

DIE EISENKONSTRUKTIONEN FÜR DACHSTUHL UND MITTELTURM DES KÖLNER DOMES

Herbert Eller

Der Kölner Dom um 1840

Der Kölner Dom ist das größte gotische Bauwerk Deutschlands. Mit dem Bau wurde 1248 unter Erzbischof Konrad von Hochstaden begonnen. Die Leitung hatte Baumeister Gerhard. Der Chor wurde 1322 geweiht. Danach geriet der Baueifer langsam ins Stocken und kam gegen 1560 völlig zum Erliegen. Bis zu diesem Zeitpunkt waren außer dem Chor, Teile des Querschiffes und des Langhauses und ein größerer Abschnitt des südlichen Westturmes gebaut. Erst in der Romantik wurden Stimmen laut, einmal das Bauwerk vor dem Verfall zu retten und zum ändern sogar die Vollendung anzustreben. Friedrich Schlegel und Sulpiz Boisserée seien hier besonders genannt. Letzterer schuf zusammen mit Architekturzeichnern und Kupferstechern etwa 1823 ein umfassendes Tafelwerk für die Vollendung des Bauwerkes. Um diese Zeit wurde dann auch mit den Wiederherstellungsarbeiten begonnen. Im Jahre 1842 erfolgte die Grundsteinlegung für den Weiterbau des Domes, nachdem bereits im Jahre 1840 mit Unterstützung des damaligen preußischen Königs Friedrich Wilhelm IV. der Kölner Domverein gegründet worden war. Mit dem Entschluß zum Weiterbau des Domes begann gleichzeitig die Diskussion über die Konstruktion und den Werkstoff für den Dachstuhl und vor allem für den Mittelurm.

Eisenkonstruktion als neues Konstruktionselement

Nachdem es Jahrhunderte unumstritten war, solche Konstruktionen in Holz bzw. in Stein und Holz zu errichten, kam nunmehr auch der Werkstoff Eisen in die Diskussion. Die erste gußeiserne Brücke mit ca. 31 m Spannweite war bereits 1773-1779 über die Saverne bei Brosely in Ostengland errichtet worden. Weitere Brücken in Gußeisen folgten, so z.B. die Brücke über den Wear bei Wearmouth bei Sunderland mit ca. 72 m Spannweite.

Das Gußeisen hatte jedoch zwei wesentliche Nachteile, die es gegenüber dem später entwickelten Schmiede- und Schweißisen ins Hintertreffen brachte. Einmal zeigte es sich schon sehr bald, daß Gußeisen sehr spröde war. Es konnte keine nennenswerten Zugspannungen aufnehmen und zeigte vor allem bei Kälte eine Bruchgefahr, eine Sprödebruchgefahr, wie man heute sagen würde. Zum anderen sah man schon sehr bald, daß gußeiserne Konstruktionsteile gegenüber geschmiedeten bzw. gewalzten erheblich schwerer waren und so zu einer Materialverschwendung führen.

Die große Zeit der Eisenkonstruktionen begann damit eigentlich erst zu Beginn des 19. Jh., als es möglich wurde, nach der Einführung von eisernen Böden in Puddelöfen durch Baldwin Rogers im Jahre 1780 größere Mengen von Eisen in besserer Qualität, nämlich als reines Schmiedeeisen zu erzeugen. Die Erfindung der gußeisernen Furchenwalzen durch Cort im Jahre 1783 ergab dann auch schon bald die Möglichkeit, Stabeisen, welches zunächst geschmiedet wurde, zu walzen. Verwendet wurden die Stabeisen bzw. Formeisen zunächst für den Eisenbahnbau, und zwar für Wagen, Schienen und Brücken.

Die eisernen Brückenkonstruktionen ergaben den Anstoß zur Einführung der Eisenkonstruktion in den Hochbau. Bislang war Eisen nur für Nebenkonstruktionen, wie z.B. für Verankerungen, wie z.B. 537 bei der Sophienkirche zu Konstantinopel und 643 bei der Moschee des Sultans

Amer in Alt-Kairo, und für Sicherungsringe für Kuppeln, z.B. 1523 für die Markuskirche in Venedig oder 1580 für den Petersdom in Rom, eingesetzt worden.

Als man um 1840 bis 1850 Überlegungen über die Werkstoffe für die Dachkonstruktion und die Konstruktion des Mittelturmes des Kölner Domes anstellte, gab es in Deutschland, Frankreich, Österreich und England schon Beispiele ausgeführter eiserner Konstruktionen. Z.B. 1820 wurden die Turmspitzen der Kathedrale von Rouen als Eisenkonstruktion aus Gußeisen ausgeführt, 1828 baute Georg Moller den östlichen Vierungsturm des Mainzer Domes in Eisenkonstruktion. Verfallerscheinungen hatten diesen Neubau nötig gemacht.

