizierteste Verwendung des Eisens als Hilfskonstruktion an Monumentalbauten der Renaissance ist die Verankerung von *Per-raults* Kolonnaden und Tympanon der Louvrefront¹ und Soufflots Portal von *Ste. Geneviève* in Paris. Sie sind »mit Eisenstangen förmlich durchspickt«, aber das läßt eine Betrachtung dieser klassischen Steinbauten von außen nicht ahnen². Bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts ist von einem Eisenbau nicht die Rede. Man traute dem Eisen nicht einmal die von jedem Baustoff zu fordernde Haltbarkeit zu. Der kenntnisreiche Jacopo Lafri († 1620), der als Nachfolger Vasaris die Sicherung der Kuppel von Sa. Maria dell' Umiltà in Pistoja erfolgreich durchführte, sagt: »Il ferro è metallo imperfetto, massime stando all' acqua«: »Eisen ist kein Material für die Dauer«. Es war unter allen Baumaterialien auch weitaus das kostspieligste.

Die Überwindung dieser Hindernisse und Bedenken konnte nur durch einen Bund zwischen Wissenschaft und Technik gelingen, wie ihn erst die geistige und materielle Produktionsweise des 18. Jahrhunderts überhaupt ermöglichte. Und selbst dann blieb der Fortschritt des Eisenbaues zunächst nur langsam und ruckweise.

Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts konnte er lediglich mit dem *Gußeisen* rechnen. Wann dieses zum ersten Male als selbständiges Konstruktionsmittel verwendet wurde, läßt sich mit Sicherheit kaum noch feststellen, denn dieser Anfang liegt im Dunkel außereuropäischer Überlieferung. Jedenfalls geschah er im Dienste der wegeverbindenden Raumüberbrückung: bei den Kettenbrücken. Um den Ruhm, bei diesen am frühesten die Hilfe des Eisens benutzt zu haben, streiten sich China und Amerika. Der Gedanke, Brücken aus Gußeisen zu konstruieren, soll schon im 16. Jahrhundert aufgetaucht sein³.

Die »wundersame« chinesische Kettenbrücke bei der Stadt Kingtung (Abb. 1) »mit Brettern auf zwanzig eisernen Ketten« nahm Athanasius Kircher in sein Werk »China monumentis illustrata« (1667) auf⁴. Die erste Beschreibung und Abbildung einer eisernen Kettenbrücke gibt in Europa aber schon der in Venedig als Ingenieur tätige Dalmatiner Faustus Verantius in seinem 1617 erschienenen Werk »Machinae novae«, wo es im Text heißt: »Diese Brücke nennen wir deshalb ‚eisern‘, weil sie an zwei, an beiden Seiten des Wassers errichteten Türmen mit vielen eisernen Ketten aufgehängt ist.«

Da ist die schmiedeeiserne Kette also nur ein Ersatz des Seiles und die Bedeutung des Eisens für das ganze Gebilde prinzipiell von der jener Zugstangen der mittelalterlichen Gewölbe nicht wesentlich verschieden.

¹ Vergl. Gottgetreu a. a. O., S. 12 ff. und Rondelet, L'art de bâtir VII, Kap. 2.

² Vergl. Charles-François Viel, De la construction des édifices publics sans l'emploi du fer. Paris 1808.

³ Gauthey (Traité de la Construction des Ponts [1732—1807], III Ed. II, p. 101) will ihn in italienischen Werken des 16. Jahrhunderts gefunden haben . . . Wo?

⁴ Erschienen in Amsterdam. Danach in Fischer, von Erlachs Historischer Architektur 1725, Buch III, Taf. 15. Ob die Nachricht, Alexander habe bei seiner Brücke über den Euphrat Eisen verwandt, auf Eisenketten zu beziehen ist? (Vergl. Merckel a. a. O., S. 266. Mehrtens, Brücken, a. a. O., S. 3.)

Anders, wo das Eisen als Ersatz des hölzernen Hängewerkes und des steinernen Brückenbogens auftritt.

Auch diese Möglichkeit hat Verantius bereits ins Auge gefaßt. Neben der Kettenbrücke skizziert er eine feste Flachbogenbrücke, die »aus lauter Glockenspeise« (Erz) herzustellen sei, und fügt hinzu: »Auf dieselbe Weise kann man auch mit viel geringeren Kosten die Dächer und Decken der großen Gebäude und Kirchen machen«. Von neuem taucht dieser Gedanke am Anfang des 18. Jahrhunderts in Frankreich auf¹.

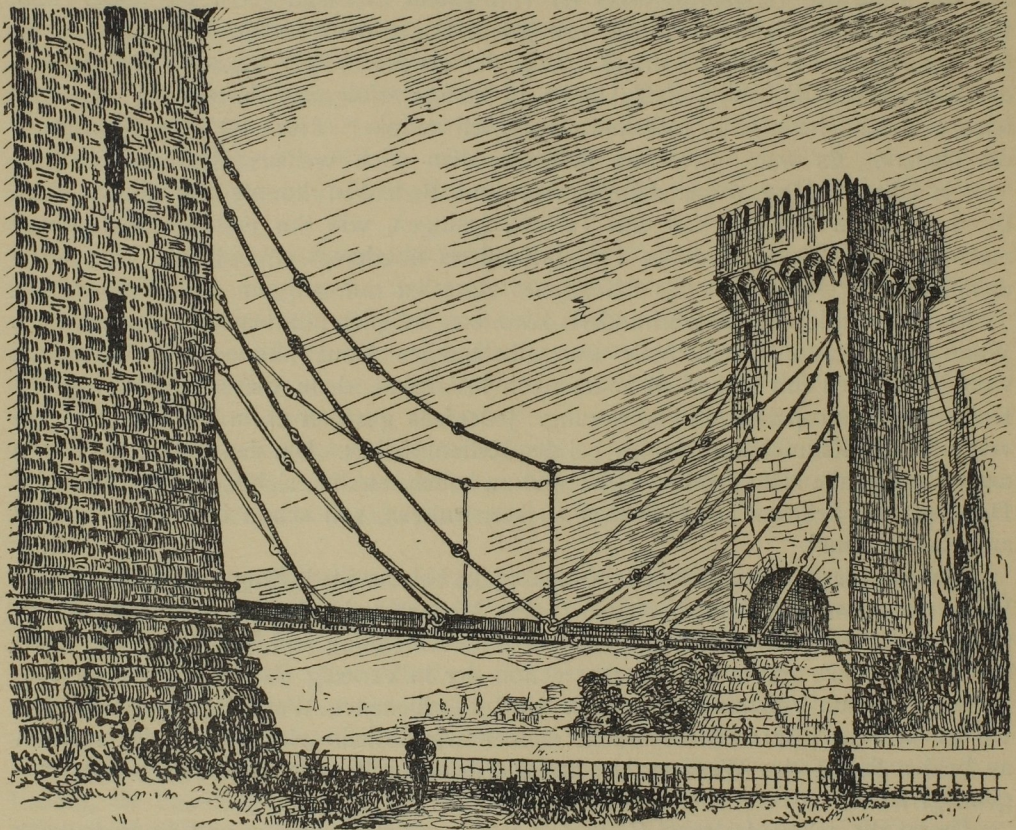


Abb. 1. Chinesische Kettenbrücke bei der Stadt Kingtung.

