



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen

Text

Jordan, Hermann

Berlin, 1913

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

DIE KÜNSTLERISCHE GESTALTUNG VON EISENKONSTRUKTIONEN

IM AUFTRAGE
DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE
DES BAUWESENS IN BERLIN

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ING. H. JORDAN
KAISERLICHEM BAURAT, STRASSBURG I. ELSSASS

UND

DR. ING. E. MICHEL
PROF. AN DER TECHN. HOCHSCHULE, HANNOVER

ERSTER BAND: TEXT



CARL HEYMANNS VERLAG, BERLIN

1913

30 - (2144)

18/4/13

DIE
KÜNSTLERISCHE GESTALTUNG
VON EISENKONSTRUKTIONEN

ERSTER BAND

III
KUNST UND KUNSTLEBEN
VON EINER KUNSTLEBENS-
GESCHICHTE

DIE
KUNSTLEBENS-
GESCHICHTE
VON EINER KUNSTLEBENS-
GESCHICHTE

ERSTE HEFT

DIE KÜNSTLERISCHE GESTALTUNG VON EISENKONSTRUKTIONEN

IM AUFTRAGE
DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE
DES BAUWESENS IN BERLIN

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ING. H. JORDAN
KAISERLICHEM BAURAT, STRASSBURG I. ELSASS

UND

DR. ING. E. MICHEL
PROF. AN DER TECHN. HOCHSCHULE, HANNOVER

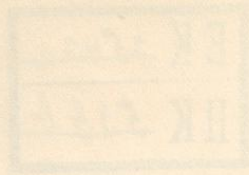
ERSTER BAND: TEXT



CARL HEYMANNS VERLAG, BERLIN
1913

396

3/V



DIE KUNSTLERISCHE GESTALTUNG VON EISENKONSTRUKTIONEN

IM AUFGABE
DER KÖNIGLICHEN BAUSCHULE
DES SAARLANDES IN SIEGEN

VON
HERMANN
MÜLLER

Gedruckt von Julius Sittenfeld, Hofbuchdrucker, Berlin W.

DE. ING. H. JORDAN
DE. ING. E. MICHEL

ERSTER BAND. TEXT



02

MQ

18641

Verlags-Archiv 5400.

1913

VORWORT.

Die Frage der künstlerischen Gestaltung von Eisenkonstruktionen hat Architekten, Ingenieure und Kunstgelehrte beschäftigt, solange es solche Konstruktionen gibt.

In dem Maße, wie Eisen und Stahl als Baustoffe in ihrer Zusammensetzung verbessert, wie ihre Festigkeitswerte erhöht worden sind und wie die Wissenschaft der Statik immer sicherere Berechnungsgrundlagen gefunden hat, gewannen die Eisenkonstruktionen auf allen Gebieten des Bauwesens in unserem Kulturleben stetig wachsende Bedeutung; es entstanden Werke von erstaunlicher Kühnheit, in denen sich Leichtigkeit der Erscheinung mit hoher Festigkeit vereinigte. Zugleich wurde es aber auch mehr und mehr erkannt und gewürdigt, daß bei so bedeutenden und eigenartigen Konstruktionsgebilden nicht nur die Forderungen der Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit erfüllt sein, sondern auch allgemeine Schönheitsrücksichten sowohl in der Gesamterscheinung wie in den Einzelformen zur Geltung gebracht werden müßten.

Die Anschauungen über die Wege, die einzuschlagen sind, wenn Eisenkonstruktionen einen ästhetisch befriedigenden Eindruck machen sollen, haben im Laufe der Zeit mannigfache Wandlungen erfahren und sind auch heute noch nicht ganz geklärt. Inzwischen hat aber die Fülle der ausgeführten Werke und die sie behandelnde Literatur ein so reiches Vergleichsmaterial erbracht, daß von seiner Verwertung eine Klärung der Ansichten über die wesentlichsten auf diesem Gebiete in Betracht kommenden Fragen erwartet werden darf. Um diesem Ziele näher zu kommen und um zugleich eine Anregung zum Weiterbau auf solcher Grundlage zu geben, beschloß die Königliche Akademie des Bauwesens, eine

„Abhandlung über die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen
im Gebiet der Architektur und des Ingenieurwesens“

als Preisaufgabe zu stellen.

„Das am 15. Januar 1908 erlassene Preisausschreiben enthielt unter anderen folgende Bestimmungen:

In der Abhandlung soll das bisher auf dem Gebiete der Eisenkonstruktionen für sich und in ihrer Verbindung mit Steinbau in Deutschland sowie im Auslande im künstlerischen Sinne Geleistete kritisch gewürdigt und durch Abbildungen ausgeführter Bauwerke oder Bauteile erläutert werden. Es sind dabei nur Eisenkonstruktionen des Hochbaues und des Bauingenieurwesens in Betracht zu ziehen, während der Maschinenbau ebenso wie der Eisenbetonbau unberücksichtigt bleiben sollen.

Zu gliedern ist die Abhandlung in eine Darstellung der geschichtlichen Entwicklung künstlerisch durchgebildeter Eisenkonstruktionen, in eine kritische Würdigung ihrer Behandlung und Formgebung sowie in eine Erörterung der weiteren Entwicklungsfähigkeit des Eisenbaues in ästhetischer Beziehung. Bei der Würdigung der künstlerischen Gestaltung der Konstruktionen

VI

sind als sachlich untrennbar die Rücksichten auf Sicherheit, Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit gleichmäßig mit in Betracht zu ziehen.

Die Bearbeitung der Preisaufgabe ist auf Angehörige des Deutschen Reiches beschränkt. Als Preise werden ausgesetzt: für die beste Arbeit 3000 Mark, für die beiden nächstbesten Arbeiten je 1000 Mark. Das Preisgericht besteht aus dem Präsidenten der Akademie sowie aus drei Architekten und drei Ingenieuren, welche die Körperschaft aus ihrer Mitte wählt. Das Verfügungsrecht über die preisgekrönten Arbeiten hat allein die Akademie; sie behält sich die Veröffentlichung dieser Arbeiten vor.

Wider Erwarten hat dies Preisausschreiben nicht die der Bedeutung der Frage entsprechende Anziehungskraft ausgeübt. Es gingen im ganzen nur 5 Bearbeitungen der gestellten Aufgabe ein. Wenn auch der erste Preis nicht verteilt werden konnte, so hat doch der Beurteilungsausschuß die Abhandlungen des Baurats Dr.-Ing. H. Jordan in Straßburg i. E. mit dem Kennwort: „Vom Nützlichen durch das Wahre zum Schönen“

und des Professors Dr.-Ing. E. Michel in Hannover mit dem Kennwort: „Magna est res architectura“ je mit einem Preise ausgezeichnet und im Laufe der weiteren Verhandlungen beide Verfasser bereit gefunden, ihre Arbeiten auf Grund des Gutachtens des Preisgerichts zum Zwecke der Veröffentlichung teils zu kürzen, teils zu ergänzen.

Für die Drucklegung wurde Übereinstimmung dahin erzielt, daß es zweckmäßig sei, beide Abhandlungen in einem aus zwei Teilen bestehenden Textband zusammenzufassen, die Abbildungen aber in einem gemeinsamen zweiten Bande zu vereinigen und bei ihnen, soweit es ihre verschiedenen Größen irgend zuließen, die dem Texte entsprechende Zusammengehörigkeit zu beobachten.

So ist dank der Bereitwilligkeit, mit der sowohl die Verfasser wie Carl Heymanns Verlag den Wünschen der Akademie entgegengekommen sind, das vorliegende Werk in einer Form entstanden, die es handlich und bequem benutzbar erscheinen läßt.

Für seinen Inhalt darf der Umstand sprechen, daß ein Ingenieur und ein Architekt unabhängig voneinander den Stoff behandelt haben und daß beide im wesentlichen mit ihren Betrachtungen zu gleichen Ergebnissen gelangt sind.

Berlin, im März 1913.

Königliche Akademie des Bauwesens.

INHALTSVERZEICHNIS

I.

Die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen

Von

Hermann Jordan.

