



Winckelmann Akademie
München

***Schriftenreihe der Winckelmann Akademie für
Kunstgeschichte München
Textbeitrag Nr. 20, Februar 2014***

www.winckelmann-akademie.de

Bauen mit Eisen

Die Verwendung von Eisen in der Architektur bis 1900

Prof. Dr. Helmut Lochbühler

Winckelmann Akademie für Kunstgeschichte München

Bis zum 18. Jahrhundert wurde Eisen in Europa bei Gebäuden ausnahmslos zur Sicherung der aus Stein errichteten Bauwerke verwendet. Eisen stand nur in geringen Mengen zur Verfügung und war entsprechend teuer, weil die Verhüttung von Eisenerz große Mengen Holzkohle als Brennstoff erforderte. Technisch war man bereits im 13. Jahrhundert durchaus in der Lage, auch größere Werkstücke – vorwiegend Eisenstangen – zu produzieren und zu bearbeiten. Bei der bautechnischen Sicherung und Sanierung der **Kathedrale von Amiens** durch Pierre Tarisel 1497 wurde nicht nur das äußere Strebewerk ergänzt, sondern auch ein **Ringanker** in den Boden des Triforiums eingebracht, der aus einzelnen, mehrere Meter langen Stangen bestand, die mit eisernen Splinten verbunden waren. Die Konstruktion der Splinte erlaubte ein Spannen des Ankers (Abb. 1).



Abb. 1 Amiens, Kathedrale, Ringanker im Mittelschiff, 1497

Zu Beginn des 18. Jahrhunderts wurde in England die Verwendung von Kokskohle beim Verhüttungsprozess eingeführt (**1709 Coalbrookdale**, Abraham Darby I), was die Produktionsmengen von Eisen ab 1740 stark ansteigen ließ. Das Eisen, das mit diesem technischen Prozess hergestellt wurde, war Roheisen und Gusseisen (Kohlenstoffgehalt >2,4 - 4%). Dieses Gusseisen ist spröde, nicht schmiedbar und hat einen geringeren Schmelzpunkt als schmiedbares Eisen. Es besitzt Druckfestigkeit aber weder Zug- noch Biegefestigkeit. Krupp konnte 1742 durch Einschmelzen von Roheisen und Schrott die Qualität verbessern (Pottgiesser U.).

1775-79 wurde die erste Eisenbrücke über den Severn bei Coalbrookdale errichtet (Abraham Darby III). Diese Brücke war eigentlich Teil einer Werksbahn, die mit Loren der Eisenhütte betrieben wurde. Die Brücke war aber auch gleichzeitig Demonstrationsobjekt für die neue Technik und wurde weltweit beachtet. Mit dem neuen Werkstoff Gusseisen wurde die Technik einer gemauerten Bogenbrücke imitiert. Es wurde ein einziger Segmentbogen mit fünf parallelen gusseisernen Rippen mit einer Spannweite von 30 Metern und 15 Metern Höhe errichtet (Abb. 2). Die Brücke war vom Material her überdimensioniert. Etwa 300 Tonnen Gusseisen wurden für die eher kleine Brücke verbaut. Es bildeten sich mit der Zeit trotzdem zahlreiche Risse, ohne dass die Brücke jedoch eingestürzt wäre (E. Werner).



Abb. 2 Coalbrookdale, Iron Bridge Brücke über den Severn, 1775-79

Der Brückenbau wurde in der Folgezeit das eigentliche Experimentierfeld des Ingenieurbaus mit Eisen. Bei der Brücke über den Dee setzte Stephenson irrtümlich zusammenschmiedete Trägereile ein (E. Werner). Die Brücke stürzte 1847 ein. Daraufhin wurden alle Brücken mit geschmiedeten Tragteilen abgerissen und die Gusseisen- und Schmiedeeisenteile durch Niete oder Bolzen verbunden. Das größte Unglück war der Einsturz der Tay Bridge 1879 bei einem Sturm. Es kamen 75 Passagiere ums Leben, als die Brücke unter dem Zug zusammenbrach. Gusseiserne Anschlussstücke an den Traverssträgern hatten dem seitlichen Winddruck nicht standgehalten und waren weggeknickt. Gleichzeitig ergab die spätere Untersuchung, dass Bauteile minderer Qualität verwendet worden waren, weil ein Teil

