

Guss im Bau

Autor(en): **Bärtschi, Hans-Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG**

Band (Jahr): **75 (2003)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-378371>

Nutzungsbedingungen

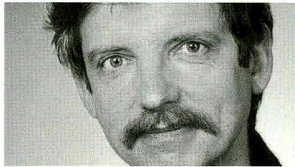
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

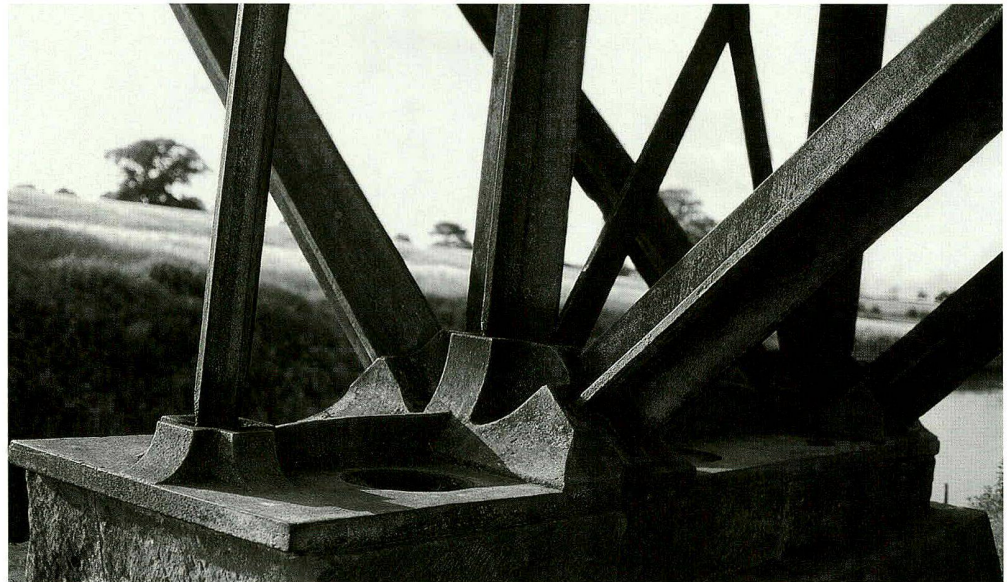
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Guss im Bau



Longdon-on-Tern, Aquädukt 1795, Fundamente.

Dr. Hans-Peter Bärtschi, Winterthur

Dr. sc. Techn., dipl. Arch.
ETH, 1979 Gründer von
ARIAS-Industriekultur:
Bestandsaufnahmen und
Erhaltung von industrie-
kulturellen Gütern –
Maschinen, Bauwerke,
Archivalien.

Das Ziel, rein gusseiserne Bauten zu konstruieren, forderte die Ingenieure im letzten Viertel des 18. Jhs. zu Höchstleistungen heraus. 1777 bis 1805 entstanden erste derartige Konstruktionen für Brücken, Aquädukte und für Tragkonstruktionen von Hochbauten. Das teure Gusseisen erwies sich jedoch ebenso wie die traditionellen Baumaterialien als nicht feuersicher. Es fand fortan untergeordneten Einsatz in Mischbauten oder für Bauwerke aus Zierguss. Gusseiserne Bauteile wurden ab den 1970er Jahren wieder vermehrt in Konstruktionen für Raumtragwerke eingesetzt.

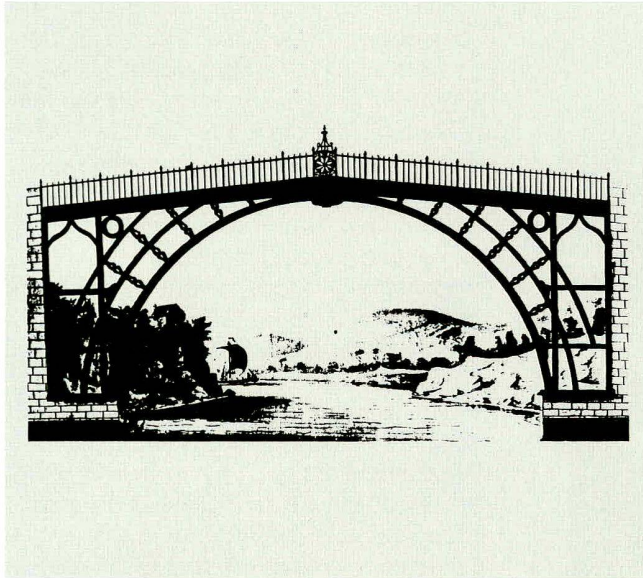
Abgrenzung des Themas

Die Dominanz von Gusseisen für einzelne Vorhaben beschränkt sich historisch auf die wenigen Jahrzehnte der ersten Periode der industriellen Revolution.¹ Diese These zu erläutern bedarf einiger Abgrenzungen. Eisen, auch Gusseisen, hat in seiner Verwendung als Zug-, Verbindungs- und Stützelement im Bauwesen eine lange Tradition, die bis heute andauert.² Die Bemühungen, Holz und

