

DIE ERSTEN "FEUERFESTEN" FABRIKBAUTEN IN ENGLAND.
EIN BEITRAG ZUR FRÜHGESCHICHTE DES GUSSEISENS IM HOCHBAU.

Akos Paulinyi

In den historischen Darstellungen der Architektur, aber auch des Hochbaus, fanden gußeiserne Konstruktionen bzw. Konstruktionselemente bei Industrie-Zweckbauten (Fabrikgebäude, Warenlager) aus der Frühphase der Industriellen Revolution in Großbritannien wenig Interesse. Dies mag daran liegen, daß bei diesem Typ des Hochbaus weder die künstlerische Gestaltung des neuen Baustoffes, noch die Monumentalität vorhanden waren, die die Bahnhofs- und Markthallen, Ausstellungs- und Gewächspavillons, aber auch einige Maschinenhäuser für Dampfmaschinen in der Blütezeit der Gußeisen-Konstruktionen im zweiten Viertel des 19. Jhs. hervorbrachten. Fabrikgebäude und Warenlager waren schlichte Zweckbauten, sie wurden im Regelfall bis in die 60er Jahre weder Objekte der Denkmalpflege, noch standen sie im Blickfeld technik- oder wirtschaftshistorischer Forschung. Bis vor dreißig Jahren wußten deshalb auch Monographien, die sich speziell mit der Rolle des Gußeisens in der Architektur beschäftigten (Gloag-Bridgewater 1948) nur das zu wiederholen, was in dem zeitgenössischen Fachschrifttum des 19. Jhs. behauptet wurde, nämlich: "Die erste erfolgreiche Anwendung von gußeisernen Trägern als Konstruktionselemente eines Gebäudes erfolgte in einer Baumwollfabrik, errichtet 1801 von den Herren Philips und Lee in Manchester". Gemeint ist die Salford Twist Mill. Der Entwurf der Konstruktion wurde, ebenfalls aufgrund von Aussagen um 1850, Boulton & Watt zugeschrieben.

Diese von W. Fairbairn 1854 in seinem klassischen Werk "On the Application of Cast and Wrought Iron to Building Purposes", dem "Evangelium der britischen Bauindustrie", aufgestellten Behauptungen gehören noch heute zu den selbstverständlichsten Grundwahrheiten in angesehenen Architekturgeschichten (wie z.B. bei L. Benevolo, DTV Ausgabe 1978, S.52, oder in der 5. Auflage des Werkes von F.Giedion, Space, Time and Architecture, 1973, S. 191 ff.), aber auch in Geschichten der Industrie-Architektur.

In den 30er Jahren seit dem Erscheinen des Werkes von Gloag-Bridgewater wurde unser Wissen sowohl über die Anwendung des Gußeisens bei Fabrikbauten in England, wie auch über die Persönlichkeiten, die an diesen ersten Schritten der Entwicklung der Eisenkonstruktionen im Hochbau maßgebend beteiligt waren, wesentlich bereichert. Zu nennen sind die bis auf eine in der führenden Fachzeitschrift Architectural Review erschienenen Studien von T. Bannister (1950), A.W. Skempton und H.R. Johnson (1957, 1962), sowie A.J. Pacey (1969). Als Ergebnis eines verstärkten Interesses um die Geschichte der Industriellen Revolution haben Technik- und Wirtschaftshistoriker, auch auf landesgeschichtlicher Ebene, so manches Neues beige-steuert und Industrie-archäologen noch vorhandene Objekte entdeckt und wenn nicht gerettet, so mindestens dokumentarisch erfaßt. Seit 1970 liegt schließlich aus der Feder von J.Tann eine umfassende Darstellung der Fabrikbauten in Großbritannien bis in die 1830er Jahre vor.

Diese Forschungen haben:

1. Die Topographie der ersten Fabrikbauten gußeiserner Konstruktionen ergänzt und ihre Chronologie präzisiert.
2. Neue technische Einzelheiten der Konstruktion ans Tageslicht gebracht.
3. Die Baumeister dieser Bauten ermittelt, und schließlich

4. sehr eindrucksvoll nachgewiesen, daß die Textilindustrie, aus der der erste Anstoß zur Umwälzung der Produktion gekommen ist, auch in der Anwendung des Eisens im Hochbau bahnbrechend gewesen ist.

Ähnlich wie bei dem Neubau des Theaters im Palais Royal in Paris, durchgeführt in den Jahren 1785-1790 von Victor Louis, war der erste Anstoß zur Anwendung des Eisens bei Fabrikgebäuden weniger das Streben nach neuen Formen und besseren statischen Parametern, sondern vielmehr das Bemühen um die Herabsetzung der Brandgefahr durch Eliminierung des Holzes, dieses wichtigsten Baustoffes bei der Konstruktion von Zweckbauten für die Textilindustrie.

Die Fabrikbauten Arkwrightschen Typs, die ihren Vorgänger in der berühmten Seidenzwirnerie in Derby (1719-1721) hatten, und in den 1770er Jahren für Baumwollspinnereien mit Wasserradantrieb hauptsächlich in Derbyshire allgemein verbreitet waren, stellten solide 3-4geschossige Bauten dar mit massiven, weil tragenden Umfassungswänden aus Stein und/oder Ziegeln. Um die Maschinen und Transmissionen unterbringen zu können, mußten die Geschoßflächen ungeteilt sein; sie bestanden aus hölzernen Balkendecken, die auf ebenfalls hölzernen Stützen ruhten. Die Spannweite der Tragbalken begrenzte die Breite, die Möglichkeiten der optimalen Kraftübertragung (von der Kraftmaschine auf die Arbeitsmaschinen), die Länge der Fabrikgebäude auf etwa 7,6 bis 9,1 m (25-30 Fuß) bzw. 21,3 bis 23,4 m (70-80 Fuß). Die Kosten einer solchen Fabrikanlage (nur das Hauptgebäude mit etwa 1000 Spindeln und mit der Kraftmaschine) beliefen sich auf ca. £ 3000, bei doppelter Länge des Gebäudes auf etwa £ 5000. Mit dem seit den 1790er Jahren einsetzenden Dampfbetrieb und der Erhöhung des Gebäudes bis zu 7 Geschossen stiegen die Kosten bis auf £ 10.000.