der Bauteile in provisorischen Schmelzöfen nahe der Baustelle produziert worden waren. Nach diesem Unglück, das in Europa ein ähnliches Medienecho wie 33 Jahre später der Untergang der Titanic hatte, wurden sämtliche Eisenbahnbrücken mit Gusseisenaufbauten erneuert und es wurde bei Brücken nur noch Walzstahl eingesetzt. Theodor Fontane veröffentlichte im Jahr des Unglücks seine Ballade "Die Brück' am Tay", in der er den Brückeneinsturz zum Thema machte.

Das Bessemer Verfahren 1855, das Siemens-Martin-Verfahren 1864 und das Thomas-Verfahren 1878 revolutionierten die Stahlerzeugung. Ein vorläufiger technischer Höhepunkt war die Entwicklung des rostfreien Stahls durch Krupp, der im Bau erstmals im Dachbereich des Empire State Buildings 1931 als Baumaterial eingesetzt wurde.

Der unumstrittene Liebling des 19. Jahrhunderts war allerdings Gusseisen. Karl Friedrich Schinkel entwarf Gartenmöbel aus Gusseisen (Abb. 3). Im Hausbau des Historismus "zierten" Gusseisenelemente. Wendeltreppen, Dachrinnen, Balkongeländer, Fenstergitter, Fußabstreifer und ganze Veranden und Wintergärten wurden komplett aus Gusseisen hergestellt. Die Stadtmöblierung griff zu gusseisernen Parkbänken, Gaslaternen und Toilettenhäuschen und alles mit entsprechendem Ornament.



Abb. 3 Karl Friedrich Schinkel, Gusseisenstuhl (Entwurf)
(Quelle: Vitra Design Museum)

In Philadelphia wurde erstmals eine gusseiserne **Hausfassade** erstellt. Auch New York besitzt Häuser mit gusseisernen und natürlich ornamentierten Fassaden. Diese Fassaden konnten sich jedoch nicht durchsetzen, da sie nicht korrosionsfest waren, und bei Bränden brachen die Fassaden zusammen. Bereits die Strahlungswärme eines brennenden Nachbarhauses genügte, damit die kritische Temperatur erreicht wurde, unter der Gusseisen seine Festigkeit verliert und quasi in sich zusammenbricht (John Maas).

Der bautechnische Wandel vollzog sich allerdings neben den technischen Konstruktionen zunächst auf zwei anderen Sektoren. Die Erfindung des mechanischen Webstuhls in Verbindung mit einem Wasserantrieb und später mit der durch Stephenson verbesserten Dampfmaschine machte den Bau von **Fabrikhallen** zur Aufnahme dieser Maschinen notwendig. Die Verwendung von schlanken Gusseisenstützen zunächst in Verbindung mit Holzbalkenauflage und zur Aussteifung voll ausgemauerten Wandscheiben war der erste Schritt zum modernen Fabrikgebäude. Im zweiten Schritt wurden die Holzbalken durch Eisenträger ersetzt, und mit Entwicklung der Eisen- bzw. Stahlskelettkonstruktion verschwand auch die tragende Wand. William Strutt war einer der Pioniere dieser Industriebauten (Nikolaus Pevsner). Schließlich erlaubte das Eisen- bzw. Stahlskelett den Einbau größerer Fenster, was beim Bau der ersten Kaufhäuser, wie im „Le Bon Marché“ in Paris, Anwendung fand, so dass die Waren entsprechend präsentiert werden konnten (Abb. 4).

