

Zur Einordnung der Stahlkonstruktionen von Schupp und Kremmer

Einleitung

„Klarheit der Struktur setzt nicht nur konstruktives Verständnis voraus, sondern auch die Fähigkeit, ihre charakteristische Ordnung zu entwickeln. Es besteht zwar die Freiheit, eine beliebige Struktur zu wählen; hat man sich aber einmal entschieden, so besteht Freiheit nur noch innerhalb der von ihr gesetzten Grenzen. Diese Grenzen zu erkennen und die Struktur dem gemäß zu entwickeln, ist die Grundbedingung jeder architektonischen Arbeit.“¹

Ludwig Hilberseimers Aussage trifft auf Fritz Schupp und Martin Kremmer und vor allem auf ihre Bauten im Revier zu. Die Entscheidung, Zechenbauten nicht mehr massiv in Stahlbeton und/oder in Mauerwerk, sondern in Stahl zu bauen, war in den 1920er Jahren des 20. Jahrhunderts durchaus zeitgemäß, und auch andere Architekten folgten diesem allgemeinen Trend. Wie schon oft zitiert, zeichneten sich Schupp und Kremmer jedoch durch eine seltene Konsequenz aus, die Grenzen dieser Bauweise auszuloten und über Jahrzehnte hinweg zur gestalterischen Perfektion auszubauen – in einem Maße, die man in Deutschland sonst nur mit Hans Hertlein, dem Erbauer der Siemensstadt in Berlin, vergleichen kann.

Die Stahlfachwerkbauweise, die Schupp und Kremmer für die Fassadenkonstruktionen ihrer Bauten gewählt haben, hat im Detail sicher auch ihre baukonstruktiven Schwächen, sie war aber optimal für die zu lösende Aufgabe und vor allem für die Entwicklung der charakteristischen Ordnung in Form einer anpassungsfähigen und trotzdem klaren Struktur. Es wird im Einzelnen noch zu klären sein, was unter dem Begriff „Stahlfachwerk“ in diesem Zusammenhang

zu verstehen ist, wie er sich konstruktiv und baugeschichtlich einordnen läßt.

Ein ganz wesentlicher Aspekt ist auch die Art und Weise, wie Schupp und Kremmer mit den jeweiligen Betriebsingenieuren der Zechen und mit den Bauingenieuren der Bauunternehmen zusammengearbeitet haben. Insbesondere für Schupp muß dies essenziell gewesen sein, da er darüber mehrfach Vorträge gehalten und publiziert hat.^{2,3} Es ist bezeichnend bei ihm, daß er in Bezug auf die Ingenieure eine ganz andere, eher partnerschaftliche Haltung einnimmt als beispielsweise Peter Behrens, der sich stark in Konkurrenz mit den Bauingenieuren durchzusetzen versuchte.⁴ „... gerade solche Aufgaben ...fordern, mehr als manche andere, von ihm die künstlerische Fähigkeit, die Gegebenheiten in eine höhere Ordnung zu bringen. Der Ingenieur stellt die verschiedenen Bauten der Zeche, Behälter, Eisengerüste, Massivbauten nebeneinander in der Reihenfolge ihrer betrieblichen Funktion. Sache des Architekten ist es, sie zusammen zu ordnen.“⁵ Schupp versuchte nicht Dominanz auszuüben, er versuchte eher die Arbeit des Ingenieurs zu ergänzen und zu veredeln. „Der Architekt kann also sehr wohl verschönern, wenn er es aus den technischen Voraussetzungen heraus tut, die ihm der Ingenieur an die Hand gibt, um dessen Werk zu fördern und zu steigern.“⁶ „Und... der Ingenieur ist doch der gewinnende Teil, wenn es gelingt, in gemeinschaftlicher Arbeit seine Leistungen so heraus zu stellen, daß sie als Werke der Baukunst anerkannt und beachtet werden.“^{7,8}

Zollverein 12 wurde zu einem Zeitpunkt errichtet, als der Stahlbau in Deutschland in einem starken Wandlungsprozeß begriffen war. Etwa um 1930 wurde der Übergang von den Niet- zu Schweißkonstruktionen eingeleitet, und zwar auch bei dynamisch

1 Hilberseimer, Ludwig, 1956, in Oswald, Grube: 100 Jahre Architektur in Chicago, München 1974.

2 Schupp, Fritz: Architekt und Ingenieur im Industriebau, Berlin 1933.

3 Schupp, Fritz: Architekt gegen oder und Ingenieur, Berlin 1929.

4 Dicleli, Cengiz: Ingenieurporträt Karl Bernhard, in deutsche bauzeitung, 6/2000, S. 116 ff.

5 Schupp (Anm. 2), S. 34.

6 Ebd., S. 13.

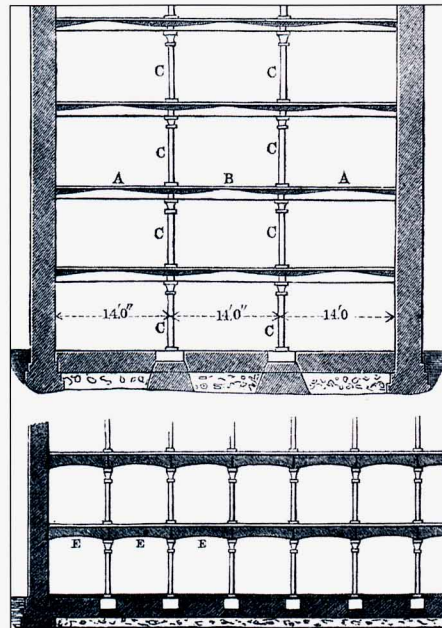
7 Schupp (Anm. 3), S. 9.

8 Selbstverständlich müssen diese Aussagen immer in Kenntnis der historischen Zusammenhänge verstanden und relativiert werden, als Bemühungen der Architekten, sich im Industriebau zu etablieren. Es darf auch hier nicht übersehen werden, daß die Baugeschichtsschreibung es bislang oft versäumt hat, auch die Leistungen der Ingenieure als Beitrag zur Baukunst zu verstanden und zu würdigen.

beanspruchten Tragelementen wie Brücken oder Fördergerüsten. Man ging dazu über, große und weitgespannte Träger nicht mehr aus einzelnen Stäben zu Fachwerken zusammensetzen, sondern aus vollwandigen Blechen zu schweißen. Ebenfalls um diese

Folgenden werden diese Aspekte in kurzen Zügen aufgezeigt, um die Konstruktionen der Übertagebauten besser einordnen zu können.