Die Feuergefahr kam sowohl von den in der Produktion verwendeten Rohstoffen (Baumwolle, Wolle, Flachs, Spinnöl; dazu noch die Schmiermittel für Maschinen) und dem offenen Licht, wie auch von den Arbeitsbedingungen (bis 16 Stunden Arbeitszeit, Ermüdung der Arbeiter, Raumtemperaturen um 25° C). Für ein ausgebrochenes Feuer war dann der Baustoff, insbesondere die durch das ständig tröpfelnde Öl getränkten Balkendecken und die freistehenden Holzstützen, ein guter Nährboden. Weil die Rohstoffe nicht substituierbar waren, und an die Verbesserung der Arbeitsbedingungen nur wenige Unternehmer dachten, versuchte man, das Problem bei dem feuerempfindlichsten Punkt der Konstruktion, bei den Stützen und Holzdecken, anzupacken.

Auch wenn Brandkatastrophen, die einen Schaden von £ 45.000 in einer Fabrikanlage (Fabrikgebäude mit Maschinen und Rohstoffen, Lagerräume mit Vorräten) angerichtet haben sollen, eine Ausnahme waren, hatten Brände von Textilfabriken keinen Seltenheitswert. Für das Jahr 1792 berichtete man nur für den Umkreis von 50 Meilen um Derby über 12 Fabrikbrände, ein Jahr zuvor brannte der stolze Bau der Albion Flour Mill in London nieder. Unternehmer der Textilbranche suchten deshalb eifriger als andere nach neuen Konstruktionen bzw. Baustoffen. Ein anderer Grund dieses Eifers durfte aber auch das Bedürfnis nach mehr Stellfläche und Arbeitsraum für neue Maschinen gewesen sein.

William Strutt, Sohn des Arkwrightschen Kompagnions, und einer der größten Unternehmer jener Zeit, befaßte sich um 1791 mit dem Projekt einer ganz neuen Fabrikanlage in Derby, der 1792/93 erbauten sogen. Calico Mill. Dieses um 1860 abgerissene Fabrikgebäude ist bislang der erste Zweckbau, bei dem das Gußeisen als Konstruktionselement verwendet wurde. Das sechsgeschossige Gebäude mit den Außenmaßen 9,45 x 35,05 m (31 x 115 Fuß) und einer Innenweite von 8,23 m (27 Fuß) wies folgende Merkmale auf:

Die tragenden Ziegelmauern waren 0,61 bis 0,33 m dick. Die raumteilenden Ziegelgewölbe waren getragen von Querbalken (Trägern), abgestützt

durch 2 Reihen 2,5 m hoher gußeiserner Säulen. Das ergab drei Spannen je 2,74 m (9 Fuß), die Spannweite der Ziegelgewölbe betrug 2,44 m (8 Fuß) bzw. 2,74 m (9 Fuß). Die Decke des 6. Obergeschosses bestand aus Hohlziegelgewölben, getragen von den Ankerbalken der Dachwerkkonstruktion.

Das neue an dieser Baukonstruktion war die Anwendung gußeiserner Stützen sowie die Eliminierung der Balkendecken durch das auf Holzbalken mit schrägem Widerlager aufliegende Ziegelgewölbe. Über den Fußboden liegen keine Angaben vor, anhand des ebenfalls von W. Strutt in derselben Zeit gebauten Warenlagers im nahen Milford (Derbyshire) ist jedoch anzunehmen, daß auch in Derby auf eine Sandschicht gelegte Ziegelfliesen verwendet worden sind.

Das erwähnte Warenlager in Milford, 1792/93 gebaut und später ebenfalls als Baumwollspinnerei eingerichtet, weist abgesehen vom Grundriß dieselben Konstruktionsmerkmale auf. Der einzige wesentliche Unterschied bestand darin, daß hier die Stützen für das 1. Stockwerk nicht aus Gußeisen, sondern Steinpfeiler waren. Bemerkenswert an dieser Konstruktion war die Verbindung der Stützen, der Träger und der Zugstangen. An dem Knotenpunkt war der Holzbalken in ein auf dem Stützenkopf aufliegendes gußeisernes Verbindungsstück gebettet. Durch die Mittelachse dieses Verbindungsstückes lief durch den präzise vorgebohrten Tragbalken hindurch ein Eisenzapfen. An seinem oberen Ende waren die Zugstangen befestigt, und darüber lag die Fußplatte der oberen Stütze auf. Das gußeiserne Verbindungsstück diente also sowohl als Widerlager des Ziegelbogens, als auch als Tragplatte für die Stütze und Verbindung der Zugstangen.

Diesen zwei, insbesondere auf die Erhöhung der Feuerfestigkeit bedachten Gebäuden ließ W. Strutt in den Jahren 1783-1795 im Zentrum seiner Baumwollspinnereien in Belper (Derbyshire) ein weiteres, später als West Mill bezeichnetes Fabrikgebäude mit 6 Stockwerken folgen. Dieses Bauwerk mit Außenmaßen von 9,1 x 57,9 m (30 x 190 Fuß) weist die nun schon bewährten Konstruktionsmerkmale auf, nur wurden für die Außenmauern bis zum 3. Geschoß als Baustoff Stein und als Stütze für das 1. Geschoß Ziegelpfeiler verwendet. Die gußeisernen Stützen hatten das schon in Milford bewährte Kreuzprofil und wurden, z.T. mindestens, von der angesehenen Gießerei Ebenezer Smith & Co. aus Chesterfield (Derbyshire) geliefert. Zur Erhöhung der Feuerfestigkeit waren die Holzbalken, wie auch in Milford, mit Metallblech beschlagen und von unten verputzt. Die Baukosten betrugen £ 4.689, d.h. sie waren etwa um 25 % höher als für eine traditionelle Holzkonstruktion.