Seine Verwirklichung für eine Flußbrücke wurde zum ersten Male 1755 von *Garrin* in *Lyon* versucht, aber schon nach der Errichtung des ersten der drei geplanten Bögen wieder aufgegeben: die Erzeugungs- und Bearbeitungsmethoden des Rohmaterials waren noch zu unvollkommen. Sie verbesserten sich am frühesten in Nord-England. — Bahnbrechend für die Verwendung des Gußeisens für konstruktive Zwecke war in den fünfziger Jahren des 18. Jahrhunderts der Ingenieur *John Smeaton*

¹ Désagulier 1719.

(geb. 1724), aber er fand zunächst wenig Anhänger. Er selbst schreibt darüber 1782¹: »Als ich vor 27 Jahren zum ersten Male Gußeisen für gewisse Zwecke verwandte, rief alles: ‚Wie kann sprödes Gußeisen halten, wenn das stärkste Zimmermannsholz nicht widersteht?‘« Die

»gewissen Zwecke« waren nächst den Maschinenteilen, den Dampfkesseln, Walzgerüsten, Wasserrädern und Schienen — die erste gußeiserne Schiene ward 1767 in den Werken von Coalbrookdale gegossen — Teile des Mühlenbaues und des 1757—1759 von Smeaton im wesentlichen aber aus Steinquadern errichteten Leuchtturmes von *Eddystone*.

Das erste ganz aus Gußeisen errichtete Bauwerk ist die noch heute funktionierende »Ironbridge« über den *Severn* beim Dorfe Broseley

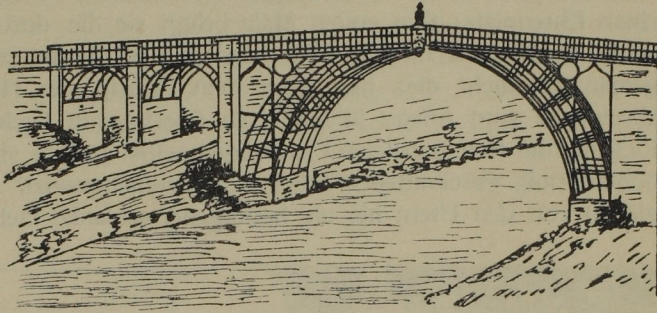


Abb. 2. Ironbridge über den Severn.

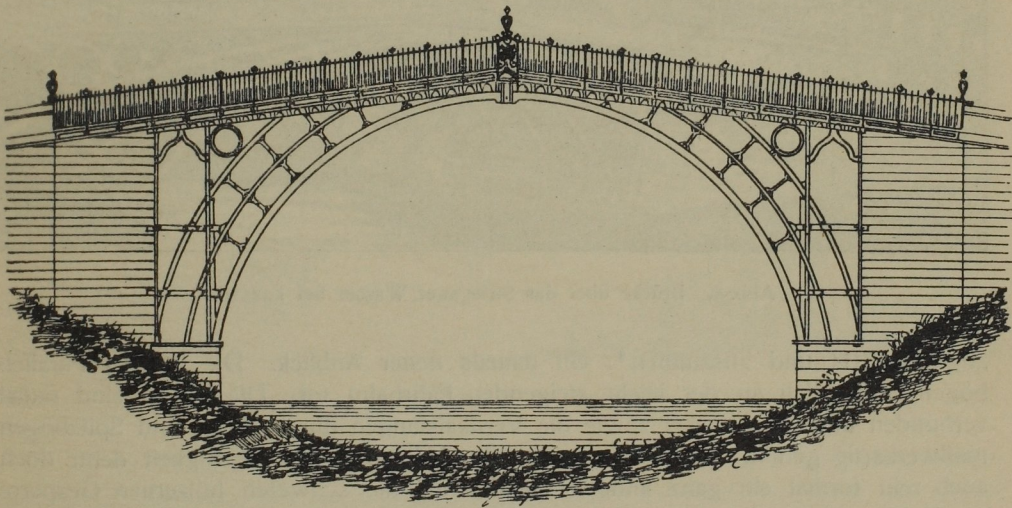


Abb. 3. Ironbridge über den Severn.

(Ost-England)² (Abb. 2 und 3), die 1773—1779 unter Leitung von John Wilkinson, dem »Eisentollen« (»iron mad«), und Abraham Darby in dem schon genannten

¹ Vergl. G. Ch. Mehrtens, Vorlesungen über Statik der Baukonstruktionen und Festigkeitslehre, Leipzig 1903, S. 75 und desselben Verfassers »Brücken«, a. a. O., S. 5. ff.

² Shropshire. An der Bahnstrecke Shrewsbury-Worcester. Vergl. Mehrtens, Die ältesten eisernen Brücken der Welt. Ztschr. »Stahl und Eisen« 1896, Nr. 24. Ztschr. »The Engineer« 1898 (Sept.), S. 303: »The birth-place of modern bridges«.

berühmten Werk in Coalbrookdale ausgeführt wurde¹. Die technische Leistung — über einem Durchmesser von 30,62 m fünf nahezu halbkreisförmige Bögen, deren ca. 23 m lange Hälften noch heute nicht leicht zu gießen wären — ist besonders berühmt. Aber auch der Form nach verdient diese Brücke in der Geschichte des Eisenbaues einen Ehrenplatz: zum ersten Male bringt sie die durch das neue Material ermöglichte Leichtigkeit und Durchsichtigkeit des Gesamtgebildes zur Geltung. Naturgemäß geschieht dies hier nach dem Prinzip der Holzkonstruktion. Die Seitenabschlüsse sind offene in Gußeisen übertragene Fachwerkgerüste aus Stielen und Riegeln; die fünf parallelen Eisenbögen selbst jedoch sind nicht mehr aus einzelnen bogenförmig geschnittenen Stücken zusammengesetzt, sondern ihre beiden Hälften gleiten von den Ufern her als homogene, schlanke Gebilde in einheitlichem Linien-

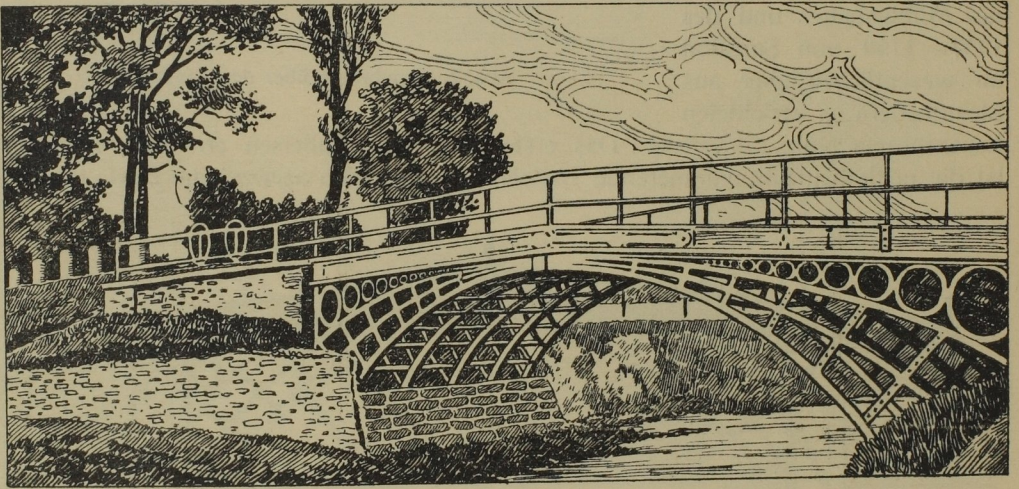


Abb. 4. Brücke über das Striegauer Wasser bei Laasan.