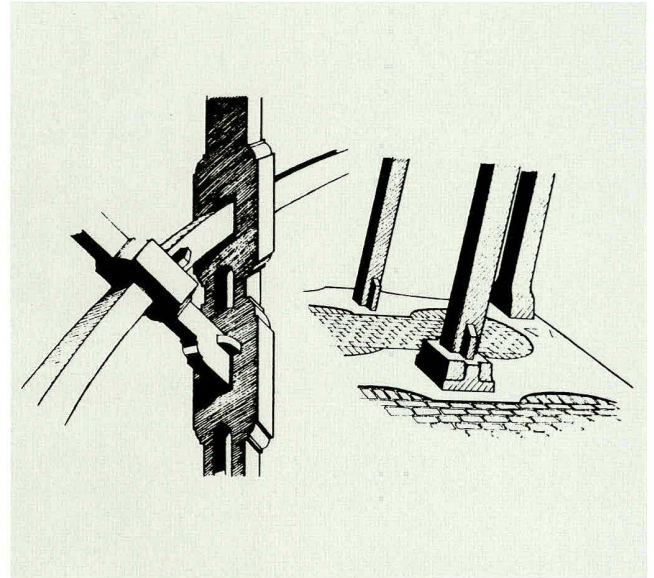
Stein als Material systematisch durch Gusseisen zu ersetzen, können zeitlich eingegrenzt werden: Es gibt einen lokalisierbaren Beginn und ein Ausklingen des Anspruchs, Nutzbauten ganz aus Gusseisen herstellen zu wollen. Auch sind Grenzen der Verbreitung dieser Bauweise dort festzustellen, wo wenig lokale Eisenverhüttung stattfand und der Transportschutz bis zum Zusammenschluss der Bahnnetze die Holz- und Steinverarbeitung begünstigte. Ein Ende des Einsatzes von Gusseisen im Bau hingegen kann nicht postuliert werden – einmal industriell eingeführt, behauptete es sich für Spezialanwendungen neben immer neuen Konstruktionsmaterialien wie stählernen Walzträgern, Eisenbeton oder Aluminiumbauteilen.³

Erste rein gusseiserne Bauten: Ironbridge 1779, Tern-Aquädukt 1795

Den inzwischen weltweit bekannten Begriff Ironbridge gab es als Ortsbezeichnung vor der Gründung des Iron Gorge Trust Museums nicht.⁴ Die Geburtsstätten der modernen Schwerindustrie heissen vielmehr Coalbrookdale, Coalport, Madeley oder Jackfield. Sie liegen



Ironbridge 1777, Fundamente.



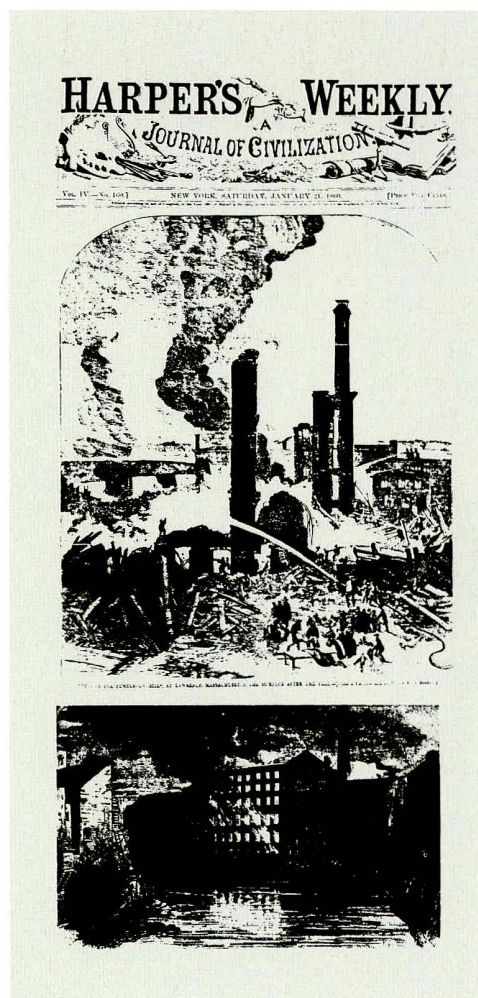
Ironbridge, Gusseisenverbindungen.

am Severn-Fluss und in zwei Seitentälern. Um diese Orte verkehrstechnisch besser miteinander zu verbinden, wurde eine neue Strasse erbaut, die über die ab 1777 gegossene, weltweit erste reine Eisenbrücke führt. Die filigrane Rundbogenbrücke war nur das symbolträchtigste Produkt der bedeutenden Innovationen, die in dieser Gegend gemacht wurden. Bis ins 17. Jh. war auch in England allein das Erzschnelzen mittels Holzkohle bekannt. Dies dezimierte die Wälder derart, dass es zu einer Brennstoffkrise kam. Die Gegend der Eisenbrücke war reich an Eisenerz, Kalk, verarmten Bauern – und Steinkohle.

Die neuartige Metallurgie auf dieser Basis ist von drei Generationen der Familie Darby entwickelt worden.⁵ 1708 übernahm der Giesser Abraham Darby aus Bristol den Hochofen von Coalbrookdale, den er mit Steinkohle betrieb. Die tiefer werdenden Gruben erforderten zur Wasserhaltung und Förderung Dampfmaschinen, lange bevor James Watt seine doppelwirkende Maschine patentieren liess. So kam eins zum andern. Darby war im Stande, hervorragende

Dampfzylinder zu giessen. Um 1750 gelang es seinem gleichnamigen Sohn erstmals, Eisenerz mit Koks zu reduzieren, um so eine kohlenstoffärmere Eisenqualität zu erzielen.⁶ Bis gegen 1800 blieb Coalbrookdale Britanniens wichtigster Ort für Eisenerzeugung, und die Gegend Richtung Osten entwickelte sich mit ihren vielen weiteren erfolgreichen Eisenhütten zum Black Country. Hier machte man auch früheste Versuche mit eisernen Schienen, die die hölzernen ersetzten, also mit Eisenbahnen, und ab 1804 mit Dampflokomotiven.