In diesen ersten mehrgeschossigen "feuersicheren" Fabrikgebäuden, deren Entwürfe und Konstruktionselemente von W. Strutt stammen, wurde das erste Mal im Hochbau der Baustoff Gußeisen für Stützen eingesetzt. Die restlichen Konstruktionselemente, die die Feuersicherheit erhöhen sollten, nämlich die Ersetzung der Balkendecken durch Ziegelgewölbe, wie auch die Verwendung von Hohlziegeln, wurden schon von V. Louis beim Theater im Palais Royal und auch bei einigen Hochbauten in England zwischen 1788 und 1792 verwendet. W. Strutt hat sich 1792 um Skizzen der Louis'schen Konstruktion und Muster der Hohlziegel bemüht, mußte sich aber mit einer Beschreibung der Konstruktion begnügen. Dieser Strutt'sche Typus der Baukonstruktion von Fabrikgebäuden, der im Grunde genommen nur das Holz zum Teil ersetzt, die Grundsätze der hölzernen Baukonstruktionen jedoch beibehalten hat, wurde bei Fabrikbauten mindestens in der ersten Hälfte des 19. Jhs. trotz der sinkenden Gußeisenpreise, sehr oft angewendet.

Diesem, im damaligen Zentrum der Maschinenspinnerei angebahnten ersten Schritt auf dem Weg der "structural revolution which leads to the skyscrapers of Chicago a century later" (Skempton - Johnson, 1962), folgte alsbald der zweite, nämlich die völlige Eliminierung des Holzes als Konstruktionsmaterial im Hochbau. Wieder war es ein Fabrikgebäude,

aber der Schauplatz war nicht Salford bei Manchester im Jahre 1801, sondern, wie dies F. Bannister (1950) nachgewiesen hat, schon im Jahre 1796/97 Shrewsbury in Shropshire, etwa 12 Meilen entfernt von Coalbrookdale, der Geburtsstätte des Kokshochofens, der modernen Gießerei und auch der ersten Gußeisen-Brücke. Der Architekt und Bauingenieur war Charles Bage (1752-1822), wohlhabender Weinhändler in Shrewsbury, bekannt in der Stadt für sein großes Interesse für alles, was man heute mit dem Begriff Ingenieurbauten umschreiben könnte.

Der Anstoß zum Bau einer Flachsspinnerei in Shrewsbury kam, wenn auch indirekt, von einem der führenden Unternehmer und Innovatoren in der Flachsspinnerei, von John Marshall in Leeds. Auf der Suche nach Kapitalgebern für seine zu stürmisch expandierende Spinnerei in Leeds, gewann J. Marshall 1793 zwei wohlhabende Wollhändler und Verleger der Heimweberei, die Brüder Thomas und Benjamin Benyon aus Shrewsbury als Partner für den Bau einer neuen Flachsspinnerei in Leeds. Die Benyons stiegen in das Geschäft mit £ 9.000 ein, verlegten auch ihren Sitz nach Leeds, drängten aber im Jahre 1796 aufgrund ihrer Einschätzung der Erfolgserwartungen auf die Gründung einer Flachsspinnerei in Shrewsbury. Als sie sich mit ihrem Projekt gegen den Willen J. Marshalls durchsetzten - Marshall investierte bis 1800 keinen Cent, war aber trotzdem Teilhaber mit 25 % ! - standen sie jedoch ohne technischen Berater vor dem Problem des Fabrikgebäudes. Auf J. Murray, den technischen Berater Marshalls, konnten sie schwer zurückgreifen. Ein traditionelles Fabrikgebäude wollten sie nicht - unlängst, anfangs 1796 war auf ihrem Fabrikgelände in Leeds eine Spinnerei total niedergebrannt. Das neue Fabrikgebäude sollte also "feuerfest" sein. Auf der Suche nach einem Architekten oder Bauingenieur kamen die Benyons auf Ch. Bage. Ihm, dem angesehenen Gentleman, einen Lohn für seine Dienste anzubieten ging allerdings nicht, also boten die Benyons Bage eine Teilhaberschaft mit einem Achtelanteil an. Charles Bage nahm das Angebot im Juni 1796 an und entwarf binnen einiger Monate die Konstruktion des Fabrikgebäudes für die Flachsspinnerei Benyon, Bage & Marshall in Castle Forgate (Stadtteil Ditherington), der ersten Gußeisenkonstruktion im Hochbau überhaupt. Die etwa im Oktober 1796 angefangenen Bauarbeiten dauerten nicht einmal ein Jahr. Im September 1797 war das Gebäude unter Dach und Fach. Dieses, noch heute stehende, seit den 1890er Jahren als Malzlager dienende Gebäude aus der fachwissenschaftlichen Vergessenheit geholt zu haben, war das Verdienst von J. Bannister (1950); A.W. Skempton und H.R. Johnson (1962) haben seine Angaben an Ort und Stelle durch Nachmessungen präzisiert. Das fünfgeschossige Gebäude ist 12,03 m breit und 53,95 m lang (39,5 , bzw. 177 Fuß), mit dem ebenfalls schon 1797 fertiggestellten (südlichen) Maschinenhaus, das auch als Treppenhaus diente, betrug die Länge 59,43 m (195 Fuß). Die aus Ziegeln gebauten, tragenden Außenwände nehmen in ihrer Dicke symmetrisch von unten nach oben ab (von 58,42 auf 33,02 cm; 23, bzw. 13 Zoll). Ursprünglich waren die ersten drei Geschosse, wahrscheinlich aus Gründen der Feuersicherheit, durch eine Trennwand in zwei Teile gegliedert. Die aus Ziegelgewölben bestehenden Decken ruhen auf gußeisernen Trägern, die auf den länglichen Außenmauern aufliegen und durch drei gußeiserne Stützen abgestützt sind.