zug aufwärts und zusammen²: ein damals neuer Anblick. Die inneren Parallelbögen laufen sich an der leicht steigenden Fahrbahn tot. Die Bögen sind radial verbunden und die Zwickel sowie die Vertikalstangen durch Ringe und Spitzbögen maßwerkartig gefüllt. Das ist in seiner durchsichtigen Feingliedrigkeit denn doch auch rein formal ein ganz anderes Gebilde als die schweren hölzernen Gesperre aus Bohlen oder vollends aus geraden Balken! Zum ersten Male redet der Eisenbau hier die zierliche Sprache der Linien. Im Aufbau verwandt ist die früheste Eisenbrücke des europäischen Festlandes, die 1794 über das *Striegauer Wasser* bei

¹ Vergl. Stevenson in *Philosophical Journal* X. Edinburgh. Abbild. nach Photogr. in Ztschr. «The Engineer» a. a. O. und »Buch d. Erfind.« 9. Aufl., IX, S. 390, Abbild. 401. — Gottgetreu, *Eisenkonstruktionen*, Fig. 32, S. 13. — Vierendeel a. a. O., Text S. 23. — Eine zweite Brücke über den Severn wurde bei Buildwas in der Nähe von Coalbrookdale 1795—1796 von Telford errichtet. Sie hat 39,65 m Spannweite.

² Der seitliche Erddruck hat die beiden Bogenteile so stark gepreßt, daß der Scheitel aufwärts gedrückt wurde. Das Modell dieser noch heut funktionierenden Brücke befindet sich in der Sammlung der Society of arts in London.

*Laasan*¹ (Schlesien) geschlagen wurde (Abb. 4); aber hier sind die Bögen nicht mehr parallel, sondern schießen zum Mittelpunkt zusammen, und die Zwickel werden durch eine Reihe von den Enden zur Mitte sich verkleinernder Ringe ausgefüllt: das Prinzip des eisernen Bogenträgers, der am Scheitel am dünnsten ist. — Ist bei diesen Brücken trotz der Eigenart der Durchführung und Erscheinung die Kraftverteilung nicht anders »gedacht« als beim Holz, so überträgt die mächtige, den *Wearfluß* zu *Wearmouth* bei *Sunderland* mit sechs fast 29 m hohen Flachbögen von nahezu 72 m Spannweite überspannende Brücke² die keilförmigen Steine der gemauerten Bögen in hohle Guß-

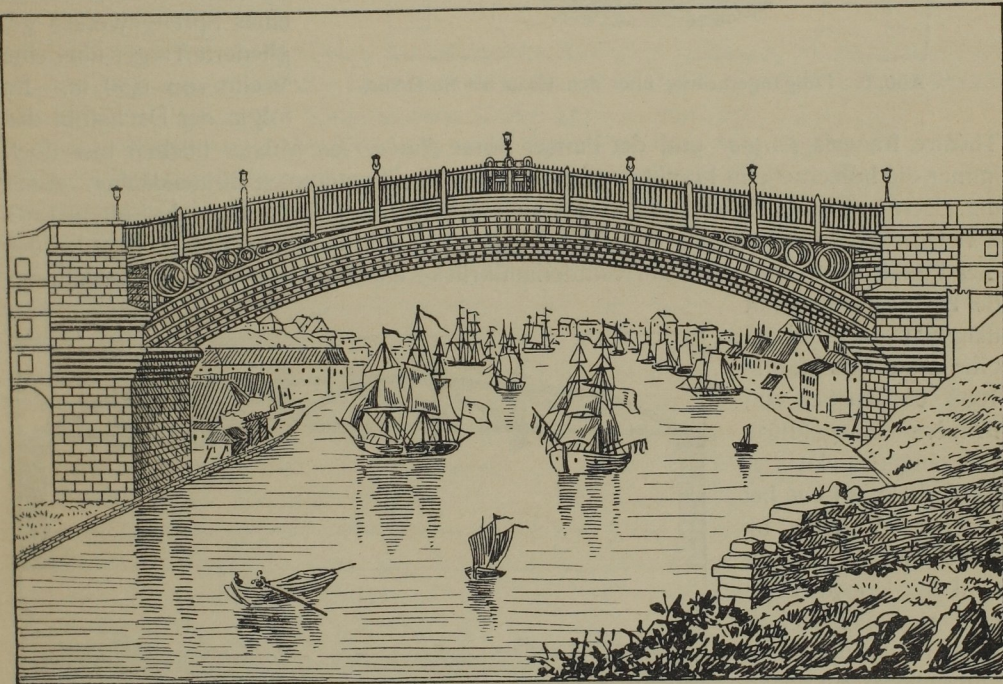


Abb. 5. Brücke über den Wearfluß zu Wearmouth bei Sunderland.

eisenstücke (Abb. 5). In zwei Reihen übereinander zwischen mächtigen Stein Pfeilern angeordnet, gleichen dieselben für den Anblick in der Tat Gewölbesteinen; der Raum zwischen diesen Tragebögen und der Fahrbahn wird wiederum durch Ringe gefüllt. Die neue Leichtigkeit dieser Eisenbrücke ist also nicht, wie in Coalbrookdale, durch das durchsichtige Gerüstprinzip, sondern durch die frei und weit in ganz flacher Wölbung schwebende Bogenspannung selbst erreicht.

Die Wearbrücke wurde 1793—1796 von dem englischen Ingenieur Payne nach einer Zeichnung Wilsons errichtet. Inzwischen war das Eisen insbesondere in

¹ Abbild. nach Photogr. in »Buch d. Erfind.« a. a. O., Nr. 403, S. 391. Das Gußeisen aus dem Königl. Eisenhüttenwerk bei Laasan in Schlesien.

² Abbild. nach »Buch d. Erfind.« a. a. O., Nr. 402, S. 391. Vierendeel a. a. O., Pl. I, Fig. 5—11. Die Spannweite beträgt 71,91 m.

Frankreich bereits energisch auch in den Wohnbau eingeführt worden, aber nicht mehr als Gußeisen, dessen konstruktive Mängel sich bald gezeigt hatten, sondern als im Flammofen gewonnenes *Schmiedeeisen*. Am frühesten soll dieses 1780 am

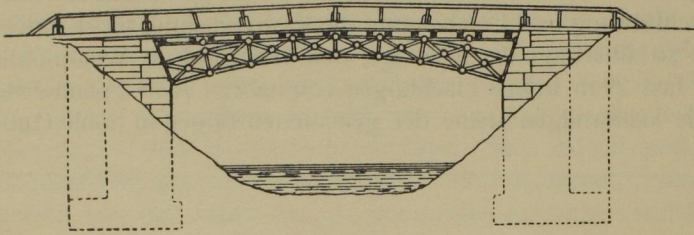


Abb. 6. Fußgängerbrücke über den Crou bei St. Denis.

