

## ENTWICKLUNGSSTRUKTUREN DER EISENARCHITEKTUR IM 19. JAHRHUNDERT VOM BRÜCKENBAU ZUM HALLENBAU

Burkhard Bergius

Die Eisenarchitektur des 19. Jhs. ist nicht durch einen gradlinigen Entwicklungsverlauf gekennzeichnet. Ihre Realisierungsmöglichkeiten waren gebunden an die ökonomischen und technischen Voraussetzungen, die im Laufe des Jahrhunderts etlichen Schwankungen ausgesetzt waren und länderspezifisch bedeutende Unterschiede aufwiesen. Absicht dieses Beitrages ist es, eine schwerpunktmäßige Übersicht der spezifischen Entwicklungsstrukturen vor dem Hintergrund ihrer eigenen Bedingtheiten aufzuzeigen.

### Bedingungen, Abhängigkeiten

Die historische Entwicklung der Eisenarchitektur als die bedeutendste und typischste Erscheinungsform des Bauens im 19. Jh. ist von einigen wesentlichen Komponenten abhängig:

1. dem ökonomischen und technischen Entwicklungsverlauf der Industrialisierung infolge der von England ausgehenden industriellen Revolution,
2. der qualitativen und quantitativen Verbesserung der Eisenproduktion,
3. der Verwissenschaftlichung der statischen Berechnungsmethoden, bezogen auf das neue Konstruktionsmaterial Eisen,
4. dem Aufkommen neuer Bauaufgaben.

### Industrialisierung

Der Prozeß der fortschreitenden industriellen Revolution war Basis für einschneidende Veränderungen in der Produktionsweise seit dem ausgehenden 18. Jh.. Mechanisierung der Produktion, Steigerung der Industrieprodukte, Bevölkerungskonzentration in den Städten, zunehmende Verkehrsprobleme sind einige der bestimmenden Faktoren, die im 19. Jh. ökonomische, soziale und kulturelle Umwälzungen, neue Entwicklungen auslösten. Als Folge der allgemeinen Industrialisierung und der damit zusammenhängenden technischen und wissenschaftlichen Neuorientierung der Produktion erhielt auch das Bauen neue materiale Grundlagen. Durch das infolge wesentlicher Verbesserungen der Produktionsverfahren in größeren Mengen herzustellende Eisen trat ein Material in den Vordergrund, auf dessen Bedeutung schon kurz nach der Jahrhundertwende der französische Chemiker Fourroy euphorisch hinwies: "Die Verarbeitung des Eisens in seinen verschiedenen Fortschritten der Perfektionierung markiert genau den Fortschritt der gesamten Zivilisation." Das Eisen als neues konstruktives Baumaterial nahm im Laufe des 19. Jhs. eine zunehmend dominierende Stellung im Bauwesen ein, indem es neue qualitative Maßstäbe auf dem Gebiet der Baukonstruktion und der architektonischen Erscheinungsform setzte. Es blieb jedoch nicht nur imitativ Ersatzbaustoff für die bislang gebräuchlichen Bauweisen in Stein und Holz. Das Eisen war vielmehr der erste neue Baustoff, der aufgaben- und formverändernd zugleich in die traditionelle Architektur eingriff. Denn durch den als speziellen Baubereich entstehenden Eisenbau waren die Voraussetzungen gegeben, auf der Grundlage wissenschaftlich-technischer Baumethoden neue Bauaufgaben entsprechend den sich verändernden Ansprüchen zu realisieren.

### Ästhetik und Technik

Je deutlicher sich eine konstruktionsorientierte Entwicklung in der Architektur abzeichnete, desto dringender stellte sich die Frage nach der gestalterischen Konsequenz. Begleitet werden die neuen Tendenzen der Baupraxis daher folgerichtig von theoretischen Auseinandersetzungen wie z.B.

- der Notwendigkeit einer rationalistischen Begründung der Ästhetik,
- dem Konflikt zwischen Architekt und Ingenieur, zwischen Historismus und Rationalismus.