Die Spannweite der Bögen des Ziegelgewölbes ist nördlich der ehem. Trennwand regelmäßig (304,8 cm (10 Fuß), südlich von ihr 320 cm (10,5 Fuß) und bei einem Bogen 365,8 cm (12 Fuß). Die Bögen messen im Ansatz 33 (13 Zoll), in der Krone 22,8 cm (9 Zoll). Die gußeisernen Träger sind 548,6 cm (18 Fuß) lang, für die Überspannung waren also zwei Träger notwendig, die in der Mitte über der mittleren Stütze durch Flanschen und Bolzen verbunden waren. Die eigentliche Spannweite beträgt durch die drei Stützen nur 274,3 cm (9 Fuß). Der Querschnitt des Trägers ist ein Trapezoid. Er ist 27,9 cm (11 Zoll) hoch, der Fuß

12,7 cm (5 Zoll) breit, der Steg des Trägers mißt über dem Fuß 3,7 cm (1,5 Zoll), oben 2,54 cm (1 Zoll). Die gußeisernen Stützen haben, wie jene in Belper, volle Querschnitte in Kreuzform. Ein typisches Zeichen ist die Entasis: Die Säulen haben den stärksten Querschnitt in der Mitte und verjüngen sich regelmäßig zu beiden Enden. Die Höhe und der Querschnitt der freistehenden Stützen ist einheitlich, 297,4 cm (9 Fuß, 2 Zoll) bzw. 15,24 cm (6 Zoll), nur in der mittleren Stützenreihe im Erdgeschoß beträgt er 17,15 cm (6,75 Zoll). Die Gabelung der Stützen in der mittleren Reihe erfüllt keine statischen Funktionen, sondern diente zur Führung des Transmissionssystems von der Dampfmaschine zu den Arbeitsmaschinen.

Die Dachkonstruktion besteht aus Ziegelgewölben auf gußeisernen Trägern, die jedoch hier nur durch eine gußeiserne Stütze der mittleren Reihe abgestützt sind (also war hier die Spannweite 548,64 cm (18 Fuß). Die Fensterrahmen aller 160 Fenster (je 16 in jedem Geschoß der Längsseiten) waren ebenfalls aus Gußeisen. Alle gußeiserne Elemente wurden von einer ortsansässigen Gießerei, der Hazledine Foundry, gefertigt.

Wie wir sehen, hat Charles Bage bei dieser Konstruktion auf das Holz vollständig verzichtet, er eliminierte es auch aus dem Dachwerk und den Fenstern. Obwohl auch dies noch keine Skelettkonstruktion war - die Außenwände hatten noch eine tragende Funktion, denn Längsträger gab es sonst nicht - war der Bau in Shrewsbury ein wesentlicher Schritt in dieser Richtung. "Die Elemente der eisernen Skelettkonstruktion sind geboren" (Schädlich).

Charles Bage entpuppte sich bei diesem Bauwerk als hervorragender Bauingenieur. Schon die Kürze der Zeit, die ihm von seiner "Anwerbung" vom Juni 1796 bis zum Anfang der Bauarbeiten im Oktober 1796 für den Entwurf und die Durcharbeitung der Konstruktionselemente zur Verfügung stand, zeugt davon, daß er sich nicht das erste Mal mit dem Problem des Gußeisens als Konstruktionsmaterial beschäftigt hat. Er selbst soll gußeiserne Stützen schon bei seinem Kirchenbau in demselben Jahr verwendet haben (Bannister 1950). Telford baute in der Umgebung von Shrewsbury in den Jahren 1795 und 1796 eine gußeiserne Brücke und einen gußeisernen Aquadukt für den Shrewsbury Canal. Bage kannte W. Strutt, und es ist undenkbar, daß er von der Anwendung gußeiserner Stützen in Derby und Belper nicht gewußt hätte. Anregungen zur Verwendung von Gußeisen im Hochbau gab es also genug, und auf den ersten Blick scheint die Anwendung gußeiserner Träger im Hochbau das einzig wirklich Neue gewesen zu sein, was Ch. Bage zuschreiben ist. Seine vermutliche Abhängigkeit von Strutt wurde aber eben durch die, in dem Nachlaß von W. Strutt sorgfältig aufbewahrten Briefe von Ch. Bage widerlegt. Aus ihnen geht hervor, wie dies Skempton (1956), Skempton und Johnson (1957), sowie J. Tann (1970) dargelegt haben, daß sich Ch. Bage als einer der ersten mit dem Problem der Festigkeit und Tragfähigkeit des Gußeisens schon 1796 theoretisch auseinandergesetzt hat und schließlich um 1803 eine Festigkeitsberechnung der gußeisernen Träger ausgearbeitet hat, die zu denselben Ergebnissen führte, wie jene 1831 vom berühmten Mathematiker E. Hodgkinson veröffentlichte (Skempton 1956). Die Form der Stützen war zwar dieselbe, wie die von W. Strutt angewendet, sie wurden jedoch nicht auf "gut Glück" übernommen, sondern ihre Tragfähigkeit berechnet.

Von der Anerkennung seiner Fähigkeiten als Bauingenieur - als Unternehmer in der Textilindustrie wurde er von seinen Kollegen nicht sehr hoch geschätzt - zeugen nicht nur weitere Fabrikbauten in Leeds und in Shrewsbury. Als 1801 das berühmte Telford-Douglas'sche Projekt einer gußeisernen Bogenbrücke mit einer einzigen Öffnung von 183 m (600 Fuß) von einer parlamentarischen Untersuchungskommission einer Expertise unterzogen wurde, befand sich unter den geladenen Experten - neben 6 Mathematikern und 8 Ingenieuren (darunter W. Jessop, J. Rennie, J. Watt) in einer Dreiergruppe von "persons having had long and extensive

experience in the nature and construction of works of iron" mit John Reynolds aus Coalbrookdale und John Wilkinson aus Bradley auch Charles Bage (Barrington 1950). Trotz dieser Anerkennung durch Zeitgenossen wurde Ch. Bage, der seine Gedanken nie veröffentlicht hat, ebenso wie sein noch heute stehendes Fabrikgebäude vergessen und seine Pionierleistung, die erste Eisenkonstruktion im Hochbau, der Fa. Boulton & Watt zugeschrieben. Durch die ausführlichen Studien von Bannister, Skempton und Johnson längst neuentdeckt, ist er in die großen Geschichte der Architektur noch immer nicht eingezogen, ja nicht einmal in die Geschichte der Industrie-Architektur (Drebusch 1976). In der großen Singerschen "History of Technology" (1958) kommt sein Name nur auf einer Zeichnung vor, in der Kranzberg-Pursell'schen "Technology in Western Civilization" (1967) wurden jedoch er und sein Fabrikgebäude in Shrewsbury schon erwähnt.