Dach des «Grand Salon du Louvre» verwendet worden sein. 1785 legte der Architekt *Ango* in einem Hause in Boulogne schmiedeeiserne, nach Art eines Sprengewerkes gegliederte Träger über eine Weite von 6,50 m. Es folgte der Dachstuhl des

Théâtre français (*Ango*) und der Pariser Börse (*Labarre*). Muster blieben hier noch immer die hölzernen, in Frankreich besonders vervollkommenen Bohlendächer. Auch die eisernen Pariser Brücken schlossen sich zunächst — wie der Pont du Louvre 1803 der Holzkonstruktion oder wie der bedeutendere »Pont d'Austerlitz«¹ 1806 — der Steinkonstruktion nach Art der Sunderlandbrücke an. Die »rationellste« Gestaltung der Fachwerkträger mit diagonal verstrebt

Gurtungen brachte erst 1808 die kleine, von Bruyère ausgeführte Fußgängerbrücke über das Flößchen *Crou* bei St. Denis² (Abb. 6). Ihre flachen Bögen sind der Konstruktion nach ebenfalls im hölzernen Brückenbau vorgebildet: eine ganz ähnliche Holzbrücke gibt schon Palladio³ (Abb. 7). Aber was früher aus schweren Vierkanthölzern zusammengezimmert war,

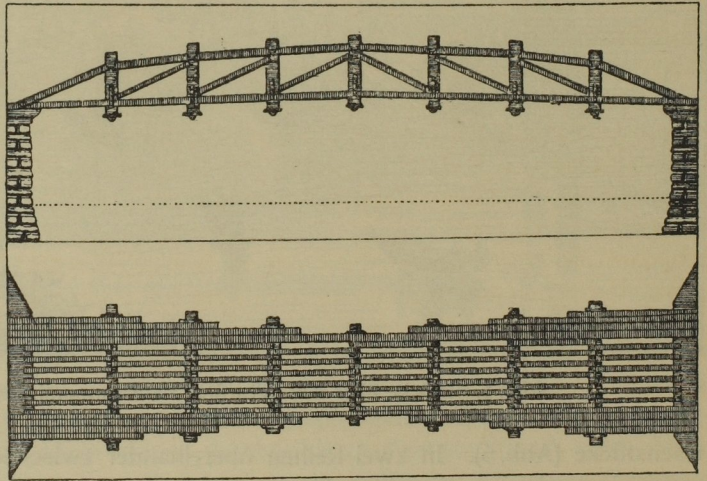


Abb. 7. Holzbrücke von Palladio.

¹ Fünf Bögen; 1854 durch die heutige Steinbrücke ersetzt.

² Abbild. nach Vierendeel a. a. O., Pl. 1, Text S. 32. Bruyère entwarf nach gleichem Prinzip 1810 eine Fußgängerbrücke über die Seine (Passerelle de l'Hôtel de Ville) von 130 m Spannweite (!), die jedoch nicht ausgeführt wurde.

³ Architecture. Tom. II, L. III, Tafel III.

Dessen Ausbildung zur Großkonstruktion erfolgte allerdings erst ein halbes Jahrhundert später. Der Weg ist ebenso beträchtlich, wie etwa der von den frühesten Verwendungen der Tonnengewölbe für Wasserleitungen bis zum Gewölbebau der Gotik. Jene Brücken- und Dachkonstruktionen des 18. Jahrhunderts sind nur die ersten, vereinzelt, bald tastenden, bald kühnen Versuche des Eisenbaues. Sie mußten an dieser Stelle deshalb erwähnt werden, weil sie überhaupt erst den Gedanken brachten und verwirklichten, daß man mit Eisen »bauen« könne. Das Eisen wurde an ihnen zum ersten Male zum »Baustoff«.

*
*
*

Daß das Eisen nach diesen immerhin bescheidenen Anfängen im 19. Jahrhundert zu einem Hauptmaterial aller Baukonstruktionen ward, hat wesentlich andere Gründe als die Entwicklung der konstruktiven Kräfte anderer Baustoffe und Zeiten.

Entscheidend wurde, daß es sich beim Eisen eben um eine »künstlich« erzeugte Masse handelt, bei deren Zusammensetzung und Formung jedem Anspruch genügt werden kann, soweit er im Bereich der technischen Möglichkeit bleibt. Bei diesem Baustoff trat also der völlig neue Fall ein, daß nicht nur die Konstruktionen sich nach dem Baumaterial richteten, sondern auch umgekehrt dieses nach ihnen: schon seine Grundformen wurden von vornherein als »rationellste« Konstruktionsteile gebildet. Dabei arbeiteten Wissenschaft und Technik zusammen, jene einerseits als Chemie und Statik, diese als Bewältigung der gewaltigsten mechanischen Kraftübertragungen und Umformungen. Bezeichnend für diese gemeinsame Arbeit von Theorie und Praxis ist besonders die Ausbildung des Materialprüfungswesens. Seit man im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts vereinzelt Versuche über die Festigkeit der verschiedenen Baustoffe angestellt hat, haben diese Probleme zu einer eigenen Wissenschaft mit eigener Methodik und Technik geführt, die auf Schritt und Tritt in die Praxis eingreift. Auch die wirtschaftlichen Verhältnisse sprachen wesentlich mit, und neben den Fortschritten der mathematischen und der Natur-Wissenschaften gaben die neuen Aufgaben der neuen Kultur selbst Gelegenheit, die Errungenschaften fort und fort zu erproben und zu mehren.

So wurde jener neue »Baustoff«, den das Ende des 18. Jahrhunderts als solchen überhaupt erst erkannt und noch keineswegs anerkannt hatte, in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in feste *Normalformen* gebracht, welche — wenn auch im einzelnen natürlich noch verbesserungsfähig — das prinzipielle Verhältnis zwischen den Konstruktionselementen und dem konstruktiven Gesamtorganismus beim Eisenbau wohl schon endgültig bestimmen. Die wichtigsten unter diesen Normalformen bedeuten für den heutigen Eisenbau etwa dasselbe, wie für den Fachwerkbau in Holz die Pfosten, Streben, Riegel und Verwandtes; und wie im Holzbau, so sind auch im Eisen die Verbindungsmittel typisch.

Von den letzteren werden stilistisch die *Nieten* bedeutsam: Bolzen, die mit »Setz- und Schließkopf« versehen sind¹. Sie wirken rein konstruktiv — als »Kraftniete«, zur Überleitung der Spannkkräfte, oder als »Heftniete«, nur zur Verbindung

¹ Der Bolzen wird bis zur Weißglut erhitzt. Die ersten Vernietungen von Eisenträgern in heißem Zustand erfolgten nach Vierendeel (a. a. O., S. 32) in den dreißiger Jahren (Winterpalais in St. Petersburg.)