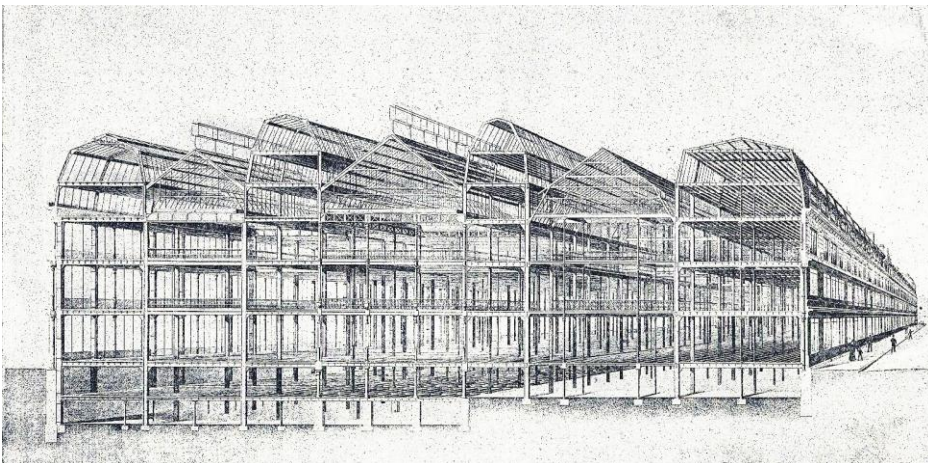


Abb. 4 Paris, „Le Bon Marché“, Stahlskelett des Kaufhauses

Diese Entwicklung wurde auch dadurch begünstigt, dass man die Gusseisenkonstruktion aus brandschutztechnischer Sicht zunächst für günstig erachtete, was ein fataler Fehler war.

Neben dem Fabrikbau hatte man seit dem 18. Jahrhundert in England mit der Konstruktion von Gewächshäusern mit einem Gusseisenskelett begonnen, die sich im 19. Jahrhundert größter Beliebtheit erfreuten und in Baukastensystemen vertrieben wurden. Aber es wurden auch Gewächshäuser mit großen Ausmaßen errichtet. Die Erfahrung dieses Gewächshausbaus mündete schließlich in die Konstruktion des sogenannten **Kristallpalastes** zur Weltausstellung 1851 in London durch Paxton. Paxton, der ursprünglich Gärtner in Chatsworth war, errichtete 1834 ein Gewächshaus in Chatsworth und 1836 in Zusammenarbeit mit Burton das große Treibhaus. Er übertrug beim Bau des Londoner Glaspalasts den kleinteiligen Modulbau seiner Gewächshäuser auf ein gigantisches Maß. Die Basis für die konstruktive Einheit war die größte technisch mit akzeptablen Kosten herstellbare Glasplatte. Die Größe eines Gusseisenteils lag fertigungstechnisch bei etwa fünf Metern Länge. Aus diesen Vorgaben wurden Bauteile vorgefertigt und fertig zur Baustelle transportiert, wo sie montiert wurden.

Noch immer bewegte man sich konstruktiv in einem Experimentierstadium, da erst allmählich annähernde statische Berechnungen möglich wurden. 1845 wurden von William Fairbairn Dreiecksfachwerke untersucht und 1851 entwickelten Polonceau und Wiegmann eine Theorie über Fachwerkträger, während Karl Culmann 1863 eine statische Berechnung von kreisrunden Dächern publizierte. Die statische Berechnung von Zwei- und Drei-Gelenkstützen war ab 1868 nach den Arbeiten von Schwedler möglich (Hertwig). Beim Glaspalast wurden die Bauteile auf der Baustelle durch die Belastung mit einer maximalen Personenzahl getestet, hierzu mussten praktischerweise die Arbeiter antreten.