Abb. 1 Schnitt durch ein siebenstöckiges Gebäude mit gusseisernen Stützen und Trägern, England, 1801



9 Gatz, Konrad und Hart, Franz: Stahlkonstruktionen im Hochbau, München 1966, S. 27.

10 Werner, Frank und Joachim Seidel: Der Eisenbau, Berlin 1992, S. 15, Bild 2.4.

11 Giedion, Siegfried: Raum, Zeit, Architektur, Ravensburg 1965, S. 140.

12 Larson, Gerald, R.: Der Eisenskelettbau: Entwicklungen in Europa und den Vereinigten Staaten, S. 39 ff., in Zukowsky, John (Hg.): Chicago Architecture 1872-1922, München 1987.

Zeit wurden die Stahlqualitäten genormt und korrosionsträge Stahlsorten entwickelt. All diese Neuerungen finden in den Zollvereingebäuden ihren Niederschlag, was zusätzlich zur Bedeutung dieser bemerkenswerten Architektur beiträgt.

Der Einzug des Eisens im Bauwesen

Bei den Konstruktionen des Büros Schupp und Kremmer spielen die in der Fassade sichtbaren Stahlprofile als Gestaltungs- und Ordnungsmittel eine bedeutende Rolle. Das Zeigen des Stahlskeletts, tragend oder nicht-tragend, und die Art der räumlichen Aussteifung der Gebäude, Rahmen oder Diagonalverbände, haben in der Entwicklung des Stahlskelettbaus und des modernen Bauens weltweit eine spannende Evolution erfahren. Ebenso hat die Art des Brandschutzes eine gestaltbestimmende Rolle gespielt. Im

England, Frankreich und die Vereinigten Staaten

Obwohl Eisen schon seit dem Altertum bekannt war, wurde es beim Bauen lange nur zu untergeordneten Zwecken verwendet. Erst 1767 mit der Herstellung der ersten Eisenbahnschienen in England und mit der gußeisernen Brücke Abraham Darbys in Coalbrookdale 1775-79 (vgl. S. 226, Abb.1) hielt das Eisen Einzug ins Bauwesen. Träger und Stützen aus Eisen waren eigentlich schon durch die gußeisernen Deckenbalken im Marmorpalast in St. Petersburg und gußeisernen Säulen bei einer Empore in der St. Anna Kirche in Liverpool 1770 bekannt geworden.⁹ 1799 bis 1801 erbauten Matthew Boulton und James Watt, der Erfinder der Dampfmaschine, die wegen ihrer Konstruktion berühmt gewordene Baumwollspinnerei in Salford, Manchester (Abb. 1). Um mehr Platz für die Aufstellung der neu entwickelten Baumwollspinnmaschinen zu schaffen, wurden die bis dahin üblichen dicken Holzkonstruktionen durch schlankere gußeiserne Balken und Stützen ersetzt.¹⁰ Ein anderer Beweggrund war die Nichtbrennbarkeit von Eisen, die die Bauherrn zu der falschen Annahme verleitete, daß eiserne Konstruktionen feuersicher wären.¹¹ Diese Bauweise mit den gemauerten Außenwänden und eisernen, später stählernen Balken und Stützen im Innern, hat die Industriebauten im ganzen 19. Jahrhundert beherrscht.

Die Metallkonstruktionen blieben lange im Innern der Gebäude versteckt, teils aus Gründen der Feuersicherheit, teils wegen der Architekturtradition. Beispielsweise waren in Paris noch bis 1878 mindestens 50 cm dicke massive Außenwände vorgeschrieben, so daß der Einsatz von Eisen und Stahl in den Fassaden nicht erlaubt war. In Portsmouth in England war das Eisenskelett schon 1844 beim Bau einer Feuerwache nach außen gedungen. Die Verschärfung der Bauvorschriften machten noch im selben Jahr auch dort der Verwendung von Eisen in der Fassade ein Ende.¹²

Gerade die Angst vor Feuer hat 1847 in New York den Maschinenfabrikanten James Bogardus veranlaßt, ein vierstöckiges Gebäude zu entwerfen, „dessen Fassaden aus Glas und feuerfestem Gußeisen“ bestehen sollten.¹³ Er erfand eine Bolzenverbindung für den biegesteifen Anschluß der Träger an die Stützen. So konnte man aufgrund der Rahmenwirkung auf die Diagonalverbände oder Scheiben aus Mauerwerk verzichten (vgl. Abb. 17).

1853 errichtete Victor Baltard in Paris die Markthallen, das erste wirklich freistehende Eisenbauwerk Frankreichs. Auch hier wurde die Stabilität des Gebäudes durch eine biege- steife Verbindung der Träger mit den Stützen realisiert.

Ein Jahr später begann James Bogardus in New York, Bauten mit reinen eisernen Fassaden herzustellen (Verlagshaus Harper & Brothers), bis die großen Brände in Boston und Chicago in den 1970er Jahren den Eisenfassaden ein Ende setzten.

Die Grundlagen für den Stahlskelettbau, wie wir ihn heute kennen, wurden mit dem Bau eines viergeschossigen Bootshauses auf der Marinewerft in Sheerness (England) 1860 geschaffen. Schmiedeeiserne Träger wurden auf gußeiserne Säulen mit I-Querschnitten genietet, wodurch wiederum biegesteife



Abb. 2 Louis Thalheimer, Immeuble Commercial, Paris 1894

13 Ebd., S. 40.

14 Ebd., S. 46.

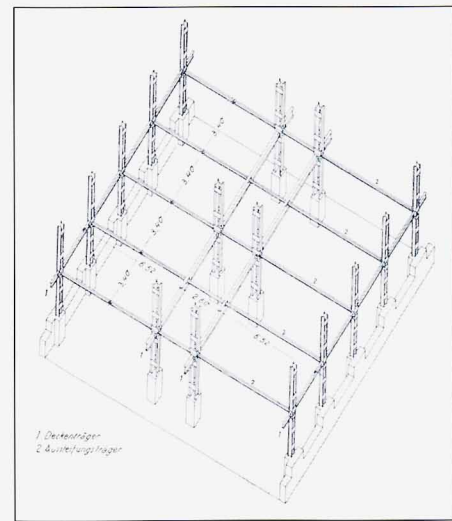
Ecken erzeugt werden konnten. Das Gebäude war nicht ummauert, sondern mit Glas und Wellblech verkleidet.