Das als "erste in der neuen Gußeisentechnik entworfene Fabrikgebäude" (Drebusch 1976), der Prototyp des Fabrikgebäudes mit innerem gußeisernem Traggerüst" (Schädlich 1966) war also erst die zweite Anwendung dieser Konstruktion und erfolgte drei Jahre später, diesmal in Lancashire im Zentrum der Baumwollspinnerei, in Salford bei Manchester. Es geht um die sogen. Salford Twist Mill der Herren Philips und Lee, errichtet zwischen 1799 und 1801, nach J. Tann 1800 bis 1802. In der Baukonstruktion gibt es gegenüber Bage's Flax Mill in Shrewsbury keine wesentlichen Unterschiede, diese liegen in den Konstruktionselementen (der Form und den Abmessungen der Stützen und Träger, sowie dem Verbindungssystem) und in den Abmessungen des Gebäudes.

Bevor wir mit den Maßen beginnen, eine kleine Bemerkung. Für den technischen Laien ist es eigentlich erstaunlich, wie lange sich falsche Maßangaben, die gleichzeitig mit einem im Maßstab gefertigten Grund- und Aufriß angegeben werden, halten können. Seit Fairbairn (1854) liegen sie vor, aber noch Gloag-Bridgewater (1948), Giedion (1941 bis 1967) und zuletzt Drebusch (1976) geben die Länge des Gebäudes falsch, mit 42,6 (140 Fuß), anstatt, richtig, 72,5 m (238 Fuß) an; die Breite wird mit 12,8 m (42 Fuß) angegeben, was für die Breite des Innenraumes auch zutrifft. Ungeachtet dessen, daß aus dem Auf- und Grundriß auch die wichtigsten Angaben für die Errechnung der Grundmaße abzulesen sind, genügt schon ein Vergleich der Länge und Breite auf dem Grundriß, ohne Kenntnis des Maßstabes, um festzustellen, daß eine der Angaben falsch sein muß. Das Verhältnis L : B auf dem Grundriß ist nämlich ca. 5 : 1, bei der Längenangabe mit 42,6 m aber nur 3 : 1. Dies nur eine Randbemerkung zu dem Umgang mit Quellen.

Nach Skempton-Johnson (1962), die die Grundlagen des 1940 bei einem Luftangriff zerstörten Gebäudes nachgemessen haben, und diese Angaben sind im Einklang mit dem erwähnten Grund- und Aufriß aus dem Archiv von Boulton & Watt, war das siebengeschossige Fabrikgebäude (mit dem Maschinenhaus und einem Vorraum) 72,54 m lang und 14,32 m breit (238 x 47 Fuß). Die Umfassungsmauern waren ca. 0,76 m (30 Zoll) dick. Der eigentliche Fabrikationsstrakt hatte die Innenmaße 63,09 x 12,8 m (207 x 42 Fuß). Die Höhe des siebengeschossigen Gebäudes mit dem Dachgeschoß war etwa 24,7 m (81 Fuß), die lichte Höhe (von Träger zu Träger) war im Erdgeschoß 335 cm (11 Fuß), in den restlichen 305 m (10 Fuß).

Das Traggerüst bildeten Querträger (je zwei gußeiserne Träger à 670 cm = 22 Fuß lang, zusammengefügt mit einer Flanschen- und Schraubenverbindung), aufgestützt auf die Außenmauern und auf zwei gußeiserne Stützen im Abstand von 426,7 cm (14 Fuß), womit auch die Spannweite der Träger gegeben ist. In Längsrichtung war der Abstand zwischen den Trägern und Stützen 274 cm (9 Fuß), und dies war auch die Spannweite der raumteilenden Ziegelgewölbe, im Ansatz auf den breitfüßigen Träger aufliegend.

Abgesehen von den Außenmaßen - das Gebäude war nicht nur wesentlich länger als die bisher bekannten, sondern übertraf diese auch in der Breite - lag das Neue und zum Teil auch Richtungsweisende für die Weiterentwicklung des gußeisernen Hochbaus in den von G. Lee (1761-1821) verwendeten Stützen und Trägern. Im Unterschied zu allen bis dahin verwendeten gußeisernen Stützen (Kreuzquerschnitt und Vollguß) verwendete Lee zylindrische Stützen mit einem Durchmesser von 16,51 cm (6,5 Zoll) im Erdgeschoß und im 1. Stockwerk, und einem Durchmesser von 13,97 cm (5,5 Zoll) in den restlichen. Die Wand der Stützen war 1,9 cm (0,75 Zoll) dick, die Länge der Stützen war, nach Skempton, 297,4 cm (9 Fuß, 2 Zoll), also dieselbe, wie der in Shrewsbury verwendeten. Die Stützen standen, durch eine zylindrische Öffnung in den Trägern geführt, aufeinander. Angesichts des Durchmessers dieser Öffnung (ca. 8,25 cm = 3,25 Zoll) mußte die Verbindung der unteren und oberen Stütze mit einem Zapfen gelöst sein.