Höhepunkte der Eisen-Glasarchitektur waren die "Galerie des Machines" und der Eiffelturm, die für die Weltausstellung 1889 in Paris zur 100-Jahrfeier der Französischen Revolution ausgeführt wurden. Die "**Galerie des Machines**" war die bis dahin größte freitragende Halle mit einer Spannweite von 110 Metern, errichtet aus Gusseisen. Ursprünglich war eine Konstruktion aus Walzstahlträgern geplant, die eine noch filigranere Konstruktion erlaubt hätte. Aus Kostengründen musste dieser Plan jedoch aufgegeben werden und der Bau wurde in dem preisgünstigeren Gusseisen ausgeführt. Charakteristisch für die Konstruktion waren Drei-Gelenkstützen,

die 1868 von Schwedler berechnet worden waren. Die Halle wurde in Kooperation von zwei französischen Metallbauunternehmen (Cail und Fives-Lille) errichtet. Die Drei-Gelenkstützen bestehen aus zwei bogenförmigen Fachwerkträgern, die beiderseits am Boden in einem beweglichen Gelenk auf einer feststehenden Rolle gelagert sind und am Scheitelpunkt über ein ebenfalls bewegliches Gelenk miteinander verbunden sind. Die beweglichen Verbindungen erlauben eine Kompensation der Ausdehnungskräfte bei Temperaturschwankungen. Diese Art der Lagerung wurde Standard für alle großen Eisen- und Stahlkonstruktionen (Brücken, Bahnhöfe, Hallen). Jede der beiden beteiligten Firmen brachte ihre eigene Montagetechnik zur Anwendung. Die eine Firma montierte zwei komplette vorgefertigte Stützteile mit einem speziellen Hebezeug, während die zweite Firma mehrere vorgefertigte Stützteile bei der Montage vor Ort schrittweise aneinander fügte.

Bei genauer Betrachtung entspricht der Drei-Gelenkbogen einem flachen gotischen Spitzbogen und unterliegt auch der Statik gotischer Bögen. Was die Statik der "Galerie des Machines" betrifft, so zeigen die Bilder der Montage und vor allem der Demontage (Abb. 5) eindeutig, dass die große Halle von einem äußeren Strebewerk gestützt wird, das in den wie Abseiten konstruierten kleinen Hallen (Abb. 6) verborgen ist, die an den beiden Längsseiten der Haupthalle errichtet sind. Dies erklärt auch, weshalb die Fundamente der Dreigelenkbögen minimiert werden konnten. Allerdings dürften die vier Lagen Backsteine auf den publizierten Zeichnungen nicht die ganze Wahrheit sein.