1863 sorgte in Paris Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, der lange Zeit gegen sichtbares Eisen in den Fassaden polemisiert hatte, mit seinem Atlas für Aufsehen, in dem er den farbigen Entwurf für ein Appartementhaus veröffentlichte. Die Außenwände des Bauwerkes waren mit sichtbaren eisernen Stützen und Diagonalverbänden versehen, obwohl dies in Paris damals bauaufsichtlich nicht zulässig war. Die Ausfachung bestand aus farbigen Terrakottaziegeln (Abb. 3). Wenige Jahre später (1869-72) wurde diese Vorstellung in der Nähe des Dorfes Noisiel, südlich von Paris, vom Architekten Jules Saulnier und vom Ingenieur Moissant realisiert, die für die Schokoladenfirma Menier ein dreigeschossiges Gebäude errichteten, dessen Fassade mit sichtbaren Diagonalverbänden ausgestattet war (vgl. S. 231, Abb. 7). In dem Jahr, in dem die Schokoladenfabrik fertiggestellt wurde, veröffentlichte Viollet-le-Duc den zweiten Band seines Atlas *Etretiens sur l'architecture* und beschrieb bereits die theoretischen und technischen Grundlagen des Eisenskelettbaus: „Für einen Architekten dürfte die Vorstellung nicht abwegig sein, ein großes Gebäude zu errichten, dessen Gerüst zu verkleiden und es mit einem Schutzmantel aus Stein zu versehen.“¹⁴ Ab dieser Zeit war auch in Paris der Weg geebnet, das Traggerippe nach außen zu zeigen und auf das verkleidende Mauerwerk teilweise oder ganz zu verzichten (Abb. 2, 5). Um 1878 wurde das Pariser Baugesetz tatsächlich verändert und erlaubte nunmehr die Anwendung des von außen sichtbaren Eisenskeletts in der Fassade. Gustave Eiffel errichtete die Grand Magasins du Bon Marché mit zum Teil über fünf Geschosse reichendem sichtbarem Schmiedeeisenskelett.

Abb. 3 Viollet-le-Duc, Ansicht eines Pan de Fer-Appartementhauses, Paris 1863

Zu diesem Zeitpunkt war man in Amerika, was die Konsequenz im Skelettbau angeht, noch nicht so weit wie in Frankreich. Nach den beiden Großfeuern 1871 und 1874 wurden in Chicago die Bauvorschriften bezüglich des Brandschutzes sogar noch verschärft. Zwei Architekten aus Chicago, Peter B. Wight und William Drake, entwickelten ein Feuerschutzsystem für Skelettbauten, wobei sie die Eisensäulen mit porösen Terrakottasteinen ummantelten. Die dann auf dieser Grundlage entwickelten Skelettsysteme in Chicago zeichneten sich dadurch aus, daß die Ausmauerungen der Fassaden und die Feuerschutzverkleidungen vollständig vom Eisenskelett getragen wurden und somit den wirklichen Anfang des Skelettbaus bedeuten.

1879 baute William Le Baron Jenney sein First Leiter Building, das als erstes Werk der First Chicago School of Architecture gilt, noch mit tragendem Mauerwerk und hölzernen Deckenbalken. Auch bei dem Home Insurance Building, das Jenny 1884 fertig stellte, waren die ersten drei Geschosse aus



tragendem Mauerwerk. Die oberen sieben Stockwerke wurden mit rechteckigen Gußeisensäulen versehen, die mit Beton gefüllt und mit Ziegeln ausgemauert waren. Erst 1889 ist es William Holabird und Martin Roche mit dem zwölf geschossigen Tacoma Building gelungen, das erste wirkliche Vollskelett zu realisieren. Die Ummauerung der Stützen wurde vom Stahlskelett getragen.

Den Höhepunkt des Stahlskelettbaus in den USA markiert Mies van der Rohe, der in Deutschland schon in den 1920er Jahren des 20. Jahrhunderts bemerkenswerte Entwürfe für visionäre Stahl-Glas-Gebäude veröffentlicht hatte. Nach seiner Umsiedlung nach Chicago um 1938 nahm er die dort bereits stagnierende Entwicklung im Stahlskelettbau wieder auf. Was die Auseinandersetzung bezüglich des tragenden Skeletts und der hüllenden Fassade anbetrifft, sind die Hochschulbauten für das Illinois Institute of Technology wohl die wichtigsten. Die Lösungen, die dort entwickelt wurden, verwendete er in abgewandelter Form in vielen seiner späteren Bauten weiter (Abb. 6, 7). So hat Mies die Möglichkeiten dieser Bauweise mit den vorgehängten bzw. vor- und zwischen die Tragstruktur gestellten Fassaden ausgelotet und zur Architektur erhoben. Die Besonderheit dieser Lösung besteht unter anderem darin, daß die tragenden Stützen an der Gebäudeecke indirekt gezeigt werden, auch wenn sie wegen des Brandschutzes

Abb. 4 Hans Hertlein, Wernerwerk Hochbau, perspektivische Darstellung der Tragkonstruktion, 1928

Abb. 5 Georg Chedanne, Rue Reamur 124, Paris 1904





sten. Der Wegfall der Transmissionsaggregate hatte unmittelbare Einwirkungen auch auf die Konstruktion und die Architektur der Industriebauten. Befreit von den dynamischen Lasten, mußte das Tragwerk nicht mehr so massiv ausgelegt werden. Leichtere Stahlkonstruktionen führten zu höheren, helleren und geräumigeren Hallenbauten. Die

Abb. 6 Mies van der Rohe, Gebäude des IIT in Chicago, 1945-46

in Beton verpackt sind und sich nur durch die vorgeschaltete Stahlplatte nach außen vermitteln können. Die sonst noch an der Fassade sichtbaren Stahlpfosten erreichen die Fundamente nicht, sie hören vielmehr im Mauerwerk auf. Es wird erlebbar, daß diese Pfosten keine primären Tragfunktionen haben.

Die Entwicklung in Deutschland

Der erste Skelettbau in Deutschland, der den oben geschilderten Bedingungen entsprach, soll das „Elblagerhaus“ in Magdeburg gewesen sein.¹⁵ Er wurde 1890 fertig montiert und hatte runde gußeiserne Kellerstützen. Alle anderen Stützen und Unterzüge bestanden aus genieteten Blechträgern.