Jene grundlegenden Veränderungen der Bautechnik durch die neuen konstruktiven Möglichkeiten des Eisens gerieten zwangsläufig in Widerspruch zu den bisherigen Gestaltungsprinzipien; überlieferte Architekturtheorien wurden in Frage gestellt.

Schon im frühen 19. Jh. vertrat z.B. Henri Labrouste, eine der wenigen Ausnahmen unter den Architekten, die sich mit der technologischen Entwicklung im Bauen konsequent auseinandersetzten, 1830 die Auffassung "...daß in der Architektur die Form stets der Funktion entsprechen muß, für die sie bestimmt ist". Weiterhin war er der Überzeugung, daß der gestalterische Ausdruck mit der materialbezogenen Konstruktion zu erreichen sein müsse.

Argumentationen von erheblicher Tragweite wie diese blieben nicht ohne Resonanz. Das Jahrhundert hindurch wurden auf Grund berechtigter Zweifel an der Gültigkeit der klassischen Schönheitsdoktrin Diskussionen geführt über die Frage nach einem "neuen Styl", die von Hübsch im Jahre 1828 ausging, weiterhin über die Vorrangigkeit von Form und Inhalt, über die von Bötticher 1844 geprägte Differenzierung von "Kernform" und "Kunstform", um nur einige Beispiele dafür zu nennen, wie eine neue rationale Basis der Architekturästhetik als wesentliche Bedingung für die erstrebte Erneuerung des Bauens angesehen wurde.

Zunehmend beeinflusst waren diese architekturtheoretischen Auseinandersetzungen von der Arbeitsteilung zwischen Architekt und Ingenieur. Sie vollzog sich erstmalig im 19. Jh. infolge der vom Eisenbau ausgehenden Notwendigkeit zur beruflichen Spezialisierung im technisch-wissenschaftlichen Bereich. Die damit verbundene Unterscheidung von Architektur und Ingenieurbau bedeutete zu jener Zeit gleichzeitig die Trennung zwischen Kunst und Wissenschaft.

### Konstruktion und Berechnung

Während der Architekt weiterhin die künstlerische Gestaltung als seine primäre Aufgabe begriff, war der Ingenieur gezwungen, entsprechend der sich verändernden Bauproduktion durch das Eisen den konstruktiven Teil des Bauens zu übernehmen. Es galt daher, die zunehmenden technischen Probleme, welche die neuen Bauaufgaben stellten, durch wissenschaftlich fundierte Berechnungstheorien zu lösen und in die Baupraxis umzusetzen. Seit der Begründung der modernen Baustatik, der Bemessung der konstruktiven Bauteile durch die 1826 in Frankreich und 1851 in Deutschland veröffentlichte "Mechanik der Baukunst" von Navier, entwickelte sich dieses Gebiet zu einem selbständigen Zweig des Bauwesens. Ihren gleichrangigen Anspruch, den die Statik gegenüber der Architektur erhob, dokumentiert beispielhaft ein Ausspruch des Ingenieurs Schwedler um 1865: "Die Konstruktion ist das Resultat der Wissenschaft; sie ist die Wahrheit am Bauobjekt". So wie die Geschichte der Eisenkonstruktion einerseits die Geschichte einer neuen Architekturästhetik ist, so ist sie andererseits auch die Geschichte des bedeutendsten Abschnittes der Statik.

### Material, Konstruktion, Bauaufgabe

Jene kurz umrissenen Bedingungen, Abhängigkeiten und Auseinandersetzungen sind nicht nur Randerscheinungen, sondern maßgebende Teilaspekte der Entwicklungsstrukturen der Eisenarchitektur. Sie weisen auf die materiellen wie theoretischen Veränderungen hin, auf denen die für das 19. Jh. typischen Ergebnisse dieser Architektur beruhen. Vor diesem Hintergrund lassen sich die Strukturen der Entwicklung durch weitere Aspekte an Hand der speziellen architektonischen Erscheinungsformen in ihrer zeitlichen Dimension verdeutlichen. Die

Grundlage für die Bestimmung der wesentlichen Entwicklungsschwerpunkte in ihrem periodischen Verlauf bilden drei Kriterien, die sich wechselseitig bedingen:

1. Das Material mit seinen unterschiedlichen konstruktiven Eigenschaften,
2. die Konstruktion als die unter den Voraussetzungen des Materials veränderte Realisierungsbasis,
3. die Bauaufgabe, orientiert an neu aufkommenden funktionalen Bedürfnissen; in ihrem baulichen Ergebnis die Folge der Konstruktion.