Einleitung	1	c) Bogenbrücken	50
I. Übersicht über die geschichtliche Entwicklung der Eisenkonstruktionen	3	d) Hängebrücken	56
A. Konstruktionsformen des Eisens im Brückenbau	4	2. Hochbau	56
1. Entwicklung der Balkenbrücken	4	a) Längshallen	57
2. Entwicklung der Bogenbrücken	9	b) Kuppeln	61
a) Die gußeisernen Bogenbrücken	9	c) Hallenkomplexe	63
b) Bogenbrücken aus Schweißeisen oder Flußeisen	11	d) Türme	66
3. Entwicklung der Hängebrücken	17	B. Allgemeine Betrachtungen über die ästhetische Wirkung von Eisenkonstruktionen	67
B. Konstruktionsformen des Eisens im Hochbau	21	C. Kritische Betrachtungen über das Zusammenwirken des Eisens mit anderen Baustoffen	72
1. Längshallen	21	1. Brückenbau	72
2. Kuppeln	28	2. Hochbau	77
3. Hallenkomplexe	30	D. Kritik der Schmuckformen	82
4. Türme	34	III. Erörterung der weiteren Entwicklungsfähigkeit des Eisenbaues in ästhetischer Beziehung	88
C. Vereinigung des Eisens mit anderen Baustoffen	36	A. Allgemeines	88
D. Schmuckformen des Eisens und der mit ihm in Verbindung stehenden Baustoffe	43	B. Proportion	94
II. Kritische Würdigung	45	C. Linienführung	95
A. Kritik der Konstruktionsformen	45	D. Flächenbehandlung	96
1. Brückenbau	45	E. Raumgestaltung	97
a) Allgemeines	45	Schlussbetrachtungen	98
b) Balkenbrücken	45		

II.

Die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen

Von

Eugen Michel.

Einleitung	101	C. Brücken	105
I. Geschichtliche Entwicklung	102	I. Feste Brücken	105
A. Allgemeines	102	a) Balkenbrücken	105
B. Vorstufen des Eisenbaues	104	1. Auf zwei Endstützen	105
		Blechträger, Kastenträger, Walzträger	105

Gegliederte Träger:	106	5. Zwischenpfeiler	147
Gitterwerk	106	6. Geländer	147
Parallel-Fachwerk	107	7. Knotenpunkte usw.	148
Fachwerk mit gekrümmter Gurtung	110	e) Landschaftsbild	149
2. Durchgehende Träger, Kragträger	112	II. Eisen und Stein	150
b) Bogenbrücken	114	a) Raumbildungen	150
1. Gußeisen	114	b) Brücken	151
2. Schweißeisen und Flußeisen	115	1. Betonung der Senkrechten	151
c) Hängebrücken	118	2. Betonung der Wagerechten	152
1. Kettenbrücken	118	III. Eisen und Beton	152
2. Drahtkabelbrücken	120	IV. Architekt und Ingenieur	153
d) Vereinigte Systeme	122	C. Sicherheit	155
e) Eisen mit Beton	122	I. Natürliche Auslese	155
II. Bewegliche Brücken	123	II. Nebenspannungen und Knoten- punkts-Ausbildung	155
D. Hochbau	125	III. Knicksicherheit und Quersteifigkeit	156
I. Langbauten	125	IV. Versuche	156
a) Erste Anfänge, einfache Hallen mit Balken- oder Bogenbindern	125	D. Wirtschaftlichkeit	157
b) Gelenkbinder	128	E. Ergebnis	161
c) Kragdächer	130	III. Entwicklungsfähigkeit	161
d) Stufen- und Rahmendächer	130	A. Allgemeines	161
II. Zentralbauten	131	B. Entwicklung im Einzelnen	161
a) Kuppeln	131	I. Schönheitliche Gesichtspunkte	161
b) Zeltdächer	133	a) Linien und Verhältnisse	161
III. Vereinigungen	133	b) Einzelform	162
E. Sonstige Ausführungen	134	c) Ruhige Gestaltung	163
II. Kritische Würdigung	136	d) Kein Materialminimum	164
A. Allgemeines	136	e) Annäherung von außen und innen	165
B. Schönheit	138	f) Gruppenbau	165
I. Reiner Eisenbau	138	g) Landschaftsbild	165
a) Linienführung	138	II. Praktische Gesichtspunkte	165
1. Träger-Umriß	138	a) Materialeigenschaften	165
Balken	138	b) Rost und Lokomotivrauch	167
Bogen	138	c) Eisen mit Beton	169
Hängeform	139	III. Ergänzungsbeigaben	169
Ausleger	139	a) Verglasung und Eindeckung	169
Aufreihung von Systemen	140	b) Farbe des Eisenwerks	171
2. Füllungen	140	c) Künstliche Beleuchtung	172
b) Verhältnisse	141	C. Entwicklung im Ganzen	172
c) Perspektivische Wirkung	143	I. Erweiterung des Anwendungsgebiets	172
1. Viele Kreuzungen	143	II. Wettbewerbe	175
2. Einfluß des Lichts	144	III. Architekt und Ingenieur	175
d) Einzelheiten	145	IV. Vorbilder-Sammlungen, Ausstellungen	176
1. Guß	145	Schluss	176
2. Schmiedearbeit	145		
3. Gelenke	146		
4. Portale	147		
Orts- und Sachverzeichnis			