Im Industriebau ging in Deutschland um diese Zeit eine ganz entscheidende Veränderung vor. Henning Rogge hat darauf hingewiesen, daß mit der Umstellung vom Transmissionsbetrieb auf den elektrischen Einzelantrieb von Maschinen gegen Ende des 19. Jahrhunderts eine Neuorganisation der Arbeitsabläufe und der Fabrikationsbedingungen eingeleitet wurde.¹⁶ Die Kraft einer Dampfmaschine, die als Energiequelle diente, mußte bis dahin mit Hilfe von mechanischen Übertragungselementen wie Räder, Wellen und Riemen bis an die einzelnen Maschinen herangeführt werden. Dies hatte zur Folge, daß die Decken- und Dachkonstruktionen der Produktionsbetriebe auch diese Elemente mit aufnehmen mus-

maßgeblichen Impulse im Industriebau kamen in Berlin am Anfang des 20. Jahrhunderts sicher von der rasanten Entwicklung der Elektroindustrie. Die Großmaschinenfabrik der AEG in Wedding, die 1895/96 errichtet wurde, dürfte in dieser Hinsicht der eigentliche Meilenstein bei dieser Entwicklung gewesen sein, und nicht unbedingt die berühmt gewordene AEG-Turbinenhalle, die erst zehn Jahre später fertiggestellt wurde.

Es gibt sehr viele Skelettbauten mit vorge-



Abb. 7 Mies van der Rohe, IIT-Gebäude, Ecklösung, 1986

¹⁵ Die Bautechnik/Stahlbau, Berlin 19 (1941), S. 23, zitiert in (10).

¹⁶ Rogge, Henning: Fabrikwelt um die Jahrhundertwende, Köln 1983.

Abb. 8 Hans Hertlein, Siemens Schaltwerkhochhaus, Baubeginn 1916



hängen oder vorgestellten Fassaden aus Mauerwerk, die in den 1920er und 1930er Jahren in Deutschland gebaut wurden. An ihnen kann man die unterschiedlichen Lösungen der Umhüllung studieren, um die von Schupp

hochhaus (1916) (Abb. 8) sowie der 1928 fertig gestellte Wernerwerk-Hochbau von Hertlein (s. Abb. 4) sind bekannte Beispiele dieser Gattung. Bei der chemischen Fabrik von Hans Poelzig in Luban (1911) (Abb. 9) erkennt man jedoch nicht ohne weiteres, daß sich hinter den massiven Mauerwerkwänden eine stählerne Tragkonstruktion verbirgt.¹⁸

Etwa am Anfang des zweiten Jahrzehnts des 20. Jahrhunderts begannen Architekten in Deutschland verstärkt, ausgemauerte Fachwerkfassaden aus Stahl von außen sichtbar vor die tragende Stahlkonstruktion zu stellen; so wie 1911 bei dem Wasserturm von Poelzig in Posen (Abb. 10) und ebenfalls 1911 bei der Porzellanfabrik von Behrens in Henningsdorf. Die Verwandtschaft mit den Fassaden von Schupp und Kremmer ist bei der Stoßstromprüfanlage von Hertlein aus dem Jahre 1927 am deutlichsten zu erkennen (Abb. 11).

und Kremmer gewählten Konstruktionen besser zu verstehen. Angesichts der Tatsache, daß die beiden Architekten von 1922 bis 1945 auch ein Büro in Berlin hatten und dort auch gebaut haben, darf angenommen werden, daß der Berliner Industriebau Einfluß auf Schupp und Kremmer gehabt haben muß.

Bei den meisten Skelettbauten aus dem ersten Viertel des 20. Jahrhunderts wurde die Tragkonstruktion nach außen hin nicht gezeigt; sie wurde durch vorgestellte Mauerwerks- und Glasfassaden umhüllt. Man kann vielfach nicht erkennen, daß es sich hier nicht um Massivbauten handelt. Oft wurde die hinter dem Mauerwerk versteckte Skelettstruktur durch eine entsprechende Gliederung der Fassaden nach Außen angedeutet. Die besten Beispiele lassen sich in der „Siemensstadt“, bei der die Architekten Karl Janisch und Hans Hertlein maßgeblich beteiligt waren, und bei den Bauten der AEG studieren.¹⁷ Das mehrgeschossige „Kleinbauwerk“ (für Schalter, Steckdosen und Fassungen) von Janisch, mit dessen Bauarbeiten um 1905 begonnen wurde, bestand aus einem Stahlskelett mit aus I-Profilen zusammengesetzten und an der Fassade vollständig eingemauerten Rahmenstützen. Auch das Wernerwerk II von Janisch und Hertlein für die Fabrikation von Meßinstrumenten (1916) und das Schaltwerk-



Abb. 9 Hans Poelzig, Chemische Fabrik in Luban, 1911

Abb. 10 Hans Poelzig, Wasserturm in Posen, 1911



17 Ribbe, Wolfgang und Schäche, Wolfgang, Die Siemensstadt, Berlin, 1985.

18 Hinter den Wänden mit rechteckigen Fenstern verbirgt sich ein Stahlskelett, bei den Bereichen mit Bogenfenstern handelt es sich um einen Massivbau.

Ein Bauwerk in Dortmund Bövinghausen sticht in diesem Zusammenhang ganz besonders hervor: Die Maschinenhalle der Zeche Zollern 2/4, das Werk des Architekten Bruno Möhring und des Bauingenieurs Reinhold Krohn (vgl. S. 76, Abb.5). Bei dem 1902 fertig gestellten Bauwerk, dessen stählerne Tragkonstruktion zum Teil noch Jugendstilverzierungen aufweist, liegt die Ausmauerung in der Ebene der tragenden Konstruktion, die im Gegensatz zu den Zollverein Gebäuden dadurch innen und außen voll sichtbar bleibt. Die aussteifenden Diagonalstäbe, die sonst in die Konstruktionsachse gelegt werden, mußten wegen der Ausmauerung ebenfalls innen und außen angeordnet werden.

Die konstruktiven Voraussetzungen in Deutschland um 1930

Insbesondere im Stahlbau sind die Verbindungsmittel und Verbindungen für die Wirtschaftlichkeit und Sicherheit von Konstruktionen von großer Bedeutung. So wie man zu Beginn des Eisenbaus bereits bekannte Tragsysteme des Holzbaus eingesetzt hatte, wurden für die Verbindungen ebenfalls Verbindungsarten des Holzbaus und des Schmiedehandwerks gewählt: Nieten, Schrauben, Feuerverschweißung, Keile und Klemmen. Hat man sich bei gußeisernen Konstruktionen wegen der Sprödigkeit des Materials für Schraubverbindungen entschieden, so setzten sich mit der Zunahme von Walzprofilen Nietverbindungen, später Schweißverbindungen durch, wobei die Schrauben als Verbindungsmittel vor allem für die Montage nach wie vor unverzichtbar waren.