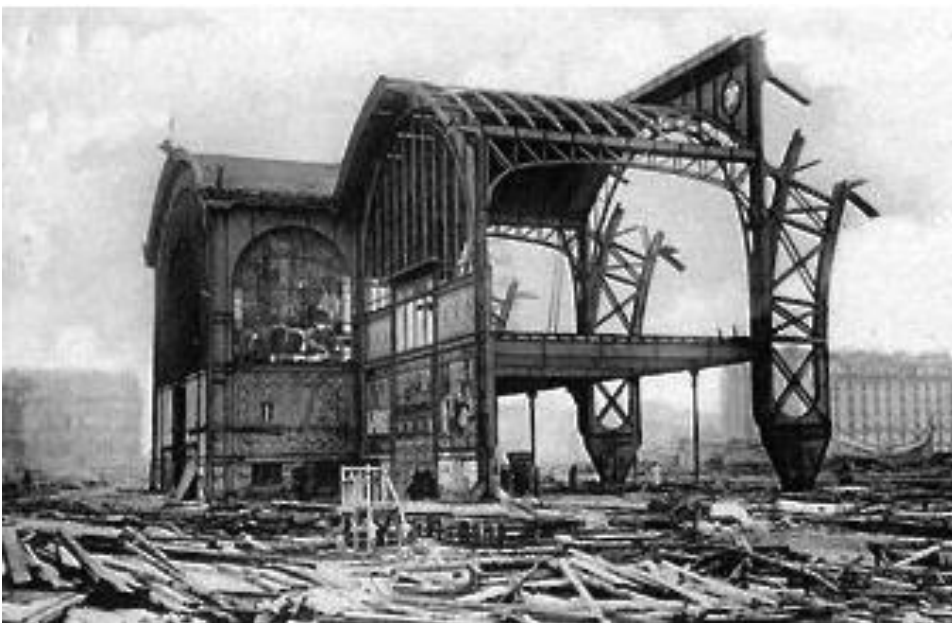


Abb. 5 Paris, Weltausstellung 1889, Demontage der „Galerie des Machines“

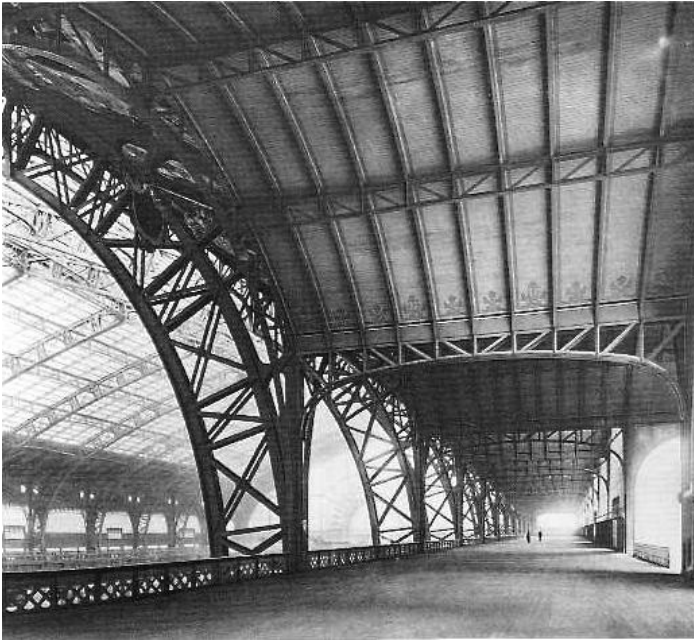


Abb. 6 Paris, Weltausstellung 1889, seitliche Anbauten an die Haupthalle der „Galerie des Machines“

Im Gegensatz dazu zeigt sich bei den Fundamenten des **Eiffelturms** die Erfahrung des genialen Brückenbauers Eiffel. Der Eiffelturm besitzt gigantische schrägliegende Fundamente, die dem sanften konkaven Bogen der vier Hauptstützen folgen. Eiffel hat also nicht nur die geschweifte Form der vier Eckstützen seinen Vorbildern aus dem Brückenbau entnommen, sondern auch die Fundamentgründung entspricht einem seitlichen Brückenfundament (Abb. 7).



Abb. 7 Paris, Weltausstellung 1889, Fundamente des Eiffelturms

Auch wenn die Hallenkonstruktion eine architektonische Sensation war, so war die eigentliche Sensation für das Publikum ein in der Haupthalle installierter, fahrbarer Kran, mit dem die Besucher durch die riesige Halle "schweben" konnten. Es ist dies das erste technische Fahrgeschäft und Vorläufer von Riesenrad, Achterbahn usw. (Abb. 8). Für die Innendekoration hatte man die renommiertesten Bühnenbildner von Paris engagiert, die die Halle mit einem überbordenden Dekor im Zeitgeschmack ausstatteten, das dem ubiquitären Gusseisendekor in nichts nachstand.



Abb. 8 Paris, Weltausstellung 1889
Fahrbare Besucherbühne in der „Galerie des Machines“

Die Technik des Eisen- und Stahlbaus im 19. Jahrhundert ist die Voraussetzung für die Entwicklung der Architektur der Moderne im 20. Jahrhundert.