In dieser Eisenverarbeitungstradition stand der Bau der ersten vollständig aus Eisen bestehenden Brücke der Welt. Neuere Forschungen gehen davon aus, dass das Eisen in Coalbrookdale vorgegossen und mit kleinen Öfen am Flussufer in die insgesamt 378 Tonnen schweren Skeletteile der Brücke vergossen wurde. Neben Abraham Darby III wirkte der Architekt Thomas Farnolls Pritchard am Entwurf mit. Die Verbindungstechnik entnahm er dabei dem traditionellen Holzbau: Die Gusssteile sind mit Keil- und Schwalbenschwanzverbindungen



Frühe Fabrikbrände.

gefügt. Zum 200. Geburtsjahr der Brücke wurde sie 1977 Gussteil für Gussteil zerlegt und saniert auf neuen Fundamenten wieder montiert.⁷

Bei einer weiteren Baulichkeit des Verkehrswesens stellte man sich der Herausforderung, ausschliesslich Eisen zu verwenden. 1795 wurde der Steinbogen-aquädukt des Shrophire-Schiffkanals Opfer einer Überschwemmung. Der damalige Verkehrsingenieur Thomas Telford setzte sich zum Ziel, eine neue schlanke Konstruktion hochwassersicher aus Eisen zu erstellen. Er konnte nachweisen, dass diese dank des neuartigen Materials 2 000 Pfund Sterling billiger käme als ein Steinaquädukt.⁸ Das filigrane, gusseiserne Stückwerk setzte er teilweise auf die Fundamente des Vorgängerbaus. Auf die Widerlager und Stützen stellte er den 57 Meter langen und 2 Meter breiten Eisentrog aus gewalzten Platten, dessen Gewicht wesentlich geringer war als dasjenige eines steinernen Aquäduktes. In der Fugendichtigkeit war das

Eisenbauwerk gleichwertig mit den Steinverbindungen. Der wohl älteste Schiff-fahrtsaquädukt aus Eisen steht heute isoliert als Denkmal über dem Tern.

Mischkonstruktionen – der Rückgriff auf Steine als Baumaterial

Interessanterweise nahm Thomas Telford schon bei seinem nächsten grossen Schifffahrtsaquädukt den Anspruch, ausschliesslich Eisen zu verwenden, zurück. Die eisernen Tröge hatten sich in Longdon-Tern zwar seit 1796 bewährt, gusseiserne Stützkonstruktionen schienen ihm jedoch für die anvisierten grossen Talquerungen zu aufwändig zu sein. Das 307 Meter lange und bis zu 39 Meter hohe Bauwerk über den River Dee bei Llongollen erhielt Steinpfeiler.⁹ Für die bogenförmige Kräfteabtragung der Tröge auf die Pfeiler setzte er Gusseisen ein. Die eisernen Wassertröge zwischen den Pfeilern sind je 16 Meter lang und mit dem einseitigen Treidelweg 3,6 Meter breit. Das 1805 vollendete eindrucksvolle Aquädukt dient noch heute dem Schiffsverkehr. Auch der fast gleichzeitig unter Napoleon I. in Paris über die Seine erbaute Pont des Arts besteht bis in die Gegenwart aus Steinpfeilern sowie einer guss- und schmiedeeisernen Trag- und Fahrbahnkonstruktion.¹⁰ Nach dem Vorbild der ersten rein eisernen Verkehrsbauten entstanden zwar in jenen Jahren noch einige wenige vergleichbare Anlagen, so eine in der Königshütte Gleiwitz erstellte Strassenbrücke, doch wendete sich das 19. Jh. im Brückenbau allgemein Mischkonstruktionen mit verschiedenen Materialien zu. Nebst dem Rückgriff auf Steine als Baumaterial kamen nun auch schmiedeeiserne Kettenbrücken, Drahtkabel-Hängebrücken, Blechträger- und später Stahlbrücken aus Walzeisen in Frage.

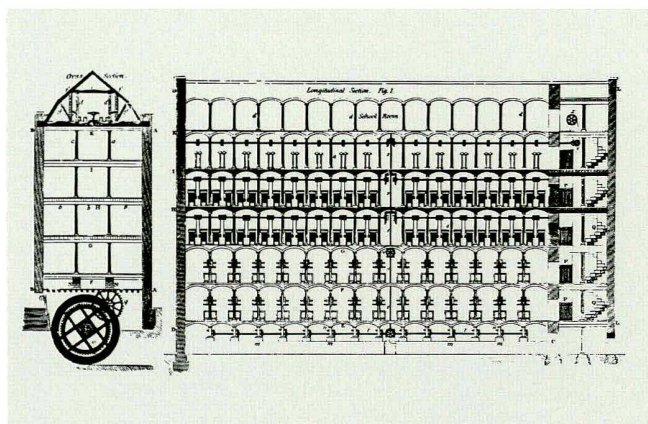
«Fireproof Mills» – vom gusseisernen Bauteil zum Eisenskelettbau

«Ganz ohne Holz»: Spinnerei- und Lagerhausbauten 1792–1845

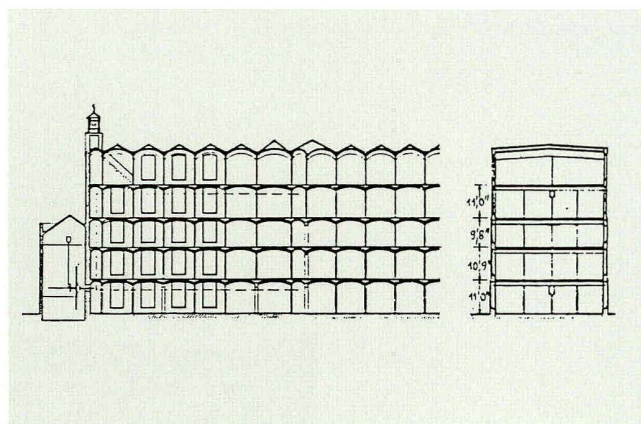
Um die Wende vom 18. zum 19. Jh. muss mindestens in England, tendenziell aber auch in Preussen, eine Euphorie bezüglich der «Allround»-Verwendung von Gusseisen im Bauwesen geherrscht haben. Die Einrichtung einer weitgehend vollmechanisierten Baumwollspinnerei 1772 durch Richard Arkwright ist mit dem Beginn des Fabriksystems gleichzusetzen. Dieses Gründerwerk an einem Seitenfluss des River Derwent und alle unmittelbar