Schraub- und Nietverbindungen

Schrauben waren bei Verbindungen im Holzbau schon vor dem 18. Jahrhundert bekannt und wurden mit der Entwicklung von Stahlkonstruktionen auch im Stahlhochbau eingeführt. Sie konnten sich durch die theoretischen Untersuchungen von Karl Culmann und August Ritter in den 1860er Jahren des 19. Jahrhunderts sogar gegen die

Nietverbindungen für eine Weile behaupten. Da die Schrauben teurer waren als Nieten und die damaligen Verbindungen erhebliche Nachteile hatten, wie selbständiges Lösen (da zunächst ohne Unterlagscheiben eingesetzt) und Klappern bei Brückenkonstruktionen (da noch keine Passschrauben), setzten sich ab dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts die Nietverbindungen durch. Die Schrauben wurden nur eingesetzt, wenn Nietverbindungen örtlich nicht durchführbar waren oder die Lösbarkeit Voraussetzung war. Im Jahre 1918 erschien in Deutschland DIN 75 für Sechskantschrauben mit metrischem Gewinde, 1939 wurde ein „Schraubenbuch“ veröffentlicht.¹⁹ Das Warmnieten war aber trotz des hohen Arbeitsaufwands (es waren vier Arbeiter erforderlich) ab etwa 1840 die vorherrschende Verbindungsart im Stahlbau. Nietverbindungen sind sehr sicher, weil sie sich leicht und übersichtlich berechnen und jederzeit problemlos überprüfen lassen. Trotz der Weiterentwicklung der Niettechnik und des Einsatzes von Preßluftschlämmern und hydraulischen Nietmaschinen ließ sich die Leistung jedoch nicht über etwa 100 Nieten pro Stunde steigern. Dennoch haben sich die Nietverbindungen bis in die 1950er Jahre des 20. Jahrhunderts erfolgreich gehalten. Seit der Ablösung der Niettechnik sind Schrauben die wichtigsten punktförmigen Verbindungsmittel im Stahlbau.

¹⁹ Vgl. Werner (Anm. 10), Ziff. 8

Abb. 11 Hans Hertlein, Siemens Stoßstromprüfanlage, 1927

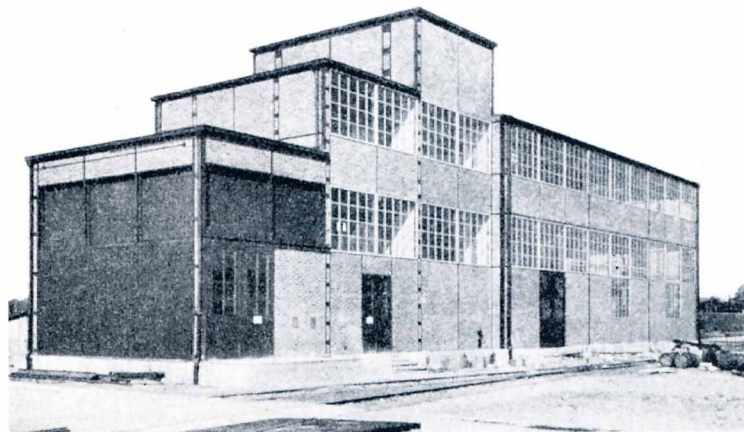
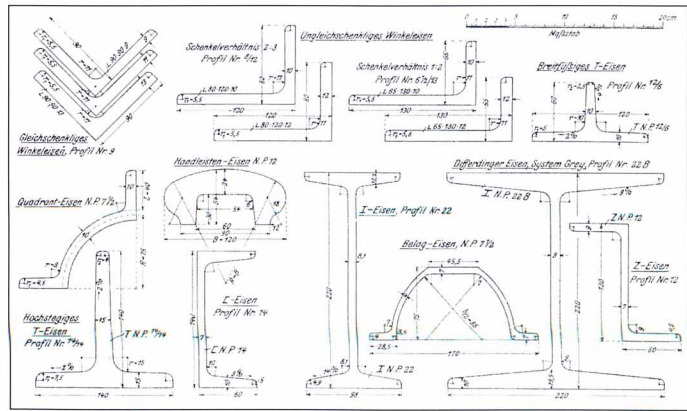


Abb. 12 Walzprofilssortiment um 1920

Schweißverbindungen

Das erste deutsche Patent für Lichtbogenschweißen – ein Schmelzschweißverfahren mit Hilfe von Elektroden – wurde 1887 einem russischen Ingenieur zuerkannt.²⁰ Etwa um 1890 kam die Gasschweißung (Autogenschweißung). Wegen erheblicher



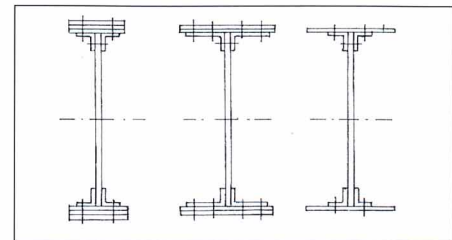
20 Ebd.

Sicherheitsbedenken vornehmlich bei dynamischen Lasten (Brückenbau) verzögerte sich der Einsatz von Schweißverbindungen in Deutschland bis 1929. Erst 1931 wurde die erste vollständig geschweißte Eisenbahnbrücke auf der Strecke Münster-Osnabrück in Betrieb genommen. Bis Ende 1932 wurden in Deutschland schon etwa 30 bis 40.000 t Stahlkonstruktionen mit Schweißnähten hergestellt.²¹ Die Wirtschaftlichkeit der Schweißverbindungen im Vergleich zu Nietverbindungen resultiert aus der Gewichtsersparnis (15 - 25 %), weil die Nietlochabzüge, die Überlappung der Bleche oder Knotenbleche bei Fachwerkkonstruktionen wegfallen oder kleiner sind. Auch die Bearbeitung im technischen Büro ist bei geschweißten Konstruktionen weniger aufwendig als bei genieteten, wo praktisch jedes Niet berechnet und gezeichnet werden muß.