Georg Moller entwarf hierfür einen Turm mit einer spitzbogigen Kuppel in Schmiedeeisen auf achtseitiger Mauer. Die Dachkonstruktion bestand aus 66 schmiedeeisernen Rippen, die an der Bodenfläche 26 Zoll voneinander entfernt waren. Spannweite und Höhe dieser Kuppel betrugen jeweils 43 Fuß. Die Hauptsparren bestanden aus Flacheisen, etwa 1 Zoll breit und 10/12 Zoll dick. Diese Hauptsparren wurden mit sogenannten Reifen gehalten; auf diesen Reifen waren die Zinktafeln befestigt. Das Eisenwerk wog zusammen ca. 26.500 Pfund. Diese Kuppel mußte jedoch bereits 1870 abgebrochen werden. Die tragenden Teile des Mauerwerkes befanden sich in einem derartig schlechten Zustand, daß auch eine Verstärkung nicht mehr möglich war. Neben dem schlechten Bauzustand stand die Moller-Kuppel jedoch sehr stark im Mittelpunkt der Kritik. 1868 schrieb z.B. das Mainzer Wochenblatt im Zusammenhang mit Überlegungen, den schlechten Zustand des östlichen Vierungsturmes zu beheben, "wohl könne man dem Ruin noch einige Jahre vorbeugen, wer aber rechtfertige die Ausgaben, wo es sich um die Konservierung später gotischer Anbauten handelt, welche in dem Gesamtbild der östlichen prachtvollen Fassade der Kirche ein fremdartiger Bestandteil und durch die halb-orientalische Blechkuppel Mollers mit dem Stempel einer Geschmacksverirrung behaftet sind." Bereits 1854 lagen Entwürfe für einen Neubau der Dachkonstruktion des Daches dieses östlichen Vierungsturmes vor, u.a. einer von Zwirner, der ebenfalls eine Kuppel vorschlug.

Die Spitze des Stephandomes in Wien wurde 1841 aus Guß- und Schmiedeeisen gebaut. Anscheinend wußte man zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht, oder der Baumeister hat Erfahrungen nicht ausreichend berücksichtigt, daß Eisen und Steine sich bei Wärmeausdehnung unterschiedlich verhalten. Deshalb ging der Zusammenhang zwischen Mauerwerk und Eisenkonstruktion sehr bald verloren. Die Eisenkonstruktion der Turmspitze des Stephandomes in Wien aus dem Jahre 1841 mußte deshalb ebenfalls bald abgetragen werden. 1849 wurde von Corès/Cibon das I-Eisen eingeführt, welches 1857 auch erstmals in Deutschland bei Phoenix gewalzt wurde. 1850 wurde in London der Kristallpalast mit 3.500 t Gußeisen und ca. 500 t Schmiedeeisen gebaut und 1854 der Glaspalast in München.

Die erste Verwendung des Z-Eisens soll aus dem Werke der Cölnischen Maschinenbau Aktiengesellschaft in Bayenthal für die Herstellung eiserner Brücken für die Ruhr-Sieg-Bahn erfolgt sein.

Die Überlegungen von Zwirner für die Werkstoffwahl für die Dach- und Mittelturmkonstruktion konnten sich somit auf ausgeführte Beispiele und bereits gemachte Erfahrungen abstützen.

Zwirner machte im Jahre 1855 auch eine Reise nach Frankreich, um dort eiserne Dachkonstruktionen von Kirchen zu studieren. In Rouen war der Mittelsturm der Kathedrale aus Eisen, in Chartres die Dachkonstruktion, nachdem das Holzdach 1836 abgebrannt war, und in Notre Dame in Paris ebenfalls die Dachkonstruktion.

Dachstuhl und Mittelsturm

Viele Baudenkmäler des Mittelalters sind im Laufe der Zeit durch Brände zerstört worden. Beim Brand der mit großem Aufwand errichteten eichenen Dachkonstruktionen wurden in der Regel nicht nur diese zerstört, sondern auch die meisten nur 6 Zoll dicken Kappengewölbe. Diese konnten den einstürzenden Holzmassen beim Brand keinen Widerstand entgegensetzen. So pflanzten sich oft die Brände bis ins Innere der Kirchengebäude fort. Hinzu kam, daß hölzerne Dachstühle auch aus Gründen der Verwitterung oft nur eine begrenzte Lebensdauer hatten. Auch das Dach und die Dachkonstruktion über dem Chor des Kölner Domes befanden sich Mitte der ersten Hälfte des 19. Jh. infolge mangelhafter Unterhaltung der Bleieindeckung in einem derartig schlechten Zustand, daß noch vor Beginn des Weiterbaues des Domes das Dach des Chores erneuert werden mußte, um die Gewölbe vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Im Zusammenhang mit dem Weiterbau des Domes stellte sich somit zwangsläufig auch die Frage nach dem Material für den Dachstuhl. Während im Mittelalter die Verwendung von Eisen für den Bau von Dachstühlen noch nicht üblich war - das Eisen war zu kostbar - gab es jedoch zu der Zeit, als man sich mit dem Weiterbau des Kölner Domes befaßte, genügend Beispiele, die zeigten, daß Eisen sehr gut als Konstruktionsmaterial für Brücken und Dächer eingesetzt werden konnte. Hinzu kam, daß auch die neueren Erschmelzungsverfahren größere Mengen Eisen als früher lieferten. Dies ist zunächst jedoch nur relativ zu verstehen, da z.B. eine der ersten eisernen Brücken, die Brücke von Coalbrookdale in England, mit ca. 380 t Gußeisen damals die Jahresproduktion eines Hüttenwerkes verschlang.