LITERATUR-VERZEICHNIS

- Baltard, V. et F. Callet, Monographie des halles centrales de Paris. Paris 1863. A. Morel et Cie.
- Barrault, M. A. et M. G. Bridel, Le palais de l'industrie. Paris 1857. Noblet.
- Beck, Dr. Ludwig, Die Geschichte des Eisens. Braunschweig 1893—95. Friedr. Vieweg & Sohn.
- Beermann, Die Rheinbrücken bei Cöln. Cöln 1911. M. Du Mont-Schauberg'sche Buchh.
- Bernhard, K., Eiserne Brücken. Deutsches Bauhandbuch, Bauk. d. Ing. Der Brückenbau, Bd. I. Berlin 1911. Deutsche Bau-Zeitung, G. m. b. H.
- Beyer, Eigengew. etc. des Auslegeträgers. Dissert. Dresden 1908.
- Böhm, Th., Handb. d. Holzkonstruktionen. Berlin 1911. Julius Springer.
- Bohny, Theorie und Konstruktion versteifter Hängebrücken. Leipzig 1905. Wilhelm Engelmann.
- Brandt, E., Lehrbuch der Eisenkonstruktionen. Berlin 1876. Ernst und Korn.
- Breymann, G. A., Allgem. Baukonstruktions-Lehre, III. Teil, Konstruktionen in Eisen. Leipzig 1890. J. M. Gebhardt's Verlag.
- Brüning, A. d., Die Schmiedekunst seit dem Ende der Renaissance, erschienen in Monogr. d. Kunstgew. (Sponzel). Berlin, Herm. Seemann Nachf.
- Cornelius, H., Elementargesetze der bildenden Kunst. Leipzig 1908. B. G. Teubner.
- Daub, Die Vergangenheit des Hochbaues. Wien 1911. Franz Deuticke.
- Die Straßenbrücken der Stadt Berlin. Berlin 1902. Julius Springer.
- Dietz, Die Kaiser Wilhelm-Brücke über die Wupper bei Müngsten. Berlin 1904. Julius Springer.
- Downes and Cowper, The buildings erected in Hyde-Park for the great exhibition on 1851. London 1851. John Weale.
- Drysdale Dempsey, Malleable iron bridges. London 1850. Atchley and Co.
- Eiffel, H., Travaux scientifiques exécutés à la tour de trois cents mètres de 1889 à 1900. Paris 1900. Maretheux.
- Endell, A., Die Schönheit der großen Stadt, in der Sammlung „Kunst und Kultur“. Stuttgart, Strecker & Schröder.
- Esselborn, K., Lehrbuch des Hochbaues. Leipzig 1908. Wilhelm Engelmann.
- Etzel, Brücken und Tal-Übergänge schweizerischer Eisenbahnen. Basel 1856. Bahnmaier.
- Fanta, J., Die erste Kettenbrücke für den Lokomotivbetrieb. Wien 1861. Selch.
- Festschrift zur Eröffnung des Dortmund—Ems-Kanals 1899.
- Franz, W., Kann man Ingenieurbauten schön gestalten? Berlin 1910. Verlag des „Reichsboten“.
- Fischer, C., Eisenbahnbauten bei Mannheim, I. Die Rheinbrücke zwischen Mannheim und Ludwigshafen. Karlsruhe 1869. J. Veith.
- Foerster, Die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten. Leipzig 1909. Wilhelm Engelmann.
- Fortschritte auf dem Gebiete der Architektur, Ergänzungsheft zum Handbuch der Architektur: Schacht und Schmitt, Verglaste Decken und Deckenlichter. Darmstadt 1894. Arnold Bergsträssers Hofbuchhandlung.
- Freitag, J. K., Architectural Engineering. London 1902. Chapman & Hall.
- Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonstr. Berlin 1882. Ernst & Korn.
- Groos, Einleitung in die Ästhetik. Gießen 1892. J. Ricker'sche Univ.-Buchh.
- Handbuch der Architektur. Dritter Teil, 2. Band, 2. und 4. Heft. Schmitt und Landsberg, Dächer und Bauformen, Dachstuhlkonstruktionen — Gesimse. Leipzig 1911. J. M. Gebhardt's Verlag.
- — — — — Vierter Teil, 2. Halbband, Heft 4. Schmitt, Empfangsgebäude usw. Leipzig 1911. J. M. Gebhardt's Verlag.
- — — — — Vierter Teil. 3. Halbband, Heft 2, Osthoff und Schmitt, Markthallen.
- — — — — Vierter Teil, 6. Halbb., 4. Heft, Schmitt, Pflanzenhäuser. Leipzig 1906. Alfred Kröner.
- Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. Leipzig. Wilhelm Engelmann.
- Handbuch für Eisenbetonbau, Ergänzungsband I, E. von Moeenseffy, Die künstlerische Gestaltung der Eisenbetonbauten. Berlin 1911. Wilhelm Ernst & Sohn.
- Haeseler, E., Der Brückenbau, I. Teil, Eiserne Brücken. Braunschweig 1888. 1908. Friedr. Vieweg & Sohn.
- Hartwich, E., Erweiterungsbauten der rheinischen Eisenbahnen.
- Heinzerling, Dr. F., Die Brücken der Gegenwart. I. Abt. Eiserne Brücken. Leipzig 1884. Baumgärtner's Buchh.
- Heinzerling, Die eisernen Bogen-Balkenbrücken. Leipzig 1897. Baumgärtner's Buchh.
- Heinzerling, Dr. F., Dreieck und Kraft-Übertragung. Leipzig 1904. Carl Scholtze.
- Heinzerling, Dr. F., Der Eisenhochbau der Gegenwart. Aachen 1876. 1878. J. A. Mayer'sche Buchhandlung.
- Heinzerling, Hochbauten mit eisernen Zelt- und Kuppeldächern. Leipzig 1889. Baumgärtner's Buchh.
- Hitzig, Fr., Die Börse in Berlin. Berlin 1867. Ernst & Korn.
- Hodges, J., Construction of the great Victoria bridge in Canada. London 1860. John Weale.
- Humber, W., A complete treatise on cast and wrought iron bridge construction. London 1861. E. & F. N. Spon.
- Jacomot, A., Revue technique de l'exposition universelle de 1900. Paris 1900. Bernard & Co.
- Ingenieurschule Karlsruhe, Die Eisenbahnbauten bei Kohl. Karlsruhe 1859/60. Veith.
- Kapp, E., Grundlinien einer Philosophie der Technik. Braunschweig 1877. George Westermann.
- von Klein, L., Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. Stuttgart 1863. Wilhelm Nitzschke.
- Lang, H., Zur Entwicklungsgeschichte der Spannwerke des Bauwesens. Riga 1890. N. Kymmels Verlag.
- Lux, Jos. Aug., Ingenieur-Ästhetik. München 1910. Gustav Lammers.
- Mehrten, H., Der deutsche Brückenbau im 19. Jahrhundert. Berlin 1900. Julius Springer.

- Mehrtens, Vorlesungen über Ingenieur-Wissenschaft, II. Teil, Eisenbrückenbau, I. Band, Feste Eisen-Brücken. Leipzig 1908. Wilhelm Engelmann.
- Mehrtens, Vorlesungen über Statik der Baukonstruktionslehre und Festigkeitslehre. Leipzig 1903. Wilhelm Engelmann.
- Mertens, L., Eiserne Dächer und Hallen in England. Berlin 1899. Julius Springer.
- Meyer, A. H., Eisenbauten, ihre Geschichte und Ästhetik. Eßlingen 1907. Paul Neff Verlag.
- Möhring, Stein und Eisen. Berlin. Ernst Wasmuth.
- Molinos et Pronnier, Traité théorique et pratique de la construction des ponts métalliques. Paris 1857. A. Morel et Cie.
- Morandière, Traité de la construction des ponts et viaducs. Paris 1879. Dunod.
- Muthesius, H., Die Einheit der Architektur. Berlin 1908. Karl Curtius.
- Navier, Mechanik der Baukunst. Deutsch von Westphal. Hannover 1879. Helwingsche Verlagsbuchhandlung.
- Phillips, Ph., The Forth Bridge. Edinburgh 1894. Robert Grant & Son.
- Reynaud, Les travaux publics de la France. Paris 1883. Rothschild.
- Rickmann, J., Life of Thomas Telford. Pall Mall 1838. Payne and Foss. (Mit Atlas.)
- Röder, H. L. A., Brückenbaukunde. Darmstadt 1821. J. W. Heyer.
- Rondelet, Kunst zu bauen. 5. Band. Deutsch von Heß. Darmstadt 1836. W. Leske.
- Sammlung, die Baukunst betreffend, herausgeg. von mehreren Mitgliedern des Königl. Preuß. Ober-Bau-Departements. 1. Jahrg. 1797. 1. Bd. 2. Aufl. Berlin. Friedrich Maurer 1811.
- Schaper, G., Eiserne Brücken. Berlin 1908 u. 1911. Wilhelm Ernst & Sohn.
- Schnirch, Kaiser-Franzens-Kettenbrücke zu Prag. Prag 1842. J. G. Calve.
- Schramm, Historischer Schauplatz. Leipzig 1735. B. C. Breitskopf.
- Stüler, Das neue Museum in Berlin. Berlin 1862. Wilhelm Ernst & Sohn.
- Uhde, C., Die Konstruktionen und die Kunstformen der Architektur. Berlin 1902—11. Ernst Wasmuth.
- Vianello, L., Der Eisenbau. München und Berlin 1905. R. Oldenbourg.
- Vierendeel, A., La construction architecturale en fonte, fer et acier. Louvain, A. Uystpryst. Paris, Vve. Ch. Dunod.
- Viollet-le-Duc, Entretiens sur l'architecture. Paris. A. Morel & Co.
- Wittig, Zur Eröffnung der Untergrundbahn nach Westend, Berlin 1908.
- Yvert, Notice sur les ponts avec poutres tubulaires en tôle. Paris 1851. Carilian-Goeury et Dalmont.
- von Zabern, V., Detailzeichnungen der Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz (10 Tafeln). Mainz 1863. Victor v. Zabern.

Über einzelne Bauwerke und Einzelfragen vergl. die Fußnoten und sonstigen Literaturangaben (unter den Zusammenstellungen).

ABKÜRZUNGEN IN DEN QUELLENNACHWEISEN.

- | | | | |
|--------------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| A. B. | = Allgemeine Bauzeitung. | Z. f. Arch. u. Ing. | = Zeitschrift f. Architektur und Ingenieurwesen (Hannover). |
| D. B. | = Deutsche Bauzeitung. | Zeitg. d. Ver. d. Eisenb.-V. | = Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen. |
| Öst. Wochenschr. f. d. ö. Baudienst | = Österreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst. | Z. d. V. d. Ing. | = Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. |
| Schweiz. B. | = Schweizerische Bauzeitung. | Z. d. B. | = Zentralblatt der Bauverwaltung. |
| Z. d. A. u. Ing.-V. z. Hann. | = Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins in Hannover. | Z. f. B. | = Zeitschrift für Bauwesen. |

I.