### Gußeisen

Zunächst war bis zur Jahrhundertmitte das Gußeisen das vorherrschende Material, das aufgrund seines spröden Gefüges nur dort konstruktiv angewandt werden konnte, wo es galt, hohe Druckkräfte zu übertragen. Formbestimmend waren daher im Brückenbau wie im Hochbau die Bogenkonstruktionen, bestehend aus stabförmigen Rippen oder aus zusammengesetzten Segmentbauteilen. Eine schematische Übersicht veranschaulicht diese Dominanz in der ersten Hälfte des 19. Jhs., an deren Stelle später die Balken- und Bogenfachwerkkonstruktionen aus Schmiedeeisen traten. Die wesentliche Bedeutung der Brückenkonstruktion von Coalbrookdale besteht in der Erkenntnis, daß es möglich war, ein Bauwerk vollständig aus Gußeisen herzustellen. Den positiven Ausgang dieses ersten Versuches, die herkömmlichen Holz- und Steinbauweisen vorerst zu ersetzen, belegt die daraufhin verstärkte Verwendung des Eisens im Brückenbau mit den daraus folgerichtig resultierenden Auswirkungen auf die Hochbaukonstruktion, auf die Architektur.

Beispiele vergleichbarer Konstruktionsweisen sind im Brückenbau:

Coalbrookdale Brücke	1775 - 79
Sunderland Brücke	1793 - 96
Laasan Brücke	1794 - 96
Kupfergrabenbrücke, Berlin	1797
Chepstow Brücke	ca. 1800
Pont des arts, Paris	1803
Aberdare Brücke	1811

Diese Brückenkonstruktionen waren Ausgangsbasis für die ersten eisenen Dachbinder im Hochbau. Da sie unverkleidet sichtbar blieben, bildeten sie ein neues gestalterisches Element von technischer Prägung, wie folgende Beispiele an verschiedenen Bauaufgaben zeigen:

Getreidehalle, Paris	1811 - 12
Stanley Mill, Stonehouse	1813
Gießereihalle von Sayn	1824 - 30
Dianabad, Wien	1841 - 43
Bibliothèque Ste. Geneviève, Paris	1844 - 50
Börse, Antwerpen	1851
Markthalle, Lyon	1858 - 59

### Schmiedeeisen

Erst durch die Einführung des im Walzverfahren formbaren Schmiedeeisens seit den 30er Jahren konnte die Eisenkonstruktion in ihre bedeutende Entwicklungsphase eintreten. Aufgrund seiner besseren Materialeigenschaften, der Zug- und Biegefestigkeit war das Schmiedeeisen dem Gußeisen weit überlegen und verdrängte es in zunehmendem Maße aus dem Bereich der Spannerkonstruktionen. Zwar wurden schon Ende des 18. Jhs. Dachkonstruktionen aus bogenförmigen schmiedeeisernen Flachstäben erstellt, wie z.B. 1786 das Dach des Théâtre Français in Paris mit einer

beachtlichen Spannweite von 24 m. Der entscheidende Durchbruch erfolgte jedoch erst mit der Produktion von Walzprofilblechen und im besonderen von T-Profilen seit 1830 sowie von I-Trägern seit 1845. Mit geringerem Materialaufwand konnten nun Tragwerke von größerer Spannweite ausgeführt werden. Vollwandige Bogenbinder aus Walzprofilen kamen Mitte des Jahrhunderts im Brückenbau und im Hochbau zur Anwendung, wie z.B.