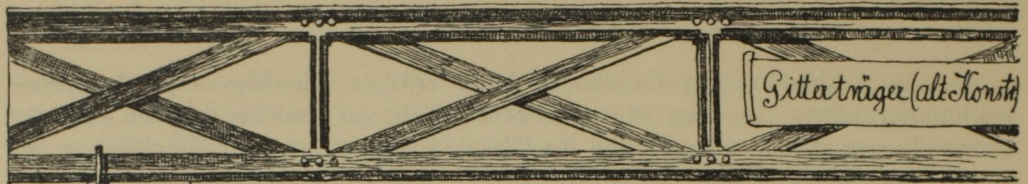
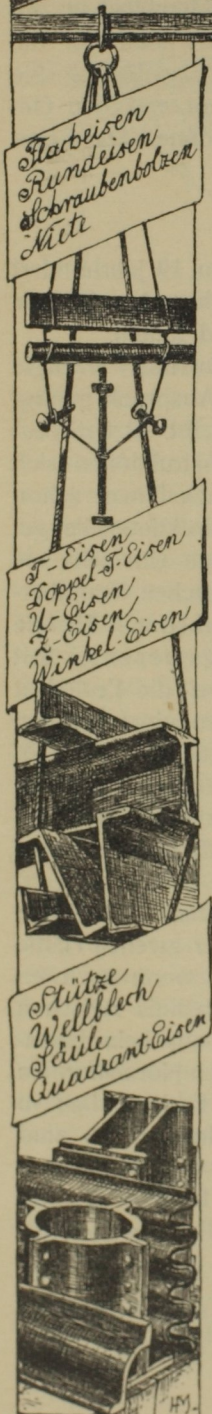


Abb. 8. Profileisen.





der Teile. Aber für den Anblick sind die Reihen dieser halbkugelförmigen, knopfartigen Setzköpfe der Niete auf den Eisenstäben und Blechen meist die einzigen »Details«, und sie bieten in ihren regelmässigen Abständen stets rhythmische Umränderung oder Teilung. Das Gleiche gilt natürlich auch von den *Schraubenmuttern*.

Hierbei handelt es sich um Gebilde, die schon aus Konstruktionen in anderen Materialien längst bekannt sind. Ebenso bei einer Reihe der *Stabformen*, in denen das Flußeisen von den Walzwerken den Eisenkonstruktionen als Handelsware zur Verfügung gestellt wird (Abb. 8). Das »gewöhnliche Stabeisen« mit regelmässigem, geometrischem Querschnitt — rund (für Zugstangen) und eckig (Quadrat, Polygone; heute nur noch bei leichteren Konstruktionen verwandt) — erscheint stilistisch nur als Balken oder Stange; das dem Wesen des Eisens entsprechende »Neue« ist hier nur die geringe Stärke des Querschnittes, nicht dessen Form. Anders bei den *Façoneisen* mit unregelmässigen, teils symmetrischen, teils unsymmetrischen Querschnitten, wie sie in Deutschland seit 1880 als sogenannte *Normalprofile* eingeführt sind. Deren Reihe eröffnet der **T**-beziehungsweise der *Doppel-T-Träger* (**I**). Seine Vorläufer bildete der Eisenbahnbau Englands aus; vollkommen stand sein Typus mit doppelten Winkeleisen und Niete in tadelloser Ausführung nach Angaben des Ingenieurs Joly bereits auf der Pariser Ausstellung 1849 vor aller Augen. In der Geschichte des Eisenbaues ist das ein ähnliches Ereignis, wie etwa in der des Geschützwesens die Herstellung des ersten »gezogenen« Rohres. 1849 noch nicht nach Gebühr beachtet, ward der **I**-Träger während der letzten Jahrzehnte der im Eisenbau weitaus am häufigsten verwendete Konstruktionsteil. Er verdankt dies seiner »verhältnismässig grossen Tragfähigkeit, guten Materialausnutzung und seitlichen Steifigkeit«. Die **L**- (**Z**-), **C**- (**U**-) und alle **L**- (**Winkel**-) und **I**- (**Steg**-) Profile sind in denen des **T**-Trägers enthalten.

Was bedeutete nun dieser **T**-Träger als Bauglied rein formal für den Anblick?

Das Wesentlichste hebt schon die gangbare Bezeichnung: »*Profil-Eisen*« selbst hervor: für den Fernblick und innerhalb

der Gesamtmasse einer Großkonstruktion statt des vollen Balkenkörpers eine stegartig dünne Fläche, deren I-Profil fast zu einem Liniengebilde zusammenschumpft. In der Längsansicht wirft die Flansche auf die Stegfläche einen leichten Schlag Schatten. Die *Quadrant-Eisen*  und *Trapez-Eisen* , die zu viere symmetrisch zusammengeschlossen einen schmiedeeisernen Hohl Pfeiler, beziehungsweise eine Hohlsäule bilden, verbinden die Flächen zum Körper. Das nur nach der Länge ausgedehnte »Stabeisen« gibt ausgewalzt die »Flacheisen«: für den Anblick nur Eisenbänder. — Die zweite große Hauptgruppe der Eisenformen neben den »Stabeisen« sind die nach Länge und Breite ausgewalzten *Bleche* (Grobbleche oder Feinbleche und das konstruktiv heute so wichtige *Wellblech*).

Diese Grundformen, in denen das Eisen als Baustoff auftritt, sind also bereits an sich als Einzelgebilde teilweise neuartig. Und ihre Eigenart ist in besonderem Grade Ergebnis und Ausdruck der natürlichen Eigenschaften des Baumaterials, weil schon die letzteren selbst technisch und wissenschaftlich gerade für *diese* Formen entwickelt und ausgenutzt werden. Der zielbewußte Arbeitsprozeß, der den Rohstoff zum unmittelbar verwendbaren Baustoff umformt, setzt beim Eisen bereits in einem weitaus früheren Stadium ein als bei den bisherigen Baumaterialien. Zwischen Materie und Material waltet hier füglich ein anderes Verhältnis als zwischen Stein und Quader, Ton und Ziegel, Holz und Balken: Baustoff und Bauform sind im Eisen gleichsam mehr homogen.

Daher schien es angezeigt, jene Elementarformen der Eisenkonstruktionen schon an dieser Stelle, im Zeichen des »Baustoffes« selbst zu erörtern.

Es entspricht nicht nur dem Zweck und der Gesamtanlage dieses Buches, sondern auch dem Wesen des Eisenbaues selbst, hierbei prinzipiell sogar noch einen Schritt weiter zu gehen und in diesem ersten Kapitel bereits auch mehrere *typische Konstruktionsformen* zu behandeln. Sie setzen sich aus jenen Elementarformen zusammen, wie die Hänge- und Sprengwerke aus den Balken, aber sie funktionieren nicht nur wie jene bei Dachstühlen und Brücken, sondern sie sind rasch zu Hauptteilen *aller* Eisenbauten geworden. Deren Eigenart selbst beruht auf ihnen, und wiederum sind auch sie aus der Natur des Baustoffes technisch und rechnerisch als zweckmäßigste Verbindungen der zweckmäßigsten Elemente abgeleitet.

Ausgebildet sind diese typischen Konstruktionen bei den eisernen *Tragwerken* mit größeren Spannweiten.

Bei diesen treten die Bleche, Flach- und Winkel- oder T-Eisen zum »Blechträger« zum hohlen »Kastenträger«, insbesondere aber zum »Fachwerkträger« zusammen. (Abb. 9).