Neben dem Vorteil der größeren Feuersicherheit spielte bei der Entscheidung für eine eiserne Dachkonstruktion über Lang- und Querschiff des Domes auch eine Rolle, daß diese leichter war und daß sogar kostenmäßig geringe Vorteile für eine Eisenkonstruktion sprachen.

"Druck, Zug und Schub lassen sich durch eine Eisenkonstruktion am besten unter Kontrolle bringen und halten - selbst bei Stürmen!" Auch dies ist ein Beitrag von Zwirner in der Debatte, als er für den eisernen Dachstuhl plädierte. Da Nachteile in architektonischer Hinsicht oder in kunstästhetischer Beziehung, wie Voigtel es ausdrückte, nicht bestanden, war die Entscheidung für eine Dachkonstruktion in Eisen relativ schnell gefallen. Zwirner gelang es hierbei, eine Flachdachkonstruktion, wie sie Schinkel im Jahre 1834 zunächst geplant hatte, mit Hilfe des damaligen Kronprinzen Friedrich-Wilhelm zu Fall zu bringen. Während die Entscheidung zugunsten des eisernen Dachstuhles somit relativ leicht fiel, beanspruchten die Überlegungen, in welchem Material der Vierungsturm oder Mittelsturm auszuführen sei, einen längeren Zeitraum bis zu ihrer Entscheidung. Aus der vorhandenen Bausubstanz war zunächst nicht zu ersehen, ob die Errichtung eines Mittelturmes überhaupt in den alten Bauplänen vorgesehen war. Vor allem wiesen die beiden westlichen Chorpfeiler keine Konstruktionen auf, die auf eine spätere Aufnahme eines Mittelturmes hindeuteten. Es waren nur die Gurtungen für die spätere Gewölbekonstruktion vorhanden. Hinzu kam weiter, daß sich diese beiden vorhandenen Vierungspfeiler in einem denkbar schlechten Zustand befanden. Sie hatten nicht nur im Laufe der Zeit sehr gelitten, sondern schienen schon von Anfang an nicht mit der nötigen Sorgfalt gebaut worden zu sein, die Bedingung ist, wenn große Lasten abgetragen werden sollen. Es war deutlich erkennbar, daß sich die 150 Fuß hohen Mauermassen bewegt hatten. Noch im Jahre 1826 mußten Verankerungen in die Pfeiler in Höhe der Hauptlager für die Gewölbe eingezogen werden, um die ausweichenden Gewölbepfeiler zusammenzuhalten.

In die Behandlung der technischen und architektonischen Fragen war die Königlich-Technische Baudeputation zu Berlin eingeschaltet. Von dort wurden neben genauen Ausbauplänen für den Mittelturn auch Belastungsversuche für die zur Verwendung gekommenen Steine gemacht. Diese ergaben eindeutig, daß ein massiver Mittelturn allein wegen seines Gewichtes nicht realisierbar war. Hinsichtlich der Frage, ob überhaupt ein Mittelturn gebaut werden sollte, berichtet Zwirner wie folgt:

"Die oben angeregte prinzipielle Frage, ob überhaupt ein Mittelturn als ein integrierender Teil zum Profile des großen Ganzen gehörig über der Kreuzvierung als deren organische Ausläufer errichtet werden müsse, wurde vom architektonisch-ästhetischen Standpunkt aus und nach Analogie ähnlicher Baudenkmale aus derselben Kunstepoche bejahend entschieden."

Zwirner hatte für die entscheidende Sitzung am 18.6.1853 vier Entwürfe vorgelegt.

Entwurf I: Skizze von Zwirner im Gespräch mit Friedrich-Wilhelm, um zu zeigen, daß ein Mittelturn auf die Vierung gehört, wie z.B. auch in Notre Dame, Paris, ausgeführt.

Entwurf II: Massiver Turm mit viereckigem Unterbau - aus der Kreuzvierung hervorgehend - und achteckigem Mittelturn, der als Eisenkonstruktion möglich gewesen wäre.

Entwurf III: Ein vollkommen massiver Turm.

Entwurf IV: Ein Mittelturn in Eisenkonstruktion mit achteckigem Grundriß.

Alle Entwürfe und Skizzen wurden als "genau im Stil des Domes im ganzen und einzelnen mit gehöriger architektonischer Sachkenntnis behandelt" anerkannt. Die massiven Lösungen mußten jedoch ausscheiden. Eine in Erwägung gezogene Lösung, nach der bei Entwurf II der untere viereckige Teil aus Stein, der darüberliegende achteckige bis zur Spitze hin in Eisen vorgesehen war, wurde wieder fallengelassen, "da eine solche Lösung einer organischen Entwicklung des Turmes aus der Vierung heraus widersprechen würde".

