



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen

Text

Jordan, Hermann

Berlin, 1913

II. Die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen von Eugen Michel.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96352](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96352)

II.

DIE KÜNSTLERISCHE GESTALTUNG
VON EISENKONSTRUKTIONEN

VON

EUGEN MICHEL

II

DIE KÜNSTLERISCHE GESTALTUNG

VON EISEN-KONSTRUKTIONEN

VON

EUGEN MICHIEL

Einleitung.

Im Fleiss kann Dich die Biene meistern,
In der Geschicklichkeit ein Wurm Dein Lehrer sein,
Dein Wissen teilst Du mit vorgezogenen Geistern,
Die Kunst, o Mensch, hast Du allein.
(Schiller, Die Künstler.)

Das dieser Arbeit vorgesetzte Wort des großen Dichters kann uns vielleicht im ersten Augenblick stutzig machen, da wir Menschen des praktischen Lebens oft nur mit lächelnder Bewunderung des großen Idealisten Schiller gedenken, dem neben der Kunst alle anderen Werte des Lebens zurücktraten. Aber der Idealist steht hier auf sehr realem Grund und Boden, und indem er die Kunst betont, legt er nur den Nachdruck auf die feinste und schönste Blüte der Volkskraft, weist er auf die letzte, höchste Spitze der Kultur hin.

Nicht umsonst trägt die Kunst jeder Zeit ihr charakteristisches Gepräge; sie ist der Spiegel, in dem geistiger Hochstand, äußerer Wohlstand, Sitte, kurz die ganze Kultur und Weltanschauung einer bestimmten Epoche wieder erscheint. Man braucht nur an die griechische und römische Kunst, an die wunderbar reichen und mannigfaltigen Gestaltungen des Mittelalters und der Renaissance, die üppigen Formen des Barock und Rokoko, an die auf die Ideale des antiken Weltreichs zurückgreifende Empiriekunst zu denken, und nicht zuletzt an die strengere schlichte Richtung, die jetzt wieder Platz greift und uns Kindern einer ersten arbeitsreichen Jahresfolge zusagt.

Mit gewissem Erstaunen sehen wir dabei, daß gerade die Baukunst stark unter dem Einfluß ihrer Mitwelt steht, während Malerei, Musik und Dichtkunst in weit höherem Maße von Volk und Zeit losgelöst sind. Dieser enge Zusammenhang hat seinen guten Grund darin, daß jedes Bauwerk sein Ziel verfehlt hat, wenn es neben der schönheitlichen nicht auch der rein praktischen Seite seiner Aufgabe genügt. Die Baukunst wurzelt eben mehr als ihre körperlosen Schwestern im schweren Boden der Wirklichkeit und weit öfter als jedem anderen Künstler tritt dem Baumeister eine technische Hemmung in den Weg, die ihn mit Seufzen des Wortes gedenken läßt:

„Leicht bei einander wohnen die Gedanken,
Doch hart im Raume stoßen sich die Sachen.“

Aber gerade durch diese lebendige Verbindung mit dem wirklichen Dasein ist es für den Fachmann um so fesselnder, nach den Erscheinungen zu suchen, die unseren Tagen in baulicher Hinsicht den Stempel aufdrücken.

Sind es unsere Kirchen? Leider müssen wir die Palme kampfflos den alten Meistern überlassen, wenn auch auf dem Gebiet der Predigtkirche schon viel Gutes und Neues geschaffen ist. Sollen wir unsere großen Monumentalgebäude nennen? Sie sind prächtiger und künstlerischer in der Renaissance, gewaltiger und erstaunlicher im Altertum aufgeführt worden. Allenfalls könnte man einzelne Baugattungen erwähnen, die aus den neueren Raumanforderungen hervorgegangen sind. Aber selbst bei unseren eigenartigen Warenhäusern wird es vielfach als besonderer Vorzug empfunden, wenn sie architektonisch nicht als umstürzende Neuerscheinungen, sondern als Weiterbildner überkommener Kunstsprache auftreten; unsere Landhäuser, die zweifelsohne jetzt mit besonders eingehendem Interesse und mit großer Sorgfalt behandelt werden, reden gerade dort am anheimelndsten zum Gemüt, wo sie sich der erbeingesessenen, örtlichen Bauweise anschließen; und im Gesamtplan führen die heutigen Bebauungsarten noch kaum zu der künstlerischen Wirkung, die so vielen aus der Zeit unserer Vorfahren noch erhaltenen Städtebildern eigen ist.

So sollte sich unsere technisch so vorgeschrittene Zeit, auf die wir so stolz sind, und mit Recht stolz sind, gar nicht besonders zur Aussprache bringen?

Fast will uns der Mut sinken, da fällt unser Auge auf ein mächtiges Bahnhofsgebäude, das sich mit freier, riesiger Halle emporhebt, fern verdämmert eine kühn geschwungene Eisenbahnbrücke, und über unsern Köpfen saust die Hochbahn.

Jetzt wird es uns klar: Im Eisenbau liegt ein bedeutendes, eigenartiges Ziel der Gegenwart. Hier haben uns Wissenschaft und Technik Bahn gebrochen an einer Stelle, wo frühere Zeiten ratlos Halt machen mußten, und wir sind damit vor die verantwortungsvolle Aufgabe gestellt, auf neuen Pfaden zu den Höhen der Kunst vorzudringen.

Aber noch sind wir am Beginn, das müssen wir uns vor Augen halten, noch wird das Eisengefüge von den meisten Menschen als ein der Nützlichkeit entsprungenes Gebilde betrachtet, das mit Kunst nichts zu tun hat.

Wir dürfen uns daher nicht wundern, wenn selbst

jene kühnen Brücken und Hallen, die den Fachmann mit hoher künstlerischer Freude erfüllen, bei dem breiten Publikum großer Verständnislosigkeit begegnen: Das Auge muß sich eben an die neuen Formen gewöhnen; es ist Tatsache, daß jede Neuerscheinung mit dem instinktiven Widerstreben der Menschen zu kämpfen hat, die gern das Alte, ihnen Bekannte festhalten möchten. Eine gewisse Trägheit will vom Eindringen in neue Formen und Begriffe nichts wissen.

Hier, beim Eisen, muß diese Erscheinung um so stärker auftreten, als die Entwicklung des neuen Werkstoffs und der neuen Technik sich in einer selbst für die Fachkreise überraschenden Schnelligkeit vollzog und damit den nicht fachmännischen Kreisen kaum die Möglichkeit ließ, in gleichem Schritt auf den neuen Wegen zu folgen.

So ist es an uns, den Architekten und Ingenieuren, das Fehlende nachzuholen, der Allgemeinheit die Blicke zu schulen und gleichzeitig die junge Eisenbauweise immer mehr in die Bahnen der Kunst zu lenken.

Wenn die vorliegende Arbeit in den Dienst dieser schönen Aufgabe treten soll, so kann sie jetzt, wo die Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist, keineswegs beanspruchen den Gegenstand erschöpfend zu behandeln. Aber es wird wenigstens möglich sein, kurz auf die wichtigsten Gesichtspunkte einzugehen. In diesem Sinne sei nachstehend als erstes der geschichtliche Werdegang der Eisenkunst verfolgt, dann ihr Wesen kritisch betrachtet, und schließlich über eine verheißungsvolle Gegenwart hinaus ein ahnender Ausblick in die Zukunft zu gewinnen versucht.

I.

Geschichtliche Entwicklung.

A. Allgemeines.

Schon im 15. Jahrhundert hatte man gelernt die durch Jahrtausende geübte rohe Rennarbeit mit Hilfe der Wasserkraft durch eine systematische Darstellung des Eisens in Schachtöfen, vor allem in den sogenannten Stücköfen zu ersetzen. Auch war man in der Weiterentwicklung beim Blauföfen schon dazu gelangt, durch geringe Abänderung in der Windführung, im Erzsatz und im Schlackenabzug entweder schmiedbares Eisen oder, in bereits ununterbrochenem Betrieb, flüssiges Roheisen zu erhalten. Aber die Gesamt-Erzeugung blieb doch in verhältnismäßig engen Grenzen, und diente in der Hauptsache nur zu untergeordneten Zwecken, zur Guß-Herstellung von Ofenplatten, Kaminböcken und ähnlichen Nutzgegenständen. Selbst der Frischprozeß, welcher, wie alle damaligen Neuerungen, rein empirisch gefunden wurde, und der in Verbindung mit der Roheisenerzeugung das vorteilhaftere mittelbare Verfahren der Eisengewinnung gegenüber dem älteren unmittelbaren darstellt, vermochte daran nichts zu ändern. Erst mit dem Übergang zum Hochofenbetrieb, durch den man instandgesetzt wurde, auch schwerer schmelzbare Erze mit Vorteil zu Roheisen zu verarbeiten, setzte eine regere Tätigkeit ein, die dem Gußeisen eine, wenn auch bescheidene, aber doch immerhin selbständige Stellung sicherte, bis es nach 400 Jahren den Vorrang an das Schmiedeeisen abtreten mußte.

Die sich allmählich ausbreitenden Eisenwerke und Hochofen verschlangen aber ungeheure Mengen von Holzkohlen. So verbrauchten im Jahre 1556 allein die Freiburger Hütten alle drei Monate 5377 Wagen. Um den infolgedessen um sich greifenden Waldverwüstungen entgegenzutreten, bemühte man sich, den Verbrauch an Holzkohlen einzuschränken und zu Ersatzmitteln zu greifen. Es führte daher der Herzog Julius von Braunschweig-Lüneburg in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts die am Hils gewonnene Steinkohle für Schmiedezwecke, sowie zum Kalk- und Ziegelbrennen ein, ja er machte bereits den Vorschlag, die Steinkohle zu ver-

koken¹⁾, „daß man soll Steinkohlen nehmen, dieselbe mit verdebtem Feuer wohl verlutieret, glühen, damit der Dunst und spiritus sulphuris mit verraucht.“ „Auf daß man die Kohlen soviel bequemer zum Stubenheizen, Feuer-Kaminen und Schornsteinen ohne großen Rauch und bösen Gestank gebrauchen kann.“ Etwas später, im Jahre 1640 machte in Anhalt Daniel Stumpfelt²⁾ „eine Invention, den Steinkohlen den Gestank, die Wildigkeit und Unart zu benehmen, damit dieselben in schwarzen und anderen Feuerwerken könnten gebraucht werden.“

Auch zur Eisengewinnung suchte man sehr bald die Steinkohle, sowie eine aus Torf gewonnene Kohle zu verwenden. So erhielten schon 1589 Thomas Procter und William Peterson ein Patent für ein derartiges Verfahren, und 1596 berichtet Caesalpinus, daß die Steinkohle in Lüttich zur Eisenerzeugung diene. Aber alle diese Versuche gewannen keine besondere Bedeutung. Vergeblich versuchte auch Dud Dudley die Steinkohle dem Hochofenbetrieb nutzbar zu machen. Er erhielt zwar im Jahre 1619 ein dahin zielendes Patent, auch errichtete er in Hasco-Bridge den ersten Hochofen für Koksfeuerung, aber er drang trotz zeitweiliger Erfolge mit seinen Vorschlägen nicht durch. Er war seiner Zeit zu weit voraus und mußte daher den ihm feindlich gesinnten Besitzern der Holzkohlenhütten und den außerdem noch ungünstigen äußeren Umständen mit ihren kriegerischen Zeitläuften unterliegen.

Erst im 18. Jahrhundert entstanden die Grundlagen zur heutigen Eisenindustrie, indem es in den dreißiger und vierziger Jahren Abraham Darby und seinem Schwiegersohn Richard Ford endgültig gelang, das Eisenerz im Hochofen nur mit Koks zu verhütten. Die dadurch angeregten Versuche zu Sainbel in Frankreich (1769–70), zu Sulzbach in der Grafschaft Nassau-Saarbrücken (1767) u. a. O. hatten nur geringen Erfolg. In England selbst breitete sich jedoch das neue Verfahren rasch aus und es bestanden dort im Jahre 1779 bereits 59 Hochofen mit Steinkohlenfeuerung, 1787

¹⁾ Beck, Die Geschichte des Eisens, Bd. II, S. 784.

²⁾ Ebenda S. 785.

sogar 121. Der erste brauchbare Koks-Hochofen in Deutschland wurde erst im September 1796 auf der 1790 gegründeten königlichen Hütte in Gleiwitz in Betrieb genommen.

Einen gewissen Abschluß brachte die so bedeutungsvolle Erfindung des Flammofen-Frischens, des sogenannten Puddel-Prozesses, für den Henry Cort am 17. Januar 1783 sein erstes, am 13. Februar 1784 sein zweites Patent erhielt.

Jetzt war man tatsächlich unabhängig von der Holzkohle geworden, und man sah sich instandgesetzt auf verhältnismäßig einfachem Wege Schmiedeseisen darzustellen.

Da England über reiche Erz- und Kohlenlager verfügte, und ihm durch seine insulare Lage der Wassertransport in weitgehendem Maße ermöglicht wurde, vermochte es sich jetzt dem Ausland gegenüber eine große Überlegenheit auf dem Gebiet des Eisenhüttenwesens zu sichern. Dabei kamen ihm mancherlei neuere Erfindungen zu statten. So war es 1740 Benjamin Huntsmann in Doncaster gelungen, Tiegel-Gußstahl darzustellen, der u. a. für die beim Puddelprozeß so wichtigen flachen und kannelierten Walzen von großer Bedeutung war, außerdem aber, nach weiterer Ausgestaltung des Verfahrens (1851) auf der Bochumer Gußstahlfabrik, eine Hauptgrundlage für die Flußstahlfabrikation bilden sollte. Dazu kam sehr bald das Zylindergebläse und die von James Watt erfundene Dampfmaschine (Patente vom 5. Januar 1769 und 22. Mai 1775). Im Jahre 1828 erhielt Neilson ein Patent für Winderhitzung, und am 24. November 1839 erfand Nasmyth den Dampfhammer (Patente vom 9. Juni 1842 und 4. Januar 1843), um den sich schon James Watt und andere bemüht hatten.

Sehr bald wanderte die neue Schweißseisen-Darstellung auch nach dem Festlande aus. Im Jahre 1818 kam der erste Puddelofen in Creusot in Betrieb. Es folgte Seraing. 1824 wurde mit Unterstützung des preußischen Staates der Puddelprozeß in Rasselstein bei Neuwied eingeführt¹⁾, und es konnte dort 1831 das erste deutsche Winkelseisen, 1835 die erste deutsche für die Linie Nürnberg—Fürth bestimmte Eisenbahnschiene gewalzt werden. 1857 wurden von der Gesellschaft Phönix die ersten Γ -Eisen, 1862 von der Burbacher Hütte die ersten $\sqcap$ -Eisen hergestellt.

Im ganzen läßt sich die Entwicklung des Eisenprozesses in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts als Kampf und Sieg des Steinkohlenbetriebs gegenüber dem Holzkohlenbetrieb bezeichnen.

Ein zweiter wichtiger Abschnitt, nämlich der Kampf und Sieg des Flußeisens gegenüber dem Schweißseisen, beginnt mit der bedeutsamen Erfindung des Windfrischens in der Birne durch Henry Bessemer (Patent vom 17. Oktober 1855). Jetzt setzt die Massenherstellung von Stahl ein und gestaltet in eifrigem Wettbewerb aller beteiligten Industriellen das Eisenhüttenwesen völlig um, bis etwa im Jahre 1890 der Sieg des Flußmetalls endgültig entschieden war. Auf diesen Werdegang war von großem Einfluß, daß es im April 1864 den Gebrüdern Martin in Sireuil gelang, Flußstahl auch im Flammofen u. zw. unter Verwendung von Siemens-Regenerativfeuerung zu erzeugen. Dieser Siemens-Martin-Prozeß spielt fortan eine bedeutende Rolle und stellt sich u. a. als wertvolle Ergänzung zum Bessemer Prozeß dar, indem er dessen Abfälle nutzbringend zu verwerten gestattet.

¹⁾ Stahl und Eisen 1910, S. 1139.

Mittlerweile konnten die bisherigen einfachen Bezeichnungen Eisen und Stahl nicht mehr genügen und man vereinbarte deshalb 1876 in Philadelphia eine neue Einteilung folgender Art:

Eisen			
Roheisen (Gußeisen) (leicht schmelzbar, nicht schmiedbar)		Schmiedbares Eisen (schmiedbar, schwer schmelzbar)	
Weißes Roheisen (ohne Graphit)	Graues Roheisen (mit Graphit)	Flußeisen (in geschmol- zenem Zu- stand erhalten)	Schweißseisen (in teigigem Zustande er- halten)
Flußstahl (härtbar)	Flußschmiede- eisen (nicht härtbar)	Schweißstahl (härtbar)	Schweißschmiede- eisen (nicht här- tbar.)

Von hervorragender Bedeutung insbesondere für Deutschland mit seinen reichen Lagern an phosphorhaltigen Erzen wurde die Entphosphorung durch basisches Konverterfütter im Thomas-Gilchrist-Verfahren (Patent vom 10. April 1879), welches gegenüber dem sauren Bessemer-Prozeß kurz als das basische Verfahren bezeichnet zu werden pflegt. Nach kurzer Frist wurde es auch auf den Martin-Prozeß übertragen, und errang sich hier sogar eine überwiegende Stellung.

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Eisens macht man neuerdings auch Zusätze von Titan, Mangan, Wolfram, Vanadium, und besonders von Chrom und Nickel¹⁾. Spezialstähle der letzteren Art beginnen zu Konstruktionszwecken schon eine gewisse Rolle zu spielen.

Zu solchen Legierungszwecken, sowie zur Reinigung, insbesondere zur Entphosphorung und Entschwefelung verwendet man seit etwa 1900 auch die elektrische Energie als Wärmequelle (Elektro-Stahlbereitung²⁾), u. zw. sind zu diesem Zweck sowohl Lichtbogenöfen (Stassano, Héroult, Girod) wie Induktionsöfen (Kjellin, Röchling, Frick) konstruiert worden. Voraussetzung ist allerdings ein billiger Antrieb, sei es durch Wasserkraft oder durch eine Großgasmaschine, die mit den Abgasen von Hochöfen betrieben wird. Es wäre demnach heute, um es noch einmal kurz zusammen zu fassen, bei Flußeisen zu unterscheiden³⁾:

Bessemer-Flußeisen,
Thomas-Flußeisen,
saurer Martin-Flußeisen,
basisches Martin-Flußeisen;

und bei Flußstahl:

Bessemer-Flußstahl,
Thomas-Flußstahl,
saurer Martin-Flußstahl
basischer Martin-Flußstahl,

¹⁾ Elektrotechn. Zeitschr. 1909, S. 837. Stahl und Eisen 1909, S. 417, 422, 722, 916, 1171; 1910, S. 656; 1911, S. 89, 181. The Engineer 7. Okt. 1910, S. 389. Le Génie Civil 1909, Bd. 54, S. 351. Engineering Record 1908, Vol. 58, S. 394. Metallurgie 1909 S. 384. Engineering 1909, S. 866; 1911, I. S. 652. Öst. Wochenschr. f. d. ö. Baudienst 1912, S. 766.

²⁾ Verhandlg. des Vereins z. Beförd. des Gewerblf. 1909, S. 172. Technik und Wirtschaft 1909, S. 193. Stahl und Eisen 1911, S. 1165, 1258. 1912, S. 1089.

³⁾ Schaper, Eiserne Brücken, S. 28.

Tiegel-Flußstahl,
Nickel-Flußstahl,
Chrom-Flußstahl.

Damit ist aber die Spezialisierung keineswegs abgeschlossen, und die Zukunft wird sicher noch manches Neue bringen¹⁾.

In gleichem Maße, wie sich die Eisendarstellung entwickelte, lenkte die Frage der Materialeigenschaften und damit vor allem der zulässigen Spannungen immer mehr das Interesse der Fachwelt auf sich, und es beschäftigten sich mit der Aufgabe feste vergleichbare Werte für die Zug-, Druck- und Biegezugfestigkeit, für den Elastizitätsmodul und die Elastizitätsgrenze zu gewinnen, nicht nur reine Theoretiker, sondern auch Männer der Praxis, die mit der Ausführung größerer Eisenbauten zu tun hatten. Bei diesen Untersuchungen erwies sich vor allem eine ganz bedeutende Überlegenheit des Schweißeisens gegenüber dem Gußeisen. Das damalige Schweißisen war aber noch keineswegs homogen. Es wies zwar in der Form von Flacheisen und Blechen eine gleichmäßige Zug- und Druckfestigkeit auf, aber bei Profilformen ergaben sich, besonders bei großen Stärken, oft verschiedene Werte an Stegen und Flanschen, ein Mangel, der erst mit der Einführung des gleichmäßigen Flußmetalls eingeschränkt werden konnte.

Naturngemäß wurde die systematische Vornahme von Zerreißversuchen usw. durch die ersten größeren Brückenbauten z. B. bei Großhesselohe und bei Mainz sehr begünstigt, wobei sich besonders die Werder-Maschine mit Vorteil einfuhrte.

Weiter wurden in den 70er Jahren die ersten deutschen öffentlichen Materialprüfungs-Anstalten ins Leben gerufen, nachdem die Engländer schon erheblich früher in diesem Sinne vorangegangen waren, und es entwickelte sich, gleichlaufend mit der allgemeineren Verbreitung der Eisenbauweise, das Materialprüfungswesen als ein besonderes wissenschaftliches Zweiggebiet der Technik. Jetzt war es möglich, durch Zusammenwirken der Ingenieure, Architekten und Eisenhüttenleute Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen des Brücken- und Hochbaufachs zu vereinbaren, also einheitliche Gesichtspunkte für die Beurteilung zunächst des Schweißeisens, dann des Flußeisens²⁾ aufzustellen, und damit eine weitgehende Gewähr für eine gleichmäßige Güte des Stoffes zu schaffen.

Die sich andauernd vervollkommnende Eisendarstellung fand hierin eine vortreffliche Grundlage, um, besonders durch die hohen Anforderungen der Marine angespornt, Baustahl von hoher Güte zu erzeugen. Infolgedessen konnten neuerdings zu Hochbauzwecken für Flußeisen Druck- und Zugbeanspruchungen bis zu 1600 kg/qcm zugelassen werden, während z. B. beim Neubau des Hauptbahnhofs in Hamburg die Höchstgrenze noch mit 1200 kg/qcm für Flußeisen, mit 10% weniger für Schweißisen angesetzt war³⁾.

Sehr bald nach dem ersten konstruktiven Auftreten des Eisens ließ seine hohe Tragfähigkeit nach Bauweisen suchen, in denen sich größte Kraft mit einem Mindestaufwand von

Material verbände. Da aber überlieferte handwerkliche Regeln für die Bemessung der einzelnen Bauteile in dem Stoff völlig fehlten, wurde man sehr bald dazu gedrängt, eine rechnerische Vorbestimmung der Abmessungen zu versuchen. Damit entwickelte sich an der Hand einiger von anderen Baustoffen übernommener Erfahrungssätze, wie sie ausschließlich noch einem Brunelleschi zur Verfügung gestanden hatten, und mit Hilfe von immer eingehenderen Versuchen und Studien die Wissenschaft der Statik⁴⁾.

Das gesamte Bauwesen hatte sich bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts als ein einheitliches Ganzes dargestellt und war als solches z. B. auch von Leone Battista Alberti in seinem Werk „De re aedificatoria“ behandelt worden. Zwar hatten sich schon gegen Ende des 16. Jahrhunderts in Holland die Hydraulik-Architekten als besonderer Berufszweig abgetrennt, aber es blieb dies zunächst ohne weitergehende Bedeutung. Erst gleichzeitig mit dem Auftreten der Eisenkonstruktion und wohl auch in ursächlichem Zusammenhang damit vollzog sich von Frankreich aus mit der Gründung der école des ponts et chaussées (1747) eine Scheidung des gesamten baulichen Arbeitsgebiets in das des konstruierenden Ingenieurs und das des künstlerisch entwerfenden Architekten. Leider hatte dies den schönheitlichen Nachteil im Gefolge, daß sich nunmehr bei den sogen. Ingenieurbauten der reine nüchterne Konstruktionsgedanke vielfach als allein maßgebend in den Vordergrund drängte. Heute wird die genannte Scheidung wieder insofern verwischt, als die Einführung des akademischen Grades des Diplom-Ingenieurs die Gesamtbezeichnung „Ingenieur“ für den technischen Beruf durchzusetzen scheint, wobei lediglich als Unterteilung die ingenieurwissenschaftliche Richtung einerseits und die hochbautechnisch-architektonische Richtung andererseits zu unterscheiden wäre.

B. Vorstufen des Eisenbaues²⁾.

Die Frage, wo man das Eisen wohl zuerst als selbständiges Baumaterial angewandt hat, findet eine überraschende Beantwortung: In dem Lande, das zweifellos viele für uns neue Entdeckungen und Techniken als uraltes gutgeheutes Besitztum bewahrte, in China. Chinesische Kettenbrücken sind als sehr alt bekannt. So bringt 1667 Athanasius Kircher in seinem Werk „China monumentis illustrata“ eine angeblich im Jahre 65 n. Chr. erbaute Kettenbrücke aus der Gegend von Kington in der Provinz Junnan³⁾. Auch Indien verwandte das Eisen sehr früh zu baulichen Zwecken z. B. zur 16 m langen und 50 cm dicken schmiedeeisernen Kutub-Säule in Delhi⁴⁾, und zur Überdeckung des 6 m weiten Tors an dem 1236–41 erbauten Tempel von Kanaruk

¹⁾ Näheres s. Meyer, Eisenbauten, S. 29. Mehrtens, Statik der Baukonstruktionen, I. Band, S. 77.

²⁾ The Builder 1880, Bd. I, S. 496.

³⁾ S. auch: Schramm, Historischer Schauplatz, S. 58, Abb. 13 „Kettenbrücke in Sina“, und Engineering, 1892, Bd. 53, S. 1.

⁴⁾ Scientif. Am. 1912, Suppl. No. 1919, S. 235; Abb. Suppl. Nr. 1920, S. 252.

¹⁾ Der Eisenbau 1910, S. 416, 448: Kupfernickelstahl.

²⁾ Der Eisenbau 1911, S. 377.

³⁾ Allgem. Bauzeitung 1909, S. 13.

bei Madras¹⁾. In Europa faßte schon im 16. Jahrhundert das damals so hoch gebildete Volk der Italiener den Plan, eiserne Brücken zu errichten, und im Jahre 1625 schrieb Faustus Verantius über den Bau von eisernen Bogen- und Kettenbrücken unter Beibringung von Abbildungen²⁾. Praktisch aber hat man, abgesehen vom fernsten Osten, das Eisen bis ins 18. Jahrhundert hinein fast nur zu Hilfskonstruktionen, Verankerungen usw. benutzt. Es sei z. B. an die von Sansovino im Jahre 1523 vorgenommenen Ring-Verankerungen der Kuppeln von St. Marco in Venedig, an die Verankerungen der von Perrault errichteten Colonnade du Louvre³⁾ und des von Rondelet 1770 aufgeführten Portals der Kirche Sainte-Geneviève (Pantheon) zu Paris erinnert⁴⁾. Es waren eben Stahl und Eisen bis dahin zu wertvoll, um in großem Maßstab benutzt zu werden, und abgesehen davon, daß man sich noch nicht auf die Erzeugung im großen verstand, fehlte es auch an geeigneten Werkzeugen und Maschinen für die Bearbeitung. Infolgedessen waren Stein und Holz die vorwiegend verwendeten Baustoffe.

Allmählich dachte man aber doch an eine selbständigere Benutzung des Eisens. So beschäftigte sich bereits im Jahre 1719 Désagulier mit dem Entwurf zu einer eisernen Themsebrücke und 1755 wagte sich Garrin zu Lyon sogar an die Ausführung einer Eisenbrücke. Die damals noch große Unvollkommenheit in den Herstellungs- und Bearbeitungsweisen des Eisens ließ allerdings die Brücke nicht über den ersten Bogen hinaus kommen, und sie wurde in Holz fertig gestellt.

Nach allen diesen Ansätzen, die noch zu keinem tatsächlichen Ergebnis geführt hatten, machte erst der scharfblickende englische Ingenieur Smeaton⁵⁾ das Eisen, u. zw. in Gestalt des Gußeisens, bautechnisch nutzbar, indem er es für Walzgerüste, Wasserräder, Mühlenbauten usw., und für Teile seines berühmten Leuchtturms von Eddystone (1757 bis 1759) anwandte. Hierbei hatte er anfangs freilich unter manchen Zweifeln und Bedenken zu leiden, deren er noch im Jahre 1782 mit den Worten gedachte:

„Als ich vor 27 Jahren zum ersten Mal Gußeisen für gewisse Zwecke verwandte, rief alles: ‚Wie kann sprödes Gußeisen halten, wenn das stärkste Zimmerholz nicht widersteht?‘“⁶⁾

Wie überschätzend man andererseits nach dem Aufkommen des Eisens noch zu Anfang des 19. Jahrhunderts über das Gußeisen im Verhältnis zum Schmiedeeisen dachte, geht aus einer Äußerung des damaligen französischen General-Inspektors Gauthey hervor:

„À l'égard du fer forgé comme il coute environ deux fois plus que le fer fondu, que sa résistance n'augmente pas à beaucoup près dans le même rapport que sa valeur, et que son emploi comporte des difficultés d'exécution qui n'existent point pour la fonte, il est vraisemblable qu'il ne lui sera jamais (!) préféré pour la construction des grands ponts.“⁷⁾

¹⁾ Daub, Die Vergangenheit des Hochbaues. S. 72.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1910, S. 643 mit Abb.

³⁾ Rondelet, Kunst zu bauen, Atlas Taf. CL, Fig. 1—8.

⁴⁾ Ebenda Taf. CLI.

⁵⁾ Zeitschr. f. Archit. u. Ingenieurwesen 1900, S. 381.

⁶⁾ Meyer, Eisenbauten, S. 17.

⁷⁾ Vierendeel, Constr. arch., S. 27.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

Die eigentliche Entwicklung der Eisenbauweise fällt zeitlich fast genau mit dem Verlauf des 19. Jahrhunderts zusammen. Welche Bedeutung das Eisen in diesem Zeitraume gewinnen sollte, hätte an seinem Beginn selbst die kühnste Phantasie sich nicht träumen lassen, obwohl der Chemiker Fourroy, der 1801 von Napoleon zum Unterrichtsminister ernannt wurde, bereits vorahnend erklärte: „L'art du fer, dans ses divers progrès de perfectionnement marque exactement le progrès de toute civilisation.“¹⁾ Im Jahre 1821 erklärte Röder in seiner Brückenbaukunde: „Der angehende Ingenieur wird wohl schwerlich sobald in den Fall kommen, eine eiserne Brücke bauen zu sollen“, und heute sind in Deutschland allein etwa 12 000 eiserne Brücken zu zählen. Die gesamte jährliche Eisen-Erzeugung der Erde stieg während des 19. Jahrhunderts von 850 000 t auf rund 38 000 000 t.²⁾ In Deutschland mit Luxemburg nahm sie von 693 725 t im Jahre 1848 auf 15 448 212 t im Jahre 1897 zu, in England von 127 081 t im Jahre 1796 auf 8 798 236 t im Jahre 1896.³⁾

In den Jahren 1907—11 sind an bemerkenswerten eisernen Brücken (über 100 m Weite) auf der ganzen Erde rund 170 Öffnungen entstanden, dagegen an bedeutenden massiven Brücken, die Rohn⁴⁾ von 45 m Weite ab rechnet, nur 75 Öffnungen.

C. Brücken.⁵⁾

I. Feste Brücken.

a) Balkenbrücken.

1. Auf zwei Endstützen.

Blechträger, Kastenträger, Walzträger.

Im Jahre 1713 erkannte Parent, daß für jeden Querschnitt des auf Biegung beanspruchten Balkens sich die Spannungen zu beiden Seiten einer Nulllinie verteilen, und von letzterer aus nach den äußersten Fasern hin zunehmen. Als nun die Eisenbauweise aufkam, machte man sich diese Entdeckung zu Nutze, indem man im Balkenquerschnitt das Eisen dort, wo es überflüssig oder durch sein Gewicht nur schädlich war, also in der Gegend der Nulllinie, wegließ⁶⁾.

¹⁾ Mehrtens, Der deutsche Brückenbau, S. 2.

²⁾ Röder, Brückenbaukunde, 2. Teil, S. 271.

³⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1901, S. 467 und 471.

⁴⁾ Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch.-Vereins 1899, S. 355 u. f. Vergl. auch Tabelle in Technik und Wirtsch. 1910, S. 13.

⁵⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1912, Tabelle S. 52.

⁶⁾ Tabelle der wichtigsten Eisenbrücken s. Deutsch. Bauhandb., Bauk. d. Ing. Der Brückenbau Bd. I. Eiserne Brücken, S. 223. Über ältere Brücken s. Allg. Bauzeitg. 1852, S. 163, Atlas Bl. 478—84. Zeitschr. f. Bauwes. 1864, S. 33.

Über Entwickl. des amerik. Brückenbaues s. Engin. Record 1905, Bd. 51, S. 707. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 1576. Übersicht der größten Spannweiten usw. bei amerikanischen Brückensystemen s. Engineering News Vol. 65. 1911, S. 589.

Tabelle über russische Balkenbr. s. Zentralbl. d. Bauverw. 1908, S. 658.

Über eiserne Brücken in Rußland s. Der Eisenbau 1911, S. 343. Über „Brückenbau der letzten Jahre“ s. Schweiz. Bauzeitg. 1912, S. 49 mit Tabelle.

⁷⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1901, S. 475.

Es entstanden so die gußeisernen I-Profile usw., deren Berechnung Navier bereits im einzelnen durchführte. Wollte man aber derartige Profile in Schmiedeeisen haben, so war man genötigt, sie entweder aus Flachbändern mittels übergelegter Bügel zusammen zu schrauben, wie noch 1835–40 am eisernen Hallendach des Justizpalastes zu Tours, oder sie sich mit der Hand zurecht zu schmieden. Alles dies war aber teuer und umständlich. Erhebliche Vorteile brachte erst die heiße Nietung. Von wem sie erfunden und zuerst angewandt wurde, ist nicht bekannt, doch wurde der erste Blechträger, allerdings zu Schiffszwecken, bereits im Jahre 1820 auf dem Eisenwerk Tipton bei Birmingham zusammen-gesetzt¹⁾. Als eine der frühesten genieteten Arbeiten an einem feststehenden Bauwerk dürfte der 12 m weit gespannte Fußboden des Wintergartens zu St. Petersburg²⁾ vom Jahre 1835 anzusehen sein. Gewisse Rückschlüsse gewährt uns ferner die Nachricht, daß bereits im Jahre 1839 William Fairbairn eine Maschine zum Nieten von Schiffsblechen mit Dampf erfunden habe³⁾.

Die größte Weite in Blechträgern erreichten späterhin, wie bereits hier bemerkt sei, die französischen Bahnen, in denen u. a. 1855–56 die Garonnebrücke bei Langon (73,40 m) die weitest gespannte Blechbalkenbrücke der Welt, entstand⁴⁾.

Sehr bald kamen auch die Kastenträger auf, zunächst noch mit gußeisernem Obergurt, während die Wände und der Untergurt schon aus Schmiedeeisen bestanden, wie das erste Beispiel dieser Art, Stephenson's 18 m weite Wege-überführung (1846) auf dem Bahnhof Camden bei London zeigt⁵⁾. Rein aus Schmiedeeisen waren die Kastenträger der 1849 von Fowler erbauten Torkseybrücke über den Trent⁶⁾.

Größere Konstruktionsfreiheit gewährte die mit dem Puddelprozeß in die Großproduktion übernommene englische Erfindung der Kaliberwalzwerke, mit deren Hilfe die mannigfaltigsten für Bauzwecke geeigneten Profile hergestellt wurden. Unter diesen gewann die von Zorès im Jahre 1849 eingeführte I-Form die größte Bedeutung. Nach der Natur der Sache ergaben sich für die gängigsten Stabeisen usw. im rasch entwickelten Großbetrieb und auf Grund von Erfahrungen und Vereinbarungen mit der Zeit gewisse Normalformen, die im Jahre 1881 im deutschen Normalprofilbuch zusammengefaßt, und 1902 noch um die breitflanschigen Spezialträger erweitert wurden.

Erst dadurch, daß die Walzeisen in die Praxis eingeführt wurden, bot sich die Möglichkeit, im Bau von Hallen, Brücken usw. den Anforderungen der sich allerwärts ausdehnenden Eisenbahn nachzukommen. Soweit bisher Brücken notwendig gewesen waren, hatte man sie aus Stein, aus hölzernen oder allenfalls gußeisernen Trägern (letztere

bis 20 m Weite) hergestellt. Bei großen Spannweiten hatte dies aber nicht mehr ausgereicht. Auch mit gußeisernen Bogenbrücken und mit schmiedeeisernen Blechträgern war man nicht weiter als bis etwa 70 m gekommen. Nur die Hängebrücken hatten größere Weiten gestattet, zugleich aber die Unsicherheit ihrer bisherigen Konstruktion zur Genüge dargetan. Da faßte Stephenson den kühnen Entschluß, das so vorteilhafte Hohlprofil im großen anzuwenden und erbaute 1846–50 aus Blechen und Wink-eisen die Britannia-Brücke¹⁾ über die Menai-Meerenge als sogenannte Röhren- oder Tunnelbrücke d. h. als durchgehenden Kastenträger von solcher Weite, daß ein Eisenbahn-zug durch sein Inneres hindurchfahren konnte. Damit ent-stand die erste große und dazu rein schmiedeeiserne Balken-brücke der Erde, mit der eine Spannweite von 140,21 m, also das Doppelte des bisher erreichten Maßes, überdeckt wurde (Abb. 1). Die Seitenwände des Kastens sind als einfache Platten, die Zug- und Druckgurte als rechteckige Röhren mit Scheidewänden d. h. als Längszellen aus-geführt, die so bemessen sind, daß für Ausbesserungs- und Anstricharbeiten ein Mann hindurchkriechen kann. Nach dem gleichen Grundgedanken entstand gleichzeitig die Conwaybrücke²⁾ (122 m), sowie 1854–59 die Victoriabrücke über den St. Lorenz-Strom bei Montreal in Canada mit 100 m größter Weite³⁾. Wenn sich auch bald erwies, daß sich bei dieser Konstruktionsweise die Kräfte sehr unvorteil-haft übertrugen, daß die Herstellung und ebenso auch die Unterhaltung schwierig war, daß also die gewählte Bauweise noch keineswegs als rationell angesehen werden konnte, so war doch die Errichtung der Britannia-Brücke im Vergleich mit dem bisher Geleisteten eine große, kühne Tat. Mit ihr siegte das Schweißeisen über das Gußeisen, und man kann daher mit vollem Recht das Zeitalter der Groß-Konstruk-tionen in Walzeisen vom Jahre 1850 ab rechnen.

Gegliederte Träger:

Gitterwerk.

Als erste Vorstufe gegliederter Konstruktionen können die Häng- und Sprengwerke betrachtet werden, wie man sie z. B. 1840 an einem Fußgängersteg bei St. Bathaus⁴⁾ in England verwandte und deren Gedanke noch 1852 zu dem mit versteifenden Zugschrauben im Mittelfeld versehenen auf-gestellten doppelten Hängewerk der Wye-Brücke bei Chep-stow geführt hat⁵⁾. Auch die damals beliebten Balken-, Fischbauch- und Bogenträger aus Eisenbahn-Schienen wären hier zu nennen.

Als empfehlenswert erwies sich sehr bald das Dreieck-System, das Fachwerk. In Holz sind Dreieck-Stabwerke

¹⁾ Allgem. Bauzeitung 1848, S. 203. 1849, S. 175, Atlas Bl. 277.

²⁾ Allgem. Bauzeitung 1849, S. 175, Atlas Bl. 273.

³⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1859, S. 490. 1860, S. 539, nebst Textbl. W.

⁴⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 515, Fig. 634.

⁵⁾ In der Wye-Brücke sind zwar schon die Anfänge des Halb-parabelträgers gesucht worden, es hat aber die Gestalt des letzteren dem Bewußtsein des Urhebers, Brunels, wohl fern gelegen (Briefl. Mitt. v. Geh.-Rat Barkhausen). Näheres über diese Brücke s. Notizbl. d. Arch. u. Ing.-Ver. f. d. Königl. Hannover, Bd. 1, 1851, S. 360, Tafelbeilage 28–30. Allg. Bauzeitg. 1852, Bl. 486. Nouv. ann. de la constr. 1855, Taf. 25. Zeitschr. f. Bauwes. 1861, S. 111.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1901, S. 470.

²⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 2, Fig. 4–6.

³⁾ Beck, Gesch. d. Eisens, Bd. IV, S. 641.

⁴⁾ Abb. bei Molinos et Pronnier a. a. O. Über Balkenbrücken vergl. Tabellen bei Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 602, 610, 616, 630, 684.

⁵⁾ Allg. Bauzeitg. 1852, S. 166, Atlas Bl. 478.

⁶⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 523. Fig. 648.

schon früh hergestellt worden und es lassen sich ihre Spuren weit bis in die römische und ägyptische Kunst zurück verfolgen¹⁾. Trotz dieses Alters haben aber die Fachwerke bis zum 18. Jahrhundert keine besondere Beachtung gefunden, vornehmlich wohl, weil man das Spiel der in ihnen wirkenden Kräfte nicht genügend kannte, um mit Sicherheit konstruieren zu können. Nach Aufkommen des Eisenbaues wurde ihre Entwicklung vor allem durch die Schwierigkeiten behindert, welche der Verarbeitung und Verbindung von Schmiedeeisenteilen anfangs im Wege standen. Allerdings hatte Bruyère im Jahre 1808 einen kleinen eisernen Steg über den Crou in St. Denis (12 m), „die einzige ganz schweißeierner Bogenbrücke der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts“²⁾ unter folgerichtiger Anwendung der Dreieck-Verbindung ausgeführt, auch wußte er die Bedeutung der letzteren, die ja späterhin allen Eisenkonstruktionen als Grundlage dienen sollte, sehr wohl zu schätzen, indem er nach dem System der Crou-Brücke im Jahre 1810 einen schmiedeeisernen Fußgängersteg von sogar 130 m Spannweite entwarf. Aber sein vorgreifend kühner Gedanke fand keinen Anklang, wenn auch Telford die Zwickel verschiedener gußeiserner Bogenbrücken, z. B. der Spey-Brücke bei Craig-Ellachie³⁾ mit Wandgliederungen in Gestalt von Andreaskreuzen und von zweiteiligem Strebenwerk ausfüllte.

Die Aufnahme des Fachwerks in den Eisenbau vollzog sich vielmehr auf zwei anderen, ganz verschiedenen Wegen:

In Amerika wurde der dort übliche Holzbau maßgebend, für welchen Town zwei parallele Balken durch schräge sich kreuzende Holzlatten verbunden und so um 1820 die nach ihm benannten Lattenbrücken⁴⁾ geschaffen hatte. Diese wurden bald in Eisen nachgeahmt. Es hafteten ihnen zwar erhebliche Mängel an, vor allem da man zu viel Gußeisen und dieses nicht immer an der richtigen Stelle verwandte; auch waren die Knotenpunkte vielfach mangelhaft durchgebildet und es fehlte an Querversteifungen. Ihr Grundgedanke wurde jedoch als wertvoll anerkannt und von der Technik bereitwillig aufgenommen.

In Europa andererseits kam man zu gleichartigen Bauweisen, indem man die bisherigen vollwandigen genieteten Träger leichter herzustellen suchte, und deshalb ihre Blechstege durch engmaschiges Stabwerk ersetzte, wobei wohl der amerikanische Town-Träger anregend mitwirkte. Damit entstanden die sog. Gitterträger, die zeitweise eine wichtige Rolle spielten.

Die 1845 über den Royal-Kanal bei Dublin mit 42,67 m Spannweite gestreckte eiserne Gitterbrücke der Dublin-Drogheda-Bahn⁵⁾ stellt eins der ersten europäischen Beispiele dieser Art dar, dem rasch zahlreiche andere folgten, während die Träger mit vollen Wandungen künftig auf Brücken mit kleineren Spannweiten (bis etwa 20 m) beschränkt blieben. In Deutschland fanden die engmaschigen Parallel-Gitterbrücken hauptsächlich durch Henz im Jahre 1846 mit dem

Bau der Neißerbrücke bei Guben¹⁾ Eingang. Das hier vorgenommene Durchflechten der Gitterstäbe wurde aber bald wieder aufgegeben: Schon 1847 an der Wupperbrücke in Barmen-Rittershausen wurden nur noch gekreuzte Gitterstäbe verwendet. Ferner wurde an den Gitterträgern der Gebrauch des Gußeisens, in welchem man noch an der Ruhrbrücke bei Altstaden die ganze Druckgurtung hergestellt hatte, mit der Zeit immer mehr eingeschränkt; die Saale-Brücke bei Grizelna (1848) erhielt bereits rein schmiedeeiserne Gurte in T-Form²⁾.

Während Town eine Berechnung seiner Systeme noch nicht vorgenommen hatte, erfolgte eine genaue Vorherbestimmung der Gitterträger etwa vom Jahre 1851 an, als Schwedler seine einschlägigen Untersuchungen veröffentlicht und Culmann die Theorie der geraden und parallelförmigen Fachwerke gebracht hatte. Nun konnte die Weichsel-Brücke bei Dirschau³⁾ entstehen, die mit sechs Öffnungen von je 123,13 m als weitest gespannte und längste aller Gitterbrücken im Jahre 1857 der Britannia-Brücke würdig zur Seite trat (Abb. 6). Gegenüber früheren Gitterbrücken, die durchweg gleich starke Gurtungen und Stäbe erhalten hatten, sind bei der Dirschauer Brücke wie auch an der gleichzeitigen und gleichartigen Nogat-Brücke bei Marienburg⁴⁾ (Abb. 2) als wichtige Neuerung alle Querschnitte entsprechend den zugehörigen Spannungen gewählt, d. h. am stärksten dort, wo auch die größten Kräfte auftreten. Eine weitere Verbesserung ist die Einführung senkrechter Winkelleisen zur Versteifung der Gitterwände. Die Dirschauer-Brücke besitzt gitterartige Querträger und Querversteifungen, sowie offene Zellengurte, die wohl noch einen letzten Anklang an die Menai-Brücke darstellen, während die Marienburger-Brücke bereits einfacher gestaltet ist.⁵⁾ Um etwa dieselbe Zeit entstanden mit Gitterträgern 1859 die Eisenbahn- und Straßenbrücke bei Köln⁶⁾ (99 m), sowie 1860 die Eisenbahnbrücke bei Kehl⁷⁾ (60 m) (Abb. 12).

Allmählich machten sich aber gewisse Nachteile des engmaschigen Gitterwerks bemerkbar. Vor allen Dingen erlitten die gezogenen Stäbe eine beträchtliche Nietverschwächung, so daß ein ziemlicher Material-Aufwand nötig wurde. Auch war es trotz aller Fortschritte der Wissenschaft schwierig, die in den vernieteten Gitterstäben gleichzeitig auftretenden Zug-, Druck-, Biege- und Scherspannungen theoretisch scharf zu verfolgen. Man wandte sich deshalb sehr bald einem Eisengefüge mit weiteren Maschen und steifen Stäben zu, d. h. das Fachwerk im eigentlichen Sinne trat in den Vordergrund, u. zw. vorwiegend nicht mehr als kontinuierlicher Träger, sondern als Träger auf zwei End-Stützen.

Parallel-Fachwerk.

Das Parallel-Fachwerk ist ungefähr gleichlaufend mit dem Gitterwerk entstanden, und kann in Amerika auf das dortige Holzfachwerk mit Gegenstreben zurückgeführt

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 500.

²⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 644. Abb. S. 652, Fig. 831.

³⁾ Engineering 1892, Bd. 53, S. 188, Fig. 58.

⁴⁾ Allgem. Bauzeitung 1839, Atlas Bl. CCXCI; 1851, S. 80. Atlas Bl. 396.

⁵⁾ Allg. Bauzeitg. 1848, S. 1. Atlas Bl. 148, 149.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1853, S. 470, Atlas Bl. 67.

²⁾ Ebenda S. 479, Atlas Bl. 69, 70.

³⁾ Ebenda 1855, S. 446, Atlas Bl. 49, 50.

⁴⁾ Ebenda S. 454, Atlas Bl. 42, 43.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1855, Atlas Bl. 45, 64.

⁶⁾ Ebenda 1863, S. 175 und 335, Atlas Bl. 31—39.

⁷⁾ Ebenda 1860, S. 7, Atlas Bl. 5—7.

werden¹⁾, für welches Long 1839 ein Patent erhielt. Howes setzte eiserne Zugstäbe an die Stelle der hölzernen, und bildete schließlich 1845 in der Manayunk-Brücke²⁾ die Holz-Eisen-Träger ganz in Eisen nach, wie es ähnlich bereits Trumbull 1840 mit seiner Gußeisenbrücke über den Erie-Kanal bei Francfort N. Y. versucht hatte³⁾.

Von größtem Einfluß auf die spätere Bauart amerikanischer Balkenbrücken war der von Whipple 1847 angegebene Trapezträger, wie er u. a. 1858–59 an der ersten amerikanischen Bolzenbrücke, der Brücke über den Kanal von Philippsburg, mit 50 m Weite angewandt wurde. Eine gewisse Bedeutung gewannen auch die von Rider 1847–50 nach dem Grundgedanken Longs erbauten mehrteiligen, durch Ständer versteiften Strebenfachwerke, sowie die meist aus dem Hängwerk entwickelten Träger von Bollmann und von Fink (1851–52). Mit letzteren wurde u. a. 1858 die Monongahela-Brücke bei Clarksburg (60 m) ausgerüstet. Bei allen diesen Bauten kam das Schweißeisen noch mit Gußeisen gemischt vor, weil man glaubte, daß Schmiedeeisen nur für die auf Zug beanspruchten Teile geeignet sei. Die erste ganz schweißeiserne amerikanische Eisenbahn-Fachwerkbrücke wurde erst 1859 von Howard Carroll über den Mohawkfluß bei Schenectady ausgeführt.

Im ganzen gestaltete sich die Entwicklung des Eisenbaues in Amerika so lebhaft, daß beispielsweise allein über dem Missouri, wenn man alle Systeme zusammenrechnet, jetzt 31 Brücken bestehen, von denen die älteste, die Hannibalbrücke in Kansas City (Mo) im Jahre 1869 erbaut worden ist, aber 1891 wieder neu errichtet werden mußte⁴⁾.

In Europa entwickelte sich das Parallelfachwerk unmittelbar aus dem engmaschigen Gitterwerk, indem man dessen Maschenweite allmählich vergrößerte (Flackenseebrücke⁵⁾ bei Erkner 1857), und in dieser Richtung weitergehend schließlich das mehrteilige Strebenfachwerk entstehen ließ. Ein solches wurde u. a. 1855 von James Barton an den als Neuheit auftretenden Doppelwänden der Boynebrücke bei Drogheda⁶⁾ in Irland ausgeführt und wirkte in Deutschland durch seine Verwendung an der Moselbrücke bei Coblenz⁷⁾ sowie an der Eisenbahn- und Straßenbrücke über die Nahe bei Bingen⁸⁾ besonders lange vorbildlich; es sei z. B. nur die mit vierfachem Fachwerksystem ohne Vertikalen ausgeführte Straßen- und Eisenbahnbrücke (88,6 m) über die Mosel bei Bullay genannt⁹⁾.

Daneben nahm man auch das amerikanische Ständerfachwerk mit Gegenstreben auf, und zwar zuerst 1844 in England. Zur Ausbildung dieses Brückensystems haben vor allem die Veröffentlichungen von Mohnié¹⁰⁾ beigetragen, nach dessen

Vorschlag 1859 die Eisenbahnbrücke über den Jumna bei Allahabad¹⁾ in Indien (62,50 m) und 1863–64 die Brücke über den alten Rhein bei Griethausen²⁾ (100,40 m) als „Ver-einigung mehrerer einteiliger Fachwerke mit Hauptstreben zu einer mehrteiligen Wandgliederung“ entstand. Seine höchste Ausgestaltung fand das Mohnié-Fachwerk an der 1865–67 erbauten Rheinbrücke zwischen Ludwigshafen und Mannheim (89 m).

Mit der Zeit ging man aber doch zu einfacheren, die Kräfte klar aufnehmenden Wandgliederungen, zum Fachwerk ohne Gegenstreben mit knickfester Diagonale über. So waren bereits 1846 von dem belgischen Ingenieur Néville eiserne einteilige Strebenfachwerke vorgeschlagen worden, welche mehrere parallele aus Schmiedeeisen und Gußeisen zusammengesetzte Gurte sowie nur geneigte, nach dem gleichseitigen oder mindestens gleichschenkligen Dreieck angeordnete Füllungsstäbe verwendeten. Die Néville-Brücken fanden hauptsächlich in Frankreich, Österreich und Italien Aufnahme, u. zw. größtenteils mit recht schlechtem Erfolg³⁾. Warren hat um 1849 das System durch Fortlassen der Mittelgurte, Wahl von Schweißeisen für den Untergurt, Einführen von Bolzen-gelenken an Stelle der bisherigen Klemmverbindungen u. dergl. m. verbessert, und es wurden danach, um nur Beispiele zu nennen, 1851 die 73,3 m weite Brücke der Great-Northern-Bahn über den Trent bei Newark⁴⁾ und 1853 die Crumlin-Talbrücke⁵⁾ bei Newport in Süd-wales hergestellt.

Die Warren-Bauart wurde bald auch nach Amerika übernommen und fand dort starke Verbreitung. Sie wurde u. a. der durch ihre große Weite von 122 m ausgezeichneten Ohiofallbrücke bei Louisville (1868–70) von Fink zu Grunde gelegt, erfreut sich aber unter zeitgemäßer Weiterbildung auch heute noch großer Beliebtheit⁶⁾. Ihr Füllungssystem hat man sogar auf Bogenbrücken übertragen, wie die neue St. Croix-River-Brücke zeigt⁷⁾. In Frankreich wurde nach dem System Warren neuerdings (1905–08) in freiem Vorbau die Hochbrücke von Les Fades über die Sioule mit gemauerten Pfeilern von 92,33 m Höhe ausgeführt⁸⁾.

Weniger günstig war eine andere Ausbildung des Néville-Systems, der Schiffkorntträger, der hauptsächlich durch den im Jahre 1868 erfolgten Einsturz der Pruthbrücke bei Czernowitz⁹⁾ in Verruf kam.

Als neuere Balkenbrücken mit Parallelträgern entstanden u. a. eine Rheinbrücke bei Kehl (1897–98) (Abb. 13),

¹⁾ Humber, Treatise on iron bridge construction S. 196, Atlas Bl. 41–45.

²⁾ Hartwich, Erw. d. rhein. Eisenb., 3. Abt., S. 13, Bl. 9–12.

³⁾ Über Néville-Brücken in Leitmeritz s. Allg. Bauzeitung 1911. Heft 1, S. 12.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1857, S. 220, Atlas Bl. 29.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1858, S. 18. Atlas Bl. 11–14. Allg. Bauzeitg. 1863, S. 89, Atlas Bl. 560.

⁶⁾ Über Einlegen von Zwischenteilen s. Deutsche Bauzeitg. 1873, S. 51: Tay-Brücke bei Dundee.

⁷⁾ Engineering News Vol. 66, 1911, S. 757. Der Eisenbau 1912, S. 292.

⁸⁾ Engineering 1909, S. 877, Zeitg. d. Ver. deutsch. Eisenb.-V. 1909, S. 1005, 1284. Le Génie Civil 1909, Bd. 55, S. 81.

⁹⁾ Zeitschr. d. Ver. d. Eisenb.-Verw. 1868, S. 322. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1868, S. 775.

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1851, S. 71, 74. Atlas Bl. 388. Zeitschr. f. Bauwes. 1862, S. 217, Atlas Bl. 36–39.

²⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 585.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1905, S. 1576.

⁴⁾ Engineering News 09, S. 461.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1859, S. 37, Bl. 12, 13.

⁶⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1857, S. 215, Atlas Bl. 27, 28.

⁷⁾ Hartwich, Erw. d. rhein. Eisenb., 3. Abt. S. 6, Bl. 1–3.

⁸⁾ Ebenda S. 9, Bl. 4–8.

⁹⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1884, S. 52, Atlas Bl. 37.

¹⁰⁾ Ebenda, 1858, S. 277.

sowie Brücken über den Dnjestr (102 m) bei Rybnitza (1893) und über den Jenissei bei Krasnojarsk in Sibirien¹⁾ (144 m).

Die oben erwähnte Crumlin-Talbrücke ist u. a. dadurch bedeutsam, daß an ihr zum ersten Male in Europa völlig eiserne Turmpfeiler auftreten, u. zw. sind diese bis zu 62 m hoch und werden aus gußeisernen Pfosten und Querverbänden und schweißeisernen Andreaskreuzen gebildet. Nebenbei bemerkt war in Amerika schon im Jahre 1852 der Trayrun-Viadukt in der Baltimore-Ohio-Bahn mit gußeisernen Stützen versehen worden²⁾.

Weitere Pfeiler-Ausführungen in Gußeisen zeigen u. a. der Grandfey-Viadukt über die Saane bei Freiburg (1857—62)³⁾ und die Brücken über das Zellertal bei Mannheim (1873—74) und über das Liantal (1877—78) in Schweden; aber allmählich gewannen doch Schweißisen und Flußeisen das Vorrecht. So wurde bereits 1871 die Guggenloch-Brücke der Toggenburger Bahn⁴⁾, 1876 die neuerdings durch Umbau verstärkte Kentuckytalbrücke⁵⁾, 1873—88 die Hudsonbrücke bei Poughkeepsie (Abb. 18), und 1883 die Niagarabrücke⁶⁾ mit schweißeisernen bzw. flußeisernen Turmpfeilern versehen. In Deutschland entstanden in dieser Art 1880—81 die Talbrücken bei Assenheim und Angelroda⁷⁾.

Eine besondere Form des Pfeilerbaues wurde von Amerika nach Europa übertragen, nämlich das dem Holzbau entnommene Trestlework, die Gerüstbrücke. Diese entsteht dadurch, daß einzelne dicht hinter einander stehende Böcke paarweis zu standfesten Gerüsten mit schrägen Längswänden und lotrechten Querswänden verbunden, und die Gerüst-Abstände durch kurze einfache Balken überdeckt werden, während im Gegensatz dazu die vorerwähnten Turmpfeiler pyramidale Form und größere Entfernung voneinander zu erhalten pflegen.

Als Gerüstbrücken entstanden 1872—73 die Varrugastalbrücke⁸⁾ in Peru, 1894 die Pecostalbrücke⁹⁾ in Texas (96 m hoch) und 1900 die Gokteikbrücke¹⁰⁾ in Birma (98 m hoch). Die 1880/81 mit leichten Turmpfeilern¹¹⁾ erbaute Kinzua-Brücke der Erie-Eisenbahn wurde um 1902 durch eine Gerüstbrücke mit diagonallosen Rahmenjochen ersetzt¹²⁾.

¹⁾ Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1909, S. 136. Zeitg. d. Ver. deutsch. Eisenb.-Verw. 1909, S. 1420.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwesen. 1862, S. 220, Atlas Bl. 39.

³⁾ Ebenda 1863, S. 169, Atlas Bl. 28—30.

⁴⁾ Ebenda 1886, S. 220, Atlas Bl. 35.

⁵⁾ Der Eisenbau 1911, S. 301.

⁶⁾ Ebenda S. 634, Fig. 804.

⁷⁾ Heinzerling, Die eis. Bog- u. Balkenbr., S. 5, 69. Taf. I, Fig. 73—77. Hdb. d. Ing. Wiss., II. Bd., 5. Abt., 2. Aufl., Atl. Taf. IV, Fig. 1—9.

⁸⁾ Engineering 1872, Bd. 13, S. 247. Neubau ebenda 1. 91, Bd. 51, S. 460.

⁹⁾ Engineering News 1893, S. 2. Die Brücke wurde neuerdings durch Blechträger verstärkt, s. Engineering News 3. Nov. 1910, S. 471.

¹⁰⁾ Scient. Am. 1901, Bd. 85, S. 104. Engineering 1901, Bd. 71, S. 647. Engin. Record 1901, Bd. 43, S. 26.

¹¹⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1883, S. 310.

¹²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1902, S. 751. Der Eisenbau 1912, S. 110. Betr. Lethbridge-Viadukt s. Engineering News 1909, S. 324. Betr. Coder Run Viadukt und Welsh Run Viadukt s. Engineering Record 1909, S. 36.

In Deutschland hat vor allem die sächsische Staatsbahn den Bau von Gerüstbrücken gepflegt¹⁾, auch hat Brücken dieser Art die 1908 in Betrieb genommene neue Bahnlinie Metz—Vigy—Anzelingen (Abb. 15), sowie mit vollwandigen Hauptträgern die Bahn Zwönitz—Scheibenberg erhalten²⁾.

Eine dritte Pfeilerart, der Wand- oder Pendelpfeiler, ist in Norwegen³⁾ aufgekommen und wurde dort beispielsweise in den Nebenöffnungen der Minnesundbrücke⁴⁾ (1880) und an der Brücke der Ofotbahn bei Narvik (1901—02) angewandt. Dadurch angeregt errichtete die sächsische Staatsbahn hauptsächlich auf Veranlassung von Köpcke ähnliche Bauwerke in der Oschützbrücke (1884)⁵⁾ u. a. m. Als neuere Ausführung sei die Pendelpfeilerbrücke über den Argentobel⁶⁾ erwähnt (Abb. 40).

Eine gleichzeitige Verwendung von Pendel- und Turmpfeilern zeigen der Marent-Gulch-Viadukt (1885) der Northern-Pacific-Bahn und die Talbrücke bei Epfenhofen in der Linie Waizen—Immendingen.

Endlich kommen Pfeiler auch in Verbindung mit Bogenbrücken vor, indem die Parallelträger einer hochliegenden Fahrbahn auf eisernen, dem Hauptbogen aufgesetzten Pfeilern ihr Auflager finden. Beispiele bieten die Garabit-Talbrücke⁷⁾ (1880—84) (Abb. 56), die Addabrücke bei Paderno⁸⁾ (1889) (Abb. 57), die Kaiser-Wilhelm-Brücke⁹⁾ bei Müngsten (1893—97) (Abb. 59), die Kornhausbrücke in Bern¹⁰⁾ (1895—98) (Abb. 60) und die Kanderbrücke bei Wimmis (Abb. 84).

Die Möglichkeit, neue Wege einzuschlagen, war der Eisenbauweise bei einer besonderen Art von Pfeilerbrücken, nämlich bei den Hochbahnen gegeben. Sie hat aber von dieser Möglichkeit an den ersten Ausführungen dieser Art, den amerikanischen¹¹⁾, (Abb. 30) und auch noch ander Schwebelbahn Barmen—Elberfeld¹²⁾ wenig Gebrauch gemacht. Das

¹⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 648, Fig. 824, 825. S. 649, Fig. 826. S. 650, Fig. 827.

²⁾ Betr. Gerüstbrücke über das Ottertals. Zeitschr. f. Bauwesen 1896. Über Gerüstbrücken der Lokalbahn Waidhofen—Gaming s. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, S. 113.

³⁾ Wochenschr. f. Architekten u. Ingenieure 1883, S. 115.

⁴⁾ Wochenschr. f. Architekten und Ingenieure 1883, S. 121, Fig. 13.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1887, S. 322. Civil-Ingen. 1887, Heft 3, 4.

⁶⁾ Deutsche Bauzeitg. 1907, S. 179. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 596. Über den mit Pendelpfeilern konstruierten Talübergang bei Westerwald s. Zeitschr. f. Bauwesen 1907, S. 405. Atlas Bl. 51—55.

⁷⁾ Wochenschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-Ver. 1884, S. 159. Zentralbl. d. Bauverw. 1881, S. 120. 1884, S. 200. Engineering 1885, S. 549, 593. Le Génie Civil, Bd. 13, 1888, S. 220, 230. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886, S. 630.

⁸⁾ Nouv. ann. de la constr. 1888, S. 120. Wochenschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 283. Schweiz. Bauzeitg. 1889, Bd. 13, S. 137. 1896, Bd. 28, S. 113, 133, 135.

⁹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 1321. Zentralbl. d. Bauverw. 1895, S. 161. 1897, S. 149.

¹⁰⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1896, Bd. 28, S. 113, 133, 135. Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 397. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, S. 767, 1289.

¹¹⁾ Über New York s. Zeitschr. f. Bauwesen 1904, S. 487. Wochenschr. des Arch.-Ver. z. Berlin 1910, S. 206.

¹²⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1900, S. 506.

Tragwerk der letzteren besteht aus einer Folge von gegliederten Trägern auf 21–30 m entfernten Pendeljochen, die über dem Flusse spreizbeinig, über der Landstraße portalartig ausgebildet sind. In Abständen von 200–300 m stehen feste Gruppenpfeiler, über denen die Überbauten verschieblich zusammenstoßen, um alle Längen-Änderungen auszugleichen.

Selbständiger entfaltet sich das Eisen an der Hochbahn zu Berlin¹⁾ (Abb. 32, 35), deren Lösungen nicht allein vom praktischen Standpunkt befriedigen, sondern dem Schönheitsgefühl schon in hohem Maße Genüge tun. Vor allem gilt dies von der westlichen Strecke. Hier sind die sich paarweise gegenüber stehenden Bock-Stützen in richtiger Betonung ihrer Wirksamkeit schräg gegeneinander geneigt und bogenförmig miteinander verbunden. Die Gitter sind reich geschmiedet und schwere Steinpfeiler mit frisch erfundenen freien Endigungen²⁾ dienen als Zwischenteilung. Unter den zugehörigen Hochbauten sind die von hervorragenden Berliner Architekten entworfenen Bahnhöfe Prinzenstraße, Hallesches Tor, Bülowstraße (Abb. 133, 134) und Nollendorfplatz besonders erwähnenswert³⁾.

Fachwerk mit gekrümmter Gurtung.

Neben dem Gitter- und Parallelfachwerk tritt sehr bald der Träger mit gebrochener oder gekrümmter Gurtung auf. Dieser hat vor allem den Vorteil für sich, daß er an der Stelle der größten Momentwirkung d. h. in der Mitte seiner Länge auch die größte Widerstandsfähigkeit besitzt, also zur Erreichung großer Spannweiten als sehr rationell angesehen werden kann.

Es können zwei Hauptarten, die Träger mit einer geraden und einer gekrümmten Gurtung und die Träger mit zwei gekrümmten Gurtungen unterschieden werden. Beide sind auf den Holzbau zurückzuführen.

Die erstere, die Gruppe der eisernen Bogensehnen-, Fischbauch- oder Parabelträger, ging vom amerikanischen Holzbrückenbau aus, nach welchem Whipple im Jahre 1840 das erste eiserne Parabelfachwerk bildete.⁴⁾ Im Jahre 1844 erbaute Harrison mit den ersten englischen Parabelträgern eine 52 m weite Eisenbahnbrücke über den Ouse-Fluß. Auch Brunel nahm die neue Konstruktionsweise bald auf und verwertete sie u. a. 1849 an der 60,96 m weiten Victoria-Brücke über die Themse bei Windsor⁵⁾.

Den ersten deutschen Bogensehnenträger führte Schwedler 1860 beim Bau der Brahebrücke bei Czersk aus⁶⁾. Es folgte u. a. 1875–76 die Rheinbrücke bei Germersheim (90 m) und 1877–78 eine Eisenbahn- und Straßenbrücke über die Elbe bei Riesa⁷⁾ (100 m), letztere mit künstlicher Aufhebung der aus dem Eigengewicht sich ergebenden Untergurtstabskräfte.

Neuere Bauten mit Bogensehnenträgern sind die McKinley-Brücke (171,4 m) über den Mississippi in St. Louis, und die am Lande montierte, schwimmend übergeschobene Kemi-Isolaara-Brücke (125 m) in Finnland (1903–4), Vieleck-Umriss mit geradem Untergurt hat die Delawarebrücke (165 m) bei Philadelphia (1895–96).

In dem Bestreben, günstigere Knotenpunkts-Verbindungen zu schaffen und Träger mit einem Ständerfachwerk zu konstruieren, in welchem selbst bei ungünstigster Laststellung jede Hauptstrebe nur Zug erfahren würde, vereinigte Schwedler die Parallel- und Parabelform und errichtete mit den so entstandenen nach ihm benannten Trägern 1863 die 58,3 m weite Eisenbahnbrücke bei Corvey⁸⁾. Für die theoretisch richtigere hyperbolische Form des Obergurtes entschloß er sich erst 1867 an der Elbbrücke bei Hämerten (63,39 m Spannweite)⁹⁾. Auch Ellipsen, Korbbögen und ähnliche Kurven kamen gelegentlich bei den Obergurten von Schwedler-Trägern zur Anwendung. Neuerdings entstand mit Schwedlerträgern von 126 m Weite die Oka-Brücke bei Murom in Rußland¹⁰⁾.

Bei den Parabelträgern hatte sich die einwandfreie Verbindung der beiden Gurtungsenden als konstruktiv schwierig erwiesen. Dies führte zur Herstellung von Trägern mit abgestumpften Enden, den Halbparabelträgern, welche bald weitere Aufnahme fanden, z. B. 1863–68 an der 150 m weiten Brücke über den Leck⁴⁾ bei Kuilenburg, und an sonstigen Brücken der holländischen Staatsbahn. Nebenbei bemerkt waren diese Brücken die ersten, bei denen Bessemer-Metall, wenn auch zunächst mit wenig befriedigendem Erfolg verwandt wurde, nachdem es in England 1860–61 als Konstruktionsstoff für Handelsschiffe eingeführt worden war.

In Deutschland wurde der abgestumpfte Bogensehnenträger ebenfalls viel ausgeführt, so 1869–71 an der Kaiser-Wilhelm-Brücke über den Rhein bei Hamm (103,62 m), 1876–78 über der Elbe zwischen Hohnstorf und Lauenburg⁵⁾ (100 m), 1880 an der Prinz-Wilhelm-Straßenbrücke über die Saale bei Calbe (104 m), 1893–94 an der Rheinbrücke bei Roppenheim (Abb. 107), und mit Hilfsfachwerken nach amerikanischer Art an der Weichselbrücke bei Münsterwalde (1907–08)⁶⁾.