Der *einfache* »Blechträger« besteht aus der vertikalen Blechwand (»Stehblech«) und den durch Winkeleisen gebildeten, meistens noch durch Flacheisen ver-

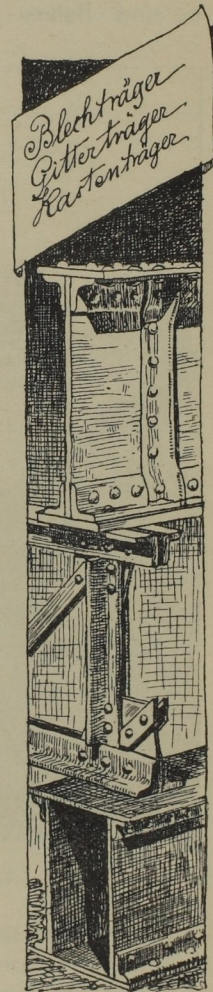


Abb. 9.
Vernietete
Konstruktionen.

stärkten Gurtungen, er wirkt also für den Anblick nicht wesentlich anders als ein Γ -Träger mit breiten Flanschen. Die *Kastenträger* vollends gleichen nur mächtigen Balken aus Eisen. Was dabei freilich allein der Maßstab bedeutet, zeigte bereits die erste, aus hohlen schmiedeeisernen Balken hergestellte Eisenbahnbrücke der Welt, Stephenson's »Britanniabrücke« über die Menastraße (1846—1849) (Abb.10); es sind »Balken«, wie sie zuvor nur die Sage von den Cyklopen kannte!

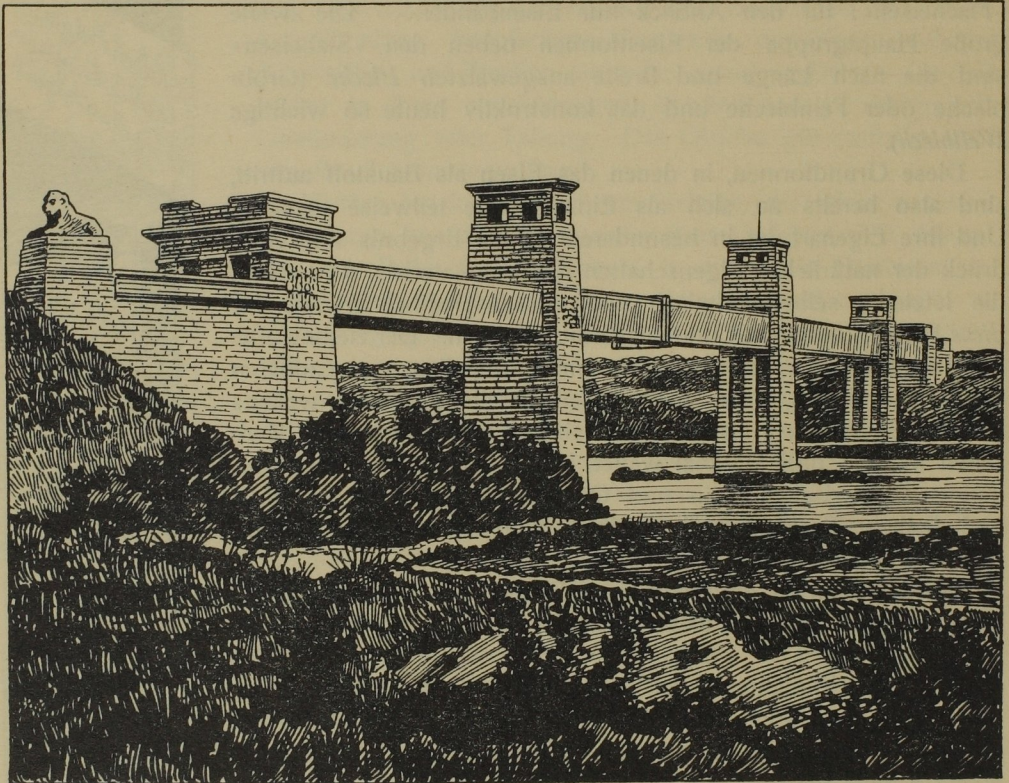



Abb. 10. Stephenson's „Britanniabrücke“ über die Menastraße.

Wie konstruktiv, so ist jedoch auch stilistisch das Hauptsystem der heutigen Eisenkonstruktion der *Fachwerkträger*.

Das »Fachwerk«¹ ist ein »gegliedertes Tragwerk«; theoretisch: ein System von Stäben, die an ihren Endpunkten (»Knotenpunkten«) durch reibungslose Gelenke verbunden sind. Die letzteren lassen sich in Wirklichkeit nicht herstellen. In Deutschland pflegt man die »Knoten« als feste Nietungen auszubilden; in Amerika zog man bis vor kurzem die Gelenkverbindung vor.

In der Praxis des Eisenbaues teilt man die »Stäbe«, aus denen sich die Fachwerkträger zusammensetzen, ein in die umgrenzenden und die füllenden. Jene heißen

¹ Die folgenden Angaben sind dem einleitenden Kolleg des Herrn Prof. Siegmund Müller über »Statik der Hochbaukonstruktionen« an der Königl. Technischen Hochschule in Berlin entnommen.

»Gurtungen« (»obere« und »untere«), diese »Füllungsstäbe« (»Wandglieder«, »Gitterwerk«). Die »Füllungsstäbe« sind gerade; ihrer Richtung nach »vertikal« oder geneigt, »diagonal«. Im Beginn des Eisenhochbaues, vor der Ausbildung seiner statischen Theorien, herrschte insbesondere bei Brücken der »Gitterträger« mit mehrfach gekreuzten, an den Kreuzungsstellen fest vernieteten Streben als zwei-, drei- und mehrteiliges Gitterwerk. In diesen »engmaschigen« Systemen, deren Gitter sich der Vollwand näherten, sah man sogar eine Bürgschaft für die Tragfähigkeit. Allein sie sind statisch unbestimmt, bedeuten technisch eine Materialverschwendung und bieten dem Winddruck zu viel Angriffsfläche. Das Füllwerk wurde daher immer luftiger. Heute sucht man es möglichst einfach und »klar« zu gestalten, statisch bestimmt, insbesondere durch Bildung von Dreiecken, deren kleinster Winkel dabei 30° , deren größter 60° und deren »wirtschaftlich« günstigster 45° beträgt. Das Gitterwerk sich kreuzender Stäbe findet meist nur noch in seiner in jedem Sinne besten Form als System der »Gegendiagonalen«  Anwendung.

Die heutige Zeichnung der Eisenfachwerke macht sich vom Einfluß der überlieferten »Systeme« mehr und mehr frei. Sie sucht jede Aufgabe für sich nach Zweck und Stabilität möglichst rationell zu lösen, und die leitenden Gesichtspunkte sind dabei allgemeingültig: einen Dreiecksverband zu gewinnen, dessen Höhenentwicklung der Größe der Biegemomente entspricht.

Gleichwohl ist es für unsere Zwecke, insbesondere für die im folgenden angewandten Bezeichnungen, erwünscht, die üblichsten »Systeme« der Fachwerkträger hier knapp zusammenzustellen.

I. Parallelträger.

II. Polygonalträger.

III. Bogenträger.

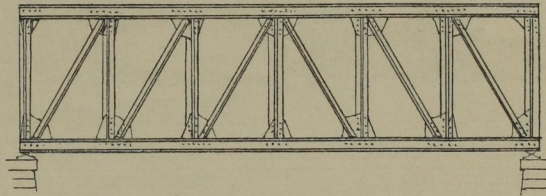


Abb. 11. Parallelträger.