"Die Errichtung eines sogenannten Dachreiters, welcher nach dem Entwurf IV ganz aus Metall hergestellt, als ein schmückender Bestandteil des Daches ausgebildet, würde dagegen dem Gebäude zur trefflichen Zierde gereichen. Gegen die Ausführung könne weder in ästhetischer noch in künstlerischer noch in konstruktiver Hinsicht ein Bedenken aufgestellt werden."

Nach weiteren Beratungen und Untersuchungen hinsichtlich der "rückwirkenden Festigkeit des Steinmaterials" (heute Druckfestigkeit) hat die Königlich-Technische Baudeputation dann am 19.12.1854 endgültig den Entwurf II verworfen und den Entwurf IV zur Ausführung vorgeschlagen. Im Bericht Zwirner heißt es dann weiter: "Des Königs Majestät haben demnach durch die oben aligierte Kabinettsorder (vom 4.4.1855) für den Bau des Mittelturnes den Entwurf Nr. IV allerhöchst zu genehmigen und die speziellen Ausarbeitungen des Bauplanes zu befehlen geruht."

Die Dachkonstruktion auf dem Lang- und Querschiff des Domes besteht im wesentlichen aus den 32 Hauptbindern, die im Abstand von ca. 12 Fuß angeordnet sind. Hinzu kommen die vier Kehlsparren der Vierung des Daches. Das wesentliche Bauelement der Hauptbinder, die aus den Sparren, den Tragbögen und den Verbindungsstäben bestehen, ist ein gewalztes I-Eisen mit einer Materialdicke von einem halben Zoll. Der horizontale Schenkel ist $4 \frac{3}{4}$ Zoll breit, der vertikale Schenkel $3 \frac{1}{2}$ Zoll hoch (ausschließliche Dicke des horizontalen Schenkels). Wenn auch

die Konstruktion des Hauptbinders nach heutigen Maßstäben sicher etwas ungewöhnlich ist, so ist das einheitliche Profil für alle Stäbe des Binders fertigungstechnisch jedoch als sehr modern anzusehen. Der Grund liegt sicher weniger in einer besonderen Berücksichtigung der Fertigung, als in dem Herstellungsverfahren der gewalzten Stäbe.

Die einzelnen Binder sind untereinander durch jeweils 9 Pfetten auf jeder Dachseite, verschiedene Kehlträger und in jeder Dachebene zwei Verbände aus Rundisen gehalten. Die Rundisenverbände haben Spannschlösser und können somit vorgespannt werden. Die Pfetten, die in der Ausschreibung noch als Winkelprofile ausgewiesen waren, wurden nach Durchbiegungsversuchen im späteren Lieferwerk in I-Profile geändert. Sie haben einen Abstand von etwa 5 Fuß und sind auf den Bindern auf gußeisernen Pfettenstühlen aufgelagert. Die Pfetten dienen den kleinen Sparren, bestehend aus Vierkanteisen $1 \frac{3}{4}$ Zoll dick, als Auflager. Diese kleinen Sparren haben einen Abstand von ca. $2 \frac{1}{4}$ Fuß. Die Dacheindeckung besteht aus $\frac{5}{4}$ Zoll dicken Tannenbrettern mit einer Bleiabdeckung von 5 Pfund pro Fuß², das sind $2 \frac{1}{2}$ kg pro Fuß² oder 22,96 kg pro m² Gewicht und entspricht einer Dicke von 2 mm. Auf dem Firsteisen, einem I-Profil, ist der 4 Fuß hohe Dachkamm befestigt, dessen Ornamentik aus Zink mit einer Wanddicke von $2 \frac{1}{2}$ Linien (ungefähr 5,25 mm) gegossen ist. Um eine elektrochemische Zersetzung zu verhindern, wurden die Zwischenräume zwischen den Eisenstangen und der Ornamentik mit Asphalt ausgegossen.

Die Pfetten haben, um eine zwanglose Längenänderung infolge von Temperatureinflüssen zu ermöglichen, Langlöcher. Man kannte damals somit schon die enormen Kräfte, die Eisenkonstruktionen entwickeln, die in ihrer Längenänderung gehindert sind. Es lagen ja auch schon negative Erfahrungen, z.B. in Wien, vor.

Der Dachreiter oder Mittelturn hat eine Höhe über dem Laufgang von 200 Fuß und einen lichten Durchmesser von 25 Fuß. Die Eisenkonstruktion ist auf den vier großen Gurtbögen der Vierung aufgesetzt, die bei einer Dicke von 4 Fuß 2 Zoll ein Quadrat von 41 Fuß einschließen. In den 4 Ecken der Kreuzvierung sind zusätzlich zur Ergänzung des Achteckes vier kleinere Bögen aus Stein eingebaut, damit die Füße der 8 Rohrstützen im Unterteil der Eisenkonstruktion ein volles Auflager haben.