Als französisches Bauwerk dieser Art wäre die Lessartbrücke (94 m) über den Rancefluß bei Dinan (1877–87) zu nennen, als italienische Ausführung die 102 m weite Tiberbrücke der Piazza Pia in Rom (1888–90), als russische die Wolgabrücke bei Jaroslavl (145,6 m)⁷⁾. Besonders kühn wirkt die 120 m weite Trisana-Talbrücke⁸⁾ der Arlbergbahn bei Innsbruck (1882–84). In Amerika wäre

¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1902, S. 269, 280.

²⁾ Deutsche Bauzeitg. 1902, S. 275.

³⁾ Deutsch. Bauzeitg. 1902.

⁴⁾ Heinzerling, Die eisern. Bog.-Balkenbr. S. 2, Taf. I. Fig. 1–11.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1861, S. 111, Atlas Bl. 16.

⁶⁾ Zeitschr. f. Bauwesen, 1861, S. 572, Atlas Bl. 63, 64.

⁷⁾ Deutsche Bauzeitg. 1878, S. 310. Zeitschr. d. Hann. Arch.-u. Ingen.-Ver. 1880, S. 112. Mitt. d. sächs. Ing.-u. Arch.-Ver. 1879, S. 12–19.

⁸⁾ Heinzerling, Die eis. Bog.-Balkenbr. S. 368, Taf. I. Fig. 30–37.

⁹⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1868, S. 518, Atl. Bl. 68.

¹⁰⁾ Deutsche Bauzeitg. 1911, S. 257.

¹¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 538.

¹²⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau S. 625, Fig. 791. Deutsche Bauzeitg. 1870, S. 293.

¹³⁾ Zeitg. d. Ver. deutsch. Eisenb.-Verw. 1909, S. 1113. Org. f. d. Fortsch. d. Eisenbahnwes. 1912, S. 409, Taf. 54.

¹⁴⁾ Deutsche Bauzeitg. 1911, S. 257.

¹⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1884, S. 93.

die 1889–90 errichtete Merchants - Eisenbahnbrücke ¹⁾ über den Mississippi bei St. Louis hervorzuheben (158 m). Die Rheinbrücke der Albulabahn bei Thusis und der Sitter-Viadukt der Bodensee-Toggenburg-Bahn (120 m) haben Halbparabel-Träger mit doppeltem Netzwerk nebst Pfosten, wobei die Obergurte durch Zwischenpfosten mit den Kreuzpunkten der Streben verbunden sind, um die großen Fachweiten für die Zwischen-Querträger unterzuteilen²⁾.

Mit einer besonderen Art der Wandgliederung, dem sog. K - Verband, bei dem halbe Diagonalen mit den Pfosten Dreiecke mit senkrecht stehender Basis bilden, ist im Jahre 1903 die Eisenbahnbrücke über die Havel bei Brandenburg ³⁾ (90 m) ausgestattet worden.

Eigenartig ist der Fußgängersteg über die Enz in Pforzheim ⁴⁾ (1905), dessen Diagonalen in Geländerhöhe anlaufen, während der geschweifte Obergurt nur mit den nach oben verlängerten senkrechten Pfosten verbunden ist.

Die 100,58 m weite neue Wear-Brücke bei Sunderland (1909), welche mit provisorischer Anhängung frei vorgebaut wurde, obwohl sie nicht einen Ausleger, sondern einen Träger auf zwei Stützen darstellt, besitzt noch auffallend eng geteilte Trägerwände mit Schrägen, die über zwei Felder durchlaufen, und mit Gegenschrägen in den Mittelfeldern⁵⁾.

Unter den Brücken mit abgestumpften Trägern finden wir die überhaupt am weitesten gespannten Balkenbrücken, nämlich die Miami-River-Brücke in Elizabethtown (Ohio) ⁶⁾ mit 178,6 m, die neue Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Duisburg-Ruhrort (186 m)⁷⁾, und die Municipalbrücke über den Mississippi in St. Louis (206,3 m)⁸⁾.

Bei dem Eisenträger mit zwei gekrümmten Gurtungen, dem Linsen- oder Fischträger, knüpfte man an die hölzernen Débiaträger⁹⁾ (1829) und Laves-Balken¹⁰⁾ (1834) an. Letztere bestanden ohne besondere Wandgliederung aus zwei an den Enden verbundenen und in der Mitte durch Zwischenstäbe auseinander gespreizten Hölzern, und besaßen damit eine Form, die bereits Navier als Vereinigung von Bogen und Hängbogen erörtert hatte. Die Débia-Träger dagegen weisen bereits Gliederungen durch Gegenfachwerk und zweiteiliges Strebenfachwerk auf. Die ersten Eisenträger wurden 1825 von den beiden Stephenson zwischen Etherly und Brusselton an einer Eisenbahnbrücke über den Grannless¹¹⁾ ausgeführt, u. zw. hauptsächlich aus Gußeisen.

Zu den ersten eisernen Brücken mit Laves-Trägern gehören eine 1,17 m breite Fußgängerbrücke von 8,18 m Spannweite im Park des Grafen Münster zu Derneburg¹²⁾

(1838), einige Brücken im Park von Herrenhausen bei Hannover (Abb. 3–5) und eine Fußgängerbrücke über den Stadtkanal in Potsdam ¹⁾ (1842).

Nach einem nicht recht geglückten Versuch mit der Günzbrücke bei Günzburg ²⁾ (1853), der ersten eisernen Eisenbahnbrücke Bayerns, wählte Pauli für den Fischträger einen Umriß, der den Gurtungen bei voller Belastung überall gleiche Spannungen, also auch gleiche Querschnitte sicherte und ließ sich diesen nach ihm benannten Brückenträger 1856 durch Patent schützen. Der Pauliträger kam zuerst 1857 an der jüngst mit neuem Überbau versehenen³⁾ Isarbrücke bei Großhesselohe⁴⁾ (52,54 m) zur Anwendung, dann 1860–62 an der von Gerber erbauten, aber neuerdings ebenfalls ausgewechselten Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz ⁵⁾ (105,21 m) u. a. m.

Die größte Spannweite eines Fischträgers erreichte Brunel mit 139 m an der im Jahre 1859 vollendeten Tamarbrücke bei Saltash⁶⁾. Der Obergurt derselben ist einteilig und besteht aus einer im Querschnitt elliptischen Blechröhre, welche die ganze Bahnbreite einnimmt. Der Untergurt ist doppelt und wird von zwei übereinander hängenden Ketten gebildet. Der Gedanke Rohr und Kette für Ober- resp. Untergurt zu verwenden ist allerdings nicht neu, vielmehr begegnen wir ihm bereits an den schon erwähnten Brücken von Herrenhausen (Abb. 4) und Potsdam. Ein leichtes und elegantes Beispiel eines Linsenträgers bietet der 1890 erbaute Schlütersteg (50,88 m) in Berlin ⁷⁾ (Abb. 100).

Wie die Parabelträger hat man aus konstruktiven Gründen auch die Linsenträger mehrfach mit abgestumpften Enden ausgeführt. Das erste Bauwerk dieser Art war 1872–75 die Memelbrücke⁸⁾ in Tilsit, der dann 1888–91 die neue Brücke über die Weichsel bei Dirschau⁹⁾ (129 m) und die Nogatbrücke¹⁰⁾ bei Marienburg (103,4 m Stützweite) folgten (Abb. 9, 14). Bei allen dreien sind die Stabzüge des zweiteiligen Strebenfachwerks durch einen Mittelgurt vereinigt, um unter der Verkehrslast die Beanspruchung beider Wand-Systeme möglichst gleichmäßig zu gestalten, eine Anordnung, die bereits 1873–79 an der Grand River Talbrücke der Creditallbahn in Nordamerika (168 m) vorkommt und sich neuerdings auch an der Weichselbrücke bei Fordon findet¹¹⁾.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1852, S. 397, Atlas Bl. 67.

²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 809.

³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1909, S. 243.

⁴⁾ Allgem. Bauzeitg. 1859, S. 82, Atlas Bl. 246. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 563.

Ein Ausschnitt der alten Hauptträger wurde dem Deutsch. Museum in München überwiesen (D. Bauzeitg. 1911, S. 243).

⁵⁾ Heinzerling, Die eis. Bog.-Balkenbr., S. 3, 70, Taf. I, Fig. 109–113. Zeitg. d. Ver. deutsch. Eisenbahnverw. 1912, S. 1113.

⁶⁾ Allgem. Bauzeitg. 1857, Bl. 117.

⁷⁾ Die Straßenbrücken der Stadt Berlin.

⁸⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1878, S. 21. Atlas Bl. 14.

⁹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1890, S. 323. Zeitschr. f. Bauwes. 1895, S. 238. Atlas Bl. 32. Deutsche Bauzeitg. 1894, S. 45. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 984 (Innen-Ansicht).

¹⁰⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1895, S. 541. Atlas Bl. 40.

¹¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1894, S. 45.

¹⁾ Engineering 1891, Bd. 51, S. 597, nebst Tafelbeilage, S. 686, Taf. S. 676.

²⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1909, Bd. 54, S. 315.

³⁾ Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 1657.

⁴⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 683, Fig. 866.

⁵⁾ Der Eisenbau 1910, S. 156.

⁶⁾ Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1910, Heft 4, S. 61.

⁷⁾ Der Eisenbau 1910, S. 475. Zeitschr. f. Bauwes. 1912, S. 459. Atlas Bl. 54.

⁸⁾ Engineering News 1912, Vol. 67, S. 231.

⁹⁾ Mehrrens, Der deutsche Brückenbau i. 19. Jahrh., S. 18.

¹⁰⁾ Allg. Bauzeitg. 1840, S. 91. Atlas Bl. 338.

¹¹⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 556, Fig. 692.

¹²⁾ Heinzerling, Die eis. Bog.-Balkenbr., Fig. 5–6.

2. Durchgehende Träger, Kragträger.¹⁾

Die ersten kontinuierlichen Brücken, wie die Britannia-Brücke, die Brücken bei Dirschau und Marienburg u. a. m. berechnete man entsprechend dem damaligen Stand der Theorie als Balken auf zwei Stützen, wobei der durch nachträgliche Vernietung der einzelnen Überbauten bewirkte einheitliche Zusammenhang nur als Sicherheitsfaktor galt. Indessen wurden für diese Bauwerke bereits Modellversuche mit Trägern, die über mehrere Öffnungen durchgingen, vorgenommen und späterhin für die Torksey-Brücke (1849) und die schon erwähnte Boynebrücke bei Drogheda (1855) fortgesetzt. Im Anschluß an die 1855–57 erschienenen Arbeiten von Bertot und Clapeyron behandelte Ritter 1860 den durchgehenden Träger theoretisch. Mohr knüpfte daran an und wies insbesondere die Gefährlichkeit etwaiger Stützensenkungen rechnerisch nach.

Bereits 1846–47 hatten Fowler und Clark auf Grund von Versuchsergebnissen den Vorschlag gemacht, an den Wendepunkten der elastischen Linie, also an den Stellen, wo am durchgehenden gleichmäßig belasteten Balken die Biegemomente gleich Null werden, ein Gelenk einzufügen, und damit den Träger in doppelte Kragbalken mit eingehängten Zwischenträgern umzuwandeln. An und für sich ist eine derartige Kragkonstruktion sehr alt, und es lassen sich ihre Spuren schon sehr früh in Indien, China und Japan feststellen²⁾. Aber mit vollem Bewußtsein ihrer Wirkungsweise, in wissenschaftlich begründeter Durchbildung, und mit Eisen als Baustoff wurde sie erst jetzt, also in verhältnismäßig junger Zeit angewandt, u. zw. hauptsächlich in dem Bestreben, die dem steifen durchgehenden Träger anhaftenden Nachteile zu vermeiden.

Nachdem bereits William Henry Barlow 1859 ein Patent für Gelenkträger erhalten hatte, erwarb Sedley 1861 und 1864 Patente für Auslegerbrücken. Diese bestanden aus einem Mittelträger auf verankerten Auslegerarmen³⁾, wiesen also eine Konstruktion auf, wie sie in primitiver Holzausführung schon seit langer Zeit bei einfachen Völkern z. B. auf Java⁴⁾ vorkommt, sich auch heute noch in den Alpen z. B. im Ötztal findet.

Im Jahre 1866 nahm Gerber ein Patent auf „Balkenträger mit freiliegenden Stützpunkten“⁵⁾, und er ließ bald darauf (1867) als erste solche Auslegerbauten die Straßenbrücken über den Main bei Haßfurt⁶⁾ und über die Regnitz⁷⁾ bei Bamberg entstehen. Ein wirkliches Gelenk wurde aber an ihnen wie auch 1872 an der Donaubrücke bei Vilshofen noch nicht eingelegt, vielmehr mußte eine elastische Nietverbindung die Aufgabe eines Gelenks erfüllen. Erst an der Überführung der Allersbergerstraße in Nürnberg wurden Bolzgelenke angewandt.

¹⁾ Über durchgehende Träger und Kragträger vergl. Tabellen über Balkenbrücken bei Mehrrens, Eisenbrückenbau, sowie Tabellen S. 690, 698, 712 ebenda.

²⁾ S. auch Scientific American, 2. Sept. 1911, S. 207: A Curious Indian Cantilever Bridge. Engineering 1892, Bd. 53, S. 220, Fig. 67–69.

³⁾ Engineer 1865, Bd. 20, S. 281.

⁴⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 575.

⁵⁾ Zeitschr. d. bayer. Arch.-u. Ing.-Ver. München 1870, S. 25 u. f.

⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 571.

⁷⁾ Ebenda S. 577.

Die Vollwand-Brücke über die Luhe (1873) in der Bahnlinie Wittenberge–Buchholtz war die erste Auslegerbrücke für Eisenbahnbetrieb.

Die Stephanienbrücke¹⁾ in Wien, welche den Karl-Kettensteg im Jahre 1884 ersetzte, ist als Ausleger mit künstlicher Belastung im Widerlager konstruiert, tritt aber äußerlich als Bogenbrücke auf. Nach der Gestalt eines hängenden Seils sind die Obergurte der 1888–91 erbauten Ausleger-Straßenbrücke über den Neckar in Mannheim (Abb. 27) gekrümmt²⁾.

Ein großes Ereignis war die Vollendung der Forthbrücke³⁾ (1890), welche die riesige freie Weite von 521 m erreichte (Abb. 20). Ihre Ausleger sind mit geradem Ober- und gekrümmtem Untergurt sowie mit zweiteiligem Strebenfachwerk gebildet, während der Schwebeträger sich als einfacher abgestumpfter Bogensehnenträger darstellt. Zur Erleichterung der Bauarbeit ist letzterer auf 107 m Länge beschränkt und die Eisenmasse der Hauptträger mit 207 m Vorkragung möglichst in die Nähe der Pfeiler zusammengedrängt. Die Ausleger sind infolgedessen ungewöhnlich hoch; aber dadurch, daß der Untergurt des Kragarms sich dem Wasserspiegel nähert, vermag der Windverband tief herabzugreifen, also dem Bauwerk eine hohe Standsicherheit gegen heftige Stürme zu verleihen.

Alle gedrückten Glieder der Forth-Brücke sind, wie schon s. Z. die Bogengurtungen der Mississippi-Brücke bei St. Louis als Röhren von zylindrischem bis auf 3,66 m Durchmesser gehendem Querschnitt hergestellt, einerseits um hohe Knickfestigkeit und große Sicherheit gegen Rosten zu erzielen, und dann um dem Wind möglichst wenig Fläche zu bieten. Allerdings ergab die Röhrenform auch gewisse Schwierigkeiten bei der Aufstellung und Stoßverbindung.

Als Baustoff diente Martin-Metall, und damit wurde die Forth-Brücke im Bunde mit den vergleichenden Versuchen, welche 1889–91 mit Schweißeisen, Martineisen und Thomas-eisen für die neuen Brücken bei Dirschau und Marienburg vorgenommen wurden, für die Aufnahme des Flußeisens entscheidend: Bereits 1890–93 wurde an der Weichselbrücke bei Fordon zum erstenmal basisches Flußmetall in größerer Menge verwendet.

Als Flußeisen-Ausleger entstanden 1892–95 die Carol-Eisenbahnbrücke (175 m) über die Donau bei Czernavoda⁴⁾ in Rumänien, 1894–96 die Franz Joseph-Brücke⁵⁾ (Abb. 23, 28) über die Donau in Budapest mit 175 m weiter Mittelöffnung, sowie gleichzeitig die große Weserbrücke bei Bremen⁶⁾ (Abb. 27). Letztere überspannt unter Benutzung von zwei

¹⁾ Wochenschr. d. ö. Ing. u. Arch.-Ver. 1885, S. 36. Schweiz. Bauzeitg. 1885, Bd. 5, S. 53. Engin. Record 1901, Bd. 43, S. 473.

²⁾ Deutsche Bauzeitg. 1901, S. 261.

³⁾ Engineer 1884, Bd. 58, S. 357. Engineering 1884, Bd. 38, S. 213, 428. 1890, Bd. 49, S. 213. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1888, S. 912, Taf. 30. 1891, S. 8. Zeitschr. d. ö. Ing. u. Arch.-Ver. 1884, S. 173, Bl. 23. Deutsche Bauzeitg. 1890, S. 177.

⁴⁾ Zeitschr. d. ö. Ing.-u. Arch.-Ver. 1890, S. 32, Taf. I–IV. 1895, S. 517. Zentralbl. d. Bauverw. 1895, S. 420. Glasers Annalen 1896, Bd. 38, S. 34. Allgem. Bauzeitg. 1896, S. 25, Taf. 11–15.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 325. Zeitschr. d. ö. Ing.-u. Arch.-Ver. 1897, S. 124. Le Génie Civil 1897, Bd. 31, S. 17. Engineer 1897, Bd. 83, S. 486. Zeitschr. f. Arch.-u. Ingenieurwes. 1898, Heft 3, S. 194. Deutsche Bauzeitg. 1904, S. 99.

⁶⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltung. 1894, S. 288.

Strompfeilern den Fluß in drei Öffnungen, von denen die mittlere fast die doppelte Breite der seitlichen hat. Die Hauptträger erhielten nach dem Vorgang Gerbers bei der Mannheimer Neckarbrücke (1890) auf dem größten Teil ihrer Länge einen Zwischengurt, um übermäßig lange Diagonalen zu vermeiden. Ähnliche Zwischengurtungen bei ebenfalls hängebrückenartiger Gesamtform besitzen die Swinemünder Brücke ¹⁾ in Berlin (Abb. 37) und der Kaisersteg bei Oberschöneweide ²⁾ (Abb. 24, 25). Bei ersterer hängt der 48 m lange Schwebeträger der Mittelöffnung beiderseits an 30 m langen Kragarmen, die sich nach den Brückenstirnen mit 60 m langen Seitenarmen vorstrecken, während der Kaisersteg dem System nach einen Auslegerbalken mit Mittelgelenk und eingefügten Spannbögen darstellt. Völlig unter der Fahrbahn liegen die mit eingehängtem Mittelstück versehenen Gerberträger der Weidendammer-Brücke in Berlin (1896) und der Burgtorbrücke über den Elbe-Trave-Kanal in Lübeck ³⁾ (55,6 m). Mit der größten Stützweite Deutschlands (203,4 m in der Mittelöffnung) wurde im Jahre 1907 die Auslegerbrücke über den Rhein zwischen Homburg und Ruhrort fertiggestellt ⁴⁾ (Abb. 41). Ihre Kragarme reichen 34,2 m in die Mittelöffnung und tragen in Gelenken einen 135 m langen Mittelträger mit polygonalem Obergurt. In die beiden Endöffnungen ragen die Kragträger noch 16,1 m hinein, um hier mit Gelenken die als einfache Parallelträger ausgebildeten Endträger aufzunehmen. Kragträger mit bogenförmigem Untergurt und angeschlossenen Schleppträgern zeigt die Stößenseebrücke im Zuge der Döberitzer Heerstraße bei Berlin ⁵⁾ (Abb. 77). Deutsche Firmen haben neuerdings im Zuge der Eisenbahn Tientsin—Pukau eine Brücke über den Hoangho mit Gelenkträgern und eingehängtem Mittelstück von 109,8 m Stützweite erbaut ⁶⁾.

In Amerika wurden schon 1876—77 von Shaler Smith an dem 114 m gespannten Kentucky-Viaduct ⁷⁾ und dann 1879—80 an der nach dem Whipple-System entworfenen Mississippibrücke bei Minneapolis (98 m) Auslegerträger angewandt u. zw. in Parallelform, während 1883—84 an der Brücke über den St. Lorenzstrom und an der Frazerbrücke in Kolumbia die untere Gurtung von den Mittelstützen aus schräg nach oben gezogen und dadurch die Gestalt des Kragträgers der Momentenwirkung angepaßt wurde. Dasselbe geschah gleichzeitig an der mit zweiteiligem Ständerfachwerk auf hohen Eisenpfeilern errichteten Auslegerbrücke über den Niagara ⁸⁾ (141 m) (Abb. 22). Außerdem fiel bei dieser im Interesse statischer Bestimmtheit die Diagonale

über den Pfeilern fort, eine Anordnung, die fortan für den amerikanischen Brückenbau besonders bezeichnend ist, und beispielsweise an der Eisenbahnbrücke (159 m) über den Hudson bei Poughkeepsie ¹⁾ (1873—88) wiederkehrt (Abb. 18). Ungewöhnlichen Vieleckumriß zeigt die Needlesbrücke (201 m) über den Colorado zwischen Arizona und Californien (1889—90) (Abb. 19). Auslegerbrücken mit Hängeform sind die 360 m weite Blackwell-Island-Brücke in New-York (1903—09) ²⁾, die Beaverbrücke (234,5 m) bei Pittsburg ³⁾ und die Sewickley-Brücke (228,75 m) über den Ohio ⁴⁾.

England bevorzugt seit Errichtung der Forth-Brücke Kragteile, die von niedrigen Stützpunkten ausgehen und Kran-Auslegern gleichen; Beispiele bieten die eigenartig aufgelagerte, mit Gelenken in der Mittelöffnung versehene Eisenbahnbrücke (159,7 m) über die Connelfähre bei Oban in Schottland (1900—1903), sowie die Auslegerbrücke über den Rohriarm ⁵⁾ des Indus bei Sukkur. Letztere hat 249,93 m Weite und ist mit rückwärts verankerten etwas eigentümlich gebildeten Kragarmen, also in der s. Z. von Sedley vorgeschlagenen Weise konstruiert (1886—89).

In Frankreich wurde der Gerberbalken zuerst im Jahre 1896 in größerem Umfang angewandt. U. a. entstand in Paris die Passy-Brücke, welche in der Hauptsache Straßenbrücke ist, darüber aber auf Stützen erhöht die Stadtbahn trägt ⁶⁾. In Tonkin wurde 1898—1903 die nach dem früheren Gouverneur Doumer benannte Brücke über den Roten Fluß bei Hanoi (106,20 m) mit unterer gerader, und oberer durchhängender Gurtung der Kragarme und mit eingehängten Parallelträgern erbaut ⁷⁾. An Stelle der 1836 entstandenen Hängebrücke von Roche-Bernard trat eine Bogenbrücke mit Auslegern, welche in die Mittelöffnung hineinragen und zwischen sich einen Dreigelenkbogen von 112 m Spannweite aufnehmen ⁸⁾.

Rußland errichtete nach dem Auslegersystem u. a. eine Brücke über den Dnjepr bei Kitschkaß (192 m), deren Hauptträger nach dem Vorbild der Forth-Brücke gestaltet sind ⁹⁾.

Gelegentlich tritt auch wieder das Bestreben hervor, den durchgehenden Träger ohne Gelenke in praktisch nutzbarer Form auszugestalten. Schon Stephenson hatte daran gedacht, den Kastenträger der Britannia-Brücke an Ketten aufzuhängen und die Kettenenden an dem über die Auflager

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 1926.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1900, S. 65, 291. Atlas Taf. 12, 13.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 774.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 726. Deutsche Bauzeitg. 1907, S. 629.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 326.

⁶⁾ Deutsche Bauzeitg. 1912, S. 876. Engin. News 1913, Bd. 69, S. 61.

⁷⁾ Deutsche Bauzeitg. 1879, S. 220. Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 113.

⁸⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1883, S. 374. 1884, S. 56. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 385, Taf. 17—21. Zeitschr. d. Arch. u. Ing.-Ver. z. Hannover 1884, S. 341, 505. Le Génie Civil 1883, Bd. 4, S. 137. Deutsche Bauzeitg. 1883, S. 341. 1884, S. 293.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1887, S. 271, 473. Engineering 1887, Bd. 43, S. 163. Le Génie Civil 1888, Bd. 13, S. 129. Scient. Am. Suppl. 1888, Nr. 646. Engineer 1888, Bd. 66, S. 240.

²⁾ The Engineer 1908, S. 478, 480. Welt d. Technik 1909, S. 293. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 762. Der Eisenbau 1910, S. 269, 371. 1911, S. 269, 371.

³⁾ Der Eisenbau 1912, S. 437. Engineering 1913, Bd. 95, S. 41.

⁴⁾ Engin. Record 1912, Bd. 66, S. 390. Der Eisenbau 1913, S. 72.

⁵⁾ Engineering 1889, Bd. 47, S. 10, Abb. S. 12 nebst Tafelbeilage. Engineer 1890, Bd. 70, S. 472, Abb. S. 471.

⁶⁾ Organ f. d. Fortsch. d. Eisenbahnw. 1909, S. 212.

⁷⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 1083. Le Génie Civil 1909, S. 385. Scientific American 1910, S. 81.

⁸⁾ Ann. des ponts et chaussées 1912, 9. Serie, 5. Bd., S. 201. Le Génie Civil 1912, Bd. 62, S. 41. Zentralbl. d. Bauverw. 1913, S. 83.

⁹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1908, S. 659. Zeitg. d. Ver. deutsch. Eisenb.-Verw. 1909, S. 1420.

hinaus verlängerten Kastenträger zu befestigen. Aber erst Langer verwirklichte diesen Gedanken 1870 an seiner Wrsowicer Brücke¹⁾. Ähnlich ist auch die Mühlentorbrücke²⁾ (1899) über den Elb-Trave-Kanal in Lübeck (Abb. 90) ausgebildet, deren durchgehender Fachwerkbalken unter der Fahrbahn liegt und eine Mittelöffnung von 41,79 m sowie zwei Seitenöffnungen von 19,67 m überdeckt³⁾. Erwähnt sei auch die mit kettenversteiften Trägern hergestellte Marchbrücke bei Napagedl⁴⁾.

In größerer Zahl sind Straßenüberführungen der französischen Ostbahngesellschaft mit durchgehenden Blechträgern gebaut worden, u. zw. wurden die Zwischenstützen an ihrem oberen Ende in einheitlichem Materialzusammenhang mit den Trägern hergestellt, so daß man infolge dieser Rahmenbildung geringere Durchbiegungen erhielt, als bei Balken auf Pendelstützen⁵⁾.

b) Bogenbrücken.

1. Gußeisen.

In bedeutendem Umfang ist das Eisen, u. zw. zunächst als Gußeisen zum Bau von Bogenbrücken⁶⁾ verarbeitet worden. Dieser entwickelte sich bis etwa zum Jahre 1830, erfreute sich dann einer längeren Blütezeit, in welcher eine Reihe trefflicher Bauwerke besonders in Paris und London entstand, und neigte sich schließlich einem allmählichen Niedergang zu, der sich bis etwa 1890 hinzog⁷⁾.

Als erste größere Gußeisenbrücke und zugleich als erste feste Eisenbrücke der Erde entstand auf Anregung von John Wilkinson die Gußeisenbrücke über den Severn bei der später nach ihr benannten Ortschaft Ironbridge (30,62 m Weite⁸⁾). Sie ging 1776—79 aus den Werken von Coalbrookdale⁹⁾ unter der Leitung von Reynolds und Abraham Darby hervor, und ist noch heutigen Tages gut erhalten. Die dreifachen Rippenlinien ihrer Tragebögen laufen einander parallel und sind durch radiale Stege verbunden, während die Zwickel maßwerkartig ausgefüllt sind. Mit sehr ähnlichem Aufbau, aber mit Kreisfüllungen der Zwickel und mit Bogenlinien, die nach dem Scheitel hin zusammenlaufen, wurde unter der Leitung des Engländers Baidon in den Jahren 1792—96 die erste größere Eisenbrücke des europäischen Festlandes ins Leben gerufen, nämlich die noch heute benutzte 13 m weite, in Malapane für den Grafen von Burghaus gegossene Brücke über das Striegauer Wasser bei Laasan in Schlesien¹⁰⁾.

¹⁾ Der Eisenbau 1911, S. 321.

²⁾ Abb. s. Mehrrens, Der deutsche Brückenbau im 19. Jahrh., S. 21. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 771. S. auch Berkenthiner Kirchsteig ebenda.

³⁾ S. ferner Baumgartenbrücke bei Potsdam in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing., Bd. 54, 30. S. 1222.

⁴⁾ Der Eisenbau 1910, S. 349.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1901, S. 703.

⁶⁾ S. Handb. d. Ing.-Wissensch., 2. Bd., 5. Abt., S. 304. mit Abb.

⁷⁾ Zur Übersicht über die wichtigsten Bauten dieser Art s. Tabellen bei Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 322, 326, 332.

⁸⁾ Rondelet Kunst zu bauen, Tafel CL VII, Fig. 1. Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 497.

⁹⁾ Engineer 1898, Bd. 86, S. 303.

¹⁰⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 499.

Ihre Fertigstellung galt mit Recht als ein großes Ereignis und wurde durch eine besondere Denkmünze gefeiert¹⁾. Die Laasaner Brücke wurde für eine Anzahl verwandter Ausführungen vorbildlich, vor allem in Berlin. Zwar ist nach Feldhaus die Brücke über den Kupfergraben daselbst bereits im Jahre 1790 entstanden²⁾, doch besagt eine Nachricht aus dem Jahre 1797³⁾: „Gegenwärtig wird auch hier an einer eisernen Brücke gebaut. . . . Sie wird über den Kupfergraben gebaut. . . . Die Konstruktion ist ungefähr dieselbe wie die der schlesischen.“

In England spielte zu Ende des 18. und zu Anfang des 19. Jahrhunderts Telford, dem Hazledine als Mitarbeiter zur Seite stand, eine große Rolle als Brückenerbauer⁴⁾. Von seinen Werken seien nur die 30,65 m weite Brücke von Buildwas⁵⁾ (1794—95) und die durch ihre kräftigen Quer- und Kreuzverbände ausgezeichnete, und wohl dadurch noch heute erhaltene Brücke über den Wye bei Chepstow⁶⁾ (34 m größte Weite) hervorgehoben.

Auch die Franzosen blieben im allgemeinen Wettstreit nicht zurück und erwiesen 1801—03 ihre Fertigkeit mit dem Pont-des-Arts, einer Brücke mit 9 Öffnungen von je 17,34 m⁷⁾. Wie es heißt, soll sie demnächst mit Rücksicht auf den anwachsenden Verkehr durch einen Neubau ersetzt werden.

Alle diese Bauwerke haben miteinander gemeinsam, daß sie mehr oder weniger auf den Grundsätzen des Holzbauens fußen, von denen man glaubte, daß sie dem neuen Baustoff am meisten entsprächen. Noch Rondelet äußerte sich in diesem Sinne, indem er sagte: „Da die Eigenschaften des geschnittenen Eisens bei einem viel geringeren Volumen ganz dieselben sind als die des Holzes, so folgt daraus, daß auch die Elemente der bei dem Gebrauch dieses Materials geeigneten Verbindungen mit einigen Modifikationen dieselben sind, wie die der Holzverbindungen.“⁸⁾ Aber bald wurde man sich bewußt, daß das Eisen doch andere Eigenschaften als das Holz besitze, und demnach auch eine andere Verwendungs- und Behandlungsart bedinge. Man glaubte nunmehr eine größere Ähnlichkeit zwischen Gußeisen und Stein zu bemerken, da das Gußeisen sich als besonders befähigt erwies, großen Druck aufzunehmen, während es sich Zugspannungen gegenüber weniger günstig verhielt. Dazu kam noch, daß die bei der bisherigen Bauweise erforderliche Größe der Gußstücke erhebliche technische Schwierigkeiten bereitete. Man entwarf daher gußeiserne Brücken nach dem Grundgedanken gewölbter Steinbrücken, indem man nach den Vorschlägen von De Montpetit und Taine die Bögen aus einzelnen gußeisernen Wölbkörpern zusammensetzte. Dies geschah z. B. 1793—96 an der ursprünglich für den Schuylykyl in Amerika entworfenen 71,91 m weiten Wearbrücke bei Sunderland⁹⁾. Die Wölbkörper derartiger

¹⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 58, Fig. 89.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1911, S. 393.

³⁾ Sammlg. die Bauk. betr. 1. Jahrg. 1797, 1. Bd., 2. Aufl. 1811, S. 123.

⁴⁾ Zeitschr. f. Arch. u. Ingenieurwes. 1901, S. 170.

⁵⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 276, Fig. 303. Engineer 1906, Bd. 101, S. 110.

⁶⁾ Ebenda S. 324, Fig. 373.

⁷⁾ Rondelet, Kunst zu bauen, Taf. CLX, Fig. 1.

⁸⁾ Ebenda, Bd. 3, S. 339.

⁹⁾ Rondelet, Kunst zu bauen, Tafel CLVIII, Fig. 1, 2.

Brücken besaßen durchbrochene Wandungen, die ihnen das Aussehen dünner Stabwerke verliehen, erwiesen sich aber infolgedessen als so zerbrechlich, daß z. B. die nach dem Vorbild der Wearbrücke errichtete Austerlitzbrücke in Paris (1802—05) bereits 1854 in Stein umgebaut werden mußte. Man ging daher bald zu Stegrippen mit voller Wandung über, z. B. 1815—19 an der Londoner Southwarkbrücke von Rennie¹⁾, welche lange Zeit für den englischen Brückenbau vorbildlich blieb²⁾. Sie erreichte mit 73,18 m die größte bei Gußeisenbrücken erzielte Spannweite, und man verwandte an ihr zum erstenmal die künftig im Eisenbau so wichtige Verbindung durch Flansche und Schraubenbolzen.

In Rußland, dessen Technik damals stark unter dem Einfluß der Franzosen stand, scheinen die 1812—38 über der Mojika in Petersburg errichteten 8 gußeisernen Brücken ebenfalls aus Bogenstücken konstruiert worden zu sein. Bestimmt war solches an der 18,5 m weiten Brücke über den Csukabach bei Lugos in Ungarn (1831)³⁾ der Fall.

Im Jahre 1811 machte Georg von Reichenbach (1772—1826) den Vorschlag, Brückenbögen aus gußeisernen Röhren zusammenzusetzen. Die erste Ausführung nach dieser Bauart, an welche übrigens schon Gauthey, Wiebeking und Nash um 1800 gedacht hatten, war eine 17,5 m weite Okerbrücke in Braunschweig (1824)⁴⁾. Ihr folgte 1828—29 die Hammerstrombrücke bei Peitz⁵⁾. Dann wurde der Gedanke der Röhrenbrücken von Polonceau aufgenommen und dem Bau der Carousselbrücke⁶⁾ in Paris zu Grunde gelegt, nur wurde jetzt der Bogen aus Längs-Halbstücken mit versetzten Stoßfugen zusammengefügt, der Querschnitt nicht kreisrund, sondern elliptisch mit lotrecht stehender großer Achse gebildet, und der Bogenhohlraum mit fest untereinander verschraubten versteifenden Bohlenschichten ausgefüllt, die zunächst als Lehre für das Anbringen der eisernen Bogenteile hatten dienen müssen. Brücken dieser Art wurden zum Teil mit konstruktiven Verbesserungen noch verschiedentlich ausgeführt.

An späteren deutschen Gußeisen-Bogenbrücken wären die 1843—45 entstandenen Bauten der Badischen Eisenbahnen, und die 1858—65 mit drei Öffnungen von nur 16,5 m Weite errichtete Alsenbrücke über den Humboldthafen in Berlin⁷⁾ zu nennen. An die Stelle der letzteren trat 1898—99 eine flußeiserne Bogenbrücke von 50 m Weite. (Abb. 69.)

2. Schweißisen und Flußeisen.

Bei den unvoreilhaftigen Eigenschaften, die das Gußeisen als Brückenbaustoff gezeigt hatte, schwand allmählich die Neigung, Bogenbrücken aus Gußeisen zu errichten. Zwar hatte Bruyère bereits im Jahre 1808 einen kleinen eisernen Steg über den Crou in St. Denis (12 m) vollständig aus Schweißisen hergestellt, aber erst bei weiterer Entwicklung

der praktischen Erfahrung und der Theorie konnte man sich an die allgemeinere Verwendung von Schweißisen wagen. Überdies besitzen Bogenbrücken an sich den Nachteil, daß bei beschränkter Konstruktionshöhe die Durchfahrthöhe neben den Kämpfern gering wird, und daß, besonders bei flach gespannten Bögen, ein starker Seitenschub entsteht. Sie kamen daher erst in Aufnahme, als man den Wunsch auf eine vorteilhafte äußere Erscheinung zu betonen begann, d. h. in den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts¹⁾. 1853—56 entstanden die ersten schweißeisernen Brücken mit Blechbögen, und zwar durch Oudry die mit gitterartige Zwickelversteifung versehene Arcole-Brücke in Paris²⁾ (80 m) und durch Etzel die Aare-Brücke bei Olten (31,5 m)³⁾.

Die 1868—74 durch Eads errichtete erste weitgespannte Bogenbrücke Amerikas, die Mississippi-Brücke bei St. Louis (158 m Spannweite)⁴⁾ besitzt gleich den früheren Brücken von Reichenbach, Polonceau und Brunel Bogengurtungen mit röhrenförmigem Querschnitt, der aus gewalzten Stahlsegmenten zusammengesetzt ist. Durch teilweise und für Amerika erstmalige Verwendung von Flußeisen, durch gründliche Material-Untersuchung während der Ausführung und durch gerüstfreie Aufstellung hat diese Brücke ungemein fördernd auf den Eisenbau gewirkt, und vor allem die schon 1866 durch den Pöllatsteg eingeleitete Aufnahme des freien Vorbaus sehr beschleunigt. Gleichzeitig mit der Mississippi-Brücke erhoben sich 1868—72 die Elbebrücken bei Hamburg⁵⁾ (96,36 m) und Harburg nach dem System Lohse, d. h. mit linsenförmigen Trägern, bei denen Ober- und Untergurt je einen steifen gegliederten Bogen für sich darstellen und über den Stützen derart verbunden sind, daß der Horizontalschub sich ausgleicht⁶⁾.

Dieselbe Bauweise zeigt die 101 m weite Straßenbrücke über die Norderelbe in Hamburg (1884—87) (Abb. 55)⁷⁾.

Als sehr fruchtbar erwies sich für die Folgezeit der Gedanke, die Bögen nicht mehr einheitlich auf die ganze Spannweite durchgehen und an den Enden fest auflagern zu lassen, sondern Gelenke anzuordnen. Diese haben den Zweck, Durchgangspunkte für die Kraft-Resultierenden fest zu legen, und damit der Theorie wie auch der ausführenden Praxis eine bessere Übersicht über das Spiel der Kräfte zu verschaffen, sowie gleichzeitig dem Bogen eine gewisse Bewegungsfreiheit, besonders bei Belastungs- und Temperatur-Wechsel zu gewähren.

¹⁾ Zur Übersicht über die wichtigsten Bogenbrücken aus Schweiß- und Flußeisen s. Tabellen bei Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 656, 698, 712.

²⁾ Allgem. Bauzeitg. 1855, Tafel 730. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. f. d. Königr. Hannover 1855, S. 514, Bl. 30. Nouv. annales de la constr. 1855, S. 52, Taf. 35—38. Zeitschr. f. Bauwes. 1856, S. 126. Le Génie Civil 1889, Bd. 14, S. 170. Wochenschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 113. Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 116.

³⁾ Etzel, Brücken und Thal-Übergänge schweizerischer Eisenb., Bl. 3—5.

⁴⁾ Engineering 1868, Bd. 6, S. 344. Deutsche Bauzeitg. 1869, S. 468. 1871, S. 273. 1872, S. 84.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1885, S. 79. Atlas Bl. 31.

⁶⁾ Über den viergleisigen Ausbau dieser Brücke s. Der Eisenbau 1913, S. 75.

⁷⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1890, S. 219. Atlas Bl. 36.

Schon Robeson hatte im Jahre 1801 für die gußeisernen Bogenbrücken eine Art Gelenk in Form eines mittleren Schlußstücks aus Schmiedeeisen mit gekrümmten Fugen vorgeschlagen, aber er war damit nicht durchgedrungen. Dann hatte Brunel bei seinen Brücken schon vielfach Gelenke angeordnet. Aber erst die Ingenieure Couche, Manton und Salle legten 1858 an einer Bogenbrücke zwei Kämpfergelenke ein, nämlich an der schmiedeisenen Eisenbahnbrücke über den Kanal St. Denis, in der Linie Paris—Creil¹⁾. Sie hatten zwar schon an ein drittes Gelenk im Bogenscheitel gedacht, aber es nicht ausgeführt.

Die Theorie der Gelenkbögen entwickelte sich sehr rasch, besonders da sie in dem damals allgemein hervortretenden Bestreben, jegliche statische Unbestimmtheit nach Möglichkeit zu beseitigen, eine kräftige Unterstützung fand. Die ersten grundlegenden Veröffentlichungen erschienen fast gleichzeitig im Jahre 1860 durch Köpcke in der Zeitschrift des Hannoverischen Architekten- und Ingenieur-Vereins, und durch Manton in den Annales des ponts et chaussées. In der Praxis nahm man den Gedanken des Bogengelenks mit großem Eifer auf; vor allem machte sich Schwedler um die Verwertung des Köpcke'schen Vorschlags verdient.

Bereits 1861—64 erbaute Hartwich die von Sternberg konstruierte und berechnete ältere Rheinbrücke bei Koblenz (93,7 m Weite)²⁾ als ersten Fachwerkbogen mit zwei gekrümmten konzentrischen Gurtungen und zwei Kämpfergelenken (Abb. 48). Sie gab das unmittelbare Vorbild für Hartwichs Rheinbrücke bei Rheinhausen³⁾ (1873) und wurde vermöge ihrer theoretischen und konstruktiven Durchbildung und ihrer schönheitlichen Wirkung von großer Bedeutung für die Weiterentwicklung des Brückenbaues, ja, es beginnt mit ihr der Aufschwung im Bogenbrückenbau der Neuzeit.

Neben den Kämpfergelenken trat bald auch ein Scheitelgelenk auf und zwar zuerst an der Blechbogenbrücke über die Wien in Wien von Herrmann (1864) und für Deutschland zum erstenmal an der Unterspreerbrücke (16,4 m) in Berlin von Schwedler (1865)⁴⁾, dann 1866 an dem wegen seines freien Vorbaus schon erwähnten Dreigelenk-Fußsteg über den Pölatfall in Hohenschwangau (35 m)⁵⁾.

Zu besonders großen Spannweiten in Gelenkbrücken kamen die französischen Ingenieure, doch war dabei lange Zeit die Durchbildung der Einzelheiten, insbesondere der Knotenpunkte sehr wenig befriedigend⁶⁾. Eins der wichtigsten dieser Bauwerke ist die 1876—77 von Eiffel errichtete Maria-Pia-Brücke über den Douro⁷⁾, bei welcher zum ersten Male für große Bogenfachwerke die Sichelform (160 m Weite)

mit zwei Kämpfergelenken angewandt wurde, ein System, das 1880—84 an dem 165 m weiten und 122 m hohen Garabit-Viadukt¹⁾ wiederkehrt (Abb. 56).

In Deutschland finden sich zunächst, nämlich an den 1879—80 errichteten Gelenk-Brücken der Berliner Stadtbahn noch verhältnismäßig geringe Lichtmaße (bis zu 50 m am Schiffbauerdamm²⁾), aber die sorgfältige konstruktive Durchbildung dieser Bauten erweckte mit Recht besondere Aufmerksamkeit. Schon weiter (106 m) ist die ebenfalls mit Zweigelenkbögen ausgestattete obere Rheinbrücke bei Coblenz (1879)³⁾ (Abb. 49) gespannt, welche vor einigen Jahren durch Einbau von 1540 Eisen erheblich verstärkt wurde,⁴⁾ sowie die 1882—85 entstandene Straßenbrücke über den Rhein (Abb. 52) zwischen Castel und Mainz (104 Meter)⁵⁾. 1886—89 folgte eine der wenigen amerikanischen Bogenbrücken, die Washington-Brücke über den Harlem-Fluß in New-York mit Zweigelenk-Blechbögen von 155 m Weite⁶⁾. Sie gehört als weiteste vollwandige Bogenbrücke zu den bedeutsamsten Bauwerken der Welt, aber eigentümlicherweise greift sie insofern wieder auf die ältesten Vorbilder eiserner Bogenbrücken zurück, als die tragenden Bögen aus je 34 einzelnen Wölbstücken von weichem Stahl gebildet sind. Auch an der im Jahre 1900 mit drei Gelenken ausgeführten Brücke Alexander III. (Abb. 65) in Paris (107,50 m)⁷⁾ setzte man die Bögen noch derart zusammen, weil man mit Rücksicht auf die Schifffahrt keine großen Pfahlgerüste aufstellen wollte, weil man ferner eine Gewichtersparnis gegenüber der genieteten Arbeit erhoffte, und im Vergleich zur gegliederten Konstruktion eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Rosten erwartete; andererseits sollte weder der freie Ausblick über die Seine noch das Schaubild des Invalidendoms durch ein oberhalb der Fahrbahn liegendes Tragwerk beeinträchtigt werden. Die Alexanderbrücke besitzt übrigens mit 1 : 17,2 das kleinste Bogenverhältnis der Welt für eiserne Bogenbrücken.

Deutsche Gelenkbrücken von bedeutenden Abmessungen entstanden anfangs der neunziger Jahre in den beiden Hochbrücken über den Nord-Ostsee-Kanal. Die eine, bei Grüental⁸⁾ wurde 1893 in Betrieb genommen. Ihre Hauptträger bestehen aus sichelförmigen, elastischen Zweigelenkbögen von 156,5 m Stützweite und werden in halber Höhe von der Fahrbahn durchschnitten, so daß letztere teils an den Bögen hängt, teils sich auf sie stützt, während sie in den Durchschnittpunkten fest mit ihnen verbunden ist (Abb. 58). Eine Anordnung dieser Art hatten bereits die Gebrüder Leather an ihren gußeisernen Bogenbrücken angewandt, zuerst wohl 1827 an der Monkbrücke in Leeds (34 m), dann 1836 an der

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1864, S. 78. Atlas Bl. 640. Zeitschr. f. Bauwes. 1862, S. 237. Ann. des ponts et chaussées, 3. Serie 1860, 2. Halbjahr, Bd. 20, S. 161, Taf. 183.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1864, S. 385, 529, 625 u. Atlas Bl. 48, 49.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 575.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1886, S. 267. Atlas Bl. 38—41. Deutsche Bauzeitg. 1887, S. 37.

⁵⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau S. 666. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 988.

⁶⁾ Noch heute kommen derartige Mängel vor, s. Der Eisenbau 1911, S. 156, 202.

⁷⁾ Eiffel, Trav. Scient. S. 237. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. z. Hannover 1879, S. 539, Bl. 796. Engineering 1886, Bd. 42, S. 7.

¹⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 662.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1884, S. 124. Atlas Bl. 4.

³⁾ Ebenda 1881, S. 89.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1903, S. 682.

⁵⁾ Deutsche Bauzeitg. 1885, S. 298.

⁶⁾ Engin. News 1888, Bd. 19, S. 79. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1889, S. 1120.

⁷⁾ Deutsche Bauzeitg. 1900, S. 341, Abb. S. 357. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1899, S. 1053. Le Génie Civil Bd. 35, 1899, S. 149, 165. Nouv. ann. de la constr. 1900, S. 161, 177, Taf. 44, 49.

⁸⁾ Deutsche Bauzeitg. 1895, S. 173 mit Tafel. Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 214. 1896, S. 558. Zeitschr. f. Bauwes. 1898, S. 726, Atlas Bl. 68.

Paddington-Kanalbrücke¹⁾ und 1839 an der Calderbrücke²⁾ bei Stanley in England. Sie findet sich an den beiden 1907 vollendeten Sichelträgerbrücken in Moskau, der Nicolausbrücke und der Sergiusbrücke (jede 135 m weit) wieder³⁾.

Die andere Kanalbrücke, die bei Levensau⁴⁾, wurde 1894 vollendet und stellt sich als Zweigelenkbogen von 163,4 m Stützweite dar. Bogen und Fahrbahn sind unabhängig voneinander, indem über dem Bogen in ganzer Länge der Brücke ein besonderer Windträger angebracht wurde, der sich mit senkrechten Stäben auf den Bogen stützt, und an welchem die Fahrbahn frei hängt, ohne Spannungen auf den Bogen zu übertragen. Allerdings wird dadurch die Konstruktionsweise schwerer und weniger elegant als bei der Brücke von Grünental.

Beide Kanalbrücken sind noch vollständig aus Schweißeisen erbaut.

Zweigelenkbögen aus basischem Martinmetall besitzen die 167,75 m weite Straßen- und Eisenbahnbrücke⁵⁾ über die Stromschnellen des Niagara (1896–97) und die 1898 mit der größten durch Bögen erreichten Spannweite von 256 m erbaute Niagara-Straßenbrücke bei Clifton⁶⁾, welche an die Stelle der von Keefer 1867–69 errichteten Hängebrücke trat, während erstere die Röbling'sche Hängebrücke (1855) ersetzte. Flußeisen gleicher Art verwandte man auch 1896–98 an den Rheinbrücken bei Bonn⁷⁾ (187,92) (Abb. 61) und Düsseldorf⁸⁾ (181,25 m), deren große Zweigelenk-Fachwerk-Hauptbögen sich weit über die Fahrbahn erheben, während in den seitlichen ebenfalls von Zweigelenkbögen überspannten Öffnungen die Träger ganz unter der Fahrbahn bleiben. Zu derselben Zeit entstand die Straßenbrücke über den Rhein bei Worms⁹⁾ mit elastischen, unter der Fahrbahn liegenden Zweigelenk-Sichelbögen (105,6 m) aus Thomasmittel (Abb. 66). Einige neuere Flußbrücken, wie die Donaubrücken in Straubing (1896) und Regensburg (1901) sowie die Weserbrücke bei Nienburg (1903) (Abb. 72) erhielten Fachwerk-Sichelbögen, die sich über die Fahrbahn erheben. Als Bogenfachwerke mit Kämpfergelenken wurden schließlich 1904–05 die Eisenbahnbrücke (152 m) über die Victoriafälle des Zambesi¹⁰⁾, 1906–08 die Brücke über die Angerschlucht der Tauernbahn (110 m)¹¹⁾ und neuerdings als weitest gespannte Brücke in Afrika (159,6 m) die Sanaga-Brücke in Kamerun¹²⁾ ausgeführt. Mit Blechbögen auf zwei Gelenken entstand 1906–08

die Jungbuschbrücke über den Neckar in Mannheim¹⁾ (114,0 m) (Abb. 75), nachdem schon 1892–95 die Carolabrücke in Dresden (52,9 m)²⁾ mit vollwandigen Dreigelenkbögen ausgestattet worden war (Abb. 115). Bei der Überführung der Pariser Stadtbahn über den Quai de Grenelle wurden, um einen sehr hohen Träger neben der leichteren oberen Passy-Brücke zu vermeiden, Zweigelenkbögen mit lotrecht abgebogenen Schenkeln verwendet³⁾. Ein eigenartiges Dreigelenk-Bogenfachwerk besitzt die Sarthe-Brücke (56 m)⁴⁾ bei Fillé in Frankreich (1895–96), deren Bogenhälften an der Stelle der größten Momentenwirkung auch den größten Gurtabstand aufweisen; es ist dies eine Trägerform, die u. a. an dem 1908 in Betrieb genommenen Assopos-Viadukt⁵⁾ (80 m) in Griechenland (Abb. 85) und an der im gleichen Jahr vollendeten Brücke über die Nam-Ti-Schlucht⁶⁾ in Junnan (China) wiederkehrt.

Gelegentlich hat man statisch unbestimmtes Bogenfachwerk unter Einlegung eines Scheitelgelenkes beim Bau vorübergehend als Dreigelenkbogen eingerichtet, z. B. an der Müngstener Hochbrücke (Abb. 59) und an der erwähnten Niagara-Straßenbrücke⁷⁾, um den Bogen mit Sicherheit so schließen zu können, daß er im fertigen Zustand den rechnerischen Vorausbestimmungen entsprach. Andererseits wurde an der Chausseebrücke bei Mölln über den Elbe-Trave-Kanal⁸⁾ das ursprünglich vorhandene Scheitelgelenk wieder aufgegeben, um durch feste Vernietung die durch den Verkehr erzeugten Durchbiegungen zu vermindern.

Entsprechend den durch die Elastizitätslehre ermöglichten neueren Berechnungs- und Konstruktionsweisen hat man 1881–82 an der Schwarzwasser-Brücke bei Bern⁹⁾ (114 m) (Abb. 54) und 1881–86 an der Straßenbrücke Luiz I über den Douro bei Porto¹⁰⁾ (172,50 m) wieder von Gelenken abgesehen; ebenso 1887–89 an der Straßen- und Eisenbahnbrücke über das Addatal bei Paderno (Abb. 57) in Italien (150 m)¹¹⁾, sowie 1895–98 an der Kornhaus-Straßenbrücke (Abb. 60) über die Aare in Bern¹²⁾ (114,86 m).

Ein wichtiger Schritt geschah in der Verwendung von steifen Bogenträgern mit Zugbändern, welche den Seitenschub so aufnehmen, daß die als Auflager dienenden Pfeiler nicht von ihm betroffen werden, die so konstruierten Brücken also ebenso gut zu den Balkenträgern gerechnet werden könnten. Der Gedanke an sich ist nicht neu, denn er geht

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1838, S. 205. Atlas Bl. CCXI.

²⁾ Allgem. Bauzeitg. 1858, Bl. 212, Fig. 1–3.

³⁾ Zeitg. d. Ver. deutsch. Eisenb.-Verwaltgn. 1909, S. 1420.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1899, S. 99. Atlas Bl. 17. Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 558.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 343. Railroad Gazette 1896, S. 281.

⁶⁾ Scient. Am. 1898, Bd. 78, S. 245. 1899, Bd. 80, S. 396 mit Abb. S. 387. Engineering 1899, Bd. 67, S. 540 mit Tafelbeilage.

⁷⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 617. Deutsche Bauzeitg. 1898, S. 645. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1899, S. 309.

⁸⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 557. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, S. 1311. 1899, S. 320.

⁹⁾ Deutsche Bauzeitung 1900, S. 565.

¹⁰⁾ Deutsche Bauzeitg. 1905. Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1905, S. 715, 2089.

¹¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1909, S. 61.

¹²⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1912, S. 19, 388. Der Eisenbau 1912, S. 300.

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1908, S. 277.

²⁾ Zeitschr. f. Arch.- u. Ingenieurwes. 1897, S. 314, Tafelbeilage 10. Engin. Record 1901, Bd. 43, S. 201, 225.

³⁾ Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwes. 1909, S. 264.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 1250.

⁵⁾ Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1909, S. 722. Engineering News 1909. Vol. 62, S. 479.

⁶⁾ Le Génie Civil 1910, S. 277.

⁷⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, S. 1105.

⁸⁾ Ebenda, 1900, S. 580.

⁹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1884, S. 141. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 876. Zeitschr. f. Bauwes. 1886, S. 354. Atlas Bl. 38. Zentralbl. d. Bauverw. 1890, S. 407.

¹⁰⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1886, S. 111.

¹¹⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1888, Bd. 11, S. 123. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1888, S. 928.

¹²⁾ Deutsche Bauzeitg. 1898, S. 339, Abb. S. 337. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, S. 767, 1289, 1294.

auf die amerikanischen hölzernen Bogensehnensträger oder nach anderer Lesart auf einen Vorschlag des Mechanikers Josef Schmidbauer in München (1829) zurück. Ferner haben die ungarischen Ingenieure Hoffmann und Maderspach schon 1833 zu Lugos und 1837 an der Czernabücke bei Mehadia¹⁾ den Schub der gußeisernen Bögen durch eine schmiedeeiserne Stabkette aufgehoben. Von schweißeisernen Brücken ist wohl zuerst die Brooksbrücke in Hamburg (1888) mit Zugbändern ausgestattet worden. Ihr folgte 1892 die Hackerbrücke in München (Abb. 70), deren Zugband 2,2 m über der Mitte der Fahrbahn liegt, damit der Querverkehr nicht behindert und andererseits die Haupttragkonstruktion möglichst gleichmäßig der strahlenden Sonnenwärme ausgesetzt wird²⁾. Hauptsächlich aber fand der Bogen mit Zugband an Flußmetall-Brücken Verbreitung, nämlich 1897–99 an der Moselbrücke in Trarbach³⁾ (64,35 m) (Abb. 74) und an der Straßenbrücke über die Süderelbe bei Harburg⁴⁾ (100,10 m), sowie 1898–1901 an der 116,8 m weit gespannten Eisenbahnbrücke bei Worms⁵⁾ (Abb. 67), wobei letztere sowie die Trarbacher Brücke eine freischwebende Fahrbahn nach Harkort erhielten. Daran schlossen sich, um nur einige der größten Ausführungen dieser Art zu nennen, 1899–1901 die Königs-Straßenbrücke (Abb. 68) über die Elbe in Magdeburg⁶⁾ (135 m), 1902–03 die Kaiser-Brücke über den Rhein bei Mainz⁷⁾ (116,80 m) (Abb. 73), 1904–07 die Königin-Luisen-Straßenbrücke über die Memel in Tilsit⁸⁾ (105,6 m), und 1906–07 eine Straßenbrücke über die Oder bei Beuthen (101,76 m).

In Rußland wurde 1904 die Brücke über die Msta bei Borowitschy⁹⁾ (107 m) und die Wolgabücke bei Kasan (158,4 m)¹⁰⁾, in Tonkin 1908 die Eisenbahnbrücke über den Songma¹¹⁾ (162,40 m) als Bogen mit Zugband ausgeführt¹²⁾.

Schlaffe Bögen mit Versteifungszugbalken (Langer-Träger), also Konstruktionen, die einen ungehinderten Querverkehr und ungestörten seitlichen Ausblick ermöglichen sollen, wurden u. a. an der Ferdinandsbrücke über die Mur in Graz¹³⁾ (1881), an der Ihme Brücke in Hannover¹⁴⁾ und an der Überführung des Kurfürstendamms in Halensee (1892) angewandt.

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1838, S. 403. Atlas Bl. CCXLII.

²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 1441.

³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1898, S. 248, 257. Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 219.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1899, S. 477. Zeitschr. f. Bauwesen 1901.

⁵⁾ Deutsche Bauzeitg. 1900, S. 565. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 1642.

⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1903, S. 833.

⁷⁾ Deutsche Bauzeitg. 1904, S. 213. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 686. Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 221.

⁸⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1907, S. 573. Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1909, S. 687.

⁹⁾ Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1909, S. 136.

¹⁰⁾ Deutsche Bauzeitg. 1911, S. 257.

¹¹⁾ Le Génie Civil 1908, Bd. 55, S. 25.

¹²⁾ Über die 134,3 m weite neue Brücke „Kaiser Peter des Großen“ in Petersburg s. Der Eisenbau 1910, S. 320.

¹³⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. z. Hannover 1883, S. 552. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 559. 1900, S. 579.

¹⁴⁾ Deutsche Bauzeitg. 1890, S. 255.

c) Hängebrücken.

1. Kettenbrücken.¹⁾

Als man anfangs das Schmiedeeisen zu bevorzugen, war es nach dem damaligen Zustand der Industrie fast unmöglich, große Stücke zu fertigen. Andererseits verlangte gerade der Brückenbau die Bewältigung immer größerer Spannweiten. Man mußte sich daher um Lösungen bemühen, die den zu Gebote stehenden technischen Hilfsmitteln entsprachen. Da griffen die Amerikaner die Hängekonstruktion auf und spannten als Brückenträger Ketten aus, die aus einzelnen geschmiedeten Gliedern von Rund- oder Quadrateisen leicht zusammensetzen waren, und an eisernen Stangen die horizontale Brückenbahn trugen. Allerdings war dieser Gedanke nicht neu, denn mit Hängekonstruktionen aus Lianen-tauen u. dergl. hatten schon seit undenklicher Vergangenheit einfache Naturvölker Schluchten und Ströme überbrückt, es sei z. B. nur an die Seilbrücken über den Apurimac in Peru u. a.²⁾ erinnert. Auch hat man, wie erwähnt, bereits in alter Zeit in China, dann in Tibet bei Schloß Dürbi und bei Müirschom, im Jahre 1741 über den Teesfluß³⁾ in England u. dergl. m. Brücken geschlagen, bei welchen die Bahn auf Ketten lag. Selbst die Aufhängung der Bahn an dem ausgespannten Trageseil kann nicht als amerikanische Neuerung betrachtet werden, da sie bereits im Jahre 1617 von Faustus Verantius bildlich dargestellt wurde⁴⁾. Aber das Verdienst der Amerikaner ist, die Hängebrücken sachgemäß ausgestaltet und folgerichtig weiter entwickelt zu haben.

Die erste derartige Brücke wurde von James Finley im Jahre 1796 zwischen Union-Town und Greenburgh über den Jacobs Creek mit 21 m Spannweite erbaut. Weitere Brücken dieser Art folgten sehr rasch, so daß um 1808 deren bereits 40 in Amerika bestanden. Die bedeutendste darunter wurde die 1809 vollendete und erst 100 Jahre später für den Verkehr geschlossene Merrimac-Brücke bei Newburyport in Massachusetts⁵⁾ (62 m Hauptweite). Bald nahm auch England den Bau von Hängebrücken auf, wenn auch mit zeitweiligem Mißerfolg, indem z. B. die 79 m weite Kettenbrücke über den Tweed bei Dryburgh-Abbey⁶⁾ (1817–18) bald wieder einstürzte. Hauptsächlich war hierbei Schuld, daß die nach den Vorschlägen von Löscher (1784) und Poyet (1787) angewandten geraden Schrägbänder nicht genügende Steifigkeit ergaben. Sie wurden daher beim Wiederaufbau fast alle weggelassen und durch Tragketten ersetzt, welche man hier zum erstenmal seitlich ausspreizte, um größere Steifigkeit für die Brücke zu erzielen. Zu gleichem Zweck kamen auch schon festgebaute Holzgeländer, sich kreuzende Ketten an der Unterseite der Bahn, und Rückhaltketten nach den Ufern zur Anwendung.

¹⁾ Zur Übersicht über die wichtigsten Kettenbrücken s. Tabellen bei Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 366, 414, 418.

²⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 227, Fig. 251. Allgem. Bauzeitg. 1840, S. 112. Zeitschr. f. Bauwes. 1857, S. 225. Vergl. auch: K. Weule „Die Urgesellschaft und ihre Lebensfürsorge“, Stuttgart 1912, Verlag Kosmos, S. 104 „Lianenbrücke in Kamerun“, S. 105 „Tarabite (Seilbrücke) in den Cordillern Südamerikas“.

³⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau S. 230, Fig. 255.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1910, S. 645, Abb. 7.

⁵⁾ Engineering News, 3. Aug. 1911, S. 129. Der Eisenbau 1912, S. 48.

⁶⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 241, Fig. 265. Zeitschr. f. Bauwes. 1857, S. 232.

Im Jahre 1814 führte Brown bei einem 32 m weiten Steg in London die Flacheisenkette ein, die aus hochkantigen, durch Bolzen verbundenen Flacheisen bestand, und für die er im Jahre 1818 ein Patent erhielt. Er errichtete damit u. a. 1820 die 136,8 m weite Brücke über den Tweed bei Northamford. Ihren größten Triumph feierte die Brown'sche Bolzenkette bei den von Telford errichteten grossen Brücken, nämlich der 1826 mit 176,5 m größter Stützweite vollendeten Menai-Brücke bei Bangor (Abb. 86), und der gleichzeitigen Conway-Brücke¹⁾ (98,0 m), sowie bei der 1824–27 von Clark errichteten Hammersmithbrücke in London (128,7 m)²⁾. Letztere ließ die Rückhaltketten bereits im Verlauf der Seitenöffnungen unter die Fahrbahn treten, wobei diese teils an die Kette angehängt, teils auf sie mittels gußeiserner Säulen abgestützt wurde. Die Hammersmithbrücke beeinflusste in hohem Maße die ersten Hängebrücken des Festlandes, und stand wohlhalten bis zu ihrer gründlichen Verstärkung im Jahre 1886 (Abb. 95). Endlich wäre auch die 122 m weite Kettenbrücke über den South-Esk-Fluß bei Montrose in Schottland nicht zu vergessen, die von Brown 1828–29 erbaut und von Rendel 1840 durchgreifend verbessert wurde³⁾, sowie die Hungerfordbrücke über die Themse in London (1841–45). Letztere wurde im Jahre 1860 abgebrochen und ihre Ketten dienten 1862–64 zur Vollendung der kühnen Cliftonbrücke⁴⁾ über den Avon bei Bristol, der weitest gespannten Kettenbrücke Englands (214 m) (Abb. 89).

Aus Deutschland und Österreich haben wir über die Errichtung von Hängebrücken schon sehr früh Nachrichten. So soll bereits 1785 bei Weilburg in Nassau eine 30 m lange Kettenbrücke über die Lahn gebaut worden sein. Dann kam in den zwanziger Jahren des 19. Jahrhunderts eine ganze Reihe von Ausführungen, darunter die 1827 errichtete, 64 m weite Egerbrücke bei Saaz in Böhmen⁵⁾, welche ein verhältnismäßig hohes Alter erreichte und erst 1895 durch eine eiserne Fachwerkbrücke ersetzt wurde. In Wien entstand u. a. im Jahre 1828 der Karls-Kettensteg (95 m) von v. Mitis, die erste mit Stahl ausgeführte Brücke. Die österreichischen Kettenbrücken⁶⁾ gaben Anregung zu der Bamberger Ludwigsbrücke⁷⁾, welche 1828–29 mit 64,3 m Weite an die Stelle einer Wiebeking'schen Holzbrücke trat, ihrerseits aber 1889–91 durch eine Auslegerbrücke ersetzt wurde.

Verhältnismäßig frühzeitig, 1824–26, erhoben sich unter französischem Einfluß in Rußland Kettenbrücken⁸⁾, während man in Frankreich selbst, von wo die Theorie dieses Brückensystems ausgegangen war, nicht allzu rasch an Ausführungen herantrat. Die von Navier entworfene Invalidenbrücke in Paris mißglückte zunächst (1826), wurde dann aber von de Vergès 1827–29 hauptsächlich nach dem Vorbild der

Hammersmithbrücke in London neu errichtet¹⁾. Zugleich entstand der Arcolesteg über die Seine mit 40 m Stützweite. Beide hielten aber nur bis 1853 und 54 stand und wurden durch einen Steinbau resp. die eiserne Arcolebrücke ersetzt. Die letzte Kettenbrücke in Paris war die Bercybrücke (1832), die bis 1864 gestanden hat²⁾.

Als Hängebrücken besonderer Art wären die Kettenbrücken mit oben liegender Bahn zu nennen, wofür der 1834 von Dufour errichtete Pont des Bergues über die Rhone in Genf³⁾ ein Beispiel gibt, ferner die Brücken mit Ketten aus zusammengelegten Bandisenstreifen, wie sie Flachet 1834 in Abainville (40 m) und 1840 bei Surènes (63 m) anwandte⁴⁾, und endlich die Brücken nach den Bauarten von Hatley und Dredge⁵⁾.

Um den der freien Hängebrücke anhaftenden Mangel allzu geringer Steifigkeit zu beseitigen, ging man auf dem Wiederaufbau der Brücke von Dryburgh-Abbey beschrittenen Weg weiter: man spannte die Ketten sehr flach, z. B. 1 : 18 an der Postbrücke in Petersburg, stellte die Tragwände schräg und brachte Hilfsseile und Gegenketten an. Ferner erprobte man die Schrägbänder, welche sich schon um 1817 an der Kings-Meadow-Brücke und an der Tweedbrücke bei Dryburgh-Abbey, sowie 1824 bei Nienburg⁶⁾ wenig bewährt hatten, aufs neue im System Ordish-Lefevre, nämlich 1868 an der Franz-Josef-Brücke über die Moldau bei Prag⁷⁾ und 1870–73 an der Albert-Kettenbrücke über die Themse (122 m)⁸⁾. Der Erfolg dieser Maßnahmen war indessen gering⁹⁾.

Schon besser war die Sicherung der Hängebrücken durch Doppelketten mit zwischengelegtem, versteifendem Dreieckstabwerk, wie es Wendelstadt 1836–39 an der Kettenbrücke über die Weser bei Hameln (95 m) und 1842–45 an der Neckarbrücke bei Mannheim (86 m) anbrachte. Schnirch übernahm dieses System für Wien¹⁰⁾, auch wurden danach die Brücken der 7. Straße in Pittsburgh¹¹⁾ von Lindenthal (1884) und die Grand-Avenue-Straßenbrücke in St. Louis¹²⁾ von Gayler (1888–90) versteift. Gelegentlich hat man auch sichelförmige Fachwerkträger an die Tragurte angelegt, z. B. 1877 beim Bau der Point-Brücke (244 m) über den Monongahela in Pittsburgh¹³⁾, welche später einer Tiberbrücke in Rom (1889)¹⁴⁾, einer Anzahl Brücken in Frankreich und 1895 der Towerbrücke¹⁵⁾ in London zum Vorbild diente (Abb. 83).

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1859, S. 401.

²⁾ Ebenda, 1864, S. 152.

³⁾ Ebenda, S. 36.

⁴⁾ Allgem. Bauzeitg. 1843, S. 221.

⁵⁾ Engineering 1892, Bd. 53, S. 4.

⁶⁾ Zeitschr. d. ö. Ing.-Ver. 1867, S. 102.

⁷⁾ Engineer 1868, Bd. 26, S. 343 mit Tafelbeilage. Zeitschr. d. ö. Ing.-Ver. 1868, S. 115, 160.

⁸⁾ Engineering 1872, Bd. 14, S. 206. Engineer 1873, Bd. 36, S. 281, Abb. S. 288.