DIE KÜNSTLERISCHE GESTALTUNG
VON EISENKONSTRUKTIONEN

VON

HERMANN JORDAN

VOM NÜTZLICHEN DURCH DAS WAHRE ZUM SCHÖNEN

DIE KÜNSTLERISCHE GESTALTUNG

VON EISENKONSTRUKTIONEN

VON

HERMANN JORDAN

Einleitung.

Die Frage der ästhetischen Ausbildung von Ingenieurbauten, besonders von Eisenkonstruktionen, ist während der letzten Jahre in weitesten Kreisen der Architekten und Ingenieure durch Vorträge und Abhandlungen erörtert worden. Man darf wohl behaupten, daß es sich hierbei in gewissem Sinne um eine Zeitfrage handele, d. h. um eine Frage, die vornehmlich und mehr als viele anderen Aufgaben die Teilnahme und das Nachdenken zahlreicher Fachgenossen unserer Zeit beschäftigte.

Wenn wir die Bedeutung dieser Frage würdigen und verstehen wollen, müssen wir die Entwicklung des Eisenbaues im Rahmen der gesamten Kulturentwicklung des 19. Jahrhunderts betrachten und namentlich diejenigen Tatsachen und Umstände ins Auge fassen, die jene Entwicklung hervorgebracht und weiterhin gefördert haben.

Hierzu gehört in erster Linie die Entstehung vollständig neuer Arten der Technik, namentlich eine neue Technik des Eisens. Die Verwendung des Eisens in der menschlichen Kultur ist ja uralte, sie zählt bereits nach Jahrtausenden. Aber während die Eisentechnik in früheren Zeitaltern oft Jahrhunderte lang keine merklichen Fortschritte gemacht hatte, erhielt sie im neunzehnten Jahrhundert ganz neue Formen und Methoden und nahm dadurch einen ungeheuren Aufschwung. Zwar hatte schon das achtzehnte Jahrhundert auf diesem Gebiete vorgearbeitet, aber erst im neunzehnten war die Technik des Eisens so weit fortgeschritten, daß es in großen Massen für Bauzwecke verwendet werden konnte. Die Namen: Gußeisen, Schmiedeeisen oder Schweißeisen, Flußeisen und Flußstahl bezeichnen die einzelnen Abschnitte in der Entwicklung der Eisentechnik im neunzehnten Jahrhundert. In seiner zweiten Hälfte waren namentlich die Erfindungen des Bessemer-Verfahrens (1855) und des Thomas-Verfahrens (1878) von weittragender Bedeutung. Für die verschiedensten Bauzwecke hat zuerst das Gußeisen, sodann aber vorwiegend das Walzeisen eine außerordentlich wichtige Rolle gespielt.

Die zweite bedeutende Kulturmacht in der Geschichte des neunzehnten Jahrhunderts war der ungeheure Aufschwung des Verkehrs und vor allem die Entstehung und Entwicklung der Eisenbahnen.

Aber auch die Landstraßen und Wasserwege waren durch die neuen technischen Hilfsmittel außerordentlich verbessert

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

worden, so daß auch auf diesen Wegen der Verkehr trotz des Wettbewerbs der Eisenbahnen gewaltig zugenommen hatte. Dazu kam noch das sprunghafte Anwachsen der größeren Städte, die in ihrem Innern und zur Verbindung mit den Vororten neue Verkehrsmittel erforderten und erhielten.

Die Entwicklung der Eisenerzeugung und der Eisenbauten steht nun in engstem wechselseitigem Zusammenhange mit jener Verkehrsentwicklung. Der weitaus größte Teil aller eisernen Bauwerke ist durch unmittelbare Bedürfnisse des Verkehrs entstanden oder steht doch mittelbar in irgend einem ursächlichen Zusammenhange mit ihm. Schon dieser Umstand macht es begreiflich, daß in der ersten Entwicklungszeit der eisernen Bauwerke im großen und ganzen eine etwas nüchterne Behandlung, ein Vorwiegen der rein praktischen und wirtschaftlichen Erwägungen zu Tage getreten ist. Indem nun aber der Verkehr im Laufe der Zeit eine immer größere Rolle im öffentlichen Leben spielte, indem er die Stätten der Kultur untereinander und mit den Stätten der Naturschönheit verband, nahm er gewissermaßen Teil an den geistigen Werten, die er durch seine Dienste vermittelte. Dem gegenüber konnten die Verkehrsanstalten nicht vollkommen teilnahmslos bleiben, und das ist dann auch in der Mehrzahl derjenigen Bauten zum Ausdruck gekommen, welche dem Verkehr dienen; vor allem in den Bahnhofsbauten.

Mit Recht ist das neunzehnte Jahrhundert sehr oft ein Zeitalter der Wissenschaft genannt worden. Jener große Aufschwung des Verkehrs und der Technik war ja nur möglich auf Grund der stillen, aber intensiven und fruchtbaren Naturforschung. Im besonderen steht die ganze Entwicklung der Eisenbauten in innigem Zusammenhang mit den Fortschritten der Statik, sowie auch mit Forschungen auf dem Gebiete der angewandten Chemie.

Besonders kennzeichnend für unsere ganze gegenwärtige Kultur ist ferner die fortgeschrittene Arbeitsteilung. — Zur Zeit der Renaissance gab es bekanntlich Meister, die gleichzeitig Architekten, Ingenieure, Maler, Bildhauer, ja sogar Dichter waren. Heutzutage ist das nicht mehr denkbar. Wie auf vielen anderen Gebieten, so hat sich auch im Bauwesen die Arbeitsteilung während des neunzehnten Jahrhunderts immer weiter entwickelt. Es entstand in dieser Zeit

vor allem der Unterschied zwischen Ingenieuren und Architekten.

Wenn nun in neuerer Zeit das Interesse für die ästhetische Ausbildung von Ingenieurbauten in der Öffentlichkeit stark hervortrat und in lebhaftem Austausch der Meinungen sich kundgab, so ist dieser Umstand durch verschiedene Ursachen hervorgerufen oder begünstigt worden, von denen als wichtigste etwa die folgenden bezeichnet werden dürfen:

1. die zunehmende Teilnahme für künstlerische Werte überhaupt. Ästhetische Fragen sind innerhalb der letzten Jahre in weiten Kreisen erörtert worden, sie haben Künstler von Fach und Philosophen, aber auch das gebildete Publikum überhaupt beschäftigt. Überall erhob sich der Ruf nach Kunst. Das allgemeine Ziel aller solcher Bestrebungen ist eine „ästhetische Kultur“. Diese umfaßt die Betätigung auf allen Kunstgebieten von seiten der Künstler und Dilettanten, andererseits aber die harmonische Durchdringung aller Lebensäußerungen — auch bei solchen Personen, die keinerlei Kunst ausüben. Darum sollte auch der Ingenieur einer so großen und allgemeinen Kulturbewegung nicht fernbleiben.
2. Der große Umschwung, der sich gegen Ende des alten und zu Beginn des neuen Jahrhunderts in den Anschauungen und Bestrebungen verschiedener Künste geltend machte. Die bildende Kunst hatte im größten Teile des neunzehnten Jahrhunderts einen historischen, wissenschaftlichen, rückwärts blickenden Charakter. Man suchte die Formen irgend einer früheren Stilperiode mehr oder weniger getreu nachzuahmen, also im Sinne und Geiste der Vergangenheit zu schaffen. Aber in den neunziger Jahren trat auf diesen Gebieten eine tiefgreifende Änderung ein. Die Kunst sollte nunmehr der sichtbare Ausdruck unseres Zeitalters werden, sie sollte das geistige Leben unserer Zeit möglichst wahr und treu widerspiegeln.