Die Eisenkonstruktion des Mittelturnes besteht von unten aus gesehen aus 8 Rohrstützen (ca. 26 Fuß hoch), 8 Rechteckquerschnitten (ca. 40 Fuß hoch), 8 Fünfeckquerschnitten (ca. 34 Fuß hoch) und 8 sich verjüngenden Gitterstäben (ca. 100 Fuß hoch). Die 8 Rohrstützen stehen unter 70° geneigt und sind unten und oben in gußeiserne Säulenfüße bzw. Säulenköpfe eingelassen. Die Rohre wurden in Dammgruben stehend gegossen, haben einen Durchmesser von $20 \frac{1}{2}$ Zoll, eine Wanddicke von 2 Zoll. Sie wurden auf beiden Seiten, um eine bessere Kraftübertragung zu erreichen, abgedreht. Die Rohrkonstruktion ist durch zwei horizontale Gurtungen und durch schmiedeeiserne Verbände gehalten, die eine Verdrehung der Rohrkonstruktionen verhindern.

Die von den Rohrstützen infolge ihrer Schrägstellung abgegebenen Horizontalkräfte werden einmal durch je eine Spannstanze mit 3 Zoll Durchmesser gehalten, die in einem zentralen Zugring enden. Der Zugring selbst hängt an 4 Spannstanzen.

Zum andern sind die Fußplatten durch einen Kreisanker miteinander verbunden, der jeweils zwischen 2 Fußplatten durch Kupplungen vorgespannt werden kann.

Die 8 Rohrstützen des Unterbauteiles münden oben mit ihren Kopfplatten in der ersten "Gurtungsplatte", auf der dann die 8 Rechteckstützen - senkrecht stehend - des unteren Mittelteiles beginnen. Diese 5 Stützen

haben drei Wände aus gewalzten Blechen (1/2 Zoll dick) und eine Wand - zum Turminnern hin - aus gekreuzten Flacheisen. Die 8 Stützen des oberen Mittelteiles haben einen ähnlichen Querschnitt, nur ist in der Mitte außen eine weitere Kante angebracht, so daß die Querschnitte fünfeckig sind. Während die unteren Teile des Mittelfeldes durch Diagonalverbände ausgesteift sind, sind im oberen offenen Teil des Mitteltores keine derartigen Verbände vorhanden. Die Aussteifung erfolgt durch die oben angeschraubten bogenförmigen Abschlußbleche und nach innen durch ebenfalls bogenförmige Ansatzstücke, die in einem Kranz zusammenlaufen. Auf dieser Plattform erhebt sich dann die eigentliche Turmspitze aus den sich nach oben verzweigenden Gitterstäben. Alle 10 Fuß sind Horizontalschotte angeordnet. Die Gesamtturmspitze ist durch Diagonalverbände "zusätzlich gegen Verdrehen" geschützt, nach heutiger Auffassung gegen Knicken der Gitterstäbe in der Dachebene. Die Ebenen des Mittelteiles des Dachreiters schließen oben durch Fialen ab. Die Gitterstäbe der Turmspitze haben jeweils in Höhe der Horizontalschotte Fialen. Die Turmspitze selbst krönt oben ein goldener Morgenstern.

Am 30. August 1859 war aus der Cölnischen Zeitung folgende Bekanntmachung zu entnehmen:
 "Die Ausführung der eisernen Dachkonstruktion mit dem damit im Zusammenhang stehenden Mittelsturm für den Dom zu Köln soll im Wege der Submission vergeben werden." Weiter war darauf hingewiesen worden, daß die Auslegung der Baupläne vom 1. bis 14.9.1859 in den Geschäftsräumen des Dombüros erfolgt und Offerten bis zum 14.9.1859, 11 Uhr, dort abzugeben sind.
 Die Ausschreibungsbedingungen sind auch aus heutiger Sicht interessant, da sie fast alle Bestandteile einer solchen, wie sie heute üblich sind, enthalten.
 Neben der Forderung auf Nachweise der technischen und finanziellen Leistungsfähigkeit sind im kaufmännischen Teil genaue Angaben, z.B. über die Submission, die Erfüllungsgarantie und die Zahlungen gemacht. Im technischen Teil sind genaue Vorschriften über die Abrechnung nach Gewicht mittels Probestäben von 1 Fuß Länge, die Genauigkeit der Bohrungen, die Materialqualität, z.B. keine Risse, Trennungen, Schiefer, frei von Schlacken, frei von Kalt- und Rotbruch u.a. gemacht. Für das Gießen der großen Röhre ist z.B. vorgeschrieben, daß das blasenfrei erfolgen muß und daß die Modelle das Schwinden berücksichtigen müssen.

Die ausgeschriebenen Materialgewichte (in Pfund) waren

Bauteil	Dach	Turm	Gesamt
Gußeisen	15.083	111.000	126.083
Schmiedeeisen	303.000	162.000	465.000
Gesamt	318.083	273.000	591.083 Pfund

Die Gesamtkonstruktion war damals somit mit ca. 295,5 t Gewicht veranschlagt.