21 Ebd.

(T-, I-, [- und J-Formen) (Abb. 12). Bereits 1876 wurden auf der Pariser Weltausstellung 1,0 m hohe Walzträger vorgestellt. Berechnungsverfahren standen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts zur Verfügung. Um Profile mit größeren Höhen herzustellen, oder wenn Träger mit veränderlicher Höhe benötigt wurden (z.B. für Rahmenstiele), konnten sie durch Schrauben, Nieten oder Schweißen aus Blechen und J-Profilen zusammengestellt werden (Abb. 13, 14). Beim Zusammenschweißen von Gurt- und Stegblechen von I-Profilen traten jedoch Probleme auf. Die Bleche verformten

Abb. 13 Genietete Trägerquerschnitte

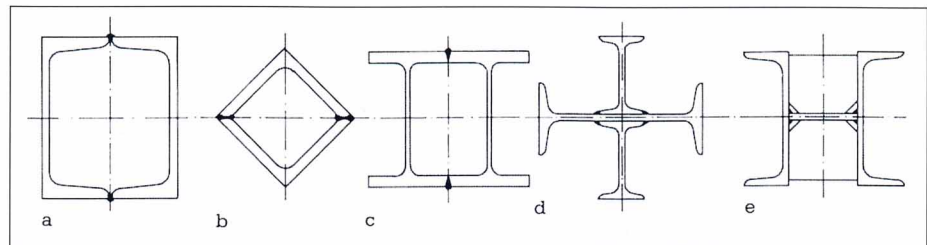


Trägerquerschnitte

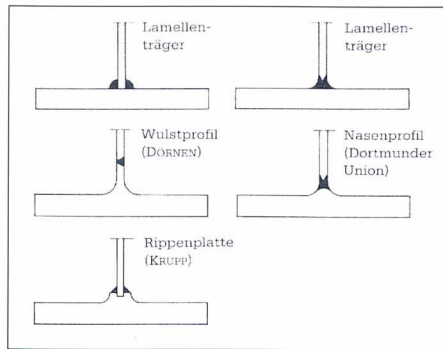
Die ersten I-Profile wurden in Deutschland um 1858 gewalzt. 1880 kam das „Deutsche Normalprofilbuch“ für Walzeisen heraus

sich infolge ungleichmäßiger Erwärmung und es entstanden sogenannte Schrumpfspannungen. Damit beim Schweißen die

Abb. 14 Geschweißte Stützenquerschnitte



Stegbleche genau mittig auf den Gurtblechen sitzen und die Schweißnaht etwas Abstand vom Gurtblech hat, entwickelten die Stahlbaufirmen verschiedene Lösungen: Die „Nasenprofile“ der Firma Dortmunder Union, die „Wulstprofile“ von Dörnen und die „Rippenplatten“ von Krupp (Abb. 15). Solche Profile wurden selbstverständlich auch bei den Zechenbauten eingesetzt.



Material

Die Zuständigkeiten der Länder und Gemeinden bezüglich der Materialwerte (z.B. zulässige Spannungen) waren in Deutschland lange nicht geklärt, so daß diese Schwankungen unterworfen waren. Eine allgemeingültige Regelung über die Stahlgüten wurde in Deutschland erst 1925 festgelegt, wobei auch einheitlich der Begriff „Stahl“ mit der Abkürzung „St“ eingeführt wurde. Es gab den Baustahl St 37 mit der Mindestzugfestigkeit 37 kg/mm² und einen höherwertigeren Stahl St 48. 1937 wurde St 48 durch St 52 ersetzt, der bereits seit 1928 als Werkstoff für genietete Brücken eingeführt war.

Korrosionsschutz

Gußeisen war wegen seines hohen Kohlenstoffgehalts weniger korrosionsgefährdet als Stahl. Rostschutzanstriche mit Leinöl als Bindemittel gab es schon im 19. Jahrhundert. Sehr geeignet waren die bleihaltigen Grund- und Deckanstriche, die ebenfalls Leinöl als Lösungsmittel hatten. Feuerverzinken, womit man bekanntlich den besten Korrosionsschutz erreichen kann, war bei den

Zechenbauten bis in die 1960er Jahre des 20. Jahrhunderts wegen der Größe der Konstruktionsteile entweder kaum möglich oder zu teuer. Zudem führte das notwendige Ausbessern der bei der Montage beschädigten Stellen durch Spritzverzinken nicht zur erwünschten Qualität. So forderte 1962 Dieter Schupp, der Sohn von Fritz Schupp, die Stahlhersteller auf, „einen Baustahl mit widerstandsfähiger Außenhaut“ (wetterfester Stahl) zu entwickeln.²² Dabei gab es in Deutschland seit etwa 1928 gekupferte Stahlsorten mit hoher Korrosionsfestigkeit quasi als Vorläufer des wetterfesten Stahles. Der ‚Union-Baustahl‘ der Vereinigten Stahlwerke AG, Dortmund, kann wegen seiner besonderen Legierung als erster wetterfester Stahl bezeichnet werden. Jedoch wurden diese Legierungsbestandteile, im Wesentlichen Chrom und Kupfer, 1940 wegen der Kriegsbewirtschaftung limitiert und somit die Korrosionsbeständigkeit dieser Stähle herabgesetzt. Seltsamerweise hat sich an diesem Umstand auch nach dem Kriege bis heute noch nichts geändert.²³

Zollverein 12 in Essen-Katernberg

Einige Anmerkungen zu den Stahlkonstruktionen²⁴

In der Einleitung wurde darauf hingewiesen, daß bei der Planung der Schachtanlage Zollverein 12 zwischen den Architekten und den Ingenieuren eine klare Arbeits- und Kompetenzteilung bestand. Die technischen

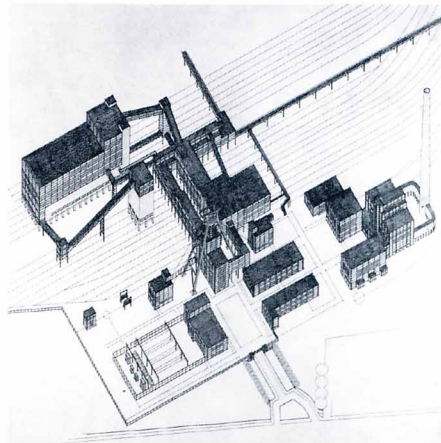


Abb. 16 Fritz Schupp und Martin Kremmer, Isometrische Darstellung der Anlage Zollverein 12

²² Schupp, Dieter: Fördertürme in Stahl- und in Stahlbetonbauweise, in Glückauf, bergmännische Zeitschrift, 9/1962, S. 473.

²³ Fischer, Manfred: Ist der heute im Stahlbau verwendete Baustahl optimal? in Stahlbau 71, 2002, S. 13 ff.

²⁴ Die technischen und konstruktiven Angaben stammen aus der Veröffentlichung von Dipl.-Ing. Zoepke: Geschweißte Konstruktionen bei den Übertagebauten einer Großschachtanlage, in: Der Bauingenieur; 1932; Heft 21/22, S. 297 ff.