⁹⁾ Der Eisenbau 1911, S. 188.

¹⁰⁾ Allgem. Bauzeitg. 1860, S. 220, Atlas Bl. 380.

¹¹⁾ Ebenda, S. 400.

¹²⁾ Ebenda, S. 401, Fig. 458.

¹³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1879, S. 157. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 634.

¹⁴⁾ Ebenda, 1900, S. 634.

¹⁵⁾ Engineer 1889, Bd. 68, S. 138, 140, 179, 202, 212, 326, 329, 336. Stahl und Eisen 1892, S. 1037. Engineering 1892, Bd. 54, S. 380. 1894, Bd. 57, S. 852. Engin. News 1894, Bd. 31, S. 43. Builder 1894, Bd. 66, S. 500. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 410.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1857, S. 571. Rickmann, Life of Th. Telford, Atlas Taf. 78.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1859, S. 406.

³⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 362, Fig. 414. Zeitschr. f. Bauwes. 1859, S. 555.

⁴⁾ Engineer 1864, Bd. 18, S. 192. Engineering News 1913, Bd. 69, S. 191.

⁵⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 373, Fig. 429.

⁶⁾ Allgem. Bauzeitg. 1836, S. 121. Atlas Bl. XXIX, XXXII bis XXXIV.

⁷⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1864, S. 34.

⁸⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau S. 376 u. f. Zeitschr. f. Bauwes. 1859, S. 560.

Als sehr zweckmäßig erwies sich die schon an den Seilstegen einfacher Völker¹⁾ vorkommende Versteifung der Brückenbahn. Hierzu verwandte man zunächst Holz, z. B. 1825–30 an der Kabelbrücke bei Valence und 1839–45 an der 203 m weiten Kettenbrücke in Budapest²⁾ (Abb. 27). Auch zog man, durch die Erfahrung belehrt, noch nachträglich 1839 an der Menaibrücke und 1840 an der Montrosebrücke hölzerne Längsbalken ein. Bald wurde aber auch für derartige Versteifungen Eisen bevorzugt, ja an der 97,6 m weiten Mühlheimer Kettenbrücke (1842–44) sowie an der von Vignoles 1847–53 errichteten Nicolaibrücke (134 m) über den Dnjepr in Kiew der ursprüngliche hölzerne Längsverband noch nachträglich gegen einen eisernen ausgewechselt.

Eine andere Versteifungs-Konstruktion für Hängebrücken ergab sich in der Anwendung eines Hängefachwerks, indem man in den Zwickel zwischen Hängegurt und Fahrbahn ein Streben- oder Ständerfachwerk einlegte, dessen Obergurt von Tragband und dessen Untergurt vom Fahrbahn-Längsträger gebildet wurde. Das erste Beispiel eines solchen Hängefachwerks bietet eine Kabelbrücke, nämlich die 1833 von Barlow erbaute Lambethbrücke in London³⁾. Ihr Längsträger besitzt Kasten-Querschnitt und die Knotenpunkte am Obergurt werden durch zwei fest um das Kabel zusammengepreßte Lagerschalen gebildet. Als deutsche Kettenbrücke mit Hängefachwerk wurde der Fußgängersteg auf dem Bahnhof zu Gotha (1872) erbaut, während die 1869 von Schmick errichtete Fußgängerbrücke in Frankfurt a. M. (69 m)⁴⁾ und die 1892–93 durch Köpcke ausgeführte Elbebrücke zwischen Loschwitz und Blasewitz⁵⁾ nicht gelenkige Ketten, sondern steife Hängegurte, die mit den Wandstäben vernietet sind, besitzen, und daher als umgekehrte steife Bogenbrücken zu bezeichnen wären.

Eigenartig ist die Augartenbrücke in Wien⁶⁾ (1873), deren flache Hängebänder nach dem System Fives-Lille zwischen parallelen Gurten liegen, so daß man im ersten Augenblick eine Balkenbrücke vermuten könnte. Der obere Gurt hat aber die Endpfosten gegeneinander abzuspreizen und daher mußten diese vor dem Einsetzen des Gurts nach rückwärts verankert werden.

Die eigentlichen Kettenbrücken werden im Laufe der Zeit immer seltener. Es entsteht zwar noch die weitest gespannte Kettenbrücke der Welt, die 290 m weite Schwurplatzbrücke über die Donau in Budapest⁷⁾ (1903) und der 51 m weite Borsigsteg in Berlin (1904–05) (Abb. 92), sowie neuerdings (1910) die 114 m weite Kaiserbrücke⁸⁾ in Breslau (Abb. 94) mit den an die Flachat'schen Ausführungen erinnernden Bandgurten. Im großen und ganzen gewinnt aber doch das Kabel das Übergewicht.

¹⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 19.

²⁾ Deutsche Bauzeitg. 1904, S. 99.

³⁾ Allgem. Bauzeitg. 1866, S. 436, Atlas Bl. 61.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 632, Fig. 54. Im Jahre 1912 durch einen Auslegersteg ersetzt, vergl. Zeitschr. d. Verb. deutsch. Arch.- u. Ing.-Vereine 1913, S. 22.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 636.

⁶⁾ Ebenda, S. 635.

⁷⁾ Zeitschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-Ver. 1904, S. 261. Schweiz. Bauzeitg. 1904, Bl. 44, S. 1. Deutsche Bauzeitg. 1904, S. 99. Über Herstellung der Kettenglieder s. Zeitschr. f. Arch.- u. Ingenieurwes. 1900, S. 558.

⁸⁾ Der Eisenbau 1911, S. 45.

2. Drahtkabelbrücken.

Der nach der Bauart Finley ausgeführte Kettensteg über den Schuylkill bei Philadelphia war zweimal, 1811 und 1816 eingestürzt. Beim Wiederaufbau machte man sich die Beobachtung zu Nutze, daß gezogener Schmiedeisendraht eine sehr hohe Festigkeit besitzt, und konstruierte die Tragbänder als Drahtkabel¹⁾. Seguin der Ältere übertrug die neue Bauweise nach Europa, wo sie vor allem in Frankreich und in der Schweiz rasche Verbreitung fand, um dann erst in den vierziger Jahren wieder in größerem Umfang nach Nordamerika übernommen zu werden.

Die erste europäische Drahtkabelbrücke errichteten Dufour und Seguin 1822–23, nämlich die Brücke St. Antoine in Genf (2 Öffnungen von je 40 m), welcher im Jahre 1825 die Rhonebrücke zwischen Tain und Tournon mit zwei Öffnungen von je 85 m folgte. Dadurch wurde vor allem in Frankreich der Bau einer großen Anzahl neuer Brücken angeregt, unter denen allerdings die 109 m weite Brücke von Cubzac²⁾ (1827–39) schon in ihrer ersten Anlage, hauptsächlich wegen ihrer komplizierten Seilanordnung äußerst mangelhaft war und infolgedessen 1869 durch Sturm so stark beschädigt wurde, daß sie abgetragen werden mußte. Ähnliches widerfuhr auch der weitest gespannten französischen Kabelbrücke, der 1836 errichteten Vilainebrücke bei la Roche-Bernard (198,27 m)³⁾. Diese war dadurch bemerkenswert, daß Leblanc bei ihr die Tragkabel nicht, wie bisher in Frankreich üblich, in der Fabrik, sondern zum erstenmal am Bau herstellen lassen.

Die Stadt Paris erbaute in den Jahren 1833–42 mehrere Drahtkabelbrücken, doch war diesen nur eine kurze Dauer beschieden.

Die größte Stützweite aller Drahtkabelbrücken Europas, 273 m, wurde von Chaley 1832–34 in Freiburg in der Schweiz erreicht, und zwar mit nur zwei Kabeln von 20 Seilen, welche zusammen 1056 Drähte von je 3,8 mm Stärke enthielten;⁴⁾ allerdings wurde im Jahre 1851 noch eine Verstärkung der Verankerung, und 1881 die Zufügung weiterer Kabel für ratsam erachtet. Chaley führte auch die zweite Freiburger Brücke, die 227 m weite Gotteron-Brücke aus (1834–40), welche im Jahre 1897 noch weitere Kabel bekam.

Wie bei den ersten Kettenbrücken, so war auch bei den Kabelbrücken die Widerstandsfähigkeit gegen Wind und regelmäßige Erschütterungen anfangs sehr gering und es führte dies zu unliebsamen vertikalen und horizontalen Schwankungen, die mit der Zeit große Befürchtungen und allgemeines Mißtrauen hervorriefen.

Zwar hatte sich schon Seguin mit der Frage der Versteifung befaßt und bereits an hölzerne Längs-Parallelträger mit Gegenstreben und eisernen Zugstangen nach Art der späteren Howe'schen Träger gedacht sowie mehrfache guirlandenartig hängende Kabel mit ungleichen Pfeilhöhen vorgeschlagen, wie sie weiterhin an französischen Seilbrücken

¹⁾ Zur Übersicht über die wichtigsten Drahtkabelbrücken vergl. Tabellen bei Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 441, 453, 468, 498, 508.

²⁾ Allgem. Bauzeitg. 1845, S. 91, Atlas Bl. DCLVIII.

³⁾ Ann. des ponts et chaussées 1859, 3. Serie, 2. Halbjahr, S. 249–329, Taf. 168–170.

⁴⁾ Allgem. Bauzeitg. 1836, S. 341. Atlas Bl. LXXV.

ausgeführt worden sind. Aber zu durchgreifenden Maßnahmen hatte dies noch nicht geführt, obwohl gelegentliche Unfälle und Einstürze den sich mehrenden Warnungen stets neue Nahrung zuführten. Da kam das große Unglück von Angers im Jahre 1851, nämlich der bei Sturm unter einer marschierenden Truppe erfolgte Zusammenbruch der 1835—38 erbauten Mainebrücke (104,50 m). Jetzt trat in Europa, insbesondere in Frankreich eine starke Ernüchterung ein: Neue Brücken wurden in der bisherigen wenig steifen Bauart nicht mehr errichtet und die bestehenden Bauwerke wurden eifrig nachgeprüft und verstärkt, stellenweise sogar anderweitig ersetzt.

Dagegen fand das System der einfachen Kabelbrücken in Amerika Aufnahme. Die schon erwähnte Schuylkillbrücke (1816) wirkte allerdings wenig anregend, auch stand der Holzbrückenbau im Vordergrund. Nachdem aber von Röhling die erste Drahtfabrik gegründet war (1840), wurde die französische Bauart der Kabelbrücken durch Ellet eingeführt, der 1840 eine Brücke über den Schuylkill im Fairmont-Park in Philadelphia, 1847 die 308 m weite Ohio-Brücke bei Wheeling¹⁾, 1849 die erste Kabelbrücke über die Niagara-fälle (231,6 m)²⁾ und 1852 die 146 m weite Brücke über den Elkfluß in Charleston errichtete. Die Ohio-Brücke wurde im Jahre 1854 durch Sturm zerstört. Sie wurde zwar 1856 durch Cormick wieder aufgebaut, war aber so wenig steif, daß im Jahre 1873 ein sicherer Umbau durch Hildenbrand vorgenommen werden mußte. Einen zweiten Drahtsteg (317 m Weite) spannte Serrel über die Niagara-fälle (1850). Besondere Bedeutung gewannen für Amerika aber erst die Kabelbrücken eines geborenen Deutschen, des schon genannten Johann Röhling³⁾. Dieser führte vor allen Dingen das Luftspinnverfahren ein, d. h. er ließ die Kabel an Ort und Stelle aus gespannten Einzeldrähten bündeln, wie dies schon in Frankreich versucht worden war. Ferner vereinfachte Röhling die Seilanordnung, indem er gegenüber der französischen Bauart nur wenige, aber dafür entsprechend starke Kabel anbrachte. Vor allem aber suchte er seinen Brücken die erforderliche Steifigkeit zu geben, und er ließ zu diesem Zweck seine 250 m weite Eisenbahn-Hängebrücke über den Niagara (1851—55)⁴⁾ mit Schrägseilen und Howe'schen Holzträgern ausstatten. Letztere wurden nebst den schadhaft gewordenen Steinpfeilern 1877—86 durch Eisen ersetzt, doch konnte schließlich der Bau der schon erwähnten eisernen Bogenbrücke (1897) an dieser Stelle nicht vermieden werden.

Wie bei den Kettenbrücken, so ging man auch bei den Kabelbrücken bald von der hölzernen zur eisernen Längsversteifung der Fahrbahn über. Mit einer solchen wurde z. B. 1856—57 die 322 m weite Ohio-Brücke zwischen Cincinnati und Covington ausgestattet, welche eine weitere Sicherung dann noch 1895—99 durch Einfügen gegliederter Bogen-sehnenträger erfuhr⁵⁾. Eine größere Weite (387 m) bei ähnlicher Ausführungsweise erhielt 1867—69 die Straßenbrücke

von Keefer über den Niagara bei Cliftonhouse⁶⁾. Mit Fachwerk und Blechträgern wurde die Alleghanybrücke in Pittsburgh⁷⁾ (1860) versteift. Alle diese Brücken übertraf aber die 487,7 m weite erste Eastriverbrücke in New York⁸⁾, welche Röhling Vater und Sohn 1869—83 mit kräftigen gegliederten Längsträgern und in Anbetracht der großen Mittelspannweite mit Kabeln aus Gußstahldraht ausführten⁹⁾.

Eiserne Versteifungsträger erhielten in Amerika auch 1895 die East Liverpoolbrücke (214,4 m) über den Ohio bei Pittsburgh, und 1896—1903 die Williamsburg-Brücke (Abb. 91) über den Eastriver in New York (487,7 m)¹⁰⁾.

Die amerikanische Bauweise steifer Kabelbrücken wurde bald nach Europa, vor allem nach Frankreich übernommen, wobei man jedoch auf die von Vicat 1830 angeregte Austauschbarkeit und damit auf eine größere Zahl von Kabeln Wert legte. Während man ferner in Amerika neben den lotrechten Aufhängebändern noch versteifende Schrägkabel anzubringen pflegte, beschränkten die Franzosen letztere nur auf die den Pfeilern zunächst liegenden Brückenteile, und ließen dort die senkrechten Seile weg. Mit Vorliebe verwandten sie die von Arnodin herrührenden Spiralkabel.

Es entstanden in dieser Weise u. a. 1901 die Aramonbrücke über die Rhone (274,3 m), 1902 die Brücke le Bonhomme über den Blavet (163 m)¹¹⁾ sowie die Hängebrücke über die Rhone zwischen Jons und Niévroz (200 m)¹²⁾. Mit besonders sorgfältiger Rücksichtnahme auf völlige Ersatzmöglichkeit der Kabel ist 1907—1908 nach dem System Giscard die mit Blechträgern versteifte Cassagne-Brücke konstruiert worden (156 m), bei welcher die Schrägseile, um sie geradlinig zu erhalten, ihrerseits wieder an besonderen Entlastungsseilen aufgehängt sind¹³⁾.

Diese Anordnung ist aber umständlich und teuer, und hat daher gelegentlich wieder vor einfacheren Systemen zurücktreten müssen, z. B. an der 162,4 m weiten Brücke von Saint-Martin d'Ardèche¹⁴⁾.

An sonstigen Kabelbrücken mit steifer Fahrbahn wären die 72 m weite Brücke bei Langenargen¹⁵⁾ (1897—98) und die neue Donaubrücke in Passau¹⁶⁾ (128,08 m) zu nennen, sowie die stärkste, wenn auch nicht längste New-Yorker Brücke, die Manhattan-Brücke¹⁷⁾. Letztere ist für Fußgänger, Wagen, Eisenbahn und Straßenbahn bestimmt;

¹⁾ Engineering 1869, Bd. 7, S. 268, Abb. bei S. 289. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1870, S. 126, Taf. V.

²⁾ Scientif. Am. 1879, Bd. 40, S. 335.

³⁾ Zeitschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-Ver. 1877, S. 12. Scientif. Am. 1883, Bd. 48, S. 324. Zentralbl. d. Bauverw. 1883, S. 105. Schweiz. Bauzeitg. 1883, Bd. 1, S. 149.

⁴⁾ Herstellung der Kabel s. Scientif. Amer. 1878, Bd. 35, S. 303; Bd. 39, S. 287.

⁵⁾ Le Génie Civil, Bd. 45, 1904, S. 209. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 1213. Deutsch. Bauhandb., Bauk. d. Ing., Der Brückenbau, Bd. I, Eis. Brücken, S. 310.

⁶⁾ Le Génie Civil 1904—05, Bd. 46, S. 217.

⁷⁾ Ebenda, S. 313. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 1014.

⁸⁾ Nouv. ann. de la constr. 1909, S. 178. Le Génie Civil 1909, S. 273.

⁹⁾ Nouv. ann. de la constr. 1913, S. 1.

¹⁰⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1899, S. 11. Deutsch. Bauhandb., Bauk. d. Ing., Der Brückenbau, Bd. I, Eis. Brücken, S. 309.

¹¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1912, S. 6.

¹²⁾ Der Eisenbau 1911, S. 157. Welt d. Technik 1909, S. 351. Engineering Record 1909. Vol. 60, S. 372. Le Génie Civil Bd. 45, 1904, S. 209.

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1852, S. 208, Atlas Bl. 485. Nouv. annales de la constr. 1865, S. 130, Taf. 42.

²⁾ Allgem. Bauztg., S. 215, Atlas Bl. 485.

³⁾ Über Röhling'sche Hängebrücken vergl. Zeitschr. f. Bauwes. 1862, S. 373. Engineering 1892, Bd. 53, S. 3, Fig. 8.

⁴⁾ Scient. Am. 1879, Bd. 40, S. 335.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1862, S. 377, Atlas Bl. 55.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

ihre Pfeiler sind aus Eisen konstruiert, tragen an ihrer Spitze die Kabel und sind beweglich auf Walzen gelagert, so daß sie in der Längsachse der Brücke pendeln können. Für das Spinnen der Kabel wurden nur 4 Monate gebraucht, während diese Arbeit an der alten, ersten Eastriverbrücke 21 Monate, an der Williamsburgbrücke 7 Monate in Anspruch genommen hatte¹⁾. Das Umschnüren der Kabel geschah durch eine von Robinson erfundene neue Maschine, welche in der Stunde bei drei Mann Bedienung rund 5 m Kabelwerk lieferte, während die früheren Maschinen im Tag bei 5 Mann Bedienung nur rund 6—7 m fertig gebracht hatten.

Die Manhattan-Brücke wird von Bernhard für das hervorragendste Brückenbauwerk Amerikas erklärt, und zwar gegenüber der Williamsburg-Brücke wegen der Schlichtheit der Türme, wegen der Klarheit des Strebe- und Versteifungssystems, und wegen der guten Durchbildung der Einzelheiten²⁾.

Als erste Eisenbrücke in Afghanistan wurde neuerdings eine 132 m weite Hängebrücke über den Kabulfluß in Betrieb genommen³⁾.

d) Vereinigte Systeme.

Mit fortschreitender Erfahrung vereinigte man öfters mehrere Konstruktionssysteme, um ihre Nachteile auszugleichen⁴⁾, andererseits ihre Vorteile zu verschmelzen und damit vor allem größere Spannweiten zu erzielen. Während man z. B. an der vorzüglichen Schönheitswirkung der Bogenbrücken seine Freude hatte, konnte man doch nicht die praktischen Vorzüge vergessen, die der Kragträger in so hohem Maße bot. Es dauerte denn auch nicht lange, bis man die Bogenträger über die Kämpfer-Lotrechte hinaus rückwärts verlängerte, und diese Verlängerungen auf Endpfeiler auflegte, oder sogar als Auflager für kleinere Schleppträger benutzte. In dieser Weise war als Ausleger-Bogenträger anfangs der 90 er Jahre die schweißeiserne Hawk-Street-Brücke in Albany (New-York)⁵⁾ entstanden und zwar mit drei Gelenken, einer Mittelöffnung von 109,726 m Weite und zwei auskragenden Enden von 34,2 m Länge, an die sich noch Schleppträger von 20,65 m anschlossen. Ihr folgten aus Flußeisen 1895—96 die Mirabeau-Brücke⁶⁾ in Paris mit einem 93,2 m weiten Dreigelenk-Mittelbogen und zwei seitlichen über den Landpfeilern nach unten verankerten Kragträgern von 32,42 m Länge, und als erste in Deutschland die 1899 mit 32,25 m Mittelweite und 13,69 m Seitenöffnung erbaute Straßenbrücke Mölln—Schwarzenbeck über den Elbe-Trave-Kanal⁷⁾, nebst einigen Brücken über den Teltow-Kanal⁸⁾ (Abb. 76). Mit einem Dreigelenk-Auslegerbogen wurde die größte Bogen-Stützweite Europas, 220 m, erreicht und zwar

¹⁾ Der Eisenbau 1911, S. 455.

²⁾ Deutsch. Bauhandb., Bauk. d. Ing., Der Brückenbau, Bd. I, Eiserne Brücken, S. 314.

³⁾ Scientific American 1910, S. 241.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1889, S. 1120. Engineering News 1889, Bd. 21, S. 139.

⁵⁾ Vergl. Tabellen bei Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 698, 712.

⁶⁾ Engin. News 1896, Bd. 36, S. 317. Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 241. Schweiz. Bauzeitg. 1897, Bd. 30, S. 39.

⁷⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 766.

⁸⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1908, S. 350. Zeitschr. f. Bauwes. 1906, S. 642.

beim Viar-Viadukt¹⁾, der 1902 in der Bahnlinie Carmaux—Rodez fertiggestellt wurde, und sich auch durch seine große Höhe von 127 m auszeichnet. In letzterer wird er nur von der Siouletalbrücke bei Vauriat (132,5 m) übertroffen, während ihm die Garabittalbrücke mit 122 m Höhe und die Müngstenerbrücke mit 107 m am nächsten kommen.

Als Auslegerbogen mit drei Gelenken wären schließlich noch die Troitzkybrücke (96,5 m) über die Nawa in Petersburg²⁾ (1897—1903) und die Austerlitzbrücke (140 m) über die Seine in der Stadtbahn von Paris³⁾ (1904—05) zu erwähnen.

Eine weitere System-Vereinigung ist die Anordnung einer Zugband-Bogenbrücke nach dem Gedanken des Ausleger- bzw. kontinuierlichen Trägers wie 1903 an der Havelbrücke bei Spandau—Eiswerder⁴⁾ (Abb. 83) mit 75,28 m Spannweite der Mittelöffnung und 4,705 m Länge der Ausleger, und 1904 an der Treskow-Brücke (82) in Oberschöneweide⁵⁾ bei Berlin (78 m Mittelöffnung und 37,5 m Seitenöffnungen). Die Havelbrücke gab das Vorbild für die im Jahre 1909 fertiggestellte Südbrücke über den Rhein bei Cöln (165 m)⁶⁾. Eine Weiterbildung der Treskowbrücke ist die Havelbrücke (Abb. 107) im Zuge der Döberitzer Heerstraße bei Spandau⁷⁾. Sie besitzt fünf Öffnungen u. zw. kragen die mit Zugband versehenen Zweigelenk-Bogenträger der Mittelöffnung in die beiden Seitenöffnungen hinein, ebenso die Träger der Endöffnungen, und in den Seitenöffnungen sind zwischen die Trägerenden einfache Balken eingehängt.

e) Eisen mit Beton.

Unter den neueren Konstruktionsweisen gewinnen der Eisenbeton und der reine Beton immer mehr an Bedeutung. Es liegt daher der Gedanke sehr nahe, zu besonderen Zwecken die reine Eisenkonstruktion mit dem Eisenbeton oder Beton in tätige Verbindung zu bringen. Ein dahingehender interessanter Versuch wurde vor einigen Jahren in Frankreich bei Errichtung der Brücke über den Guindy gemacht, indem man einen Dreigelenkbogen zwischen Ufer-Ausleger spannte, und diesen Bogen mit zwei Stahlgurtungen und zwei Eisenbeton-Gurten versah, derart, daß der Stahl hauptsächlich zur Aufnahme der Eigenlast, der Eisenbeton zur Aufnahme der Nutzlast berechnet wurde⁸⁾ (Abb. 43).

Beim Neubau der Brücke über den Kanal du Midi in Toulouse⁹⁾ (12 m) war aus örtlichen Gründen nur eine sehr geringe für Eisen nicht ausreichende Bauhöhe möglich. Ferner durften mit Rücksicht auf die Schifffahrt keine Gerüste in

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 115. Le Génie Civil 1903, Bd. 43, S. 1.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 42. Le Génie Civil 1903—04, Bd. 44, S. 177.

³⁾ Le Génie Civil 1904—05, Bd. 46, S. 417.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1904, S. 66.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1905, S. 1141. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1907, Nr. 54.

⁶⁾ Baugew.-Zeitg. 1910, S. 392. Deutsch. Bauzeitg. 1912, S. 385.

⁷⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 344.

⁸⁾ Handb. f. Eisenbetonbau, III. Bd., 3. Teil, 1908, S. 521. Annales des ponts et chaussées 1907, IV., S. 34. Engineering News 1908, S. 331.

⁹⁾ Zement und Beton 1909, S. 327.

den Lichtraum eingebaut werden, und dadurch verbot sich von selbst die Anwendung von Eisenbeton. Man vereinigte daher beide Konstruktionsweisen, indem man eiserne Blechträger anordnete, deren Obergurte schwächer als die Unterurte waren; über das Ganze streckte man eine die Obergurte umhüllende Eisenbetonplatte, welche die Druckzone vervollständigte und zugleich die Fahrbahntafel bildete. Die Schalung dafür wurde auf die Träger-Unterurte aufgelagert. Die Konstruktion hat den Vorteil, daß keine überflüssigen, schwer lastenden Teile vorhanden sind, und daß schon während des Baues die auftretenden Beanspruchungen aufgenommen werden können. Allerdings ist das Eisen nur zum kleinsten Teil von Beton umhüllt, dafür wird es aber von der durchgehenden Eisenbetonplatte schützend überdeckt.

Eine Verbindung von Eisenbau mit reinem Beton ohne Eiseineinlage findet sich an der Überführung der 42. Straße über die Eisenbahn in Philadelphia¹⁾ und zwar an einer Zugband-Bogenbrücke, bei welcher der Hohlraum der kastenförmigen Hauptträger, wohl im Gedanken an umschürnte Betonstützen, mit Beton ausgestampft wurde. Die Hauptträger ruhen stumpf auf dem Widerlager auf und besitzen ein Scheitelfgelenk. Außerdem wurden für die Dauer der Aufstellung zwischen Kämpfer und Scheitel Hilfgelenke eingebaut und später fest gemacht²⁾.

II. Bewegliche Brücken.

Neben den festen Brücken gelangten in neuerer Zeit auch die beweglichen zu neuer Entwicklung, obwohl sie naturgemäß gegenüber den ersteren an Bedeutung zurückstehen müssen³⁾.

Rollbrücken sind zuerst wohl bei Carmathen (1852) und bei Swansea (18,3 m l. W.) ausgeführt worden.

Gelegentlich kommen auch Rollfähren vor, die wie in Greenock und St. Malo⁴⁾ zusammen mit den stützenden Pfeilern auf einer in der Sohle des zu überschreitenden Gewässers liegenden Bahn laufen.

Hubbrücken mit beweglichen Hauptträgern wurden z. B. am Bassin de la Vilette (15 m l. W.) zu Paris (1886) und in der Halsted-Straße in Chicago (38 m) errichtet, dann über dem Urbanhafen in Berlin (1895)⁵⁾, und in doppelter Ausführung an der Hafenstraße in Lübeck, einmal für Eisenbahn (45 m) und daneben für die Straße (42,24 m)⁶⁾. Bei den letzteren sind Halbparabelträger angewandt, während sonst bei Hubbrücken meistens Blechträger und Parallel-Fachwerkträger bevorzugt werden. Eine zweigeschossige Hubbrücke finden wir über dem Willamette-Fluß in Portland, Oregon⁷⁾.

¹⁾ Engineering News, Band 62, 1909, S. 674. Zeitg. d. Ver. deutsch. Eisenb.-Verwaltg. 1909, S. 964. Engin. Record Bd. 59, 1909, S. 648.

²⁾ Über eine mit Beton umstämpfte Blechbogenbrücke in Buffalo s. Engineering Record 1910, S. 217.

³⁾ Handbuch der Ingenieurwissenschaften 1907, II. Band, 4. Abt. Bewegl. Brücken. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, S. 596.

⁴⁾ Ann. des ponts et chaussées, 5. Serie, Bd. 8, 1874, 2. Halbjahr, S. 5, Taf. 13.

⁵⁾ Über Lauenburg s. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 765.

⁶⁾ Ebenda, S. 779.

⁷⁾ Engineering News 1912, Bd. 68, S. 1100.

Mit festliegenden Hauptträgern, aber beweglicher Fahrbahn sind die Hubbrücke von Utica (New-York) über den Erie-Kanal (1874), die Chitpore-Hubbrücke (35 m l. W.) zu Kalkutta (1878)¹⁾ u. a. m. ausgestattet.

Eiserne Zugbrücken sind die Rottebrug bei Amsterdam (1895) und die Doppelbrücke über den Newton-Creek in Brooklyn (1895).

Die Klappbrücken unterscheiden sich von den Zugbrücken dadurch, daß ihre Drehachse nicht an den Enden der Träger, sondern in der Nähe des Schwerpunktes des beweglichen Brückenteils liegt. Sie sind entweder mit fester oder mit beweglicher Drehachse gebildet.

Neuere Ausführungen dieser Art begegnen uns an der 60,96 m weiten Mittelöffnung der Tower-Brücke (1892—94) in London (Abb. 88), deren Fußgänger-Verkehr bei geöffneter Klappbrücke mit Hilfe von Aufzügen über eine hochgelegene Balkenbrücke geleitet wird, dann an der nach dem Straußschen Drehzapfen-Klappensystem konstruierten neuen Knipfelsbrücke (1908) in Kopenhagen²⁾, und an der Schmiedebrücke (22,80 m) in Königsberg (1895—96)³⁾. Große Beliebtheit erwarben sich die Klappbrücken in Amerika, wo sie sich mit Rücksicht auf beschränkte Raumverhältnisse und im Streben nach schneller Handhabung mehr und mehr an Stelle der noch zu besprechenden Drehbrücken einbürgerten⁴⁾.

Eine besondere Abart sind die von dem amerikanischen Ingenieur Scherzer eingeführten Klappbrücken mit kreisförmigen Schuhen, welche auf gezahnten eisernen Laufbahnen rollen. Der Vorteil des Systems liegt in der Möglichkeit einfacher Gestaltung und einfacher rascher Handhabung bei geringem Kraftbedarf, da nur die rollende Reibung zu überwinden ist. Ferner brauchen die rückwärts rollenden Klappen nicht um einen so großen Winkel aufgedreht zu werden wie die Brücken mit fester Drehachse. Die erste Scherzerbrücke wurde von ihrem Erfinder 1894—95 mit zwei Klappen von zusammen 33,24 m Weite in der Van-Buren-Straße in Chicago ausgeführt. Es folgte die Brücke über die Newark-Bai⁵⁾ (2 × 36,5 m Weite) und eine Reihe sonstiger Bauwerke vornehmlich in Amerika⁶⁾ und England, sowie die größte bewegliche Brücke Asiens über den Ngawun-Fluß in Burma (1908) mit einer Klappöffnung von 67 m Weite⁷⁾.

In Holland wurde nach dem Scherzersystem eine Straßenbrücke über das Kostverlorenvaart in Amsterdam hergestellt, in Deutschland die Mittelöffnung der Hansabrücke über die Oder in Stettin (1904—05) sowie die Baumbrücke ebenda, und zum Ersatz älterer Kranbrücken eine Gruppe von Kanalbrücken der Oldenburgischen Staatsbahnen (1905—06) nach Ocholt und Leer⁸⁾. Eine Klappbrücke von 91 m

¹⁾ Wochenbl. f. Architekten u. Ingenieure 1883, S. 252.

²⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1909, II, S. 84.

³⁾ Über Duisburg s. Zeitschr. f. Bauwesen 1909, S. 359. Deutsche Bauzeitg. 1909, S. 362.

⁴⁾ Engineering News 1909, S. 119. 1910, S. 560. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1896, S. 805. Der Eisenbau 1913, S. 5.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 1089.

⁶⁾ Engineering Record 1909, S. 690.

⁷⁾ Scientific American 1909, Suppl. Nr. 1736, S. 232. Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 673. Railroad Age Gazette 1909, S. 685.

⁸⁾ Organ f. d. Fortsch. d. Eisenbahnwesens 1909, S. 425.

Weite auf Ponton-Zwischenstützen sehen wir über dem Hugli in Calcutta¹⁾.

Die größte Bedeutung unter den beweglichen Brücken haben die Drehbrücken gewonnen, vornehmlich durch die mit ihnen gebotene große Durchfahrtsweite und hohe Betriebssicherheit. Andererseits beanspruchen sie für die seitliche Bewegung verhältnismäßig viel Raum, ihre Bewegungsdauer ist störend lang, und bei zweiflügeliger Ausführung wird ihre Scheitelverriegelung schwierig. Ferner sind bei gleicharmigen Brücken die Mittelpfeiler störend, und eine nachträgliche Verbreiterung ist nicht mehr möglich²⁾. Infolgedessen hat, wenigstens für großstädtischen Verkehr, die Klappbrücke entschiedene Vorzüge.

Neben einer Reihe von älteren Drehbrücken³⁾ wäre mit Blechträgern die Brücke am Alten Hafen (14,05 m) in Cuxhaven zu nennen (1903), dann mit geradlinig begrenztem Fachwerk eine Anzahl Bauten von 50 m l. W. am Nord-Ostsee-Kanal (1893–94), die Reihersteg-Brücke Neuhof⁴⁾ (49 m) in Hamburg (1898–99) und die Drehbrücke am Oberhafen ebenda⁵⁾ (1907).

Schließlich folgen die sehr wechselvollen Gestaltungen der gegliederten Träger mit gekrümmter Gurtung z. B. an der Deelfuß-Brücke (42,7 m) bei Hawarden in England, an den Drehbrücken in Köln (1894), Ludwigshafen (1894) und Mannheim (1902), über die Hunte⁶⁾ (60 m) bei Oldenburg und über den Nordsee-Kanal bei Velsen⁷⁾ (1905). Als Doppelbrücken wurden die Herrenbrücke bei Lübeck⁸⁾ (1901) und die Drehbrücken von Wilhelmshaven⁹⁾ (70 m) und Libau¹⁰⁾ (77,88 m) errichtet, wobei den Kragarmen der beiden letzteren ein durchhängender Obergurt und mit Rücksicht auf möglichst geringe Behinderung der Kleinschiffahrt ein bogenförmiger Untergurt, also größte Trägerhöhe über den Stützpunkten und damit im ganzen eine der Momentwirkung entsprechende Gestalt gegeben wurde. In Wilhelmshafen greifen ähnlich wie schon an der Herrenbrücke in Lübeck beide Brückenteile mit besonderen Stahlgußkörpern gelenkartig so ineinander, daß die geschlossene Brücke sich als durchgehender Träger mit Mittelstoß darstellt.

Als neuere Brücken besonderer Art wären die hohen Brücken- oder Schwebefähren¹¹⁾ zu erwähnen, feste Hochbrücken mit einer beweglich angehängten Fähre, die den

Verkehr in Uferhöhe vermittelt, ohne die Schifffahrt zu behindern. Durch ihre Transportweise sind die Brückenfähren vor anderen Systemen im Vorteil, da eine Drehbrücke die Schiffe zum Aufenthalt zwingt, und andererseits den Brückenverkehr für Fußgänger usw. zeitweise unterbricht; Hochbrücken wiederum verlangen große Zufahrtsrampen oder Aufzüge, und Rollfähren sind nur dort möglich, wo der Boden fest ist und bei Ebbe für Fahrbahn-Reparaturen usw. freiliegt. Ein Vorschlag zu einer Brückenfähre findet sich bereits bei Faustus Verantius (1617)¹⁾. Dann kamen ähnliche Anregungen von Morse in New York (1869) und Smith in England (1873). Verwirklichung aber brachten erst die neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts durch den Franzosen Arnodin, der die festen Hauptträger als versteifte Kabelbrücken auf hohen Turmpfeilern ausführte²⁾. Die ersten Brückenfähren entstanden 1892 bei Bilbao (160 m), 1894 bei Bizerta (109 m), 1899 bei Rouen (143 m) und 1900 bei Rochefort (139,76 m), wobei die Rückhaltkabel schräg nach unten geführt wurden. Da diese Anordnung sich als unpraktisch erwies, verlängerte man 1903 bei Nantes (141 m) und 1904 in Marseille (165 m)³⁾ die Versteifungsträger über die Auflager hinaus und leitete die Kabel über die so gebildeten Ausleger-Enden senkrecht in den Boden; beide Fähren erhielten überdies in der Mittelöffnung einen eingehängten Schwebeträger. Die Fähre von Bizerta wurde aus militärischen Gründen im Jahre 1903 abgebrochen und 1908 in Brest wieder aufgestellt. In England entstanden Brückenfähren nach französischer Art 1904 bei Newport-Monmouthshire (196,25 m), 1905 bei Runcorn⁴⁾ (304 m), sowie neuerdings über den Mersey bei Warrington⁵⁾ (76 m) und über den Teesfluß bei Middlesbrough⁶⁾. In Deutschland ist seit 1910 eine Brückenfähre über der Hafeneinfahrt der Kaiserlichen Werft in Kiel im Betrieb (118 m)⁷⁾.

Nicht mit Kabeln, sondern mit einem Hauptträger aus Fachwerk mit parabolischem Obergurt wurde 1905 eine Brückenfähre bei Duluth⁸⁾ am Oberen See in Nordamerika (120 m) und neuerdings eine solche in Deutschland über die Oste bei Osten⁹⁾ (80 m) erbaut. Bei letzterer dient zur Aufnahme des weitmaschigen Trägers auf jedem Ufer ein aus räumlichem Fachwerk gebildetes, 25 m weit gespreitztes Portal, dessen Schenkel nach unten in Spitzen auslaufen.

¹⁾ Le Génie Civil 1912, Bd. 62, S. 9.

Über die 42,7 m weite Klappöffnung der neuen Brücke „Kaiser Peter des Großen“ s. Eisenbau 1910, S. 320 mit Abb.

Über neuere Klappbrücken mit bewegl. Drehachse in Amerika s. Deutsche Bauzeitg. 1911, S. 339.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltung 1910, S. 373.

³⁾ Über d. Penfeld-Brücke in Brest s. Allgem. Bauzeitg. 1864, S. 57, Atlas Bl. 637.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 1415.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 376.

⁶⁾ Org. f. d. Fortschr. des Eisenbahnwesens 1907, S. 172. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1907, S. 1361.

⁷⁾ Org. f. d. Fortschr. des Eisenbahnwesens 1905, S. 227. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 1009.

⁸⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 1089.

⁹⁾ Ebenda 1909, S. 809, 867. Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1909, S. 145.

¹⁰⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, S. 913.

¹¹⁾ Annales d. trav. publics de Belgique, 1912, S. 925. Tabelle bei Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 746.

¹⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 226. Fig. 249.

²⁾ Le Génie Civil. 1903, Bd. 44, S. 33. 1905–06, Bd. 48, S. 265. 1908, Bd. 53, S. 449.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 714.

⁴⁾ Ebenda, 1908, S. 936.

⁵⁾ The Engineer, 29. Sept. 1911, S. 336. Scientif. Am. Dez. 1911, S. 556.

⁶⁾ Stahl und Eisen 1911, S. 184. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 764 und Textbl. 10.

⁷⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 499. Le Génie Civil 1902, Bd. 41, S. 23.

⁸⁾ Deutsche Bauzeitung 1909, S. 665.

D. Hochbau¹⁾.

I. Langbauten.

a) Erste Anfänge, einfache Hallen mit Balken- und Bogenbindern²⁾.

Bei der starken Bevorzugung, welche das Gußeisen zu Beginn des Eisenbaues vor dem Schmiedeeisen allgemein erfuhr, ist es nicht zu verwundern, daß diese Wertschätzung sich auch im Hochbau lange Zeit bemerkbar machte. In ausgedehntem Maße wurde das Gußeisen zuerst 1801 von Bulton und Watt zu den 4 m freitragenden  förmigen Deckenträgern einer Spinnerei zu Salford in England verwandt. Auch stellte man gußeiserne Träger mit keilförmigem  Querschnitt³⁾ zur Aufnahme von gemauerten Flachkappen her. Sogar ein großes Fabrikgebäude in Soho hat Watt ganz in Eisen gebaut einschließlich Fußboden, Treppe und Dach.

Im Jahre 1804 wurden Baumwollspinnereien in Manchester mit gußeisernen Dachbindern überdeckt, die außen sattelförmig, innen bogenförmig gestaltet waren und in den Zwickeln Kreisfüllungen zeigten, versehen. Diese Dächer waren aber noch verhältnismäßig schwer und kostspielig, und gaben daher Veranlassung zu den verbesserten Konstruktionen von Fairbairn und Lillie, bei denen sich bereits schmiedeeiserne Zugstangen fanden.

Im Jahre 1838 bekam die Kathedrale von Chartres ein vollständiges gußeisernes Dachwerk⁴⁾ und ähnliche Ausführungen entstanden um diese Zeit noch mehrfach. Bei allen diesen Arbeiten wurde jedoch das Eisen lediglich konstruktiv angewandt, ohne daß man selbständige schönheitliche Zwecke damit verbunden hätte; es diente also nur als Ersatz für hölzernes Dachwerk, das man bisher ausschließlich zu verwenden gewohnt war.

Dagegen erhielt bereits im Jahre 1820 die 19 m breite Schwimmhalle des Dianabads⁵⁾ in Wien als erste eiserne Längshalle Österreichs sichtbar liegende gußeiserne Bogenbindern, welche schon in der für die späteren großen Hallen bezeichnenden Eigenart bis zur Fußbodenhöhe heruntergeführt waren und damit die Wand gegenüber der Überdeckung architektonisch zurücktreten ließen. Ferner ließ Labrouste an seiner 1843–50 erbauten Bibliothek Ste. Geneviève zu Paris das tragende Gußeisenwerk, auf welchem Dach und Decke des Lesesaals ruhen, vollständig sichtbar und bildete nicht nur die Stützen künstlerisch durch, sondern schmückte auch die hohen Stege der offengezeigten Deckenbögen mit Durchbrechungen in Gestalt von Rankenornamenten⁶⁾.

Vollständig aus Kunstguß wurde noch 1867 für den Vizekönig Ismael Pascha eine offene Halle auf der Nil-Insel Gezireh bei Kairo ausgeführt.

¹⁾ The Builder 1880, Bd. 1, S. 374, 501.

²⁾ Tabellen über ausgeführte Hallen s. Handb. d. Arch., 4. Teil, 2. Halbbd., Heft 4, S. 332 und 4. Teil, 6. Halbbd., Heft 4 (1906), S. 565. Foerster, Die Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 475. Deutscher Baukal., Teil I. Daub, Die Vergangenheit des Hochbaues, S. 196.

³⁾ Allgem. Bauzeitg. 1841, S. 131.

⁴⁾ Allgem. Bauzeitg. 1849, S. 108, Atlas Bl. 253.

⁵⁾ Allg. Bauzeitg. 1843, S. 115. Atlas Bl. DX.

⁶⁾ Allgem. Bauzeitg. 1852, S. 139, Atlas Bl. 469; 1851, S. 66, Atlas Bl. 386. Gartenpavillon aus Gußeisen ebenda 1852, S. 222, Atlas Bl. 488.

Im Laufe der Zeit konnte man sich jedoch nicht der Wahrnehmung verschließen, wie verschieden sich das Gußeisen gegenüber Zug und Druck verhielt, wie wenig homogen und elastisch es war und wie leicht es daher bei starken Verkehrs- und Belastungsstößen zerbrach. Auch erforderte es verhältnismäßig starke Abmessungen, ergab also beträchtliche Gewichte. Man sah sich daher mehr auf das Schweißeisen hingewiesen, welches in geringem Umfang schon seit längerer Zeit, zunächst in gemischter Bauweise, mit Holz für die Druckstäbe und Eisen für die Zugstäbe, und schließlich als reines Eisengefüge in die Dachkonstruktion eingeführt worden war. So hatten schon zu Ende des 18. Jahrhunderts französische Ingenieure schmiedeeiserne Decken und Dachstühle ausgeführt, z. B. 1780 über dem Grand Salon du Louvre, dann in Boulogne (6,5 m Weite), sowie über dem Théâtre français¹⁾ und über der Börse²⁾ zu Paris. Dabei lag konstruktiv der Gedanke des Holzbaues, vor allem der des Sprengwerks zu Grunde.

Aus der gleichen Anschauung heraus ließ noch 1835 Hesse das schmiedeeiserne Dach der Schickler'schen Zuckersiederei (18,83 m) in Berlin ganz im Sinne hölzerner Drempeldächer mit doppeltem Stuhl entstehen. Allmählich begannen sich aber selbständigere Gedanken zu regen, und man entwarf neue Konstruktions-Systeme, z. B. 1839 den Wiegmann-Polonceau-Binder, den man heute leider nur mit dem letzteren Namen zu bezeichnen pflegt³⁾. Es sind mit ihm zuerst wohl die Stationsgebäude der Eisenbahn Paris–Versailles überdacht worden, dann in Paris der Bahnhof St. Lazare und der Hauptpalast der allgemeinen Industrie-Ausstellung von 1867; ferner der Bahnhof in Neapel⁴⁾ (34,40 m), an dessen Bindern Gitterträger für den Obergurt verwendet wurden, sowie 1869 Schwedlers Retortenhäuser für die Imperial-Continental-Gas-Assoziation in Berlin, nämlich am Hellweg (31,07 m)⁵⁾ am Stralauer Platz (21,34 m), und an der Holzmarktstraße (18,8 und 20,35 m). Das letztere Dach hat Parabelträger im Binder-Obergurt.

Weitere Satteldächer, die übrigens zum Teil nach dem Vorbild amerikanischer Fachwerkkonstruktionen entstanden, sind das deutsche, englische, belgische Dach usw. Unter den zahllosen Anwendungen dieser Systeme seien nur der New Smithfield Market in Manchester (15,24 m), der 7,1 m weite Dachstuhl über den Verkaufshallen der Passage Jouffroy⁶⁾ in Paris (1846) und die älteren englischen Bahnhofshallen hervorgehoben, etwa die London Road- und Victoriastation in Manchester (um 1848). Auch Dach und Dachreiter des Domes zu Köln wurden um 1860 aus Schmiedeeisen hergestellt⁷⁾. Eine transportable Schmiedeeisenkonstruktion, nämlich ein Zeltgerüst für den König von Preußen wird zu Anfang der vierziger Jahre erwähnt⁸⁾.

¹⁾ Rondelet, Kunst zu bauen, Taf. CLIV, Fig. 1.

²⁾ Ebenda, Taf. CLVI.

³⁾ Allgem. Bauzeitg. 1842, S. 267.

⁴⁾ Nouv. annales de la constr. 1875, S. 129.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1869, S. 66.

⁶⁾ Allgem. Bauzeitg. 1849, S. 5, Atlas Bl. 235.

⁷⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1862, S. 313, 487. Atlas Bl. 40–43, 63, 64.

⁸⁾ Allgem. Bauzeitg. 1842, S. 345. Über eiserne Häuser s. ebenda 1850, S. 184, 1853, S. 322 N.

Über den reinen Nutzzweck hinaus erkannte Stüler der Eisenkonstruktion eine architektonische Entwicklungs-Möglichkeit zu, aber er bewahrte in seinem 1841–45 errichteten neuen Museum zu Berlin noch eine gewisse Zurückhaltung, indem er für das Eisenwerk eine zierende Umhüllung aus Zinkguß, Bronze usw. vorsah¹⁾.

Eine ähnlich verdeckte Schmiedeeisenkonstruktion sehen wir an der Decke über dem Großen Börsensaal in Berlin, die in den Jahren 1859–63 nach dem Entwurf von Hitzig²⁾ mit 26,8 m Spannweite und 100,8 m Länge entstand. Jeder Binder besitzt ein festes und ein bewegliches Auflager, und die Decke selbst ist in eine Anzahl Felder mit gewölbten Kappenfüllungen geteilt. Mit dem Schmiedeeisen indessen verstand der Künstler noch so wenig anzufangen, daß er die Vertikalen der über der sichtbaren Deckenfläche liegenden schmiedeeisernen Tragekonstruktion über den Untergurt hinaus nach unten verlängerte und hier ein dekoratives, nur scheinbar tragendes Binder-Gerüst aus Gußeisen mit Zierfüllungen aus Zinkguß anhängte.

In der Anwendung des so überaus tragfähigen Metallgefüges bot sich immer mehr die Möglichkeit, alle an einem Bauwerk auftretenden Lasten und Kräfte auf einige wenige, weit voneinander entfernte Stellen zu vereinigen, und damit Raumschöpfungen von noch nicht dagewesenen Abmessungen zu entwerfen. Die zur Umschließung erforderlichen Wände brauchte man nur als leichte, dem Winddruck widerstehende Füllungen zwischen die tragenden Stützen einzuspannen; nahm man zu diesem Zwecke Glas, so knüpfte man auf dem Wege der Eisenkonstruktion dort wieder an, wo die Steinkonstruktion der Gotik aufgehört hatte, als sie, wie an der Ste. Chapelle zu Paris das tragende Mauerwerk auf einzelne Pfeiler zusammenzog und die dazwischen freibleibenden Flächen mit Fenstermalereien ausfüllte. Außerdem war seit der Zeit der Gotik die Glastechnik so weit vorgeschritten, daß sie die Herstellung großer Tafeln gestattete, während man früher darauf angewiesen war, kleine Scheiben zu verwenden, und größere Verglasungen mittels Bleiruten aus einzelnen kleinen Glasstücken mosaikartig zusammen zu setzen.

Es waren somit alle technischen Voraussetzungen zu einer Eisen-Glas-Halle gegeben, als im Jahre 1850 ein Ausstellungsgebäude im Hyde-Park zu London errichtet werden sollte und Paxton dafür den Entwurf zu seinem später so berühmten Kristall-Palast in Vorschlag brachte³⁾ (Abb. 155).

Paxton war nicht Baufachmann, sondern Gärtner von Beruf, und er hatte in dieser Eigenschaft mehrfach mit der Errichtung großer Gewächshäuser aus Eisen und Glas zu tun gehabt, zuletzt in Chatsworth für den Herzog von Devonshire. Von diesen und ähnlichen Bauten⁴⁾ wie dem Pflanzenhaus in Kiew (1848) ausgehend und sie ins Riesenhafte übertragend, gestaltete Paxton den Kristallpalast als eine mehrschiffige, von schlanken Stützen getragene Anlage. Die

Dächer waren eben, nur über dem Querschiff erhob sich mit Rücksicht auf vorhandene Bäume, die in das Gebäude einbezogen werden mußten, ein tonnenförmiges Glasdach, das von armierten Bohlentbögen getragen wurde.

Für die Säulen des völlig eisernen Traggerippes nahm Paxton Gußeisen; die gegliederten Konstruktionen, Diagonalen usw. machte er aus Schmiedeeisen. Die Außenflächen wurden mit Glas geschlossen, das mit der größten damals noch bequem herstellbaren Plattenlänge von 49 Zoll = 1,24 m die Maßeinheit für die gesamte Halle abgab. Das ganze Gebäude wurde mit einfachen Verbindungen aus gleichartigen Teilstücken zusammengesetzt und es wurde dadurch möglich, die Gesamt-Lieferung in viele Einzelaufträge zu zerlegen und so eine rasche Herstellung zu bewirken. Die äußere Erscheinung des Bauwerks war monumental. Im Innern wirkte an Stelle von Körpern und Flächen neben der neuartigen schattenlosen Helligkeit vor allem das Linien-spiel des eisernen Tragwerks mit seiner von Owen Jones im Anklang an die Alhambra zu Granada bestimmten Farbengebung in Rot, Blau und Gelb.

Nach Schluß der Ausstellung mußte das Gebäude zwar wieder abgebrochen werden, aber es hatte solchen Beifall gefunden, daß man es in etwas veränderter und auch beträchtlich vergrößerter Gestalt in Sydenham bei London wieder aufbaute⁵⁾ (Abb. 156). Verschiedentlich ist dies übersehen und das dem Wiederaufbau entsprechende Bild als das der ersten Originalhalle gebracht und besprochen worden. Gelegentlich des Umbaus wurden die Bohlentbinder des Querschiffdachs durch halbkreisförmige eiserne Binder (21,94 m Weite) ersetzt, die aus je zwei konzentrischen Gurten und eingefügten Diagonalen und Vertikalen bestehen.

Für die Folgezeit wurde der Kristallpalast dadurch von besonderer Bedeutung, daß er das erste Beispiel der Anwendung von Eisen auf einen Hochbau größten Maßstabs darstellte, daß mit ihm der Hellraum als neuer Begriff in den Hochbau eingeführt wurde, und daß mit ihm das Schmiedeeisen gegenüber dem Gußeisen als Baustoff für einen Hochbau in ähnlicher Weise in den Vordergrund trat, wie es im Ingenieurbau mit der Britannia-Brücke geschehen war. Diese Bevorzugung des Schmiedeeisens wirkte ihrerseits wieder fördernd auf die Vervollkommenung des Walzverfahrens und der technischen Ausführungsweisen ein, wobei die immer schärfer ausgebildeten Rechenmethoden den Materialverbrauch mehr und mehr einzuschränken gestatteten.

Wie leicht zu verstehen ist, gab das Neuartige des Kristallpalastes mehrfach Anregung zu ähnlichen Bauwerken⁶⁾. Es sei nur des Glaspalastes in München (1853–54) gedacht. Dann wurden gleichartige Bogenbinder wie zu Sydenham auch über den 24 m weit gespannten Seitenschiffen des 1853–54 ausgeführten Industriepalasts zu Paris⁷⁾ mit Erfolg verwendet, wenn es auch, wie die Erbauer dieses Palastes, Barrault und Bridel nachträglich selbst erklärten, besser

¹⁾ Stüler, Das neue Mus. i. Berlin, Taf. 8, 12.

²⁾ Hitzig, Die Börse in Berlin, Bl. XI.

³⁾ Allgem. Bauzeitg. 1850, S. 277. Atlas Bl. 362.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1887, S. 67: Gewächshausanlagen in England, Belgien und Holland. Allgem. Bauzeitg. 1837, S. 395, Taf. CLXXIII. Hdb. d. Arch., 4. Teil, 6. Halbbd., 4. Heft, 1906, S. 489, Pflanzenhäuser.

⁵⁾ Allgem. Bauzeitg. 1852, S. 299. Atlas Bl. 506.

⁶⁾ Über Dublin s. Allgem. Bauzeitg. 1853, S. 256 N, Über New-York ebenda, S. 25 (mit Abb.). The Builder 1852, S. 674. Hdb. d. Arch., 4. Teil, 6. Halbbd., 4. Heft (1906), S. 574.

⁷⁾ Zeitschr. f. Bauwesen. 1855, S. 197, Bl. F. Atlas Bl. 30. Nouv. annales de la constr. 1856, S. 19, Taf. 9–10.

gewesen wäre, die 48 m weiten Mittelschiffbögen kräftiger herzustellen, als es geschehen ist.

Entsprechend dem am Kristallpalast entschiedenen Sieg des Schmiedeisen über das Gußeisen wählte Labrouste, der noch 1843–50 die Bibliothek Ste. Geneviève durchweg in Gußeisen errichtet hatte, im Jahre 1861 beim Bau der National-Bibliothek zu Paris das Gußeisen nur noch für die Stützen, während für die verbindenden Bögen nebst den darauf ruhenden Kuppeln und Dächern das Schmiedeisen eintrat¹⁾. Ähnlich verwandte auch Hittorf beide Eisenarten zusammen, indem er die als Blechträger konstruierten Binder-sparren des Nordbahnhofs in Paris (1863–64) mit großen durchbrochen gegossenen Konsolen gegen die Stützen absteifte.

Zu Anfang der fünfziger Jahre kamen an englischen Bahnhofshallen die rein schmiedeisenen Balkenbinder auf, welche meistens einen parabel- oder sichelförmigen Umriss zeigten. Wir finden sie z. B. 1851 mit 46,8 m Spannweite am Bahnhof Lime-Street in Liverpool²⁾. Die Gefache wurden hier mit Ausnahme des gekreuzten Mittelfeldes nur in einer Richtung verstrebt, während bei der 63,4 m weiten Bahnhofshalle zu Birmingham³⁾ (1853–54) Diagonalen in beiden Richtungen angebracht wurden und die Binder besondere Knoten-Formstücke aus Guß- und Schmiedeisen sowie bereits ein festes und ein bewegliches Auflager erhielten. Weiter wurden mit Sichelträgern die Victoria-Station der Chatham-Eisenbahn in London und die Hallen der Niederschlesisch-Märkischen⁴⁾ (1867–69) und der Berlin-Görlitzer Bahn⁵⁾ in Berlin, sowie der österreichischen Nordwest-Bahn⁶⁾ in Wien (1870–73) versehen. Auch der 1867–68 von Gerber mit Parabelbindern erbauten Bahnhofshalle in Zürich sei hier gedacht.

Mit verglasten Sattel- oder Bogendächern wurden verschiedentlich Kauf-Passagen, darunter 1865–67 die Galleria Emanuele in Mailand, 1869–73 die Kaiser-Gallerie in Berlin, dann die Galleria Mazzini in Genua (Abb. 207) und 1887–90 die Galleria Umberto I. in Neapel⁷⁾ überdeckt.

Fachwerk-Binderbögen mit geringerer Konstruktionshöhe im First als in den Kämpfern bekamen das Ausstellungs- und Wintergartengebäude zu Dublin⁸⁾ (1864–65) und das Opernhaus in Wien; mit vollwandigen Bogenbindern, welche durch Längsträger verbunden und mit horizontalen Zugstangen versehen wurden, sehen wir die Bahnhöfe zu Antwerpen (20,3 m)⁹⁾ und Lüttich (32 m), die Paddington-Station der Great-Western-Bahn in London und den 1870–72 errichteten Potsdamer Bahnhof¹⁰⁾ in Berlin (36 m) ausgestattet.

¹⁾ Nouv. annales de la constr. 1869, S. 1, Taf. 1–2, 21.

²⁾ Notizbl. d. Arch.-u. Ing.-Ver. f. d. Königr. Hannover, Bd. 3, 1853/54, S. 191, Taf. Bl. 72.

³⁾ Zeitschr. f. Bauwesen, 1858, S. 447, Atlas B. 50, 51.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen, 1870, S. 151, Atlas Bl. 29.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwesen, 1872, S. 347, Atl. Bl. 64.

⁶⁾ Heinzerling, Eisenhochbau d. Gegenwart, Heft II, Taf. 2, Fig. 1.

⁷⁾ Esselborn, Lehrb. d. Hochbaues, Bd. II, S. 82.

⁸⁾ Allgem. Bauzeitg. 1866, S. 21. Atlas Bl. 9.

⁹⁾ Zeitschr. d. Arch.-u. Ing.-Ver. f. d. Königr. Hannover 1863, Bd. 9, S. 242.

¹⁰⁾ Zeitschr. f. Bauwesen, 1877, S. 17, Atlas Bl. 11.

Binder mit Zugstangen treten auch an dem 1872–73 von John Fowler erbauten Dache des Zentral-Bahnhofs in Liverpool¹⁾ auf, dessen Zugstange erhöht an geneigten Rundstäben aufgehängt wurde. Auch die 37,28 m weit gespannte Bahnhofshalle zu Courtrai²⁾ aus dem Jahre 1879, verschiedene Bahnhöfe der Berliner Stadtbahn, dann der Hauptbahnhof in München (1876–84) (Abb. 120), die Bahnhofshalle von Brügge³⁾ (1883–84) u. a. m. gehören hierher. Bei der letztgenannten hat sich übrigens die oberhalb des Bogenkämpfers angebrachte Zugstange als nicht ausreichend erwiesen, und es mußte daher noch eine zweite in Höhe des Kämpfers angeordnet werden.

Bei dem im Jahre 1867 zu Paris errichteten Ausstellungsgebäude⁴⁾ war für die Gesamtanordnung hauptsächlich der Gedanke maßgebend, daß man die vorgeführten Produkte in der Längsrichtung nach ihrer sachlichen Ähnlichkeit, in der Querrichtung nach Ländern geordnet erscheinen lassen wollte, um den Besuchern vergleichende Übersichten zu ermöglichen. Es wurde ein ovaler Grundriß gewählt, bei dem sich um einen 40,5 m breiten und 150,5 m langen Garten eine Reihe konzentrischer Schiffe herumzog. Die bedeutendste dieser Hallen war die 35 m breite und bis zum First 25,8 m hohe Maschinengalerie. Um bei ihr sichtbare Zugbänder und gußeiserne Widerlager, wie man sie 1853–54 am Industriepalast zu Paris verwandt hatte, zu vermeiden, wurden ihre Binder als kastenförmige 25,45 m hohe Pfeiler konstruiert, zwischen die sich in einer Höhe von 19 m ein flacher Bogen spannte; die oberen Pfeilerenden wurden zur Aufnahme des Bogenschubs durch eine Zugstange verbunden, die noch über den Scheitel der Bogendecke hinweggriff. Die Form dieser Hallenbinder gab Anregung für die 32,6 m weite Maschinenhalle der Pariser Weltausstellung 1878⁵⁾ und für das gleichzeitige 24,4 m weite Vestibule d'Jéna ebenda.⁶⁾

An der 32,6 m breiten und 52,34 m langen Halle des Palmengartens zu Frankfurt a. M.⁷⁾ sind gußeiserne, durch versteifende Zwischenfüllungen mit dem Binder verknüpfte Pfosten-Aufsätze zur Aufnahme von Fahnenmasten angebracht und verleihen dem Dach des Gebäudes eine leicht bewegte äußerst vorteilhafte Erscheinung (Abb. 175). Die Bogenlinie des Binders steigt nicht unmittelbar vom Boden auf, sondern ist auf senkrechte Pfeiler gestelzt, wodurch der Raum eine stattliche, wirkungsvolle Höhe erhält. Beim ersten Blick könnte man vielleicht vermuten, auch dieser Binder habe die Maschinenhalle zu Paris von 1867 zum Vorbild. Das ist aber nicht der Fall, denn in Paris sind die senkrechten Pfeiler unmittelbar nach oben verlängert, um das Zugband aufzunehmen; in Frankfurt dagegen stellen die erwähnten Aufsätze nicht eine Verlängerung der unteren Pfeiler dar, sondern sie sind selbständig aus dem Binder heraus entwickelt. Überdies endigen sie frei ohne Zugband, ja sie erreichen nicht einmal die Scheitelhöhe des Bogens.

¹⁾ L. Mertens, Eiserne Dächer und Hallen in England, Taf. 14.

²⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 49–51.

³⁾ Ebenda, Taf. 70–76. Zentralbl. d. Bauverwiltg. 1887, S. 283, Abb. 3.

⁴⁾ Allgem. Bauzeitg. 1867, S. 112. Atl. Bl. 18.

⁵⁾ Nouv. ann. de la constr. 1878, Taf. 13.

⁶⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 42, 43.

⁷⁾ Ebenda, Taf. 25, 26.

Aus dem sich immer mehr geltend machenden Bestreben heraus, ein sichtbares Zugband zu vermeiden, entstand ein interessanter Konstruktionsversuch in dem aus den Jahren 1885–86 stammenden Olympia-Saal zu Kensington¹⁾ in London. Die Unterstützung der Mittelhalle war so gewünscht, daß sie den freien Ausblick von den Seitengängen her möglichst wenig behindern sollte. Es waren also schwere Binderfüße, die den Schub unmittelbar auf das Fundament hätten übertragen können, nicht am Platz. Man half sich so, daß man einen aus Eisenfachwerk gebildeten Winkelhebel anbrachte, auf seinen einen Arm die horizontale Komponente, auf den anderen die Vertikalkomponente des Binderschubs einwirken ließ und damit beide Kräfte wechselseitig im Gleichgewicht hielt. Die teilweise Versperrung des Seitengangs durch den Hebelrahmen wirkt bei der in Frage kommenden Benutzungsweise nicht störend. (Abb. 164).

Eigenartig war das von Bruno Möhring entworfene Gebäude der Gute-Hoffnungs-Hütte auf der Industrie- und Kunstausstellung in Düsseldorf 1902. Seine Front zeigte die Eisenkonstruktion offen in architektonischer Ausgestaltung und beschränkte den Massivbau auf zwei monumentale Eingangstüren²⁾.

Von den herkömmlichen Ausführungsweisen mit Bindern und Längsverbänden wich das Dach der Halle für Manufaktur und Industrie auf der allrussischen Ausstellung in Nishnij-Nowgorod (1896) erheblich ab, indem es als ein Netzwerk aus Profileisen mit Verschraubung an den Kreuzungstellen auftrat³⁾. In derselben Art u. zw. in der Form eines einschaligen aus lauter geraden Stäben gebildeten Hyperboloids wurde, wie hier gleich bemerkt sei, auch ein Wasserturm daselbst konstruiert, dessen Gesamterscheinung sehr an die Gittertürme englischer und amerikanischer Schlachtschiffe⁴⁾ erinnert.

Die Luftschiffhallen⁵⁾ stellen an und für sich keine anderen Anforderungen als jede sonstige große Halle; aber ihre außergewöhnlich großen Tore bereiten nicht unerhebliche konstruktive Schwierigkeiten, deren Überwindung bis jetzt noch nicht einwandfrei möglich geworden ist, zumal auf den Windschutz durch die schräg stehenden Torflügel nicht verzichtet werden kann.

Bis jetzt ist für diese Hallen ausschließlich die Langform angewandt worden, obwohl zahlreiche Vorschläge zu runden, polygonalen oder sonstwie gestalteten Bauwerken vorliegen⁶⁾. Von Ausführungen seien nur einige wenige genannt:

¹⁾ Vierendell, *Constr. arch.*, Taf. 78. L. Mertens, *Eiserne Dächer und Hallen in England*, Taf. 15–18.

²⁾ *Deutsche Bauzeitg.* 1902, S. 305.

³⁾ *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1897, S. 413; 1901, S. 454.

⁴⁾ *Scientific American* 1910, S. 194.

⁵⁾ Über französ. Militär-Ballonhallen s. *Engineering News* Bd. 65, 9. Febr. 1911, S. 166.

Über die amerikanische Ballonhalle in Fort Omaha Nebraska s. *Engineering Record* 1909, S. 637. Innen-Ansicht einer Halle für das Parseval-Luftschiff s. *Scientific American* 13. Aug. 1910, S. 117. Über zerlegbare Luftschiffhallen s. *Der Eisenbau* 1910, S. 442. *Le Génie Civil* 1911, S. 394.

Deutsche Bauztg. 1910, S. 237. *Zeitschr. f. Bauwes.* 1912, S. 571. 1913, S. 27.

⁶⁾ *Der Eisenbau* S. 228.

Die Luftschiffhalle in Tegel¹⁾ ist dreischiffig angelegt und hat 100 m Länge. Die Binder stellen sich in den 5,5 m breiten Seitenschiffen als Portalrahmen mit darüber sich erhebendem Fachwerk dar, welches letztere die Wandflächen und die 25,2 m weiten Zweigelenk-Bogenbinder der Mittelhalle aufnimmt. Ähnlich ist die 150 m lange Halle in Metz, an der das Mittelschiff 40,25 m, jedes Seitenschiff 5,0 m Breite besitzt, sowie die mit einem eigenartigen Giebelverschluß versehene Luftschiffhalle in Straßburg. An der Halle in Belfort²⁾ kamen die noch zu besprechenden Dreigelenkbögen, an der 40 m weiten Halle in Köln sogar Viergelenkbögen zur Anwendung. Die englische Halle in Farnborough (34,5 zu 108 m) besitzt halbkreisförmige Binder, die nach unten in senkrechte Pfeiler übergehen und durch schräge Steifen gegen Wind gesichert sind. Von Bedeutung sind schon durch ihre großen Abmessungen die Luftschiffhallen in Friedrichshafen³⁾, Königsberg⁴⁾ und Hamburg⁵⁾.

b) Gelenkbinder.

Sehr bald übertrug man die im Brückenbau eingeführten Gelenke auch auf die schmiedeisernen Binder von Hallen und zwar wäre vor allem das von Schwedler im Jahre 1863 für die Berliner Gasanstalt errichtete Retortenhaus⁶⁾ (33 m Spannweite) zu nennen. Die Bögen desselben ruhen allerdings nur an den Kämpfern in Gelenken, während im Scheitel noch ein stumpfer Stoß angeordnet ist. Erst 1865 hat Schwedler einen vollkommenen Dreigelenkbogen an der Eisenkonstruktion des Bochumer Hammers angewandt.

Als im Jahre 1866 die 73 m weite Halle des Bahnhofs St. Pancras (Abb. 127) in London⁷⁾, die größte Bahnhofshalle von Europa errichtet werden sollte, legten Barlow und Ordish der Rechnung einen Dreigelenkbogen zu Grunde. Die Ausführung geschah aber mit steifen Bögen, deren Fußpunkte durch ein kräftiges Zugband miteinander verbunden wurden. Der breit konstruierte und fest verankerte, also eingespannte Bogenfuß greift zur Raumsparung in das anstoßende Umfassungs-Mauerwerk so weit ein, daß er größtenteils verdeckt wird, und nach unten zu schmal auslaufen scheint. Dies dürfte vielfach zu der irrigen Ansicht geführt haben, daß der Binder auf Fußgelenken ruhe⁸⁾.

Die große Spannweite des Pancras-Bahnhofs wurde hauptsächlich gewählt, um den Platz für die sonst erforderlichen Zwischenpfeiler zu ersparen und um Bewegungsfreiheit für künftige Änderungen im Eisenbahn-Verkehr zu lassen. In großem Maßstab wird hier der am Wiener Diana-

¹⁾ Ebenda, S. 229, Abb. 1.

²⁾ *Le Génie Civil*, Tome LX. 1911, S. 1.

³⁾ *Der Eisenbau* 1910, S. 99.

⁴⁾ *Prometheus* 1911, S. 379.

⁵⁾ *Deutsche Zeitschr. f. Luftschiffahrt* XV. Jg., 26. Heft vom 27. Dez. 1911, S. 16. *Die Welt der Technik* 1912, S. 106. *Der Industriebau* 1912, S. 261.