Ouse Bridge bei Lendal	1860
Severn Bridge-Albert Edward	1862
Paddington Station, London	1848
Kristallpalast, Amsterdam	1857
Neue Markthalle, Derby,	1865

### Fachwerkkonstruktionen

Unter dem Einfluß der materialbedingten Veränderung, der neuen Möglichkeiten durch das Schmiedeeisen, trat gleichzeitig das Konstruktionsprinzip des Fachwerks in den Vordergrund. Es verbesserte nicht nur die Anwendungsmöglichkeiten der Eisenkonstruktion, sondern stellte sie auf eine qualitativ höhere Ebene. Mit der zunehmenden Anwendung des Fachwerks ist die wichtigste Periode in der Entwicklung der typischen Eigenständigkeit der Eisenkonstruktion charakterisiert. Das Eisenfachwerk ist eine konstruktive Weiterentwicklung der traditionellen Holzstabkonstruktionen mit besonderer wirtschaftlicher Komponente infolge des geringstmöglichen Materialbedarfs.

Schon in der ersten Hälfte des 19. Jhs. wurden verschiedene Fachwerkssysteme auf empirischer Grundlage durch Navier, Long und Howe vereinzelt im Brückenbau erprobt. Das früheste Beispiel dafür ist die von Bruyère 1808 ausgeführte kleine Brücke in St. Denis. Die eindeutige Überlegenheit des Fachwerks gegenüber allen anderen Konstruktionsarten wurde jedoch erst mit der 1851 veröffentlichten Fachwerktheorie von Schwedler und Culmann begründbar.

Damit war die Voraussetzung geschaffen, dieses statisch, wirtschaftlich und konstruktiv optimale System im Brückenbau wie auch speziell im Hochbau in verstärktem Maße anzuwenden und so vervollkommen. Neben den Hängewerkkonstruktionen für Dächer, die ebenfalls in den 30er Jahren, z.B. von Wiegmann und Polonceau entwickelt wurden, nahmen vor allen Dingen die Ständer- und Strebenfachwerke in Form von Balken- und Bogenbindern seit Mitte des 19. Jhs. jene eindeutig dominierende Stellung ein, welche die Eisenarchitektur von nun an charakterisiert. Zunächst mögen einige schematische Übersichten die große Vielfalt der im Brückenbau verwendeten Fachwerkssysteme verdeutlichen, deren Auswirkungen auf den Hochbau nicht ausblieben.

Als ausgeführte Beispiele wären zu nennen:

Brücke bei St. Denis	1808
Mythe Bridge bei Tewkesbury	1823 - 26
Great Bridge, St. Louis	1871
Maria Pia Brücke bei Porto	1879
Rheinbrücke bei Koblenz	1879

Das Eisenfachwerk als formbestimmende Konstruktion erreichte seinen Höhepunkt in den 60er Jahren durch die Entwicklung des Gelenkträgers und des Dreigelenkbogens. Dadurch konnten erheblich größere Spannweiten erzielt werden. Im Hochbau waren sie Voraussetzung für die stützen- und wandfreie Großraumhalle mit flexiblen Nutzungsmöglichkeiten.

Daß die Entwicklung der Eisenkonstruktion (der Tragwerke und Systeme) ihren Anfang im Brückenbau hatte, ist aufgabenbedingt und kein Zufall. Die ersten Konstruktionen und insbesondere die dargestellte Vielfalt

der Fachwerke als Grundsatzsysteme weisen deutlich darauf hin, wie gerade dieser Baubereich das gesamte 19. Jh. hindurch das große Experimentierfeld für die Erprobung der technischen Möglichkeiten gewesen ist. Charakterisiert durch die Überwindung zunehmender Spannweiten: Es begann 1779 bei 30 m und endete 1890 mit 521 m (Firth of Forth Bridge). Dagegen erscheinen die erreichten Spannweiten im Hochbau gering: Zu Beginn 1786 waren es 24 m (Théâtre Français), die Grenze ist 1893 mit 112 m erreicht (Industriegebäude der Weltausstellung Chicago).