nachfolgenden Fabriken waren Massivbauten mit inneren Trag- und Bodenkonstruktionen aus Holz. Die staubgeschwängerten Baumwollverarbeitungsstätten wurden für die Nacharbeit mit Öllampen beleuchtet, was eine dauernde explosive Gefahr für das hohe investierte Kapital bedeutete. Um dieser Gefahr zu bege-

quent eiserne Tragkonstruktionen entwickelt. Bereits 1796 konnte Thomas Bage 12 Meilen von Ironbridge entfernt die heute älteste bekannte «100% feuersichere Fabrik» in Shrewsbury vollenden. Der gesamte Ausbau innerhalb der Außenmauern – Stützen, Unterzüge, Dachkonstruktion und Fensterrahmen – war



Belper North Mill 1803, Schnitt aus Ree's Encyclopädie, 1812.



Shrewsbury Mill 1797, Schnitte.

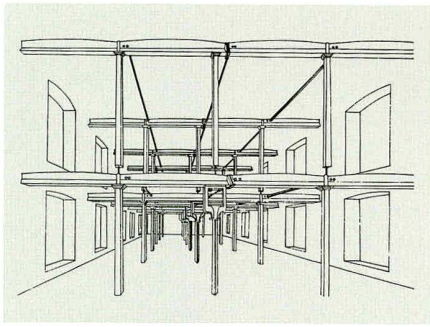
nen, griffen die Spinnereiunternehmer zu zwei verschiedenen Massnahmen: Sie begannen, die Öllampen durch zentrale Steinkohlegasbeleuchtungen zu ersetzen, und sie erarbeiteten sich im Laufe von zwei Jahrzehnten Konstruktionen für «Fireproof-Mills».¹¹

William Strutt, Nachbar von Arkwright, liess in den 1790er Jahren erste feuersichere Anlagen errichten. In der Stadt Derby entstand 1792 ein erstes sechsgeschossiges Gebäude mit Steinmauern und Gusseisenstützen. Vom im selben Jahr vollendeten Strutt'schen Lagerhaus in Milford sind seit dem Abbruch im Jahre 1964 gusseiserne Stützen und Verbindungselemente im Science Museum of London aufbewahrt. Die Unterzüge waren noch aus Holz, aber vergipst. 1803 löste Strutt das Unterzugs- und Knotenproblem und konzipierte so für die Spinnerei Belper ein neuartiges rein eisernes inneres Tragskelett. Stützen und Unterzüge waren nun aus Gusseisen, die Zugstangen aus Schmiedeeisen. Die North Mill von 1803/04 steht noch heute innerhalb eines gewaltigen, aktiven Spinnereikomplexes aus dem 20. Jh. am grossen Stauwehr des Derwent-Flusses. Das Bauwerk wurde 1812 in Ree's Encyclopädie¹² als mustergültige Spinnerei publiziert. Andere Spinnereiunternehmer hatten wie Strutt ähnliche, ebenso konse-

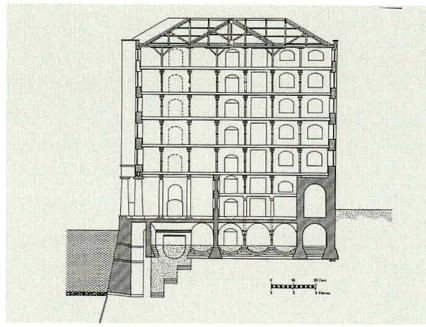
aus Eisen. Und 1799 bis 1802 entstand in Manchester-Salford die über lange Zeit als erste Eisenskelettkonstruktion publizierte Twist Mill mit Merkmalen der Fabriken von Shrewsbury und Belper.¹³

Sheerness Boathouse 1859 – der erste vollständig eiserne Hochbau: Walzeisen und Stahl verdrängen das Gusseisen
Bis zur Errichtung des rein eisernen Hochbaus sollten weitere Jahrzehnte vergehen, denn für die Fassaden und Bedachungen schien Eisen seiner Rostanfälligkeit wegen wenig geeignet zu sein. Es war die relativ spät einsetzende erfolgreiche Konstruktion von eisernen Schiffshüllen, die die Ingenieure und Architekten darauf brachte, das neuartige, nun sich verbilligende Material auch für Hochbauhüllen einzusetzen. 1843 hatte Isambard Brunel die Great Britain als erstes eisernes Schiff vollendet.

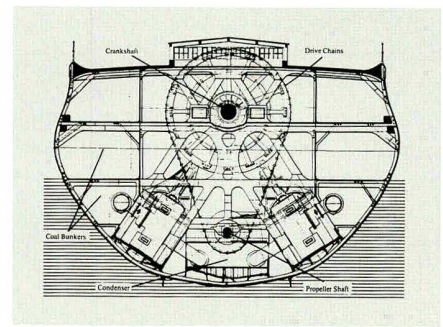
Auch der erste vollständig eiserne Hochbau diente der Schifffahrt. Östlich von London vereinigt sich der Medway mit der Themsemündung. Dieser Seitenfluss bildet eine Bucht in der grossen Bucht. Wegen der geschützten Lage sah die königliche Marine 1719 in Chatham eine umfangreiche Kriegshafenanlage vor. Auf der vorgelagerten Insel Sheppey bestand damals bereits die Festung Sheerness, die als Bollwerk die Themsemün-