Trotz dieser Bestrebungen zeigte sich doch sehr oft, daß es für die Architekten schwer war, sich von dem Geist der Vergangenheit frei zu machen. Vorwiegend handelt es sich um eine Weiterbildung der alten Stilformen, weniger um einen neuen Stil oder um eine neue Formensprache.

Demgegenüber erscheinen die Eisenbauten als derjenige Zweig der Baukunst, der vielleicht am ehesten, unbeeinflusst von der Tradition, als der klarste sichtbare Ausdruck unseres Zeitalters gelten könnte.

3. Weite Verbreitung der Ingenieurbauten. Die Schöpfungen der Ingenieure, aber auch die Bauten, bei deren Entstehung nur die Mithilfe der Ingenieure erforderlich ist, nehmen einen allmählich immer breiteren Raum in dem Gesamtbilde der heutigen Kulturländer ein. Und wenn die äußere Erscheinung dieser Länder seit etwa hundert Jahren ein wesentlich anderes Gepräge erhalten hat, so ist das in erster Linie auf die Tätigkeit der Ingenieure zurückzuführen. Freilich erhebt sich nun die Frage, ob dieses Kulturbild — im großen Ganzen wie im einzelnen betrachtet — künstlerischen Anforderungen gerecht wird. —

4. Die neueren Anschauungen über die Arbeitsteilung zwischen Architekten und Ingenieuren. Als im neunzehnten Jahrhundert die Scheidung zwischen Architektur und Bauingenieurwesen sich vollzogen hatte, glaubte man hiermit allen praktischen Aufgaben gerecht werden zu können. Die Architekten sollten diejenigen Bauten entwerfen und ausführen, bei denen auf künstlerische Gestaltung Wert gelegt wird, die Ingenieure dagegen nur „reine Nutzbauten“, gegen deren äußere Erscheinung man oft gleichgültig war, die jedoch ein höheres Maß von konstruktiven oder wissenschaftlichen Fähigkeiten erforderten.

Heute aber nimmt die öffentliche Meinung schon einen wesentlich anderen Standpunkt ein. Der Gegensatz zwischen „reinen Nutzbauten“ und künstlerisch ausgebildeten Bauwerken scheint sich mehr und mehr zu verwischen. Wenn natürlich die Höhe der Mittel, die für künstlerische Zwecke ausgegeben werden, bei den verschiedenen Bauwerken je nach dem Zweck und dem Umfang sehr verschieden sind, verlangt man doch heute von jedem Bauwerk, daß seine äußere Erscheinung wenigstens befriedige. So legt man allmählich selbst bei Fabrikgebäuden und Arbeiterwohnhäusern Wert auf ein wohlthuendes Äußere. Unsere ganze Baukunst ist wie das allgemein öffentliche Leben demokratischer geworden; sie steigt herab auch in Gebiete, denen sie lange Zeit ferngeblieben war.

Und so ist denn die Forderung der neuen Zeit begreiflich, daß auch der Ingenieur in gewissem Sinne eine künstlerische Tätigkeit ausüben soll, soweit es sein Arbeitsgebiet und dessen Bedeutung für das öffentliche Leben zuläßt oder bedingt.

Unsere Aufgabe, die sich aus diesen Betrachtungen ergibt, zerfällt in 3 Hauptteile:

- I. Eine Darstellung der geschichtlichen Entwicklung solcher Eisenkonstruktionen, die in ästhetischer Hinsicht Beachtung verdienen;
- II. eine kritische Würdigung des bisher auf diesem Gebiete Geleisteten; und
- III. eine Erörterung der weiteren Entwicklungsfähigkeit des Eisenbaues in ästhetischer Beziehung.

Wer heute mit offenen Augen und offenem Sinne die bedeutendsten Kulturländer bereist, der findet besonders auf dem Gebiete der Ingenieurbauten, aber auch auf den ihnen verwandten Architekturgebieten eine reiche Fülle von interessanten, anregenden und zum Teil auch bewundernswerten Leistungen. Wohl selten hat eine Zeit eine solche Tatkraft in den verschiedenen Zweigen des Bauwesens entwickelt wie die unsrige. Und beim Schauen solcher Erzeugnisse scharfsinniger Berechnung und emsigen Fleißes haben wir wohl Ursache uns zu freuen, daß wir Menschen des zwanzigsten Jahrhunderts sind.

Aber wenn wir ganz unbefangen diese heutigen Bauwerke mit den Schöpfungen früherer Zeiten vergleichen, dann fällt doch fast regelmäßig ein Unterschied deutlich ins Auge. Bei denjenigen Bauten, die aus einer der vergangenen Blütezeiten der Baukunst stammen, gewahren wir stets einen hohen Grad von Harmonie, von Übereinstimmung

zwischen den verschiedenen Teilen der Anlage. Wir erkennen deutlich das Walten eines großen Gedankens, einer geistigen Grundstimmung, der sich alle Teile bis ins einzelne unterordnen und einfügen. Bei den heutigen Bauwerken ist eine solche Harmonie selten und auch dann nur in verhältnismäßig geringem Grade vorhanden.

Und somit erhebt sich nun die Frage: Was ist denn eigentlich Harmonie? — Harmonie ist nach einer sehr alten Erklärung „Einheit des Mannigfaltigen“. Wenn mehrere Menschen miteinander harmonieren, dann haben sie in geistiger Beziehung irgend etwas Gemeinsames; es ist also

eine Einheit innerhalb der Mehrheit vorhanden. In ähnlicher Weise zeigt ein Bauwerk „Harmonie“, wenn seine Teile in irgend welcher Hinsicht eine gemeinsame Eigenschaft haben, beispielsweise ähnliche Verhältnisse in ihren Abmessungen. Eine gewisse Verwandtschaft hiermit zeigt der Begriff „Idee“. Nach Plato sind die Ideen das Gemeinsame im Mannigfaltigen, das Allgemeine im Einzelnen, das Eine im Vielen, das Feste und Beharrende im Wechselnden. Man sieht hieraus, wie die beiden Begriffe „Harmonie“ und „Idee“ miteinander nahe verwandt sind, ja nach dem Wortlaut ihrer Erklärung beinahe zusammenfallen.

I.

Übersicht über die geschichtliche Entwicklung der Eisenkonstruktionen.

Vorbemerkungen.

Sämtliche im heutigen Bauwesen verwendeten Eisenkonstruktionen lassen sich in zwei große Gruppen einteilen: Eisenkonstruktionen des Brückenbaues und des Hochbaues. Unter Brücken im weiteren Sinne verstehen wir bei dieser Einteilung sämtliche baulichen Anordnungen, die dazu dienen, eine Öffnung unter irgend einem Verkehrswege freizuhalten, so dass der Verkehr trotz des Vorhandenseins dieser Öffnungen nicht gehindert wird. Zum Brückenbau gehören also auch Unterführungen von Straßen und Eisenbahnen. Der Hochbau dagegen umfasst alle diejenigen Bauwerke, die irgendwie raumabschließend wirken, vornehmlich solche, die Schutz gegen die Witterung gewähren sollen, also beispielsweise Hallen und Dächer.

Abgesehen von dieser allgemeinen Einteilung der verschiedenen Bauwerke in Brücken und Hochbauten können wir noch eine andere Unterscheidung machen hinsichtlich des Zweckes und der Wirkungsweise der einzelnen Bauglieder.

Bötticher teilt in seinen Werken „die Tektonik der Hellenen“ die Formen der Bauglieder ein in „Werkformen“ und „Kunstformen“. Von „Werkform“ spricht er bei solchen Gliedern, die eine statische Aufgabe zu erfüllen haben, von „Kunstform“ dagegen bei solchen Teilen, die nur aus ästhetischen Gründen hinzugefügt sind. Beispielsweise sind bei ihm (nach Vitruv) Säule, Pfeiler, Balken, Epistylon, Zophorus, Corona Werkformen (membra); während Capitell, Spira, Kymation, Abacus, Plinthus, Astragal, Tania, Torus, Trochilus usw. als Kunstformen (ornamenta membrorum) bezeichnet werden.