Je nach der mathematischen Kurve des Obergurtes unterscheidet man dabei: Parabel-, Ellipsen- (Korb-), Hyperbel- (»Schwedler«-) und Pauli-Träger.

Scheinbar sind diese Systeme der eisernen Fachwerkträger in den hölzernen Hänge- und Sprengwerken vorgebildet. Aber diese können lediglich auf Druck und Biegung beansprucht werden, nur ausnahmsweise auf Zug. Die dem letzteren ausgesetzte Dreiecksverbindung ist im Holzwerk — ohne eiserne Zugstangen

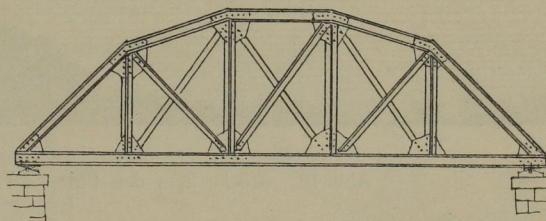


Abb. 11a. Polygonalträger.

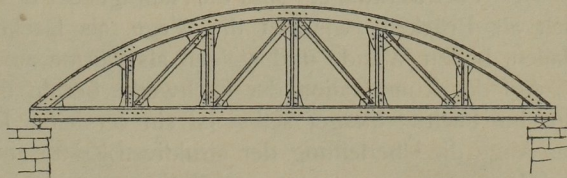


Abb. 11b. Bogenträger (Träger mit bogenförmigem Ober- und horizontalem Untergurt, spitz auslaufend).

— schwierig. Und gerade in der Verbindung zu geschlossenen Figuren wirken die dünnen Eisenstäbe im Vergleich mit den starken Pfosten, Balken und Bohlen leicht und schrumpfen für den Fernblick fast zu Linien zusammen. Dabei bedeutet jeder dieser Fachwerktypen im Eisenbau in stärkerem Grade als in der Holzkonstruktion eine selbständige Einheit. Das empfindet man am unmittelbarsten, wenn das Fachwerk nicht als »Balkenträger« von Stützpunkt zu Stützpunkt reicht, sondern wenn es als »Ausleger« oder Kragdach nur an seinem einen Ende befestigt ist, während das andere frei schwebt.

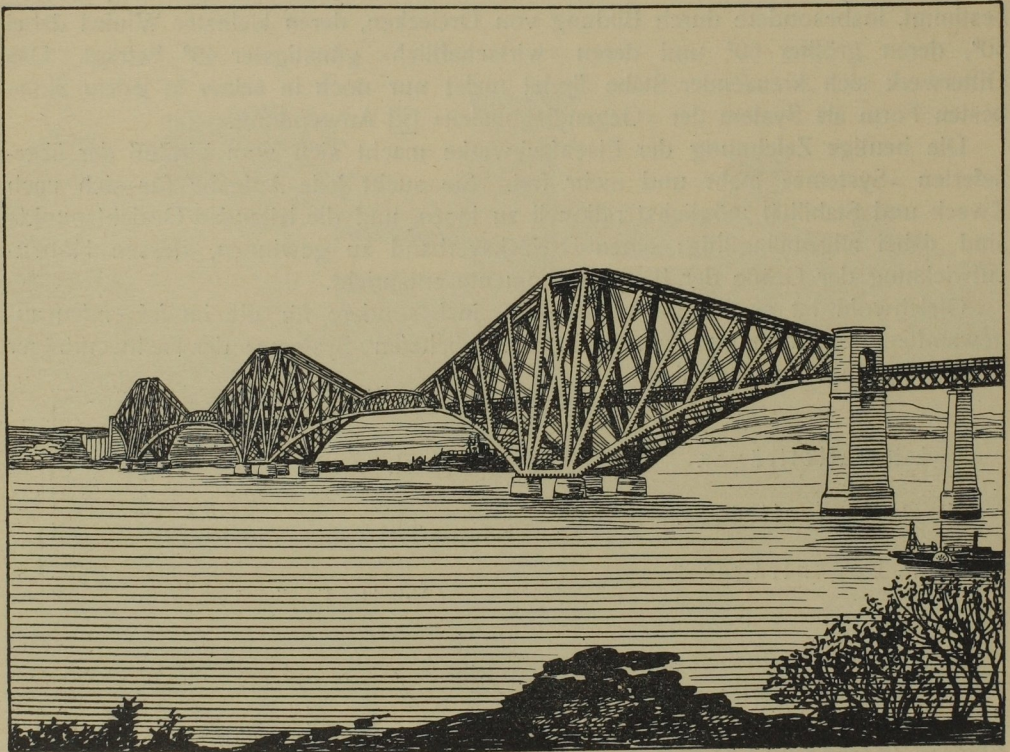
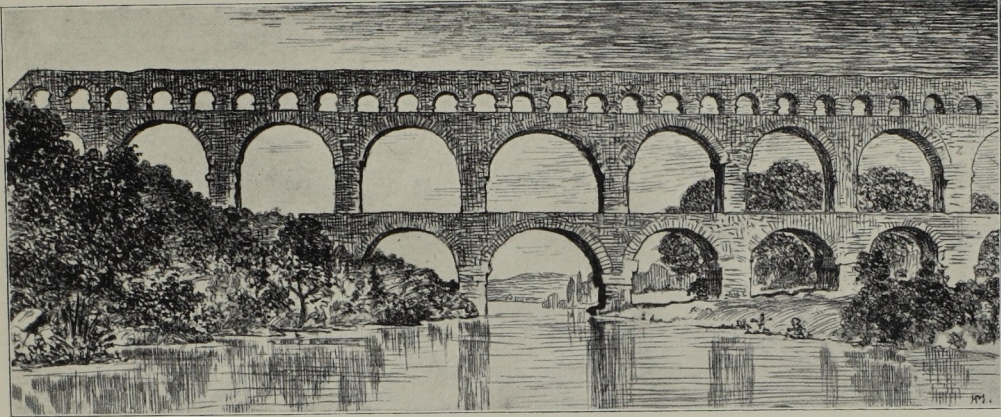


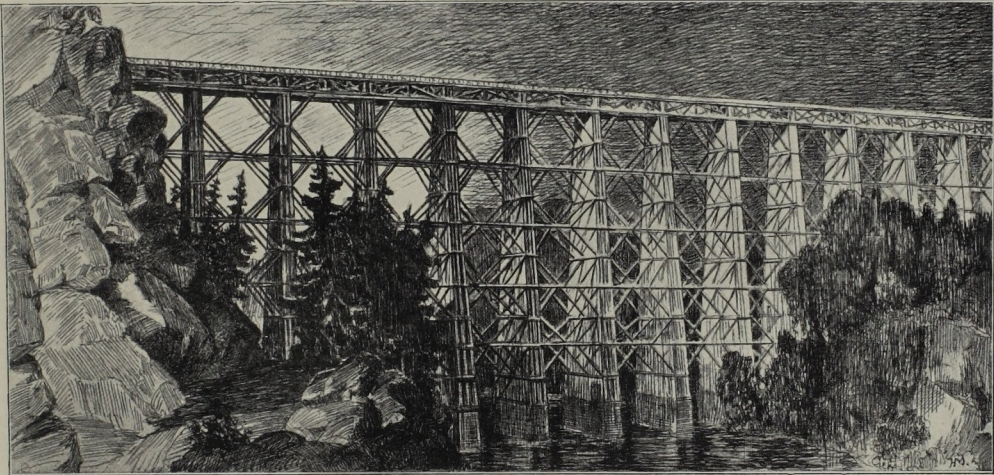
Abb. 12. Brücke über den Firth of Forth bei Edinburgh.