Auch auf Maßnahmen, die Längenänderungen infolge Temperaturunterschieden ermöglichen sollten, wurde in den Ausschreibungsbedingungen ausführlich hingewiesen. In diesem Zusammenhang ist ein Schreiben von Zwirner vom 13.4.1860 an seinen Vertreter und späteren Nachfolger Voigtel von Interesse. Zwirner schrieb unter Hinweis auf den entsprechenden Abschnitt der Bedingungen: "Es müssen daher die Längenverbundstücke zwischen den Bindern mit entsprechenden Zwischenräumen nach unseren Angaben eingesetzt und an einem ihrer Enden mit länglichen Schraubenlöchern versehen werden". Und weiter: "Da dieser Vor-

schrift nicht entsprochen worden ist: So muß sofort eine genaue Nachmessung vorgenommen und den allegierten Vertragsbedingungen entsprochen werden, worüber Sie zu wachen und sich mit dem Herrn Generaldirektor Goldstein zu benehmen haben." Im gleichen Schreiben merkt Zwirner weiter an: "Ferner hatte ich Ihnen aufgeben dafür Sorge zu tragen, daß die aufeinanderliegenden Teile der Eisenverbindungen nochmals gehörig angestrichen werden, um den Rost zu verhindern (?) und ist das Versäumte sogleich nachzuholen". Ein weiterer Hinweis bezieht sich auf eine sorgfältige und vorsichtige Montage. Voigtel hat handschriftlich auf diesem Schreiben die Längendehnung für eine Temperaturdifferenz von 25°C. und 100 Fuß Länge mit 6,554 Linien, das sind 16,52 mm, ermittelt. Der richtige Wert beträgt 9,15 mm. Das Ergebnis der Submission zeigt folgendes Bild:

Firma	Preise in Talern für 1000 Pfund				Bemerkungen
	Dach		Mittelsturm		
	<u>Schmiede- eisen</u>	<u>Guß- eisen</u>	<u>Schmiede- eisen</u>	<u>Guß- eisen</u>	
Die Aktiengesell- schaft Bergwerks- verein Friedrich-Wilhelm- Hütte, Mülheim/Ruhr (13.9.1859)	110	30	120	38	
Cölnische Maschinen- bau Aktiengesell- schaft Bayenthal (12.9.1859)	74½	37	86	39½	erhielt durch Schr.v.22.9. 1859 des Ober- präsidenten den Zuschlag
Gutehoffnungshütte zu Sterkrade (13.9.1859)	76½	50	88	75	Anstelle der Rundeisenguß- säulen wurden genietete Rechtquer- schnitte ange- boten
Engberth u. Cünzer u. Fuhse, Eschwei- ler-Hassels/Aachen	81	38			

In den Ausschreibungsbedingungen ist bereits vorgeschrieben, daß in der Werkstatt ein Grundanstrich mit Mennige aufzubringen ist. Im Auftragsschreiben an den Malermeister vom 18.6.1860 ist ausgeführt, daß ein zweimaliger Ölfarbenanstrich mit Mennige vorgesehen ist, und zwar auf Leinölbasis mit feingeriebener Mennige. Der Anstrich ist zweimal "gehörig deckend" aufzutragen. Weiter ist im Vertrag angemerkt, daß alle Fugen gekittet werden müssen, mit Ausnahme derjenigen, die für die "Dehnbarkeit des Eisens gelassen sind". Der Preis für diese Arbeit betrug damals 7 1/2 Pfennige je Fuß.

Die Arbeiten wurden mit Schreiben des Oberpräsidenten der Rheinprovinz vom 22.9.1859 an die Cölnische Maschinenbau Aktiengesellschaft in Bayenthal vergeben. In den dortigen Werkstätten wurden die einzelnen Konstruktionselemente unter Aufsicht des Dombaumeisters bzw. seines Beauftragten hergestellt. Zwei Dinge sind dabei erwähnenswert: Die Abrechnung sollte nach verwogenem Gewicht erfolgen, wobei das Gewicht jedoch über sogenannte Probestücke von 1 Fuß Länge, die genau ausgewogen wurden, kontrolliert wurde. Einzelteile mußten dem Normalgewicht mit einer Toleranz von ± 2 % entsprechen. Für die Pfetten

war ursprünglich ein Winkelprofil vorgesehen. Verformungsversuche, die nach Auftragserteilung im Herstellerwerk gemacht wurden, zeigten jedoch eine zu große Durchbiegung der Pfetten. Biegeversuche mit I-Profilen ergaben erhebliche bessere Ergebnisse, so daß die Profile für die Ausführung geändert wurden. Der Vertragstermin für die Fertigmontage der Konstruktionen war der 30.6.1860. Eine für die damalige Zeit sicher sehr kurze Frist. Dieser Termin wurde jedoch u.a. wegen der Profiländerung für die Pfetten geringfügig überschritten. Der Auftrag war einschließlich Transport und Montage vergeben worden, wobei die Hubgeräte jedoch von der Dombauehütte gestellt wurden. Am 15.10.1860 setzte der Dombaumeister den vergoldeten Morgenstern auf die Spitze des Mittelturmes.