Literatur

Königer, O.: Allgemeine Baukonstruktionslehre. Die Konstruktionen in Eisen, 6. verm. und umgearb. Aufl., Leipzig 1902 (Reprint-Ausgabe Hannover 1993)

Mass, J.: The Gingerbread Age. A View of Victorian America, Greenwich House, New York 1983

Pevsner N.: Wegbereiter moderner Formgebung von Morris bis Gropius, DuMont Verlag, Köln 1983

Pottgiesser U.: Geschichte der Tragkonstruktionen, Internetpublikation:

<http://tu->

[dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_architektur/ibad/master/studium/lehmaterialien/02_Gusseisen%20Schmiedeeisen%20Stahl.pdf](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_architektur/ibad/master/studium/lehmaterialien/02_Gusseisen%20Schmiedeeisen%20Stahl.pdf)

Hertwig, A.: Johann Wilhelm Schwedler. Sein Leben und sein Werk, Verlag Ernst u. Sohn, Berlin 1930

Werner, E.: Die eisernen Brücken, in: ICOMOS: Eisen-Architektur: Die Rolle des Eisens in der historischen Architektur der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, Bad Ems 1978, S. 33-39

Bildnachweis

Abb. 1

Kathedralen – Wunderwerke der Gotik, Regie: Christine LeGoff und Gary Glassman, ARTE France – Telefrance – CFRT – Providence Pictures Film – 2010, Standfoto

Abb. 2

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ironbridge_6.jpg?uselang=de

Abb. 3

<http://www.design-museum.de/de/sammlung/100-masterpieces/detailseiten/gartenstuhl-schinkel.html>

Abb. 4

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Le_Bon_March%C3%A9,_coupe_de_la_structure.jpg?uselang=de

Abb. 5

https://ixquick-proxy.com/do/show_picture.pl?l=deutsch&cat=pics&c=pf&q=Galerie+des+machines&h=220&w=340&th=103&tw=160&fn=1gal_mach6.jpg&fs=26.9%20k&el=boss_pics_2&tu=http:%2F%2Fts2.mm.bing.net%2Fth%3Fid%3DH.4765623955096613%26pid%3D15.1%26H%3D103%26W%3D160&rl=NONE&u=http:%2F%2Fparis1900.lartnouveau.com%2Fparis07%2Flieux%2Fla_galerie_des_machines.htm&uata=e56e1a5f2357fce48aa8f28c32dd7e25&rid=MHLNTPQLOKR&oiu=http:%2F%2Fparis1900.lartnouveau.com%2Fparis07%2Flieux%2Fgalerie_des_machines%2F1gal_mach6.jpg

Abb. 6

http://oud.digischool.nl/ckv2/romantiek/romantiek/eiffel/Parijs%201889_files/Image449.jpg

Abb. 7

https://ixquick-proxy.com/do/show_picture.pl?l=deutsch&cat=pics&c=pf&q=Tour+eiffel+maconnerie&h=162&w=220&th=117&tw=160&fn=220px-Les_fondations_de_la_Tour_Eiffel%252C_ma%25C3%25A7onneries.jpg&fs=9.5%20k&el=boss_pics_1&tu=http:%2F%2Fts2.mm.bing.net%2Fth%3Fid%3DH.4861547743349389%26pid%3D15.1%26H%3D117%26W%3D160&rl=NONE&u=https:%2F%2Ffr.wikipedia.org%2Fwiki%2FTour_Eiffel&uata=74700a2852108e3a4bd8fa00bae571bb&rid=MDLNTMPQ NMTM&oiu=https:%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fthumb%2F3%2F36%2FLes_fondations_de_la_Tour_Eiffel%252C_ma%25C3%25A7onneries.jpg%2F220px-Les_fondations_de_la_Tour_Eiffel%252C_ma%25C3%25A7onneries.jpg

Abb. 8

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Galerie_des_machines._Les_ponts_roulants.jpg