⁶⁾ *Zeitschr. f. Bauwes.* 1872, S. 43. Atl. Bl. 19.

⁷⁾ L. Mertens, *Eiserne Dächer und Hallen in England*, Tafel 1. *Engineering* 1867, Bd. IV, S. 148. *Engineer*, Bd. 23, 1867, S. 540.

⁸⁾ L. Mertens, *Eis. Dächer und Hallen in England*, Taf. 2.

bad aufgekommene Gedanke durchgeführt, Wand und Decke in dem bis zum Fußboden herabgezogenen Bogen zu vereinigen. Im Anschluß an S. Pancras entstand 1877–78 die Halle des Hauptbahnhofs in Manchester¹⁾ (64 m), gleichfalls mit nach unten verankertem Binderfuß, aber ohne Zugband.

Mit wirklichen Dreigelenkbögen wurde 1866–67 die 37,7 m weite Halle des Ostbahnhofs in Berlin²⁾ errichtet. Sie war für die damalige Zeit eine sehr bedeutende Leistung und ist mit ihren Doppelbindern aus einfachem Dreiecksfachwerk und mit ihrer klaren Längsverbindung vorbildlich für manche späteren Bogendächer geworden. Dann findet sich der Dreigelenkbogen 1870–71 an den überhöhten halbkreisförmigen Fachwerk-Doppelbindern des Lehrter Bahnhofs³⁾ in Berlin (42 m), 1878–80 am Anhalter Bahnhof daselbst⁴⁾ (62,5 m) und 1879–80 am Schlesischen Bahnhof sowie an den Bahnhöfen Friedrichstraße und Alexanderplatz (37,1 m)⁵⁾ der Berliner Stadtbahn (Abb. 126, 130). Weiter wäre der 1885–87 erbaute Hauptbahnhof zu Frankfurt a. M.⁶⁾ (Abb. 124) zu erwähnen, dessen Halle drei gleiche, je 56 m weit gespannte und 28,6 m hohe Schiffe besitzt, und bei dem, um Raum zu sparen, die Binderfüße je zweier benachbarter Hallenschiffe vereinigt und mit gemeinsamen Gelenklagern versehen sind. Gelenkbinder weisen auch die Bahnhöfe zu Amsterdam, Köln a. Rh.⁷⁾ (1890–92), Dresden-Altstadt (1895–98) (Abb. 131), Leipzig⁸⁾ (Abb. 149) u. a. m. auf, und zwar haben in Köln die Doppelbögen der Mittelhalle (63,5 m) und die mit Zugstangen versehenen Bogenbinder der Seitenhalle (13,4 m) nur zwei Gelenke, also kein Scheitelgelenk. In Dresden besitzen alle Binder drei Gelenke, wobei die 59 m weite Mittelhalle die inneren Fußgelenke der sich anschließenden zwei Seitenhallen trägt. Der Fußboden liegt in letzteren höher als in der Mittelhalle.

Die Mittelschiff-Bogenbinder des Gebäudes für Chemie und Optik auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung von 1896 sind nur für die Berechnung als Dreigelenkbögen aufgefaßt worden⁹⁾.

Auf der Pariser Weltausstellung von 1889 findet sich der Dreigelenkbogen an der 52,8 m weiten Halle des Kunstpalastes¹⁰⁾, deren Binder zur Gewinnung einer größeren Höhe zunächst nach unten in senkrechte Pfeiler übergehen und so an die Maschinenhalle von 1878 erinnern. Der Binderschub wird von Zugbändern abgefangen, die unter dem Fußboden liegen, so daß die Fundamente nur lotrechte Lasten aufzunehmen haben. Bedeutender als das Palais des Beaux-Arts ist die Maschinenhalle¹¹⁾ derselben Ausstellung (Abb. 159, 160). Auch an ihr begegnen wir dem Dreigelenkbogen, aber ein

Zugband ist nicht vorhanden, vielmehr wird der Schub unmittelbar von den Fundamenten aufgenommen. Die Halle erreicht die riesige Spannweite von 114,3 und übertrifft damit die bis dahin größte Halle, die des Bahnhofs S. Pancras in London (73 m) um ein beträchtliches Maß. Überdies vereinigt sie in sich besonders charakteristisch die Eigenschaften der Eisenhalle, nämlich das Vorhandensein einer lichtspendenden Verglasung, das Überwiegen der Breiten-Abmessung, die Größe der Spannweite und die Vereinigung von Wand und Dach durch die mit der Binderkurve vom Boden aufsteigende Hallendeckung. Aber auch als Bahnhof ist die Halle von S. Pancras nicht mehr die größte der Erde geblieben, indem seit 1890–94 in Amerika drei weiter gespannte Bahnhallen entstanden sind, zwei in Philadelphia mit 78,94 und 94,18 m und eine in Jersey City¹⁾ mit 77,11 m Weite, sämtlich mit Dreigelenkbögen und Zugband.

Mit fast genau gleicher Breite wie die Pariser Maschinenhalle, aber mit etwas größerer Höhe wurde im Jahre 1893 der Kunstpalast auf der Weltausstellung in Chicago²⁾ ebenfalls mit Dreigelenkbögen errichtet.

Eine Markthalle mit Dreigelenkbögen entstand 1892 in Hannover (34 m Stützweite) (Abb. 153), eine Industriehalle gleicher Art (29,75 m weit) 1901 auf der Internationalen Ausstellung in Glasgow³⁾, eine Turnhalle (9,78 m) neuerdings an der Schulstraße in Berlin⁴⁾.

Eins der bedeutendsten Berliner Eisenbauwerke zu industriellen Zwecken ist die von Bernhard und Behrens entworfene Halle für die Turbinenfabrik der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft⁵⁾. Sie besteht aus einer 26,5 m weiten Haupthalle mit unsymmetrischen Dreigelenkbögen und hochliegender Zugstange sowie einer zweistöckigen Seitenhalle mit Doppel-Steifrahmen.

Viergelenkbögen haben die bereits erwähnte Luftschiffhalle in Köln, die Bahnhofshalle in Metz (Abb. 142) und die bei den Zentralbauten noch zu besprechende Ausstellungshalle in Frankfurt a. M.⁶⁾

Zu Beginn der Eisenbauweise hatte man die zunächst gewählten vollwandigen Querschnitte bald wieder verlassen, weil in ihnen die Wirksamkeit der Kräfte noch nicht klar erkannt werden konnte und daher die Gitter und Fachwerke als übersichtlicher gelten mußten. Heute dagegen vermag man auch vollwandige Konstruktionen genau zu berechnen und es werden diese daher in der neuesten Zeit wieder bevorzugt. So ist im Jahre 1904 die Bahnsteig-Überdeckung in Aachen⁷⁾ aus Zweigelenk-Vollwandbindern mit Zugband in den beiden äußeren 21,0 und 22,2 m weiten Hallen und aus vollen Dreigelenkbögen in der Mittelhalle (23,2 m) hergestellt worden. Gleichfalls Vollprofil mit Zugstange zeigt die aus vier je 21 m weiten Schiffen bestehende Halle des Oberschle-

¹⁾ Engineering 1880, Bd. 49, S. 124.

²⁾ Zeitschrift f. Bauwesen 1870, S. 3, Atlas Bl. 3.

³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1871, S. 212, 305.

⁴⁾ Handb. d. Arch., 4. Teil, 2. Halbbd., Heft 4, S. 343, Abb. 404. Zeitschr. d. Arch- u. Ing.-Ver. z. Hann. 1884, S. 105.

⁵⁾ Foerster, Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 512, Taf. XVII. Zeitschr. f. Bauwesen 1885, S. 319, 482, 493 mit Abb. i. Atlas.

⁶⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1891, S. 83, Atlas Bl. 48.

⁷⁾ Foerster, Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 519, Taf. XIX. Zentralbl. d. Bauverw. 1892, S. 343.

⁸⁾ Der Industriebau 1912, S. 167.

⁹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1896, S. 394.

¹⁰⁾ Nouv. ann. de la constr. 1888, Taf. 42.

¹¹⁾ Le Génie Civil 1889, Bd. 15, S. 185.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

¹⁾ Engineering 1892, S. 404 mit Abb. auf S. 402.

²⁾ Engineering 1892, Bd. 53, S. 194 mit Taf.

³⁾ Engineering 1901, S. 441 mit Abb. auf S. 434, 435 und Tafel-Beilage.

⁴⁾ Foerster, Die Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 512, Taf. XVI.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1910, S. 25. Arch. Rundschau 1910, Heft 8. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 1625.

⁶⁾ Der Eisenbau 1910, S. 150.

⁷⁾ Foerster, Die Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 508, Taf. XI, XII.

sischen Bahnhofs¹⁾ in Breslau, und der Bahnhof in München-Gladbach, wo die Zweigelenkbögen der Außenhallen einerseits auf Pendelstützen mit Kopf- und Fußgelenk, andererseits auf den Dreigelenkbändern der Mittelhalle aufruhend²⁾. Unter den neueren Ausführungen haben die Kopfhalle des Hauptbahnhofs Kassel, der Bahnhof Kiel (18 m), der 10 m breite Personengang des neuen Bahnhofs in Lübeck und die neue Halle des Hauptbahnhofs Hannover Blechbinder erhalten.

In Amerika hat man öfters von Fußgelenken überhaupt abgesehen, den Binderfuß mit dem Erdboden fest verbunden und nur im Scheitel ein Gelenk angebracht, wofür die Halle der Southern-Pacific-Bahn in Houston ein Beispiel gibt. Dagegen haben die 172 und 183 m weit gespannten Hallen des Süd-Union-Bahnhofs in Boston und des Endbahnhofs in St. Louis trotz ihrer Bogenform keine eigentlichen Bogenträger, vielmehr ruhen ihre Binder auf Zwischensäulen auf, sind also Balken auf mehreren Stützen. Ihre großen Weiten sind in dem echt amerikanischen Bestreben gewählt, alles Gleichartige zu übertrumpfen, sei es auch nur zum Schein. Die breiten flachen Dächer haben aber mehr Nachteil als Vorteil, vor allem nehmen sie viel Schnee und Regen auf und infolge der durch die Kostenfrage bedingten geringen Höhe bieten sie nur unvollkommenen Rauchabzug und schlechte Licht- und Luftzufuhr³⁾.

c) Kragdächer.

Das einseitige Kragdach wird vielfach zu Wagen-Unterfahrten an Bahnhöfen, Hotel- und Repräsentationsgebäuden, Theatern u. dergl. verwandt (Abb. 136). Zweiseitige, ein- oder doppelstielige Kragdächer sind für Mittel-Bahnsteige sehr beliebt (Abb. 138).

Mit Schwebeträgern findet sich das Kragssystem sowohl an durchgehenden Pfetten und dergl., wie an ganzen Dachbindern. Für letztere ermöglicht es die Herstellung von Bögen ohne Zugstange und die Wahl architektonisch wirksamer Bindergestaltungen. Eins der ersten, wenn auch nicht rein durchgeführten Beispiele dieser Art ist die bereits ganz neuzeitlich anmutende gußeiserne Fischhalle des Hungerfordmarktes in London⁴⁾. Dann wäre aus den dreißiger Jahren des vergangenen Jahrhunderts die Halle des Bahnhofs Liverpool-Street in London⁵⁾ und aus dem Jahre 1893⁶⁾ das Bergbau-Gebäude auf der Weltausstellung von Chicago zu nennen. Neuerdings folgte der Bahnhof Ostende (Quai)⁷⁾ mit drei Hallen von 17,37 m bzw. 16,50 m Weite, bei denen die als vollwandige Ausleger-Bogenträger mit drei Gelenken konstruierten Seitenbinder in die Mittelloffnung hineinragen und hier eine Laterne aufnehmen.

Ein ähnliches Bild bieten die als kontinuierliche Dreigelenkbögen aufzufassenden Fachwerk-Binder der 1905 erbauten sechsschiffigen Bahnhofshalle in Gent (Süd)⁸⁾, vor

die sich außerdem eine Kopfhalle mit hohen Dreigelenkbogenbindern von 15 m Stützweite legt. In Ostende wie in Gent, laufen die Gleise unmittelbar an den Binderfüßen entlang, über denen die Halle nicht eingedeckt ist, um den Rauchabzug zu ermöglichen, während ein senkrecht verglaster pfettenartiger Träger für den Wetter- und Rauchschutz der Bahnsteige sorgt, eine Anordnung, die sich neuerdings auch an der Bahnhofshalle in Darmstadt findet (Abb. 147).

An der Reinigerhalle der Gasanstalt II in Rixdorf und an der Wagenhalle Rudolfstraße der elektrischen Hoch- und Untergrundbahn (32 m) in Berlin¹⁾ bestehen die Binder aus zwei Auslegern, die über den Außenmauern fest, im Raum-Innern durch eine Pendelsäule beweglich gestützt sind, und die zwischen den inneren Kragarmen eine Laterne in Gestalt eines Dreigelenkbogens tragen. Einem ähnlichen Gedanken folgten auf der Weltausstellung in Brüssel 1910 die Kulturhalle und die Kraftmaschinenhalle (Abb. 167) von Behrens²⁾, während an der deutschen Hauptmaschinenhalle³⁾ (Abb. 168) die mit Zugband versehenen Bogenbinder der Mittelhalle als Kragarme über die Auflager in die Seitenschiffe hinein verlängert waren und dort die Seitenschiffbinder mit Gelenk-Anschluß aufnahmen; die Industriehalle daselbst verwandte Hauptbinder und ausgekragte leichtere Nebenbinder⁴⁾.

d) Stufen- und Rahmendächer.

Wieder andere Wege schlagen die eigentlichen Industrie-Hochbauten ein, die als Montage- und Fabrikhallen, Hellinge usw. errichtet werden. Es kommt bei ihnen vornehmlich darauf an, gute Beleuchtung und Lüftung zu schaffen und die Bahnen der oft recht großen und schweren Laufkrane zweckmäßig zu stützen⁵⁾. Für ihre Binderform wird in erster Linie das bereits erörterte einfache Balkendach gewählt, wie es bei Krupp in Essen mit 32 m Spannweite verwandt ist, und dann in neuerer Zeit immer mehr das mansardenartige Stufendach⁶⁾ (Abb. 151, 168). Letzteres wird mit durchgehenden Lichtbändern versehen und ergibt dadurch eine ausgezeichnete Beleuchtung, gestattet außerdem gegenüber den Kasten-Oberlichtern einfache Dichtungen und führt zu statisch und konstruktiv vorteilhaftem Binderumriß. Es eignet sich das Stufendach besonders für mehrschiffige Hallen von ungleicher Höhe. Als Beispiele seien noch die Kaiserliche Werft in Kiel⁷⁾, eine mit vollwandigen Rahmenbindern versehene Ausstellungshalle (Abb. 161) auf der Theresienhöhe in München (1905⁸⁾) und die schon genannte deutsche Industrie-Halle auf der Weltausstellung in Brüssel 1910⁹⁾ angeführt. Die erwähnte Rahmen-

¹⁾ Ebenda, S. 374, Taf. VI.

²⁾ Der Eisenbau 1911, S. 67, 106.

³⁾ Ebenda, S. 73.

⁴⁾ Ebenda, S. 102, Abb. 15.

⁵⁾ Der Eisenbau 1912, S. 165. 1913, S. 1. Der Industriebau 1913, S. 25.

⁶⁾ Stahl und Eisen 1909, S. 1311.

⁷⁾ Hütte 1909, Teil III, S. 768.

⁸⁾ Handb. f. Eisenbetonbau, Ergänzungsband I, S. 116, Abb. 78.

⁹⁾ Der Industriebau 1910, Heft 10, S. 217. Betr. Halle der Maschinen-Bauanstalt Humboldt s. „Der Eisenbau“ 1911, S. 32.

¹⁾ Ebenda, S. 509, Taf. XIII, XIV.

²⁾ Ebenda, S. 511, Taf. XV, XVI.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 1416. Handb. d. Arch., 4. Teil, 2. Halbbd., Heft 4, S. 352, Abb. 420, 421.

⁴⁾ Allgem. Bauzeitg. 1838, S. 452. Atlas Bl. CCLIII.

⁵⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 63.

⁶⁾ Zentrabl. d. Bauverw. 1893, S. 536.

⁷⁾ Foerster, Die Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 525, Taf. XXII, XXIII.

bildung kommt neuerdings bei Eisen wie bei Eisenbeton immer mehr auf und hat vor allem den Vorzug, daß sie unter weitgehender Ausnutzung des Materials die Binder aus Walzprofilen oder Blechträgern von sehr geringen Abmessungen zu gestalten erlaubt.

Die erforderlichen Krane sind zuweilen nach amerikanischem Vorbild doppelt übereinander angebracht, wie bei Humboldt in Kalk¹⁾, oder sie sind zu mehreren nebeneinander angeordnet, wobei, um freien Arbeitsraum zu schaffen, die eine oder andere mittlere Laufbahn mit Vorteil am Dach aufgehängt werden kann, wie in der Brückenbauanstalt der Hilgerswerke in Rheinbrohl²⁾.

Im allgemeinen ist die Gestalt der Längshalle im Gegensatz zur Zentral-Anlage vornehmlich dort geboten, wo sich ein Verkehr oder eine Tätigkeit in einer besonders ausgeprägten Richtung zu betätigen hat, und sie ist demgemäß für Ausstellungsbauten, Werkstätten und Bahnhöfe die gegebene Form.

Eine Mittelstellung zwischen Lang- und Zentralsystem nehmen die beiden durch eine offene Straße getrennten Gruppen der Pariser Markthalle³⁾ ein. Der östliche Teil wurde 1854, der zweite etwas später begonnen. Jede Gruppe besteht aus 4 rechteckigen und zwei quadratischen Pavillons, deren Zwischengänge mit Satteldächern überdeckt und in den Kreuzpunkten mit Aufbauten bekrönt sind. Die Pavillons selbst sind durch Emporheben des Mittelteils basilikal ausgestaltet. Gitterträger stützen die Pultdachflächen und verbinden die inneren Säulen, wobei sie gegen letztere durch schmiedeiserne Kopfbänder versteift sind. Die Außenwände sind im unteren Teil vermauert, darüber verglast. Das Satteldach der überdeckten Zwischenwege ruht auf schmiedeisernen halbkreisförmigen Tragebögen.

Nach dem Vorbild der Pariser Hallen waren auch die ersten Berliner Markthallen in der Karlstraße angelegt⁴⁾.

II. Zentralbauten.

a) Kuppeln⁵⁾.

An einem Zentralbau feierte das Eisen u. zw. als Gußeisen seinen ersten großen Triumph im Hochbau, nämlich im Jahre 1811, als die von Bélanger entworfene 40 m weite Kuppel über der Kornhalle⁶⁾ zu Paris fertiggestellt wurde. Für diese hatte schon Rondelet im Jahre 1803 zum Ersatz der abgebrannten, nach dem System des Philibert de Lorme konstruierten Holzkuppel einen Entwurf in Schmiedeisen aufgestellt, welcher aber nicht verwirklicht worden war⁷⁾. Das Gerippe der ausgeführten Kuppel besteht aus 51 eisernen Sparren, die durch horizontale Ringe verspannt werden. Über die so gebildeten einzelnen Gefache legt sich ein leichtes

schmiedeisernes Gitter, welches die Kupfereindeckung aufnimmt. Das Eisenwerk selbst blieb zwar nach außen hin nicht sichtbar, doch stellte die Kuppel trotzdem einen wichtigen Fortschritt in der Eisenbauweise dar, zumal ihre Einzelteile nicht mehr wie bei den bisherigen kleineren Ausführungen vorwiegend nach dem praktisch-konstruktiven Gefühl bemessen, sondern zum ersten Male rein durch statische Berechnung ermittelt worden waren. Trotz dieses Erfolges begegnete jedoch die rechnerische Vorausbemessung noch sehr lange großem Mißtrauen, ja sogar heftigen Angriffen, und sie konnte sich daher nur Schritt für Schritt ihr Feld erobern. Dann aber trat sie als treue Gehilfin dem entwerfenden Künstergeist und dem selbständig vorauseilenden statischen Gefühl nachprüfend und regelnd zur Seite, um das vom schaffenden Meister innerlich erschaute Bild in ein zuverlässiges Wirklichkeitsbild zu übersetzen. Dadurch wurde sie zu einer gestaltenden Kraft, die zwar der Phantasie gewisse Grenzen zog, aber andererseits zu einer sachlichen Auffassung vom Wesen des Baues führte, indem sie auf die Eigenschaften des Baustoffs in erhöhtem Maße Bedacht zu nehmen zwang.

Wirkungsvoll und konstruktiv kühn war die freiliegende, verglaste Gußeisenkuppel, mit der 1852–53 der 30,40 m große Lichthof der alten Börse zu Antwerpen überdeckt wurde⁸⁾. Sie trug in der Mitte einen 19 × 14 m großen Laternen-Aufbau, und war mit verstreuten Eisenringen derart umfaßt, daß sie sich ohne Inanspruchnahme des umgebenden Mauerwerks aufrecht erhielt. Leider fiel sie bald einer Feuersbrunst zum Opfer, was um so mehr zu bedauern ist, als die Kuppel eine der letzten größeren Bauausführungen rein aus Gußeisen darstellte: Es wäre aus späterer Zeit (1850) nur noch die gußeiserne Schutzkuppel der Nikolaikirche in Potsdam (Abb 203) zu nennen⁹⁾.

Kuppelkonstruktionen aus Schmiedeisen wurden 1828 von Moller über dem Ostchor des Doms zu Mainz¹⁰⁾ nach dem Vorbild der Pariser Kornhallenkuppel, und von Arnould über dem Mittelteil der Fruchthalle in Alençon¹¹⁾ ausgeführt. Der mit Oberlicht versehene 14,37 m weite Speisesaal des Schlosses zu Wiesbaden¹²⁾ (1839) erhielt sogar eine Doppelkuppel und ebenso über quadratischem Grundriß von 17 m Seitenlänge der Pavillon Denon im Louvre zu Paris¹³⁾.

Wichtig wurde das Eisen für Sternwarten zur Herstellung drehbarer Kuppeln¹⁴⁾, wie sie bereits während der vierziger Jahre in Athen und Berlin entstanden.

Nach neuen konstruktiven Grundsätzen, mit lediglich in die äußere Mantelfläche gelegtem Tragewerk wurden von Schwedler die nach ihm benannten räumlichen Kuppeln¹⁵⁾ praktisch und theoretisch entwickelt. Auf die erste Ausführung dieser Art, die Kuppel über dem Gasbehälter der Holzmarktstraße in Berlin mit 30,9 m Durchmesser (1863) folgten zahlreiche sonstige Gasbehälter, z. B. am

¹⁾ Hütte 1909, Teil III, S. 771.

²⁾ Ebenda, S. 772, Abb. 22.

³⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1853, S. 593. Nouv. annales de la constr. 1856, S. 1, Taf. 1–2.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1866, S. 447. 1867, S. 231.

⁵⁾ Betr. Durchmesser der bedeutendsten eisernen Kuppeldächer s. Daub, Die Vergangenheit des Hochbaues, S. 198.

⁶⁾ Rondelet, Kunst zu bauen, Taf. CLXIV.

⁷⁾ Ebenda, Tafel CLXIII.

⁸⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 9, 10.

⁹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1852. Atlas Bl. 31–33.

¹⁰⁾ Heinzerling, Hochb. mit eis. Zelt- u. Kuppeldächern, Heft 3, Taf. 1, Fig. 15–27.

¹¹⁾ Nouv. annales de la constr. 1866, S. 33. Taf. 11–12.

¹²⁾ Allgem. Bauzeitg. 1845, S. 265, Taf. DCLXXXIV.

¹³⁾ Nouv. annales de la constr. 1864, S. 206, Taf. 41–42.

¹⁴⁾ Allgem. Bauzeitg. 1846, S. 130, Atlas Bl. 34.

¹⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1863, S. 151, Atlas Bl. 25. 1866, S. 7, Atlas Bl. 10–13.

Hellweg in Berlin (40,79 m Durchmesser), dann Lokomotivschuppen u. zw. entweder mit einem Mittelraum, der von einem Kreis-Pultdach umzogen war, wie 1863 in St. Johann, 1868 in Görlitz¹⁾ und 1869 in Hannover²⁾, oder mit einheitlich freiem Gesamtraum, wie 1872/73 mit 55 m Weite in Magdeburg³⁾. Die Schwedlerschen Kuppeln gaben u. a. 1871–73 die Anregung zur Überdeckung des Vierordbades in Karlsruhe⁴⁾ (12 m), dann späterhin zu einem Panorama in München (38,4 m Durchmesser), sowie zu Gasbehältern in Erdberg bei Wien (64,52 m) und in der Fichtestraße in Berlin⁵⁾ (54,9 m) (Abb. 187). Ebenfalls nach Schwedler'scher Art wurde 1878 die Turmpyramide der Petrikirche in Hamburg⁶⁾ und neben vielen sonstigen Bauten die Kuppel über dem Zirkus Stosch-Sarrasani in Dresden⁷⁾ ausgeführt.

Durch ihre klare Anlage und ihre großen und eleganten Verhältnisse zeichnet sich die Kuppel des Hippodrome de l'Alma in Paris (1877–78)⁸⁾ aus. Sie erhielt 102,50 m Länge und 66,50 m Breite, und ihr ganzer Mittelteil wurde durch eine bei gutem Wetter leicht zur Seite zu schiebende Laterne überdeckt. Noch selbständiger entwickelte sich das Eisen am königlichen Wintergarten zu Laeken⁹⁾ (1879), der sich in runder Glockenform, ohne senkrechten Unterteil unmittelbar vom Boden erhebt. Der Mittelteil von 41,25 m Durchmesser und 25,65 m Höhe ruht auf einer dorischen Säulenstellung aus Stein, und daran schließt sich ein ringsum laufendes niedriges Seitenschiff von 7,9 m Breite. Der Gesamtdurchmesser beträgt also rund 57 m. Daß äußere Streben nur scheinbar den Mittelteil in einer an das gotische Strebesystem erinnernden Weise abstützen, tatsächlich aber eine Verglasung tragen, während der Schub des Mittelteils durch einen besonderen Fußring abgefangen wird, ist leider ein Mangel an Folgerichtigkeit an dem sonst tüchtigen Bauwerk.

Eigenartig ist die Kuppel der Getreidehalle zu Leeds¹⁰⁾ in England, die in Gestalt eines halben Rotations-Ellipsoids von 39 resp. 26,7 m Achsenlänge durch 19 elliptische Längsbögen und 27 kreisförmige Querbögen gebildet wird.

Bedeutende Abmessungen hat das ursprünglich für die Vorführungen von Barnum bestimmte größte Londoner Konzertlokal, die Albert-Halle¹¹⁾, erhalten, deren Grundriß einer Ellipse ähnelt. Die Konstruktion besteht aus 30 radialen Bindern, die sich gegen einen Fußring und einen Laternenring legen, und oben das Außendach, unten die gewölbte Decke des gänzlich freien imposanten Innenraums tragen.

Neuere zentrale Raum-Überdeckungen finden wir in der glockenförmigen Rundhalle, welche 1894 mit 24,2 m äußerem Gesamtdurchmesser für die Industrie-Ausstellung zu Lyon errichtet wurde¹²⁾, dann in den Kuppeln über der Zirkus Maatschappij-Arena in Amsterdam (34,35 m) sowie

über den Musikhallen in Wigan¹⁾ (34 m) und in Glasgow (42,6 m weit, 18,9 m hoch); letztere wurde im Jahre 1901 für die internationale Ausstellung aus 24 radialen, unter sich verstreuten Sparren erbaut²⁾.

Ähnlich wie an der Albert-Halle hat man vielfach größere Säle, Lichtböfe usw. zum Zweck zentraler Oberlicht-Beleuchtung mit einer doppelt verglasten Kuppel ausgestattet. Die obere Glaseindeckung tritt dabei entweder nach außen architektonisch in die Erscheinung, wie am Reichstagsgebäude³⁾ und an der Kaiserl. Landesbibliothek in Straßburg (Abb. 194), oder sie ist lediglich konstruktiv angeordnet, ohne in der Front-Architektur sichtbar zu werden, wie dies 1877–81 am Kunstgewerbe-Museum in Berlin, an der Technischen Hochschule in Charlottenburg, im Warenhaus Wertheim⁴⁾ in Berlin u. a. m. geschehen ist. In beiden Fällen dient als eigentliche Raumdecke eine zweite, an der Unterseite des Eisengerüsts angebrachte Verglasung, die dekorativ gemustert oder in Farben gehalten wird, und auch bei Nacht, wenn zwischen beiden Verglasungen elektrische Lampen angebracht werden, als Lichtspender zu dienen vermag. Die Eisenkonstruktion selbst kommt dabei künstlerisch nicht zur Geltung, so daß ein weiteres Eingehen auf sie hier nicht vonnöten ist. Sie wird nur mittelbar von Bedeutung, da große Glasflächen ohne eisernes Tragwerk konstruktiv eben nicht zu denken sind und äußere verglaste Schutzkuppeln schon durch ihre Gestalt einen architektonischen Anspruch erheben dürfen.

Dagegen ist über der großen Halle des Magasins du Printemps in Paris die Glasdecke von unten her sichtbar gestützt, indem die tragenden Teile der Glasdecke mit den Füßen auf Konsolen, im übrigen auf Bogenträgern aufrufen⁵⁾.

Andererseits entstanden vielfach Kuppeln, die ihr Eisenwerk nicht einmal mittelbar nach einem überdeckten Raum zu künstlerisch wirken ließen, sondern die hauptsächlich nur den Zweck hatten zur Unterstützung einer Steinarchitektur einen künstlerischen Gedanken zum Ausdruck zu bringen und durch ihre Form die Gesamterscheinung eines Bauwerks zu beherrschen. Dieser Art sind die rund 13 m weite und 10 m hohe Zwiebelkuppel der Synagoge in Berlin (1863)⁶⁾, die 18,8 m weite Kuppel über der Pfarrkirche in Fünfhaus bei Wien⁷⁾ (1875) und die 34,96 m weite Kuppel der Kirche zu St. Blasien in Baden⁸⁾ (1876); dann aus neuerer Zeit die Kuppeln des Doms in Berlin, und der Kirche auf dem Zentralfriedhof in Wien⁹⁾ sowie die aus Dreigelenkbögen zusammengesetzte 17,5 m weite und 19,5 m hohe Kuppel¹⁰⁾ einer Zigarettenfabrik zu Dresden.

¹⁾ The Builder 1909, S. 128.

²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1901, S. 1657. Engineering 1901, S. 570 mit Abb. auf S. 568, 569.

³⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. z. Hann. 1895, S. 359. Tafelbeilage Bl. 17.

⁴⁾ Abb. s. Archit. Rundschau 1905, Taf. 92.

⁵⁾ Abb. s. Fortschritte a. d. Geb. d. Arch. Ergänzungsheft Nr. 2 z. Hdb. d. Arch. (Verglaste Decken u. Deckenlichter) S. 44, Fig. 73.

⁶⁾ Zeitschr. f. Bauwesen, 1866, S. 32, Atlas Bl. 14.

⁷⁾ Allgem. Bauzeitg. 1875, S. 59, Taf. 61–64.

⁸⁾ Heinzerling, Hochb. m. eis. Zeit- u. Kuppeld., Heft 3, Taf. 4.

⁹⁾ Der Eisenbau 1910, S. 49.

¹⁰⁾ Foerster, Die Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 607, Taf. XXVI.

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1868/69, S. 302, Taf. 72.

²⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1870, S. 355, Abb. Bl. 479–81.

³⁾ Ebenda, 1876, S. 533.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1874, S. 123.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1876, S. 179.

⁶⁾ Ebenda, 1883, S. 165 und Atlas Bl. 37–39.

⁷⁾ Deutsche Bauzeitg. 1913, S. 121.

⁸⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 34, 35.

⁹⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 56–59.

¹⁰⁾ Ebenda, Taf. 69.

¹¹⁾ L. Mertens, Eis. Dächer u. Hallen in England, Taf. 5.

¹²⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1893, S. 525.

b) Zeltdächer.

Unter den ersten schmiedeisernen Zeltdächern sind die Turmspitzen der Werder'schen Kirche in Berlin (1843), die drei Vorderfronttürme der Klosterkirche ebenda¹⁾ (1842—44) und die 17,26 m hohe Spitze der evangelischen Kirche in Eupen²⁾ (1850—54) hervorzuheben. Etwas später, 1864, folgte das Turmdach der Petrikerche in Berlin (33,58 m hoch) und der eiserne Dachstuhl über einem Eingangsturm des von Violet-le-Duc restaurierten Schlosses Pierrefonds³⁾.

Neuere Turmdächer sind an der Marienkirche in Hannover von Müller-Breslau, der Jakobikirche in Stendal und der lutherischen Kirche in Wilhelmshaven zu verzeichnen⁴⁾.

Ein Zeltdach hat auch der neue Gasbehälter in Berlin-Tegel erhalten⁵⁾.

Selbständige architektonische Zwecke im Sinne der künstlerischen Durchbildung eines sichtbar mit Eisen überdeckten Innenraums wurden bei allen diesen Bauwerken aber nicht verfolgt. Ebenso wenig geschah dies noch bei der sehr kühn und in großen Abmessungen, mit 107,8 m Spannweite von Scott Russel entworfenen Rotunde der Wiener Weltausstellung von 1873⁶⁾. Man hätte hier die prächtigste Gelegenheit gehabt, die architektonische Schönheit des Eisens zu offenbaren. Anstatt dessen schämte man sich des Materials und suchte man durch künstliche Verkleidungen und durch Bemalung den Eindruck eines Steinbaues zu erwecken, obwohl sich der unbefangene Beschauer sagen mußte, daß ein Steinbau in dieser Gestalt nicht auszuführen wäre. So fehlte die innere Wahrheit, die nun doch einmal zur Gestaltung eines echten Kunstwerks Bedingung ist, und das Bauwerk vermochte sich trotz seiner großen Abmessungen nicht zu der mächtigen Wirkung aufzuschwingen, die man nach seiner Grundanlage hätte erwarten dürfen.

Offen sichtbar, mit nicht verkennbarem architektonischem Zug blieb dagegen das eiserne Gitterwerk an den Zeltdächern des Zirkus Otto (Renz) in Berlin⁷⁾ (37,33 m) und des 1874—75 erbauten Zirkus Fernando in Paris⁸⁾ (Mittelteil von 22,5 m Durchmesser) sowie an zahlreichen Gewächshäusern z. B. am Palmenhaus in Herrenhausen bei Hannover (1879—80) (Abb. 171).

III. Vereinigungen.

Daß in Anbetracht des oft großen Bedarfs an überdeckter Fläche die einfache Längshalle oder der Zentralraum nicht immer genügen kann, darf uns nicht Wunder nehmen.

Das einfachste Verfahren, größere Räume zu schaffen, ergibt sich im Aneinanderfügen mehrerer gleichartiger Hallen, wie an den Bahnhofen zu Straßburg i. Els.⁹⁾ (Abb. 135), Münster

i. W. (Abb. 121) u. a. O. m. Handelt es sich um Werkstatt- oder Fabrikanlagen, für die nur eine geringe Höhe erforderlich ist, so genügt es einfache Dachbinder mit gelenkiger Verbindung zu mehreren nebeneinander zu schalten und ihnen geeignete Zwischenstützungen zu geben. Auch der Gedanke des Auslegerträgers läßt sich nutzbar machen, wie dies an der Wagenreparatur-Werkstatt Recklinghausen-Ost¹⁾ geschehen ist. Die Teildächer selbst können entweder symmetrische Satteldächer sein oder unsymmetrische Säge-(Shed-)Dächer, wie an der Hauptmarkthalle Friedrichstadt zu Dresden und an dem Lokomotiv-Montierungs-Gebäude der Zentralwerkstätte in Nürnberg²⁾.

Etwas mehr Gliederung des Gesamttraums gibt die Wahl eines großen Mittelschiffs mit gleichlaufenden niedrigeren Nebenhallen, also eine basilikale Anordnung, zu der man den Bahnhof der Dearborn-Straße in Chicago³⁾, den Kunstpalastraselbst (1893), die Hauptbahnhofshallen in Dresden-Alstadt⁴⁾ (1898) (Abb. 131) und Köln a. Rh.⁵⁾ und die Ballonhalle in Fort Omaha (Nebraska)⁶⁾ rechnen kann. In Dresden wird allerdings die Einheitlichkeit der Gesamt-raumwirkung durch die verschiedene Höhenlage des Fußbodens in hohem Maße gestört.

Als große Einräume, die eine Verschmelzung einfacher Raumelemente darstellen, treten uns viele der größeren Gewächshaus-Anlagen, wie in Bonn (Abb. 174), Schönbrunn (Abb. 169) und Herrenhausen bei Hannover (Abb. 171) entgegen; ebenso manche Ausstellungshallen u. dergl., wie das neuerdings beseitigte Pergamon-Museum in Berlin⁷⁾; letzteres war so überdeckt, daß ein auf vier eisernen Säulen gelagerter kräftiger Fachwerksrahmen von außen her bogenförmige Halbbinder aufnahm und über seinem Innern ein Zeltdach von 25,0 × 22,5 m Größe trug. Kreuzgewölbartige Bildungen zeigen die Bahnhofshalle in Hannover und die Endstation für die Pennsylvania-Eisenbahn (Abb. 150) in New-York⁸⁾. Einem großen Gesamttraum, dessen Überdeckung sich aus Kuppeln und Tonnenformen zusammensetzt, begegnen wir u. a. am Vestibule d'Jéna⁹⁾ auf der Pariser Weltausstellung von 1878 und im Jahre 1900 am Grand Palais Des Beaux Arts¹⁰⁾ ebenda. An die großen einschiffigen Jesuitenkirchen mit anschließenden Seitenkapellen erinnerte, ebenfalls auf der Pariser Weltausstellung von 1900, Gautier mit seinen mächtigen spitzbogigen Gewächshallen, an deren Längsseiten sich beiderseits je 7 Halbkreisnischen mit Viertelkugel-Überdeckung schlossen (Abb. 172). Ähnlich fügen sich im neuen

¹⁾ Foerster, Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 812, Taf. XXXII.

²⁾ Ebenda, S. 377, Taf. VII und Fig. 548.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 1416.

⁴⁾ Foerster, Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 516, Taf. XVIII, Abb. 1.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1898, Bl. 50.

⁶⁾ Engineering Record 1909, S. 637.

⁷⁾ Foerster, Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 635, Taf. XXVII.

⁸⁾ Deutsche Bauzeitg. 1910, S. 845. Scientific American 1910, S. 399. Glasers Annalen f. Gew. u. Bauwes. 1912, S. 67. Zentralbl. d. Bauverwltg. 1906, S. 620, 632.

⁹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1878, S. 398, 399. Nouv. ann. de la constr. 1878, S. 2, Taf. 1—2.

¹⁰⁾ Handb. d. Archit. 4. Teil, 6. Halbbd., 4. Heft.

¹⁾ Abb. s. Zeitschr. f. Bauwesen 1860, S. 482, Atl. Bl. 51.

²⁾ Ebenda, Atlas Bl. 53.

³⁾ Allgem. Bauzeitg. 1865, S. 100.

⁴⁾ Brandt, Lehrs. d. Eisenkonstr., S. 639 u. f.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1912, S. 1805.

⁶⁾ Zeitschr. d. österr. Arch.- u. Ing.-Ver. 1873, S. 137. Engineering 1873, Bd. 15, S. 159, 220, Tafelbeilagen.

⁷⁾ Brandt, Lehrs. d. Eisenkonstr. 1876, S. 536. Zeitschr. f. Bauwesen. 1860, S. 7, Atlas Bl. 1—4.

⁸⁾ Nouv. annales de la constr. 1876, S. 137.

⁹⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1883, S. 302, 361.

Hamburger Hauptbahnhof¹⁾ an die 73 m weite, 35 m hohe und 140 m lange Mittelhalle beiderseits Querhallen von je 30,5 m Stützweite und 19 m Höhe (Abb. 137).

Das bedeutendste Eisen-Bauwerk, welches in neuerer Zeit als Raum-Vereinigung entstand, ist die Ausstellungshalle in Frankfurt a. M.²⁾ (Abb. 163). Sie ist rund 60 × 100 m groß mit leichten Ausbuchtungen in der Mitte der beiden Längsseiten. Der mittlere Kuppelbau von 67 m lichtigem Durchmesser wird von elliptischen Bindern gebildet und schneidet beiderseits an zwei Tonnen von 29 m Länge und 49 m l. W. an, die nach den Giebelwänden zu abgewalmt sind. Die Binder sind Viereckbogen, wie sie nach dem Patent der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.G. im Jahre 1908 an einem eigenen Verwaltungsgebäude der Zweiganstalt Gustavsburg, dann 1908 an zwei Bahnsteighallen in Metz, und 1909 an der 40,3 m weiten Luftschiffhalle in Köln angewandt worden sind³⁾. Bei symmetrischer Belastung geht die Drucklinie durch alle vier Gelenke des Binders, bei einseitiger Last nur durch drei derselben, indem sich das eine Gelenk auf der unbelasteten Seite selbsttätig schließt, also sich selbst ausschaltet. Als Hauptvorteile werden dem Viereckbogen nachgerühmt, daß die Drucklinie sich günstig an die Bogenform anpaßt, daß die Temperatur-Schwankungen und einseitigen Lasten nur geringen Einfluß ausüben, also die Material-Ausnutzung nicht beeinträchtigen und daß die Montage sich ohne große Gerüste bewirken läßt, weil die einzelnen Teilstücke der Bogenbinder in der Werkstatt fertig gestellt werden können⁴⁾. Immerhin läßt sich wohl bezweifeln, ob der theoretisch vorausgesetzte Gelenkschluß sich tatsächlich in der beabsichtigten Weise vollzieht.

An den Bindern und Haupttragepfetten der Frankfurter Ausstellungshalle sind aus schönheitlichen Rücksichten die Gurte durch Querstäbe und verhältnismäßig große Knotenbleche derart miteinander verbunden, daß die verbleibenden Öffnungen lediglich als achteckige Durchbrechungen einer Vollwand-Konstruktion erscheinen. Es bietet sich also ein ähnliches Bild, wie an den Bogenbindern der Galerien in Mailand, Genua (Abb. 207) und Neapel und wie an den von Vierendeel vorgeschlagenen Trägern.

Zuweilen werden Baulichkeiten verschiedener Art aneinander geschlossen, um hauptsächlich für Ausstellungs- und Pflanzenhäuser mannigfaltigeren Raumanforderungen zu entsprechen, also nicht einen großen gegliederten Raum, sondern eine Gruppe verschiedengestaltiger Räumlichkeiten zu schaffen. Dies geschieht z. B. im sog. Fischgrätensystem, das für den von der Rotunde bekrönten Industriepalast in Wien (1873) und für die neuen Pflanzenhallen des Palmgartens in Frankfurt angewandt wurde⁵⁾.

Ebenso entstand als Zusammenstellung interessanter Kuppeln, Zelt- und Trichterdächer 1883 das Gebäude für

die Hygiene-Ausstellung in Berlin¹⁾, wobei besonders sparsame Eisenabmessungen durch öfteres Zusammenfassen von gleichzeitig wirkenden Zug- und Druckkräften in einem und demselben Konstruktionsteil erzielt worden sind; ferner gehört hierher das Hauptgebäude der Berliner Gewerbe-Ausstellung (1896) mit einer Kuppel von 31 m Durchmesser, einer kleinen Kuppelhalle von 20 m und einem quadratischen Pavillon von 25 m Seite und 29 m Gesamthöhe.

Eine reiche Gruppe stellen die Schauhäuser des neuen botanischen Gartens in Dahlem²⁾ bei Berlin dar. Für diese war verlangt, daß das Innere frei von Stützen und Zugankern sein solle. Ferner war mit Rücksicht auf die bauliche Unterhaltung, da der Betrieb niemals unterbrochen werden darf, das tragende Eisengerüst außerhalb der Verglasung anzubringen, d. h. letztere mittels Holzsprossen an die Eisenkonstruktion anzuhängen. Außerdem durften keine schweren schattenbildenden Bauteile vorkommen. Um allen diesen Anforderungen zu genügen, wurde für das große Tropenhaus ein netzartig aufgelöstes eisernes Gitterwerk aus 6,18 m voneinander entfernten flachen, nicht kastenförmigen Dreieckbindern und wagerechten Gitterpfetten gewählt. Diagonale Verstrebungen sind nicht vorhanden. An jeder der beiden Schmalseiten ist die Halle mit einer halben Achteckkuppel geschlossen.

Die Eckbauten der in Rede stehenden Schauhaus-Anlage sind über quadratischen Grundriß mit 20 m weiten Flachkuppeln von etwas anderer Anordnung aber ebenfalls leichter und schattenfreier Bildung überspannt. Die Pfosten ihrer 6 m hohen Umfassungswände sind oben durch einen Ring zusammengehalten, unten 1,5 m tief in den Beton eingelassen und hier unsichtbar durch kräftige Gitterträger festgehalten.

Das zugehörige 14 m weite glockenartige Haus für tropische Wasserpflanzen ist ähnlich dem großen Tropenhaus gebildet. Die verbindenden Langhallen haben Satteldächer mit aufgesetzter Firstlüftung nebst Laufgalerie.

E. Sonstige Ausführungen.

Außer den Hauptgebieten der Hallen und Brücken gibt es noch eine ganze Anzahl sonstiger Baubedürfnisse, für deren Erfüllung Eisen in Betracht kommt.

So müssen vielfach Baulichkeiten in einsamer Gegend errichtet werden, wo menschliche Arbeitskräfte schwer zu erhalten sind und alle Möglichkeiten des Lebensunterhalts fehlen; oder man ist aus örtlichen Gründen gezwungen, sehr rasch unter Benutzung einer günstigen Witterungsperiode zu arbeiten. In solchen Fällen ist das Eisen vielfach der einzige brauchbare Baustoff, weil die sämtlichen Einzelteile vorher in der Werkstatt hergestellt und verpaßt werden können, und an Ort und Stelle nur rasch miteinander verbunden zu werden brauchen.

Man hat daher zur Errichtung von Leuchttürmen, dann bei Bauwerken in Kolonien und zu ähnlichen Zwecken vielfach zum Eisen gegriffen. So war schon 1879 auf der Insel

¹⁾ Foerster, Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 520, Taf. XX. Allg. Bauzeitg. 1909, S. 12.

²⁾ Deutsche Bauzeitg. 1909, S. 283, 305, 357. Zentralbl. d. Bauverwalt. 1909, S. 354, 365. Der Baumeister, 7. Jg., S. 139.

³⁾ Der Eisenbau 1910, S. 150.

⁴⁾ Deutsche Bauzeitg. 1909, S. 62.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverwalt. 1907, S. 283.

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverwalt. 1883, S. 57, 121, 346. Deutsche Bauzeitg. 1883, S. 80.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1909, S. 210, Atlas Bl. 27—29.

Pandang (Sumatra) ein 50 m hoher eiserner Leuchtturm¹⁾ errichtet worden, für den alle Teile fertig aus Europa herbeigeschafft wurden. Man wählte dazu Gußeisen, weil man bei diesem weniger als bei Schmiedeeisen die Gefahr des Rostens befürchtete. Außerdem gab man den Konstruktionsteilen zum Ausgleich etwaiger Rostverschwächung etwas größere Stärke, als eigentlich nötig gewesen wäre.

In der Folge ging man bei derartigen Bauten zum Schmiedeeisen über, u. a. für die Leuchttürme von Bogskär, Walsörne, Tankar, Yttergrund usw., welche auf sehr schwierigen Klippen unter äußerst widrigen Witterungsverhältnissen aufgeführt werden mußten²⁾. Gußeisen findet sich fortan nur noch ausnahmsweise, z. B. an dem 1910 vollendeten Arngast-Leuchtturm bei Wilhelmshaven³⁾.

Wieder aus anderen Beweggründen entstand der imposante eiserne Eiffelturm, das Wahrzeichen der Pariser Ausstellung von 1889 (Abb. 178). Eine praktische Bestimmung hatte er nicht zu erfüllen, sondern er sollte lediglich als großartige Reklame dienen und der Welt etwas Niedergewesenes bieten. In diesem Gedanken erhielt er die gewaltige Höhe von rund 300 m, die ein eigenartiges Seitstück zu der neuen 114,3 m großen Weite der gleichzeitigen Maschinenhalle bietet. Konstruktiv neue Gedanken bringt der Eiffelturm indessen nicht⁴⁾.

Neuere Ausführungen anderer Art sind das Schiffshebewerk bei Henrichsburg im Dortmund-Ems-Kanal (1899). und die großen Kran-Anlagen auf Schiffswerften und Bau-Anstalten⁵⁾ z. B. für die Germania-Werft und die Howaldtwerke in Kiel, für Bremerhaven u. a. m.

Dann wären Aufzugstürme zu nennen, die an Felswänden zu hochgelegenen Aussichtspunkten führen, wie in Schandau (47,5 m), auf Helgoland, am Bürgenstock⁶⁾ und an der Hammettschwand⁷⁾ in der Schweiz (150,85 m hoch). Eisenbahnen, Industrie, Handel und Bergbau brauchen Lokomotivschuppen, Kohlspeicher, Petroleumbehälter, Windmotortürme, Kohlen- und Erz-Entladevorrichtungen, Hochofen- und Schachtgerüste⁸⁾ u. a. m., alles Bauten, für die das Eisen unentbehrlich ist.

Für städtische Verwaltungen und größere industrielle Unternehmungen kommen eiserne Gasbehälter in Betracht, mögen diese nun mit den üblichen großen Führungsgerüsten versehen sein, oder mit der weniger bewährten Spiralführung, welche äußere Stützen entbehrlieh macht, wie in Goteshead am Tyne⁹⁾ und in Altona-Bahrenfeld. Auch bekronende Eisenkuppeln auf Steinumbauten finden sich an Gasbehältern z. B. mit 64,5 m Weite in Reick-Dresden¹⁰⁾.

Für Wassertürme mit frei sichtbarem Behälter wird das

Gesamtbild hauptsächlich durch die Gestalt des letzteren bedingt¹⁾. Während Intze den Behälterboden nach Kegel und Kugel gestaltete (Abb. 180), und dabei die wagerechten Kräfte sich gegenseitig im Gleichgewicht halten ließ (1896 Berliner Gewerbe-Ausstellung, 1902 Grünewald bei München), suchte man weiterhin zur Vereinfachung den Boden frei von Ringen zu halten und ihn ohne Knick in die Wand überzuleiten. Danach wählte Barkhausen die Form des hängenden Tropfens mit Zylinderwand und Halbkugelboden z. B. auf der Zeche „Minister Stein“²⁾. Neuerdings hat Klönne die völlige Kugel-form eingeführt (Abb. 182, 184).

Durch ihre architektonische Ausgestaltung sind die neuen Wassertürme in Bremen (Abb. 183) und am Hauptbahnhof Metz bedeutsam, letzterer vor allem durch die eigenartige Zierverwendung sichtbarer Eisenteile. Ferner ist der 1911 als Ausstellungsobjekt der Oberschlesischen Industrie errichtete Wasserturm für Posen³⁾ hervorzuheben.

Ein Aussichtsturm in Gestalt eines eisernen Kreuzes, das aus einer von gußeisernen Säulen getragenen Schutzhalle herauswächst (40 m hoch), ist als Ersatz eines älteren gleichartigen Bauwerks auf der Josephshöhe bei Stolberg a. Harz⁴⁾ aufgeführt worden.

Als Wahrzeichen unserer Zeit sind die Funkentürme⁵⁾ anzusehen.

Nicht unerwähnt mögen die hohen amerikanischen Wolkenkratzer bleiben. Sie sind zwar insofern nicht als reine Eisenbauten zu betrachten, als das Eisen bei ihnen nur das tragende Gerippe bildet, welches eine umkleidende Hülle trägt, also nicht sichtbar in die Erscheinung tritt. Man weiß aber, daß die Ausführung solcher Bauwerke, die ja verhältnismäßig dünne Wände besitzen, ohne die Hilfe des Eisens nicht möglich wäre; denn bei Ausführung allein in Mauerwerk müßten die Pfeiler- und Wandstärken so erhebliche sein, daß sie den unteren Geschossen zu viel Raum wegnehmen würden. Man sieht also das Eisengefüge mittelbar, wie das Knochengestüt in einem lebenden Körper, und es müssen daher in diesem Sinne die Stahlkonstruktionen der amerikanischen Wolkenkratzer durchaus zu den modernen Errungenschaften der Eisenbauweise gerechnet werden⁶⁾.

Bei den Riesenhäusern in New-York und anderen amerikanischen Großstädten findet überdies der Kragträger wichtige Anwendung, indem er es ermöglicht, mit dem tiefgehenden Fundament so weit vom Nachbargrundstück abzuweichen, daß das Nachbarhaus nicht gefährdet wird⁷⁾. Oder er gestattet Vorsprünge wie am People's Gas Ligth & Coke Co. Building in Chicago, wo die 18 oberen Stockwerke über die 3 unteren Geschosse 1,35 m ausladen und zwar mittels kräftiger Fachwerkträger von Geschoßhöhe (4,5 m). Und wie hier ist der Kragträger indirekt auch an den vorgebauten Glasfronten vieler Warenhäuser zu bemerken⁸⁾. Endlich fühlt man die tragende Wirkung des Eisens bei großen

¹⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 45, 46.

²⁾ Allgem. Bauzeitg. 1892, S. 6, 10. Bl. c—12. Über den Leuchtturm auf den „Roches Douvres“ vergl. Regnaud, Trav. publ. de la France, 5. Bd., S. 68, Taf. 13.

³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1910, S. 690.

⁴⁾ Über den Vorschlag aus dem Material des Kristallpalastes einen Turm von 305 m Höhe zu errichten s. The Builder 1852, S. 280. Handb. d. Arch., 4. Teil, 6. Halbbd., 4. Heft (1906), S. 574.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1902, Tafel bei S. 1848.

⁶⁾ Scientific American, 23. July 1910, S. 71.

⁷⁾ Glasers Annalen 1910, S. 37.

⁸⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 1540. Neudeutsche Bauzeitg. 1912, S. 510.

⁹⁾ The Engineer, Dez. 1909, S. 577.

¹⁰⁾ Armierter Beton 1909, S. 87, Fig. 11.

¹⁾ Fierster, Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 816.

²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 1594, Abb. S. 1684.

³⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1911, S. 409, Abb. S. Der Industriebau 1911, S. 224.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 429.

⁵⁾ Der Eisenbau 1911, S. 377.

⁶⁾ Eine Zusammenstellung der Höhen von Wolkenkratzern s. Daub, Die Vergangenheit des Hochbaues, S. 113.

⁷⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1896, S. 1491.

⁸⁾ Deutsche Bauhütte 1901, S. 49.

Hallen mit angehängter Decke aus Rabitz, Monier und dergl., wie sie uns z. B. in Berlin in dem eine freie Fläche

von $60 \times 34,10$ m aufweisenden Eispalast¹⁾ und dem 49,2 m weiten Hohenzollern-Sportpalast²⁾ entgegentreten.

II.

Kritische Würdigung.

A. Allgemeines.

Nachdem wir in großen Zügen das allmähliche Aufblühen und die Entwicklung der Eisenbauweise betrachtet haben, kommen wir jetzt zu der reizvolleren Aufgabe einer kritischen Würdigung. Bei dieser kann allerdings das subjektive Element nicht ausgeschaltet werden, soweit wenigstens ein ästhetisches Urteil in Betracht kommt. Denn ein solches Urteil läßt sich nicht in allgemein gültige mathematische Formeln pressen, vielmehr muß man mit Hans Thoma erklären: „Die Kunst ist halt doch eine eigene Sache. Am Ende ist sie gar kein festzulegendes Prinzip, sondern eine Lebensäußerung, die an Persönlichkeiten gebunden ist, und nur durch Persönlichkeiten lebendig erhalten werden kann. Ihr Wesen beruht auf der Sinnenfreude. Die Sinne freuen sich an der Welt, und die Seele weiß, daß sie durch diese Gucklöcher mit der Welt in Verbindung steht. Sie baut sich, angeregt von der Innenwelt, eine innere Welt auf, die zur Betätigung kommen will, und deren Schöpfungen wir Kunst nennen.“¹⁾

Wir fragen uns nun: Dürfen eiserne Bauwerke Anspruch auf Kunst und Schönheit machen? Auf welche Voraussetzungen kann sich dies gründen? Und was verhindert bisher eine allseitige Anerkennung schönheitlicher Eigenschaften an unseren Eisenbauten?²⁾

Hierzu sei voraus bemerkt, daß für eine schönheitliche Beurteilung nur solche Eisengefüge in Betracht kommen können, die mit der Absicht künstlerischer Wirkung frei sichtbar liegen, oder aus deren Zweck und Wesen heraus eine künstlerische Gestaltung hätte erwachsen können oder müssen. Es sind daher Baulichkeiten, welche, wie die Kuppel der neuen Kirche auf dem Zentralfriedhof in Wien³⁾ oder wie die Kuppel in Leipzig (Abb. 189) als rein konstruktive Träger einer Verkleidungsfläche ebenso gut aus anderem Stoff, etwa aus Holz errichtet sein könnten, ohne daß dadurch der künstlerische Eindruck geändert würde, hier beiseite zu lassen.

Bei seinem ersten Auftreten bot sich das Eisen nur als Ersatzstoff von anscheinend gleichen Bearbeitungsbedingungen wie Stein oder Holz an, nur daß es als gewissermaßen künstlich verdichtete Zähigkeit und Festigkeit geringere Abmessungen erforderte. Bereitwillig wurde es von der Bautechnik aufgenommen und von dieser zur Herstellung

von Decken-, Dach- und Brückenkonstruktionen herangezogen. Allerdings brachten die ersten Arbeiten vielfach noch plumpe Konstruktionen mit tastenden Einzelheiten⁴⁾.

Nachdem der Anfang gemacht war, vollzog sich die weitere Einführung des Eisens so schnell, auch brachte sie so viel Neues, daß das nur an Holz und Stein herangebildete schönheitliche Empfinden vielfach nicht mitkommen konnte. Wir sehen also etwas Ähnliches wie in der Tonkunst und der Malerei, wo eine neue Schaffensweise oft erst nach langen Jahren in weiteren Kreisen Fühlung gewann. Man denke nur an Richard Wagner, Feuerbach und Böcklin.

Immerhin ist die Allgemeinheit jetzt so weit gekommen, daß sie nicht mehr alle Eisenbauten von vornherein als häßlich verurteilt, sondern daß sie bereits zwischen häßlichen und schönen Eisenbauten zu unterscheiden beginnt und damit letzteren eine künstlerische Daseinsberechtigung zuspricht.

Außerdem hat sich unser Schönheitsempfinden gegen früher auf breitere Grundlagen gestellt: Wenn uns der Eisenbahzug stundenlang in jagender Eile durch immer wechselnde Gegenden führt, so kann das Auge naturgemäß sich nicht mehr in Ruhe der kleinen Idylle, der Burg, der Dorfkirche, der blütenbehangenen Mauer erfreuen, sondern es vermag nur die Hauptlinien einer Landschaft zu erfassen, die breite Ebene der Heide, den Horizont des Meeres und die welligen oder zackigen Umrisse des Gebirges. Andererseits fühlt sich ein Beschauer, der schon binnen wenigen Stunden in eine völlig andersartige Umgebung gebracht wird, ganz besonders zu Vergleichen angeregt. Er lernt auf die unterscheidenden Hauptmerkmale, auf große Umrisse und Formen achten und wird dadurch instandgesetzt, zum Gesamtcharakter, zum Aufbau des Geschauten durchzudringen⁵⁾. Dieser Zug zum Konstruktiven, zur verstandesmäßigen Befriedigung neben dem ästhetischen Lustgefühl⁶⁾ ist für unser Eisenzeitalter bezeichnend und tritt selbst in den Äußerungen des täglichen Lebens hervor: in einer Einschränkung des äußeren Aufputzes, in einer gewissen Breite und Schlichtheit der Kleidungsform, der Geräte, des Hausbaues.

Daß ein solcher Wandel in der ästhetischen Anschauung sich nur langsam vollziehen kann, ist nicht mehr als natürlich. Daß er sich insbesondere in der Stellungnahme zum Eisenbau nicht rascher zu erkennen gibt, hat seinen Grund darin, daß sich zunächst das statisch-konstruktive Gefühl der neuen Bauweise anzupassen hatte, d. h. daß Fachmann wie Laie erst ein Verständnis für die durch das Eisen eröff-

¹⁾ Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1911, S. 769.

²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1909, S. 1211. 1912, S. 1142. Deutsche Bauzeitg. 1908, S. 24. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1898, S. 42. Der Eisenbau 1911, S. 137; desgl. S. 373. Handb. d. Arch., 4. Teil, 2. Halbband, Heft 4. Neudeutsche Bauztg. 1912, S. 509. Technik u. Wirtschaft 1912, S. 593. Engin. Record 1901, Bd. 43, S. 97, 305. 1912, Bd. 66, S. 421, 447. The Builder 1901, S. 284. Wochenschr. d. Archit.- und Ing.-Ver. zu Berlin 1913, S. 46.

³⁾ Der Eisenbau 1910, S. 49.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 776. Schweiz. Bauzeitg. 1909, S. 316.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1911, S. 213, Abb. S. 214, 215.

⁶⁾ Rondelot, Kunst z. bauen, Taf. 153, 156.

⁷⁾ Kunstwart 1909, S. 358. Schweiz. Bauzeitg. 1909, S. 160

⁸⁾ Neudeutsche Bauzeitg. 1912, S. 806.

neten technischen Aussichten und vor allem für die jetzt ermöglichte Einschränkung der tragenden Querschnitte gewinnen mußten. Bezeichnend dafür ist die Tatsache, daß noch Stüler an den Decken seines Neuen Museums in Berlin¹⁾ den tragenden Kern seiner schmiedeeisernen Hängewerke mit einem in reichen Schmuckformen gehaltenen dicken Gußmantel umkleiden zu müssen glaubte, um dem Auge mehr Masse zu bieten; und noch heute kann man die Äußerung hören, daß das Eisen zu körperlos sei, um schön wirken zu können. Es wäre aber ein Rückschritt, wollte man der schon gelegentlich erhobenen Forderung nachgeben und Eisenteile ohne zwingende konstruktive oder schönheitliche Gründe, lediglich um ein an Stein oder Holz gewöhntes Auge zu befriedigen, beträchtlich stärker ausführen, als zur Gewinnung ausreichender Festigkeit nötig ist; denn das Verhältnis von Stärke zur Länge der Gestaltung bleibt stets vom Material abhängig und erreicht z. B. am antiken Bronze möbel (Abb. 186) schon annähernd dieselben Werte wie heute beim Eisen²⁾. Die Möglichkeit, alle Gliederungen knapp zu bemessen, ist sogar als ein besonderer Vorzug des Eisenbaus anzusehen. In richtiger Würdigung desselben wurde für die Peißnitz-Brücke in Halle a. S. (1899) gerade das Eisen als willkommener Baustoff begrüßt, um den Überbau leicht und fein gestalten zu können, und das anmutige Landschaftsbild nicht durch schwere Massen zerstören zu müssen³⁾.

Der Gedanke, daß das Eisen selbständig werden müsse, daß es allein für sich architektonische Zwecke zu erfüllen habe, kam hauptsächlich mit der Errichtung eiserner Brücken zum Durchbruch. Bei diesen ist ja im Gegensatz zu Hochbauten ein Verstecken des Eisens, wie es an der Rotunde in Wien (1873) und am Portalbau der Klappbrücke in Camden N.J.⁴⁾ vorkam, nahezu ausgeschlossen. Zwar finden sich Umkleidungen aus Eisenbeton an dem über den Arborway führenden Teil der Hochbahn in Boston⁵⁾ (Abb. 33), an einer Eisenbahnbrücke des Forest-Parks in St. Louis, sowie in Buffalo⁶⁾, auch hat die Stadt Hannover eine ihrer Eisenbrücken mit Kupferblech umkleidet (Abb. 104); aber alles dies sind nur Ausnahmen. Im allgemeinen ist man doch gezwungen, sich mit der Tatsache der freien Sichtbarkeit des Eisens so gut es geht abzufinden und man wird dadurch zu neuen schönheitlichen Werten hingeleitet: Bei Stein hatte man mit vollen Massen zu tun; bei Holz handelt es sich zwar schon um eine Verbindung von Stäben, aber diese Stäbe waren noch ziemlich ausgiebig bemessen, weil sie der verhältnismäßig nicht sehr hohen Festigkeit des Holzes entsprechen und infolge der natürlichen Unregelmäßigkeiten dieses durch Jahresringe, Fasern, Markstrahlen usw. gegliederten Stoffs dem Kräftespiel ziemlich weiten Raum lassen mußten. Beim Eisen dagegen ist die ganze Masse sehr gleichmäßig, gestattet also eine volle Ausnutzung des ganzen Querschnittes und vermöge ihrer großen Tragfähigkeit, wie schon angedeutet, eine ganz erhebliche Querschnitts-Einschränkung im Vergleich

zu Stein oder Holz. Die einzelnen Stäbe werden gewissermaßen zu Kraftlinien zusammengezogen und es werden daher die aus ihnen zusammengesetzten Gebilde durch Linienführung zu uns sprechen müssen, nicht durch volle Massen und große Flächen, wie wir sie vom Steinbau her gewohnt sind, und wie wir sie zur Raum-Umschließung nötig haben. Dieser durch das Material bedingte Unterschied spricht sich z. B. dort klar aus, wo in der Art der Coblenzer Moselbrücke Steinbögen durch seitlich angebrachte eiserne Fuß-Stege verbreitert worden sind (Abb. 46).

Es war daher nicht materialgemäß, daß die Westminster-Brücke in London (Abb. 47) und im Jahre 1888 die Albertbrücke in Belfast mehr das Aussehen einer steinernen als einer eisernen Brücke erhielt¹⁾, und daß im Jahre 1902 am Gebäude der Gutehoffnungshütte in Düsseldorf die Binder ohne konstruktiven Grund mit Einlagen von größeren geschlossenen Blechflächen versehen wurden, nur damit sie etwas schwerer und massiger erscheinen sollten. Wir haben eben im Eisen einen neuen Baustoff und dieser verlangt vermöge seiner besonderen Eigenschaften eine besondere Bauweise, der bei der Beurteilung mit Verständnis und ohne Voreingenommenheit Rechnung getragen werden muß: „Moderne technische Anlagen und Gebäudekonstruktionen auf die Formen der Vergangenheit reduzieren zu wollen, bedeutet eine Sackgasse für die Entwicklung“²⁾.

Ist es doch von besonderem Reiz, daß wir es im Eisenbau mit künstlerischem Neuland zu tun haben!

Das Wesen des Eisens mit am ersten betont zu haben, ist das Verdienst von Eiffel, der in seinem berühmten Turm, als dem ersten großen metallenen Selbstzweckbau, das konstruktive Eisen den bisherigen Monumentalbaumaterialien als ästhetisch gleichberechtigt gegenüberstellte, und damit eins der ersten Wahrzeichen kommender Eisenarchitektur errichtete.

Interessant sind die Äußerungen, welche er s. Zt. zur Verteidigung seines Turmplans tat. Eine Anzahl Pariser Künstler hatte Einspruch erhoben mit den Worten:³⁾

„Nous venons, écrivains, peintres, sculpteurs, architectes, amateurs, passionnés de la beauté jusqu'ici intacte de Paris, protester de toutes nos forces, de toute notre indignation, au nom du goût français méconnu, au nom de l'art et de l'histoire française menacés, contre l'érection, en plein cœur de notre capitale, de l'inutile et monstrueuse tour Eiffel, que la malignité publique, souvent empreinte de bon sens et d'esprit de justice, a déjà baptisée du nom de 'Tour de Babel'...“

Darauf entgegnete Eiffel:

„Je crois, pour ma part, que la Tour aura sa beauté propre. Parce que nous sommes des ingénieurs, croit-on donc que la beauté ne nous préoccupe pas dans nos constructions et qu'en même temps que nous faisons solide et durable, nous ne nous efforçons pas de faire élégant? Est-ce que les véritables conditions de la force ne sont pas toujours conformes aux conditions secrètes de l'harmonie? Le premier principe de l'esthétique architecturale est que les lignes essentielles d'un monument soient déterminées par la parfaite appropriation à sa destination. Or, de quelle condition

¹⁾ Stüler, Das neue Museum in Berlin, Taf. 8, 12.

²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1909, S. 1213.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1901, S. 1160.

⁴⁾ Engineering News 1909, S. 119.

⁵⁾ Engin. Record Vol. 60, 1909, S. 520. Wochenschrift des Arch.-Ver. z. Berlin 1910, S. 207. Engineering News Vol. 62, 1909, S. 671.

⁶⁾ Engin. Record 1910, S. 217.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

¹⁾ Engineer 1890, S. 147, 179, 436. Technik u. Wirtschaft 1912, S. 602.

²⁾ Österr. Wochenschrift f. d. öff. Baudienst 1910, S. 343.

³⁾ Eiffel, Trav. Scient. exéc., S. 10.

ai-je eu, avant tout, à tenir compte dans la Tour? De la résistance au vent. Et bien! je prétends que les courbes des quatre crêtes du monument telles que le calcul les a fournies, qui, partant d'un énorme et inusité empâtement à la base, vont en s'effilant jusqu'au sommet, donneront une grande impression de force et de beauté . . . Il y a, du reste, dans le colossal une attraction, un charme propre, auxquels les théories d'art ordinaires ne sont guère applicables . . ."

Keiner besonderen Auseinandersetzung bedarf es, daß über die vom Material gestellten Bedingungen hinaus für den Eisenbau dieselben Gesetze gelten wie für jedes künstlerische und insbesondere baukünstlerische Schaffen, nämlich die Regeln der Symmetrie, des Rhythmus und der Proportionalität, dann die Forderung, daß die Funktion klar zum Ausdruck kommen müsse, gelegentlich auch der Wunsch, durch Asymmetrie, durch Kontrast zu wirken¹⁾.

B. Schönheit.

I. Reiner Eisenbau.

a) Linienführung.

1. Träger-Umriss.

Wichtig für die Beurteilung der Großgefüge, insbesondere der Brücken, ist der Gesamt-Umriss der Hauptträger, vor allem bei vollem Seitenblick, also bei großem Abstand des Beschauers.

Balken.