Bei den Alten wurde nicht nur die Kunstform, sondern auch die Werkform nach künstlerischen Erwägungen gebildet. Diejenigen Glieder, welche eine statische Aufgabe zu erfüllen hatten, erhielten solche Formen, dass sie die statische Aufgabe sinnbildlich ausdrückten.

Wesentlich anders liegt die Sache bei den Baugliedern der heutigen größeren Eisenkonstruktionen. Diese Teile werden bekanntlich unter sparsamer Verwendung des teuren Baustoffes meistens so ausgebildet, dass sie ihre Aufgabe am zweckmäßigsten erfüllen. Hier ist also von einer künstlerischen Behandlung im Sinne der Alten nicht mehr die Rede. — Andere Teile jedoch werden in künstlerischer Ab-

sicht ausgebildet, und zwar gewöhnlich unter Anlehnung an irgend welche überlieferten Stilformen. Solche Teile können eine statische Aufgabe erfüllen, wie z. B. die eisernen Stützen von Hallen und Dächern; sie können aber auch lediglich des Schmuckes wegen hinzugefügt sein, wie etwa Gesimse und Bekrönungen.

Demgemäß wollen wir die Formen der Glieder unserer heutigen Eisenkonstruktionen einteilen in Konstruktionsformen und Schmuckformen. Unter Konstruktionsformen verstehen wir hierbei die Formen derjenigen Teile, die ohne erhebliche Rücksicht auf die ästhetische Wirkung vorwiegend nach konstruktiven Erwägungen (geringen Materialverbrauch, günstige statische Wirkung) ausgebildet werden; unter Schmuckformen dagegen solche Formen, die eine künstlerische Behandlung (im engeren Sinne verstanden) erhalten haben. Man kann diesen Unterschied — in etwas äußerlicher Auffassung — auch so ausdrücken: Die Konstruktionsformen werden vom Bauingenieur, die Schmuckformen vom Architekten entworfen.

Wir werden in dieser Abhandlung das Hauptgewicht auf die Betrachtung der Konstruktionsformen legen, aber auch die Schmuckformen einer allgemeinen Erörterung unterziehen. Die künstlerische Wirkung der Eisenkonstruktionen ist nun in vielen Fällen durch die Zusammenwirkung mit andern Baustoffen bedingt oder gesteigert. Ferner sind die allgemeinen Betrachtungen und Erwägungen über die Schmuckformen des Eisens größtenteils dieselben, mögen sie nun dem Brückenbau oder dem Hochbau angehören.

Demgemäß wollen wir die Übersicht der geschichtlichen Entwicklung einteilen in

- A. Konstruktionsformen des Brückenbaues.
- B. Konstruktionsformen des Hochbaues.
- C. Vereinigung des Eisens mit andern Baustoffen.
- D. Schmuckformen des Eisens und der mit ihm in Verbindung stehenden Baustoffe.

Wenden wir uns zunächst den Konstruktionsformen des Brückenbaues zu. Die eisernen Brücken lassen sich in drei große Klassen einteilen, nämlich

1. Balkenbrücken,
2. Bogenbrücken,
3. Hängebrücken.

Es ist nicht leicht, grundsätzliche Unterscheidungsmerkmale für diese drei Klassen anzugeben. Unter Balkenbrücken versteht man gewöhnlich solche Brücken, bei welchen lotrechte Belastungen nur lotrechte Kraftwirkungen zwischen den Hauptträgern und ihren Stützpunkten hervorrufen, während bei den Bogen- und Hängebrücken auch wagrechte Kräfte zwischen Hauptträgern und ihren Stützpunkten infolge lotrechter Belastungen entstehen, nämlich bei den Bogenbrücken Druckkräfte, bei den Hängebrücken Zugkräfte.

Es gibt jedoch Brücken, deren Hauptträger nur lotrechte Kräfte auf die Stützpunkte ausüben, und die trotzdem gewöhnlich zu den Bogenbrücken gerechnet werden, weil nämlich die Art und Wirkung der inneren Kräfte im übrigen mehr Verwandtschaft mit den Bogenbrücken als mit den Balkenbrücken aufweist.

Da aber die Frage der Klasseneinteilung in bezug auf die ästhetische Wirkung der Brücken ohne große Bedeutung ist, so wollen wir an den allgemein üblichen Bezeichnungen festhalten.

Im Laufe der geschichtlichen Entwicklung sind eiserne Brücken von größeren Abmessungen zuerst als Hängebrücken gebaut worden, etwas später traten die Bogenbrücken auf, während Balkenbrücken erst von der Mitte des vorigen Jahrhunderts ab für größere Stützweiten angewendet wurden. Von diesem Zeitpunkte ab haben sie jedoch die beiden älteren Arten an allgemeiner Verbreitung bei weitem übertroffen.

Wir wollen die geschichtliche Entwicklung der drei großen Gruppen: Balkenbrücken, Bogenbrücken und Hängebrücken in der durch die Zahlen angedeuteten Reihenfolge betrachten. Bei dieser Anordnung des Stoffes werden wir im allgemeinen von den in technischer Beziehung am weitesten verbreiteten zu den selteneren, und von den in ästhetischer Hinsicht weniger bedeutenden allmählich zu den wirkungsvolleren Arten von eisernen Brücken gelangen. Hiermit soll nicht bestritten werden, dass in einzelnen Fällen Balkenbrücken (Auslegerbrücken) sehr wohl an Schönheit mit Bogen- und Hängebrücken wetteifern können.

A. Konstruktionsformen des Eisens im Brückenbau.

1. Entwicklung der Balkenbrücken.

Wie die ersten Eisenbahnen der Welt, so sind auch die ersten eisernen Balkenbrücken in England gebaut worden. Zu jener Zeit war aber die Herstellung des Puddeleisens noch in ihren Anfängen begriffen. Man bildete daher die Träger von Brücken zunächst aus Gußeisen, freilich nur bei kleineren Stützweiten. Schon frühzeitig erkannte man die zur Aufnahme von Biegungsspannungen ungünstigen Eigenschaften des Gußeisens; als deshalb die Herstellung des Walzeisens einige Fortschritte gemacht hatte, ging man zu gewalzten und genieteten Trägern über. Diese erhielten bei kleinen Stützweiten I-Form, später aber bei wachsenden Stützweiten kastenartige Gurtquerschnitte.

Die Entwicklung der eisernen Balkenbrücken ist, wie bereits angedeutet, auf das innigste mit der Entwicklung der Eisenbahnen verknüpft. So ist denn auch die erste eiserne Balkenbrücke mit grossen Stützweiten eine Eisenbahnbrücke,

nämlich die Britanniabrücke über die Menai-Straße im Zuge der Bahnlinie von Chester nach Holyhead. (Abb. 1)¹⁾ Sie wurde 1846—1850 von Robert Stephenson, dem Sohn des Erfinders der Lokomotive, — erbaut. Die Brücke hat im ganzen vier Öffnungen, zwei von 141,73 und zwei von 71,90 m Stützweite.

Ungefähr gleichzeitig mit der Britanniabrücke entstand die Brücke über den Conway-Fluß im Zuge derselben Bahnlinie, deren Urheber gleichfalls Stephenson war (eine Öffnung von 125,57 m Stützweite).

Vollwandige, oben geschlossene Kastenträger (Röhrenbrücken) von der Bauart der Britannia- und Conway-Brücke sind später nur noch bei der Victoriabrücke über den St. Lorenzstrom in Montreal ausgeführt worden.

Dagegen wurden vollwandige Balkenträger (Blechträger) oben offen und mit tief liegender Fahrbahn, oder gänzlich unter der Fahrbahn liegend, für kleine Stützweiten später noch in großer Zahl angewandt, ja sie bilden in solchen Fällen auch heute noch die Regel.

In Deutschland kam man schon während des Baues der Britannia-Brücke auf den Gedanken, bei weitgespannten Balkenbrücken die Tragwände in einzelne Stäbe aufzulösen. So entstanden die sogenannten „engmaschigen Gitterträger“.