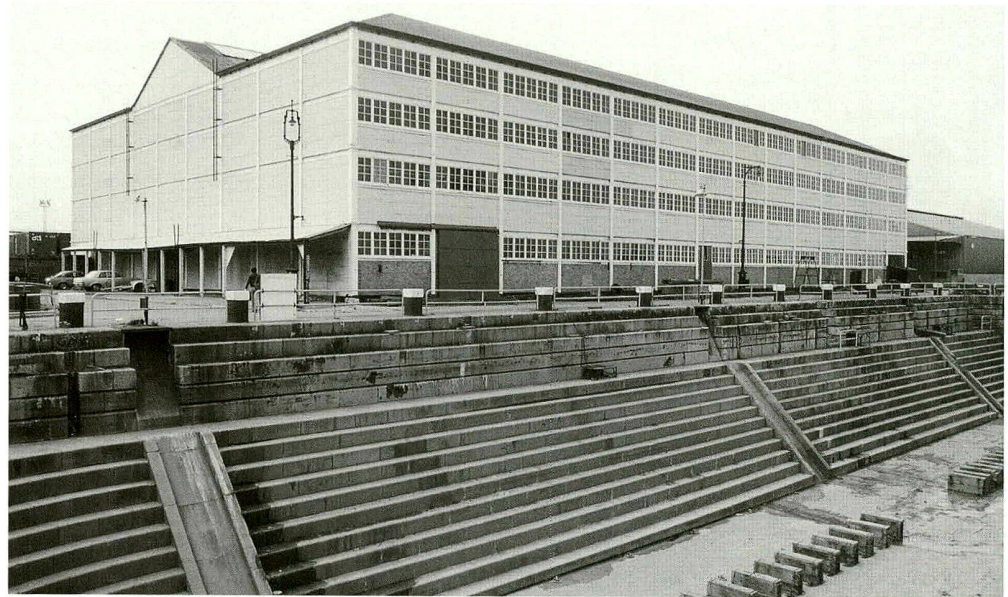
Manchester-Salford Mill 1799 (aus J. Tann).



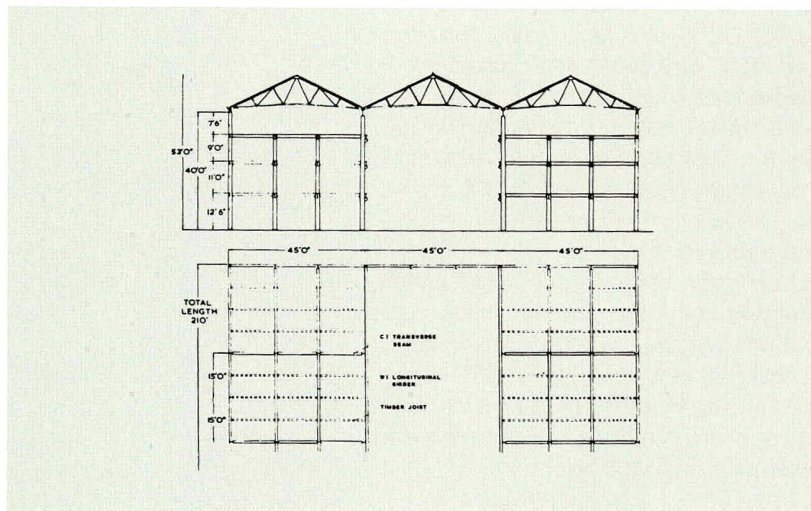
London, St. Kathrin's Warehouse B von Thomas Telford 1828.



Bristol, Great Britain von I. Brunel 1843, Schnitt.



Sheerness Boat House 1859.

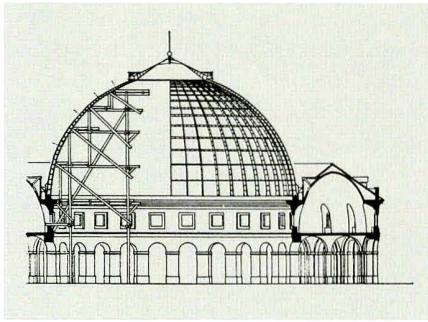


dingung Richtung London sicherte. An dieser Stelle errichtete die Royal Navy ab 1813 eine zweite Hafenanlage. Heute zum Container-Terminal niedergewalzt, steht hier noch das sensationelle Boat House. Das dreischiffige, viergeschossige Haus hebt sich mit seinen Wellblechfassaden und den seitlich durchgehenden Fensterbändern hell aus der grauen

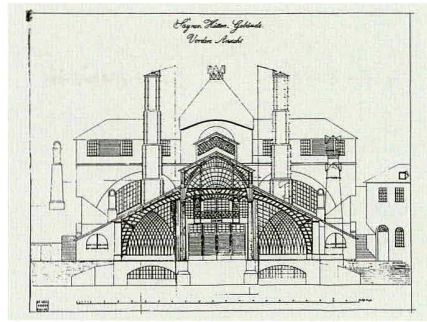
Umgebung heraus.¹⁴ Dem Aussehen nach zu schliessen würde man es um 1925 datieren. Da es jedoch in die Jahre 1858 bis 1860 zurückgeht, handelt es sich um das älteste bekannte, ausschliesslich aus Eisen erstellte Gebäude. Allerdings spielte Gusseisen damals bereits nur noch eine untergeordnete Rolle. Die Tragkonstruktion und Fensterrahmen bestehen aus vernieteten Walzprofilen, die Fassaden aus Blech, die Zugbänder aus Schmiedeeisen, und nur für einzelne Knotenverbindungen wurde Gusseisen eingesetzt. Ebenso wie seine Vorgänger sechs Jahrzehnte zuvor hatte der Director of Engineering and Architectural Works der Admiralty hier Pionierarbeit im Durchkonstruieren mit ausschliesslich eisernen Materialien – nun aber auf dem damals aktuellen Stand – geleistet.