Die geraden Träger mit parallelen Gurten besitzen nicht gerade große schönheitliche Vorzüge, weder bei geschlossener Form, wie an der Britannia-Brücke²⁾ (Abb. 1), noch bei gegliedelter Wandung, wie an den älteren Brücken zu Dirschau und Marienburg (Abb. 2, 6). Zwar bleibt derartigen Überbauten besonders in Verbindung mit wirksamen Pfeilern ein monumentaler Eindruck nicht versagt, aber im großen und ganzen ist mit der reizlosen Horizontallinie des nüchternen geraden Eisenbalkens künstlerisch nicht viel anzufangen, wie noch in neuerer Zeit die Straßenbrücke über den Rhein bei Straßburg (1897–98) gezeigt hat (Abb. 13).

Viel lieber greift man zu den Balken mit geschweiften Gurtungen, die in den Parabel-, Schwedler-, Pauliträgern usw. eine größere Auswahl in der Linienführung, also eine weitergehende Rücksichtnahme auf schönheitliches Empfinden gestatten. Dabei steigert sich der künstlerische Genuß, je einfacher und verständlicher das Gefüge ist und je übersichtlicher seine Hauptlinien hervortreten. So wirkt z. B. an den neueren Brücken zu Dirschau und Marienburg³⁾ die klare Teilung in tragende Brückenträger und getragene Fahrbahn besonders angenehm, indem sie die Reuleaux'sche Forderung erfüllt, daß der Fahrbahnzug erkennbar gemacht werden müsse (Abb. 9, 14).

Vielfach wird bei gebogener Gurtung eine polygonale Linie anstatt einer wirklichen Kurve ausgeführt. Um beide Lösungen unmittelbar miteinander vergleichen zu können,

wurden für den neuen Weser-Leinekanal zunächst zwei Normalbrücken hergestellt, die eine mit polygonaler, die andere mit gekrümmter Gurtung. Die letztere gefiel besser, und wurde den weiteren Bestellungen zu Grunde gelegt.

Noch weniger ansprechend, als der gewöhnliche Polygonalgurt, bei dem in jedem Knotenpunkt die Richtung wechselt, ist die amerikanische Anordnung, bei welcher der Obergurt zwecks Vereinfachung der Herstellung häufig erst im 4. oder 5. Knotenpunkt geknickt wird.

Auffallend ist die ungewöhnliche Höhe der amerikanischen Hauptträger⁴⁾.

Bogen.

Vorteilhafter als der Balken ist die Bogenform, wie man schon an den ersten gußeisernen Brücken sieht. Es kehrt daher die schlichte und doch wirkungsvolle Kreislinie auch später immer wieder, sei es, daß man sie unter der Fahrbahn verlaufen läßt, nach Art der Pariser Arcole-Brücke⁵⁾, der Oltener Eisenbahnbrücke⁶⁾ und der Straßenbrücke zu Worms (Abb. 66) oder daß sie sich, wie an der stolzen Hochbrücke von Grüental⁷⁾ (Abb. 58) über die Fahrbahn emporschwingen darf. Ein Auftragen letzterer Art hat sich bei mehrteiligen Brücken besonders dort als günstig erwiesen, wo es darauf ankam, durch Betonen der Hauptöffnung wie in Bonn⁸⁾ (Abb. 61) oder an der Havelbrücke der Döberitzer Heerstraße⁹⁾ (Abb. 107) ein wirkungsvolles Gesamtbild zu schaffen, und gegebenenfalls die Konstruktion des Mittelbogens für das Auge in das tiefer liegende Tragwerk der Neben-Öffnungen überzuleiten, wie an der Treskow-Brücke¹⁰⁾ bei Oberschöneweide (Abb. 82).

In Bonn wurde übrigens auf den schönheitlichen Ausdruck auch insoweit Bedacht genommen, als man den Obergurt nicht von der Fahrbahn durchschneiden ließ, sondern ihn erst in der Höhe der Fahrbahn ansetzte. Eine derartige Anordnung ist vor allem bei breiten Brücken mit ausgekragten Fußsteinen für den Blick von der Brückenbahn aus wichtig, da eine nur mit ihrem Scheitel über die Bahn tretende Bogengurtung selbst bei ausgesparter und umwehrter, also besonders betonter Durchdringungsöffnung unbefriedigend wirkt (Abb. 222).

Unter den für die Gurtungslinie in Betracht kommenden Kurven erfreut sich die Parabel einer zunehmenden Beliebtheit, zumal sie statisch große Vorzüge besitzt, und sich auch in der Form vorteilhaft ausnimmt. Andererseits hat sie noch den Nachteil, daß sie gleich dem Kreis wenig Beweglichkeit besitzt, weil sie durch Spannweite und Höhe festgelegt ist. Als Parabel ist der große Mittelbogen an der Münstener Brücke (Abb. 59) gestaltet, dann der Bogen des Garabit-Viadukts (Abb. 56), der Zweigelenk-Bogenbrücke

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1908, S. 453.

²⁾ Allgem. Bauzeitg. 1855, Taf. 730.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 574.

⁴⁾ Deutsche Bauzeitg. 1895, S. 173 mit Tafel.

⁵⁾ Ebenda 1890, S. 645. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1899, S. 309.

⁶⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 344. Deutsch. Bauhandb., Baukunst d. Ing., Der Brückenbau, Bd. I., Eis. Brücken, Taf. VIII.

⁷⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1905, S. 1141. Zentralbl. d. Bauverwaltung, 1907, Nr. 54.

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1909, S. 1215.

²⁾ Allg. Bauztg. 1849, Bl. 277.

³⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1895, S. 238, 541. Deutsche Bauzeitg. 1894, S. 45. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 984.

über die Manhattan-Avenue in New-York¹⁾, der Kanderbrücke bei Wimmis (Abb. 84) u. a. m. An der Kornhausbrücke in Bern (Abb. 60) liegt die Bogenlinie der Mittelöffnung zwischen Kreis und Parabelform.

Eine anstelle einer Parabel etwa vorzuschlagende Halb-Ellipse bietet gleich der ersteren gewisse Zeichnungs-Schwierigkeiten, ist nicht leicht zu konstruieren, während ein Korbbogen, dessen Form z. B. an den Bahnhofshallen in Frankfurt a. M. (Abb. 124) und Münster i. W. (Abb. 127) sowie am Untergurt der Stößenseebrücke²⁾ (Abb. 77) geschickt gewählt ist, doch in vielen Fällen durch den Radiuswechsel unschön wirkt. Für technische Zwecke schlägt daher Charles Worthington eine neue Kurve vor, das parabolische Oval, das aus zwei mit ihren Achsen unter 45° zum Horizont geneigten Parabeln entwickelt wird³⁾.

Eine eigenartige Linienführung zeigt der Dreigelenkbogen der Assopos-Brücke (Abb. 85), an welcher jeder Arm sich im Untergurt aus zwei schwach gekrümmten, durch eine scharfe Biegung miteinander verbundenen Teilen zusammensetzt⁴⁾. Eine ähnliche Straffheit der Erscheinung ergibt sich auch durch spitzen Zusammenschluß zweier Bogenlinien, wie am Bahnhof Alexanderplatz in Berlin⁵⁾ und an der Sarthe-Brücke bei Fillé⁶⁾.

Freiere Linien zeigen einzelne Gewächshaus-Anlagen (Abb. 169, 170) und sonstige Ausführungen, z. B. der Saal des Volkshauses in Brüssel⁷⁾.

Betrachten wir die verschiedenen Bildungsweisen von Bögen, so ist das Bogenfachwerk, d. h. das Eisenfachwerk mit unterer gebogener und oberer gerader Gurtung infolge seiner großen Zwickelflächen weniger günstig als der reine Bogen. Sichelträger, wie sie an der Douro-Brücke bei Porto⁸⁾, am Garabit-Viadukt (Abb. 56) und an der Hochbrücke bei Grüental (58) vorkommen, haben den Vorzug, daß sie die Anwendung von Kämpfegelenken besonders klar zum Ausdruck bringen. Schlaffe, mit steifen Trägern verbundene Bögen, die sich z. B. an der Kurfürstendamm-Brücke in Halensee, dann in Hannover, Neisse u. a. O. finden, geben zwar eine freie Querdurchsicht, aber der Bogen selbst macht einen nicht sehr widerstandsfähigen Eindruck und erhält ja auch tatsächlich seine Steifigkeit erst durch die Träger.

Die gegenwärtig in Deutschland beliebten Bogenbrücken mit Zugband (Abb. 68) zeichnen sich durch ihre klare Anordnung, auch im Windverband, und damit durch eine ansprechende Innenansicht aus. Auch ist, da störende Diagonalen fehlen, der freie seitliche Ausblick und der Querverkehr fast gar nicht behindert (Abb. 70). Ferner läßt sich dieses System den mannigfaltigsten Verhältnissen leicht anpassen und es vermag stets, auch in Verbindung mit Systemen anderer Art, ästhetisch gut zu wirken.

Werden mit dem Zugband nicht die Endknotenpunkte,

wie an der Trarbacher Moselbrücke (Abb. 174), miteinander verbunden, sondern etwa die vorletzten Knotenpunkte, wie an der Eisenbahnbrücke bei Worms (Abb. 67) oder wird, wie an der Newabrücke¹⁾ bei St. Petersburg, das Zugband gesprengt, so läßt sich an Pfeilerhöhe, d. h. Pfeilermauerwerk erheblich sparen, weil die Trägersauflager beträchtlich unter die Fahrbahn zu liegen kommen.

Hängeform.

Große Vorzüge nächst dem Bogen besitzt der Umriß der Hängebrücken (Abb. 87, 96). Leider hat aber an diesen die zu geringe Steifigkeit gegen Wind und gleichmäßige Erschütterungen mit der Zeit zu besonderen Versteifungs-Maßnahmen im Hängeband wie in der Fahrbahn führen müssen. Damit ist ein großer Teil ihrer Schönheit verloren gegangen; es wurde den Bogenbrücken, die man gewissermaßen als umgedrehte Hängebrücken ansehen kann, sehr erleichtert, den Vorrang zu gewinnen. Erst der neueren Zeit blieb es wieder vorbehalten, unter besonderen Sicherungen die reizvolle Linie des frei von Pfeiler zu Pfeiler sich schwingenden Gurts aufzunehmen, z. B. an der Schwurplatzbrücke zu Budapest²⁾, an der Tower-Brücke in London (Abb. 88) u. a. m. Man fand an ihr sogar derart Gefallen, daß man sie nicht nur an eigentlichen Hängebrücken, sondern auch an anderen Konstruktions-Systemen anwandte, z. B. an den Auslegerbrücken über die Oder bei Ratibor (Abb. 42) und über den Neckar in Mannheim (Abb. 27) und am kontinuierlichen Träger der Mühlenortbrücke³⁾ in Lübeck (Abb. 90).

Ausleger.

An der als Ausleger konstruierten großen Weserbrücke in Bremen⁴⁾ (Abb. 27) ist zwar ebenfalls die Hängekurve als Hauptlinie zu Grunde gelegt, aber der eingehängte Mittelträger wurde als Halbparabelträger gebildet; er unterbricht mit der Linie seines Obergurts im Gegensatz zur Mannheimer Brücke den Verlauf der Hängekurve in bewußter Absicht und läßt sofort erkennen, daß ein besonderer Abschnitt im Hauptträger vorliegt, daß wir es also tatsächlich nicht etwa mit Hängefachwerk, sondern mit einem Auslegersystem zu tun haben. Vergleicht man die Linienführung dieser Weserbrücke mit der häßlichen Gestalt der ersten Auslegerbrücke, der Mainbrücke in Haßfurt⁵⁾, so läßt sich ein großer Fortschritt in der schönheitlichen Auffassung nicht verkennen. Ebenso sind an der Rheinbrücke zwischen Homberg und Ruhrort (Abb. 47) die Leitlinien durch ästhetische Rücksichten beeinflußt, indem die Gurtungen der Hauptträger sich in weichen, vielfach sogar als weichlich empfundenen Zügen bewegen, die sich über den Punkten größter Momentwirkung, nämlich über den Strompfeilern, zu einer kräftigen Höhen-Betonung aufschwingen. Ausgezeichnet wirkte durch seine einfache und eigenartige Linienführung der für die Weltausstellung in Paris (1900) zwischen Alma- und Jena-Brücke errichtete Steg⁶⁾. Leicht und gefällig nimmt sich in der Ge-

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1903, S. 1579.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 326.

³⁾ Engineering News 1909, S. 408.

⁴⁾ Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1909, S. 722. Engineering News 1909, Bd. 62, S. 479.

⁵⁾ Foerster, Die Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 512, Taf. XVII. Berlin und s. Bauten S. 229.

⁶⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 727, Fig. 910.

⁷⁾ Meyer, Eisenbauten, Taf. XVI.

⁸⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 210, Fig. 234.

¹⁾ Deutsche Bauzeitg, 1911, S. 257.

²⁾ Deutsche Bauzeitg, 1904, S. 99.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 771.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverwalt. 1894, S. 288.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 571.

⁶⁾ Ebenda, 1900, S. 1041.

samterscheinung auch der Kaisersteg in Oberschöneweide aus (Abb. 25).

Wir sehen also, daß sich bei den Auslegern die Möglichkeit einer mannigfaltigen Linienführung bietet. Dabei besitzen sie auch sonst beträchtliche Vorzüge, welche vornehmlich in der statischen Bestimmtheit des Systems beruhen, sowie in der äußerst wertvollen Möglichkeit, die Brücken ohne Anwendung fester Gerüste von den Pfeilern aus vorzustrecken; im Gegensatz dazu kann der freie Vorbau von gewöhnlichen Balken-Trägern auf zwei Stützen nur mittels umfangreicher einseitiger Aufhängevorrichtungen durchgeführt werden, wie es an der neuen Wear-Brücke bei Sunderland¹⁾ geschehen ist.

Bei großen Weiten sparen Ausleger nicht unerheblich an Material, bei unzuverlässigem Baugrund vermeiden sie gefährliche Formänderungen, und in jedem Augenblick des Bau-Vorgangs bieten sie gleiche Sicherheit gegen die Angriffe des Windes, wie im späteren fertigen Zustand; die Beanspruchungsweise sämtlicher Teile ist schon während des Baues ähnlich wie nach völliger Fertigstellung; auch kann nur senkrechter Stützendruck auftreten. Endlich hat man es in der Hand, die Länge der Ausleger im Verhältnis zu den Zwischenträgern und zu der Gesamtlänge der Träger beliebig zu bestimmen, je nachdem der Hauptwert auf Material-Ersparnis oder auf die gerüstrfreie Ausführung der Brücke gelegt wird.

Aufreihung von Systemen.

Handelt es sich um Herstellung einer Brücke mit mehreren verschieden weiten Öffnungen, so ist es in Amerika sehr beliebt, die einzelnen Öffnungen unabhängig von einander mit Trägern verschiedener Art und verschiedener Höhe zu überbrücken und die Hauptträger bald unter, bald über die Fahrbahn zu legen, je nachdem es sich am billigsten und schnellsten ausführen läßt. Von einem künstlerischen Gesamtbilde kann dann natürlich nicht die Rede sein, wie die Mississippi-Brücke zwischen Clinton Ja. und Fulton Ill. (1907²⁾) zeigt.

Ähnliches gilt in abgeschwächtem Maße von der Forthbrücke (Abb. 20), bei welcher die Träger der Landöffnungen in anderer Höhe an die großen Ausleger anschließen, als die eingehängten Parabelträger³⁾. Infolgedessen liegt die Fahrbahn an letzteren unten, an den großen Auslegern in der Mitte, an den Landbrücken oben. Ein solcher unorganischer Wechsel, wie ihn auch die Waalbrücke in Nymwegen (Abb. 7) und die neue Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Duisburg⁴⁾ erkennen läßt, wirkt ungünstig. Es befriedigt also allein die Klarheit des Zwecks und die Deutlichkeit der Konstruktion den Beschauer noch keineswegs, trotz der gegenteiligen Anschauung des von Baker, dem Erbauer der Forthbrücke vertretenen englischen Utilitarismus, welcher die Schönheit nur in der Zweckmäßigkeit sucht.

Mit Recht pflegt man daher dort, wo auf ästhetische Wirkungen Wert gelegt wird, einen Systemwechsel in den verschiedenen Öffnungen nur dann zuzulassen, wenn

ihn äußere Umstände dringend verlangen, wie in Ruhrort-Duisburg, oder wenn das gesamte Bauwerk als organisches Ganzes künstlerisch zusammengefaßt wird, wenn also z. B. große Stromöffnungen mit hohen Bögen zu Flutöffnungen mit Parallelträgern in Gegensatz gestellt werden, wie in Düsseldorf und Bonn (Abb. 61). Auf jeden Fall vermeidet man aber beim Übergang vom einen zum anderen System Härten, wie sie von der Forthbrücke usw. erwähnt wurden, oder wie sie sich an der sonst so schönen Berner Kornhausbrücke (Abb. 60, 105) finden: der Kämpfer des großen Bogens setzt dort nämlich sehr tief an, während auf der anderen Pfeilerseite die Blechbögen der Seitenöffnungen sehr hoch aufgelagert sind.

Neuerdings sucht man bei mehreren gleichen Öffnungen die Überbauten nicht nur gleichförmig zu gestalten, sondern sie sogar in enger konstruktiver Verbindung zu einheitlichen Linienzügen zusammenzuschließen wie an der Havel-Brücke Spandau-Eiswerder¹⁾ (Abb. 83) und an der Südbrücke in Köln²⁾. Allerdings ist mit diesem Bestreben wieder die Gefahr verknüpft, daß der Erscheinung zu Liebe die Konstruktion versteckt wird. Tatsächlich spricht sich im Äußeren der beiden genannten Brücken die Gelenkanordnung, das Ausleger-system, keineswegs aus.

Daß im ganzen trotz erfreulicher Einzel-Erscheinungen oft nur geringer Wert auf ansprechende Träger- und Binderformen gelegt wird, hat wohl weniger in mangelndem Geschmack seinen Grund, als in der weit verbreiteten, aber unzutreffenden Ansicht, daß eine gefällige Linienführung mit größerem Materialaufwand und mit höheren Werkstatt- und Montagekosten verknüpft sei, als eine nur aus der rohen Erfüllung der konstruktiven Forderungen sich ergebende Linie.

2. Füllungen.

Neben der Umrisslinie, d. h. der Linie der Gurtungen, hat auch die Art und Anordnung der Füllungen einen nicht geringen Einfluß auf die Schönheit einer eisernen Konstruktion. Haben wir Fachwerke, so wirken diese um so ruhiger, je großzügiger die Felderteilung ist. Wir sehen daher an allen neueren Ausführungen, z. B. an der Swinemünder Brücke in Berlin (Abb. 37) und an den neuen Brückenbauten in Darmstadt³⁾, daß die Fachwerke sich aus nur wenigen, dafür aber kräftig ausgebildeten Stäben zusammensetzen. Mit Vorteil wird dabei, und das gilt ebenso auch von den Querverbänden, darauf geachtet, daß die Neigungswinkel der Füllungsstäbe nicht verschieden ausfallen, da sonst besonders bei Bogenfachwerk und in schräger perspektivischer Ansicht häßliche Überschneidungen entstehen. Auf diesen Umstand ist z. B. an der Stößensee-Brücke (Abb. 77, 79) mit Vorteil Bedacht genommen worden⁴⁾; auch sind an ihr, um eine klare Gesamtwirkung zu erhalten, die Füllungsglieder möglichst gleich breit und zugleich die Knotenbleche so klein als zulässig gehalten worden.

Dem aus halben Diagonalen gebildeten K-Verband⁵⁾ wird statische Bestimmtheit, geringer Eisenaufwand, kurze

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1904, S. 66.

²⁾ Baugew.-Zeitg. 1910, S. 392.

³⁾ Zeitschr. f. Bauwesen. 1912, S. 450, Abb. 3, S. 451, Abb. 4, S. 454, Abb. 5.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 326.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 1657. Der Eisenbau 1911, S. 344.

¹⁾ Der Eisenbau 1910, S. 156.

²⁾ Engineering News 1909, S. 63.

³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1890, S. 177.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 570, Abb. 12.

Knicklänge, klares und leichtes Aussehen, vorteilhafte Montage, sowie gedrungene Ausbildung der Knotenpunkte und Verminderung der Windfläche in den Stäben nachgerühmt. Die Gesamterscheinung ist vielfach getadelt worden, wird aber andererseits unter dem Hinweis auf gleichartige bandförmige Nat-Ornamente antiker Mosaik-Fußböden als trefende Ausdrucksform für die innere Verbindung von Zug- und Druckgurt bezeichnet¹⁾. Auch auf Stützen angewandt, findet sich diese Art der Füllung neuerdings öfter, z. B. an der Kraftmaschinenhalle der Brüsseler Weltausstellung von 1910 (Abb. 167), an der Hauptmaschinenhalle der Posener Ausstellung 1911²⁾ und an den Pendelpfeilern der Brücke über den Argentoel (Abb. 40). In wirtschaftlicher Hinsicht scheint der K-Verband wegen des kleineren Materialverbrauchs gewisse Vorzüge zu haben³⁾.

Von den diagonallosen Pfosten- oder Rahmen-Trägern⁴⁾ wird späterhin die Rede sein.

Ruhiger als Fachwerk wirkt im allgemeinen eine geschlossene Blechfüllung; vor allem spricht sich bei geschlossenen Pfeilern und Bögen die tragende und abstützende Tätigkeit besonders klar aus und es wird dadurch das Ganze, weil verwirrende kleine Zwischen-Gliederungen fehlen, dem Beschauer, und besonders dem Nichtfachmann am verständlichsten. Überdies tritt ein vollwandiger Pfosten oder Bogen in vorzügliche Übereinstimmung mit Pfeilermauerwerk und Bögen aus Stein- oder Eisenbeton (Abb. 71). Auch wenn die Fahrbahn vom Bogen aus durch wenige, aber kräftige Pfosten getragen wird, ergibt sich ein ruhiges abgeklärtes Bild, wie es die Überführung der Umgebungsbahn bei Mainz (1903) (Abb. 80), die neue Straßenbrücke über den Neckar bei Mannheim (Abb. 75) und die Wegebrücke des Krotondammes in Amerika bieten⁵⁾.

Bei großen Spannweiten zu eng geteilt, wie an der älteren Koblenzer Rheinbrücke (Abb. 48) wirkt die Pfosten-Anordnung kleinlich, während ein zu großer Abstand bei kleiner Spannweite ebenfalls unvorteilhaft ist. Es müssen vielmehr großen Spannweiten auch große Pfostenweiten entsprechen, wie an der Brücke bei Münstgen (Abb. 59) und der Straßenbrücke in Worms (Abb. 66).

Besonders wichtig ist die Art der Trägerfüllung für die Endabschlüsse der Bahnsteighallen, die gewissermaßen als Ein- und Ausfahrtstore eine bauliche Auszeichnung zu beanspruchen haben. Man hat sie vielfach anders als die Regelbinder ausgestaltet, sei es mittels ornamentalen Schmucks wie in Straßburg⁶⁾ (Abb. 135) und am Bahnhof Alexanderplatz⁷⁾ in Berlin (Abb. 123), oder dadurch, daß man sie gegenüber den sonstigen Fachwerkbändern mit ansprechender äußerer und innerer Leibungslinie vollwandig herstellte, wie es in Dortmund (Abb. 145) und Metz (Abb. 140, 141) geschehen ist. Die Gesamterscheinung der Hallenstirnen wird übrigens, wie bei dieser Gelegenheit bemerkt sei, noch besonders von der Ausbildung der sog. Schürzen beeinflusst, sowie von der

Anordnung der zu diesen gehörigen Windträger. Letztere können entweder nach außen vortreten, wie in Frankfurt oder Bremen, oder sie werden ganz oder teilweise nach innen verlegt und ergeben dann jeweils eine völlig andere architektonische Wirkung¹⁾; am Hauptbahnhof Hamburg sind sie besonders sorgfältig ausgestattet und in das übrige Eisenwerk wohlüberlegt eingefügt.

b) Verhältnisse.

Für den Schönheitswert einer gegliederten Eisenkonstruktion ist das Verhältnis der einzelnen Teile untereinander und zum Ganzen von weittragender Bedeutung, und es verschiebt sich dementsprechend die Wirkung eines Bauwerks oft beträchtlich, sowie man die Beziehung der einzelnen Abmessungen zueinander ändert.

So stellt sich trotz übereinstimmender Konstruktion die neue Brücke bei Marienburg (Abb. 14) günstiger dar als die neue Dirschauer Brücke (Abb. 9), weil ihr Überbau nicht gar so lang ist, also ein vorteilhafteres Verhältnis zu der bei beiden gleichen Höhe besitzt. Und für den Eiffelturm wäre es, wie Champury betont, vorteilhafter gewesen, die zweite Galerie weniger stark hervorzuheben und nur mittelst des ersten Geschosses eine Teilung in Fuß und Schaft zu bewirken, abgesehen davon, daß auch der Kopf einer besseren künstlerischen Ausgestaltung fähig gewesen wäre (Abb. 178.)

Von großer Bedeutung sind die Verhältnisse, soweit sie sich auf Breite und Höhe der zu überdeckenden Öffnung oder Raumgestaltung beziehen. Neue Begriffe ergeben sich hierbei insofern, als die Eisenbauweise vor allem im Erreichen großer Spannweiten alles bisher Dagewesene überflügelt hat. Das Steingewölbe hat als Hochbau im Pantheon mit 43,4 m, in S. Peter mit 43,95 m seinen größten Triumph gefeiert. Als Brücke ging es bis zum Beginn unserer Zeitrechnung nicht über 25 m (Pons Fabricius in Rom 62 v. Chr.), im Mittelalter kaum über das Doppelte, und nur an der 1370—77 erbauten und 1416 zerstörten Adda-Brücke bei Trezzo in Italien bis auf 72 m. In unserer Zeit hat die größte Steinbrücke, die Friedrich-August-Brücke über das Syratal bei Plauen 90 m Lichtweite erreicht²⁾. Mit Holzdecken kam man im Salone zu Padua auf 27 m, in einem Exerzierhaus zu Moskau³⁾ auf 50 m Spannweite. Holzbrücken erreichten 1755 bei Schaffhausen 59 m, und 1777—78 bei Wettingen sogar 118,9 m⁴⁾. Dagegen hat man mit Schweißisen Hallen von über 100 m Weite (Abb. 159, 160) und Brücken von 150 bis 200 m errichtet und mit Flußeisen an der Forthbrücke (Abb. 20) sogar 521 m ohne Zwischenstützen überspannt. Nach Rohn⁵⁾ ist in den Jahren 1907—11 die größte eiserne Brücke (Manhattanbrücke) mit 448 m Weite entstanden, die größte massive Brücke (Tiberbrücke in Rom) mit 100 m. Auch ist es für die Bauweisen schon bezeichnend, daß der Genannte die bemerkenswerten eisernen Brücken

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1899, S. 873.

²⁾ Der Eisenbau 1911, S. 395.

³⁾ Ebenda, S. 108. Betr. Vergleich mit Stütze aus steigenden und fallenden Diagonalen s. Hauptmaschinenhalle ebenda, S. 74.

⁴⁾ Der Eisenbau 1912, S. 104.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1906, S. 434.

⁶⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1883, S. 361.

⁷⁾ Hdb. d. Arch., 4. Teil, 2. Halbbd., Heft 4, S. 380, Fig. 459.

¹⁾ Ebenda, S. 383.

²⁾ Eisen- und Eisenbetonbau, herausgeg. vom Stahlwerksverband, S. 66.

³⁾ Abb. s. D a u b, Die Vergangenheit des Hochbaues, S. 188, B ö h m, Handb. d. Holzkonstr., S. 345. G o t t g e t r e u, Lehrb. d. Hochbaukonstr., 2. Teil, S. 210 und Atlas, Taf. 21.

⁴⁾ R o n d e l e t, Kunst zu bauen, Bd. 3. S. 101. Atlas Bl. CIII.

⁵⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1912, Tabelle S. 52.

von 100 m Weite ab rechnet, die bedeutenden massiven Brücken dagegen von 45 m ab. Die demnach im Eisen gebotene Möglichkeit, große freie Weiten zu schaffen, ist vor allem für Bahnhöfe und Ausstellungshallen willkommen.

Da es aber darauf ankommt, bei der Überdachung großer Flächen die Kosten nicht ins Ungemessene gehen zu lassen, bekommt die Breiten-Abmessung der Hallen gegenüber der Höhe eine besondere Bedeutung. In der Gotik war es aus vorwiegend konstruktiven Gründen noch umgekehrt, indem z. B. an der Kathedrale von Amiens das Mittelschiff bei 15 m Breite eine Höhe von 43 m, am Dom zu Köln bei derselben Breite eine Höhe von 45 m erhielt. In der Antike und in der Renaissance wurde dagegen keine Abmessung besonders ausgesprochen, vielmehr war man bestrebt, durch harmonischen Ausgleich einen abgeklärten Gesamteindruck zu erzielen.

Die mit der eisernen Halle auftretende Betonung der Breiten-Abmessung ist allerdings nicht immer architektonisch vorteilhaft. So hat die Bahnhofshalle der Pennsylvania-Eisenbahn in Jersey-City nur 28,12 m Pfeilhöhe bei 77,11 m Spannweite¹⁾, der Süd-Union-Bahnhof in Boston sogar nur 25,3 m Höhe und 172 m Weite, der Endbahnhof in St. Louis 22,8 m Höhe und 183 m Weite²⁾. Auch an der im Jahre 1866 errichteten Halle des Bahnhofs S. Pancras zu London läßt die gegenüber der Breite von 73 m nur geringe Höhe (31 m) den ganzen Bau etwas gedrückt erscheinen³⁾ (Abb. 127).

In ähnlich unvorteilhafter Weise hat der Bahnhof zu Manchester (1880)⁴⁾ bei 64 m Spannweite eine Höhe von nur 27 m, also ein Verhältnis von 4 : 10; ebenso die Maschinenhalle auf der Pariser Weltausstellung⁵⁾ von 1889 bei 114,3 m Weite und 46 m Höhe (Abb. 159, 160), und die mit Rücksicht auf den benachbarten Dom niedrig gehaltene Halle des Hauptbahnhofs in Köln⁶⁾ (63,5 m zu 24,6 m). Günstiger zeigen sich das Palais Des Beaux-Arts⁷⁾ und das Palais Des Arts Libéraux von 1889 in Paris, die bei 52 m Breite eine Höhe von 28 m, also ein Verhältnis von ungefähr 6/10 aufweisen.

Am Frankfurter Hauptbahnhof (Abb. 124) haben die Hallen bei 56 m Breite und 28,6 m Höhe sogar ein Verhältnis von rund 1 : 2. Ebenso am neuen Leipziger Hauptbahnhof bei 20 : 42,5 bzw. 45 m (Abb. 149). Daß die Höhe nicht zu gering werden darf, haben die Amerikaner sehr wohl gefühlt, als sie 1893 für den Kunstpalast in Chicago⁸⁾ die Spannweite der Pariser Maschinenhalle zu Grunde legten, aber eine Höhe von 64 anstatt 46 m wählten.

Eine gedrückte Binderlinie vermied Vierendeels Halle für La Louvière⁹⁾ 1880—81 und das Haus der Laurahütte¹⁰⁾ (Abb. 164) auf der Ostdeutschen Ausstellung in Posen 1911 durch Wahl einer steilen Spitzbogenlinie. Zu gleichem Zwecke

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1899, S. 1513. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1892, S. 8.

²⁾ Handb. d. Arch. 4. Teil. 2. Halbbd., Heft 4, S. 352. Zentralbl. d. Bauverwaltg., 1906, S. 1517.

³⁾ Engineering, 23. Aug. 1867.

⁴⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 61, 62.

⁵⁾ Ebenda, Taf. 80, Fig. 1.

⁶⁾ Foerster, Die Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 519, Taf. XIX.

⁷⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 84, Fig. 1.

⁸⁾ Ebenda, Taf. 96.

⁹⁾ Ebenda, Taf. 65.

¹⁰⁾ Der Eisenbau 1911, S. 397.

setzen sich am Palmenhaus zu Frankfurt a. M.¹⁾ (Abb. 175) die Bögen erst 6,5 m über dem Boden, d. h. auf geraden Pfeilern an, und auch die Binder der 35 m hohen und 73 m weiten Halle des Hauptbahnhofs in Hamburg²⁾ (Abb. 137) steigen zunächst 22 m senkrecht empor, um erst dann mit scharfer Biegung in einen gedrückten Spitzbogen übergeführt zu werden; die beträchtliche Höhe dieser Halle ermöglicht eine gute Rauchabführung und ergibt einen luftigen und hellen Gesamteindruck. Eine größere Höhe (21,7 m) als Breite (17 m) und eine dementsprechend vorteilhafte Wirkung besaß u. a. das Langhaus des Gebäudes für Chemie und Optik auf der Berliner Gewerbeausstellung im Jahre 1896³⁾. Gute Beleuchtung und architektonisch wirksame Querschnittsform ergibt das für industrielle Hochbauten sehr beliebte Mansarden- und Stufendach (Abb. 151, 161), sowie die neuere Hallen-Anordnung mit Auslegern und aufgesetzter Mittel-Laterne (Abb. 167).

Den guten Raumverhältnissen muß aber eine richtige Deckengestaltung zu Hilfe kommen. In dieser Hinsicht ist z. B. die Rotunde der Wiener Weltausstellung von 1873 lehrreich, da sie in ihrem Innern keinen Standpunkt bietet, von dem aus man den vollen Eindruck ihrer Abmessungen erhält: Wenn der Beschauer an einer Seite steht und die ganze Raumbreite auf sich wirken läßt, vermag er nicht in die große Laterne zu schauen, um ihre Höhe zu ermessen. Nähert er sich aber der Mitte des Raumes, dann kann er zwar in den Aufbau hineinblicken, aber er hat nicht mehr das ganze Quermaß in einer Richtung vor sich⁴⁾. Die Wahl einer günstigeren Deckenform hätte hierin Abhilfe schaffen können, ohne daß es nötig gewesen wäre, die Verhältnisse des Gesamttraumes zu ändern. Der Einwurf, es ließe sich von den Renaissance-Kirchen mit Vierungskuppeln das Gleiche behaupten, wäre insofern nicht zutreffend, als bei der Rotunde ein anschließender Langbau fehlt, sie vielmehr schon als reiner Zentralraum nicht einwandfrei ist.

Was nun noch die Einzelausbildung betrifft, so wirkt es ungünstig, wenn an einem Fachwerk die Füllungen gegenüber den Gurtungen zu wenig Masse haben, so daß die Öffnungen verhältnismäßig groß erscheinen und darunter die Geschlossenheit des Fachwerks leidet. Einem solchen Mißverhältnis, wie es die Maschinenhalle der Pariser Ausstellung von 1889 (Abb. 159, 160) aufwies⁵⁾, läßt sich um so eher vorbeugen, als man es beispielsweise in der Hand hat, für einen Füllungsstab bei gleicher Querschnittsfläche einen schmalen und dicken, oder einen breiten und dünnwandigen Stab zu wählen, je nachdem man einen leichten oder schweren Gesamteindruck hervorrufen will.

Für einen Binder ist es ferner nicht vorteilhaft, wenn seine Konstruktionshöhe im Verhältnis zur Binderweite und Binderhöhe zu groß ist, und wenn sein Querschnitt eine zu geringe Breite im Verhältnis zur Höhe aufweist. Im letzteren Fall hat der Beschauer leicht das Gefühl, daß dem Binder die erforderliche seitliche Steifigkeit abgehe, daß also unter Umständen ein seitliches Aus-

¹⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 25, 26.

²⁾ Foerster, Die Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 520, Taf. XX. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1906, S. 620, 632.

³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1896, S. 265.

⁴⁾ Engineering 1873, Bd. 15, S. 220, Tafelbeilage.

⁵⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 80—83.

weichen und Ausbiegen aus seiner Ebene heraus nicht ausgeschlossen sei. So erhielten an der Jubiläumshalle (Cinquantenaire) in Brüssel¹⁾ die Binder bei 1,45 m Querschnittshöhe eine Konstruktionsbreite von nur 17 cm. Der gleiche Fehler findet sich an den Bindern des Maschinenpalastes zu Paris 1889, während die Binder des gleichzeitigen Palais Des Beaux-Arts²⁾ im Verhältnis zu ihrer Breite niedrig gehalten wurden; überhaupt zeichnet sich diese vom Architekten Formigé entworfene Halle vor der großen Maschinenhalle durch ihre schöneren Verhältnisse aus. Auch am Bahnhof St. Pancras steht im Binderquerschnitt die Breite von 41 cm in gutem Verhältnis zur Höhe von 1,83 m, so daß die Wirkung kräftig ist, ohne schwer zu sein.

c) Perspektivische Wirkung.

1. Viele Kreuzungen.

Zur schönheitlich befriedigenden Ausgestaltung von Eisenwerk genügt es nicht, die Träger und Binder in der geometrischen Ansicht ansprechend durchzubilden, sondern es ist auch auf das perspektivische Bild Bedacht zu nehmen, weil sich bei ihm oft ein unklares und häßliches Stabgewirre ergibt³⁾.

Es ist daher verständlich, daß man immer mehr darauf hinausgeht, die mit Zugbändern versehenen Bögen, wie sie z. B. an den Bahnhofshallen in Münster (Abb. 127) und München (1879–81) (Abb. 120) ausgeführt worden sind, zu verlassen, und an ihrer Stelle einfach gestaltete Binder ohne Zugband zu wählen.

Noch wenig ansprechend fielen die Binder an der Maschinenhalle zu Paris im Jahre 1867⁴⁾ aus, schon besser die schlichten, kühn und dabei doch sicher konstruierten Binder der dortigen Maschinenhalle von 1878⁵⁾.

Zur Beseitigung der besonders bei engstehenden Bindern als störend empfundenen Zugstangen hat die Anwendung der bis zur Erdgleiche herabgeführten Gelenkbögen viel beigetragen, mit deren Hilfe u. a. die durch freie Klarheit der Raumbildung ausgezeichneten neueren Bahnhallen, sowie das Ausstellungsgebäude in Frankfurt a. M. (Abb. 163) entstehen konnten. Lehrreich ist in dieser Hinsicht ein Vergleich zwischen den zugbandfreien Bindern der Kraftmaschinenhalle auf der Weltausstellung in Brüssel 1910 (Abb. 167) und den mit Zugband versehenen Bindern der Hauptmaschinenhalle ebenda⁶⁾ (Abb. 168).

Mit Beirat von Behrens ist am Turbinengebäude der A. E. G. in Berlin die Eisenmasse möglichst einfach gestaltet worden, um die Raumverhältnisse klar hervortreten zu lassen und einen geschlossenen Eindruck des Innenraumes zu erzielen. Diesem Bestreben kommt die vollwandige Aus-

führung der Binderfüße und das Fortlassen jedes plastischen und ornamentalen Schmucks zu gute, doch wird die beabsichtigte Wirkung durch das Einfügen von Zugstangen und verkreuzten Windverbänden zum Teil wieder aufgehoben¹⁾.

Ein anderes Mittel, um das Innenbild zu vereinfachen, hat man an der deutschen Industriehalle der Weltausstellung in Brüssel 1910 versucht, indem man nur alle 23,85 m Hauptbinder verlegte und dazwischen immer zwei leichtere Nebenbinder einschaltete²⁾. Demselben Gedanken folgte die Hauptmaschinenhalle auf der Ostdeutschen Ausstellung in Posen 1911, und es wurde dadurch zusammen mit der kleinen Fachwerkhöhe der Binder eine klare, großräumige Wirkung erzielt (Abb. 165).

Wichtig für das Gesamtbild sind u. a. die senkrecht zu den Bindern laufenden Längsverbände. Wie häßlich sie bei nicht genügender Bedachtnahme auf ansprechende Ausgestaltung wirken können, zeigt die Hauptbahnhofshalle in Frankfurt a. M., in deren End-Binderfelder große vertikale Andreaskreuze eingebaut sind, die zum übrigen baulichen Organismus nicht passen wollen, vielmehr wie nachträglich eingeflickt aussehen³⁾. Gleiches finden wir in Dortmund (Abb. 145).

Fast noch mehr, als an Dachwerken sind die Querkonstruktionen und Windverbände an Brücken von Bedeutung, da sie in besonderem Maße den schönheitlichen Wert der Innen-Ansicht bedingen⁴⁾ (Abb. 113). Diese ist aber, soweit die Fahrbahn nicht oberhalb der Hauptträger liegt, nahezu ebenso wichtig wie die seitliche Außenansicht, der Längsumriß. Man denke nur an die ähnliche Sachlage bei einer Säulenhalle⁵⁾. Einen Unterschied macht es allerdings, ob die Brücke für Eisenbahnzüge bestimmt ist, also in der Regel nicht in der Längsrichtung gesehen werden kann, oder ob bei Fußgänger- oder Fuhrwerksverkehr dem Beschauer nach jeder Richtung hin freier Umblick gestattet ist.

Was nun die Anordnung der Querverbände betrifft, so ergibt die Möglichkeit, sie laubenartig über die Fahrbahn hinwegzuspinnen und erforderlichenfalls durch einen besonderen Längs-Mittelträger zu unterstützen, wie an der Hackerbrücke in München, eine gewisse räumlich geschlossene Wirkung (Abb. 70).

Freier ist der Eindruck, wenn die Vertikalen mit den Querträgern zu Halbrahmen vereinigt werden, und Querbögen nur in größeren Abständen Platz finden, etwa zwischen den Pfeilerpfosten, wie bei Donaustauf (1892) und an der Swinemünder Brücke in Berlin (Abb. 34), oder zwischen den Bogenseiteln, wie an der Treskowbrücke (Abb. 82) und der Stubenrauchbrücke bei Berlin und an der Röntgenbrücke in Charlottenburg (Abb. 222).

Noch ungehemmt ist die Ausschau bei den sog. offenen Brücken, bei denen ein Verband oberhalb der Fahrbahn fortbleibt, und für die erforderliche Quer-Sicherheit anderweit gesorgt wird.

Der untere Verband einer Brücke ist für den Blick von

¹⁾ Ebenda, Taf. 78., L. Mertens, Eis. Däch. u. Hallen in England, Taf. 15–18.

²⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 84, 85.

³⁾ Über derartigen Mangel an den internationalen Industriehallen der Weltausstellung Brüssel 1910 s. Der Eisenbau 1911, S. 151.

⁴⁾ Vierendeel, Constr. arch. Taf. 24.

⁵⁾ Ebenda, Taf. 37.

⁶⁾ Foerster, Die Eisenkonstr. d. Ing.-Hochb., S. 525, Taf. XXII, XXIII.

⁷⁾ Der Eisenbau 1911, S. 75, 107.

¹⁾ AEG-Zeitg. 1910, Nr. 7. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1910, S. 25.

²⁾ Der Eisenbau 1911, S. 102, Abb. 15., S. 103.

³⁾ Vergl. Abb. in Handb. d. Arch. 4. Teil, 2. Halbb., 4. Heft, S. 366.

⁴⁾ Meyer, Eisenbauten, Taf. XII.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1907, S. 473.

Dampfern, Leinpfaden und Uferstraßen her wichtig (Abb. 50). Es kommen daher auch hier steife Rahmen in Betracht, wenn man die Untersichten ruhiger gestalten will, als es mit Diagonalen der Fall wäre.

Im Interesse eines ruhigen Gesamtbildes hatte sich schon bald nach dem Aufkommen der gegliederten Konstruktion die Frage erhoben, ob es nicht möglich wäre, anstelle von Diagonalen andere versteifende Konstruktionsteile einzufügen. In diesem Sinne wurden schon 1869 die eisernen Binder des Südbahnhofs zu Brüssel¹⁾ mit kreisrunden Füllungen, und 1891–92 die einzelnen Binder-Felder am Bahnhof zu Lille²⁾ mit Bogenstellungen ausgestattet. Letztere hätten schon eine gute Lösung ergeben, wenn man es bei den Bögen hätte bewenden lassen und sie als versteifendes Element, also mit statischem Hintergrund, nicht nur rein dekorativ ausgeführt hätte. Man brachte jedoch in den Bogenfeldern außerdem noch Diagonalen an, und dies mußte naturgemäß zu einem schönheitlichen Widerspruch führen.

Steife Ecken ohne Diagonalen zeigt die Wearbrücke bei Sunderland vom Jahre 1877³⁾, sowie der von Vierendeel 1892–93 erbaute Kirchturm von Dadizele⁴⁾. Letzterer dient zwar lediglich als Träger einer architektonischen Umkleidung, aber er muß hier doch erwähnt werden, weil Vierendeel die Gelegenheit benutzte, an ihm seine künstlerischen Anschauungen zum Ausdruck zu bringen und den Beweis zu führen, daß ihnen konstruktive Schwierigkeiten nicht im Wege stehen. Neuerdings begegnet man, wohl unter dem Einfluß künstlerischer Rücksichten, diagonallosem Eisenwerk öfters, z. B. in Belgien⁵⁾ (Abb. 17) und am Raschplatz Vordach der Bahnhofs-Erweiterung in Hannover (Abb. 136). Auch die neue Kinzua-Brücke⁶⁾ ist mit schrägenlosen sog. Steifrahmen-Pfeilern ausgeführt worden; es wird ihr ein günstiges Aussehen zugesprochen.

2. Einfluß des Lichts.

Für den schönheitlichen Eindruck eines Eisengefüges ist das Licht von großer Wichtigkeit. Man kann beobachten, daß es die Geschlossenheit und Entschiedenheit der Linie in hohem Maße beeinträchtigt, ja daß unter seiner Wirkung die Linien sogar krumm zu werden und in zitternde Bewegung zu geraten scheinen. Es beruht dies nicht auf einer subjektiven Augentäuschung, wie man vielleicht annehmen könnte, sondern auf physikalischen Gesetzen, auf den Erscheinungen der Irradiation, der Diffraction und der Interferenz, und kann dementsprechend auch auf der photographischen Platte festgestellt werden⁷⁾. Geht aber der Eindruck der Festigkeit, die ein Bauwerk vermöge seiner Konstruktion besitzt, auch nur scheinbar für den Anblick verloren, so schwindet damit ein wesentlicher Teil seiner Schönheit.

¹⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 28.

²⁾ Ebenda, Taf. 90, 91.

³⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 275, Fig. 302.

⁴⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 95. Der Eisenbau 1912, S. 104. Über Rahmenträger zu den Fachwerkträgern s. Zeitschr. f. Archit. u. Ingenieurwesen 1913, S. 67.

⁵⁾ Der Eisenbau 1911, S. 381.

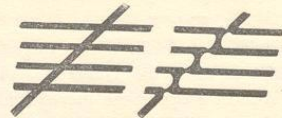
⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1902, S. 753, Fig. 5. Der Eisenbau 1912, S. 110.

⁷⁾ Vierendeel, Constr. arch., S. 567.

Als wichtigste Entstellungen durch das Licht sind anzuführen: Zwei parallele Stäbe, die einander genähert werden, scheinen sich gegeneinander zu biegen und schließlich, noch bevor sie sich berühren, zusammenzufließen. Kreuzen sich



zwei Stäbe schräg, so zeigt sich in der Winkelhalbierenden des stumpfen Winkels eine Einschnürung, unter Umständen sogar eine scheinbar völlige Trennung, während sich im spitzen Winkel die Stäbe zu verbreitern scheinen. Dies wird besonders auffällig, wenn ein gerader Stab mehrere parallele



Stäbe überschneidet. Er nimmt dann zuweilen fast Zickzackform an. Ein gerader Stab, der ungleichmäßig beleuchtet ist, erscheint in der Richtung nach dem Auge des Beschauers zu gekrümmt. Ein Stab, der gegen das Licht betrachtet wird, zeigt von der Nähe gesehen, scharfe Umrisse, aber diese werden immer verschwommener, je weiter das Auge sich entfernt, und zwar macht sich dies um so bemerkbarer, je dünner der Stab ist. Endlich scheint sich bei zwei sich schneidenden Linien jeder stumpfe Winkel zu vergrößern und jeder spitze



Winkel zu verkleinern, wie die bekannten Zöllner'schen Figuren zeigen. Infolgedessen liegt bei Parallelträgern mit flachen Diagonalen die Mitte des Trägers oft scheinbar höher, wenn die Diagonalen nach der Mitte zu fallen, während sie bei ansteigenden Diagonalen gesenkt erscheint. Es ist daher



im letzteren Falle die Ausführung mit entsprechender Überhöhung vorzunehmen, um die optische Absenkung auszugleichen. Bei gekreuzten Diagonalen heben sich die ungünstigen Wirkungen letzterer Art auf, auch verschwinden sie bei Neigung der Diagonalen unter 45°. Will man jedoch sämtliche Störungen vermeiden, so muß man volle Träger anstelle von Fachwerk anwenden, auch kann bei Hallen mit Glaseindeckung die Wahl eines leicht gelblich gefärbten oder eines matten an Stelle des gewöhnlichen Glases aus optischen Gründen vorteilhaft sein.

Nach dem Gesagten wird durch das Licht der Wert der Massen an den verschiedenen Konstruktionsteilen weitgehend beeinflusst u. zw. ändert sich die Verzerrung mit dem Wechsel des Standpunktes des Beschauers, so daß man beim Umhergehen unter einer mit vielen dünnen Stäben und Zugbändern konstruierten Halle die Empfindung einer fortdauernden flimmernden Bewegung erhält. Dies erweckt sicher oft Miß-

behagen und trägt damit zu einem unbefriedigenden Eindruck derartiger Hallen bei, wenn sich auch der Beschauer über die eigentliche Ursache nicht klar werden mag.

Es empfiehlt sich also auch aus diesem Gesichtspunkt heraus einfache, geschlossene Gestaltungen ohne dünne Zugstangen usw. zu wählen.

d) Einzelheiten.

Die bisher erörterten Leitgedanken sprechen sich vor allem an fernhin sichtbaren Brücken und an großen Hallen aus, weil bei ihnen naturgemäß die Einzelformen für den Gesamt-Eindruck zurücktreten. Daher wäre es verfehlt, das Heil für derartige Bauten in rein äußerlichen Zutaten, angehefteten Zierformen (Abb. 213) und ähnlichem Kleinkram zu suchen, oder gar zu erwarten, daß ein in den Hauptlinien und -verhältnissen mißratener Bau durch zugefügten „Schmuck“ künstlerisch gerettet werden könne. So augenfällig dies scheint, ist in dieser Hinsicht doch viel gesündigt worden.

1. Guß.

Zunächst hatte man geglaubt, schon in der unmittelbaren Übertragung der von Stein oder Holz her gewohnten Einzelformen einen Weg zur Kunst gefunden zu haben, zumal sich das Gußeisen diesem Bemühen willig darbot und sich ohne Schwierigkeit auf allen Flächen mit Ornamenten und Architekturklein bedecken ließ. Dafür geben die Stützen der Berliner Stadtbahn¹⁾ genugsam Belege, wenn auch nicht geleugnet werden kann, daß gerade hier, an den bekannten Pendelstützen, schon das Bestreben auftaucht, den Materialeigenschaften des Eisens gerecht zu werden. Aber das waren erst schwache Anfänge (Abb. 98).

Mit besonderer Zähigkeit hielt die klassische Schulung an der altgewohnten Kapitell- und Basisform fest, obwohl sich daraus gelegentlich große Härten ergaben. Denn während im Steinbau das Kapitell als Kopf einer Säule die Aufnahme einer frei aufgelegten, selbständigen Last vermittelt, ist im Eisenbau ein derartiges einfaches Auflagern selten möglich; vielmehr müssen Bögen, die sich über einer eisernen Stütze erheben, mit dieser in festem oder wenigstens gelenkigem Zusammenhang stehen, so daß wir es nicht mehr mit völlig getrennter Stütze und Auflast, sondern mit mehr oder weniger durchlaufender Konstruktion zu tun haben. Für diese besitzt aber der Kämpferpunkt keine so große Bedeutung mehr, und seine starke Betonung durch Kapitelle stellt sich nur als ein falscher Anklang an den Steinbau, als Erinnerungsrest und zugleich als eine gewisse Willkürlichkeit dar. Man denke z. B. an die National-Bibliothek in Paris²⁾ und an die Bahnhofshalle in Münster i. W. (Abb. 127).

In völliger Verkenntung des Eisencharakters wurden an der gußeisernen Kuppel über dem Hof der alten, aus dem 16. Jahrhundert stammenden Börse zu Antwerpen³⁾ die an letzterer vertretenen spätgotischen Stein-Zierformen aufgenommen. Auch die Turmspitze der Klosterkirche zum

guten Hirten in Aachen zeigt in Gußeisen nachgeahmte gotische Formen⁴⁾. Heute würde man derartige architektonische Aufgaben wohl weniger in getreuer Darstellung einer Steinarchitektur zu lösen suchen, sondern selbständiger, in der Art, wie man dem Dom zu Freiberg die neuzeitliche Vorhalle zur Goldenen Pforte angefügt hat, und jetzt einen neuen Turmbau anzufügen beabsichtigt. Damals, in den fünfziger und sechziger Jahren, wurde aber das Wesen der Gotik anders beurteilt, und die Anwendung des Gußeisens war noch zu neu, als daß sie schon einen eigenen Ausdruck gefunden haben könnte, wie ihn z. B. jetzt die von der Tangerhütte gefertigten Lichtmaste und Brunnen aufweisen⁵⁾. Und doch war mit der Börsenkuppel das Gußeisen schon zum Höhepunkt seiner selbständigen baulichen Entwicklung gelangt, indem man sich fortan immer mehr dem Schweißeisen zuwandte.

2. Schmiedearbeit.

Beim Aufkommen des Schweißeisens hatte man zunächst noch kein Gefühl für das Schöne einer klar herausgearbeiteten Konstruktion, vielmehr empfand man es als Roheit, sie sichtbar zu lassen, und man suchte sie daher durch ein historisches Formengewand zu verhüllen. Dabei konnten innere Widersprüche nicht ausbleiben, indem z. B. in der 1857–60 von Deanne und Woodward erbauten Halle der naturwissenschaftlichen Sammlung zu Oxford⁶⁾ nicht die scheinbar tragenden, an sich aber überflüssigen eisernen Gurtbögen, sondern die nach oben geführten Pfeiler-Verlängerungen die Last der Glasdecke und des Dachs zu tragen bekamen. Am Zirkus Otto in Berlin⁷⁾ verzierte man die glatten Untersichten der Gittersparren und Querverbindungen durch aufgesetzte profilierte Holzleisten und die Stöße durch hölzerne Zapfenspindeln. Ja noch am Hauptbahnhof zu Antwerpen glaubte man durch rein äußerlich angebrachte gotische Zierformen nachhelfen zu müssen⁸⁾. Nur langsam wurde eingesehen, daß es keinen Zweck habe, sogar im Sinne des Baustoffes stilwidrig sei, eine eiserne Hallenstirn oder eine eiserne Stütze mit den der griechischen oder römischen Baukunst oder der Gotik entlehnten Formen zu umkleiden (Abb. 123), während doch das Wesen des Bauwerks ein anderes war, also äußerliche Zierformen des Stein- oder Holzbaues in keiner Weise rechtfertigte. Jetzt erst kam man von den Renaissance-Formen des Pont Morand in Lyon (Abb. 63) zu der geklärteren und sachlicheren Ausbildung des Pont Du Midi (Abb. 64) daselbst⁹⁾ und erst jetzt begriff man die Schönheit des Linienflusses, jene technische Schönheit, die uns in jeder gut gebauten Maschine, im Schiff und im Automobil entgegentritt. Diese Erkenntnis hat, wie nebenbei bemerkt sei, auf der Dresdener Ausstellung von 1906 zur Einrichtung einer besonderen Abteilung für technische Schönheit geführt.

Das Auftreten des Schweißeisens führte von selbst dazu,

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen, 1866, S. 487.

²⁾ Der Baumeister 1909, S. 133 B. s. auch Gußeisen-Balkone in: Der Profanbau 1909, S. 428.

³⁾ Meyer, Eisenbauten, Taf. XII.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen, 1860, S. 7, Atlas Bl. 1–4.

⁵⁾ Ebenda, Taf. XX.

⁶⁾ Engin. Record 1901, Bd. 43, S. 105.

¹⁾ Heinzerling, Die Brücken der Gegenwart, Abt. I, Heft I, Taf. 1, Fig. 45.

²⁾ Meyer, Eisenbauten, Taf. X.

³⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 10.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

den Kunstschmied anstatt wie bisher den Modelleur und Former zur Auszier, wo solche überhaupt noch gewünscht wurde, heranzuziehen. Damit ließ man die rein äußerlich verwendeten historischen Formen immer mehr bei Seite, um neue Ausdrucksweisen aus der Eigenart des Eisens herauszusuchen; auch kam man, u. a. durch den hohen Preis der Kunstschmiedarbeit geleitet, sehr bald dahin, jeden Überschwang an ornamentalen Formen, wie man ihn von der Gußtechnik her oft noch gewohnt war, und wie er sich z. B. an den Joly-Treppen¹⁾ oft noch findet, zu verlassen, rein schmückende Zutaten nur an besonders zu betonenden Stellen zu verwenden, und ihre Gestaltung in möglichst engem Zusammenhang mit der konstruktiven Aufgabe des zu zierenden Bauteils zu wählen.

So haben die Stations-Zugänge der Pariser Stadtbahn²⁾ eine gefällige und dabei einfache Ausbildung in Schmiedeisen erfahren u. zw. hauptsächlich in drei Abwandlungen: die eine zeigt in der Haltestelle Porte Maillot eine Verdachung nebst teilweise verglasten Umfassungswänden; die zweite hat in der Station Hotel de Ville zwar ein Dach, aber anstatt der Wände nur ein die Treppenöffnung auf drei Seiten umschließendes Geländer. Die dritte Gruppe endlich ist nur mit einem Geländer ohne Dach ausgestattet, wie wir an der Station Rue de Rome sehen können.

Immerhin findet sich gelegentlich noch ein Überwuchern des Gefüges mit Zierformen z. B. an der Friedrichbrücke in Freiburg i. Br.³⁾, wo die Geländer-Felder abwechselnd als Eichen- oder Kieferngezweig ausgebildet sind, und die Pfosten Baumstämme darstellen, deren Wurzelwerk sich unten auf den Stegen des genieteten Blechbogens verzweigt.

Das reine Profileisen hat Horta in seinem Volkshaus in Brüssel⁴⁾ unter sparsamer Verwendung von Ornament und unter Heranziehung der Farbe unverdeckt zu verwenden und damit künstlerisch zu veredeln gesucht. In gleichem Sinne arbeitete Berlage, als er die aus Quadranteisen zusammengenieteten Stützen des Café de Croon in Amsterdam⁵⁾ nebst den darauf lastenden Unterzügen und Trägern sichtbar ließ.

In bewußter Absicht wurde bei neueren Brückenbauten, z. B. an der Stößensee-Brücke bei Spandau⁶⁾ kleineliches Beiwerk beiseite gelassen und die Hauptwirkung in einer ansprechenden Ausgestaltung des Stabwerks, der Geländer usw. gesucht (Abb. 77—79).

Profileisen, die beim Walzprozeß mit Ornamenten versehen werden, etwa die Mannstaedt'schen Fassoneisen, haben im eigentlichen Eisenbau nur wenig Anklang gefunden. Sie wurden beispielsweise zu dekorativen Leistenrahmen auf den Balkenträgern der Wiener Stadtbahn und zum Besetzen der Binderflansche am Ausstellungshaus der Laura-Hütte in Posen 1911 verwendet⁷⁾. Im allgemeinen scheut man sich aber, die schlichte Grundform des Eisens in einer Überfülle kleinlicher Formen zu ersticken und beschränkt

die Fassoneisen hauptsächlich auf kleinere Bauten, Ladenfronten, Gitter u. dergl. (Abb. 214, 215).

3. Gelenke.

Mit gewissem Befremden hat der Nichtfachmann die aus theoretischen und praktischen Erwägungen eingeführten Pendel- und Kugellager von Stützen und die Walzenlager und Gelenke von Bögen usw. aufgenommen. Ihre Wirksamkeit war ihm nicht ohne weiteres verständlich, vielmehr war er eher geneigt, in ihnen eine Schwächung der Konstruktion als eine Verbesserung zu erblicken.

Von Stein und Holz her war er gewohnt, in Stützen und Bögen die Abmessung nach den Auflagern hin gleich bleiben oder sogar noch wachsen zu sehen. Er fühlte sich daher von gelenklosen Bögen befriedigt, die gleichbleibenden, oder wie die Münstener Brücke (Abb. 59) nach dem Scheitel sich verringenden Gurtabstand hatten. Nun kam auf einmal der Ingenieur und zog gerade an den stärkstbelasteten Stellen die Querschnitte in eine scharfe Schneide oder nahezu in einen Punkt zusammen (Abb. 78). Das war etwas Neues und störte den mit der sachlichen Grundlage nicht vertrauten Beschauer, wie ja jede fremde Erscheinung mit Mißtrauen aufgenommen zu werden pflegt, bis der Mensch sie seinem Vorstellungskreis einverleibt, sein Auge daran gewöhnt hat.

Es ist daher verständlich, wenn auch nicht lobenswert, daß man es noch am Olympia-Saal zu London und an der Brücke über den Harlem-Fluß bei New York für ratsam hielt, die Gelenke der Eisenbögen mit äußeren Zierhüllen zu verdecken, und daß man auch bei Auslegern das Gelenk vielfach verborgen anordnete, z. B. an der Neckarbrücke in Mannheim (Abb. 27) und an den neueren Strecken der Berliner Hochbahn. An letzteren wurde der Gegensatz zwischen Stütze und eingehängtem Längsträger auch noch dadurch verwischt, daß man den Träger-Untergurt kurvenförmig in die Stütze überleitete (Abb. 36).

Übrigens hat ein Verstecken der Gelenke gar keinen Zweck, denn die Aufgabe, alle Kräfte in einen Durchgangspunkt zusammenzuführen und sie von hier in einen andern Konstruktionsteil überzuleiten, oder wie beim menschlichen Fuß, auf eine größere Sohle ausstrahlen zu lassen, entbehrt durchaus nicht der Möglichkeit künstlerischer Durchbildung. Es sei nur auf die Fußgelenke der Bahnhallen in Frankfurt a. M. (Abb. 124) und in Dresden, auf das Innere der Börse in Amsterdam¹⁾ sowie auf die mit Schneiden-Gelenk versehenen Pfeilerfüße am Hauptbahnhof zu Antwerpen²⁾ hingewiesen, oder auch auf die Gelenke der Stößenseebrücke (Abb. 77—79) bei Spandau und der Carola-Brücke in Dresden (Abb. 81). Der kürzlich eingestürzte 200 m hohe Telefunkenurm in Nauen ruhte mit seiner unteren Spitze sogar in einem einzigen Kugelgelenk³⁾, welchem somit konstruktiv wie ästhetisch eine bedeutsame Rolle zugewiesen war.

Ebenso wenig wie das Verstecken von Gelenken, ist ein Einlegen von Blindstäben zu billigen, durch die für das Auge

¹⁾ Bauwoche 1912, S. 15.

²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1903, S. 1833.

³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1903, Taf. bei S. 444.

⁴⁾ Meyer, Eisenbauten, Taf. XVII.

⁵⁾ Ebenda, Taf. XXVI.

⁶⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 326, Atlas Bl. 28—31.

⁷⁾ Der Eisenbau 1911, S. 395.

¹⁾ Meyer, Eisenbauten, Taf. XIX, XXI.

²⁾ Ebenda, Taf. XV.

³⁾ Der Eisenbau 1911, S. 378.

Balkendächer zu Bogendächern¹⁾ und Auslegerbrücken zu Balken- und kontinuierlichen Trägern umgestaltet werden.

4. Portale.

In der Erscheinung der Brücken spielen die Portale²⁾ eine wichtige, wenn auch oft übermäßig betonte Rolle. Sie müssen natürlich eine ihrem Material entsprechende Durchbildung anstreben. Die ersten Portale aus Gußeisen taten dies noch wenig, sondern schlossen sich z. B. bei den Brücken von Kehl (1860³⁾) (Abb. 12) und München (1875⁴⁾) eng an die Formen von Steinarchitektur an, und traten dadurch dem schmiedeisernen Tragwerk fremd gegenüber. Sogar noch die Elisabethbrücke in Budapest, die Königin-Luise-Brücke in Tilsit und die neue Rheinbrücke bei Kehl (Abb. 108, 113, 13) bewegen sich in Hausteinformen, wobei gelegentlich selbst tropfsteinartige Flächenbehandlungen nachgeahmt werden, wie man sie an Quadern des Rokoko findet.

Eine innigere Verbindung mit der Brückenkonstruktion ergab sich erst, als auch die Portale völlig aus Schmiedeisen hergestellt wurden, wie am Mühlensteg in Berlin⁵⁾ (1894), an der Weichselbrücke von Fordon⁶⁾ (1898), und in Linden (Abb. 102, 103). Von den steinernen Portalen wird weiterhin die Rede sein.

5. Zwischenpfeiler.

Mit Vorliebe pflegt man an Brücken an schönheitlichen, wie aus konstruktiven Erwägungen neben den Portalen auch die Auflagerstellen auf Zwischenpfeilern hervorzuheben. In diesem Sinne haben z. B. die Forthbrücke und die Rheinbrücke zwischen Homburg und Ruhrort eine die Stützpunkte hervorhebende Gurtlinie entwickelt (Abb. 20, 21).

Eine gute Ausgestaltung, die überdies noch mit eisernen Portalen verbunden wurde, zeigt die große Weserbrücke i. Bremen, deren Entwurf s. Zt. scharf bekämpft worden war (Abb. 21). Die Brücke ist als künstlerische Lösung eines reinen Eisen-Überbaues bedeutsam, der auf jede Zuhilfenahme von Stein verzichtet, und es ist der mit ihr beschrittene Weg ganz entschieden sachgemäßer, als die bei manchen neueren Brücken sich findende Verquickung von Eisenstab- und Trutzburgen-Bau (Abb. 73).

Brücken mit hohen eisernen Gerüst-Pfeilern, etwa die Talbrücken bei Schwarzenberg⁷⁾ (1889) und Anzelingen⁸⁾ (Abb. 15) ergeben meistens ein etwas nüchternes, unbefriedigendes Bild. Günstiger, weil individueller, wirken Turmpfeiler, wie sie an Balken-Brücken auf Java⁹⁾, oder als Fahrbahnstützen auf großen Eisenbögen, z. B. an der Garabitbrücke (Abb. 56) vorkommen; doch können bei solchen Bogen-Brücken auch Pendelpfeiler angezeigt erscheinen. Es sei nur an die Kornhausbrücke in Bern (Abb. 60) und die Kanderbrücke bei Wimmis erinnert (Abb. 84).

Angenehm empfunden wird eine Hinleitung des Auges auf die stützenden Pfeiler durch eine nach dem Auflagerpunkt sich herabkrümmende Untergurtlinie, wie an der Berliner Stadtbahn (Abb. 98), an der Argentobel-Brücke (Abb. 40) und an einer Brücke der Linie Limbach-Wüstenbrand in Sachsen¹⁾ (1900).

Die hohen Pfeiler der großen Hängebrücken verdienen besondere Beachtung und entsprechend sorgfältige künstlerische Behandlung, weil sie weithin sichtbar sind und das Gesamtbild des Bauwerks in hohem Maße beeinflussen. Beträgt doch an der Williamsburgbrücke²⁾ in New-York (Abb. 91) die Pfeilerhöhe 94,40 m, an der Manhattanbrücke³⁾ sogar 110 m über Mauerkrone.

Ein besonderer Vorteil eiserner Pfeiler, vor allem für Hängebrücken, ist der, daß man Horizontalspannungen außer acht lassen kann, wenn die Pfeiler, wie schon am Kettensteg in Bern, pendelnd gelagert werden. In diesem Sinne ruht z. B. jede Pfeilerstütze der Manhattan-Brücke auf einem Gelenk mit einer Walze von 60 cm Durchmesser, so daß also je nach den beweglichen Lasten und den Ausdehnungskräften ein leises Kippen möglich ist.

Überdies geht die Errichtung von Pfeilern bei Verwendung von Eisen schneller als bei Mauerwerk vor sich, auch lassen sich in Eisen größere Höhen erreichen, wodurch es insbesondere bei Hängebrücken möglich ist, die Kabel stärker durchhängen zu lassen, d. h. ihre Spannungen und damit ihre Abmessungen zu verringern. Schließlich sind eiserne Pfeiler bedeutend billiger als solche aus Mauerwerk.

6. Geländer.

Von großer Bedeutung für den Gesamteindruck der Brücken ist die künstlerische Ausbildung des Geländers.

Zunächst schien auch für letzteres das Gußeisen am geeignetsten zu sein, weil es die größte Freiheit in der Formgebung gewährte. Ein frühes Beispiel aus dem Jahre 1840 sehen wir an einer Parkbrücke zu Herrenhausen, wo man sich bereits völlig frei von der Nachahmung architektonischer Steinformen hielt (Abb. 4), während im Gegensatz dazu noch 1900 an der Alexanderbrücke in Paris⁴⁾ die gußeisernen Geländer ganz die Gestalt von steinernen Brüstungen bekamen (Abb. 65).

Besonders häßlich sind halbe Gußeisen-Docken, die nur für eine Außenansicht berechnet sind und im übrigen ihre Hohlseite zeigen, wie z. B. an der Berliner Stadtbahn zwischen den Bahnhöfen Tiergarten und Zoologischer Garten.

Mit dem allmählichen Übergang zum Tragwerk aus Schmiedeisen hat man auch die Geländer aus gleichem Material angefertigt, um das Bauwerk konstruktiv wie künstlerisch einheitlich zu gestalten, und die reiche Bildsamkeit des Schmiedeisens als Ziernoment auszunutzen. Dies geschah z. B. am Schlütersteg⁵⁾ (Abb. 100) und an der Fuß-

¹⁾ Der Eisenbau 1911, S. 102, Abb. 15.

²⁾ Technik und Wirtschaft. 4. Jahrg. S. 25.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 692.

⁴⁾ Ebenda, S. 1121.

⁵⁾ Ebenda, S. 696.

⁶⁾ Ebenda, S. 648, Fig. 824.

⁷⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1909, Bl. 69.

⁸⁾ Mehrtens, Eisenbrückenbau, S. 643, Fig. 817.

¹⁾ Ebenda, S. 674, Fig. 823.

²⁾ Le Génie Civil, Bd. 45, 1904, S. 209. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 1213.