Einige der bedeutendsten Brücken mit engmaschigen Gitterträgern sind in der nachfolgenden Zusammenstellung aufgeführt. (S. 5)

Die Hauptübelstände des engmaschigen Gitterwerkes waren die Unsicherheit der Berechnung und die mangelhafte Versteifung gegenüber den in der Wandgliederung wirkenden Druckkräften. Ein wichtiger Fortschritt der Konstruktion bestand nun darin, dass zur Verbindung der beiden Gurtungen an Stelle der zahlreichen, eng beieinander liegenden Gitterstäbe eine erheblich kleinere Zahl weit auseinander liegender Stäbe angeordnet wurde.²⁾ Man bezeichnet die erstere Gliederung gewöhnlich als „Gitterwerk“, die zweite als „Fachwerk“ (in engerem Sinne). Es ist indessen schwer, diese Begriffe scharf zu trennen, wie auch die Anwendung dieser Bezeichnungen schwankend ist.

Bereits 1845 waren durch den belgischen Ingenieur Néville Parallelträger eingeführt, die nach heutiger Bezeichnung als „einteiliges Strebenfachwerk“ ausgebildet waren; anfänglich bestanden sie aus Gußeisen, später aus Schweißeisen. Sodann wurden sie in England durch den Kapitän Warren verbessert, der hierauf ein Patent erhielt.

Eines der ältesten Beispiele für ein sachgemäß ausgebildetes Strebenfachwerk bildet der 1853 nach Plänen der Ingenieure Little und Gordon erbaute Crumlin-Viadukt bei Newport in Südwaales.³⁾

Eine der ersten in Deutschland erbauten Balkenbrücken mit Ständerfachwerk und doppelter Wandgliederung

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1848, S. 203 und 1849, S. 175. Mehrrens, Eisenbrückenbau I, Seite 218, 523, 550. Dasselbst ist angeführt: Edwin Clark, Resident Engineer, the Britannia and Conway Tubular Bridges Published with the Sanction, and under the Supervision of Robert Stephenson, London 1850.

²⁾ Schon bei den unter Nr. 6 und 7 der Zusammenstellung I S. 16 aufgeführten beiden Talbrücken lagen die Gitterstäbe weiter auseinander als bei den älteren Gitterbrücken.

³⁾ Zeitschrift f. Bauwesen 1858, S. 18.

Zusammenstellung 1. Brücken mit Parallel-Gitterträgern.

	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf—Verfasser		Ausführendes Werk
		Zahl	Stütz- w. (m)	Ingenieur	Architekt	
1. Alte Weichselbrücke bei Dirschau	1850—58	6	130,88	Lentze	Stüler	} Maschinenbauanstalt Dirschau
2. Alte Nogatbrücke bei Marienburg	1850—58	2	103,00	Lentze	Stüler	
3. Boyne-Brücke bei Drogheda	1855	1	81,4	Barton		
		2	43,0			
4. Alte Rheinbrücke bei Cöln	1855—59	4	99,0	Lohse	Strack	Werkstätte Dortmund Gebr. Benkiser, Pforzheim Schneider & Comp. Creusot.
5. Rheinbrücke bei Kehl	1858—61	3	60,0	Keller		
6. Brücke über das Tal der Saane	—62	5	48,8	Schneider		
bei Freiburg in der Schweiz		2	44,92	& Comp.		
7. Guggenloch-Talbrücke bei Lütis- burg in der Schweiz	1869—70	1	57,33	Gubser		
		2	47,24			

Abbildungen im Atlas: Nr. 1. 6 (rechts). Nr. 2. 2. Nr. 5. 12.

Literatur: Zeitschr. f. Bauw. und zwar zu Nr. 1: 1855, S. 446; zu Nr. 2: 1855, S. 454. Zu Nr. 3: 1857, S. 215; zu Nr. 4: 1863, S. 175, und 335; zu Nr. 5: 1860, S. 7. Zu Nr. 6: 1863, S. 169. Zu Nr. 7: 1886, S. 220.

rung ist die Rheinbrücke zwischen Mannheim und Ludwigshafen.¹⁾

Eine weitere Verbesserung der Balkenträger war die Herstellung gekrümmter Gurtungen. Solche waren bei hölzernen Trägern schon 1829 von dem französischen Ingenieur Débia ausgeführt worden. Später baute Laves ähnliche Träger aus Holz und Eisen.

Eine der ältesten Balkenbrücken großer Stützweite mit gekrümmten Gurtungen ist die 1854—59 von Brunel erbaute Saltash-Brücke über den Tamar. Sie enthält zwei Hauptöffnungen von je 139 m Stützweite.²⁾ Jede Öffnung hat nur einen einzigen Obergurt, der als eine riesige Röhre von flachelliptischem Querschnitt ausgebildet ist.

In der geschichtlichen Entwicklung der eisernen Balkenbrücken haben Erörterungen über die zweckmäßigste Form der gekrümmten Gurtungen eine bedeutsame Rolle gespielt. Schwedler (geb. 1823, gest. 1896) ging hierbei von der Forderung aus, dass die Diagonalen nur Zugspannungen erhalten sollten. Dadurch erzielte er den Vorteil, dass die damals aus Flacheisen ausgebildeten Diagonalen in jedem Felde nur in einer Richtung angeordnet zu werden brauchten. Schwedler leitete nun auf mathematischem Wege eine Gurtungsform ab, die der angegebenen Bedingung genügte.

Die ältesten Brücken dieser Bauart sind die 1867 erbaute Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Tangermünde und die 1869—70 erbaute Straßenbrücke über die Brahe in Bromberg.³⁾ Die Entwürfe zu beiden Brücken sind von Schwedler selbst aufgestellt. Die nach ihm als „Schwedler-Träger“ benannte Form ist bei sehr vielen Brücken, namentlich Eisenbahnbrücken von mittleren Stützweiten ausgeführt worden, und auch heute sind solche Brücken noch auf vielen Eisenbahnlinien vorhanden. Der Schwedler-Träger ist eine in der Entwicklungsgeschichte der eisernen Brücken typische Form geworden. Allerdings ist sie in ästhetischer Hinsicht wenig ansprechend. Aber auch in rein technischer Beziehung bietet diese Form heute keinen erheblichen Vorteil mehr, weil man jetzt sämtliche Diagonalen aus steifen Stäben herstellt.

Einen andern Weg zur Bestimmung der Gurtungsform schlug v. Pauli ein. Er stellte die Forderung auf, daß jede der beiden gekrümmten Gurtungen gleich große Grenzwerte der Spannkkräfte erhalten solle. Da er beide Gurtungen gekrümmt annahm, so erhielt er eine linsenförmige Gestalt für seine Träger. Wohl die bekanntesten Beispiele dieser Art sind die 1857 erbaute Isarbrücke bei Großhesselohe (Stützweite 52 m) und die 1857—60 erbaute Rheinbrücke der Hessischen Ludwigsbahn bei Mainz¹⁾ (größte Stützweite 105,20 m). Die Entwürfe zu beiden Brücken sind von Pauli und Werder aufgestellt; die Ausführung erfolgte durch die Brückenbauanstalt Gustavsburg (Gerber).

Bei den Schwedler- und Pauli-Trägern laufen die beiden Gurtungen über jedem Auflager zu einem einzigen Knotenpunkte zusammen. Derartige Trägerformen sind aber insofern nicht zweckmäßig, als es hier bei untenliegender Fahrbahn nicht möglich ist, einen oberen wagrechten Verband beider Gurtungen (sogenannten Windverband) bis zu den Auflagern durchzuführen. Andererseits ist aber die Durchführung eines derartigen Verbandes besonders bei größeren Stützweiten sehr erwünscht. Da nun in solchen Fällen — wenigstens in Deutschland — wegen der geringen zur Verfügung stehenden Bauhöhe die Fahrbahn gewöhnlich in der Nähe des Untergurtes angeordnet werden mußte, so erschien eine Trägerform mit lotrechten Endabschlüssen besonders zweckmäßig. Die Endabschlüsse beider Hauptträger wurden gewöhnlich zu einem steifen Portal miteinander verbunden. Der Untergurt war in der Regel geradlinig, der Obergurt in einer nach oben schwach gewölbten Krümmung, meist nach einer Parabel, angeordnet. Man nannte diese Trägerform „Halbparabelträger“ im Gegensatz zu dem Parabelträger, bei dem eine Gurtung (oder beide) nach einer Parabel gekrümmt war und die beiden Gurtungen über den Auflagern zusammenliefen, wie bei den Schwedler- und Pauli-Trägern.