Mischkonstruktionen – der Rückgriff auf Holz als Baumaterial

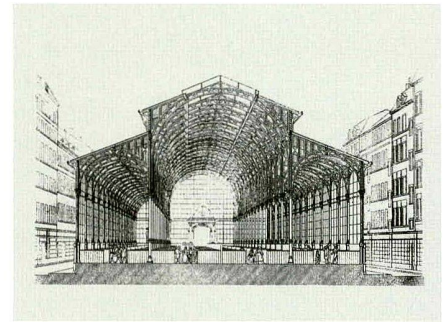
Die feuersicheren Fabriken hatten einen Nachteil: Sie waren nicht feuersicher. Gusseisen schmilzt im Brandfall unter den



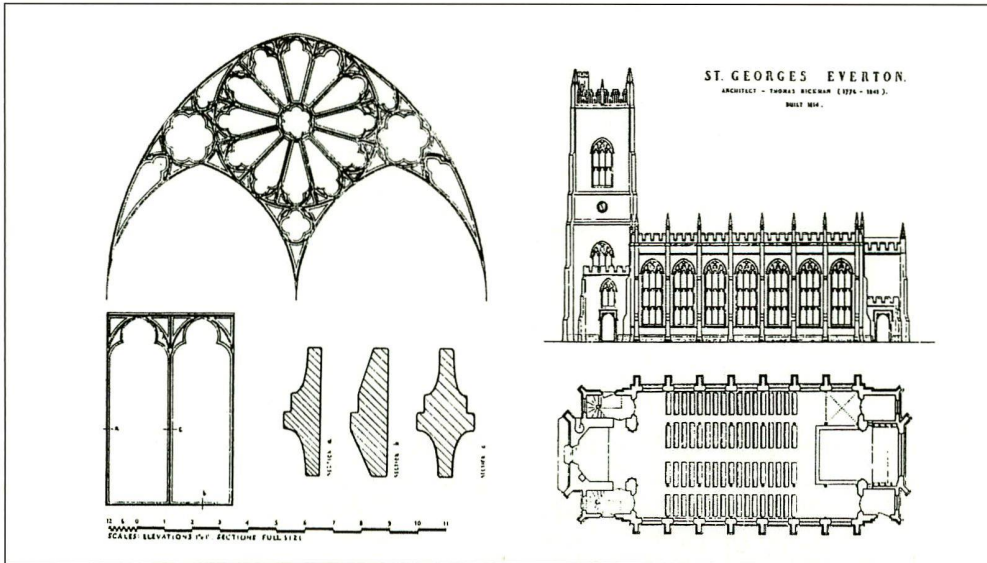
Paris, Halle de Blé 1811.



Sayn, Giesshütte 1829.



Lyon, Markthalle 1862.



Liverpool, St. George's Church 1814 und St. Michael 1815.

hohen Temperaturen, und die innere Tragkonstruktion knickt mit all der teuren Maschinerie in sich zusammen. Zudem blieb Eisen lange Zeit in der Regel das teuerste Material. Die bisher behandelten Beispiele stammen ausnahmslos aus Regionen mit grossen Erz- und Kohlevorkommen, die relativ günstig genutzt und abgesetzt werden konnten. Aber selbst in jenen Gegenden kam man nach den Erfahrungen mit den ersten Fabrikbränden von «Fireproof Mills» von reinen Eisenskelettkonstruktionen wieder ab. Bei einigen der grössten damaligen Projekten, den Docks von Liverpool und London, wurde Gusseisen weiter verwendet vor allem für Stützfunktionen.¹⁵ Für die Unterzüge setzten sich Walzeisen und später Stahlprofile durch. In Gegenden mit hohen Eisenpreisen kam es gar nicht erst zur Verbreitung von Gusseisenkonstruktionen. Im amerikanischen Neuengland setzte sich im Spinnereibau die Verwendung von «slow burning constructions» durch. Der pragmatische Ansatz unterlag nicht der Illusion der Feuersicherheit.

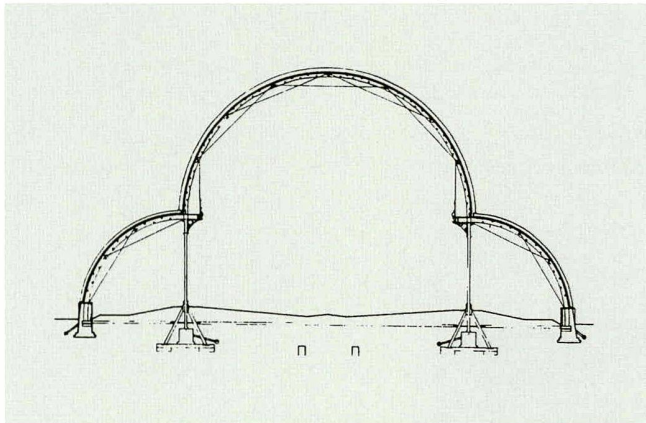
Durch den Einsatz langsam brennender Hölzer, zum Beispiel von Eiche, und von grossen Querschnitten bestand die Chance, bei Feuer Teile des Gebäudes oder der Ausrüstung noch retten zu können. Auf eine andere Art pragmatisch ging man in der Schweiz vor, wo man sich mit einer allgemein ab 1812 eingeführten obligatorischen Brandversicherung nicht vor Bränden, aber zumindest vor deren finanziellen Folgen schützte.¹⁶ Demzufolge blieben die schweizerischen Fabrikkonstruktionen länger als diejenigen der Nachbarländer traditionelle Mischbauten aus Holz und Stein.