³⁾ Welt d. Technik 1909, S. 351. Le Génie Civil, Bd. 45, 1904, S. 209. Engin. Record 1909, Bd. 60, S. 372. Der Eisenbau 1911, S. 157.

⁴⁾ Deutsche Bauzeitg. 1900, S. 357.

⁵⁾ Zeitschr. f. Arch. u. Ingenieurwesen 1900, S. 376.

gängerbrücke am Mühlendamm¹⁾ in Berlin, an der Hochbahn daselbst (Abb. 133, 134) und an der Rheinbrücke in Bonn²⁾. Aber das frei herausgearbeitete Schmiedewerk stand vielfach nicht in Übereinstimmung mit den strengen konstruktiven Linien des Eisengefüges; man hat sich daher bemüht, dem letzteren dadurch näher zu kommen, daß man die Geländer nach geometrischen Motiven entwarf und zu ihrer Herstellung hauptsächlich Profileisen verwandte, wie an der Stößensee-Brücke bei Spandau (Abb. 79), der Swinemünder-Brücke³⁾ und dem Borsigsteg (Abb. 93) in Berlin und der Rheinbrücke⁴⁾ zwischen Ruhrort und Homberg.

7. Knotenpunkte. usw.

Die Schönheit einer Eisenkonstruktion wird in hohem Maße von der Einzelbehandlung beeinflusst. Dieser Gesichtspunkt ist gegenüber der Rücksicht auf die Gesamt-Bindergestalt vielfach zu sehr vernachlässigt worden, wie dies bei vielen Bauwerken, deren Fernwirkung eine gute ist, besonders auffällt.

Gar manches Tragwerk, dessen ansprechende Gesamtlinien eine angenehme Vorfreude auf künstlerische Einzelheiten erwecken, erweist sich in der Nähe oft als eine rohe Zusammensetzung von Eisenteilen, die ohne ästhetische Lösung brutal abgeschnitten und zusammengenietet sind, wie wenn die schönheitliche Erwägung zwar bei einer in kleinem Maßstab aufgetragenen Gesamt-Skizze mitgewirkt hätte, die Einzelbearbeitung aber nur nach rein technisch-konstruktiven Gesichtspunkten erfolgt wäre.

Und doch liegen hier gleiche Verhältnisse wie im Hochbau vor, wo dieselbe Meisterhand, welche den Entwurf gestaltete, auch die Einzelformen angeben muß, wenn nicht das ganze Werk unter Umständen vollständig um seine Wirkung gebracht werden soll.

Man vergleiche z. B. das Gesamtbild des Kaiserstegs⁵⁾ in Oberschöneweide (Abb. 25) mit einer Knotenpunktslösung dieses Bauwerks (Abb. 26), oder man betrachte sonstige Einzelzeichnungen. Überall ist anscheinend nur auf das Ganze, auf die Fernwirkung gesehen, auf den Umriß, der sich gegen den hellen Himmel abzeichnet. Aber auf das Kleine und Einzelne, etwa auf eine organische Zusammenführung der Stabenden auf den Knotenblechen ist nicht genügend Bedacht genommen. So ist auch an den Bogen-Überleitungen zu den schrägen Stützen der Berliner Hochbahn das Knotenblech kurvenförmig weitergeführt, das säumende Kantenprofil aber dort, wo es nahe an die Stütze herantritt, einfach abgeschnitten worden, ohne Versuch einer künstlerischen Lösung für diesen Übergangspunkt (Abb. 36). Nicht gut sieht es bei Pfosten und kastenartigen Gurtungen aus Fachwerk aus, wenn man die Endquerschnitte aufgenieteter Flacheisen-Diagonalen zu sehen bekommt, anstatt daß sie von überstehenden Gurtblechen gedeckt werden, wie dies an Vierendeels Halle für La Louvière⁶⁾ und an der Stößensee-Brücke (Abb. 79) ge-

sehen ist; werden aber als Diagonalen gar Winkeleisen mit einem nach außen vortretenden Steg aufgenietet, so wird die Hauptlinie durch diese häßlich überschritten, und sieht zackig und zahnig aus (Abb. 16). Störend wirkt es auch oft im Gesamtbild, wenn Gurtplatten und Laschen genau an der Stelle, wo ihre statische Tätigkeit erlischt, hart abgeschnitten werden, anstatt daß sie bis zu einem schönheitlich besser geeigneten Punkt durchlaufen. In diesem Gefühl hat z. B. Otto Wagner an den eisernen Balkenbrücken der Wiener Stadtbahn die Untergurtbleche der Außenträger ununterbrochen bis an die Auflager fortgesetzt¹⁾.

Die Beispiele für eine nicht genügende Einzeldurchbildung könnten noch beliebig vermehrt werden, es würde aber zu weit führen, hier auf diesen Gegenstand noch länger einzugehen.

Zum großen Teil mag die unerquickliche Tatsache, daß oft nicht an die Möglichkeit, wenn nicht gar Notwendigkeit einer sich bis ins kleinste erstreckenden künstlerischen Ausgestaltung gedacht wird, in der Herstellung aus festen Elementarformen, den Normalprofilen, ihre Erklärung finden. Diese Normalien sind eben gegebene Größen, mit denen von vornherein gerechnet werden muß. In sich sind sie unwandelbar, und es besitzen daher die aus ihnen zusammengesetzten Gebilde, in der Nähe betrachtet, eine unbewegliche Starrheit, welche roh und unkünstlerisch wirkt, ähnlich den von Kindern aus dem Anker-Steinbaukasten hergestellten Bauten. Gerade durch diese Starrheit erhält aber das Normalprofil eine tyrannische Obergewalt, der sich die Einzelanordnung in Entwurf und Ausführung fügen muß; darauf beruht gewiß das oft Unbefriedigende gerade der kleineren Eisenbauten, weil diese entsprechend ihrer Abmessung nur für den Nahblick in Betracht kommen, während bei großen Bauwerken die Normal-Einzelheit im Gesamt-Überblick zurücktritt.

Es fehlt eben dem Normalprofil die Fähigkeit, die Form zu spezialisieren, es kann seine Funktion nicht zum Ausdruck bringen und wirkt infolgedessen nichtssagend. Bei Stein und Holz, den Hauptstoffen der bisherigen Baukunst, ist dagegen die Bildsamkeit eine viel freiere. Es macht keine Schwierigkeit, die mannigfaltigsten Gestaltungen zu wählen, und dabei mit Vorliebe an versinnbildlichende Vorstellungen, an Vermenschlichungen der statischen Wirksamkeit z. B. den ausgestreckten tragenden Arm anzuknüpfen, wie wir ja auch von „Stützen“, „Halten“ und „Spannen“, von „Fuß“, „Gelenk“, „Kopf“ und dergl. sprechen. In derartigem Sinne könnte jedoch bei gutem Willen auch das Eisen wirksamer ausgestaltet werden. Man vergleiche z. B. nur, wie die Querverbände der Swinemünder Brücke um die Pfosten gleichsam herumschlingen, sie umklammern und festhalten, damit sie ja nicht nach der Seite ausweichen können (Abb. 34).

Ferner mögen die Bearbeitungs- und Verbindungsweisen des Eisens zu sehr schematisiert, vielleicht auch noch nicht so vervollkommen sein, daß sie den Stoff beherrschen, und eine künstlerisch reife Behandlung desselben ermöglichen. Am deutlichsten bemerkt man dies dort, wo der Versuch einer freieren Ausbildung gewagt und beispielsweise eine Verbindung nicht lediglich in einer einzigen Ebene oder in nur

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 1121.

²⁾ Möhring, Stein und Eisen, Lief. 1.

³⁾ Ebenda, Lief. 3—5.

⁴⁾ Schaper, Eisenerne Brücken, S. 308.

⁵⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1900, S. 65, 291. Atlas Taf. 12, 13.

⁶⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 64, 65.

¹⁾ Zeitschr. d. Österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1898, S. 313. Daselbst auch Darstellung der sonstigen künstlerischen Gesichtspunkte, nach denen Wagner vorgegangen ist.

senkrecht zueinander stehenden Flächen konstruiert worden ist. So hat man bei den schrägen Anschlüssen der Schiffbinder in der großen Ausstellungshalle zu Frankfurt a. M. die Profileisen so gut es ging zurecht gebogen, ohne jedoch eine glatte Lösung, einen befriedigenden Übergang zum Hauptbinder zustande zu bringen.

Im Gegensatz dazu wirken Ausführungen, die noch vor der Herausbildung von Normalformen bewirkt worden sind, wie die kleinen Brücken im Park von Herrenhausen (Abb. 4, 5), oft recht günstig, u. zw. nicht nur in der Gesamterscheinung, sondern auch im einzelnen, z. B. in der Ausgestaltung der Druckstäbe. Auch sei in diesem Sinne an die Eisenarchitekturen auf der Schloßterrasse in Sanssouci¹⁾ (um 1770) und die geschmiedeten Monumental-Einfriedigungen der Place Stanislas in Nancy²⁾ erinnert.

Aber selbst wo die heutigen Eisenprofile Anwendung finden, ist eine gute Wirkung dann möglich, wenn ein tüchtiger Architekt nicht nur für die Gesamtlängen, sondern bis in jede Einzelheit hinein seine Hand im Spiel hat, wie dies an der Swinemünder-Brücke in Berlin zu erkennen ist³⁾ (Abb. 34, 37, 38). Spricht aber der Künstler nicht überall mit, so entstehen Gegensätze, die doppelt unangenehm zu Tage treten. Wie hart und unvermittelt schließen sich z. B. an der neuen Straßenbrücke bei Linden die Obergurte der Nebenöffnungen an das Hauptträger-Portal an (Abb. 103). Gar nicht zu reden von Bauten, bei deren Gestaltung schönheitliche Skrupel überhaupt nicht aufgetaucht sind, wie augenscheinlich an der Straßenbrücke über die Bahngleise in Hannover-Hainholz (Abb. 106).

e) Landschaftsbild.

Es wird in der Regel nicht genügen, ein Bauwerk für sich als harmonisches Ganzes herzustellen, sondern es kommt auch in Frage, ob es sich gut in seine Umgebung einfügt, ob es mit dieser in innerem Zusammenhang steht. Vor allem gilt dies von eisernen Brücken. Oft genug wird gegen diese der Vorwurf erhoben, daß sie im Stadtbilde und besonders in der Landschaft als störende Fremderscheinungen auftreten. Es muß daher von Interesse sein, den inneren Ursachen dieser unliebsamen Wirkung nachzugehen.

In erster Linie kann die Schuld darin liegen, daß bei dem Entwurf nicht genügend auf die örtlichen Verhältnisse Bedacht genommen wurde, auf die Anforderungen des Klimas, der geographischen Lage, der geologischen Beschaffenheit und der Geländegestaltung.

Tatsächlich traten derartige Rücksichtnahmen oft zurück, als die Eisenbahnen sich in unerwartetem Maße ausdehnten und dann später noch einmal, als die Städte mächtig anwuchsen und der Verkehr sich in ihnen ungeahnt entwickelte, es sich also in erster Linie darum handelte, die neuen baulichen Aufgaben mit möglichster Schnelligkeit zu lösen. Hierbei wurden die Entwürfe vielfach von Zentral-

stellen bearbeitet, und es bildeten sich Normalien heraus, bei welchen im Drange des Gestaltens die äußere Erscheinung neben technischen Fragen entweder überhaupt nicht berücksichtigt oder nicht genügend der Örtlichkeit angepaßt wurde; infolgedessen erschienen dieselben Bautypen bald in der Ebene, bald im Gebirge, in der Stadt wie auf dem Lande. Dieses schablonenmäßige Vorgehen war dem Ansehen des Eisenbaues von vornherein nicht günstig, weckte aber rückwirkend das ästhetische Gefühl und rief damit das Bemühen hervor, die Bauten harmonisch in die Gegend einzuordnen: So ist mit richtigem Gefühl für die Rheinbrücke bei Homberg ein in die flache Gegend passendes, nicht zu hoch ragendes Tragsystem gewählt worden (Abb. 41).

Gewisse Schwierigkeiten für das Einfügen eines Eisenbauwerks in die Örtlichkeit bereitet der Umstand, daß, während eine Steinbrücke sich durch die Wirkung ihrer Masse verhältnismäßig leicht der geschlossenen Form eines hügeligen oder waldigen Geländes, eines städtischen Baublocks, oder eines Monumentalgebäudes anzuschmiegen vermag (Abb. 111), das dünngliedrige Stabwerk einer Eisenbrücke von vornherein in Gegensatz dazu tritt. Auch stellt in der Stadt das Straßenbild, die Beziehung zu benachbarten Denkmälern, Platzanlagen, Ufergestaltungen usw. gebieterrische Anforderungen an das Bauwerk als Ganzes, wie auch an die Art und die Größenverhältnisse seiner Kunstformen. Insbesondere muß sorgfältig auf etwaige in der Nähe befindliche gleichartige Bauwerke geachtet werden. So wird es sich in der Nachbarschaft einer schon bestehenden Brücke empfehlen, mit einem Neubau entweder ein zweites, völlig übereinstimmendes Werk zu errichten, wie es bei der Harburger Straßenbrücke über die Norderelbe unweit der älteren Brücke mit Lohseträgern geschehen ist (Abb. 55), oder ein neues selbständiges System, aber mit ähnlicher Massenverteilung und ähnlichem Umrißwert zu wählen, wofür Dirschau (Abb. 6), Marienburg (Abb. 2, 14) und Kehl (Abb. 12, 13) Beispiele bieten.

Nicht günstig ist dem Eisen der Umstand, daß es als künstliches Erzeugnis der Natur fremd gegenübersteht. Sein Anblick löst daher in freier urwüchsiger Wald- und Gebirgsgegend bei dem Naturfreund vielfach das Gefühl eines Mißklangs aus, während Stein und Holz, als der Natur unmittelbar abgewonnene Stoffe, sich dem freien Landschaftsbild von vornherein viel ungezwungener anschließen.

Andererseits sind durch den Gegensatz zwischen dem kühnen Werk schwacher Menschenhände und den gewaltigen Gestaltungen der Natur diejenigen Brücken von guter Wirkung, die sich über scharf eingeschnittene tiefe Täler in oft schwindelnder Höhe hinwegspannen, wie die Brücken in Aix-les-Bains (Abb. 6), Münstgen (Abb. 59) und Wimmis (Abb. 84).

Schließlich spielt im Landschafts- und Städtebild der Hang zum Gewohnten, Althergebrachten, der Wunsch, ein aus früherer Zeit überkommenes Bild durch keinen Eingriff gestört, dauernd zu erhalten, eine große Rolle als Gegner des Eisenbaues. So hat man sich veranlaßt gesehen, vom ursprünglichen Plan eines Eisenersatzes für die Augustusbrücke in Dresden Abstand zu nehmen und, um das Gewohnheitsbild nicht zu ändern, die neue Brücke in der Gestalt der alten Steinbrücke, wenn auch in anderer Konstruktion, nämlich Eisenbeton herzustellen.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 205, Abb. 21. Manger, Baugesch. v. Potsdam. Uhde, Die Konstr. u. Kunstformen d. Arch. IV, 2. S. 204 mit Abb. auf S. 203.

²⁾ Brünig, Schmiedekunst, S. 90, 91. Uhde, a. a. O. IV, 2. Abb. S. 179.

³⁾ s. auch Endständ der Brücke „Kaiser Peter des Großen“ in Petersburg in „Der Eisenbau“ 1910, S. 323, Abb. 8.

II. Eisen und Stein.

Nicht immer wird das Eisen selbständig für sich verwendet, sondern es tritt oft mit anderem Material in tätige Verbindung, sei es zur Raumgestaltung oder auch zur linearen Verkehrsvermittlung, d. h. für Brücken. Die wichtigsten dieser Stoffe sind der natürliche und der künstliche Stein.

a) Raumbildungen.

In der Ausnutzung der Materialfestigkeit und in entsprechender Querschnitts-Einschränkung war die gotische Stein-Architektur schon sehr weit gegangen, und es erinnert nicht umsonst das Strebesystem von Köln, Freiburg, Mailand usw. schon in hohem Maße an Gußeisen (Abb. 276). Es ist daher nicht zu verwundern, daß die in alten Überlieferungen arbeitenden französischen Neu-Gotiker, an ihrer Spitze Viollet-le-Duc, um die Mitte des 19. Jahrhunderts den Versuch machten, das Gußeisen künstlerisch zu verwerten. So hat Boeswillwald im Jahre 1865 die Kirche von Masny¹⁾, eine einfache Dorfkirche, mit Mittelschiffsäulen aus Gußeisen ausgestattet, und dabei in den Vierungsecken entsprechend der größeren Last je drei solcher Säulen zu einer Gruppenstütze vereinigt, um kein besonderes Modell für eine einzige größere Stütze fertigen zu müssen, und um mit Hilfe des zwischen den drei Säulen durchschimmernden Lichts eine malerische und leichte Wirkung zu erzielen. Ferner spannte Boileau 1854–55 in der Kirche St. Eugène²⁾ in Paris die Gewölbe zwischen Gußeisen-Rippen ein, die auf hohen Säulen aus Gußeisen ihr Auflager fanden, und Victor Baltard stellte in der Kirche St. Augustin zu Paris das ganze Tragwerk mit allen Bündelpfeilern usw. aus Eisen her³⁾.

Alles dies ist um so bemerkenswerter, als sonst im Kirchenbau die Überlieferung allmächtig ist; es muß deshalb als eine doppelte Kühnheit angesehen werden, daß die Genannten Gußeisensäulen in eine gotische Kirche brachten, zumal Andere, wie Ruskin und seine Schule das Eisen in Acht und Bann erklärt haben. Aber schließlich läßt sich auch sagen, daß gerade die Gotik das Eisen gewiß schönheitlich befriedigend angewandt haben würde, wenn sie es in der heutigen Menge und Beschaffenheit überhaupt gehabt hätte.

Während das Eisen in den zuletzt erwähnten Bauten nur als ein dem Architekten interessantes Versuchsobjekt benutzt wurde, in einer Anwendung, für die auch der bisher übliche Stein hätte beibehalten werden können, trat es bald durch neuartige Erfordernisse, vor allem durch den Bau weitgespannter Hallen gezwungen als selbständiges Material auf den Platz, das seinerseits die bisherige Baukunst auf neue Wege hinwies. Nicht schlechte Erfolge erzielte es z. B. im Innenbau, in den Eingangshallen der Hauptbahnhöfe zu Frankfurt a. M.⁴⁾ und Dresden (Abb. 132). Sodann beanspruchten mit Recht die der Stadt zugewandten Hallenstirnen von Kopfbahnhöfen eine charakteristische Betonung in der äußeren Erscheinung des Gebäudes. In diesem Sinne wurde im Jahre 1880 von Schwechten der Anhalter Bahnhof⁵⁾

in Berlin als Ziegel- und Terrakottenbau mit einem großen, den Hallenumriß andeutenden Bogengiebel versehen (Abb. 195). Eine verwandte Ausbildung fand Stier am Bahnhof zu Bremen¹⁾ und unter Verwendung von Haustein Eggert am Hauptbahnhof zu Frankfurt a. M.²⁾. Gelegentlich tritt in einer Steinfront die eiserne Hallenstirn sogar unmittelbar in Erscheinung, wie in Rom³⁾ und Basel⁴⁾ (Abb. 143, 196).

Bei den meisten dieser Bauten trat die Steinarchitektur noch ziemlich fremd zu dem Werk des Ingenieurs; sie suchte dasselbe womöglich zu verhüllen, ohne daß eine innere Verbindung zwischen Eisen- und Steinbau stattgefunden hätte. Die Schwierigkeit einer solchen organischen Verschmelzung ist aber verständlich, da beide Bauweisen Kinder ganz verschiedener Anschauungswelten sind und dieser Gegensatz bis heute noch nicht ausgeglichen ist. Während am Palmenhaus in Leipzig sich die Eishalle schon ganz gut an den Steinbau anschließt (Abb. 199), läßt die neue Ausstellungshalle in Frankfurt a. M.⁵⁾ den harmonischen Zusammenklang von Steinbau- und Eishalle noch sehr vermissen. Dies darf indessen um so weniger Wunder nehmen, als die Erkenntnis, daß dort, wo Eisen das Wesentliche der Konstruktion ist, der Stein zurücktreten müsse, sich nur allmählich durchzusetzen beginnt. Die beiderseitigen Aufgaben liegen aber klar auf der Hand: Die Haupttragkräfte haben sich lediglich im Eisengefüge zu betätigen; der Stein dagegen hat die zum Raumabschluß nötigen Flächen einzuspannen, die Gefachausfüllungen, welche nur sich selbst zu tragen haben. Für derartige Zwecke eignet sich als Steinmaterial neben gewöhnlichem Ziegel auch Haustein, wie er an den Bahnhöfen in Hamburg und Hannover (Abb. 122) als Bossenplatte in die Eisengefache gestellt wurde, sowie feinkeramischer Stoff, welcher unter Umständen in reicher reliefierter und farbiger Behandlung auftritt und damit die schlichten Linien des Eisenwerks vorteilhaft ergänzt: Schon Labrouste belegte 1861 die nicht vom Oberlicht eingenommenen Kuppelflächen im Lesesaal der Nationalbibliothek zu Paris⁶⁾ mit eigens hergestellten glasierten Fliesen; noch mehr wurde von glasierten Fliesen und Terrakotten am Vestibule d'Jena der Pariser Weltausstellung von 1878 und am Dôme central ebenda 1889 (Abb. 166) für die Eisengefache der Außenseiten Gebrauch gemacht. Durch ihre Eigenart traten diese beiden Bauwerke trotz ihres oft großen Formenschwulstes in günstigen Gegensatz zum Ausstellungspalast von 1867, wo das Eisen noch in wenig durchgebildeter Form aufgetreten war, und zur Rotunde in Wien vom Jahre 1873, wo sich das Metall völlig versteckt hatte. Leider stand nur die Farbausstattung im Innern des Vestibule d'Jena nicht auf gleicher Höhe wie an den Außenfronten.

Naturfarbene wie auch buntglasierte Terrakotten wurden an verschiedenen Bahnhofshallen der Berliner Stadtbahn und in besonders farbenprächtiger, plastischer Ausgestaltung an den Bahnsteighäuschen des Hauptbahnhofs zu Köln a. Rh. verwendet. Sodann sind die Kaufläden der Dresdener Ausstellung von 1906 und die von Grenander entworfenen

¹⁾ Vierendeel, S. 108, Taf. 21.

²⁾ Nouv. annales de la constr. 1856, S. 17, 122, Taf. 49, 50. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881, Bd. 25, S. 31.

³⁾ Nouv. annales de la constr. 1872, S. 73, Taf. 33–36.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1891, Atlas Bl. 49.

⁵⁾ Berlin und seine Bauten 1896, Fig. 386, 387.

¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1890, S. 381.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1891, Atlas Bl. 47.

³⁾ Handb. d. Arch., 4. Teil, 2. Halbbd., Heft 4, S. 22.

⁴⁾ Ebenda, S. 24.

⁵⁾ Deutsche Bauzeitg. 1909, S. 283, 305, 357. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1909, S. 354, 365. Der Baumeister, 7. Jahrg., S. 139.

⁶⁾ Nouv. annales de la constr. 1869, S. 1, Taf. 1–2, 21.

Kassenhäuschen der Berliner Hoch- und Untergrundbahn¹⁾ (Abb. 211), die von demselben Künstler stammenden Zeitungskioske und ähnliche Kleinarchitekturen²⁾ durch geschmackvolle Vereinigung von Eisenkonstruktion und keramischer Füllung hervorgetreten. Hauptsächlich kamen dabei glatte, mit geflossenen Glasuren überzogene Fliesen zur Verwendung, gelegentlich, besonders an Decken der Untergrund-Bahnstationen auch plastische Tonplatten aus der Kaiserlichen Werkstatt in Cadinen³⁾. Erwähnung verdient die eigenartige keramische Rippenumhüllung und Eindeckung der Christuskirche in Boston⁴⁾, sowie die Auskleidung der inneren Kuppel- und Gewölbeflächen am Zentralbahnhof in Washington⁵⁾. Neuerdings ist auch vorgeschlagen worden, Mosaikflächen mit Eisenwerk in Verbindung zu bringen⁶⁾. Andererseits lassen sich selbst mit einfachen Ziegeln ansprechende Wirkungen erzielen, wie die in niedersächsischen Backstein-Zierverbänden ausgemauerten Gefache des eisernen Ausstellungsturms in Posen (1911) zeigen⁷⁾.

b) Brücken:

An eisernen Brücken kommt der Stein hauptsächlich in Gestalt von Pfeilern vor, die als Träger des Eisengefüges eine beträchtliche Rolle im Gesamtbild des Bauwerks⁸⁾ spielen. Dabei betonen sie entweder die senkrechte Linie, indem sie mittels architektonischer Aufbauten nach oben durchdringen, und, wenigstens für das Auge, das Eisenwerk seitlich aufnehmen oder sie geben der wagerechten Linie den Vorzug, und lassen über sich hinweg die Eisenkonstruktionen durchgreifen. Welche von diesen Möglichkeiten gewählt wird, hängt von künstlerischen Erwägungen und von den sachlichen Erfordernissen des Brückensystems ab. So verlangen die Balken- und Bogenbrücken nur Auflager- und Widerlagspfeiler (Abb. 105, 109), die Hängebrücken dagegen zur Aufnahme der Tragbänder hohe Aufbauten (Abb. 92, 94). Diese stellen also konstruktiv notwendige Teile der Gesamtbauwerke dar; sie haben neben starken senkrechten Lasten auch horizontale Beanspruchungen aufzunehmen, und diese Doppelnatur muß sich in entsprechender formaler Ausgestaltung kundtun, worauf allerdings nicht immer Rücksicht genommen worden ist.

Steinerne Hängebrückenpfeiler lassen sich zwar monumentaler ausgestalten, als eiserne, es stehen aber ihre Abmessungen selten mit den verhältnismäßig dünnen Traggurten in Einklang, besonders bei Kabeln (Abb. 86). Schon besser passen dazu Doppelketten mit zwischengelegter Versteifung (Abb. 88) und genietete Gurte, sei es mit steifem Profil (Abb. 90) oder mit elastischen Flachquerschnitten, wie an der neuen Kaiserbrücke in Breslau (Abb. 94). Im großen und ganzen wird jedoch für Hängebrücken die Verwendung eiserner Pfeiler größere Vorteile bieten⁹⁾.

Außer den Hängebrücken müssen auch solche gegliederte Systeme mit hochgehenden Pfeilern ausgestattet werden, bei denen das Auflager der Tragwände sich oberhalb der Fahrbahn befindet, wie am Lohse-System der Hamburger Elbe-Brücke (1868—72), an den neueren Brücken bei Dirschau und Marienburg (Abb. 9, 14) und am Schlüter-Steg in Berlin (Abb. 100).

Ferner sind Pfeileraufbauten gelegentlich notwendig, um hohe Tragwände gegen seitliche Schwankungen zu sichern, und Räume für militärische Zwecke, für Eisenbahnbetrieb, Schiffsahrtsdienst, Brückenzoll usw. zu schaffen.

In besonders organischem Zusammenhang mit dem Eisenwerk stehen die Steinpfeiler der Hochbahn in Berlin (Abb. 133).

1. Betonung der Senkrechten.

Die einfachste Vertikalbetonung geschieht durch Obelisk und dergleichen wie an der Jungbusch-Brücke in Mannheim (Abb. 75), sowie an der Achenbach-Brücke (Abb. 117) und am Zugang des Borsigstegs in Berlin (Abb. 92). Schon weiter gehen Pavillons, mit denen die Brücke in Mainz-Castell (Abb. 52) und die Kaiserstraßenbrücke in Bremen (1874)¹⁾ abgeschlossen wurden, sowie massive Türme, wie sie an den Brücken zu Coblenz (1864) (Abb. 48) und Rheinhausen²⁾ (1873) stehen. Bei solchen getrennten Kopfbauten werden aber, wenn die eiserne Tragekonstruktion nicht unter der Fahrbahn liegt, für den in der Richtung der Brückenachse sich nähernden Beschauer nur allenfalls die Tragwand-Stirnen verdeckt, während ein über der Fahrbahn liegender Windverband sichtbar bleibt, also roh und unvermittelt in die Erscheinung tritt. Besser ist es daher nach dem Vorbild der Waalbrücke bei Nymwegen (1879)³⁾ oder der Brücke von Fordon die Kopfbauten so weit auseinander zu rücken, daß die ganze Stirn des eisernen Brückenwerks übersehen werden kann, falls man nicht vorzieht, die Türme durch einen Bogen zu einem Tor zu vereinigen. Letzteres muß sich natürlich dem Eisengefüge so anpassen, daß es die Brückenstirn deckt, daß es also den Fehler der älteren Brücke von Dirschau vermeidet, bei welcher die lichte Toröffnung vom Querverband des Unterbaues überschritten wird⁴⁾ (Abb. 11).

Die Brückentore sind vielfach sehr schlicht ausgebildet. Sie bestehen z. B. an der Forthbrücke (Abb. 20) nur aus einem rechteckigen, von einer Bogenöffnung durchbrochenen Mauerklotz, während im Gegensatz dazu die gotisierenden Pfeileraufbauten mancher Balkenbrücken sich an feinen spielerischen Formen nicht genug tun können. In der Höhenabmessung hat man sich vielfach z. B. an der kleinen Weserbrücke in Bremen (Abb. 112) damit begnügt, nicht über das Maß der eisernen Tragwände hinauszugehen. Zuweilen wurde auch ein vollständiges weiteres Geschoß aufgesetzt und, wie an den älteren Brücken von Dirschau (Abb. 11) und Marienburg, mit Reliefs, Nischen und Blendbögen belebt, oder wie an den neueren Brücken in Hamburg⁵⁾ (Abb. 55) und Marienburg⁶⁾ (Abb. 14) mit Fenstern und Arkaden-Durchbrechungen versehen.

¹⁾ Neudeutsche Bauzeitg. 1908, S. 242.

²⁾ Ebenda, S. 244.

³⁾ Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Zeitg. 1910, S. 68.

⁴⁾ Ebenda, S. 90.

⁵⁾ Zeitschr. des österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, 23. 9. 1910, S. 609. Beton und Eisen 1910, S. 316.

⁶⁾ Wittig, Z. Eröffnung d. Untergrundb. n. Westend, S. 20.

⁷⁾ Der Industriebau 1911, Abb. S. 225 und 226.

⁸⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 1551.

⁹⁾ Der Eisenbau 1911, S. 325.

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 693.

²⁾ Ebenda, S. 575.

³⁾ Ebenda, S. 1565.

⁴⁾ Ebenda, S. 691.

⁵⁾ Ebenda, S. 694.

⁶⁾ Ebenda, S. 695.

An der neueren Brücke von Dirschau ist das obere Geschoß des von Jacobsthal entworfenen Portals mit einer einzigen großen Öffnung durchbrochen, die gleiche Weite wie das eigentliche Brückentor besitzt, also dieses gewissermaßen nach oben verlängert und damit allerdings übermäßig hervorhebt (Abb. 9). Im übrigen verzichten die Pfeiler dieser Brücke verständigerweise auf großen Aufwand, um nicht mit der reichen Turmanlage der alten Brücke in störenden Mitstreit zu treten (Abb. 6).

Verhältnismäßig kräftig sind oftmals die Aufbauten dort entwickelt worden, wo die Absicht vorlag, ein Bauwerk in der Landschaft bedeutsam hervorzuheben. Zu stark ist dieser Gedanke jedoch an den Türmen der neueren Brücke in Koblenz betont worden. Sie sind daher etwas schwer geraten, auch ist für ihre Einzelheiten ein zu großer Maßstab gewählt (Abb. 49).

Allzu wuchtige Steinbauten hat die neue Mainzer Eisenbahnbrücke erhalten¹⁾; vor allem ist der linksufrige Portalbau zu stark entwickelt. Er steht zwar mit Hilfe der kräftigen Straßen-Überwölbung in guter Verbindung mit der Masse des Bahndamms, ist aber zu schwer für die daneben zierlich erscheinende Eisenkonstruktion (Abb. 73). Einfacher sind dagegen die unter sich reizvoll verschiedenen Pfeiler mit Portal-Doppeltürmchen auf der Petersaue und am rechten Ufer.

Mit ähnlichem Charakter wie in Mainz, aber leider auch zu anspruchsvoll treten die Portalbauten der beiden neuen Rheinbrücken in Köln²⁾ auf (Abb. 114). Welche Schwierigkeiten im Abwägen der Massen usw. die Portalbauten oft bringen, läßt auch die Große Wandrathsbrücke in Hamburg ersehen, wo die Steinarchitektur zwar zu groß für das Eisenwerk erscheint, aber andererseits gegen die großen Hausbauten der Umgebung nicht recht aufzukommen vermag.

In Gegenden von ausgesprochenem architektonischem Charakter liegt es nahe, an diesen künstlerisch anzuknüpfen, wie es Möhring mit seiner Moselbrücke bei Trarbach³⁾ getan hat (Abb. 74). In ähnlicher Aufnahme alter Überlieferungen sind für die Türme der Straßenbrücke in Worms⁴⁾ frühere Stadttore zum Vorbild gewählt worden, wobei die Architektur zwar sehr wirksam ausgefallen ist, aber das künstlerisch richtige Maß weit überschritten hat (Abb. 66). An die Formen des Oberlahnsteiner Schlosses und ähnlicher alter Bauwerke der Rhein- und Moselgegend hat sich wohl Billing mit den Kopfbauten der Rheinbrücke zwischen Homberg und Ruhrort angeschlossen⁵⁾ (Abb. 41). Hierbei gewann er eine ausdrucksvolle, aber nicht durch den Zweck geforderte Anlage dadurch, daß er unmittelbar vor die Brücke nur kleine Zollhäuschen stellte, und diese durch viertelkreisförmige Säulenhallen mit einem etwas seitwärts gerückten Turmpaar verband, so daß ein Vorplatz für die Brücke entstand.

¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1904, S. 213. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1904, S. 686.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1908, S. 386, 398. Die Bauwelt 1910, Nr. 13, S. 9.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 699.

⁴⁾ Ebenda, S. 698.

⁵⁾ Deutsche Bauzeitg. 1907, S. 629 u. f.

Einen im Gegensatz dazu bescheidenen Abschluß hat die Weichselbrücke bei Münsterwalde erfahren, deren Kopfbauten in Anlehnung an die längs der Weichsel zerstreuten alten Bauten des Deutschritter-Ordens in gedungenen Formen aus Klosterziegeln hergestellt und mit einem Fries aus Cadiner Ton geschmückt sind¹⁾ (Abb. 116).

Fragen wir überhaupt nach der inneren Berechtigung steinerne Brückenportale, so ist den sich täglich mehrenden Stimmen beizupflichten, welche sich gegen die Errichtung solcher zweckloser und dabei kostspieliger Bauten wenden, und dafür der Ausbildung des Brücken-Endes rein in Eisen das Wort reden²⁾:

„Weg mit der Unwahrheit, weg mit den Steinmasken. Eine eiserne Brücke muß sich als solche zeigen, als ein Tragwerk aus Eisen . . . Eisenkonstruktionen bauen, die bei allen ihren Vorzügen doch eine häßliche Seite haben, und diese Seite dann mit Stein zudecken, ist ganz verkehrt.“³⁾ Und gar die mittelalterlichen Festungsanlagen und Verteidigungstürme haben in unserem Zeitalter keine Berechtigung mehr; ihre rein dekorative Verwendung wie in Mainz und Köln bringt bei so neuzeitlichen Bauwerken wie den eisernen Brücken einen inneren Zwiespalt in das Ganze, und läßt die aufgewandten künstlerischen und finanziellen Mittel nicht in Einklang mit dem Zweck erscheinen. Auch soll die Brücke zum Verkehr einladen, ihn vermitteln, nicht aber, wie ein Sperrfort, ihn mit dräuender Geste zurückweisen.

2. Betonung der Wagerechten.

Im Gegensatz zur Vertikalen kommt vielfach die wagerechte Linie zur Vorherrschaft, indem sich wie an der Donaubrücke bei Vilshofen⁴⁾ (1872) der eiserne Überbau über die steinernen Zwischenpfeiler hinwegstreckt. Auch die aus mehreren Halbparabeln oder Bogenträgern mit Zugband zusammengesetzten Brücken pflegen sich im ganzen als horizontale Gebilde darzustellen, bei denen in Anbetracht der aus dem rhythmischen Herunterschwingen der oberen Gurtungen sich ergebenden Längsteilung eine weitere künstlerische Betonung der Mittelstützen in der Regel nicht stattfindet (Abb. 74, 83). Aber selbst in solchen Fällen kann man es sich vielfach nicht versagen, wenigstens den Brückenkopf mit Hausteinaubauten auszustatten, wie an der Weichselbrücke bei Graudenz⁵⁾ (1879) und den Eisenbahnbrücken über den Rhein bei Worms und Roppenheim (Abb. 67, 101) geschehen ist. Ein Steinportal auf der Stadtseite und ein Eisenportal (Abb. 113) auf der Nordseite bekam die Königin-Luise-Brücke in Tilsit (1904—7).

III. Eisen und Beton.

Sinngemäß Ähnliches wie für Eisen und Stein gilt auch für das Zusammenwirken von Eisen mit Beton. Letzterer tritt z. B. in den Seitenöffnungen der Stubenrauchbrücke⁶⁾

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1910, S. 58. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1909, S. 461.

²⁾ Technik und Wirtschaft, 4. Jahrgang, 1. Heft, S. 25.

³⁾ Ebenda, S. 30, 31.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 913.

⁵⁾ Ebenda S. 916.

⁶⁾ Ebenda, 1908, S. 1942.

bei Berlin auf, wo Eisenbetongewölbe mittels kleiner Pfeilern und Bögen die Fahrbahn tragen; durch diese Gliederung ist eine schwere Erscheinung vermieden und ein harmonisches Zusammengehen von Eisen und Beton erzielt. Verständiger Weise sucht die Betonfläche nicht durch Scheinfugen usw. eine Steinnachahmung zu erreichen, sondern sie ist gleichmäßig scharriert und verleugnet so in keiner Weise den einheitlichen Zusammenhang der Massen.

Durchaus zu verwerfen ist bei tragendem Eisenwerk eine Beton- oder Eisenbetonummhüllung, die einen massigen Eindruck erzielen oder gar Mauerwerk ¹⁾ vortäuschen soll. In St. Louis ²⁾ und an der Hochbahn in Boston ³⁾ (Abb. 33) kommt zwar eine derartige Verkleidung vor, aber als nachahmenswert kann sie nicht bezeichnet werden. Außerdem hat man mit ihr über das Ziel hinaus geschossen und besonders in Boston eine schwere und plumpe Wirkung erreicht.

Zur Wandausfachung von Eisenhochbauten ist der Beton technisch wie künstlerisch durchaus geeignet. Nur muß er den Charakter einer derartigen Füllkonstruktion wahren, und darf z. B. nicht den Anschein wuchtiger Massivpfeiler erwecken wie an der Giebelfront der sonst so rühmnswerten Turbinenfabrik für die A. E. G. in Berlin ⁴⁾ (Abb. 154).

IV. Architekt und Ingenieur.

In hohem Maße hat die schönheitliche Entwicklung des Eisenbaues unter der Trennung des Bauwerks in die Sondergebiete des Ingenieurs und des Architekten gelitten.

Der englische Utilitarismus allerdings kannte einen Zwiespalt zwischen den Anschauungen des Architekten und denen des Ingenieurs überhaupt nicht, da er nur die Zweckmäßigkeit zur Richtschnur nahm. Indem er aber erklärte, daß das Zweckmäßige schon von selbst schön sei, vergaß er, daß dieselbe praktische Aufgabe meistens verschiedene technische Lösungen zuläßt, und daß unter diesen sich die eine oder andere durch besondere schönheitliche Vorzüge auszeichnen kann, ohne deswegen gegen die Forderungen der Zweckmäßigkeit zu verstoßen.

Die französischen Architekten empfanden den Gegensatz zum Ingenieur schon stark, wenn auch mehr im Sinne einer Abwehr, was Davioud zu den Worten veranlaßte: „der natürliche Verlauf der Dinge, der stets den ‚Eindringlich‘ begünstigt, hat die berechtigte Furcht entstehen lassen, daß eine vollständige Verschiebung der Rollen sich vollziehen, daß der Architekt in die Abhängigkeit des Ingenieurs geraten werde.“ Mit der Zeit gewann aber das Gefühl, daß von dieser Seite keine Gefahr drohe, daß vielmehr der Ingenieur einer künstlerischen Ergänzung bedürfe, die Überhand und es warf daher 1893 aus den Ingenieurkreisen heraus der Holländer de Koning in Delft die Frage auf, ob die Ingenieure wirklich die Pioniere der Bildung seien, als die man sie bezeichnet habe, und ob es nicht vielmehr eine niedere, als eine höhere Bildung sei, der man als Pionier diene. „Vernachlässigen wir nicht oft die höhere ethische Seite unseres

Faches zu Gunsten der materiellen? Was hat die Kunst, was hat das Schöne uns zu danken?“

Es wäre aber verkehrt, nur dem Ingenieur die Schuld in die Schuhe zu schieben, wenn eine Bauaufgabe nicht schönheitlich befriedigend in Eisen gelöst wurde. Denn an der Rotunde zu Wien (1873) hatte der großzügige Entwurf einen Ingenieur zum Verfasser, aber der Architekt verstand es nicht, auf gleichen Bahnen zu folgen und den hochfliegenden Grundgedanken künstlerisch gleichwertig in die Wirklichkeit zu übersetzen.

In Deutschland entwickelte sich ebenfalls ein starker Gegensatz zwischen dem Architekten und dem Ingenieur. Es entstanden Verhältnisse, wie sie noch kürzlich der Architekten- und Ingenieurverein in Bremen folgendermaßen zum Ausdruck brachte:

„Den Architekten ist der Vorwurf — namentlich aus der Vergangenheit heraus — nicht zu ersparen, daß es ihnen nur ausnahmsweise gelungen ist, in die Logik einer Ingenieurkonstruktion, die sie zu ‚verschönern‘ hatten, einzudringen. Sie klebten meistens ihre Schmuckformen kulissenartig vor die Konstruktionsform, diese als notwendiges Übel möglichst verhüllend, anstatt eine aus dem Verständnis für dieselbe hervorgehende Verschmelzung von Konstruktion und Schmuck zu einem Kunstwerk anzustreben.“

Der Ingenieur dagegen sieht bzw. sah auf die Kunst des Architekten als auf etwas Nebensächliches, Minderwertiges herab (nicht ganz mit Unrecht, wie obige Darstellung erkennen läßt), und suchte, da ihm die Arbeitsweise der Architekten nicht zusagte, sich von diesen möglichst frei zu machen, indem er entweder auf jede Schmuckform verzichtete, oder es unternahm, diese selbst zu machen. Zu letzterem Beginnen fehlte ihm natürlich jede Vorbildung. Daher die vielen wenig befriedigenden Brückenköpfe, Tunnelleingänge usw.“

Etwas anders, aber vielleicht dem Kern der Sache näher kommend, spricht sich neuerdings eine Fachzeitschrift aus mit den Worten:

„Nicht das Zusammenarbeiten an sich, sondern die früher grundsätzlich verschiedene Arbeits- und Anschauungsweise von Architekt und Ingenieur war am Mißlingen schuld. Der Ingenieur war in dem Arbeitsgebiet, das ihm bei der Teilung zufiel, von jeher gezwungen, aus den praktischen Bedingungen heraus zu formen, weil die Außerachtlassung solcher Bedingungen sich früher oder später am Bau selbst rächen mußte. Seine Mißgriffe bestanden daher allenfalls in einer Überschätzung gewisser Konstruktionssysteme und Materialien. Die Phantasie des Architekten hingegen war infolge einer zu sehr auf Äußerlichkeiten gerichteten Schulung an den Bauten vergangener Zeiten geneigt, ohne Rücksicht auf Zweck und sonst vorhandene Bedingungen historische Massengruppierungen, die als natürliche Lösungen der Bauaufgaben verflössener Jahrhunderte entstanden waren, als ‚Motive‘ auf die ihr innerlich fremde Ingenieurkonstruktion aufzupropfen. Man erinnere sich nur der mittelalterlichen Torbogen, die ziemlich alle großen Eisenbrücken entstellen. Damals war es kein Zusammenarbeiten, sondern nur ein Über-

¹⁾ Engineering News 1904, S. 431.

²⁾ Ebenda, 1909, S. 671. Engineering Record Bd. 60, 1909, S. 520.

³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 1625.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

arbeiten der fertigen Ingenieurkonstruktion durch den Architekten.“

Im Sinne dieser letzteren Darlegungen ist es zu verstehen, wenn gelegentlich schon erklärt wurde: „um den Ingenieurbauten die Schönheit wiederzugeben, soll man verhindern, daß ein Architekt mit herangezogen wird“¹⁾.

Gewisse Parallelen zur Lage der Eisenkunst bietet ein in neuerer Zeit ebenfalls viel behandeltes Gebiet, das des Städtebaues, auf dem vor einigen Jahrzehnten bis in unsere Tage vielfach nur die nüchterne Überlegung, das Schema des Geometers und des Ingenieurs herrschte, während sich der Architekt in der Hauptsache auf den Einzelschmuck des Stadtbildes, auf das einzelne Gebäude zu beschränken hatte; erst in jüngster Zeit wird die Möglichkeit, ja Notwendigkeit einer künstlerischen Gesamtanlage mehr in den Vordergrund gestellt.

Ebenso gestalten sich jetzt im Eisenbau die Verhältnisse unzweifelhaft im Sinne einer inneren Annäherung zwischen Architekt und Ingenieur um, wobei der Architekt sich mehr und mehr der früher vielfach mißachteten Nutzbauten und damit auch des Eisenbaues annimmt und die Auffassung des Ingenieurs eine Wandlung nach der künstlerischen Seite hin im Sinne eines Zusammenarbeitens mit dem Architekten durchmacht. Man empfindet eben immer klarer, daß es verkehrt sei, in der bisher beliebten Weise getrennte Wege einzuschlagen, d. h. zunächst vom Ingenieur das eigentliche eiserne Tragwerk entwerfen zu lassen, und dann den Architekten herbeizurufen, damit dieser es mit kleinem Ornament, oder mit an sich überflüssigen Toren und Portalen ausstatte. Derart lagen die Verhältnisse noch zur Zeit von Stüler, der an der alten Weichselbrücke bei Dirschau nur hinsichtlich der steinernen Vorbauten mitzureden hatte. Aber bei der neuen Brücke daselbst war es schon anders, indem der Einfluß von Jacobsthal sich auch auf die Gestaltung des Eisenwerks erstrecken durfte. Noch freier konnte sich das künstlerische Empfinden an der Weichselbrücke bei Fordon betätigen, deren klare Anordnung mit ihren in Kurven geführten Linien und ihren ausgerundeten Eckansätzen besonders in der Innenansicht von pulsierendem Leben erfüllt ist²⁾.

In neuester Zeit läßt sich die immer stärkere Vereinigung der Ingenieur- und Architektentätigkeit deutlich an den Hochbahnen verfolgen, die ohne gleichartige Vorbilder und damit ohne die Hemmnisse einer alten Überlieferung lediglich aus heutigen Anforderungen heraus erwachsen durften.³⁾ Die ersten derartigen Anlagen, die amerikanischen (Abb. 30), und als erste deutsche die Schwebebahn Barmen-Elberfeld⁴⁾ lassen allerdings noch kaum etwas von dem neuen Geiste verspüren: Die Eisenkonstruktion ist ziemlich nüchtern entworfen und von den Haltestellen läßt fast nur Döpperberg, das nach einem Entwurf von Möhring gestaltet ist, eine großzügige Auffassung erkennen⁵⁾. Schon merkbar ist das all-

mähliche Entstehen eines Einvernehmens zwischen Kunst und Konstruktion an der Berliner Hoch- und Untergrundbahn¹⁾ zu verfolgen, und zwar um so deutlicher, je jünger die einzelnen Teilstrecken sind:

Die östliche Strecke wurde noch fast ausschließlich unter dem Einfluß des Ingenieurs errichtet. Dann wurde der Architekt zu einzelnen besonders auszuzeichnenden Punkten hinzugezogen, wo es sich z. B. darum handelte, eine Haltestelle durchzubilden und dem Straßenbild wirksam einzufügen. Schließlich hat der Architekt auch bei der Ausbildung des Eisenwerks für die laufenden Bahnstrecken mitgewirkt (Abb. 32, 35, 37), vor allem zwischen Potsdamer Straße und Nollendorfplatz. Dabei wurde allerdings noch gelegentlich die wirkliche Konstruktion, insbesondere, wie schon erwähnt, das Einhängen der Längsträger verdeckt, auch wurde manche Konstruktionshärte durch äußeren Zierat verhüllt, anstatt daß eine befriedigende Lösung in der Konstruktion selbst gesucht worden wäre; selbst Steinformen wurden noch in Eisen nachgebildet. Aber mit der Zeit sind solche Fehler immer mehr vermieden worden, besonders an den neuesten Untergrund-Haltestellen (Abb. 204), indem der Architekt immer tiefer in die Denkungsweise des Ingenieurs eindringt und es immer mehr lernte, den konstruktiven Absichten zu folgen und sie klar zu betonen. So wurden bei der Ausbildung der schmiedeisernen genieteten Stützen²⁾ die Schmuckteile fast nur aus bearbeitetem Walzeisen hergestellt, die „durch ihr Profil, die Stärke, durch Biegen, Spalten, Aufrollen der Flansche, durch Verkröpfen, Aufklaffen und Lochen die verschiedensten ornamentalen Wirkungen ergaben.“ Hierzu besitzen wir zwar schon Vorläufer in den aus Walzprofilen und Blechen zusammengegenieteten Säulen der Pariser Maschinenhalle von 1889³⁾, welche lediglich durch ihre Linienführung wirkten und die durch ihre elegante und zugleich kraftvolle Erscheinung die Tragfähigkeit des Materials vortrefflich zum Ausdruck brachten; aber an der Hoch- und Untergrundbahn ist der Gedanke selbständig weitergeführt und er hat durch seine Folgerichtigkeit viel dazu beigetragen, den Begriff von den Zielen der Eisenbauweise zu klären, so daß bei verwandten Aufgaben der Zukunft auf eine gedeihliche Entwicklung zu hoffen ist.

Selbst einfache, bescheidene Bauaufgaben, die oft nur von nüchternem Standpunkt aus behandelt wurden, haben in neuerer Zeit die Hand des Architekten an sich verspürt, wofür das Krankenhaus an der Möckernbrücke (Abb. 185) in Berlin und die Bedürfnisanstalt in der Martin Lutherstraße zu Schöneberg gute Beispiele bieten⁴⁾.

Auch an den neueren großen Brücken wie in Worms, Bonn, Trarbach und Ruhrort (Abb. 66, 67, 74, 41) hat sich ein verständnisvolles Zusammenarbeiten von Kunst und Wissenschaft im großen und ganzen als förderlich für das Bauwerk wie für das gesamte Bauwesen erwiesen⁵⁾, mag man auch über Einzelnes weniger günstig urteilen.

¹⁾ Industriebau 1911, Heft V, S. 103. Stahl und Eisen 1913, S. 59.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverwltg. 1893, S. 453.

³⁾ betr. New-York und Philadelphia s. Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen, 1. Nov. 1911, S. 205, Abb. 9. und S. 206, Abb. 11.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverwltg. 1900, S. 506.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, Tafel bei Seite 1388.

¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1902.

²⁾ Ebenda, Nr. 42, Tafel-Beilage und S. 281.

³⁾ Le Génie Civil 1889, Bd. 15, S. 187 Fig. 3.

⁴⁾ s. auch Kassenhaus: Deutsche Bauzeitg. 1902, S. 265.

⁵⁾ s. a. Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 442, Roentgenbrücke in Charlottenburg.

Selbst in dem als nüchtern verschrieenen Amerika beginnt es sich zu regen. So wurde an der Manhattanbrücke der Architekt mehr als bisher in Amerika üblich war, zu Rate gezogen; für die Cambridge-Brücke in Boston reisten sogar der Ingenieur und der Architekt eigens nach Europa, um Brücken zu besichtigen; und der Entwurf für die neue, als Gegenstück zur Brooklynbrücke gedachte Bogenbrücke über das Hell Gate in New-York (300 m) hat einen Ingenieur, Lindenthal, und einen Architekten, Hornbostel, zu gemeinsamen Verfassern¹⁾.

Besonders bezeichnend auch hinsichtlich der künftig einzuschlagenden Wege ist der vor einiger Zeit entschiedene Straßenbrücken-Wettbewerb für Saarbrücken²⁾, indem die Architekten der preisgekrönten Entwürfe sich den leitenden Gedanken des Ingenieurs besonders eng anschlossen, gerade dadurch aber mit geringstem architektonischen und finanziellen Aufwand die ästhetisch am höchsten befriedigenden Lösungen zu finden vermochten.

Wollte man aber nach diesen erfreulichen Erscheinungen bereits auf einen hohen schönheitlichen Durchschnittswert der gesamten Eisenbauten schließen, so würde man sich einer groben Täuschung hingeben. Was an mustergültigen Ausführungen zustande gekommen ist, zeigt uns zwar, daß es möglich ist, ästhetische Grundsätze zu verfolgen, aber es stellt zugleich nur vereinzelte Gipfelpunkte dar, die sich stolz über die nicht vom Strahl der Kunst beschienenen Niederungen erheben.

C. Sicherheit.

I. Natürliche Auslese.

Die Sicherheit einer Eisenkonstruktion beruht in erster Linie auf der Zweckmäßigkeit des gewählten Systems. Die einzelnen Konstruktionssysteme selbst entwickelten sich aus empirischen Anfängen heraus und vervollkommneten sich erst allmählich mit der zunehmenden Erfahrung und der sich ausbildenden Theorie. Beide standen naturgemäß beim Aufkommen der Eisenbauweise auf sehr niedriger Stufe. Die Ingenieure der ersten Zeit waren daher in hohem Maße auf ihren praktischen Blick und auf ihr konstruktives Gefühl angewiesen, und je nachdem sie dadurch richtig oder unrichtig geleitet wurden, bewährten sich ihre Werke sehr verschieden: Während die ersten gußeisernen Brücken über den Severn³⁾ und über das Striegauer Wasser⁴⁾ noch heute unversehrt dastehen, sind andere Systeme, wie das der Schifkornbrücken⁵⁾ entweder nach kurzer Dauer wieder verschwunden, oder sie haben, wie die Hängebrücken, erst nach erheblicher Verbesserung eine betriebssichere Gestalt angenommen⁶⁾. Es vollzog sich eben hier am Menschenwerk derselbe Vorgang der natürlichen Auslese, der in der freien Natur

zu den zweckmäßigsten Formen geführt hat oder, wie Schwen-dener sagt:

„ Unsere eisernen Riesenbrücken, unsere Tunnelbauten, alles, was der Scharfsinn moderner Ingenieure an dahin gehörigem hervorbringt, seit ungezählten Jahrtausenden haben in der Stille des Waldes, in der Tiefe der Seen und Ströme, in Steppen und auf Bergeshöhen, Pflanzen weit kompliziertere Probleme in schweigendem Schaffen gelöst durch den Untergang des Unvollkommenen, das Überleben und Vererben des Besseren.“

II. Nebenspannungen und Knotenpunkts-Ausbildung.

Gefährdend ist das Auftreten von Nebenspannungen. Die wissenschaftlichen Untersuchungen von Gerber und Schwedler, und unliebsame Erfahrungen wie der Einsturz der Mönchensteiner Brücke, gaben Anlaß durch zentrische Knotenanschlüsse und durch Wahl symmetrischer Konstruktionsquerschnitte die Nebenspannungen möglichst einzuschränken. Die zu gleichem Zweck vorgeschlagenen Gelenkbolzenknoten, wie sie nach Gerber 1880 an der Eisenbahnbrücke über die Rösau bei Seussen, 1881 an der Eisenbahnbrücke über den Ellhofertobel bei Röttenbach (beide 40 m Spannweite) und 1882–83 an der Straßenbrücke über den Main bei Wertheim (67,7 m) angewandt wurden, haben sich besonders nach den Beobachtungen von Manderla, nicht als so beweglich erwiesen, wie man auf Grund der Theorie erwartet hatte. Auch in Amerika wurde die gleiche Erfahrung gemacht, ja es werden sogar viele dortige Brückeneinstürze auf die durch gelenkförmige Knotenausbildung bewirkte Verminderung der Quersteifigkeit zurückgeführt. Man scheut sich überdies in Amerika die Bolzenstäbe abwechselnd auf Zug oder Druck zu beanspruchen, da man dabei eine Lockerung der Verbindung befürchtet, wendet daher bei Brücken bis 55 m Weite ausschließlich vernietete Knoten an, und gibt nur größeren Brücken, wie der neuen Munizipal-Brücke in St. Louis¹⁾ noch Knotenpunkte mit Gelenkbolzen. Die neue Kentuckybrücke wurde durchweg vernietet, während ihre Vorgängerin Bolzenknoten besaß²⁾. An der Broadway-Brücke in Nashville (Tenn.) stellen die Knotenpunkte eine Vereinigung von Bolzen- und Nietenverbindung dar: Die obere Gurtung und die Vertikalen sind genietet, die untere Gurtung und die Schrägen bestehen aus Augenstäben³⁾.

In Europa werden die Bolzenknoten gelegentlich bei Lieferungen für überseeische Länder gewählt, in denen eine örtliche Nietung nicht ausgeführt werden kann, wie 1889 bei der von Harkort mit 61,5 m Stützweite gelieferten Brücke für die Deli-Spoorweg-Maatschappij auf Sumatra; im übrigen verwendet man aber nur fest vernietete Knotenpunkte und selbst der deutsche Export verläßt immer mehr die Gelenkkonstruktion.

Der zähe Zusammenhalt einer sorgfältig durchgearbeiteten vernieteten Konstruktion zeigte sich recht augenschein-

¹⁾ Zeitschr. des Ver. deutscher Ing. 1907, S. 1281.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1909, S. 485.

³⁾ Rondelet, Kunst z. bauen, Taf. CLVII, Fig. 1. Zeitschrift d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 497.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 499.

⁵⁾ Mehrrens, Eisenbrückenbau, S. 542.

⁶⁾ Über Brücken-Einstürze s. Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1909, S. 165. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1883, S. 380; 1885, S. 431. 1912, S. 660.

¹⁾ Engineering Record 1909, S. 477. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1909, S. 604. Engineering News 1912, Bd. 67, S. 231.

²⁾ Der Eisenbau 1911, S. 368.

³⁾ Engineering News 1909, S. 571.

lich im April 1909 gelegentlich eines Unfalls der Herrenbrücke in Lübeck, als der Dampfer „Baltic“ die Brücke anrannte und einige der Hauptglieder zerstörte. Trotz dieser starken Beschädigung hielt sich die Brücke noch 18 Stunden, bevor sie zusammenbrach¹⁾.

Das Auftreten von Nebenspannungen sucht man neuerdings durch bewegliche Lagerungen zu verhüten und vor allem durch Loslösen der Fahrbahn von dem räumlichen Haupttragwerk, d. h. durch Sichern lotrechter Durchbiegungsebenen für die Hauptträger auch bei ungleichmäßiger Belastung. Diesen Zwecken dient die freischwebende und die freigestützte Fahrbahn, welche letztere von Harkort beim Entwurf für die Bonner Brücke (1894) eingeführt und an der Eisenbahnbrücke in Worms, an der Moselbrücke in Trarbach, an der Havelbrücke zwischen Spandau und dem Eiswerder, und an der Süderelbe-Brücke bei Hamburg angewendet wurde (Abb. 67, 74, 83).

III. Knicksicherheit und Quersteifigkeit.

Bei zahlreichen Brückenbauten hatte man es unterlassen, sich das Haupttragwerk als räumliches Ganzes vorzustellen, auf die Ausknick-Möglichkeit senkrecht zur Binderebene Bedacht zu nehmen und demnach für einen ausreichenden Quer- und Windverband zu sorgen²⁾. Infolge davon wichen im Jahre 1841 an der Csukabridge bei Lugos und 1854 an der von Pauli entworfenen Günzbrücke bei Günzburg die Obergurte mangels räumlicher Festlegung ihrer Knotenpunkte seitlich aus. Dasselbe geschah 1883 an einer Straßenbrücke bei Rykon-Zell³⁾ in der Schweiz, bei welcher überdies die Vertikalen zu schwach waren, um das Fehlende durch feste Verbindung mit den Querträgern zu ersetzen. Auch an dem bald darauf bei Chatham⁴⁾ in England eingestürzten Landungssteg lag der gleiche Fall vor. Vor allem aber wies 1891 der verhängnisvolle Einsturz der in mehrfacher Hinsicht fehlerhaften Mönchensteiner-Brücke auf die Notwendigkeit genügender Ausknick-Sicherheit und auf die Gefährlichkeit der sogen. offenen Brücken⁵⁾ hin.

Überhaupt kamen um diese Zeit viele Brückeneinstürze vor, und zwar wurden von ihnen fast nur neue, schwachbelastete, aber weitgespannte Tragwerke betroffen, bei denen die einzelnen Stäbe wie auch die Wandungen im ganzen zwar genügend stark gegen Zug und Druck, aber nicht ausreichend gegen Knickbeanspruchung bemessen waren. Die Gefahr des Ausknickens ist aber um so größer, je geringere Druckkräfte der Rechnung zu Grunde liegen, je leichter und schlanker also die Gestaltung ist. Im Jahre 1907 ist die Brücke in Quebec, die 548,6 m Weite erhalten sollte, auch in der Hauptsache wegen mangelnder Knicksicherheit des Untersturtes zusammengebrochen. Hierdurch gewarnt, hat man die im Bau begriffene Blackwell's Island-Brücke in New-York

genau nachgeprüft, wobei sich ergab, daß das Eigengewicht über das vorher berechnete Maß und damit die Beanspruchung in den Hauptgliederungen über die schon hoch bemessene zulässige Grenze weit hinausging¹⁾. Die Brücke wurde zwar 1909 in Betrieb genommen, aber von den 4 Hochbahngleisen des oberen Stockwerks dürfen nur 2 benutzt werden²⁾.

Um die Brücken als Ganzes in der Seitenrichtung gegen Wind zu sichern, ist, wie schon früher an Hängebrücken, so auch an neueren Bogenbrücken durch Schrägstellen der Tragwände die Widerstandsfähigkeit gegen Wind erhöht worden, z. B. am Nord-Ostsee-Kanal, an der Adda-Brücke bei Paderno, an der Münstener-Brücke, wo die Bogen- Tragwände und die Längswände der Pfeiler unter 1 : 7 zum Lot geneigt sind, am Vaur-Viadukt mit Neigung 1 : 4, an der Kornhausbrücke in Bern mit 1 : 12,239 u. a. m.³⁾ (Abb. 57, 60).

An der Brücke über die Angerschlucht in der Tauernbahn waren anfangs schräge Hauptträger geplant. Man hat aber schließlich die lotrechte Stellung bevorzugt und zwar mit einem Abstand, der annähernd der bis dahin beabsichtigten oberen Breite entsprach. Um aber doch dieselbe seitliche Sicherheit zu erhalten, hat man den Träger-Obergurt bis in das Auflager-Mauerwerk fortgeführt und dort fest eingebettet⁴⁾.

IV. Versuche.

Als die Theorie des Eisenbaus noch in den ersten Anfängen war, fanden die damaligen Ingenieure Unterstützung in weitgehenden Versuchen, die z. B. Hodgkinson und Fairbairn 1824—31 mit Gußeisenbalken von 6—8 m Länge, und dann Fairbairn und Stephenson 1842 für den Bau der Britannia-Brücke vornahmen⁵⁾. Vielfach ließen aber erst unliebsame Erfahrungen z. B. mit der 1824—26 von Navier erbauten und überhaupt nicht in Betrieb genommenen Hängebrücke über die Seine erkennen, daß man nicht auf dem richtigen Wege sei.

Außerdem wurden bei Bauten, die sich bereits bewährt hatten, die auftretenden unschädlichen Formänderungen beobachtet und daraus Rückschlüsse auf die Richtigkeit der vorherigen Rechnungs-Annahmen gezogen.

Zwar ist seither über die Kraftwirkung in Eisengefügen immer klarere Übersicht gewonnen, und damit eine einfachere Anordnung mit günstigerer Kräfte-Übertragung unter Rücksichtnahme auf das elastische Verhalten des Baustoffs ermöglicht worden, aber trotzdem bleibt bis heute dem praktischen Gefühl und der Erfahrung noch zu viel überlassen, und dies führt gelegentlich zu einem das Maß der erforderlichen Sicherheit überschreitenden Material- und Arbeitsverbrauch. Da außerdem jetzt nach Einführung des Flußeisens die Ergebnisse früherer Versuche nur noch bedingten Wert besitzen, hat sich 1904 der „Verein Deutscher Brücken- und Eisenbau-Fabriken“

¹⁾ Der Eisenbau 1910, S. 195.

²⁾ Über die Névill-Brücke bei Leitmeritz s. Allg. Bauzeitg. 1911, Heft 1, S. 12.

³⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1883, S. 380.

⁴⁾ Ebenda 1885, S. 431.

⁵⁾ Über Bedachtnahme hierauf bei der Havelbrücke im Zug der Döberitzer Heerstraße s. Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 344. Vergl. auch Deutsche Bauzeitg. 1891, S. 333. Zentralbl. d. Bauverw. 1912, S. 189, 256.

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1908, S. 1452, 2019.

²⁾ Ebenda 1909, S. 762. Engineering News, 1. April 1909. Über Verstärkungen an der Williamsburgbrücke s. Engineering Record 1911, S. 478.

³⁾ Zambesi-Brücke 1 : 8, s. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 2089.

⁴⁾ Allgem. Bauzeitg. 1909, S. 62.

⁵⁾ Ebenda 1849, S. 175.

gebildet, um neue Versuche vorzunehmen¹⁾. Diese sollen sich vor allem auf das Ausknicken von vergitterten Druckstäben, auf die Seitensteifigkeit der Ecken von Querrahmen sowie der oberen Gurtungen von oben offenen Brücken- und Kranträgern, auf Winddruck bei gegliederten Eisenbauwerken, auf die Eigenschaften von Nieten und sonstigen Einzelteilen, und auf Wert und Haltbarkeit der Farbanstriche beziehen, also eine wertvolle Ergänzung zu den Arbeiten der Material-Prüfungs-Anstalten bieten.

Auch letztere sind, soweit sie nicht schon mit dem eben genannten Verein zusammenarbeiten²⁾, fortdauernd mit einschlägigen Arbeiten beschäftigt: So wurde noch kürzlich seitens des preußischen Staats dem Material-Prüfungs-Amt in Groß-Lichterfelde eine Summe von 30 000 M. zu Prüfungen von Brückenkonstruktionen zur Verfügung gestellt.

Für die Ersatz-Brücke in Quebec sind mittlerweile Versuche an großen Druckstäben von $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$ der natürlichen Größe vorgenommen worden, um Anhaltspunkte für die richtige Bemessung der einzelnen Konstruktionsteile zu gewinnen³⁾; doch wird hierzu aus Fachkreisen heraus bemerkt, daß solche Einzelversuche der Allgemeinheit weniger Nutzen bringen, als systematische Versuchsreihen⁴⁾, wie sie z. B. die Gutehoffnungshütte als vergleichende Knickversuche mit 4 m langen gegliederten Stäben aus Flußeisen und Nickelstahl ausgeführt hat. Versuche sind auch bei dem im Jahre 1909 eröffneten Laboratorium der United States Steel Corporation im Gang, und zwar zwecks Verbesserung der Stahlbereitung.

D. Wirtschaftlichkeit⁵⁾.

In wirtschaftlicher Beziehung hat sich der Eisenbau mit der Zeit immer vorteilhafter gestaltet. Während man 1853 bei der Gußeisenkuppel der alten Börse zu Antwerpen 460 kg/qm benötigte, konnte man die Schmiedeisenkuppel der Rotunde in Wien (1873) mit nur 336 kg/qm bedeckter Grundfläche konstruieren.

Günstiger als die Kuppeln stellten sich im allgemeinen die Längshallen: Zum Industriepalast in Paris 1853/54 verbrauchte man bei noch starkem Gußeisen-Anteil rund 207 kg/qm, dagegen zur Maschinengalerie vom Jahre 1867 ebenda nur 123 kg/qm überdeckter Fläche. Die Engländer, welche bekanntlich ziemlich schwer konstruieren, bedurften im Jahre 1880 noch einer Eisenmenge von 220 kg/qm für die Halle des Hauptbahnhofes in Manchester, während die Franzosen 1889 für den Maschinenpalast in Paris mit nur 149 kg, für das Palais des Beaux-Arts daselbst mit 133 kg/qm auskamen; indessen waren beide Bauwerke schwerer als die Maschinengalerie von 1867. Von neueren Bahnhofsbauten steht die 1892/93 errichtete Halle des Personenbahnhofs in Köln a. Rh. mit 145 kg/qm überdeckter

Fläche auf annähernd gleicher Stufe mit dem Pariser Maschinenpalast¹⁾.

Vergleichende Berechnungen haben ergeben, daß das Gewicht pro Flächeneinheit bei Bindern desselben Systems oft sehr verschieden ausfällt, während das für die Raumeinheit berechnete Eisengewicht ziemlich gleiche Werte ergibt, weil dann die Höhe des Bauwerks mitbestimmend wirkt. Es ist daher die Austeilung nach cbm ein besserer Kosten-Maßstab als die nach qm, zumal die eine Berechnungsweise oft zu dem umgekehrten Ergebnis führt, als die andere: während der Maschinenpalast von 1889 zu Paris bei 114,3 m Spannweite und 21,5 m Binderweite eine Eisenmenge von 149 kg/qm und 4,16 kg/cbm aufweist, sind zum Palais des Beaux-Arts ebenda bei 52,8 m Spannweite und 18,1 m Binderweite nur 133 kg Eisen f. d. qm verbraucht worden, dagegen auf die Raumeinheit berechnet 5,2 kg, d. h. mehr als beim Maschinenpalast²⁾.