Die »Fachwerkträger« sind die Hauptglieder des heutigen Eisenbaues. Sie spannen sich als Brücken zwischen die Wege, als Decken mannigfachster Form über die Hallen, bilden Wände und steigen als Türme auf.

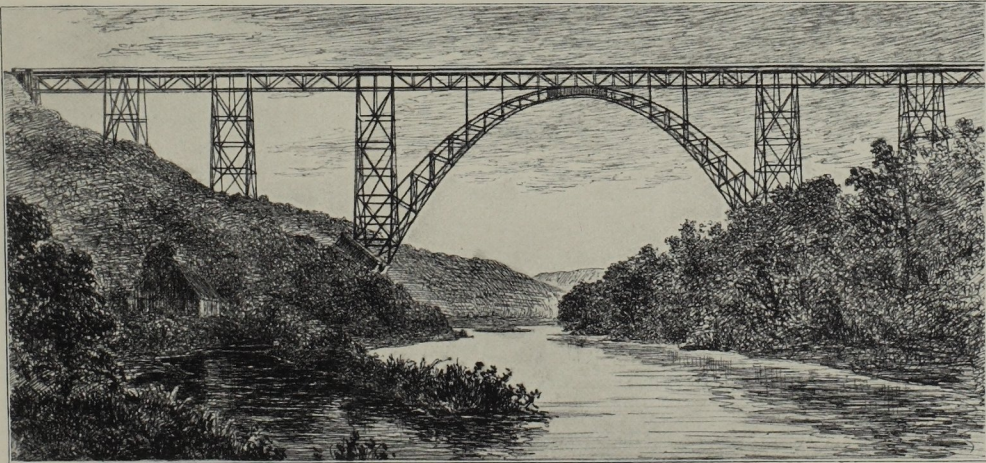
Auf der Kombination der Fachwerke beruht der »Gerüststil« des Eisens. Jeder einzelne Fachwerkträger selbst ist ein versteifter Rahmen. Wo er offen bleibt, kann das Auge die Überleitung der struktiven Kräfte auf die einzelnen Punkte unmittelbar verfolgen; wo er — was verhältnismäßig seltener geschieht — durch Bleche geschlossen wird, ist das struktive Gerüst noch als solches erkennbar.



Pont du Gard bei Nimes



Portage-Talbrücke der Erie-Eisenbahn



Talbrücke bei Müngsten

Das soll es in voller Klarheit auch im Totaleindruck des Bauwerkes bleiben, so groß immer die Zahl und der Maßstab der zu ihm verbundenen Fachwerke ist. Allein gerade die gewaltigsten Konstruktionen dieser Art genügen dieser stilistischen Forderung oft am wenigsten. Der Abstand der einzelnen Fachwerkglieder und der einzelnen Fachwerkssysteme voneinander wird da so groß — oder so klein —, daß sich der rhythmische Zusammenhang löst oder verwirrt; ein Beispiel ist die Forthbrücke (Abb. 12 u. Tafel I). Stilistisch ist dies ein Fehler. Aber die Natur des »neuen Stoffes« kommt gerade in der erstarrten Unruhe solcher Großkonstruktionen vielleicht am mächtigsten zur Geltung: sie ist gleichsam ein ungebändigter Rest des bewegten Urelementes, dem das Eisen seine Entstehung dankt.

* * *

Was die hier angedeuteten Unterschiede der Baustoffe für den *Baustil* bedeuten, läßt sich als Grundlage für alle späteren Erörterungen am unmittelbarsten an drei Großkonstruktionen zeigen, die für den gleichen Zweck und in annähernd gleichem Maßstab ausgeführt sind: dem *steinernen Pont du Gard* bei *Nîmes*, der *hölzernen Portage-Talbrücke* der *Erie-Eisenbahn* und der *eisernen Talbrücke* bei *Müngsten* (s. Tafel II).

Bei allen dreien handelt es sich um durchquerende Raumauffüllung; alle drei wollen diese nicht durch Vollwände bieten, sondern mit dem nur eben für die Überbrückung nötigen Materialaufwand. Der Steinbau muß dabei mit Mauern rechnen — für den Holz- und Eisenbau genügen Stäbe; dort durchbrochene Massen, hier offene Gerüste. Die Steingewölbe vermögen die gewaltige Höhe nur durch ein Übereinander von Bogensystemen auszufüllen: durch einen Stockwerkbau von Bogenreihen — die von vornherein in der Längsrichtung ausgedehnten Holz- und Eisenstäbe ragen vom Boden bis zur nötigen Höhe als ununterbrochene Einheiten auf: als turmartige, wagrecht verbundene Stützen der Fahrbahn. Bis dahin bleiben die beiden Holz- und Eisenbauten in ihrem gemeinsamen Gegensatz zum Steinbau einander prinzipiell gleich. Aber bei der Eriebrücke treten die turmartigen Stützen dicht aneinander und tragen die Fahrbahn allein — bei der Müngstener Brücke sind sie weit auseinander gerückt, und die Hauptaufgabe der Überbrückung löst ein einziges, zwischen den beiden inneren Stützen selbständig zu deren Höhe aufgewölbtes Bogengerüst.

Und nun vergleiche man die drei Gesamtbilder im Hinblick auf die dabei als Durchsichtigkeit wirkende Leichtigkeit, man prüfe die Linienverbindungen im ganzen und in den einzelnen Übergängen; man vergleiche Rhythmus und Tempo, in denen das strukturelle Leben pulsiert!

Unter allen diesen Gesichtspunkten offenbart der Eisenbau die in diesem Buch maßgebende Natur seines Stoffes, die Wirkung des rationellsten Baumaterials, das die konstruktive Aufgabe mit dem geringsten Volumen und auf dem kürzesten Wege am schnellsten löst. Bei allen drei Werken ist das Bauen ein Kombinieren von Kräften. Aber wie diese selbst, so ist auch die Art ihrer Verwendung eine grund-

sätzlich verschiedene. Bei der Steinbrücke ist es ein Formen, das Masse mit Masse homogen vereint; das hölzerne und eiserne Stabwerk wird zusammengestellt, es wird *konstruiert*. Die struktiven Kräfte verdichten sich gleichsam zu Kraft-*Linien*, und diese werden zu bestimmten *Punkten* hin- und zusammengeleitet.

Das ist weniger ein »Formen« als — ein »Verbinden«. Die rein verstandesmäßige Erwägung gewinnt größere Macht. Deren theoretische Tätigkeit ist in diesem Falle das Zerlegen und Summieren der Kräfte, also ein »Rechnen«. Bei jeder Eisenkonstruktion geht dieses dem »Bauen« voran.