Stütz- und Zierguss für Säulen, Kuppeln, Kirchen

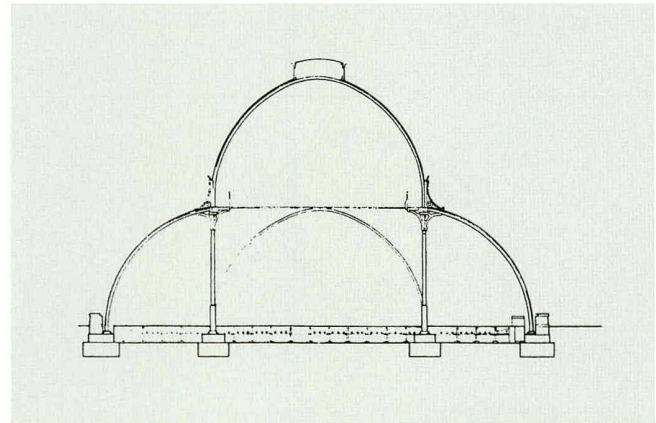
Die bisherige Darstellung hat – berechtigterweise – England in den Mittelpunkt der Entwicklung gusseiserner Konstruktionen gestellt. Zwei weitere bedeutende Konkurrenzstandorte waren auf dem europäischen Kontinent Frankreich und Preussen. Neben der erwähnten, 1794 bis 1802 errichteten Gleiwitzer Kokshütte¹⁷

arbeiteten unter anderem die Schmelzhütten und Giessereien Berlin und Sayn bei Koblenz. Letztere führte ihre berühmte Giessereihalle 1825 bis 1830 aus selbst gegossenen Gussteilen auf.¹⁸ In Paris entstand 1807 bis 1811 die Kornhalle mit einem guss- und schmiedeeisernen Kuppeldach, das in der 1887 darum herum-

von Longdon-on-Tern über den erforderlichen Ausgaben für traditionelle Baumaterialien lagen. Die lamellenartig verwundene Struktur der Graphiteinschlüsse im damals vergossenen Eisen machte das Material spröde und wenig geeignet für die Ansprüche der Biege- und Torsionsfestigkeit im Bauwesen. Bei Ver-



Chatsworth Derbyshire, Gewächshaus von J. Paxton 1836–40.



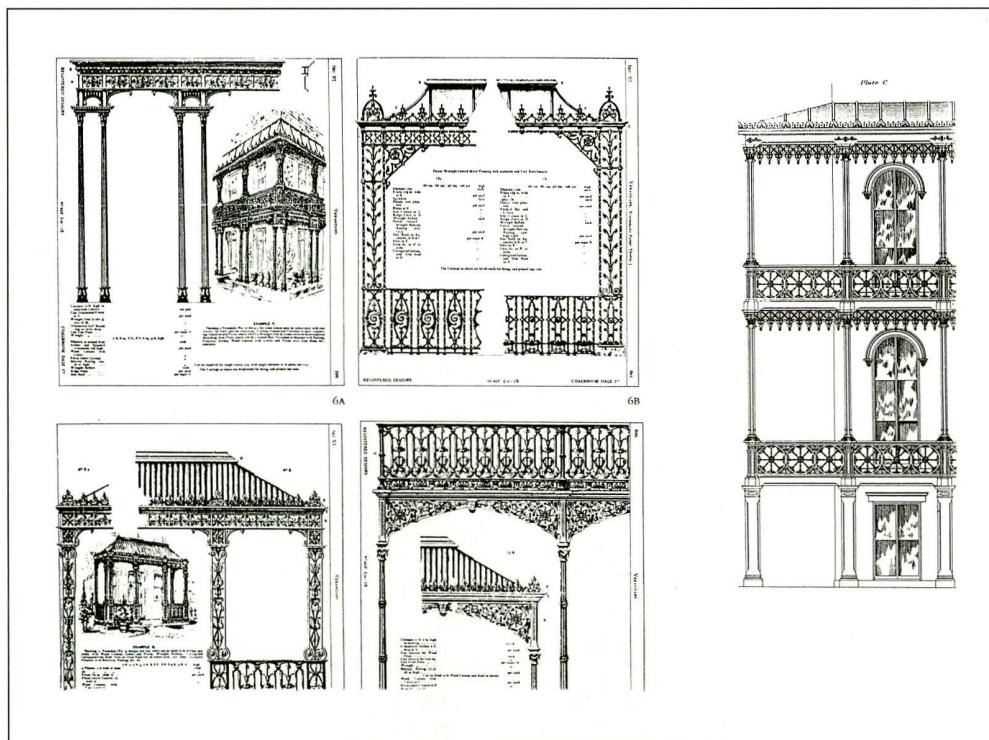
London Kewgardens, Gewächshaus von R. Turner 1844–48.

gebauten Bourse de Commerce erhalten ist.¹⁹ Sehr früh sind auch die ab 1807 mit Guss- und Schmiedeeisen erstellten bayrischen Gewächshausgebäude im Nymphenburger Schlosspark in München.²⁰ Hier zeigt sich eine Tendenz, die sich vorerst von derjenigen Englands unterscheidet: Gusseisen fand auf dem Kontinent weniger Verbreitung im Nutzbau als vielmehr für repräsentative und künstlerische Zwecke. Mit dem Niedergang der Verwendung von Gusseisen im englischen Nutzbau nähern sich die beiden Tendenzen wieder: Gusseisen bleibt ein wichtiges Konstruktionsmaterial für Stützen im Hallenbau, wird aber vor allem für Zäune, Balkone, Brunnen, Pavillons oder Pflanzen- und Markthallen eingesetzt.²¹