In der Frage, ob bei Bahnbauten eine einzige große Halle oder eine Reihe kleinerer Schiffe vorteilhafter sei, neigt man in Deutschland dazu, letzteren den Vorzug zu geben, wie die Bahnhallen in Wiesbaden und Lübeck (Abb. 144) und die Neubaupläne für den Bahnhof Friedrichstraße in Berlin zeigen; auch in England und Amerika geht man dazu über, anstatt großer Hallen mehrere Satteldächer von kleiner Spannweite und geringer Höhe zu errichten³⁾. Es spricht dafür, daß große Bahnsteighallen höhere Bau- und Unterhaltungskosten beanspruchen, als kleinere Schutzdächer, daß ihre Glasflächen verhältnismäßig schwierig und kostspielig zu reinigen sind, auch leicht undicht werden, und daher andauernd mühselige Ausbesserungsarbeiten verursachen⁴⁾.

Bei Brücken ist die wirtschaftliche Bewertung der einzelnen Systeme je nach der Spannweite oft sehr verschieden, indessen haben sich bei der großen Zahl der bisherigen Ausführungen auf Grund aller einschlägigen technischen und wirtschaftlichen Erwägungen und auf Grund von Erfahrungen mit der Zeit gewisse Gepflogenheiten für die Wahl der Hauptträger herausgebildet:⁵⁾

Was zunächst die Balkenbrücken angeht, so werden im allgemeinen bei kleineren Brücken in Deutschland Walzträger für Eisenbahnen bis 12 m, für Straßen bis 15 m Weite angewandt, in Amerika für Eisenbahnen bis 4 m und bei Straßen bis 8 m Weite. Blechträger besitzen gegenüber Fachwerk den Vorteil einfacher Entwurfsarbeit, Herstellung und Unterhaltung, sowie geringer Empfindlichkeit gegen Überanstrengung, sind aber bei Stützweiten von über 24 m in der Regel teurer. Es kommen daher bis etwa 20 m in Deutschland, bis 33–40 m in Amerika Blechträger, darüber hinaus Fachwerkträger in Betracht und zwar bis 50 m als Parallel- oder Parabelträger, bei mehr als 50 m als Halbparabelträger. Dabei dienen nach Möglichkeit volle Walzeisen zur Herstellung der einzelnen Stäbe, so daß durchlaufende Nietreihen entbehrlich werden. Bei großen Feldweiten

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1909, S. 66. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1912, S. 1101.

²⁾ Über die zu diesen Versuchen beschaffte Materialprüfungs-maschine mit 3000 t Druckkraft s. Der Eisenbau 1912, S. 155.

³⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1911, S. 90. Engin. Record 1910, Bd. 62, S. 564. Engin. News Ed. 65, 1911, S. 526. Der Eisenbau 1911, S. 309.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltung 1911, S. 172.

⁵⁾ Stahl und Eisen 1911, S. 89, 189, Abb. 13.

¹⁾ Der Eisenbau 1910, S. 131; 1911, S. 187.

²⁾ Vierendeel, Constr. arch., S. 227–28.

³⁾ Handb. d. Arch., 4. Teil, 2. Halbbd., Heft 4, S. 329, 330.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1906, S. 249.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1909, S. 193. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1908, S. 452.

tritt in der Regel eine Unterteilung ein, auch wendet man gelegentlich den statisch bestimmten Häselesträger an. Mehrere Öffnungen nebeneinander werden mit durchlaufenden Trägern, Gerberträgern oder mehreren einzelnen Trägern überdeckt. Bei ersteren ist aber darauf zu achten, daß der ungünstige Einfluß von Stützensenkungen durch die Aufstellungsweise des Eisengefüges und durch die Wahl breiter Fundamente, also durch Einschränkung der Bodenpressung ausgeschaltet wird, wie dies an der Treskow-Brücke in Oberschöneweide geschehen ist.

Ein enger konstruktiver Zusammenhang mehrerer aufeinander folgender Überbauten wie an der Havelbrücke Spandau-Eiswerder (Abb. 83) und an der Südbrücke in Cöln hat neben dem praktischen Vorteil, daß die Windverbände über die ganze Brückenlänge durchgeführt werden können, noch den wirtschaftlichen Vorzug, daß sowohl das Eisenwerk wie die Pfeiler leichter und billiger ausfallen, als bei getrennten Überbauten.

Soll eine Bogenkonstruktion gewählt und für diese bei obeliegender Fahrbahn eine geringe Bauhöhe unter der Brückenmitte angestrebt werden, so werden vollwandige oder fachwerkartige Bögen, Bogenfachwerke oder Stabbögen mit oberen Versteifungsträgern gewählt. Bei großen Öffnungen beschränkt man sich gern auf Fachwerkbögen; ist aber dabei der Baugrund mangelhaft, so sind schublose Bögen, steife Bögen mit Zugband und Stabbögen mit steifem Zugband am Platze.

Hängebrücken erfordern geringe Konstruktionshöhe, sind leicht im Aufbau und Aussehen und bedürfen gleich den Kragträgern zur Aufstellung nur geringer oder überhaupt keiner Rüstung. Diesen Vorzügen steht ein beträchtlicher Material-Aufwand für die Spannkette gegenüber, ferner die Notwendigkeit kostspieliger Verankerungen und die Schwierigkeit ständiger Beaufsichtigung. Es haben sich daher Hängebrücken für geringe Abmessungen nicht als vorteilhaft erwiesen, und man wird sie bei kleiner Spannweite nur dort anwenden, wo örtliche Gründe, besonders Rücksicht auf die äußere Erscheinung dafür sprechen. Sie werden jedoch nur in versteifter Form ausgeführt¹⁾.

Dagegen vermag die Hängebrücke von 200 m Weite an mit den Balken- und Bogenbrücken erfolgreich in Wettbewerb zu treten, besonders wenn man Kabel anwendet und damit die hohe Zugfestigkeit des Drahts ausnutzt.

Den Schub der Hängebrücke durch den Überbau anstatt durch die Widerlager aufnehmen zu lassen, kann erwünscht sein und sich auch wirtschaftlich rechtfertigen, wenn die Widerlager, z. B. bei hohen Rampen, verhältnismäßig hoch werden, wenn das Widerlager aus örtlichen Gründen hinten eingeeengt wird, und vorne in der Sohle nicht vorgezogen werden kann, wenn sich noch eine weitere Brückenöffnung unmittelbar anschließt, so daß das Widerlager schmal gehalten werden muß, und wenn das Widerlager mit Rücksicht auf tragfähigen Boden sehr tief gegründet werden muß, so daß eine kippsichere Ausbildung schwierig ist²⁾.

Was den Vergleich zwischen Kette und Kabel angeht, so ist, zunächst technisch betrachtet, die erstere leichter zu

überwachen, und, da in der Werkstatt hergestellt, rascher anzubringen als an Ort und Stelle gesponnene Kabel. Die Kette ist infolge der geringeren Tragfähigkeit ihres Materials schwerer als das Kabel, kommt aber dafür unter sonst übereinstimmenden Verhältnissen mit leichteren Versteifungen aus. Andererseits sieht sie aus gleichem Grunde massiger aus als das Kabel. Zu Gunsten des letzteren spricht, daß sich die Beanspruchung annähernd gleichmäßig über den Querschnitt verteilt, daß also die Tragfähigkeit des Materials voll ausgenutzt wird, während im Gegensatz dazu bei den für Kettengurte in Betracht kommenden Walzprofilen wegen des in der Regel exzentrischen Angriffs der Kraft-Resultierenden die Beanspruchung der einzelnen Fasern im allgemeinen verschieden ausfällt.

In wirtschaftlicher Hinsicht halten sich bis etwa 300 m Weite Ketten und Kabel das Gleichgewicht. Zwar ist an sich das Kabel billiger als eine Kette von gleicher Tragkraft, und würde z. B. für eine große Rheinbrücke von 220 m mittlerer Spannweite der Gewichtsunterschied nach Harkort 25% zu Gunsten von Kabeln betragen³⁾, aber die sonst noch mitsprechenden Umstände bringen die Gesamtkosten der Ausführung bei beiden doch auf gleiche Höhe.

Gelegentlich der Vorarbeiten für die Überbrückung des Hudson in New-York haben die Ermittlungen des Kriegsministeriums ergeben, daß man heute ohne Berücksichtigung der Kostenfrage technisch bis 1320 m Weite gehen kann, und daß bei 975 m Spannweite die Anlagekosten noch durch den Verkehr gedeckt werden. Ferner ergab sich, daß Hängebrücken noch vorteilhaft bleiben, wenn andere Systeme längst aufgehört haben, in Frage zu kommen oder wenn sie nur noch in ganz ungeheuerlicher Form auszuführen wären⁴⁾.

Ein Hauptbedenken gegen die Kabelbrücken dürfte in Wegfall kommen, wenn sich die neueren Anordnungen, welche ein Auswechseln der Kabel während des Betriebs gestatten, auf die Dauer bewähren.

Ein nach Art der Breslauer Kaiserbrücke aus Flacheisen zusammengesetzter Hängegurt ist bei kleineren und mittleren Brücken einer Kette aus gleichem Material infolge des Fortfalls der Augen und Bolzen überlegen. Er hat aber den Nachteil, daß sein Gewicht proportional dem ungeschwächten Querschnitt ist, während für die Querschnittsermittlung der Bohrverlust für die Niete zu berücksichtigen ist. Wichtig ist dies vor allem für das Eigengewicht der Gurte bei großen Spannweiten⁵⁾.

Gegenüber den Hängebrücken haben die Bogenbrücken den Vorzug großer Standfestigkeit, was besonders für Eisenbahnen wichtig ist. Sie können ferner durch zeitweilige Rückverankerung gleich den Auslegern gerüstfrei vorgebaut werden. In der Ausführung sind Fachwerkbögen komplizierter als vollwandige Konstruktionen, erfordern also viel Arbeit, wogegen die bei großen Spannweiten mögliche Materialersparnis von etwa 10 bis 15% nicht allzu stark ins Gewicht fällt. Als praktisch recht vorteilhaft haben sich die elastischen Bogenträger ohne Gelenke oder mit nur 2 Gelenken erwiesen; u. a. haben sie den Vorzug größerer Steifigkeit als Dreigelenkbögen. Dagegen sind in der Theorie

¹⁾ Über wirtschaftliche Gesichtspunkte und Vorschläge für den Bau versteifter Hängebrücken s. Der Eisenbau 1911, S. 270.

²⁾ Der Eisenbau 1911, S. 321.

³⁾ Le Génie Civil, Bd. 45, 1904, S. 209.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1901, S. 638.

⁵⁾ Der Eisenbau 1911, S. 192.

die mit drei Gelenken versehenen unelastischen Bogenträger bequemer zu behandeln. Bei Gelenkbögen mit Zugband machen sich unter starkem Verkehr erhebliche Schwankungen bemerkbar. Dies gab Veranlassung, die Sichelbögen der Röntgenbrücke in Charlottenburg ohne Zugband auszuführen¹⁾.

Den Bogenbrücken sind in der Regel die Balkenbrücken wirtschaftlich überlegen, falls es sich nicht um die Überschreitung tiefer Täler handelt und dafür die Bögen unter die Fahrbahn gebracht und mit ihren Kämpfern auf felsige Hänge gestellt werden können, welche das Pfeilermauerwerk mehr oder weniger ersparen²⁾ (Abb. 57).

Mühsam sind die mit zwei gekrümmten Gurtungen ausgestatteten Balkenträger herzustellen, auch werden bei ihnen besondere gerade Fahrbahngurte notwendig (Abb. 9, 14). Sie sind daher finanziell weniger günstig als Träger mit nur einer gekrümmten Gurtung.

Die Firma Harkort hat auf Grund ihrer neuesten Ausführungen für die nördliche Eisenbahnbrücke in Köln mit Zugband-Zweigelenkbögen von 122,56 m und 167,75 m Stützweite, sowie für die Straßen- und Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Münsterwalde mit Balkenträgern von 130 m Weite eine Berechnung für gleiche Stützweiten und Belastungen vorgenommen und dabei festgestellt, daß für die hauptsächlich in Betracht kommenden Weiten bis 100 m die Bogenträger erheblich schwerer sind, daß sich aber bei zunehmenden Weiten der Gewichtsunterschied vermindert³⁾. Dagegen hat Schaper bei einem Vergleich zwischen Eisenbahnbrücken von Ruhrort und Düsseldorf gefunden, daß bei Stützweiten von rund 100 m die Zweigelenkbögen mit Zugband dadurch, daß man die Höhe des Obergurtes über dem Zugband zu rund 1/5,3 der Stützweite wählt, ebenso leicht auszubilden sind, wie einfache Balkenträger mit der für ihr Gewicht günstigsten Höhe von 1/6,6 der Stützweite⁴⁾. Nach Engesser ist der Bogenträger mit Zugband um das Gewicht der inneren Bogengurtung schwerer als der Parallelträger, und zwar ist das Mehrgewicht um so größer, je mehr der Einfluß der Verkehrslast überwiegt, also namentlich bei Eisenbahnbrücken und bei kleinen Spannweiten, weniger bei weitgespannten Straßenbrücken⁵⁾. Eine für die neue Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Ruhrort durchgeführte vergleichende Berechnung ergab ein im Verhältnis 8 : 9 geringeres Gewicht bei Auslegern gegenüber einfachen Balkenträgern⁶⁾.

Die von Vierendeel vorgeschlagenen diagonallosen Rahmen- oder Pfostenbrücken scheinen abgesehen von ihrer künstlerischen Seite, keine besonderen Vorzüge, vor allem nicht in wirtschaftlicher Hinsicht zu besitzen. Wenigstens wurde von einem 31,5 m langen Träger dieser Art nachgewiesen⁷⁾, daß

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 442.

²⁾ Kostenvergleich zwischen Balken und Bogenträger s. Engineer 1910, II., S. 616.

³⁾ Organ f. d. Fortschritte des Eisenbahnwesens 1909, S. 315.

⁴⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1912, S. 147.

⁵⁾ Ebenda, 1909, S. 176, 243, 272.

⁶⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 560.

⁷⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1907, S. 558. Vergl. auch die Ausführungen in Der Eisenbau 1912, S. 218, wo ein Mehrgewicht einer Vierendeel-Brücke von 3 t bei 130 t Gesamtgewicht ermittelt aber andererseits eine höhere zulässige Beanspruchung für Pfostenbrücken befürwortet wird. Engesser kommt zu einem für die

man mit demselben Materialaufwand und in gleicher Festigkeit auch einen vollen Blechträger herstellen könne, weil das zur Verstärkung der Lochränder verwandte Material nicht nur die Aussparungen in der Blechwand auszufüllen, sondern sogar noch Wandaussteifungen herzugeben vermöchte. Mohr gibt dem gewöhnlichen Fachwerk den Vorzug: „Die Zuverlässigkeit der Berechnung ist bei Fachwerken, auch bei solchen mit steifen Knotenverbindungen, unzweifelhaft größer, als bei Pfostenträgern. Die Hauptspannungen der Fachwerke lassen sich mit großer Bestimmtheit ermitteln. Die Berechnung der Nebenspannungen ist zwar weniger zuverlässig, aber bei richtiger Anordnung spielen die Nebenspannungen keine große Rolle. Bei Pfostenträgern dagegen spielen die Nebenspannungen, d. h. die Biegungsspannungen die Hauptrolle und ihre Berechnung ist wenig zuverlässig. Man muß daher fordern, daß die rechnungsmäßigen Grenzspannungen für Pfostenbrücken erheblich niedriger anzunehmen sind, als für Fachwerke. Wird diese Bedingung erfüllt, so ist auch der wirtschaftliche Vorzug entschieden auf Seite der Fachwerke“¹⁾.

Auch Bleich kommt für den Pfostenträger zu einem ungünstigen wirtschaftlichen Ergebnis; er vergleicht zwei Entwürfe des Rheinbrücken-Wettbewerbs für Köln miteinander und findet, daß der Pfostenträger im Verhältnis 1,23 : 1, also um 23 v. H. schwerer ist, als ein den gleichen Bauanforderungen entsprechender Dreieck-Fachwerkträger²⁾. Dagegen ermittelt Czech³⁾ in einem überschläglichen Vergleich zwischen einem Dreiecksträger zu Heumen in Holland und einem Pfostenträger zu Tervueren in Belgien einen Gewichtsvorteil für den letzteren. Auch hat sich nach Czech am neuen Kinzua-Viadukt das Vierendeel-System als in jeder Hinsicht einwandfrei erwiesen: es war wirtschaftlicher, starrer und leichter zu montieren als ein Fachwerksystem mit Diagonalfüllungen. Die Ansichten sind demnach noch keineswegs geklärt. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß Vierendeel selbst die Überlegenheit des einen oder anderen Systems festzustellen wünscht und zu diesem Zweck eine Kommission zu berufen gedenkt, welche vergleichende Berechnungen mit zwei belgischen Eisenbahnbrücken von 52 m Stützweite durchführen soll. Vierendeel hofft dabei seinen Grundsatz bestätigt zu finden: „Was schön ist, ist wirtschaftlich“⁴⁾.

Bei Betrachtung der beweglichen Brücken kommt Schaller⁵⁾ zu dem Ergebnis, daß bei Hauptträgern, die unter der Fahrbahn liegen, und bei schlechtem Baugrund eine Klappbrücke mit fester Drehachse der Wiege- oder Rollklappenbrücke vorzuziehen sei, trotz der höheren Kosten des eisernen Tragwerks; dagegen sei bei sehr gutem Baugrund die Wiegebrücke auch dann wirtschaftlicher, wenn die Hauptträger unter der Fahrbahn liegen müßten; ferner komme die bewegliche Drehachse bei Klappbrücken auf Mittelpfeilern, oder bei beschränktem Hinterarm sowie bei großen Klappbrücken in Betracht; endlich seien bei

Rahmenträger ungünstigen Ergebnis, vergl. Zeitschr. f. Archit. u. Ingenieurwesen 1913, S. 84, 85.

¹⁾ Der Eisenbau 1912, S. 96.

²⁾ Ebenda, 1911, S. 501.

³⁾ Ebenda, 1912, S. 110.

⁴⁾ Ebenda, 1912, S. 112.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1911, S. 172.

großen Spannweiten Drehbrücken geboten, wenn es sich um geringen Verkehr mit mäßigen Lasten handle¹⁾.

Im ganzen ist bei der Beurteilung der einzelnen Systeme zu bedenken, daß die Unterschiede in der Wirtschaftlichkeit vielfach sehr klein sind und daher leicht in ungeschicktem Entwerfen untergehen. Rein würden sie nur dann zur Geltung kommen, wenn ein und derselbe Konstrukteur die verschiedenen Systeme mit voller Unparteilichkeit in gleichlaufenden Entwürfen behandelte. Andererseits ist es im Wettbewerb der Praxis, besonders, wenn es sich um bedeutende Eisenbauten handelt, von Wichtigkeit, auch den kleinsten Konstruktionsvorteil auszunutzen, und zweckmäßige Konstruktionen zu wählen, bei welchen besonders die Knotenpunkte einfach und billig hergestellt und die Eisenmengen auf ein mögliches Mindestmaß eingeschränkt werden können. Je mehr dies gelingt, um so stärker werden unter Umständen die Unterschiede in den Preisforderungen ausfallen. So wurden für den Bau der Maria Pia-Brücke über den Douro in Portugal vier Entwürfe eingereicht, von denen der teuerste einen rund dreimal so hohen Betrag forderte, als der billigste. Letzterer wurde ausgeführt und hat sich bis heute bewährt²⁾.

Hinsichtlich der Verwendung von Nickelstahl³⁾ meint Bohny, daß nach den Formeln von Résal einfache Balkenbrücken bei 3% Nickelgehalt und 240 M/t Mehrpreis der fertigen Teile 5% teurer, große Bogenbrücken und Ausleger 10% billiger als bei einfachem Flußeisen werden. Für kleine und mittlere Spannweiten wird Nickelstahl also zunächst nicht in Betracht kommen. Am günstigsten wird er für den Oberbau von Hängebrücken und für die Zugglieder großer Kragträger sein.

Setzt man für das Rohmaterial rund 140 M/t Mehrkosten bei Nickelstahl gegenüber Flußeisen voraus, und nimmt man bei letzterem eine zulässige Beanspruchung von 1200 kg/qcm, bei Nickelstahl eine solche von 2000 kg/qcm an, so sind 0,6 t Nickelstahl an Stelle von 1 t Flußeisen nötig. Es ergibt sich also bei einem Ausführungspreis von 340 M/t in Flußeisen eine Kostenverminderung auf $\frac{480}{340} \cdot 0,6 =$ rund 0,85, d. h. von 15%. Der Anteil für Gerüstkosten und allgemeine Kosten wird dabei zwar höher, aber dies findet seinen Ausgleich im geringeren Eigengewicht und dem dadurch ermöglichten Minderbedarf für den Unterbau.

Nach anderen Berechnungen, die sich hauptsächlich an die von Waddell 1903–06 vorgenommenen Versuche anschließen, ist z. Zt. für Amerika die gemeinsame Verwendung von Nickelstahl für die Hauptkonstruktionsteile und von Kohlenstahl für untergeordnete Teile wie Versteifungswinkel, Futterbleche usw. schon bei mehr als 10 m Spannweite vorteilhaft; der Gewinn wächst mit der Spannweite, beträgt im Mittel 17% und bei großen Auslegern bis 25% der bei Flußeisen entstehenden Kosten. Es würde z. B. eine

Brücke aus Nickelstahl mit 600 m Weite nicht mehr kosten, als eine Flußeisen-Brücke von 530 m Weite.

Bei dieser Berechnung sind neben den höheren Kosten für das Rohmaterial des Nickelstahls auch die höheren Verarbeitungskosten berücksichtigt. Nach der Schätzung von Waddell würde Nickelstahl mit 3,5% Nickelgehalt in den Vereinigten Staaten frei Baustelle geliefert z. Zt. ungefähr 0,14 M/kg mehr kosten als Flußeisen, aber er würde eine um 66% höhere Sicherheit auf Zug besitzen⁴⁾.

In Europa liegen, wenigstens bei festen Brücken, die Verhältnisse für Nickelstahl weniger günstig, vor allem weil hier das Anwendungsgebiet für weit gespannte Konstruktionen vergleichsweise beschränkt ist. Bei kleineren Brücken ist aber eine erhebliche Verminderung des Eigengewichts insofern wieder unvorteilhaft, als dann der Einfluß der beweglichen Last auf die Konstruktion verhältnismäßig stark zunimmt⁵⁾. Immerhin scheint sich die Überzeugung durchzuringen, daß bei Brücken unseres Festlandes die Verwendung eines Materials von erhöhter Festigkeit wirtschaftlich sei⁶⁾.

In Ergänzung zu allen diesen theoretischen Erörterungen ist aus der noch jungen Nickelstahl-Praxis die Tatsache sehr berechtigt, daß durch Verwendung von Nickelstahl anstatt Flußeisen für den großen Träger der Schwefelfähre in Kiel eine Materialersparnis von 30% und eine Kostenverminderung von rund 5000 M. erreicht werden konnte⁷⁾.

Für den wirtschaftlichen Vergleich von Eisenbrücken mit Steinbrücken ist es interessant, daß im Jahre 1907, als es sich darum handelte, für die Hängebrücke über die Ruhr in Mülheim aus Verkehrsrücksichten eine breitere Ersatzbrücke zu schaffen, den städtischen Behörden empfohlen wurde, einen Steinbau zu errichten, obwohl gegenüber Eisen erhebliche Mehrkosten entstanden. Begründet wurde dies damit, daß der Steinbau geringere Unterhaltungskosten erfordere und eine längere Dauer gewährleiste als ein Eisenbau⁸⁾. Tatsächlich ist auch ein Entwurf für Stein zur Ausführung bestimmt worden⁹⁾. Ferner wurde in Illinois für Brücken von 15 m oder weniger Spannweite auf Grund von Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit die Ausführung in Beton oder Eisenbeton empfohlen. Eine in der Stadt Fergus Falls¹⁰⁾ (Minnesota) errichtete Brücke von 27,5 m Spannweite sollte in Eisenbeton etwa 12 600 M. mehr kosten als in Stahl. Trotzdem wurde sie in Eisenbeton ausgeführt, weil großes Gewicht auf möglichsten Wegfall von Reparatur- und Unterhaltungskosten gelegt wurde. Angeblich sind auch viele Eisenbahnverwaltungen infolge schlechter Erfahrungen dazu übergegangen, Eisenbrücken selbst bei höheren Anlagekosten der Steinbauten nur dort zu verwenden, wo die Ausführung in Stein aus irgend welchen Gründen nicht angebracht erscheint¹¹⁾.

¹⁾ Weitere Wirtschaftlichkeits-Berechnungen s. Der Eisenbau 1911, S. 326.

²⁾ Org. f. d. Fortsch. d. Eisenb. 1910, S. 11.

³⁾ Der Eisenbau 1912, S. 432.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 767.

⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1907, S. 632.

⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, S. 476.

⁷⁾ Eisenbeton 1910, S. 4.

⁸⁾ Vergl. auch die Ausführungen von Krone in d. Zeitschr. f. Arch.- u. Ingenieurwesen 1899, S. 263.

¹⁾ Vergl. auch: Der Eisenbau, 1912, S. 137: Zur Bewertung der Klappbrücke mit fester Drehachse gegenüber der Rollklappbrücke mit beweglicher Drehachse.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1901, S. 479.

³⁾ Stahl und Eisen, 1909, S. 741; 1911, S. 89. Le Génie Civil 1909, S. 166. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1909, S. 283; 1910, S. 373.

Da große dekorative Portal- und Pfeilerbauten, wie schon weiter oben angedeutet, vom wirtschaftlichen Standpunkte aus nicht gerechtfertigt erscheinen, ist es sehr zu begrüßen, daß neuerdings auf schlichte, dem Eisenbau sich bescheiden anschließende Architektur Wert gelegt wird. Dies gilt aber nicht nur hinsichtlich der eisernen Brücken, sondern auch von den eisernen Hallen, bei welchen ja in gleichem Sinne maskierende Steinfronten als wirtschaftlich ungerechtfertigt angesehen werden müssen. Große Geldsummen könnten oft erspart werden, wenn man das Eisen selbst wirken ließe, wenn von ihm die künstlerische Gestaltung unmittelbar ausginge.

Wie nun bei kostspieligen Begleitarchitekturen aus Stein die wirtschaftlichen Rücksichten öfters vor schönheitlichen Erwägungen zurücktreten mußten, so wurden sie bei anderer Gelegenheit auch von praktisch-konstruktiven Gründen zurückgedrängt. Für die Moselbrücke bei Bullay (1875–79) z. B. ergab die vorherige vergleichende Berechnung für Schweißisen und Stahl bei letzterem etwa 10% voraussichtliche Ersparnis. Man nahm aber davon Abstand Stahl zu verwenden, weil die von holländischen Eisenbahn-Verwaltungen bei Harkort und bei der Dortmunder Union angestellten Versuche keine günstigen Ergebnisse erzielt hatten.

Besonders wichtig sind heutzutage die Forderungen des Verkehrs. Mit Recht muß daher der wirtschaftliche Standpunkt vielfach vor ihnen in den Hintergrund treten. Man vermeidet vor allem an Brückenbreite zu sparen und dadurch hemmende Verkehrseinschnürungen zu schaffen; man führt vielmehr die volle Straßenbreite

selbst bei so großen Abmessungen, wie sie die Döberitzer Heerstraße bei Berlin aufweist, auch über den Brückenbauten durch.

E. Ergebnis.

Überblicken wir noch einmal die bisherigen Auseinandersetzungen, so lassen sie sich kurz dahin zusammenfassen, daß bei den bisherigen Eisenbauten, wenn man sie als Ganzes betrachtet, gelegentlich schon hohe ästhetische Werte erreicht wurden, und zwar vorwiegend durch schöne Linienführung des Hauptstabwerks, wobei gute Verhältnisse des Baues nebst Klarheit und Einfachheit der Gesamtanordnung eine wertvolle Unterstützung gaben.

Als günstig erwies sich eine gute Bedachtnahme auf die örtlichen Verhältnisse, vor allem ein organisches Einfügen des Bauwerks in das landschaftliche Bild.

Die Einzeldurchbildung dagegen hat ästhetisch mit der Entwicklung des Gesamtgefüges nicht gleichen Schritt gehalten.

Beim Zusammentritt von Eisen mit anderem Material wie Stein oder Beton, erwies es sich als wertvoll, wenn das gegenseitige Abhängigkeitsverhältnis, die konstruktive Aufgabe jedes Stoffes klar zur Aussprache gebracht wurde.

Schließlich zeigte es sich als sehr förderlich, wenn Architekt und Ingenieur sich bemühten, Hand in Hand zu arbeiten, und unter Wahrung vollster Sicherheit und Wirtschaftlichkeit, also bei zweckentsprechender, schneller und billiger Ausführung auch schönheitlichen Ansprüchen nachzukommen, gemeinsam nach höheren Zielen hinzustreben.

III.

Entwicklungsfähigkeit.

A. Allgemeines.

Versuchen wir einen Blick in die Zukunft zu tun, und von den schon gelegten Fundamenten heraus das große Schönheitsgebäude zu konstruieren, welches uns als Idealbild vor der Seele steht, so müssen wir zunächst hervorheben, daß die Ausgestaltung der Eisenbauweise trotz ihrer verhältnismäßig großen Schnelligkeit doch stetig und gesetzmäßig vor sich gegangen ist. Alles, was an ihr scheinbar sprunghaft anmutet, knüpft entsprechend dem Gesetz: „Natura non facit saltus“ doch an frühere, zunächst vielleicht unbeachtet gebliebene Anregungen und Vorgänge an. Mag auch nach Jul. Lessing die Eisenkonstruktion ein umstürzendes Element von ebenso großer Gewalt in sich bergen, wie die Spitzbogenkonstruktion der Gotik, so konnte sie sich doch nur in stetiger hingebender Arbeit, in allmählich immer inniger werdendem Zusammenschluß von Theorie und Praxis zu ihrer jetzigen Machtstellung emporschwingen. Daß aber gerade heute ein besonders wichtiger Abschnitt, ein gewisses Endziel erreicht sei, ist nicht anzunehmen; und selbst wenn es der Fall wäre, könnten wir es jetzt, wo wir noch mitten in der Sache stecken,

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

und nicht wissen, was die nächste Zukunft uns bringt, kaum erkennen, und noch weniger mit abschließendem Urteil überschauen. Erst von der Warte späterer Jahrzehnte und Jahrhunderte wird man unterscheiden können, welche Rolle unserer Zeit für die Entwicklung des Eisenbaues zugeteilt war, und wie weit sie imstande gewesen ist, dieser ihrer Aufgabe gerecht zu werden.

Dem bisher Geleisteten lassen sich aber wenigstens Richtlinien entnehmen, denen die bisherige Entwicklung mit einer gewissen Stetigkeit gefolgt ist, und nach denen in ungefähr gleichen Bahnen, nach gleichen Zielen, der Eisenbau aller Voraussicht nach auch fernerhin weiter arbeiten wird.

B. Entwicklung im Einzelnen.

I. Schönheitliche Gesichtspunkte.

a) Linien und Verhältnisse.

Um zu erkennen, auf welche Umstände bei der Ausgestaltung des einzelnen Bauwerks das Hauptaugenmerk zu richten ist, muß man sich zunächst die bezeichnendste

Eigenschaft des Eisens gegenwärtig halten, nämlich seine im Vergleich zu Stein und Holz so außerordentlich hohe Tragfähigkeit und die dadurch gegen früher bewirkte Umwertung des Verhältnisses von Kraft und Masse.

Man wird daher nicht gleiche Konstruktionsabmessungen wie bei Holz und Stein zu sehen wünschen, sondern man wird im allgemeinen zugestehen müssen, daß das Eisen entsprechend seiner Festigkeit mit verhältnismäßig geringen Abmessungen auskommen darf.

Durch rationelle Ausnutzung der damit gebotenen Konstruktionsmöglichkeiten vermag das Eisen viel größere Weiten als die bisherigen Bauweisen zu erreichen und dies bewirkt fortdauernd eine völlige Umgestaltung des Raumbegriffs, der Vorstellung von den erreichbaren Raumgrenzen.

Wenn wir nun daran denken, daß das Eisengefüge vornehmlich durch schöne Verhältnisse und durch eine elegante Linienführung wirken muß, daß aber andererseits bei gleicher Tragfähigkeit und annähernd gleichem Eisenbedarf oft verschiedene Anordnungen möglich sind, wie jeder Wettbewerb zeigt, so wird schon hieraus ersichtlich, daß bereits die erste Festlegung des Tragesystems, und dann nicht minder die Durcharbeitung des Entwurfs sowie die endgültige Ausgestaltung des Bauwerks bis in alle Einzelheiten hinein unter Bedachtnahme auf die künstlerische Wirkung erfolgen muß.

Als Hilfsmittel hierbei hat Müller-Breslau für die Obergurtlinie seines Kaiserstegs zu Oberschöneweide (Abb. 25) eine Seilkurve gezeichnet, für welche er die Lastannahmen mit Rücksicht auf einen ansprechenden Verlauf der Linie wählte¹⁾. Ähnlich verfuhr Bernhard an der Havelbrücke im Zug der Döberitzer Heerstraße²⁾.

b) Einzelform.

Das Auge will neben dem Gesamteindruck eines Bauwerks auch einen Genuß bei nahem Standpunkt haben. Von der künftigen Entwicklung des Eisenbaues wird also zu verlangen sein, daß auf eine ansprechende Lösung der Einzelheiten mehr als bisher Bedacht genommen werde. So würde es oft nicht schwer sein, lediglich in der Art der Anordnung, also ohne besonderen Materialaufwand ein künstlerisches Gefühl zum Ausdruck zu bringen, und in diesem Sinne z. B. bei ausreichend vorhandener Blechfläche die Niete nicht rein schematisch nach der Berechnung, sondern im Anklang an die benagelten Türflügel und Truhen der Gotik und Renaissance in etwas freierer Aufreihung, etwa in geschwungenen Linienzügen, Spiralen, geometrischen Mustern usw. anzuordnen. Dieser Gedanke wird weniger befremdend erscheinen, als es vielleicht gerade dem Ingenieur im ersten Augenblick vorkommen wird, wenn man bedenkt, daß Niete schon an den Waffen der Bronzezeit ornamental verwertet worden sind, entsprechend dem deutschen Charakterzug die Zierform zur Hebung und zum Schmuck des Konstruktiven zu verwenden, nicht das Konstruktive mit Ornament zu überdecken und zu erdrücken. Einen gewissen Rhythmus bringt allerdings schon die heute beliebte Gruppen-Nietung gelegentlich in das Gesamtbild von Eisenbauten größeren Umfangs.

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1900, S. 257.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 348. Deutsch. Bauhandb., Bauk. des Ing., Der Brückenbau, Bd. I, Eisen-Brücken, S. 236.

An Blechträgern läßt sich nach dem Vorbild des Bahnhofs in Antwerpen¹⁾, der neuen Bahnhofshallen in Hannover und Dortmund, der Brücke in Linden u. a. m. die Schattenwirkung von versteifenden Querwinkeln zur architektonischen Gliederung heranziehen (Abb. 122, 145, 102), auch sind an Kastenträgern, Gurtungen und genieteten Stützen die Kanten sehr gut durch vortretende Bleche und Längswinkel zu betonen, wie dies an der Berliner Hochbahn, an der Stößenseebrücke²⁾ und an den Bahnsteigdächern in Worms³⁾ geschehen ist (Abb. 79).

Bei Fachwerken helfen die Knotenbleche den Eindruck mitbestimmen. Während ihr nahezu völliges Fehlen an den Frankfurter Bahnhofshallen auffällt (Abb. 124), lassen sie in Dadizele durch ihre Größe die Konstruktion kräftig und massig erscheinen. Auch ist es wichtig, ob sie eckig bleiben oder ob ihr Umriß sich wie an einer Bogenbrücke in New-York⁴⁾, an der Stößenseebrücke bei Spandau und stellenweis an der Berliner Hochbahn, zwischen den anschließenden Stäben ausrundet und auf diese Art weiche schmiegsame Übergänge schafft (Abb. 36, 78).

Auch die Gestalt des einzelnen Stabs kann im künstlerischen Sinne wirksam gemacht werden⁵⁾. Hierfür kommt der „fruchtbarste Moment“ in Betracht, d. h. der Zustand, der die Tätigkeit am schärfsten zum Ausdruck bringt: Ein auf Druck beanspruchter Körper wird im allgemeinen das Bestreben zeigen, eine geschwellte Umrißlinie anzunehmen; es ist also diese Schwellung für Druckwirkung bezeichnend, wie ja schon die Griechen den Druck in der Säulen-Entasis versinnbildlicht haben. Auch die Eisenbauweise hat hieran angeknüpft, indem sie z. B. den Pfosten und Schrägen des Vaur-Viadukts⁶⁾ und der Brücke über die Angerschlucht (Tauernbahn)⁷⁾, den Pfeilern der Kanderbrücke bei Wimmis (Abb. 84) sowie den Hauptlagerstützen der Peißnitz-Hängebrücke⁸⁾ in Halle a. S. eine Schwellung nach der Mitte zu gab, um einerseits diese Stäbe der Beanspruchung entsprechend zu gestalten, andererseits aber sichtbar anzudeuten, daß sie einer starken Knickwirkung ausgesetzt sind. Es ist dies ein Gedanke, der s. Zt. schon für die Ausbildung der Pendelpfeiler an der Berliner Stadtbahn grundlegend war⁹⁾ (Abb. 98) und der u. a. jetzt an den Brücken der Umgebungsbahn in Hannover wieder aufgetreten ist.

Wird ein Körper gezogen, so verjüngt er sich, d. h. seine Querabmessung wird kleiner, und es ist daher eine negative Entasis, wie sie die Hängeeisen der Roentgenbrücke in Charlottenburg und der Havelbrücke bei Spandau erhalten haben, die bezeichnendste Form für Eisenstäbe, welche auf Zug beansprucht werden (Abb. 222, 107).

Immerhin dürfen Schwellung und Einziehung nicht viel

¹⁾ Meyer, Eisenbauten, Taf. XX.

²⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 326. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1910, S. 97.

³⁾ Handb. d. Arch., 4. Teil, 2. Halbbd., Heft 4., S. 321, Fig. 379.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1903, S. 1579; 1908, S. 456, Fig. 42.

⁵⁾ Beton und Eisen 1909, S. 144.

⁶⁾ Le Génie Civil 1903, Bd. 43, S. 1.

⁷⁾ Allgem. Bauzeitg. 1909, Bl. 50, Fig. 5.

⁸⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1901, S. 1162, Fig. 4.

⁹⁾ Heinzerling, Die Brücken der Gegenwart, Abt. I, Heft I, Taf. 1, Fig. 45–52.

von der geraden Linie abweichen, damit die Zähigkeit des Materials ausgesprochen bleibt. Auch wird es sich empfehlen, nur die hauptsächlichsten Kräfte in dieser Weise zu versinnbildlichen, auf kleinere Kräfte dagegen bei einer solchen Formgestaltung nicht Rücksicht zu nehmen.

Hinsichtlich der Möglichkeit einen Stab ausdrucksvoll zu gestalten, sei auch auf die genieteten Stützen der Normal-Kragdächer hingewiesen, wie sie jetzt vielfach auf Bahnsteigen errichtet werden¹⁾: Sie verjüngen sich vom Fuß, d. h. von der Einspannungsstelle an, die das größte Moment aufzunehmen hat, schlank nach oben und bringen sich dadurch in ihrer baumartigen statischen Wirksamkeit schon zum Ausdruck, bevor sie mit schlanker Biegung in die Kragarme übergehen (Abb. 138).

Blicken wir um uns, so finden wir in der Pflanzenwelt eine ähnliche Vereinigung von Zweckmäßigkeit und Schönheit. Die selbstverständliche Sicherheit, mit der Blätter und Blüten organisch an dünnen und doch tragfähigen Stielen sitzen, und mit der sich diese an größere Zweige anschließen; dann die rationelle Querschnittsbildung gerade der feinsten durch Längsrippen versteiften Stengel, die durch ein sich immer feiner verzweigendes, äußerst tragfähiges Rippen-system ermöglichte breite Ausladung großer Palmblätter u. dergl., alles dies sind Dinge, die der Eisen-Ingenieur zwar bisher schon oft zur Anregung genommen hat, von denen er aber bei eingehender und liebevoller Beobachtung auch künftig noch lernen kann. Man bedenke z. B., wie fruchtbringend auf anderem Gebiet, im Ornament, Haeckel's „Kunstformen der Natur“ gewirkt haben.

Auch die Tierwelt kann mit ihren Knochengerüsten und Schutzpanzern sowie mit dem mikroskopischen Aufbau der Gewebe zu wertvollen konstruktiv-schönheitlichen Vergleichen Veranlassung geben. Es sei nur an die von Culmann, Meyer und Wolff nachgewiesene Übereinstimmung in der Anordnung der Spongiosabälkchen des menschlichen Oberschenkelknochens mit dem Kraftlinienverlauf in einem Kran-Ausleger²⁾, ferner an den Aufbau von Schwamm-Skeletten³⁾ usw. erinnert (Abb. 219).

Kurz, „man hat den innersten Anlaß zum künstlerischen Schaffen in einer geistigen Ahnung der weltbauenden Gesetze und den zu ihrer Nachahmung zwingenden Trieben zu suchen“⁴⁾.

c) Ruhige Gestaltung.

Unverkennbar läßt sich z. Zt. eine starke Hinneigung zu vollen Stäben, zu den Profilen der Blechträger, Kastenträger usw. feststellen (Abb. 34, 103), während die gegliederten und vor allen Dingen die feingegliederten Konstruktionen sich geringerer Beliebtheit erfreuen. Damit ist ein eigentümlicher Kreislauf vollendet. Schon einmal, zur Zeit der vollwandigen Röhrenbrücken, hatte man durchweg die geschlossene Form und zwar in größtem Maßstab angewandt (Abb. 1),

aber damals noch hauptsächlich im Gefühl der Unsicherheit, in einer jede genaue Berechnung noch ausschließenden großen Unkenntnis vom Walten der Kräfte, deren Wirksamkeit man wenigstens durch Versuche einigermaßen aufzuklären sich bemühte. Es bildete sich damals, um der von Czech¹⁾ vorgeschlagenen Unterscheidung zu folgen, als erste Stufe der in der Britannia-Brücke verkörperte Vollwandstil heraus. Allmählich war man dann in dem Maße, wie man Stabspannungen zu bestimmen gelernt hatte, zu dem an der alten Kehler und Dirschauer Brücke sich findenden Netzwerkstil (Abb. 12, 6) und weiter zu dem freieren Dreieckstil, wie er uns in besonders zahlreichen Beispielen überall begegnet (Abb. 41, 57), übergegangen. Aber die Durchführung des Dreieckgedankens erwies sich nicht immer als schönheitlich vorteilhaft. So vermag der erhebende Eindruck, den die schöne, stolz aufstrebende Umrißlinie des Eiffelturmes in Paris von fernher macht (Abb. 178), bei näherer Betrachtung des Bauwerks leider nicht Stich zu halten, da die im Innern kreuz- und querlaufenden Stäbe, die übermäßig angehäuftes Gitterwerke das Empfinden stören und einen künstlerischen Genuß nicht aufkommen lassen. Es führt daher heutigen Tags die eingehendere Kenntnis des Kräftespiels sowie das Streben nach immer größerer Klarheit der Anordnung und nach immer größerer Ruhe der äußeren Erscheinung wiederum dazu das volle Profil, die geschlossene Stütze, den Blechbogen usw. aufzunehmen, wie dies an den Bindern der Hochbahn-Haltestelle Halle'sches Tor in Berlin, der Bahnsteighalle in Homburg v. d. H., und des Ausstellungshauses der Laurahütte 1911 in Posen²⁾ sowie an den Hängeeisen der Roentgenbrücke in Charlottenburg geschehen ist (Abb. 139, 164, 222). Damit werden wir zur vierten und neuesten Stufe, zum Stab- und Rahmenstil, übergeleitet, von dem wir noch eine vielversprechende Entwicklung zu erhoffen haben.

Die Gliederung schlicht und ruhig zu halten, ist, wie schon früher hervorgehoben, schon deswegen für die Innenansichten von Hallenbauten von Wert, damit ein verwirrendes perspektivisches Bild vermieden wird³⁾. Es wird sich daher empfehlen, gerade bei Baulichkeiten dieser Art von vollen Profilen Gebrauch zu machen, und Zugbänder, sich kreuzende Querstäbe usw. von vornherein auszuschalten (Abb. 139, 147, 148). Damit werden gleichzeitig viele der oben geschilderten optischen Verzerrungen und Störungen verhindert.

Wertvolle Vergleiche hinsichtlich des Raumbildes gestatten uns die beiden Haupt-Ausstellungshallen auf der Theresienhöhe in München. Die eine ist aus Eisenbindern mit aufgehängten Zugstangen konstruiert⁴⁾ (Abb. 161), für die andere ist Eisenbeton mit einem einzigen steifen Querbalken als Horizontalverbindung verwendet (Abb. 162). Die dünnen Zug- und Aufhängestangen der Eisenhalle wirken lange nicht so vorteilhaft, wie der alleinige Querbalken der Eisenbeton-Konstruktion. Es könnte daher dieser Eisenbeton Binder Anregung geben, auch bei Eisenbauten künftig

¹⁾ Worms s. Handb. d. Arch., 4. Teil, 2. Halbbd., Heft 4, S. 321, Fig. 379. Vergl. auch Dachzeichnung in „Der Eisenbau“ 1910, S. 68, Abb. 2.

²⁾ Kapp, Grundlin. e. Philos. d. Technik, S. 110. Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch.-Ver. 1911, S. 770.

³⁾ Zeitschr. f. Arch.- u. Ingenieurwesen 1909, S. 17, Abb. 1.

⁴⁾ Baugew. Zeitg. 1909, S. 617.

¹⁾ Der Eisenbau 1912, S. 113. Technik und Wirtschaft 1912, S. 593.

²⁾ Ebenda, 1911, S. 397.

³⁾ Vergl. Maschinenhalle der Techn. Hochschule in Breslau in Zeitschr. f. Bauwesen 1910, S. 508 nebst Abb. 26.

⁴⁾ Deutsche Bauzeitg. 1908, S. 691.

lieber ein einfaches kräftiges Querstück anstelle zahlreicher schwächerer Eisenstangen anzubringen. Es sei in diesem Sinne auch an die von Zugbalken gehaltenen Holztonnen vieler Landkirchen der Normandie erinnert¹⁾.

Dem gleichen Bemühen, eine ruhige Erscheinung zu erzielen, entspringt die an den amerikanischen und den neueren europäischen Fachwerkbrücken bemerkbare Vergrößerung der Feldweiten und die damit bewirkte Zuweisung des Kräfteverlaufs an einige wenige, dafür aber entsprechend tragfähig ausgestaltete Stäbe (Abb. 34, 38). Letztere werden mit Vorteil aus breitflanschigen Differdinger Walzträgern, nicht mit zusammengesetzten Querschnitten hergestellt²⁾.

Zu möglichst schlichter Gestaltung des Eisenwerks drängt ferner der immer höher steigende Arbeitslohn, der Vergitterungen als zu kostspielig erscheinen läßt. Außerdem geben gegliederte vierteilige Konstruktionen leicht Anlaß zu Arbeitsmängeln. Auch bieten sie dem Rost viel mehr Angriffsgelegenheit, als geschlossene Kasten- oder Blechträger und sie beanspruchen daher zu seiner Abwehr beträchtlich höhere dauernde Aufwendungen.

Um das Gesamtbild klarer zu gestalten, sind auf Anregung von Vierendeel³⁾ für Brücken wie auch für Hochbauten sog. Rahmen- oder Pfostenfachwerke, d. h. Fachwerke mit versteiften Ecken anstatt mit Diagonalen hergestellt worden (Abb. 17). Je nach dem verfolgten Zweck können solche Eckversteifungen in den verschiedensten Formen ausgeführt werden, z. B. als kleine Bögen, wie sie von Lille⁴⁾ und Dadizele⁵⁾ erwähnt wurden, oder als dekorativ ausgeschnittene Winkelbleche, wie sie im Café de Croon in Amsterdam von den Stützen zu den Deckträgern überleiten⁶⁾. Oder sie gehen als Abspreizungen nach jedem der beiden Fachwerkurte, wie an den Bögendächern der Galleria Vittorio Emanuele in Mailand und der Galleria Mazzini in Genua⁷⁾ (Abb. 207) sowie neuerdings an den Bindern und Pfeilern der Ausstellungshalle in Frankfurt a. M. (Abb. 163). Man hat es dabei je nach Belieben in der Hand, entweder bei entsprechender Dickwandigkeit die Ansichtsflächen des Eisens klein zu halten, um die Konstruktion leicht erscheinen zu lassen, oder bei geringerer Stärke die Eisenfläche so groß zu wählen, daß die freie Öffnung nur als Viereck-, Vieleck- oder Kreis-Durchbrechung eines vollwandigen Trägers erscheint, also ähnlich wirkt, wie die Zierausschnitte an den Blechbögen des Antilopenhauses im Zoologischen Garten zu Berlin⁸⁾, oder an den Bindern der Pariser Untergrund-Station Bel-Air⁹⁾. In gewisser Beziehung wird mit solchen Rahmen-systemen wieder an die Formen der ersten gußeisernen Bogenbrücken angeknüpft (Abb. 45). Welchen Anklang die Erscheinung der Rahmen-Träger findet, sehen wir daran, daß bei dem jetzt erneuten Wettbewerb für die Rheinbrücke in

Köln der Wunsch ausgesprochen wurde, es möchten Diagonalen möglichst vermieden werden¹⁾. Dies ist um so bedeutsamer, als sowohl nach theoretischen wie nach der praktischen Seite das Wesen der Rahmenträger noch keineswegs als geklärt erscheint.

Verwandte Lösungen, allerdings in Stein, aber doch mit solcher Masseneinschränkung, daß förmlich nach Eisen als Material verlangt wird, finden sich in den Maßwerken gotischer Strebebögen und Fenster (Abb. 216).

Möglicherweise lassen sich bei Raumüberdeckungen mit Hilfe steifer Ecken und in Anknüpfung an räumliche Fachwerke auch freiere und künstlerischere Tragesysteme als bisher schaffen, etwa in dekorativer Teilung nach Art kassettierter Tonnengewölbe und Renaissance-Holzdecken, oder im Anschluß an die Rippenteilung gotischer Netzgewölbe. Als Anregung könnten z. B. die tannenumspannten Eingangsbögen an der Luftschiffahrts-Ausstellung 1909 in Frankfurt a. M. dienen (Abb. 221). Auch sei in diesem Sinne der durchbrochenen Turmhelme unserer großen westdeutschen Dome gedacht. Blickt man z. B. ins Innere der Pyramide von Freiburg (Abb. 220), so hat man den Eindruck eines sich frei tragenden Gebildes, das sich zwar in den konstruktiven Grundsätzen von einem eisernen Turmfachwerk unterscheidet, dessen künstlerische Gestaltungsgesetze aber doch durch Analogie anregend auf den Eisenbau wirken könnten.

Je klarer und ruhiger eine Eisenkonstruktion ist, um so aussichtsvoller erscheint die Möglichkeit ihres künstlerischen Anschlusses an Steinarchitektur²⁾ (Abb. 132). Umgekehrt wird unter der gleichen Voraussetzung letztere sich um so leichter entschließen können von kleinlichen Formen und stilhistorischen Mätzchen abzusehen und auf eine ruhige sachliche Gestaltung, auf wirkungsvolle große Linien auszugehen, der Gesamterscheinung der Bauwerke aber den Stempel eines neuen vorwärtsdrängenden Geistes aufzuprägen. Der Vorteil wird dabei ebenso auf Seite des Steinbaues wie auf Seite der Eisenkonstruktion liegen.

Gleiches gilt von dem Zusammentreffen des Eisens mit dem Beton. Noch mehr dürfte der Eisenbeton geeignet sein, sich dem Eisenwerk anzuschließen und eintretendenfalls eine vermittelnde Rolle zwischen Eisen und Stein einzunehmen, da er bei verhältnismäßig geringen Abmessungen eine erhebliche Festigkeit besitzt. Man hat deshalb sehr richtig im Anschluß an eiserne Blechbögen kleinere Flutöffnungen dort mit Eisenbeton überdeckt, wo man die schwere Wirkung des Steines vermeiden und sich mehr dem Charakter der Eisenbögen anpassen wollte (Abb. 75).

d) Kein Materialminimum.

Ein wichtiger Grundsatz des bisherigen Eisenbaues ist der des Materialminimums, d. h. das Bestreben, möglichst große Wirkungen mit möglichst geringem Materialaufwand, also möglichst geringen Kosten zu erzielen. Nun ist es gewiß wünschenswert und vielfach sogar durch äußere Notwendigkeit geboten, den finanziellen Standpunkt zu betonen. Aber es gibt doch Bauten, bei denen neben den wirt-

¹⁾ Der Bau 1910, S. 150. Der Baumeister 1905, S. 62.

²⁾ Deutsche Bauzeitg. 1912, S. 670.

³⁾ Le Génie Civil 1905, Bd. 47, S. 108. Der Eisenbau 1911, S. 381 mit Abb; 1912, S. 218. Der Industriebau 1912, S. 186. Zeitschr. f. Arch. u. Ingenieurwesen 1913, S. 67.

⁴⁾ Vierendeel, Constr. arch., Taf. 89.

⁵⁾ Ebenda, Taf. 95.

⁶⁾ Meyer, Eisenbauten, Taf. XXVI.

⁷⁾ Esselborn, Lehrb. d. Hochb. Bd. II, S. 82.

⁸⁾ Zeitschr. f. Bauwes. 1875, S. 9, Atlas Bl. 5-7.

⁹⁾ Nouv. Ann. de la constr. 1910, S. 50.

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1912, S. 1535.

²⁾ Vergl. auch Eingangshalle des Hauptbahnhofs in Frankfurt a. M. Zeitschr. f. Bauwesen 1891, Atlas Bl. 49.

schaftlichen Interessen auch künstlerische Rücksichten eine Rolle spielen, ja, bei denen unter Umständen die letzteren das Übergewicht haben. Es liegt daher sicher nur im Sinne schönheitlichen Gestaltens, wenn der Entwurf sich nicht unter allen Umständen an den geringsten Materialaufwand zu binden braucht, wenn es dem Künstler unbenommen bleibt, aus schönheitlichen Erwägungen die Grenze der äußersten Sparsamkeit gelegentlich zu überschreiten. Pfllegt man doch auch bei monumentalen Steinbauten nicht nur das unbedingt geringste Steinmaß anzuwenden. Dagegen ist das öfters geäußerte Verlangen, es müsse als Voraussetzung einer schönheitlichen Wirkung von vornherein mehr Material als konstruktiv notwendig ist, aufgewendet werden, entschieden abzulehnen.

Im allgemeinen wird ein künstlerisches Mehr an Eisen weniger bei den großen Konstruktionen des Entwurfs, als bei manchen Einzelheiten wünschenswert sein und daher im ganzen nicht ins Gewicht fallen.

e) Annäherung von außen und innen.

Die Wandausfachungen von tragendem Eisengerippe z. B. bei Fachwerk und sog. Wolkenkratzern haben nur sich selbst zu tragen und brauchen aus diesem Grunde nur so dick zu sein, als es aus konstruktiven, heiztechnischen und ähnlichen Gründen notwendig ist. Es fällt also die Außenfläche der Raumwand nahezu mit der Innenseite zusammen, und das innere Raumbild gibt sich, wenigstens bei einfachen großräumigen Grundrissen, schon äußerlich klar zu erkennen, beeinflusst also die Gliederung der Fronten viel stärker und unmittelbarer, als es bei der reinen Steinarchitektur der Fall ist. Die Außengestaltung muß sich demnach besonders streng aus dem inneren Bedürfnis, aus dem Zweck des Gebäudes heraus entwickeln und besitzt darin einen sehr wichtigen, architektonisch-schönheitlichen Faktor.

Tatsächlich liegt ja auch die immer engere Annäherung von Außen- und Innenfläche vollständig im Wesen der Architektur-Entwicklung. Sie läßt sich von den ägyptischen Pyramiden an, die den Innenraum und die Außengestalt als völlig voneinander getrennte Dinge behandeln, durch die ganze Baugeschichte hindurch immer deutlicher verfolgen, und gibt jetzt, wo das Eisen diese Vereinigung konstruktiv immer mehr ermöglicht, Gelegenheit zu neuem architektonischem Gestalten.

f) Gruppenbau.

Für eiserne Hallen dürfte bei vielgestaltigerer Verwendungsweise und bei wachsenden Abmessungen künftig der Gruppenbau ein wirksames Betätigungsfeld finden, aber nicht mit beliebig oft wiederholbarer Konstruktionseinheit, wie an den ägyptischen Säulensälen, an der Alhambra u. a., sondern mit machtvollen Raumbildungen, wie sie der Steinbau in den Gewölben der hellenistischen und sassanidischen Kunst und bis zu den Zeiten des byzantinischen und spätromischen Bagedankens vorbildlich hervorgebracht hat. Die mächtigen Paläste, die uns Dieulafoy in Resten und Rekonstruktionen aus Tag Eivan, Firuz-Abad usw. bringt, die Hagia Sophia, die Basilika des Konstantin, die Thermen des Caracalla u. a. sowie die Großkirchen der Renaissance geben in ihren rie-

sigen Tonnen- und Kreuzgewölben und in ihren gewaltigen Kuppeln einen Wink, wie der Eisenbau bei der Raumschaffung und Raumgliederung wirkungsvoll verfahren könnte. Anzeichen für derartige Anknüpfungen sehen wir bereits am Orléans-Bahnhof in Paris, an den Gewächshäusern der Weltausstellung 1900 ebenda, am Hamburger Hauptbahnhof und an der Endstation der Pennsylvaniabahn in New-York (Abb. 146, 172, 137, 150).

Aber sehen wir von solchen fernen Zukunftsträumen ab, so kann uns das heute Erreichte schon insofern mit Stolz erfüllen, als die in Eisen errichteten Bauwerke zu den bedeutendsten und größten zählen, die in unseren Tagen entstanden sind. In ihnen verkörpern sich die neusten, von hemmender Überlieferung befreiten Errungenschaften und Gedanken unserer Zeit und ihre täglich wachsende Zahl spricht zu uns manches eindringliche Wort. Ihrem Zweck nach stellen sie meistens Brennpunkte und wichtige Vermittlungsglieder des heutigen Verkehrs dar und sie stehen dadurch mitten im rastlosen Getriebe unseres vorwärts ringenden Schaffensgeistes. Nicht umsonst ist unser Zeitalter das des Verkehrs genannt worden.

Es ist daher das in den letzten Jahren immer stärker betonte Verlangen sehr berechtigt, diese Bauwerke auch äußerlich in einer Erscheinung auftreten zu sehen, welche selbst dem verwöhntesten Künstlerrauge wohlthuende Befriedigung gewährt.

g) Landschaftsbild.

Die bei jedem Bauwerk wünschenswerte Rücksichtnahme auf die Umgebung und das landschaftliche Gesamtbild wird erfreulicherweise auch im Eisenbau immer mehr betont.

So hat kürzlich das bayerische Staatsministerium des Inneren erklärt, daß die von den Straßen- und Flußbau-ämtern aufgestellten Entwürfe von Brückenbauten vielfach einen einförmigen schablonenhaften Charakter besitzen, häufig das landschaftliche Bild viel zu wenig berücksichtigen und insbesondere ihrer Umgebung in Ortschaften wenig oder gar nicht Rechnung tragen. Es sollen daher die Landbau-ämter bei der Gestaltung des Äußeren in allen Fällen von Brücken-Neubauten und -Anbauten mitwirken, in welchen dem Bauwerk ein monumentaler Charakter oder auch nur eine Einwirkung auf das orts- oder landschaftliche Bild zukommt.

Ein ähnlicher Erlaß ist auch für das Großherzogtum Baden ergangen¹⁾.

Den sonstigen im Stadt- oder Landschaftsbild mitsprechenden Ingenieurbauten, wie Gasbehältern, Transformatorhäuschen usw. wird neuerdings unter dem Einfluß der Heimatschutz- und Bauberatungs-Bewegung ebenfalls eine größere künstlerische Aufmerksamkeit als bisher zugewandt.

II. Praktische Gesichtspunkte.

a) Materialeigenschaften.

Über die gegenwärtig in der Praxis verarbeiteten Eisenarten hinaus ist hier, beim Ausblick in die Zukunft, die Verwendungsmöglichkeit der neueren Hüttenerzeugnisse von besonderem Interesse.

¹⁾ Denkmalpflege 1910, S. 62.

Dem seit kurzem auf elektrischem Wege dargestellten Eisen wird besondere Reinheit, das Fehlen von Phosphor und Schwefel, ferner große Homogenität im Bruch, große Zähigkeit, gute Schweißbarkeit und unbegrenzte Verarbeitungsfähigkeit im Schmiedefeuer, unter dem Hammer und im Walzwerk nachgerühmt, alles Eigenschaften, die verheißungsvolle Aussichten für die weitere Entwicklung enthüllen. Inwieweit sich dieselben in nächster Zeit verwirklichen lassen, ist neben der rein technischen Aufgabe in erster Linie eine wirtschaftliche Frage, deren Lösung hauptsächlich vom billigen Bezug elektrischer Energie abhängig ist.

Von weittragender Bedeutung ist die Tatsache, daß seitens der Hütten das Eisen von Jahr zu Jahr mit erhöhter Tragkraft geliefert wird. So stand für die Kabel von Hängebrücken bis in die 70er Jahre des 19. Jahrhunderts noch Eisendraht von höchstens 7000 kg/qcm Festigkeit zur Verfügung, während heute Gußstahldraht von über 12 000 kg/qcm Festigkeit geliefert werden kann¹⁾. Für Automobilzwecke u. dergl. ist sogar Stahldraht von 18 000 kg/qcm Festigkeit zu haben, so daß man schon erklärt hat, die Zukunft der Brücken von großen Spannweiten liege lediglich in der Ausnutzung der Drahtzugfestigkeit, also in der Hängekonstruktion. Die wachsende Tragkraft des Eisens gestattet auch mit Bögen immer größere Weiten zu erreichen: So soll die geplante Bogenbrücke über das Hell Gate in New-York bereits rund 300 m Spannweite erhalten.

Ferner erfahren die Grenzen, bis zu denen einfache Balkenträger wirtschaftlicher sind als andere Systeme, z. B. durchlaufende Balken mit Gelenken, durch die Verwendung von Nickelstahl eine bedeutende Erweiterung. So ist bereits die zweigeschossige Municipalbrücke über den Mississippi in St. Louis bei 206,3 m größter Spannweite als einfacher Nickelstahl Fachwerkbalken auf 2 Stützen, mit korbogenartig gekrümmtem Obergurt, einfachem Strebesystem und Halbdiaagonalen hergestellt worden²⁾. In gleichem Sinne wirkt überdies die Beobachtung, daß Gelenke, wie sie bei Auslegern eingebracht werden, nur theoretisch reibungslos sind, in Wirklichkeit aber eine Einspannung darstellen, und daß bei ihnen die Überleitung der Brems- und Windkräfte bauliche Schwierigkeiten bereitet³⁾. Mit Rücksicht darauf sind für die im Jahre 1911 vollendete Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Duisburg-Ruhrort einfache Balkenträger und keine Ausleger gewählt worden, obwohl letztere eine Ersparnis ergeben hätten⁴⁾.

Im ganzen ist man sich über die Verwendungsmöglichkeiten von Nickelstahl noch keineswegs im Klaren. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß sich mit näherer Erforschung seiner Eigenschaften und mit wachsender Erfahrung eine ähnliche Entwicklung vollziehen wird, wie s. Zt. im Kampf von Gußeisen mit Schweißisen und von Schweißisen mit Flußeisen, d. h. daß man mit der Zeit zur einheitlichen Nickelstahlkonstruktion übergehen wird. Stehen wir doch erst am Beginn der Nickelstahlbereitung; sie vervollkommenet sich gewiß bald in hohem Maße.

Die Bearbeitung eines solchen harten Materials ist allerdings schwierig und teuer. Sollte es nun nicht gelingen, den Nickelstahl in irgend einer Weise bearbeitungsfähiger zu machen, so wird man entweder die bisherigen Bearbeitungs- und Verbindungsweisen den neuen Materialeigenschaften anzupassen oder an ihrer Stelle neue wirtschaftlichere Arbeitsweisen zu finden haben.

Bei Nickelstahl ist dadurch, daß er eine etwa 1,6 fach größere Beanspruchung als einfaches Flußeisen gestattet, eine bedeutende Gewichtsverminderung in den Konstruktionen möglich und dadurch werden wieder die im System herrschenden Kräfte sehr eingeschränkt. Die daraus sich ergebenden Ersparnisse wachsen mit der Spannweite des Tragwerks, also mit dem Einfluß des Eigengewichts, welches z. B. an der Forthbrücke rund 4 kg, bei großen amerikanischen Brücken oft 4–7 kg auf 1 kg Nutzlast beträgt. Eine Einschränkung dieses Eigengewichts wäre vor allem für bewegliche Brücken von großer Bedeutung, und unter diesen käme sie in erster Linie den Klappbrücken zu Gute; denn diese pflegen schwerer zu sein, als z. B. gleich weit gespannte Drehbrücken.

Innerhalb einer gegliederten Konstruktion wird sehr tragfähiger Stahl am vorteilhaftesten zu Zugstäben angewandt. Weniger ausgenützt wird er mit Rücksicht auf die auftretende Knickbeanspruchung bei Druckstäben, und in noch geringerem Grade bei solchen Bauteilen, deren Abmessungen, wie bei vielen Laschungen usw., nicht berechnet, sondern nach baulichen Gesichtspunkten anderer Art gewählt werden.

Da sich bei der großen Tragfähigkeit des Nickelstahls vielfach Querschnitte von geringer Knickfestigkeit ergeben würden, und bei dünnen Stäben das Rosten eine besonders große Gefahr zu bedeuten hätte, empfiehlt Arnodin, die Druckstäbe aus Kohlenstahl, die Zugglieder aus Nickelstahl herzustellen. In Übereinstimmung damit sind an der Blackwells-Island-Brücke die Zugglieder der Obergurte bereits aus Nickelstahl-Kettenstäben ausgeführt worden.

Bei einer derartigen Vermischung verschiedener Materialsorten ist allerdings die Verarbeitung und Montage weniger einfach, als bei einheitlichem Material, auch können durch verschiedenartige Ausdehnung bei Temperaturschwankungen beträchtliche Nebenspannungen entstehen. Man hat daher vorgeschlagen, Nickelstahl nur als Nietmaterial zu verwenden; von anderer Seite wurde geraten, die höhere Festigkeit des Nickelstahls nur als Sicherheitskoeffizienten zu betrachten, d. h. die Abmessungen genau so stark wie bei Flußeisen zu wählen. Verwendet man aber den Nickelstahl entsprechend seiner Festigkeit, so muß dies zum mindesten auf große Sorgfalt im Entwurf, auf scharfe Überwachung der Ausführung und auf stetige Weiterbildung der Konstruktion hindrängen, so daß doch die wünschenswerte Sicherheit in vollem Maße geboten werden kann. Sollte es dabei gelingen, unter sonst gleichen Voraussetzungen die Brücken, wie es bei der Schwebefähre in Kiel schon tatsächlich der Fall gewesen ist, erheblich billiger als in Flußeisen herzustellen, so würde dies durch größeren Umsatz und durch die Konkurrenz-Überlegenheit gegenüber anderen Bauweisen, z. B. Eisenbeton, auf den Eisenbau in hohem Maße belebend einwirken.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1901, S. 477.

²⁾ Engineering Record 1909, S. 477. Zentralbl. d. Bauverwaltg. S. 604. Engineering News 1912, Bd. 67, S. 231.

³⁾ Der Eisenbau 1910, S. 475.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1911, S. 560; 1912, S. 71.

Da es für die Einschätzung eines neuen Baustoffs neben der rein technischen Verwendbarkeit auch in hohem Maße auf die Bewährung im Betrieb ankommt, haben die Eisenbahn- und die Wasserbau-Verwaltung je eine Nickelstahlbrücke als Versuchsgegenstand herstellen lassen. Die Eisenbahnbrücke liegt in der Strecke Oberhausen—Dorsten¹⁾. Sie hat 31,5 m Weite und ist aus Siemens-Martin-Stahl mit 2—2½% Nickelgehalt ausgeführt bei einer zulässigen Beanspruchung von 1400 kg/qcm ohne Berücksichtigung der Windkräfte und 1600 kg/qcm mit Wind. Die andere Nickelstahlbrücke ist bedeutend größer und liegt über dem Rhein-Herne-Kanal im Zuge der Hüttenbahn der Gutehoffnungshütte (60,57 m weit)²⁾. Daß seit dem 23. Juni 1910 über der Hafeneinfahrt der Kais. Werft in Kiel eine Schwebefähre mit einem 118 m weit gespannten Versteifungsträger aus Nickelstahl³⁾ in Betrieb ist, wurde bereits mehrfach erwähnt. Mit Nickelstahl soll auch die dem Verkehr nicht mehr genügende alte Kettenbrücke über die Donau in Budapest umgebaut⁴⁾ und eine Straßenbrücke über das Eisenbahngelände im Zuge der Bornholmer Straße in Berlin ausgeführt werden.

Um recht augenfällig zu zeigen, wie verschieden in Masse und Gewicht bei gleicher Tragkraft ein Eisengefüge einmal bei Flußeisen, das andere Mal bei Nickelstahl ausfällt, hat die Gutehoffnungshütte in Oberhausen für die Weltausstellung in Brüssel 1910 den Knotenpunkt eines Brückenträgers vergleichsweise in beiden Materialien hergestellt⁵⁾.

Versuche, die 1909—10 durch die American Bridge Co. in Ambridge an ganzen Augenstäben aus Vanadium-Nickel-Chrom-Stahl vorgenommen wurden, ergaben eine mittlere Reißfestigkeit von 68,8 kg/qmm. Es wird daher Vanadiumstahl von den Amerikanern für Brückenbauten befürwortet. Auch Mayori-Stahl, eine von der Pennsylvania Steel Company in den Handel gebrachte Art Chrom-Nickelstahl wird gerühmt⁶⁾. Über den Einfluß von Titan sind die Ansichten noch geteilt⁷⁾. Inwieweit Duralumin Bedeutung gewinnt, muß noch abgewartet werden⁸⁾.

b) Rost und Lokomotivrauch.