Abb. 17 Möglichkeiten der Aussteifung von Skelettbauten, Prinzipskizze

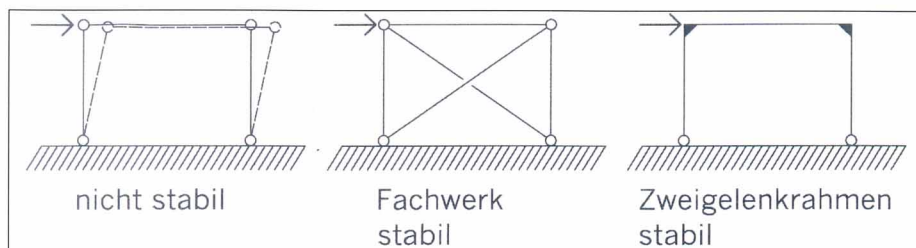
25 Schupp (Anm. 3), S.22.

26 Zoepke (Anm. 24)

27 Als „tragend“ bezeichnet man solche Elemente, die außer sich selbst auch die Lasten anderer Bauteile tragen, während „nichttragende“ Elemente vorwiegend ihr eigenes Gewicht tragen. „Skelettbauten“ haben praktisch keine tragenden Wände; die vertikalen Deckenlasten werden mittels Stützen an die Fundamente abgeleitet. Da die stabilisierenden Wände fehlen, müssen an bestimmten Stellen des Skeletts entweder wieder Wände oder Diagonalverstrebenungen bzw. biegesteife Rahmen angebracht werden, um die mit der Gebäudehöhe wachsenden Windlasten abzuleiten.

28 Vgl. Anm. 27

Abb. 18 Holzfachwerkhaus mit tragenden und mit Mauerwerk ausgefachten Wänden



Anlagen wurden nach Maßgabe der von den Ingenieuren vorgegebenen Abläufe geordnet, dabei blieb der Inhalt der einzelnen Gebäude unangetastet. Allen Anlagen wurde dann eine gemeinsame Hülle – das „Eisenfachwerk“ – übergestülpt.²⁵ Was die tragende Konstruktion anbetrifft, ist die Einflussnahme des Architekten nur bei den von außen sichtbaren Konstruktionen, wie z.B. bei den Fördertürmen, nachhaltig spürbar, während die vom „Eisenfachwerk“ umhüllten Tragkonstruktionen eher den ausführenden Firmen überlassen wurden (Abb. 16). Dipl.-Ing. Zoepke aus Dortmund berichtete 1932 in einer Veröffentlichung²⁶ über die Konstruktionen der Anlage Zollverein 12 in Essen-Katernberg. Schupp hat zu dieser Veröffentlichung des Ingenieurs bemerkenswerterweise eine Einleitung geschrieben. Er lobt dabei die gute Zusammenarbeit mit der ausführenden Firma (Dortmunder Union), wobei der Bauingenieur, ähnlich wie heute,

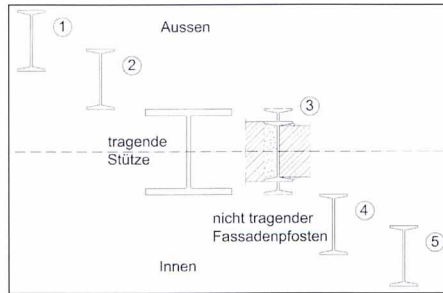
ganz nüchtern die Tragkonstruktion, die statischen Systeme und die Bauausführung beschreibt. Schupp beendet seine Einleitung mit dem respektvollen Satz: „Die hierbei entwickelten konstruktiven Einzelheiten behandelt die nachfolgende Darstellung aus der Hand des entwerfenden Ingenieurs“, womit die Zuständigkeiten und Kompetenzen eindeutig ausgedrückt sind.

Der Ausdruck „Fachwerk“ bedarf in diesem Zusammenhang einer Erklärung. Ursprünglich stammt er aus dem Holzbau, bei dem man tragende Wände aus Balken, Stützen und Diagonalverstrebenungen aus Holz zusammengesetzt hat, die dann mit „nichttragendem“ Mauerwerk „ausgefacht“ wurden (Abb. 18). Als man ab dem 19. Jahrhundert anfang, Eisen und Stahl als tragende Elemente einzusetzen, war es nahe liegend, diese lange erprobte Bauweise zunächst zu übernehmen. Bei einer solchen Fachwerk wand befinden sich die „tragenden“²⁷ und die „nichttragende“ raumabschließenden Elemente in derselben Ebene.

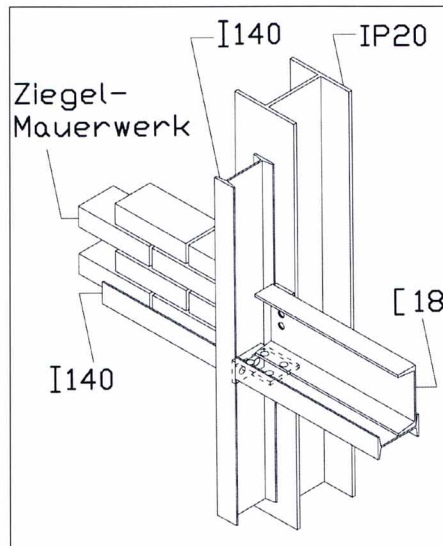
Eine weitere Möglichkeit, ein Stahlskelett zu stabilisieren, besteht darin, die Verbindungen zwischen den Stützen und den horizontalen Trägern biegesteif auszuführen (Abb. 17).

Die „Eisenfachwerke“, die von Schupp und Kremmer eingesetzt wurden, unterscheiden sich von den oben erläuterten Fachwerkwänden insofern, als sie außer ihrem eigenen Gewicht und den horizontalen Windlasten keine anderen Gebäudelasten übernehmen müssen, d.h. an der Lastabtragung der Hauptkonstruktion (Skelettkonstruktion) nicht beteiligt sind. Sie bestehen lediglich aus einer Umrahmung aus I- oder J-Profilen aus Stahl, die mit Mauerwerk, Verglasung oder geeigneten Plattenwerkstoffen ausgefüllt („ausgefacht“) sind²⁸ (Abb. 19). Die Größe der einzelnen Felder der Ausfachung wird durch die Intensität der Windbelastung begrenzt,

weil die 12 cm starke Ziegelwand die auf ihre Fläche einwirkenden Windlasten an die Skelettkonstruktion ableiten können muß. Bei größeren Höhen wurde die Ausfachung wegen der Zunahme des Winddrucks mit zusätzlichen Bewehrungsstäben in den Fugen verstärkt. Die Ausmauerung bestand ursprünglich aus 12 cm starken Ziegeln, die in 14 cm hohe [- oder I-Profile eingelegt wurden; eine



damals durchaus allgemein übliche Lösung, die auch einige Nachteile hatte. Im Bergsenkungsgebiet waren Risse im Mörtelbett nicht zu vermeiden,²⁹ wodurch Wasser leicht in die Kammer der Stahlprofile eindringen konnte (Abb. 20). Die erheblichen Korrosionsschäden führten zu einer Korrektur. Man wählte später 12 cm hohe Profile, füllte deren Kammer mit Mörtel aus und konnte so die Ziegelausfachung bündig ausführen (Abb. 21, 22, 23).