Zusammenfassung und Ausblick, Raumtragwerke mit Gusseisenknoten

Übereinstimmend mit den Untersuchungen von Schädlich²² und Seidel²³ darf festgestellt werden, dass der Anspruch, gusseiserne Zweckgebäude zu errichten, sich auf die fünf Jahrzehnte 1777 bis etwa 1830 beschränkt. Die regional begrenzte Gusseiseneuphorie wurde allmählich gedämpft durch die Erkenntnisse der Nachteile des Gusseisens in der damaligen Qualität und auch durch die hohen Materialkosten, die mit Ausnahme des erwähnten Beispiels des Aquädukts

wendung horizontaler Tragelemente mussten die Stützenabstände dementsprechend ähnlich eng wie bei gutem Holz als Tragelement gesetzt werden. Erst die Entwicklung von duktilen Gusswerkstoffen und von verschweißbaren Stahlgusslegierungen machten Guss im Nutzbau wieder konkurrenzfähig. So entstand ab 1970 eine Reihe von spektakulären Grossbauten unter Verwendung von Eisengusselementen vor allem in den Knotenbereichen: Ackermanns und Schlaichs Eislauhalle München mit Seiltragwerk sowie Gusseisenknoten und -stützen, Pianos' und Rogers' Centre Pompidou in Paris mit Kragträgern und Tragwerkfasadenelementen aus Gusseisen, das Olympiadedach in München von Behnisch und Leonhardt²⁴ und in den 1990er Jahren dann von Calatrava die Brücken- und Bahnhofhallengestaltungen in Zürich-Stadelhofen, Luzern, Barcelona und Sevilla mit gusseisernen Tragelementen. In diesen Fällen ermöglichte Gusseisen als Baumaterial neuartige Architekturformen, die sich von der Orthogonalität der Stahlkonstruktionen emanzipieren konnten.



Schmiedeeisenarchitektur in Brasilien, exportiert aus den USA, 1880.

¹ Periodisierung nach Hans-Peter Bärtschi: Industrialisierung, Eisenbahnschlachten und Städtebau, Diss. ETH-Z 1980, Basel/Boston 1983.

² Burkhard Bergius: Entwicklungsstrukturen der Eisenarchitektur im 19. Jahrhundert vom Brücken- zum Hallenbau, in: ICOMOS Eisen Bd. 1 (Mainz 1978), S. 41 ff.

³ Kurt Ackermann (Hg.): Industriebau, Stuttgart 1984².

⁴ Iron Bridge Gorge Trust Museum: The Iron Bridge, Telford 1979.

⁵ R. S. Fitzgerald: Technologische Aspekte früher englischer Eisenarchitektur, in: ICOMOS Eisen Bd. 1 (Mainz 1978), S. 108–126.

⁶ Hans-Peter Bärtschi: An den Ursprungsorten der industriellen Revolution, in: Der endliche Fortschritt, Zürich 2002.

⁷ Heinz Ronner (Hg.): Beiträge zur Industriearchäologie in England, Zürich 1982.

⁸ Hans-Peter Bärtschi: Industriewerkstatt der Welt, in: Heinz Ronner: Beiträge, Zürich 1982.

⁹ Giseler Hartung: Eisenkonstruktionen des 19. Jahrhunderts in Grossbritannien, in: ICOMOS Eisen Bd. 1 (Mainz 1978), S. 84 ff.

¹⁰ Christian Beutler: Französische Stahlarchitektur im 19. Jahrhundert, in: ICOMOS Eisen Bd. 1 (Mainz 1978), S. 104–108.

¹¹ Akos Paulinyi: Die ersten «feuerfesten» Fabrikbauten in England, in: ICOMOS Eisen Bd. 1 (Mainz 1978), S. 93 ff.

¹² Ree's Cyclopaedia of Arts, Sciences and Literature, Vol. 1–22, hier: Vol. 22, London 1819.

¹³ Hans-Peter Bärtschi: Erfindungen als kollektiver technischer Reifungsprozess – Arkwright, Strutt und Bage, in: Ferrum Nr. 55 (Schaffhausen 1984), S. 21 ff.

¹⁴ Hans-Peter Bärtschi (Hg.): Eisenkonstruktionen, Winterthur 1992.

¹⁵ Nancy Ritchie-Noakes: Jessy Hartley, Dock Engineer of the Port of Liverpool 1824–1860, Merseyside o. J.

¹⁶ Hans-Martin Gubler: Eisen als Baumaterial in der Schweizer Architektur zwischen 1825 und 1875, in: ICOMOS Eisen Bd. 1 (Mainz 1978), S. 132 ff.

¹⁷ Dieter Vorsteher: Alta Selsia – Nascita di un paesaggio industriale, in: Casabella 9/1982.

¹⁸ Kathrin Erggelet: Die Sayner Hütte in Koblenz 1828–1830. Ein Beitrag zur Eisenhüttenarchitektur, Göttingen 1999.

¹⁹ Ulrich Pfammatter: Die Erfindung des modernen Architekten, Basel/Boston 1997, S. 147–150.

²⁰ Günter Behnisch, Gisela Hartung: Eisenkonstruktionen des 19. Jahrhunderts, München 1983.

²¹ Erich Schild: Zwischen Glaspalast und Palais des Illusions – Form und Konstruktion im 19. Jahrhundert, Berlin/Frankfurt a. M. 1983.

²² Christian Schädlich: Der Baustoff Eisen als Grundlage für die Herausbildung qualitativ neuer Baukonstruktionen im 19. Jahrhundert, in: Rainer Graefe: Zur Geschichte des Konstruierens, Stuttgart o. J. (um 1980).

²³ Joachim Seidel, Frank Werner: Der Eisenbau, Berlin/München 1992.

²⁴ Anton-Peter Betschart: Neue Gusskonstruktionen in der Architektur. Giessen und Bauen, Stuttgart 1985.