Es fehlt nicht an warnenden Stimmen, welche erklären, dem Rost könne man nicht überall hin folgen, er vermöge sich trotz aller Vorsicht unbemerkt einzunisten, und es seien ihm daher alle Eisenbauten rettungslos verfallen⁹⁾. Ohne dieser düsteren Anschauung voll beizutreten, muß man doch zugeben, daß die Gefahr groß ist.

Ein weiterer Feind des Eisens ist der Lokomotivrauch. Durch ihn sind die Eisenteile der Mc. Callie Avenue-Brücke

in Chattanooga (Tennessee) so stark angegriffen worden, daß die Brücke gesperrt werden mußte, obwohl sie erst 4½ Jahre bestand¹⁾.

Es ist daher eine scharfe Unterhaltungsaufsicht unbedingtes Erfordernis; ihre Vernachlässigung hat sich stets bitter gerächt, indem z. B. die 1852 von Ellet erbaute Elkflußbrücke in Charleston im Jahre 1904 nur deshalb einstürzte, weil die Kabeldrähte durchrostet waren.

Aber neben der dauernden Aufsicht müssen noch positive technische Maßnahmen die drohenden Zersetzungsgefahren auszuschließen helfen²⁾.

Eine gewisse Sicherheit in diesem Sinne vermag schon die Wahl eines Metalles von möglichstster Rostwiderstandsfestigkeit zu bieten, worauf der vorzügliche Erhaltungszustand der berühmten 7,5 m hohen Kutubsäule in Delhi³⁾ und anderer alter Schmiedearbeiten hinweist. In dieser Überlegung wird von der American Rolling Mill Co. in Middletown (Ohio) eine Flußeisensorte von 3200 bis 3500 kg/qcm Festigkeit in Handel gebracht, welche gegenüber dem gewöhnlichen Flußeisen eine 40—60 fache Rostsicherheit aufweisen soll, u. zw. vermutlich infolge ihres geringen Gehalts an Mangan. Einschlägige Untersuchungen haben ergeben, daß Nickelstahl durch Lokomotivrauch weniger, durch Schwefelsäure stärker angegriffen wird, als gewöhnlicher Kohlenstahl⁴⁾.

Der üblichste Rostschutz ist ein Überzug mit anderen Metallen oder ein Anstrich mit Öl, Lack, bituminösen Stoffen u. dergleichen⁵⁾, doch kann auch diesen Mitteln unbedingte Verlässlichkeit nicht zugesprochen werden, vor allem nicht, wenn die Kontrolle am Bauwerk mangelhaft ist. Dankenswerter Weise hat die „American Society For Testing Materials“ sich besonders eingehend mit der Frage des Rostschutzes beschäftigt. Das Ergebnis war aber nicht befriedigend, denn von den im Zeitraum von etwa 11 Jahren untersuchten mehr als 50 Rostschutzmitteln wurde keines als auf die Dauer bewährt befunden⁶⁾. Im Laufe dieser Prüfungen wurde sogar beobachtet, daß bei einzelnen Stahlstäben der Anstrich durch den sich bildenden Rost unbeschädigt aufgetrieben wurde, daß sich also der Rostprozeß durch den Anstrich hindurch am Metall vollzog. Am wirksamsten erwies sich noch ein Schutz durch Paraffinpapier, welches in Streifen auf einen Eisenanstrich aufgetragen und dann nochmals mit Farbe gestrichen wurde; in dieser umständlichen und kostspieligen Weise läßt sich jedoch nur in seltenen Fällen vorgehen. Ein anderes in Amerika bewährtes Verfahren ist folgendes: auf das mit Sandstrahlgebläse gereinigte Eisen wird ein Mennig-

¹⁾ Zeitg. d. Ver. deutscher Eisenb.-Verw. 1910, S. 275. Engineering News 1910, S. 65. Über Schäden an einer Brücke in Philadelphia vergl. Deutsche Bauzeitg. 1885, S. 623.

²⁾ Bauwoche 1912, Nr. 31, S. 15.

³⁾ Stahl und Eisen 1909, S. 802.

⁴⁾ Die Gewichtsabnahme bei Lagerung der Probekörper auf die Dauer von rund 7 Wochen in einer Lösung von 10% Kochsalz betrug:

bei Nickelstahl	0,15%
„ Elektrostahl	0,17%
„ Siemens-Martin-Stahl	0,19%
„ Flußeisen	0,22%

s. Stahl und Eisen 1911, S. 190.

⁵⁾ Über Versuche mit einer neuen Anstrichfarbe s. Der Eisenbau 1912, S. 101.

⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1906, S. 1424.

¹⁾ Stahl und Eisen 1911, S. 185.

²⁾ Ebenda, S. 186.

³⁾ Ebenda, S. 185.

⁴⁾ Der Eisenbau 1911, S. 470.

⁵⁾ Stahl und Eisen, S. 187.

⁶⁾ Der Eisenbau, 1911, S. 470.

⁷⁾ Stahl und Eisen, S. 190.

⁸⁾ Der Eisenbau 1911, S. 200.

⁹⁾ Handb. d. Arch., 4. Teil, 2. Halbbd., Heft. 4., S. 329. Fußnote. Über Rostgefahr bei amerikanischen Wolkenkratzern s. Der Eisenbau 1913, S. 30. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1912, S. 623; 1913, S. 87.

anstrich aufgebracht; darüber folgt Japanlack und ein 3 mm starker Auftrag einer Mischung aus 12 Teilen Mennige, 32 Teilen Portland-Zement, 4 Teilen Leinsamenöl und 2 Teilen Lack ¹⁾). Neuerdings klingen die Nachrichten über das Metallisierungsverfahren von Schoop recht verheißungsvoll ²⁾).

Eine Beton-Ummantelung wurde gegen Rost wie gegen Lokomotivrauch an den Träger-Untersichten des auf eisernem Stützen-Unterbau errichteten Empfangsgebäudes in Hamburg, an der neuen Putlitz- und Föhrer-Brücke in Berlin ³⁾, an Brücken in Buffalo und an den Eisenteilen der Tremont-Avenue-Brücke in New-York angebracht ⁴⁾. Svedborg und Boklund haben sogar vorgeschlagen, den Eiffelturm mit Beton zu umkleiden, und dadurch neben dem Rostschutz eine architektonisch ansprechendere (!) Erscheinung anzustreben ⁵⁾. Dem Wesen nach verschieden von solchen Schutzverkleidungen sind dünnwandige Betonflächen auf Streckmetall, wie man sie aus irregeleitetem architektonischem Gefühl lediglich zur Vortäuschung von Werksteinbau an der Hochbahn in Boston ⁶⁾ (Abb. 33) und am Portalbau der Brücke über den Coopers Creek in Camden N. J. vor die Eisenkonstruktion gesetzt hat ⁷⁾.

Endlich ist versucht worden, durch Inoxydationsprozesse nach Bower-Barf, Wells Speller u. a. die Metalloberfläche in Phosphate oder Silikate überzuführen und damit eine rostwiderstandsfähige Schutzhaut zu schaffen ⁸⁾. In der Hauptsache gehen diese Bemühungen von der durch Jouve hervorgehobenen Beobachtung aus, daß Eisen, welches 20 % Silicium enthält, beinahe unrostbar ist. Bisher ist allerdings nur bei Proben beschränkter Umfanges ein Erfolg erzielt worden. Es liegt aber auf der Hand, daß es für den Eisenbau von ungeheurer Bedeutung wäre, wenn es der fortschreitenden Wissenschaft und Technik gelänge, chemische oder physikalische Verfahren zu finden, um bearbeiteten Stahl im großen ohne große Kosten mit einer Außenhaut von hochsiliciumhaltigem Metall zu versehen.

Der Rostschutz kann in einer praktisch gewählten Konstruktionsanordnung wirksame Unterstützung finden. So ist es z. B. empfehlenswert, zwei Winkelleisen, die mit Abstand vereint einen Fachwerkstab bilden, nicht in der meistens üblichen Weise durch eingelegte kleine Futterstücke auseinander zu halten, sondern sie durch ein der ganzen Länge nach durchlaufendes Futterblech lückenlos zusammenzuschließen, weil es gar zu schwierig ist, den schmalen Schlitz zwischen ihnen gründlich zu reinigen, oder in ihm einen schützenden Anstrich anzubringen ⁹⁾. Wenn möglich wird man für die Fachwerkstäbe ganze Walzprofile nehmen, weil zu-

sammengesetzte Querschnitte infolge der vielen Fugen und engen Zwischenräume die Rostbildung begünstigen und die Reinigung des Eisenwerks sowie die Erneuerung des Anstrichs erschweren ¹⁾).

Rost wird sich auch weniger bilden können, wenn es gelingt, die örtliche Schweißung zu einem allgemein anwendbaren Verfahren auszuarbeiten und damit Nietungen, offene Schnittstellen, komplizierte Verbindungen usw. zu beseitigen oder erheblich einzuschränken. Daraus können sich dann wieder neue Konstruktionsmöglichkeiten herausbilden, welche vereinfachend und schönheitlich fördernd auf die Eisenbauweise einwirken.

Einen mittelbaren Rostschutz bietet die Herstellung überdeckter Brücken. Man würde damit auf das Vorbild des älteren Holz- und Steinbrückenbaues zurückgreifen, der gerade mit Dächern und Überbauten reizvolle Wirkungen erzielt hat. Es sei nur an die Brückengänge in Luzern, an den Henkersteg in Nürnberg, an die zahlreichen noch bestehenden Holzbrücken am Rhein, in Tirol usw. ²⁾ erinnert (Abb. 110). Man denke auch an die Oberbaumbrücke in Berlin (1894 bis 96) ³⁾ und an die Eisenbetonbrücke über der Schönbergerstraße in Gaarden bei Kiel ⁴⁾.

Der Ponte Rialto in Venedig und der Ponte Vecchio in Florenz sind sogar mit Kaufläden besetzt, wie sie sich ähnlich einst in Alt-London und Alt-Paris fanden, und im Jahre 1909 wurde in Monterey (Mexiko) eine Eisenbeton-Brücke über den Santa-Catarina-Fluß als Verkaufshalle errichtet, d. h. als überdachter dreischiffiger Raum, dessen Mittelschiff als Durchgang dient, während in den Seitenschiffen Verkaufsstände untergebracht sind ⁵⁾. Soweit braucht man nun nicht allgemein bei Eisenbrücken zu gehen, aber immerhin ist zu bedenken, daß, besonders auf größeren Brücken, die Passanten jeglicher Wetterunbill in viel höherem Maße preisgegeben sind, als in anschließenden städtischen Straßen. Es wäre daher der Vorschlag von Hiorns ⁶⁾, die städtischen Brücken zum mindesten über den Fußwegen mit einem Wetterschutz zu versehen, doch sehr in Erwägung zu ziehen. Seine Verwirklichung würde sicher dem ganzen Baubestand der Brücken zu gute kommen, daneben aber auch günstige architektonische Entwicklungsmöglichkeiten bieten. Dahingehende zeichnerische Entwürfe waren auf der Städtebau-Ausstellung 1910 in Berlin und gelegentlich verschiedener Brücken-Wettbewerbe ⁷⁾ zu sehen. Auch zeigen bereits manche kleineren Brücken, Eisenbahn-Übergänge, Hochbahn-Zuführungen und -Haltestellen einschlägige Lösungen (Abb. 118). In gleichem Sinne könnte an die in den 80er Jahren entstandene Kornhausbrücke in Hamburg angeknüpft werden. Bei dieser ruht, um den Ausblick und den Querverkehr nicht zu stören, das sichelförmige Tragewerk (44,8 m Weite) auf hohen Granitpfeilern und die Fahrbahn ist mit runden Zugstangen daran

¹⁾ Betonzeitg. 1910, S. 9.

²⁾ Der Eisenbau 1910, S. 291.

³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1912, S. 520. Berl. Arch.-Welt 1911, S. 328.

⁴⁾ Engineering Record 1909, S. 204. The Builder 26. Nov. 1910, S. 663. Der Eisenbau 1910, S. 365.

⁵⁾ Zement und Beton 1909, S. 289.

⁶⁾ Engineering News 1909, S. 671. Engineering Record Bd. 60, 1909, S. 520. Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen, 1. Nov. 1911, S. 208, Abb. 16, 17.

⁷⁾ Engineering News 1909, S. 119.

⁸⁾ Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1909, S. 583. Stahl und Eisen 1909, S. 758.

⁹⁾ Über Zement-Verguß derartiger Zwischenräume s. Der Eisenbau 1910, S. 468.

¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1912, S. 671.

²⁾ Abb. s. Deutsche Bauzeitg. 1910, S. 609. Vergl. auch Deutsche Bauzeitg. 1907, S. 61; 1911, S. 386. Denkmalpflege 1911, S. 1. Handb. f. Eisenbeton Ergänzungsband I (1911), S. 128.

³⁾ Die Straßenbrücken der Stadt Berlin, 2. Band, Taf. 12.

⁴⁾ Beton und Eisen 1910, S. 67.

⁵⁾ Engineering News 1909, Bd. 61, S. 369. The Engineer 1909, S. 83.

⁶⁾ The Builder 1909, S. 562.

⁷⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1907, S. 78, Abb. 21. Deutsche Bauzeitg. 1907, S. 61.

aufgehängt. Man braucht nur die Hauptträger mit ihren Querverbänden als Dachwerk aufzufassen und mit einer ansprechend gestalteten Eindeckung etwa aus Kupfer zu versehen, um ein wirkungsvolleres Bild zu erhalten, als es das jetzige sichtbare Tragwerk bietet (Abb. 10).

Durch völlige Ausfüllung mit Beton das Innere von geschlossenen Kastenprofilen gegen Rost zu schützen, haben die Amerikaner beim Bau ihrer Wolkenkratzer versucht. Zwar wurden schon früher bei Gelegenheit eiserne Hohlstützen mit Beton gefüllt, z. B. an den Viadukt Pfeilern der französischen Orléansbahn und 1868–70 am Iglawa-Viadukt bei Eibenschütz, aber es geschah dies lediglich, um die ohnedies schon vorhandene Standsicherheit zu erhöhen, also ohne Rücksicht auf Rostschutz¹⁾.

c) Eisen mit Beton.

Im Gedanken an die Eisenbeton-Bauweise, insbesondere an umschnürten Beton, liegt es nahe festzustellen, ob eine vollbetonierte eiserne Stütze von kastenförmigem Querschnitt eine erheblich höhere Festigkeit als eine hohlgeblasene besitzt. Bei Versuchen, die Gessner²⁾ mit betongefüllten Mannesmann-Stahlrohrsäulen vornahm, ergab sich bei 20,3 cm äußerem Durchmesser, 0,5 cm Wandstärke und 200 cm Länge ohne Beton eine Knicklast von 103 t, mit Füllung eine solche von 164 t, also eine Zunahme um 59,2 %. Ferner teilte v. Emperger in den Verhandlungen des deutschen Betonvereins am 23. II. 10 mit, daß nach seinen Versuchen die Druckfestigkeit eiserner Rohre durch innere Betoneinlagen bis auf etwa das 8 fache erhöht werden könne, während die äußere Ummantelung eiserner Röhren eine viel schwächere Wirkung habe³⁾. Daß außerdem die Feuersicherheit eiserner Stützen durch Ausbetonierung erhöht wird, ist eine weitere wertvolle Erscheinung.

In neuerer Zeit hat man sich mehrfach bemüht, Eisen mit Beton in vorgenanntem Sinne zusammen wirken zu lassen. Unter den dahingehenden Ausführungen ist die schon erwähnte Brücke in der 42. Straße in Philadelphia am bedeutsamsten, welche betongefüllte Stahlgurte von rechteckigem Querschnitt besitzt⁴⁾. Sie knüpft gewissermaßen an den Gedanken der Reichenbach'schen Röhrenbrücke an und gibt aussichtsreiche Möglichkeiten für die Weiterentwicklung des Eisenbaues; denn ebenso gut wie für Brücken kann die Betonfüllung auch für Hallenstützen usw. in Betracht kommen. Zu Gunsten einer solchen Verbundkonstruktion würde sprechen, daß man heute sowieso gern vom eisernen Fachwerk zum vollwandigen Querschnitt übergeht. Außerdem würde die Verwendung betongefüllter Kastenprofile neben praktischen Vorzügen den schönheitlichen Vorteil der Körperlichkeit haben: An Stelle der abstrakten gewalzten und genieteten Blechprofile würden volle Stäbe treten, welche architektonisch viel bildungsfähiger wären und dem Empfinden des Nicht-Ingenieurs in höherem Maße entgegenkämen.

¹⁾ Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1909 S. 203.

²⁾ Beton und Eisen 1908, S. 333.

³⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1910, S. 139. Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1909, S. 203.

⁴⁾ Engineering News 1909, Bd. 62, S. 541, 674.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

Die so eigenartigen konstruktiven Verbindungen von Eisen und Beton, wie sie im geschichtlichen Teil dieser Arbeit von der Guindy-Brücke und anderen Bauwerken erwähnt wurden¹⁾ und denen wir z. B. auch im System Melan begegnen²⁾, dürften künstlerisch ebenfalls sehr entwicklungsfähig sein (Abb. 43).

Neue Ausblicke eröffnet v. Emperger mit seinen Versuchen an eisenbetonummantelten Gußeisensäulen. Er spricht sich hierüber folgendermaßen aus:³⁾

„Die Versuche beanspruchen dadurch ein höheres Interesse, weil sie erwiesen haben, daß man durch die vorerwähnte Art der Bewehrung (d. h. mit Eisenbeton) auch die glasartige Sprödigkeit und damit zusammenhängende Bruchgefährlichkeit des Gußeisens beseitigen, und aus diesem brüchigen Material einen elastischen Konstruktionsteil herstellen kann, der große Formänderungen, ohne zu brechen, aushält. Die auf diese Weise feuersicher ummantelte Gußeisensäule erhält bei einer entsprechenden Anordnung dieser Eisenbetonummantelung einen so bedeutenden Festigkeitszuwachs, daß diese Form als die festeste und billigste Säulenform angesehen werden kann.“

Mehrtens erhebt energischen Einspruch gegen diese Folgerungen⁴⁾.

III. Ergänzungsbeigaben.

a) Verglasung und Eindeckung.

Eine wichtige Rolle spielen bei Hallen, Warenhausfronten u. dergl. die Verglasungen⁵⁾. In großen Flächen konnten sie aus konstruktiven Gründen, vom Stande der Glastechnik ganz abgesehen, erst mit den Eisenkonstruktionen entstehen. Demgemäß traten sie zum erstenmal am Kristallpalast zu London auf (Abb. 155), wo sie das auf eine große gleichmäßige Helligkeit nicht vorbereitete Publikum allgemein überraschten. Allerdings ist das so gewonnene Licht nicht in dem Sinne künstlerisch verwendbar, wie man etwa die von einer einzelnen Fensteröffnung hereinfallenden Strahlen zu Licht- und Schattenwirkungen benutzen kann, sondern man erhält ein allseitig herflutendes zerstreutes Licht, ähnlich der in der freien Natur bei leichtbedecktem Himmel herrschenden richtungslosen Helligkeit. Diese besitzt zwar den Nachteil plastischer und malerischer Unbestimmtheit, hat aber andererseits für Ausstellungs- und Verkehrszwecke, die eine gleichmäßige Beleuchtung erfordern, ausgesprochene Vorteile. Überdies hat man es weitgehend in der Hand, die Stärke der Helligkeit und die Art der Beleuchtung zu regeln, je nachdem man seitliche oder mittlere Teile der Dachfläche mit undurchsichtigem Material, z. B. Kupfer, Eisenbeton usw. eindeckt, und je nachdem man die

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Eisenb.-Verwaltg. 1909, S. 964.

Engin. Record Bd. 59, 1909, S. 648; 1910, S. 217.

Handb. f. Eisenbetonbau, 3. Bd. 3. Teil 1908, S. 521.

Zement und Beton 1908, S. 344; 1909, S. 327.

Annales des ponts et chaussées 1907, IV., S. 34.

Eisen- und Eisenbetonbau herausgeg. vom Stahlwerksverband, S. 69.

²⁾ Handb. f. Eisenbetonbau, 3. Bd., 3. Teil, 1908, S. 48. Vgl. auch Engin. Record Bd. 67, 1913, S. 4: Fifth Street Viaduct Fitchburg, Mass.

³⁾ v. Emperger, Eine neue Verwendung des Gußeisens bei Säulen und Bogenbrücken, Berlin 1911, W. Ernst & Sohn.

⁴⁾ Der Eisenbau 1912, S. 122.

⁵⁾ Alfred Wiener, Das Warenhaus, S. 241.

Verglasung auf größere oder kleinere Flächen, einheitlich oder in Streifen geteilt, sich erstrecken läßt (Abb. 120, 145, 164, 165, 168). Auch kann man Seitenlicht von senkrechten Längs- oder Schmalwänden her hinzutreten lassen. So sind an der Bahnhofshalle in Altona Oberlicht und Seitenverglasung zugleich angewandt, während am Hauptbahnhof Hamburg durch basilikale Anordnung außer den Deckenverglasungen und Seitenhallen-Stirnfenster noch senkrechte Längsfenster in der Haupthalle angebracht werden konnten (Abb. 137). Daß auch bei großen seitlichen Verglasungsflächen gute Wandgliederungen möglich sind, zeigt die vortreffliche Glaseisenfront der A. E. G.-Turbinenfabrik an der Berlichingenstraße in Berlin ¹⁾.

In den verglasten Flächen selbst tritt das tragende Eisengerüst nur als ein Netz dunkler Linien auf. Es liegt daher nahe, hieran künstlerisch anzuknüpfen und die Flächen durch eine ornamentale Sprossen-Unterteilung zu beleben, welche in einer Bleimusterung noch weitere Unterstützung finden kann.

Welche verschiedenen Wirkungen damit möglich sind, und wie sich diese selbst in der Fortentwicklung desselben Künstlers und bei ausreichenden Geldmitteln steigern lassen, zeigt ein Vergleich der Oberlichter in Messels Warenhaus Wertheim in Berlin. Während der ältere Teil eine schlichte Scheibenverglasung aufweist, ist am Oberlicht des neueren Baues eine reicher gegliederte Teilung durchgeführt ²⁾. Bemerkenswert ist auch das bronzeverkleidete Oberlicht der Nationalbank in Berlin ³⁾.

Abgesehen vom Linienspiel der Sprossen und Bleiruten können Hallen-Verglasungen auch durch Grisaillemalerei belebt werden, oder durch farbige Behandlung, etwa nach Art der leicht abgetönten Friesstreifen an den neuen Bahnhallen in Hannover. Weiter lassen sich die Verglasungen nicht nur mit farbigen teppichartigen Flächenornamenten schmücken, sondern sie geben in repräsentativen Räumen z. B. in den Vorhallen großer Bahnhöfe, in Ehren- und Lichthöfen monumentaler Gebäude, in Ausstellungshallen u. dergl. sogar Gelegenheit zu farbenprächtiger malerischer Darstellung ⁴⁾. Je nach der Zweckbestimmung kann damit dem betreffenden Raum der strenge Ernst byzantinischer Mosaiken verliehen werden, oder die weichevolle gedämpfte Stimmung, welche wir in der St. Chapelle zu Paris und im Münster zu Straßburg bewundern oder auch der Ausdruck heiterer Lebenslust, wie sie aus den barocken Deckenmalereien spricht.

Die Farbengebung hat aber den Nachteil, daß sie viel Licht verschluckt. Es wird daher für Räume, die Helligkeit nötig haben, in erster Linie eine farblose Verglasung in Betracht kommen. Handelt es sich dabei um ein Oberlicht, das als Ersatz für eine feste Decke raumabschließend wirken soll, so muß die Verglasung vor allem einen Gegensatz zwischen Wand und Decke, zwischen stofflicher Fläche und körperloser Lichtöffnung vermeiden, d. h. sie darf einen harmonischen Gesamt-Eindruck des Raumes nicht hindern, und

darf daher bei künstlicher Beleuchtung, wenn sich die Lichtquelle unterhalb des Glases befindet, nicht dunkel und mißfarben erscheinen. Es sind deshalb für solche Decken Glaskörper hergestellt worden, welche auf der einen Seite eben, auf der anderen Seite plastisch gepreßt sind und durch elektrolytische Kupferfassung zu größeren Tafeln vereinigt werden. Bei Tag werden die Lichtstrahlen zum Teil abgelenkt, so daß die Körper ohne Helligkeitsverlust eine gemusterte raumabschließende Fläche bilden. Dagegen wird bei künstlicher Beleuchtung von unten her ein Teil der Lichtstrahlen zurückgeworfen, wodurch einerseits die Raumhelligkeit vermehrt, andererseits das Glas als stofflich wirkendes, raumbegrenzendes Element zur Erscheinung gebracht wird, so daß Wand und Decke architektonisch gut ineinander übergehen. Verglasungen dieser Art sind zuerst in Wallots Ständehaus in Dresden, dann u. a. an den Bahnhöfen Metz und Luxemburg angewandt worden ¹⁾ (Abb. 217). Die Kosten sind allerdings ziemlich hoch, indessen läßt sich das „plastische Glas“ zur Verbilligung der Eindeckung auch mit anderen Glasarten gemeinsam verwenden. Jedenfalls gibt es dem Künstler ein neues Material von trefflichen Eigenschaften an die Hand ²⁾.

Bei großen Hallen pflegt man sich meistens damit zu begnügen, an den nicht verglasten Flächen die Eindeckung von unten her ohne besondere Unterschaltung sichtbar zu lassen, z. B. als Wellblech am Bahnhof Friedrichstraße (Abb. 125) und sogar noch an der Hochbahn-Haltestelle Nollendorfplatz. Es mag dies aus Sparsamkeitsgründen oder im Interesse der leichteren Überwachung und Unterhaltung bis zu gewissem Grade gerechtfertigt sein, stellt sich aber im ganzen als eine architektonische Härte dar, und erinnert zu sehr an Jahrmarktsbuden, transportable Zirkusbauten u. dergl., bei denen das Zeltlein über das offen liegende Traggerüst hinweg gespannt wird und zugleich als Außenfläche wie als innere Raumdecke dienen muß.

Wir zeigen ja auch sonst im Hochbau, selbst bei offenen Dachstühlen von Saal und Kirchenräumen, kaum jemals die gesamte Dachkonstruktion bis zur Unterseite der Deckung völlig frei, ohne wenigstens die Dachuntersicht mit Tafelungen usw. zu verkleiden ³⁾.

Nachahmenswerter dürfte die Halle des Orléans-Bahnhofs in Paris sein ⁴⁾. An dieser wurde das Eisengefüge, welches in seiner unteren Gurtung dem Profil eines Tonnengewölbes von 28 m Höhe und 40,1 m Breite folgt, mit einer große Glasflächen umschließenden inneren Decke ausgestattet (Abb. 146). Die großzügige, an römische Gewölbe erinnernde Kassettenteilung derselben wirkt hervorragend monumental, aber indem sich die führenden Linien der Konstruktion doch noch zur Genüge aussprechen, lassen sie keinen Zweifel darüber, daß Eisen die tragende Kraft sein müsse.

Bei uns in Deutschland hat man sich leider noch nicht

¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1909, S. 333.

²⁾ Über Mosaik und Eisen s. Zeitschr. d. österr. Ing.-u. Arch.-Vereins 1910, S. 609. Desgl. Beton und Eisen 1910, S. 316.

³⁾ Holztonne der Kirche in Selommes s. Der Baumeister 1905, S. 62; desgl. in Tottreuve s. Der Bau 1910, S. 150.

⁴⁾ Archit. Rundschau 1904, S. 70. Österr. Wochenschrift f. d. öffentl. Baudienst 1901.

¹⁾ Abb. s. Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 1628, Fig. 7.

²⁾ Archit. Rundschau 1905, Taf. 92. Der Baumeister 1905, S. 56.

³⁾ Der Baumeister 1908, S. 79.

⁴⁾ Abb. des Lichthofs von Tietz-Düsseldorf s. Alfred Wiener, Das Warenhaus, S. 242. Ferner Abb. der Glaskuppel im neuen Lichthof des Printemps-Paris s. ebenda, S. 243.

an eine ähnlich architektonische Ausgestaltung der Bahnhofshallen wie in Paris herangewagt, obwohl die deutschen Bahnhöfe aufwändiger gebaut zu werden pflegen, als die französischen, und obwohl es an entsprechenden Vorschlägen z. B. für den neuen Karlsruher Bahnhof nicht gefehlt hat. Ein Haupthinderungsgrund mag hierbei neben dem Wunsch die dauernde Aufsicht nicht unnötig zu erschweren, in der Furcht vor zu starker Verqualmung durch die Dampflokomotive liegen, wie man ja auch aus diesem Grund am Bahnhof Dammtor in Hamburg von Oberlicht abgesehen und nur eine Verglasung der Seitenwände vorgenommen hat (Abb. 200). Indessen läßt sich die Verschmutzung durch stetige Verbesserung der Rauchverbrennung, durch gute bauliche Reinhaltung usw. in hohem Maße einschränken. Günstiger wäre allerdings die völlige Qualmbeseitigung durch Elektrisierung der Bahnen, wie sie am Orléans-Bahnhof tatsächlich schon durchgeführt ist; sie würde gewiß neuen Anstoß zur schönheitlichen Durchbildung der Bahnhofshallen geben.

Ein Schritt zu befriedigenderer architektonischer Lösung ist immerhin, daß neuerdings mehrfach, z. B. am neuen Bahnhof in Lübeck, das sonst so beliebte Wellblech als Eindeckungs-material grundsätzlich ausgeschlossen und, soweit nicht Über-glasung erfolgte, die Untersicht mit farbig behandelter Holzschalung verkleidet wurde (Abb. 144). Ebenso ist die Bahnhofshalle in Pisa mit Holzschalung eingedeckt, wobei durch die vollwandigen Bogenbinder und Walzeisen-Pfetten eine Art regelmäßiger Felderteilung entsteht, deren ruhiges Bild allerdings durch die Zugstangen usw. wieder gestört wird. Eine kassettenartige Holzverschalung findet sich zwischen den Bogenbindern der neuen Bahnhofsvorhalle in Basel und der Querhalle in Hamburg. Auch die Eingangshalle des Hauptbahnhofs Dresden zeigt einen Versuch zu besserer Lösung (Abb. 132).

In zahlreichen neueren Hallen wurde für die nicht verglasten Flächen zur Betondeckung gegriffen, wobei durch Einbetten des Windverbandes eine besonders ruhige Gesamtwirkung erzielt werden konnte (Abb. 142, 145), vor allem bei vollwandigen Bindern wie in Homburg v. d. H. (Abb. 139) und Darmstadt (Abb. 147, 148). Die beiden letzteren Hallen stellen demnach schon einen gewissen Höhepunkt dar.

b) Farbe des Eisenwerks.

Neben der Licht- und Farbenwirkung etwaiger Verglasungen ist auch das Farbenkleid des Eisenwerks selbst von nicht zu unterschätzendem Einfluß auf den Beschauer. Bei dem ersten größeren Eisenhochbau, dem Kristallpalast zu London, hat der Architekt Owen Jones mit Glück die maurische Farbenreihe der Alhambra: Gelb, Rot, Blau angewandt. Dieses Vorbild ist aber nicht sehr fruchtbar geworden, wenigstens galt es lange Zeiten hindurch für selbstverständlich, daß man das Eisen in „Eisengrau“ anstreichen müsse. Daß aber eine derartige trübselige und nüchterne Farbgebung keinen schönheitlichen Reiz auslösen kann, liegt auf der Hand. Bei Bahnhöfen mag die Wahl stumpfer Töne für solche Stellen, die dem Lokomotivrauch ausgesetzt sind, noch in gewissem Grade entschuldbar sein, obwohl ein angerußtes Grau nicht weniger schmutzig aussieht, als ein angerußtes Blau oder Rot; im übrigen liegt aber kein Grund zu stumpfer

Tönung vor, und es wendet sich daher der Geschmack mit Recht einer lebhafteren Farbgebung zu. Eine solche sehen wir zwar schon an der Decke der Bahnhofsvorhalle in Straßburg i. Els., wo die teilenden Eisenstege mit kräftigen Friesen aus Blau, Rot und Gelb belebt und die Wellblech-Kassettfelder mit gelbem Grundton versehen sind, aber derartige Beispiele finden sich doch erst neuerdings zahlreicher: So sind die Bogenbinder der Bahnhofsvorhalle in Basel grün gestrichen und die Stützen der Untergrund-Haltestellen in Berlin weiß mit roter und grüner Bekrönung gehalten, die Blechträger über den neuen Bahnhofsdurchgängen in Hannover (Abb. 218) sowie die Eisenfachwerke der Bahnhof-Eingangshalle in Bielefeld sogar farbenreich mit Ornamenten bemalt. Auch hat in der richtigen Erkenntnis, daß ein gut abgestimmtes Farbenkleid nur zu Gunsten einer Eisenkonstruktion reden kann, Horta in seinem Brüsseler Volks-haus die Farbe weitgehend verwendet. In der Frankfurter Ausstellungshalle wurde das gesamte Eisenwerk einheitlich mit Goldbronze überzogen, die mit dem Weiß der Deckenfelder und der Sonnensegel in gutem Einklang steht (Abb. 163). Auf Farbenwirkung ist wie schon an den Eisenbauten für die Weltausstellungen in Paris 1889 so auch in Brüssel 1910 ausgegangen worden ¹⁾.

Selbst an Brücken sucht man die Farbe im Gesamt-bild mitsprechen zu lassen. So sind Bahnbrücken am Grunewald-Stadion bei Berlin grün und an anderer Stelle blaugrün mit gelben Nieten und gelben umgelegten Bändern getönt, die Maxbrücke in Fürth und die Parnitzbrücke in Stettin sogar verschiedenfarbig behandelt ²⁾ und die hohen Blechstege der Schwabentorbrücke in Freiburg i. Br. mit Rankenornament verziert ³⁾.

Im Sinne größerer Farbenfreudigkeit muß es als ein Hauptverdienst des Meisters Karl Schäfer und weiterhin der ersten Darmstädter Künstler-Ausstellung anerkannt werden, daß durch sie auf den Wert der Farbe, einer kräftigen Farbe wieder mit Entschiedenheit aufmerksam gemacht wurde.

Interessant ist es übrigens zu beobachten, wie sich mit den Jahren die Grundanschauungen über die Anwendbarkeit von Bemalungen ändern. So wurden im Neubau des Rathauses zu Cassel und ebenso auch in Dresden die reich skulptierten Sandsteinpfeiler der Halle mit buntem Farbensmuck versehen, während man vor gar nicht langer Zeit eine solche Verdeckung schönen Materials als Barbarei verurteilt hätte. Beim Eisen handelt es sich aber gar nicht einmal um einen an sich schönen Baustoff, und außerdem um einen Stoff, der schon aus rein praktischen Rücksichten, zum Rostschutz, eines Anstrichs bedarf. Es ist daher um so mehr zu hoffen, daß sich die Farbe seiner bald allgemein erbarmt.

Als Anregung hierzu vermag u. a. die Bemalung alter offener Holzdachstühle zu dienen, wie wir sie z. B. in der Kirche S. Lorenzo in Rom, in S. Miniato zu Florenz ⁴⁾ oder in der Kathedrale von Monreale bei Palermo finden. Auch Holzdecken, wie die der Kirche in Pontresina, und reiche

¹⁾ Der Eisenbau 1911, S. 78, 153. Handb. d. Arch., 4. Teil, 6. Halbbd., 4. Heft (1906), S. 606.

²⁾ Der Eisenbau 1911, S. 153.

³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1903. Taf. bei S. 420.

⁴⁾ Der Baumeister 1905, S. 61.

Architekturbemalungen, wie sie das Rheinland in zahlreichen Baudenkmälern aufweist, können Vorbilder abgeben.

Außerdem ist die Farbe ein nicht nur wirkungsvolles, sondern sogar billiges Schmuckmittel. Ob dem Maler Grau vorgeschrieben wird oder eine andere Farbe, ist für den Kostenpunkt nahezu gleichgültig. Aber ein frei sichtbares Eisengefüge wirkt, besonders im Innenraum, etwa in einer Turnhalle, viel anheimelnder, wenn sein Grundton in einer ausgesprochenen Farbe, z. B. in Dunkelrot anstatt in Grau gehalten wird, wenn die Flansche und Stege sich mit schablonierten Bandmotiven oder Rosettenfriesen schmücken, und wenn die Nietköpfe wie in Berlaes Güterbörse in Amsterdam¹⁾ durch Abheben in anderer Farbe ornamental verwertet werden. Kommt dazu noch eine passende Bemalung der über die Eisenkonstruktion sich spannenden Dachunterseiten, so säßt sich mit im ganzen einfachen Mitteln ein Gesamtbild erzielen, das in Verbindung mit einer künstlerischen Form des Eisenwerks vollwertig in die Reihe guter architektonischer Schöpfungen früherer Zeiten treten darf.

Noch reichere Farbgebungen wären durch Hinzunahme glasierter Terrakotten möglich, wobei an die Gewölbe-Auskleidung der Cappella Pazzi in Florenz, und mit der wünschenswerten Abklärung der Einzelform an die Gefachfüllungen des Dôme central (Abb. 166) auf der Weltausstellung 1889 in Paris²⁾, sowie an die bereits erwähnten Ausführungen in Boston und Washington³⁾ angeknüpft werden könnte.

c) Künstliche Beleuchtung.

Die Innenwirkung einer Halle kann des Abends durch die Art der künstlichen Beleuchtung erheblich gesteigert werden, u. zw. wird der Eindruck um so festlicher, je größer die Zahl der im einzelnen vielleicht gar nicht einmal starken Lichtquellen ist. Dementsprechend wird nach dem Vorbild des Grand Palais bei der Pariser Automobil-Ausstellung 1908 die neue Ausstellungshalle in Frankfurt a. M. abgesehen von den großen Bogenlampen durch Lichtreihen von 25 kerzigen Metallfadenlampen erhellt, welche in je 30 cm Entfernung an den Galerien angebracht sind. Außerdem sind für besondere Veranstaltungen längs der konstruktiven Eisenteile der Halle 2 kerzige Miniaturlampen in 125 mm Abstand vorgesehen, so daß bei voller Beleuchtung die Hauptlinien ausdrucksvoll hervorgehoben werden.

C. Entwicklung im Ganzen.

I. Erweiterung des Anwendungsgebietes.

Von selbst versteht sich, daß wie bisher örtliche und wirtschaftliche Umstände auf die Entwicklung des Eisenbaus Einfluß behalten müssen, z. B. die Höhe der Grunderwerbskosten, die Bodenbeschaffenheit und die daraus sich bestimmende Fundierungsweise, die Transportgelegenheit für die Baustoffe und dergleichen mehr. Bei Brücken wird außerdem die Größe des zu erwartenden Verkehrs mitzureden, sowie die Höhenlage der Fahrbahn und die Anordnung der Zufahrten⁴⁾.

¹⁾ Meyer, Eisenbauten, Taf. XIX, XXI.

²⁾ Handb. d. Arch., 4. Teil, 6. Halbbd., 4. Heft (1906), S. 599.

³⁾ Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitg. 1910, S. 68, 90.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1901, S. 478.

Sodann kommt den Fortschritten des Eisenhüttenwesens, der Bearbeitungs- und Montagetechnik und der Statik ausschlaggebende Bedeutung zu¹⁾.

Was die erstere betrifft, so kannte man zur Zeit der Netzwerkbrücken nur Universal- und Flacheisen sowie Winkel mittlerer Abmessungen, und man mußte sich mit dem damaligen beschränkten Walzprogramm so gut es ging durchzuhelfen suchen. Erst als die Eisenindustrie größere Querschnitte und Längen zu liefern gelernt hatte, vermochte der Eisenbau neue Wege zu suchen. So hat er neuerdings wieder eine besondere Förderung durch Einführung der breitflanschigen Differdinger Profile erfahren; er wird auch in Zukunft einer derartigen Mitwirkung der Hütten nicht entraten können²⁾.

In nicht geringem Maße ist die weitere Ausbildung des Eisenbaues von der Bearbeitungstechnik abhängig: Beim Bau der alten Brücken von Dirschau und Köln war der Staat mangels einer leistungsfähigen Privatindustrie noch genötigt in eigener Regie zu arbeiten, wobei er nicht anders vorgehen konnte, als daß er die Brücken in ihren Einzelheiten auf der Baustelle bearbeiten und anpassen ließ. Dies reichte wohl für die damaligen Gitterwerke aus, aber weiter ließen sich die Eisenbau-Systeme erst bei Vervollkommen der Technik durchbilden, als immer neue Maschinengattungen und zahlreiche Verbesserungen, wie die Einführung von hochwertigem Werkzeugstahl, von elektrischen Hebezeugen und von Preßluft-Werkzeugen ein wirtschaftliches Arbeiten überhaupt ermöglichten. Dazu trat eine sich immer mehr straffende Bureau- und Werkstatt-Organisation und eine sich immer weiter verzweigende Spezialisierung.

Die Montage-Technik scheute sich anfangs vor dem Transport und dem Einbau schwerer Stücke und es lag ihr daher das Netzwerk mit seinen vielen verhältnismäßig leichten Stäbe sehr bequem. Erst bei weiterer Ausgestaltung, als z. B. die Freimontage aufgefunden war und als leicht zu steuernde Hebezeuge großer Tragkraft ihren Weg in die Praxis gefunden hatten, auch ein Stamm geschulter Arbeitskräfte herangebildet war, konnten die Riesenbauwerke entstehen, welche wir heute bewundern, und die gewiß noch gewaltigere Nachfolger finden werden.

Daß endlich die statische Wissenschaft wie bisher, so auch in Zukunft stets von größtem Einfluß auf die Entwicklung des Eisenbaues bleiben wird, bedarf wohl keiner näheren Begründung. Allerdings geht sie der praktischen Verwirklichung stets um eine gewisse Spanne voraus, weil es immer geraume Zeit dauert, bis bahnbrechende theoretische Neuerungen Gemeingut der in der Praxis stehenden Ingenieure geworden sind. Aber ihre dauernde befruchtende Wirkung ist doch nicht zu verkennen und macht sich z. B. zur Zeit in der Durchbildung der Rahmensysteme, in Konstruktionen, wie sie an der neuen Brücke in der Greifenhagenerstraße zu Berlin und an Hochbauten verschiedenster Art auftreten, deutlich bemerkbar.

Auf die Frage, in welcher Richtung sich die Eisenkunst fernerhin entwickeln dürfte, wäre zunächst zu erwidern,

¹⁾ Technik u. Wirtschaft 1912, S. 593.

²⁾ Betr. Goebel-Profil vergl. Der Eisenbau 1912, S. 451. 1903, S. 44, 45.

daß es sehr gut möglich wäre, dem Eisenbau eine breitere Grundlage zu geben, sein Anwendungsgebiet zu vergrößern. Es gibt, um vom Kleinen auszugehen, unzählige bescheidene Gegenstände, wie Postbriefkästen, Kandelaber, Hydranten, Feuermelder und Leitungsmaste, die heute zumeist mit großem Überschwang von Ornamentgußformen hergestellt werden, die aber eine einfache von Kunstverständnis zeugende Ausbildung in Schmiedeeisen etwa nach Art der Charlottenburger Lichtmaste gut vertragen könnten (Abb. 205). Gerade bei solchen lediglich auf Nahwirkung berechneten kleinen Ausführungen kann eine an sich schlichte Konstruktion durch Verbindung mit Kunstschmiedarbeit ohne großen Aufwand ein künstlerisches Gepräge erhalten. Dann sind oft Verkaufsbuden, Aufseherhäuschen, Bedürfnisanstalten, Straßenbahn-Haltestellen usw. zu errichten, für die sich leichte Eisenbauten (Abb. 204, 211) vorzüglich eignen, wenn nur die Lösung nicht im Sinne der berüchtigten Wellblech-Fabrikware, sondern nach dem Vorbild guter neuerer Ausführungen, wie der Wartehalle in Prag¹⁾, des Schleusenhauses am Donaukanal in Wien²⁾, oder der Vorbauten an der Haltestelle Schönbrunn³⁾, und an der Kirche „am Steinhof“⁴⁾ gesucht wird.

Sogar große Bauten, wie die Swinemünder-Brücke in Berlin⁵⁾, die Marienbrücke in Wien⁶⁾ und der Saal des Volkshauses in Brüssel⁷⁾ können durch Schmiedekunst dem Schönheitsgefühl der Allgemeinheit näher gebracht werden (Abb. 38, 107). Eine weitgehende Pflege der Kunstschmiedetechnik wird also das Gefühl für eine künstlerische Gestaltungsmöglichkeit des Eisenbaues anregen und auf diese Weise dazu beitragen, allgemein das Verständnis für das Wesen der Eisenbauweise zu heben und zu pflegen.

Abgesehen von bekannten großen Firmen liegt aber die Schmiedekunst sehr im argen und man braucht nur einmal in kleineren Orten mit bescheidenen Anforderungen an einen sog. Kunstschmied heranzutreten, um sich von dem außerordentlichen Tiefstand einer in früheren Jahrhunderten so blühend entwickelten Fertigkeit zu überzeugen. Und doch ist die Kunstschmiederei ihrem Wesen nach berufen, im Eisenbau eine ähnliche Rolle zu spielen, wie die Bildhauerkunst in der Steinarchitektur, aber wohl verstanden nicht im Sinne eines äußerlich angehefteten Zierats, sondern als eine aus der Konstruktion und dem Charakter des Eisens entwickelte Schmuckweise.

In diesem Gedanken könnten staatliche und städtische Behörden, auch Firmen und Privatleute der Eisenkunst unter anderem dadurch zu Hilfe kommen, daß sie sich gelegentlich an eine der meistens mit Werkstättenbetrieb eingerichteten Gewerbeschulen oder an ähnliche Anstalten wenden, um von diesen Musterstücke zu erhalten, die bei Ausschreibungen öffentlich ausgelegt werden können. Das Handwerk und die Industrie würden dadurch Vorbilder erhalten, die sich durch ihren künstlerischen Gehalt vor dem Alltäglichen

auszeichnen und die Gewerbeschulen würden in muster-gültiger Mitarbeit an solchen praktischen Aufgaben nur ihren Vorteil finden. Auf die dadurch angeschnittene, an sich interessante und vielfach erörterte Handwerkerfrage näher einzugehen, würde indessen hier zu weit führen.

Mit dem, was vorstehend über die Stellung der Schmiedekunst im künftigen Eisenbau gesagt ist, soll dem Gußeisen eine künstlerische Entwicklungsfähigkeit keineswegs abgesprochen werden: Wirken doch die neueren Gußzeugnisse wie sie bayerische Werke auf der Gewerbeschau 1912 in München ausstellten, und wie sie schon seit längerer Zeit von den Tanagerhütte-Eisenwerken¹⁾ in den Handel gebracht werden, überraschend günstig. Aber im allgemeinen wendet sich das heutige Interesse doch mehr der Förderung des Schmiedeisens, als der des Gußeisens zu.

Bei einfachen Geschoßbauten wird zur Herstellung der Außenfronten das Massiv-Mauerwerk, welches sich ja für solche Zwecke konstruktiv wie schönheitlich zu allen Zeiten bewährt hat, auch künftig seine Bedeutung behalten, vor allem dort, wo es sich um Bauwerke von monumentalem Charakter handelt. Ein Ersatz durch Eisenfachwerk, wie es am Volkshaus in Brüssel²⁾ vorkommt, dürfte nur dann angezeigt erscheinen, wenn es sich um neue bauliche Aufgaben handelt, deren Lösung ohne die Hilfe des Eisens nicht möglich wäre, wenn es z. B. gilt, den höheren Verkehrsbedürfnissen der Neuzeit zu entsprechen, und wenn diese eine besonders leichte, aber doch tragfähige Konstruktion verlangen. In diesem Gedanken wurde an der Berliner Stadtbahn, und neuerdings an den Haltestellen der Schwebebahn Barmen-Elberfeld und der Berliner Hochbahn³⁾ von Eisenfachwerk weitgehend Gebrauch gemacht; ferner wurde aus den gleichen Bedürfnissen heraus das Empfangsgebäude des neuen Hauptbahnhofes in Hamburg fast nur auf Eisenstützen gestellt und daher in der Hauptsache aus Eisenfachwerk errichtet.

Bei allen derartigen Baulichkeiten verlangt die Natur des Materials vor allen Dingen schlichte gerade Linien, also einen regelmäßigen Grundriß mit großzügig zusammengefaßten Massen und eine einfache Aufriß-Gliederung, welche in ruhigen Dachflächen von möglichst gleicher Traufhöhe ihren Abschluß findet. Eine derartige Ausgestaltung entspricht auch am besten den rein technischen und wirtschaftlichen Forderungen; vor allem wird das so zeitraubende Schrägschneiden, Biegen und Anpassen in der Werkstatt vermieden und es kann die Montage auf der Baustelle glatt durchgeführt werden. Bei der geringen Wandstärke des Eisenfachwerks muß allerdings auf eine Flächengliederung durch tiefe Öffnungsnischen verzichtet werden, so dass sich die Fenster und Türen nur als Flächen von der Wandfarbe abheben, also auch nur zur Flächenteilung benutzt werden können. Im übrigen aber lassen sich die Außenseiten eines Eisenfachwerkbaues sehr gut in lotrechter wie in wagerechter Richtung gliedern.

¹⁾ Der Architekt 1908, S. 10.

²⁾ Ebenda.

³⁾ Ebenda.

⁴⁾ Ebenda, 1908, S. 3.

⁵⁾ Möhring, Stein und Eisen, Lief. 3—5.

⁶⁾ Der Architekt 1906, Taf. 92.

⁷⁾ Meyer, Eisenbauten, Taf. XXIII.

¹⁾ Der Baumeister 1909, 7. Jahrg., S. 133 B. Der Profanbau 1909, S. 428. Vergl. auch die Wettbewerbs-Modelle zu gußeisernen Brunnengefaßen für Leipzig in „Neudeutsche Bauzeitung“ 1911, S. 82—87.

²⁾ Meyer, Eisenbauten, Taf. XVI.

³⁾ Deutsche Bauzeitg. 1902, Abb. S. 265.

Vortretende Lisenen z. B. können die Hauptlastpunkte, nämlich die Auflager von Unterzügen und Dachbindern betonen und damit zugleich den statischen Aufbau zum Ausdruck bringen. Technisch entstehen dabei keine besonderen Schwierigkeiten, da sich derartige Vorsprünge durch vortretende Saumprofile mit Zwischenmauerung und aufgesetzten Schnallen leicht ausführen lassen, oder auch dadurch, daß größere Fachwerkpfeiler teilweise vor die Flucht gezogen und durch voutenartigen Betonausgleich in die Gefach ausmauerung übergeleitet werden¹⁾. Bei der wagerechten Gliederung ist vor allem ein weit vortretendes Hauptgesims mit kräftigem Schlagschatten von Bedeutung. In den Flächen ist die durch die Pfosten und Riegel sich ergebende Teilung für den Eindruck entscheidend. Natürlich darf diese Teilung nicht nach rein konstruktiven und wirtschaftlichen Gesichtspunkten mit großen gleichmäßigen Gefahren erfolgen, vielmehr muß man zur Erzielung eines ansprechenden Liniennetzes gelegentlich einen größeren Materialaufwand gestatten, d. h. mehr Stäbe einfügen, als unbedingt nötig wäre. An anderer Stelle wieder dürfen zur gegensätzlichen Wirkung größere Gefachflächen auftreten; kurz es muß dem entwerfenden Künstler eine möglichst freie Gestaltungsmöglichkeit offenstehen.

Außer bei Fachwerken tritt das Eisen vermöge seiner großen Tragfähigkeit dann in seine Rechte, wenn es Bauten von bedeutender Höhe zu erstellen hat. An den amerikanischen Wolkenkratzern z. B. bildet Eisen das tragende Gerippe, mag es auch von den Wandausfüllungen aus keramischem Stoff, Haustein usw. dem Auge völlig verdeckt werden. Der neueste Plan dieser Art, der Entwurf für das Equitable-Gebäude in New-York, enthält 62 Stockwerke bei einer Gesamthöhe von 277 m. Ohne Eisen wäre ein solches Bauwerk überhaupt undenkbar. Gerade dieser Umstand wird aber in der formalen Ausgestaltung der Wolkenkratzer oft nicht genügend betont, vielmehr ist es auffallend, daß die Amerikaner trotz aller technischen Selbständigkeit einen großen Hang zeigen, ihren heutigen Bauten das Formenkleid älterer Kunstzeiten überzustreifen, ungeachtet der anderen Verhältnisse, vor allem der anderen konstruktiven Bedingungen, unter denen früher gearbeitet worden ist. Dadurch entsteht aber ein gewisser Zwiespalt, den Lux zum Ausdruck bringt mit den Worten:

„Die Eisengroßkonstruktion wird ihre charakteristische Schönheit nur bewahren, wenn sie den Bedingungen ihres klar erkannten statischen, konstruktiven und stofflichen Wesens treu bleibt und jedes Kompromiß mit den formalen Anschauungen, die aus der Baukunst geborgt werden, ablehnt. Ein solches Kompromiß, das in seiner Zwitterhaftigkeit störend wirkt, stellen gewisse amerikanische Großbauten dar, die Wolkenkratzer.“²⁾

Neue Aufgaben, die vom Eisenbau neue Lösungen fordern, stellen ferner die Verallgemeinerung der Telefunkenstationen, die Entwicklung der Hochbahnen, die zu erwartende Elektrisierung der Staatsbahnen, die etwaige Einführung von Schnellbahnen auf möglichst geradlinig also mittelst hoher Bauwerke über Täler und Senkungen hinweggeführter Strecke, und dergl. mehr. Auf der Gegenseite

erscheinen dann neue bauliche Gedanken, wie z. B. die von O. Thomas neuerdings angegebenen Konstruktionen mit Kette bzw. Kabel gleichbleibender Spannung als Mittel zur Entlastung von Balken- und Bogenbrücken jeder Bauart.³⁾ Es lassen sich daher Zukunftspläne wie der Vorschlag über den Hudson eine Brücke von 981 m Weite zu spannen, England mit Frankreich zu verbinden⁴⁾, oder die Meerenge von Messina mit 1000 m weiten Bögen zu überbrücken, nicht als aussichtslos bezeichnen⁵⁾. Ist doch bereits von Worthington vorgeschlagen worden, an Stelle der eingestürzten Quebecbrücke einen einzigen Stahlbogen von 600 m Spannweite zu setzen⁶⁾. Schon taucht der Gedanke auf, den Eiffelturm durch einen 500 m hohen Turm über den Rhein zu übertrumpfen⁶⁾, auch können wir kaum erst ahnen, was die Luftfahrt an großen Hallen, Landungsgelegenheiten usw. in vielleicht gar nicht ferner Zeit von uns verlangen wird. Jedenfalls läßt sich schon heute vermuten, daß es sich um Abmessungen allergrößter Art und damit um ein ergiebiges Arbeitsfeld für die Eisenkonstruktion handeln muß.

Allerdings wird dabei ein scharfer Wettbewerb mit dem Eisenbeton und, was vielleicht im ersten Augenblick überrascht, mit dem Holz zu bestehen sein: Letzteres wird z. B. für Lagerschuppen in Hamburg gegenwärtig dem Eisen vorgezogen; auch treten die hölzernen Hetzer-, Meltzer- und Stephandächer öfters an die Stelle auch weit gespannter Eisenbauwerke und selbst bei Theatern⁷⁾ sind mit Holzeinbauten mehrfach günstigere Erfahrungen gemacht worden, als mit Eisen, da sie dem Feuer verhältnismäßig lange Widerstand leisteten. Sogar eine künstlerisch durchgebildete Bogenhalle aus Holz ist vor kurzem entstanden, nämlich am neuen Bahnhof in Kopenhagen.

Was schließlich noch die rein architektonische Ausgestaltung angeht, so eröffnen sich, wenn zu der großzügigen durch Schmiedekunst veredelten Eisenkonstruktion noch eine künstlerisch gleichwertige farbenglühende Glashülle und eine wirkungsvolle Farbengebung des Eisens selbst tritt, Ausblicke, die überreich an Anregung sind und die uns eine zeitgemäße Weiterentwicklung der Baukunst in neuzeitlichem Material, in neuen Massen und zu neuen Zwecken, und eine Verjüngung unseres gesamten baukünstlerischen Schaffens mit Gewißheit in Aussicht stellen.

Selbst die Stätte der Andacht braucht aus der neuen Entwicklung nicht ausgenommen zu werden, wenn sie „als Gralstempel neuer Art“ emporwächst⁷⁾:

„Das Eisengerüst . . . wirkt nur als Liniengebilde zwischen durchleuchteten Farben. Die ganze Gestalt des Baues ist neu, leichter als je zuvor und doch fest; lichter und doch voll Farbenglut. Er bringt allen Formenadel und alle

¹⁾ Der Eisenbau 1910, S. 249.

²⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1887, Bd. 10, S. 121. Zentralbl. d. Bauverwaltung. 1887, S. 420.

³⁾ Über den Plan einer Hängebrücke für Messina s. Engineering 23. Aug. 1867.

⁴⁾ Engineering News 1910, S. 577.

⁵⁾ Bauwoche 1912, Nr. 36, S. 17.

⁶⁾ Drury-Lane-Theater in London s. Dissertation Dieckmann: Die Feuersicherheit in Theatern, S. 52, Fig. 3.

⁷⁾ Meyer, Eisenbauten, S. 150, vergl. auch: Der Eisenbau 1911, S. 376.

¹⁾ Der Eisenbau 1912, S. 419, Abb. 7, S. 420, Abb. 9.

²⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1909, S. 160.

Linienharmonie, die je in heilige Stätten gebannt wurden, und der farbige Glanz, der ihn umschließend bekrönt, wird zu Gestalten von vertrauter und doch nie gesehener Hehre.“

II. Wettbewerbe.

Für die schönheitliche Entwicklung der Eisenbauweise haben sich in Deutschland die großen Brücken-Wettbewerbe der letzten Zeit als förderlich erwiesen. Es ist ziemlich Regel geworden, daß einzelne Behörden die Entwürfe zu großen Brücken nicht in eigenem Betriebe ausarbeiten, sondern daß die bei uns so hoch entwickelten Brückenbau-Anstalten durch ein Preisausschreiben zur Einreichung von Vorschlägen aufgefordert werden. Die Brückenfirmen treten mit einem namhaften Architekten in Verbindung, mit dem vereint sie ihren Entwurf aufstellen; dieser Zusammenschluß hat in seinen Ergebnissen so befriedigt, daß es sich empfiehlt, auch in Zukunft bei allen größeren Aufgaben des Eisenbaues zu dem Mittel des Wettbewerbs zu greifen. Sucht man doch auch auf anderen Gebieten des Ingenieurbaus z. B. bei Talssperren durch Ausschreiben künstlerischer Wettbewerbe einer ästhetischen Durchbildung Bahn zu schaffen. Allerdings wäre es wünschenswert mehr als bisher zunächst Ideen-Wettbewerbe auszuschreiben und bindende Angebote erst mit einer erneuten, engeren Ausschreibung einzufordern, damit den weiteren Fachkreisen unnötige Rechnereien erspart und künstlerische Rücksichten näher gelegt werden¹⁾.

Auch außerhalb Deutschlands machen sich Bestrebungen geltend, durch Veranstalten von Wettbewerben den künstlerischen Gehalt des Eisenbaues zu heben: so wurde beim Ausschreiben für die Monumentenbrücke in Washington ausdrücklich betont, daß auf gefällige Erscheinung großer Wert gelegt werde.

III. Architekt und Ingenieur.

Zum schönheitlich befriedigenden Schaffen in Eisen gehört ein vollkommenes Beherrschen der Linien und Verhältnisse eines Bauwerks und ein ansprechendes Gestalten der Einzelheiten. Hierzu muß in erster Reihe von den technischen Bedingungen ausgegangen werden; es muß also ein Architekt, der sich mit der Ausbildung von Eisenwerk befaßt, mit der Konstruktion und Berechnungsweise des Eisens so weit vertraut sein, daß er wenigstens in den Hauptzügen die in Frage kommenden Verhältnisse zu überschauen vermag. Er muß imstande sein, sich in die Denkungsweise des Ingenieurs zu versenken und, wenn er das Eisengefüge nach künstlerischem Empfinden gestaltet hat, mit der Rechnung regelnd nachzuprüfen, ob nicht sein Vorschlag vor konstruktiven und statischen Hindernissen Halt machen muß. Je kühner ein Werk gedacht ist, um so mehr muß die Rechnung vor Waghalsigkeit bewahren und Sicherheit geben, daß die in jedem Bauwerk wohnenden zerstörenden Kräfte fest im Zaum gehalten sind. Ästhetik und Mathematik schließen sich nicht aus, müssen vielmehr Hand in Hand gehen²⁾.

¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1912, S. 908.

²⁾ Deutsche Bauhütte 1909, Beilage „Der Betonbau“ Nr. 16, Seite 1.

Umgekehrt muß sich der Ingenieur dem Fühlen des Architekten, der Schaffensart des Künstlers, nähern. Er muß vor allem den Standpunkt gewinnen, daß jedes Werk nicht nur schlecht und recht einem praktischen Nutzzweck zu dienen habe, sondern daß es auch schönheitlichen Anforderungen entsprechen müsse, daß man also nicht zwischen Bauwerken unterscheiden dürfe, die schön sein müssen und solchen, die nicht schön zu sein brauchen, weil sie Nutzbauten sind.

Bei Beiden, dem Architekten wie dem Ingenieur, muß sich die Erkenntnis durchringen, daß, wie einerseits eine schöne Gestaltung, die zuverlässig sein will, der Rechnung nicht entbehren kann, so andererseits die Rechnung allein noch zu keinem Kunstwerk führt, daß also Kunst und Wissenschaft sich gegenseitig zu unterstützen haben. Dies ist etwa so zu denken, daß zunächst der Ingenieur die konstruktiven Hauptgedanken angibt, dann der Architekt für sie die künstlerisch-schöne Form findet, zugleich auch auf die Einpassung des Bauwerkes in die Umgebung Bedacht nimmt, und daß schließlich beide zusammen die endgültige Ausführung, nach den Gesichtspunkten der Sicherheit, der Schönheit und der Wirtschaftlichkeit in die Wege leiten. Die Zerteilung in Ingenieurwerk und zugefügte Theaterarchitektur muß dagegen zum Verschwinden gebracht werden; es müssen einheitliche Bauwerke aus einem Guß entstehen. Nach diesem Ziele hin muß das Verständnis des Ingenieurs für die künstlerischen Bestrebungen der Neuzeit und das Verständnis des Künstlers für die mannigfaltigen Zweige der Eisenbauweise geweckt und vertieft werden, eine Aufgabe, die in erster Linie von den Technischen Hochschulen zu erfüllen sein wird.

Franz¹⁾ schlägt in diesem Sinne vor, es möchten die Architektur-Abteilungen der Technischen Hochschulen ihre Entwurfs- und Prüfungs-Aufgaben mehr als bisher aus den Gebieten des Ingenieurbaus entnehmen.

Gelegentlich ist die Forderung erhoben worden, die Ingenieurästhetik von der zur Zeit nicht zu leugnenden Bevormundung durch die Hochbaukunst loszulösen und die Bauingenieure soweit künstlerisch auszubilden, daß sie imstande wären, ihre eigenen Werke selbst künstlerisch zu gestalten²⁾. Dieser Gedanke, Ingenieurkünstler zu schaffen, hat entschieden vieles für sich und es wäre gewiß recht günstig für den Eisenbau, wenn sich in ein und derselben Persönlichkeit künstlerisches Vermögen und strenge eisentechnisch-wissenschaftliche Schulung vereinigte. Wie die Verhältnisse aber augenblicklich liegen, ist die Kluft zwischen Architektur und Ingenieurwissenschaft noch zu groß, auch haben sich beide zu derart ausgedehnten Fachgebieten ausgewachsen, daß ihre gleichmäßige Doppelbeherrschung selbst einer großen Begabung schwer fallen würde. Es ist daher die Aussicht auf eine solche Vereinigung zu sehr auf das Individuelle gestellt, als daß man allgemeine Forderungen aus einem dahingehenden, an sich durchaus berechtigten Wunsche erheben dürfte.

Immerhin ist es nicht ausgeschlossen, daß sich mit der Zeit die als notwendig erkannte Annäherung der beiden großen Fachgebiete tatsächlich vollzieht, und immer enger

¹⁾ Technik und Wirtschaft, Juni 1910, Franz: Ingenieurarchitekturen.

²⁾ Wöchenschr. d. Arch.-Ver. zu Berlin 1913, S. 46.

gestaltet, und daß sich Persönlichkeiten finden, deren Veranlagung gerade auf den Grenz- und Gemeinschaftsbezirken beider Fachbereiche liegt, die also hier eine besondere nutzbringende Tätigkeit zu entfalten vermögen. Gelegenheit dazu bietet die Behandlung mancher bisher ausschließlicher Ingenieuraufgaben, die, wie Fabrikbauten, Kraftanlagen usw. in künstlerischer Beziehung früher vollständig vernachlässigt waren.

IV. Vorbilder-Sammlungen, Ausstellungen.

Zur schönheitlichen Förderung des Eisenbaues haben die Architekten- und Ingenieurvereine Deutschlands auf eine Umfrage hin vorgeschlagen, Sammlungen mustergültiger Ausführungen der Ingenieurkunst unter Gegenüberstellung von Beispiel und Gegenbeispiel zu veröffentlichen, die Lehrpläne der Technischen Hochschulen entsprechend auszugestalten, und künstlerische Beratungsstellen einzurichten, welche alle auf das Stadt- und Landschaftsbild einflußnehmenden Bauten zu begutachten hätten.

Neben derartigen Maßnahmen können auch geeignet gewählte Architektur-Ausstellungen etwa in der Art, wie sie für vorbildliche Fabrikbauten gelegentlich der Tagung des Deutschen Werkbunds in Frankfurt a. M. im Jahre 1909 veranstaltet wurden, großen Nutzen bringen.

Schluss.

Im ganzen muß es darauf ankommen, den Eisenbau aus dem Bann der Nützlichkeit und der Rechnung und aus der Verflachung einer vielfach mit den Gründen rationeller und billiger Ausführung entschuldigter künstlerischen Interesselosigkeit zu befreien und in eine höhere, zugleich dem Volksempfinden verständlichere Auffassung überzuleiten. Gerade auf dieses Volksempfinden wäre besonders Bedacht zu nehmen: Während die Architektur mit ihrer großen Vergangenheit über eine Anzahl hervorragender Baudenkmale und eine ausgedehnte Literatur verfügt, und damit tief in das allgemeine Bewußtsein eingedrungen ist, hat sich der Eisenbau zu rasch entwickelt, als daß es ihm schon möglich gewesen wäre, mit seinen Konstruktionen und Formen gleich eindringlich zum Nichtfachmann zu reden. Die technische Welt im weiteren Sinne wird es daher als ihre besondere Aufgabe zu betrachten haben, das große Publikum auf die Eigenart der Eisenbauweise aufmerksam zu machen, ihm „das Wachsen der Tragkraft mit dem Anschwellen des Materials in der Mitte, die Häufung des Materials in den Gurten und Streben an bestimmten Stellen, die Fortführung der Kräfte in bestimmten Linien nach bestimmten Punkten als richtig und

notwendig“ verständlich zu machen und es über rätselhafte Konstruktionen wie Ausleger-, Gelenk- und Pendelpfeilerbrücken aufzuklären. Daß der Laie die Geheimnisse aller Einzelheiten erfasse, ist nicht erforderlich, wie er ja z. B. die Schönheit eines Bildwerkes genießen kann, ohne in alle von den Kennern empfundenen Feinheiten einzudringen.

Über dieses Empfinden vom Wesen des Eisenbaus sagt A. Endell¹⁾:

„... eine eiserne Brücke, aus Hunderten arbeitender Glieder gefügt, alle ihrer Stärke entsprechend beansprucht, unter jeder Belastung sich leise dehnend und danach wieder elastisch sich zusammenziehend, die Hauptteile beweglich gegeneinander, das Ganze spielend in stählernen Gelenken und auf Rollenwagen verschiebbar unter dem Einfluß der Lasten, der Sonne, der Kälte, in leisem, kaum sichtbar pendelndem Dehnen und Zusammenziehen. Es hat einen seltsamen Reiz, so in Gedanken das heimliche Leben dieser Ungeheuer nachzufühlen. Freilich, all das ist nur dem begreiflich, der wenigstens etwas von Aufbau und Konstruktion dieser Dinge weiß. Darum sollte oft und viel von dieser Arbeitsschönheit die Rede sein, sollten Fachleute in verständlicher Sprache, — und man kann alles, auch das Schwierigste einfach und verständlich ausdrücken — ihre Arbeit klarlegen. Dem Fachmann wird es ein Genuß sein, das eigene Tun einmal als künstlerisches Gebilde zu betrachten, dem Draußenstehenden aber wird das immer wieder zum Bewußtsein bringen, daß es neben seiner Welt noch tausend andere gibt.“

In diesem Sinne müssen wir alle ans Werk: Nicht nur der große Baumeister oder Ingenieur, der mit den ragenden Gebilden seiner Kunst seinen Namen durch alle Länder trägt, nein, auch jeder letzte Mann unserer Truppe muß zu seinem bescheidenen Teil dazu beitragen, daß die Schönheit in unsere Eisenbauten einkehre.

Dann wird auch unsere Zeit ihre große Banepoche haben, wie die vergangenen schimmernden Jahrhunderte, die wir mit freudiger Bewunderung betrachten.

Aber gerade diese bewußte Bewunderung soll uns zwar die Kraft geben gern an jene vergangene Größe anzuknüpfen und die in ihr liegenden Triebe organisch weiterzubilden; doch ebenso soll sie uns vor äußerlicher Nachahmung behüten, die gleichbedeutend mit Stillstand und Tod ist. Mehr als jede frühere steht gerade unsere Zeit unter dem Zeichen einer schnellen machtvollen Weiterentwicklung.

Darum wollen wir für ein neues geistiges und äußeres Leben in einem neuen Material neue Formen schaffen. Dann werden auch unsere Enkel im Rückblick diese unsere Zeit als eine große und harmonische empfinden.

¹⁾ August Endell „Die Schönheit der großen Stadt“ in der Sammlung „Kunst und Kultur“, Stuttgart, Strecker & Schröder.