An den gußeisernen Trägern ist das Neue ihr Profil, das von dem Shrewsbury'schen Typus abweichend einen deutlichen Schritt zum umgekehrten T-Profil Träger aufweist. Die Überspannung der Breite mit zwei Trägern und ihrer Abstützung mit nur zwei Stützen ist auch ein neues Element. Von der Idee, nur zweiteilige Träger anzuwenden, ließ sich G. Lee auch von Boulton & Watt, die ihm zu dreiteiligen Trägern geraten haben, nicht abbringen. Bemerkenswert ist noch die Einsparung einer, der mittleren Reihe der Stützen. Dies bedeutet pro Geschoß 23 Stützen weniger und zusammen mit der Anwendung von Hohlgußstützen eine beträchtliche Herabsetzung des Eigengewichtes des Gerüsts. Außerdem brachte dies noch den Vorteil, daß in jedem Geschoß drei 4,27 m (14 Fuß) breite und etwa 63 m lange Flächen entstanden sind, also eine für die Aufstellung der Produktionseinrichtungen günstigere Rauteilung. In einem einzigen Punkt blieb dieses Gebäude hinter schon vorhandenen Parametern: es bekam eine Dachkonstruktion aus Holz.

Der Entwurf des Gebäudes, der Gesamtkonstruktion, wie auch der einzelnen Konstruktionselemente stammt von dem Bauingenieur George Lee und nicht von Boulton und Watt. G. Lee befaßte sich seit 1796 mit dem Gedanken, in die Flachsspinnerei einzusteigen, hegte auch den Gedanken, Watt jun. als Partner heranzuziehen und zog die Fa. Boulton & Watt, die die Dampfmaschine liefern sollte, zur Konsultation seiner eigenen Baupläne heran. Weil er ursprünglich an eine Flachsspinnerei dachte, ist es anzunehmen, daß er irgendwann zwischen 1798 und 1800 sich Kenntnisse verschafft hat über das "feuerfeste" Gebäude in Shrewsbury. Die Berichte über Konsultationen mit Boulton & Watt, die im Boulton & Watt Archiv vorliegen, sowie die dort vorhandenen Pläne der Twist Mill verführten W. Fairbairn zur Aussage, daß der Entwurf und die Ausführung von Boulton & Watt stammen. Nach den Forschungsergebnissen Bannisters, Skemptions und Johnsons (1962) und von J. Tann ist aber genau das Gegenteil der Fall gewesen.

G. Lee hat seine eigenen Pläne mit Boulton & Watt konsultiert, die meisten kritischen Einwände (gegen die zweiteiligen Träger und ihre Verbindung) aber nicht akzeptiert; die Pläne im Nachlaß Boulton & Watt - der wichtigsten Quellensammlung für die frühen Fabrikbauten - sind keine Bauprojekte dieses Fabrikgebäudes, sondern Skizzen und Pläne des schon fertigen Gebäudes. Fazit: "Although Boulton & Watts opinions were valued by Lee, on major points their advice was rejected, and on the available evidence it must be said that Boulton & Watt did not play a major role in the design of the Salford Twist Mill" (J. Tann). In Aussagen also, wie sie z.B. zuletzt G. Drebusch 1976 formuliert hat - "auch das erste in der neuen Gußeisentechnik entworfene Fabrikgebäude stammte von zwei Technikern: 1801 konzipierte Watt zusammen mit seinem Kompagnon Matthew Boulton für die Firma Philip & Lee in (Manchester-)Salford eine Baumwollspinnerei" - stimmt mit den Tatsachen

nicht überein. Es ist aber offensichtlich ein sehr mühsamer Weg, allgemein bekannte Tatsachen, mögen sie noch so falsch sein, mittels fundierter Spezialstudien und Monographien (Bannister, Skempton, Tann) aus dem Fachschriftum zu vertreiben.

Nichtsdestominder war die Lee'sche Salford Twist Mill ein sehr wichtiger Schritt für die Verbreitung der gußeisernen Konstruktion in der Textilindustrie, war es doch das erste Fabrikgebäude dieser Art in der Hochburg der Baumwollindustrie, in Lancashire. Mit den schon hervorgehobenen Neuerungen (Stützen aus Hohlguß, größere Breite des Gebäudes und bessere Raumteilung durch nur zwei Stützen pro Träger) schloß dieses Fabrikgebäude die erste Phase der Anwendung des Gußeisens im Hochbau ab.

Zusammen mit dem von Ch. Bage entwickelten Typus der Konstruktion, der bei dem Bau des Fabrikgebäudes in Meadow Lane in Leeds (1802-1803) von ihm selbst, und bei dem Bau der North Mill in Belper (1803-1804) von W. Strutt in einigen Details (Trägerprofil, Verbindung der Träger und Stützen) verbessert wurde, beherrschten diese zwei Arten der Ausführung der gußeisernen Tragkonstruktion für die nächsten etwa 30 Jahre den Fabrikbau in Großbritannien. Obwohl die Gußeisenkonstruktionen im Hochbau bei Fabrikgebäuden oder Fertigungshallen hier und da auch kunstvollere Gestaltungen des neuen Baustoffes hervorgebracht haben (z.B. Stanley Mill in Stonehouse bei Stroud, Gloucestershire - 1813; Haupthalle der Blockmills in dem Royal Naval Dockyard in Portsmouth, gebaut von S. Bentham 1803 bis 1808), blieben diese Formen, die auch Carl Friedrich Schinkel als Architektur akzeptiert hätte, nur die Ausnahme. Hauptsächlich in den industriellen Ballungsräumen, wie in Lancashire und in West Yorkshire, überwog bei den Fabrikgebäuden und Lagerhäusern - gleich welcher Konstruktion - der schlichte und unansehnliche Zweckbau: "Die ungeheuren Baumassen, bloß von einem Baumeister ohne alle Architektur und nur für das nackte Bedürfnis allein aus rotem Backstein aufgeführt" (C.F. Schinkel im Jahre 1826).