Das ‚Eisenfachwerk‘ konnte weitgehend unabhängig vom Raster des jeweiligen Tragsystems vor oder in die Ebene der Tragstruktur gestellt oder gehängt werden und konnte dadurch den inneren betrieblichen Erfordernissen gut angepaßt werden, da man diese Felder je nach Bedarf offen lassen, ganz oder teilweise verglasen, mit Wärmedämmung versehen bzw. auch zweischalig ausführen konnte. Schupp blieb diesem Prinzip fast 30 Jahre lang treu, bis in den 1960er Jahren Trapezbleche, großformatige Platten und Sandwichelemente als Dach- und Fassadenabdeckung sich auf dem Markt durchgesetzt hatten.

Die gesamte Anlage ist überwiegend in Flußstahl 37 erbaut. Lediglich für die stärker korrosionsgefährdeten Teile, wie z.B. das Fördergerüst und die Verbindungsbrücken, wurde der so genannte „Patinastahl“ St 37 mit 0,35 % Kupferzusatz verwendet. Für das untere Gestell der Wäsche und des Feinkohlen-



29 Busch, Wilhelm: Stahlfachwerkarchitektur, der Beitrag des Bergbaus zur modernen Architektur, in Biecker, Johannes; Buschmann, Walter: Bergbauarchitektur, Bochum 1986, S. 115-134

Abb. 19 Möglichkeiten der Anordnung der nichttragenden Fachwerkfassaden in Bezug auf die tragende Konstruktion

Abb. 20 Korrosionsschaden bei nichtbündiger Ausführung von Stahlprofil und Mauerwerk bei Fachwerkänden

Abb. 21 Typisches Fassadenteil bei der Zeche Zollverein 12

turms wurden bis zu einer Höhe von 17,30 m Stahlbetonrahmen gewählt, weil man damals noch der Meinung war, daß für diese extrem hoch belasteten Bauteile die Verwendung von Stahl zu riskant wäre. Für die Hallen sah man Zwei- und Dreigelenkrahmen vor. Das Dach und die Zwischenböden sind massiv ausgeführt. Diese Scheiben übertragen die Windlasten auf die verschiedenen Rahmen und Windverbände. Sämtliche Transportbrücken wurden wegen den zu erwartenden Bodensenkungen als Balken auf zwei Stützen mit je einem festen und einem beweglichen

Abb. 22 Vertikal- und Horizontal-schnitt durch zweischalige Stahl-fachwerkwand mit Dämmplatte

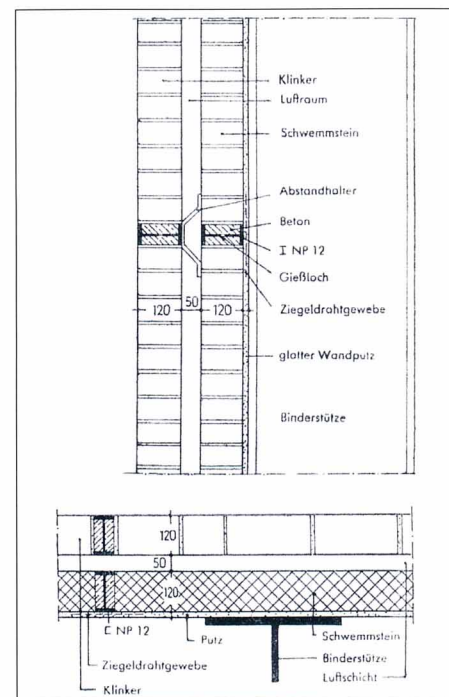
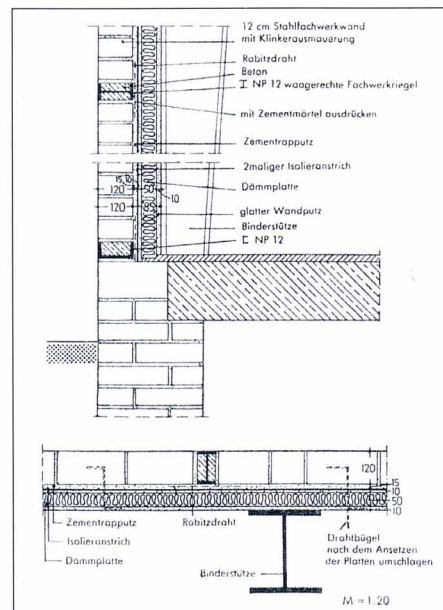
30 Vgl. Anm. 24

Abb. 23 Vertikal- und Horizontal-schnitt durch Stahlfachwerkwand mit Dämmplatte

Abb. 24 Der untere Rahmenteil des Eckturms

Lager ausgebildet. Für die unteren Teile der Ecktürme wurden geschweißte Rahmen gewählt (Abb. 24).

Die großen Rahmenkonstruktionen mit bis zu 110 cm hohen Riegeln waren ursprünglich als genietete Konstruktionen konzipiert. Man hat sich aus wirtschaftlichen Erwägungen (Gewichtersparnis) doch für eine geschweißte Konstruktion entschieden. Dipl.-Ing. Zoepke vermutet bei seiner Veröffentlichung³⁰, daß sie die größte Schweißkonstruktion war, die bis dahin in Europa bei einem Bauvorhaben ausgeführt worden war. Die einzelnen Teile wurden in der Werkstatt in transportablen Größen zusammenschweißt und auf der Baustelle nach dem Zusammenbau genietet, nur die Rahmen des Kohleneckturms wurden verschraubt. Heute



jedoch wegen der dynamischen Lasten doch noch nicht getraut, es ganz zu schweißen. Zoepke berichtet, daß nach Abschluß der im Gang befindlichen Untersuchungen die Zeit nicht mehr fern sei, wo man auch die Fördergerüste geschweißt ausführen wird, was sich selbstverständlich schon längst bewahrheitet hat.



Die Stahlkonstruktion wurde von den Werken Dortmunder Union und Wanheim der Vereinigte Stahlwerke A.G. geliefert und montiert. Die Schweißarbeiten führte die Gesellschaft für Elektroschweißung mbH. Dortmund aus.

geht man im Stahlbau praktisch genauso vor mit dem Unterschied, daß die Teile bei der Montage nicht genietet, sondern geschraubt werden. Bei dem Fördergerüst hat man sich