Zerstörungen im Zweiten Weltkrieg

Einer der Gründe, die Zwirner veranlaßt hatten, einen eisernen Dachstuhl zu bauen, war die Erfahrung, daß alle zerstörerischen Kathedralbrände im Mittelalter Dachstuhlbrände gewesen seien. Eisen brennt nicht. Damit konnte die Brandlast des Daches ganz erheblich reduziert werden, auch wurde verhindert, daß die Dachkonstruktion selbst brennen konnte.

Zwirner ahnte bei seinen Überlegungen sicher nicht, daß sich seine Voraussicht mehr als 80 Jahre später bewähren sollte. Zwischen 1943 und 1945 wurde der Dom von 14 schweren Sprengbomben, 19 Granaten und einmal in einer Nacht von mehr als 100 Brandbomben getroffen. Kein größerer Angriff ging spurlos an Dachreiter und Dachkonstruktion vorüber, aber sie hielten und wurden nur dort beschädigt, wo sie direkt getroffen wurden. Beschädigte Stellen ließen sich, da die eigentliche Tragkonstruktion nicht in ihrer Substanz beschädigt war, relativ leicht und oft auch mit unzulänglichen Mitteln reparieren. Kurz nach Kriegsende war der gesamte Dachstuhl bereits wieder fertig zum Eindecken. Gerade in dieser Zeit zeigte es sich, daß auch der aufgebrachte Korrosionsschutz - an vielen Stellen heute noch der Originalanstrich aus dem Jahre 1860 - von hoher Qualität war.

Eiserne Treppe im Mittelturm

In den Mittelturm wurde im Jahre 1882 eine eiserne Wendeltreppe eingebaut. Sie beginnt auf dem sogenannten Laufgang in einer Höhe von 100 Fuß und endet auf der Galerie des Domes. Diese Treppe wiegt 10,85 t, davon entfallen 4.400 kg auf die Tritt- und Stoßstufen, 1.610 kg auf das Riffelblech am Fuße der Treppe in der ersten Etage und 1.800 kg auf die Geländerfüllung aus Verzierungsguß. Der Rest sind Träger, Spindeln, Schrauben und Geländerstiele. Zu der Eisentreppe gehörte eine dekorative Holztreppe - im Volksmund Kaisertreppe genannt. Die Holztreppe hat den Zweiten Weltkrieg ebenfalls unbeschädigt überstanden. Sie mußte jedoch nach Kriegsende aus feuerpolizeilichen Gründen durch eine Stahltreppe ersetzt werden.

Neue Dachstühle auf alten Kirchen

Während die eiserne Dachkonstruktion des Kölner Domes fast 120 Jahre alt ist, sind in der Zeit unmittelbar nach Ende des Zweiten Weltkrieges bei vielen Kirchen ehemals in Holzkonstruktion ausgeführte Dachstühle in Stahlkonstruktion erneuert worden. In den meisten Fällen lagen die Gründe hierfür in der geringeren Brandgefahr gegenüber einer Ausführung in Holz und in dem leichteren Gewicht gegenüber einer möglichen Ausführung in Stahlbeton. Drei Beispiele hierfür sollen kurz erwähnt werden.

Das Dach des Domes zu St. Stefan in Wien war durch die Kriegssereignisse vollkommen zerstört worden. Der Neubau der Dachkonstruktion in Stahl erfolgte in den Jahren 1948-1950. Das Gesamtgewicht der Stahlkonstruktion beträgt ca. 600 t.

Von der Konstruktion her ist die Dachkonstruktion auf St. Stefan mit der des Kölner Domes vergleichbar. Die Dachneigung beträgt ca. 64°. Die Fachwerkbinder über dem Längsschiff sind jedoch konstruktiv dreiteilig; es sind zwei Unterteile vorhanden, die jeweils auf den äußeren Strebenpfeilern verankert sind und über den Mittelpfeilern mittels Streben abgestützt sind. Auf diesen beiden Unterteilen sitzt dann das Mittelteil. Beim Mittelteil fällt auf, daß der untere Gurt, der beim Kölner Dom noch als gebogener Träger - vielleicht in Anlehnung an die Gotik - ausgeführt ist, dem richtigen Kraftfluß entsprechend gerade ist. Weiter ist anzumerken, daß entgegen der Ausführung beim Kölner Dom, das Dach im Bereich des Längshauses und im Bereich des Chores unterschiedlich hoch ist und eine unterschiedliche Dachneigung hat.

Die St. Ludwigs-Kirche in Darmstadt wurde in den Jahren 1822-1826 von Georg Moller erbaut. Die Dachkonstruktion war zunächst als Holzkonstruktion ausgeführt.

Im letzten Weltkrieg wurde diese Dachkonstruktion total zerstört und im Jahre 1954 als stählerne Dachkonstruktion wieder aufgebaut. Diese stählerne Dachkonstruktion für die Kuppel besteht aus 28 Fachwerkbindern, die oben in einen Druckring einmünden. Das Gewicht dieser Stahlkonstruktion beträgt 90 t.