Die genaue Anteilquote gußeiserner Bauten an der Masse der Fabrikgebäude auch nur in der Textilindustrie in Großbritannien festzustellen, wird trotz vieler Forschungen über die Textilindustrie kaum möglich sein. Nachdem solche Konstruktionen nicht mehr etwas ganz Neues waren, wurden sie nur mehr in Ausnahmefällen registriert. So z.B. beim Einsturz eines Gebäudes, eine Gefahr, die angesichts des Fehlens sicherer Methoden der Materialkontrolle bei Hohlgußprodukten, also den zylindrischen Stützen, besonders groß war. Beschreibungen der Fabrikgebäude durch Zeitgenossen, Analysen des Kapitalaufwandes in der Textilindustrie und der Kosten von gußeisernen Konstruktionen stützen die Meinung, daß die ganzeisernen Konstruktionen nicht überhand genommen haben, und auch bei Neubauten der 1820er bis 1850er Jahre der Strutt'sche Typus des "feuerfesten" Gebäudes (gußeiserne Stützen, hölzerne Querbalken und Ziegelgewölbe) bevorzugt wurde. So heißt es in einem Brief von Ch.P.W. Beuth an C.F. Schinkel aus dem Jahre 1826: "So ein Kasten ist acht, auch neun Stock hoch, hat mitunter vierzig Fenster Länge und gemeinhin vier Fenster Tiefe. Jeder Stock ist zwölf Fuß hoch, alle sind gewölbt, nämlich mit neun Fuß Spannung der ganzen Länge nach. Die Säulen sind von Eisen. Der Balken, der darauf liegt, auch dabei Seitenwände und Umfassungsmauern wie Kartenblätter, im zweiten Stock nicht zweiundeinhalb Fuß dick". Dies war aber die sogenannte fireproof mill des Strutt'schen Typus (Derby 1792), und aufgrund dessen, was man heute als gesichertes Wissen bezeichnen kann, scheint nicht einmal diese Konstruktion die allgemein verbreitete gewesen zu sein. Ein Handbuch der Bau- und Maschinenkunde für Baumwollfabriken aus 1909, aber auch industrie-archäologische Forschungen aus den 1950er Jahren haben festgestellt, daß die Mehrheit englischer Textilfabriken zwischen 1825 und 1865, bzw. in Preston bis in die letzten zwei Jahrzehnte des

19. Jhs. zwar mit gußeisernen Stützen, aber mit Holzbalkenträgern und Holzdecken gebaut wurde. Im Grunde genommen überrascht dies nicht. Von der Mehrheit der Unternehmer wurden Fabrikgebäude nicht als Protzbauten gebaut, dafür hatte man, wenn das Geld reichte, die eigenen Wohnhäuser bzw. die Geschäftshäuser der Firma in der City. Die neue Konstruktionstechnik kam nur dort zum Zuge, wo sie meistens aus produktionstechnischen Zwängen heraus (z.B. neue Maschinen, die mehr Raum brauchten und/oder eine höhere Belastung der Konstruktion bedeuteten), als unbedingt notwendig schien und auch die Mittel vorhanden waren, um langfristig planen und investieren zu können. Man kann annehmen, daß die Ende des 18. Jhs. nachgewiesenen Mehrkosten von etwa 25 % für eine "feuerfeste" Konstruktion, trotz der Fortschritte in der Eisenproduktion, auch weiterhin bestehen geblieben sind. Dabei waren bei diesen ersten Eisenkonstruktionen der Unternehmer, der Architekt, Bauingenieur und Bauherr dieselbe Person. Solche Fähigkeiten, wie sie Strutt, Bage oder Lee vorgewiesen hatten, kann man aber nicht allen Unternehmern in der Industrie zuschreiben. Für die meisten ging die neue Konstruktionsweise über die Grenzen ihrer Fähigkeiten. Sie hätten sich für eine Eisenkonstruktion sowohl den Entwurf als auch die Ausführung nur gegen Bezahlung besorgen müssen. Auch deshalb war es für sie billiger, beim Alten zu bleiben, bei der Konstruktion, für die Fachleute im eigenen Betrieb vorhanden waren und ggf. auch altes Baumaterial mitverwendet werden konnte. Ein Zeichen mehr, daß der Stellenwert einer Konstruktion für die technische Entwicklung und ihre Verbreitung in der Praxis nicht Hand in Hand gehen müssen.

Fassen wir zusammen: Auf der Suche nach Mitteln zur Verminderung der Feuergefahr in den Textilfabriken mit ihrem zunehmend aufwendigeren Maschinenpark, der wiederum nach mehr Raum für die Aufstellung und Funktion der Maschinen verlangte, griff die Textilindustrie als erste zu dem neuen Baustoff, zum Gußeisen. Die wichtigsten Stationen der Frühgeschichte gußeiserner Konstruktionen im Hochbau für Produktionsanlagen waren:

1. Die Calico Mill in Derby, erbaut 1792/93 von William Strutt mit gußeisernen Stützen, aber Holzquerbalken und mit Ziegelgewölben anstatt der Holzdecken.
2. Die Flax Mill der Fa. Benyon, Bage & Marshall in Castle Forgate in Shrewsbury (Stadtteil Ditherington), gebaut von Charles Bage 1796/1797 - die erste Ganzeisenkonstruktion im Hochbau überhaupt. Gußeiserne Stützen, Träger, Dachstuhl und Fenster, Decken aus Ziegelgewölben, Fußboden aus Ziegelfliesen.
3. Salford Twist Mill der Fa. Philips & Lee in Salford (Manchester), gebaut von George Lee 1799-1801. Konstruktionsmerkmale wie in Shrewsbury, aber erste Anwendung zylindrischer Gußeisenstützen, weitere Spannen der Träger, somit größere Stand- und Arbeitsflächen, wesentlich größere Abmessungen des Gebäudes.

Diese ersten beiden Hochbauten mit gußeiserner Konstruktion (Shrewsbury, Salford) waren kein echter Eisenskelettbau. Die Umfassungsmauern waren ein wesentlicher Bestandteil des Tragwerkes. Ihre Bedeutung liegt darin, daß sie im Hochbau dem neuen Baustoff Gußeisen, dessen Heimat bislang nur der Brücken- und Kanalbau war, zum Durchbruch verholfen haben, durch das neue Tragwerk den Weg zur zweckmäßigeren Raumgestaltung öffneten und damit fast für die ganze erste Hälfte des 19. Jhs. richtungweisend gewesen sind. Cum grano salis waren sie auch Vorläufer des Montagebaus aus vorgefertigten Teilen: die gußeisernen Bestandteile mußten mit genauen Abmessungen industriell gefertigt werden. In welchem Maße sie das ursprünglich angestrebte Ziel, die Erhöhung der Feuersicherheit erfüllt haben, ist schwer festzustellen. Die Eliminierung freistehender Holzteile, also der Stützen, wurde offensicht-

lich als die wichtigste Änderung aus dieser Sicht aufgefaßt, was auch die häufige Anwendung der Strutt'schen Konstruktion (Derby 1792/93) im 19. Jh. zu beweisen scheint.