Die Spannweitenrelation ist jedoch nicht der geeignete Maßstab, mit dem die Beziehung des Brückenbaus zur Architektur gemessen werden kann. Es wäre auch sehr verkürzt zu meinen, der Eisenbrückenbau hat einen direkten, absoluten Einfluß auf die Entwicklung der Eisenarchitektur. Im Brückenbau wurden die Grundsatzkonstruktionen erprobt und damit die Voraussetzungen geschaffen, die für viele Bereiche der Architektur neue Realisierungsmöglichkeiten erschlossen. Vor allem gehen vom Brückenbau die wesentlichen Erkenntnisse der Statik aus und werden für Bauaufgaben der Architektur genutzt. Nicht Form und Inhalt des Gebauten treten hier den Vergleich an, sondern die Funktion der Konstruktion bezogen auf die jeweilige Bauaufgabe.

#### Bauaufgabe

Stellt der Brückenbau eine in sich geschlossene, nutzungsbegrenzte Bauaufgabe dar, so ist der Hochbau die Summe vieler unterschiedlicher Teilaufgaben mit differenzierten Bedingungen, Nutzungsansprüchen und Funktionen. Das Eisen griff zwar in fast alle Aufgabenbereiche der Architektur konstruktiv ein, jedoch waren die seit der Jahrhundertmitte sich neu konstituierenden Bauaufgaben des Hallenbaus die Schwerpunkte seiner konsequenten Anwendung. In steigendem Ausmaß werden hier die materialtypischen Konstruktionssysteme zur entscheidenden Grundlage, den Ansprüchen der neuartigen Gebäudetypen zu entsprechen: den Markthallen, Bahnhofshallen, Produktionshallen und Ausstellungshallen. In ihnen dokumentiert sich die Eigenständigkeit der Eisenarchitektur am deutlichsten. Ihren Höhepunkt erreicht sie in dem seit 1851 mit hohem Aufwand betriebenen Ausstellungsbau. In den überwiegend temporären Ausstellungshallen der vielzähligen Industrie- und Weltausstellungen boten sich die geeigneten Möglichkeiten, die Eisenarchitektur experimentell zu erproben, um die daraus gewonnenen Erfahrungen bei Gebäuden für permanente Nutzungen anzuwenden. Die für die Eisenarchitektur typische Verwendung großflächiger Verglasungen in Dach- und Wandbereichen fand bei den Ausstellungshallen, abgesehen von Gewächshäusern, ihre größte Konsequenz. Mit Auflösung der Masse durch die rationale, sparsam dimensionierte Konstruktion, ergänzt durch das Glas als Außenhaut, waren traditionelle Raumvorstellungen überwunden zugunsten einer erstmalig uneingeschränkten Transparenz des Raumes. Der Kristallpalast von 1851 war Anfang und Prototyp zugleich für diese neue einflußreiche Raumdimension.

Abschließend seien hier noch einige charakteristische Beispiele für diesen Bauaufgabenaspekt der Eisenarchitektur genannt:

Kristallpalast, London	1851
Kristallpalast, New York	1853
Kristallpalast, München	1854
Zentralmarkt, Paris	ab 1853
Industriepalast, Paris	1855
St. Pancras Station, London	1863 - 65
Bibliothèque Nationale, Paris	1854 - 57
Retortenhaus, Berlin	1863
Maschinengalerie, Paris	1878
Galerie des Machines, Paris	1889

Die Eisenarchitektur ist das wesentlich Neue im Bauen des 19. Jhs. auf der Grundlage von Material, Konstruktion und Bauaufgabe, charakterisiert durch die Auflösung der Masse. Ihre historische Bedeutung kann an dem direkten Einfluß auf das Bauen im 20. Jh., auf die Gegenwart gemessen werden. Analysen ihrer Bedingungen und Erscheinungsformen dienen der Einschätzung der Situation gegenwärtiger Bauaufgaben, wie auch gleichermaßen der historischen Würdigung dessen, was von ihr noch erhalten ist.