Die Klosterkirche der Benediktiner-Abtei Neresheim, etwa 90 km ostwärts von Stuttgart, ist die letzte größere Arbeit des Architekten Balthasar Neumann (erbaut 1745-1764). Bei dieser Klosterkirche waren nun nicht Kriegszerstörungen der Grund für einen Neubau der Dachkonstruktion, sondern statische Fehlüberlegungen bereits zum Zeitpunkt des Baues dieser Kirche. Ursprünglich war geplant gewesen, die empfindlichen aus Holz gebauten und mit Putz versehenen Kuppeln an der Dachkonstruktion aufzuhängen. Es war nämlich nicht möglich, die Kuppeln auf die Säulen abzusetzen. Da die Dachkonstruktion jedoch weicher war als die Kuppel - insbesondere als die große Kuppel in der Vierung - kehrte sich schon sehr bald die Belastung um, das Dach drückte auf die Kuppel, die Hauptkuppel über der Vierung setzte sich auf den vier Säulen ab. Die Folge davon war, daß die Kuppel Risse bekam und die kostbaren Fresken von Martin Knoller gefährdet waren.

Über Jahrhunderte hatte man sich mit mehr oder weniger wirksamen Behelfskonstruktionen geholfen. Mitte der 60er Jahre dieses Jahrhunderts mußte jedoch eine grundlegende Entscheidung getroffen werden. Für die nunmehr anstehende Aufgabe erwies sich wiederum der Stahl als ein hervorragend geeigneter Werkstoff. Galt es doch, die tragende Dachkonstruktion oberhalb der Hauptkuppel auszuwechseln, ohne daß diese Kuppel in irgendeiner Weise beschädigt wurde. Zu diesem Zweck mußte oberhalb des Kirchendaches zunächst eine große Halle gebaut werden, die den Zweck hatte, während der eigentlichen Baumaßnahmen die empfindlichen Kuppeln gegen Witterungseinflüsse zu schützen. Nach Fertigstellung dieses Überdaches konnte dann schrittweise der Austausch der Holzkonstruktion durch ein Stahltragwerk erfolgen. Hierbei war erschwerend, daß die 1827/28 eingezogenen Holzfachwerkträger wegen der Gesamtstabilität des Bauwerkes belassen werden mußte. Nach der Montage der 4 stählernen Fachwerkhauptträger am Kuppelrand wurden dann die Haupthängestützen der Kuppel mit den unteren Anschlußstücken über Hängestangen mit dieser Fachwerkkonstruktion verbunden. Dann begann die schwierige Arbeit des Umhängens der Kuppel vom Fachwerkträger aus Holz in das Stahltragwerk.

Über der endgültig gesicherten Kuppel wurde dann mit Hilfe eines Hän-
gekranes ein neues Tragwerk auch für das Dach montiert.

Dachstuhl und Mittelturm des Kölner Domes sind interessante Konstruk-
tionen aus der Anfangszeit des modernen Stahlbaues. Die Konstruktion
hat die fast 120 Jahre ihres Bestehens ohne Schaden überstanden. Ge-
ringe Beschädigungen durch Kriegseinflüsse im Zweiten Weltkrieg konn-
ten schnell behoben werden. Noch heute ist weitgehend der z.Z. der Er-
stellung aufgebrauchte Korrosionsschutz erhalten.

Der Wiederaufbau der kriegszerstörten Dächer an der St. Stefanskirche
in Wien und der St. Ludwigskirche in Darmstadt zeigt, daß auch bei al-
ten Kirchen zerstörte Tragkonstruktionen erfolgreich und ohne das ar-
chitektonische Gesamtbild zu stören, Stahlkonstruktionen eingesetzt
werden können. Die Sanierung der Dachkonstruktion der Benediktiner-
Abteikirche Neresheim bei Stuttgart zeigt darüber hinaus, daß der
Werkstoff Stahl auch bei schwierigen Sanierungsmaßnahmen Lösungsmög-
lichkeiten für die Erhaltung alter Kunstwerke bietet.

Anmerkungen

1. 35. Baubericht über den Ausbau des Domes zu Köln vom 22.Mai 1855
(Archiv, Dombauverwaltung, Köln)
2. 44. Baubericht über den Ausbau des Domes zu Köln vom 15.Januar
1860 (Archiv, Dombauverwaltung, Köln)
3. Voigtel: Die Eisenkonstruktion des Dachstuhles auf dem Dome zu
Cöln. Zeitschrift für Bauwesen 1862
4. Voigtel: Construction des Dachreiters auf der Kreuzvierung des
Domes zu Cöln. Zeitschrift für Bauwesen 1862
5. Originalbauakten aus den Jahren 1850-1882 (Archiv, Dombauverwal-
tung, Köln)
6. Pieper: Rettung für eine Klosterkirche bei Stuttgart (D): Feuer-
verzinktes Stahltragwerk für Hauptkuppel und Dach acier-stahl-
steel 7-8/1977
7. Deurer-Bury: Der Dom aus Eisen. Stahlbau Informationen, DSTV Köln,
Heft 1/78