Neben der Chronologie der ersten Gußeisenkonstruktionen im Hochbau hat die Forschung der letzten dreißig Jahre auch die Biographie zurechtgerückt. Der Architekt und Bauingenieur der ersten Gußeisenkonstruktion waren weder W. Strutt, noch Boulton & Watt, sondern der frischgebackene Unternehmer in der Flachsspinnerei und Privatgelehrte auf dem Gebiet der Ingenieurbauten, Charles Bage. Und der viel und mit Recht bewunderte Fabrikbau der Salford Twist Mill geht auf die Rechnung der Fachkenntnisse von George Lee und sollte in Zukunft auch ihn, und nicht Boulton & Watt schmücken, die es ohnehin nicht nötig haben, auch mit fremden Federn geziert zu werden. Die Vielseitigkeit von W. Strutt, Ch. Bage und G. Lee paßt sehr gut in diese Zeit der ersten Phase der Industriellen Revolution, als Grundkenntnisse in mehreren Wissensgebieten noch Vorrang hatten vor der Spezialisierung. Gepaart mit einigem Wohlstand, der die Muße für solche "Nebenbeschäftigungen" sicherte, reichte ein solches solides Grundwissen bei einigen Persönlichkeiten aus, um auf mehreren Gebieten Überdurchschnittliches zu leisten.

Noch weniger Überraschend wirkt, daß die genannten Leistungen auf dem Gebiet der Anwendung von Eisenkonstruktionen im Hochbau ausgerechnet in der Textilindustrie hervorgebracht worden sind. Schließlich war es die Spinnerei, in der die Umwälzung der herkömmlichen Produktionstechnik begonnen hat, die ein wesentliches Merkmal der Industriellen Revolution war. In der Textilindustrie kam es zuerst zum massenhaften Einsatz von Arbeitsmaschinen und zur Zentralisierung der Produktion in Fabriken, die aber in der herkömmlichen Konstruktionsweise einer weiteren Zentralisierung alsbald im Wege standen. Anders als z.B. im Eisenhüttenwesen konnte man hier nicht unter Schuppen oder auch Hallen flüchten, in denen der Wind aus und ein ging. Um die neue Technik gewinnbringend einsetzen zu können, brauchte eben die Textilindustrie wie keine andere Gebäude, die neben ebenso guten statischen Eigenschaften wie die alten, ein Mehr an Stellfläche und Arbeitsraum und auch an Sicherheit für die kostspieligen Einrichtungen (und weniger für die Menschen) boten. Kein Wunder also, daß sich eben in der Textilindustrie einige Unternehmer über neue Konstruktionen mehr den Kopf zerbrochen haben, als die in dem Bauwesen oder in dem Eisenhüttenwesen tätigen, für Anregungen sensibler waren und schließlich auch die Lösung gefunden haben.

Anmerkungen

- Ashmore, O., Industrial Archaeology of Lancashire, Newton Abbot, 1969.
Bannister, T., The First Iron-Framed Buildings; in: Architectural Review, 107 (1950).
Benevolo, L., Geschichte der Architektur des 19. und 20. Jahrhunderts (1960), DTV Ausgabe 1978.
Chapman, S.D., Fixed Capital Formation in the British Cotton Manufacturing Industry; in: Aspects of Capital Investment in Great Britain 1750-1850 (ed. Higgins-Pollard), London 1971.
Condit, C.W., Buildings and Construction; in: Technology in Western Civilization (ed. Kranzberg-Pursell) Bd. I, New York 1967.
Drebusch, G., Industrie-Architektur, München 1976.
Fairbairn, W., On the Application of Cast and Wrought Iron to Building Purposes, London 1854.
Giedion, S., Space, Time and Architecture Cambridge (Mass.) 1967, Glas und Eisenkonstruktionen des 19. Jhs. in Großbritannien. Bericht

- Über ein Seminar und eine Exkursion im WS 74/75. TH Darmstadt, Fachbereich Architektur Darmstadt 1975.
Gloag, J. - Bridgwater, D., A History of Cast-Iron in Architecture, London 1948.
Hamilton, S.B., The Use of Cast-Iron in Building; in: Transactions of the Newcomen Society XXI (1941/42). Building and Civil Engineering Construction; in: Singer Ch.u.a. (Hgg.), A History of Technology, Bd. IV, Oxford 1958.
Meyer, A.G., Eisenbauten. Ihre Geschichte und Aesthetik. Esslingen 1907.
Pacey, A.J., Earliest Cast-Iron Beams; in: Architectural Review, 145 (1969).
Rimmer, W.G., Castle Foregate Flax Mill, Shrewsbury Transactions Salop Arch. Society LVI 1957-58.
Schädlich, Ch., Das Eisen in der Architektur des 19. Jahrhunderts. Beitrag zur Geschichte eines neuen Baustoffes. Habilitationsschrift Weimar 1966.
Skempton, A.W. - Johnson, H.R., William Strutt's Cotton Mills 1793-1850; in: Transactions of the Newcomen Society, 30 (1955-1957). The First Iron Frames; in: Architectural Review, 131 (1962).
Skempton, A.W., The Origin of Iron Beams; in: Actes VIII International Conference of the History of Science, vol. 3, Florence 1956.
Tann, J., The Development of the Factory, London 1970.
Treue, W. - Pönicke, H. - Manegold, K.H., Quellen zur Geschichte der Industriellen Revolution, Göttingen 1966.