Halbparabelträger oder ähnliche Trägerarten sind in Deutschland (aber auch in andern Ländern) von den sech-

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1869, S. 22.

²⁾ Allgem. Bauzeit. 1857.

³⁾ Zeitschrift für Bauwesen 1868, S. 518 und 1870, S. 21.

¹⁾ Gerber, Die Isarbrücke bei Großhesselohe. Allgem. Bauzeit. 1859. — Die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz. 1863 — Über die Berechnung der Brückenträger nach System Pauli. Zeitschr. d. Ver. Deutscher Ingenieure, 1865.

ziger Jahren ab namentlich für größere Stützweiten sehr zahlreich ausgeführt worden. Als Form der oberen Gurtung wurde statt einer Parabel oft auch ein Kreisbogen oder eine Ellipse verwandt; jedoch hat der Unterschied wegen der verhältnismäßig geringen Pfeilhöhe des Bogens weder auf die Konstruktion und den Materialaufwand, noch auf die ästhetische Wirkung des ganzen Bauwerks einen bedeutenden Einfluss gehabt. In der nachfolgenden Zusammenstellung ist eine Reihe der wichtigsten größeren Brücken mit derartigen Trägern aufgeführt.

parallelen Gurtungen verwendet. Sehr oft wurden hierbei die Enden abgeschrägt, indem der erste und letzte Obergurtstab unmittelbar nach dem Auflager geführt wurde (Trapezträger). Diese Anordnung findet sich auch für grössere Träger mit gekrümmten Obergurten namentlich in Amerika. Beispiele hierfür sind die Ohio-Brücke der Cincinnati-Covington-Eisenbahn (erbaut 1887—1889) und die Merchants-Eisenbahnbrücke über den Mississippi bei St. Louis (1889—1890); Abbildungen s. Mehrrens, Vorlesungen über Ingenieurwissenschaften, II. Teil, 1. Band, Seite 638 und 639.

Zusammenstellung 2. Einfache Balkenträger mit polygonalem Obergurt und lotrechten Endabschlüssen.

	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf—Verfasser	Ausführendes Werk
		Zahl	Stütz w.		
1. Brücke über den Leck bei Kullenburg	1863—68	1	150	v. Diesen u. a.	Harkort
		1	80		
		7	57		
2. Elbbrücke bei Meißen	1867	3	55	Schwedler u. a.	
		3	20		
2. Rheinbrücke der Linie Düsseldorf—Neuss	1868—70	4	105,95	Weishaupt, Pichier, Wittmann	Harkort
4. Weichselbrücke bei Thorn	1870—73	5	97,29	Schwedler, Loeffler, Suche	Gutehoffnungshütte
		1	46,5		
		11	36,0		
5. Memelbrücke bei Tilsit	1872—75	5	96,66	Schwedler, Ramm	Union, Dortmund
6. Brücke über d. Zeglin-Fluß b. Stettin	1874—75	1	92,0	Stein	Harkort
7. Elbbrücke bei Barby	1876—77	6	65	Schwedler	
		10	33		
8. Elbbrücke bei Lauenburg	1876—78	3	103,0	Schwedler, Grüttelien, Wiesner	
		3	51,5		
9. Trisana-Viadukt (Arlbergbahn)	1882—84	1	119,96	Österr. Staatsbahn	Österr. Alp. Mont.-Ges.
10. Neue Weichselbrücke bei Dirschau	1889—91	6	129,00	Schwedler, Mehrrens,	Harkort
11. Neue Nogatbrücke b. Marienburg	1889—91	2	103,20	Mackensen, Mathes	
12. Rheinbrücke bei Roppenheim	1893—94	3	92,0	von Bose	Harkort
		9	31,1		
13. Brücke über die Argen beim Bodensee	1898—99	1	74,0		Maschinenfabrik Eßlingen

Abbildungen im Atlas: Nr. 4: 97. Nr. 10: 9. Nr. 11: 14. Nr. 12: 101. (Vergl. auch Einschlagtafel I am Schluß des Atlas.)

Literatur: Zu Nr. 2: Z. f. B. 1868, S. 13. Zu Nr. 3: desgl. 1872, S. 237, 369. Zu Nr. 4: desgl. 1876, S. 35 und 197. Zu Nr. 5: desgl. 1878, S. 21, 161, 363, 523. Zu Nr. 6: desgl. 1879, S. 365. Zu Nr. 7: desgl. 1883, S. 296. Zu Nr. 8: Z. d. Arch. u. Ing.-Ver. z. Hannover 1884, S. 394. Zu Nr. 9: Z. d. Ö. Ing. u. Arch. Ver. 1882; Z. d. B. 1882, S. 154; 1884, S. 93. Zu Nr. 10: Z. d. B. 1888, S. 87; 1890, S. 323, 333, 345, 350; Z. f. B. 1895, S. 238 u. 399. Zu Nr. 11: Z. f. B. 1895, S. 541. Zu Nr. 12: Südd. Bauztg. 1896, S. 247.

Bei den älteren dieser Brücken (Nr. 1 und 3 der Zusammenstellung 2) haben die Hauptträger der großen Öffnungen dreiteiliges Ständerfachwerk, die späteren (Nr. 2, 4, 7, 8, 9) zweiteiliges Ständerfachwerk. Seit Anfang der neunziger Jahre trat jedoch das Strebenfachwerk mit gekreuzten Diagonalen mehr und mehr hervor, das übrigens schon bei der Überbrückung des Memeltales bei Tilsit angewandt wurde (Nr. 5, 10, 11, 12 und 13).

Alle diese in der Zusammenstellung 2 aufgeführten Brücken sind Eisenbahnbrücken. Gewöhnlich sind nur die Stromöffnungen durch Hauptträger mit gekrümmtem Obergurt überbrückt, während für die kleineren Flutöffnungen Träger mit parallelen Gurtungen verwandt wurden.

Die Hauptträger der Memelbrücke bei Tilsit (Nr. 5), sowie der neuen Brücken über die Weichsel bei Dirschau und die Nogat bei Marienburg (Nr. 10 und 11) haben auch gekrümmte Untergurte, an welchen die Fahrbahn mittels Hängestangen aufgehängt ist. (Abb. 14.)

Für kleinere Stützweiten hat man, soweit nicht vollwandige Träger ausgeführt wurden, meistens Träger mit

Während in Amerika früher den weiter unten zu behandelnden Auslegerträgern vor den einfachen Balkenträgern der Vorzug gegeben wurde, sind in den letzten Jahren auch dort die einfachen Balkenträger wieder mehr in den Vordergrund getreten. Diesem Beispiele ist man auch in Deutschland bei der neuen Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Ruhrort gefolgt. Eine Beschreibung dieses bemerkenswerten, von Schaper entworfenen Bauwerks ist in der Zeitschrift „der Eisenbau“ 1910, S. 474—479 und in der Zeitschr. für Bauwesen 1911, S. 555—576, 1912, S. 71—96 gegeben. An der zuerst genannten Stelle finden sich auch einige Angaben über einige andere neuere Brücken von ähnlichen Stützweiten mit einfachen Balkenträgern, die in der folgenden Zusammenstellung angeführt sind.

Bei den meisten der bis jetzt betrachteten Balkenbrücken war jeder Hauptträger nur an zwei Stellen aufgelagert. Zwar sind schon bei einigen der ältesten Brücken die Hauptträger mit drei oder mehr Stützpunkten, als sogenannte durchgehende Träger angeordnet, z. B. die Britannia-Brücke, die Boyne-Brücke bei Drogheda, die alte Rheinbrücke bei

Cöln und die Kehler Rheinbrücke. Bei diesen Brücken sind aber die Gurtungen überall parallel und wagerecht, so daß

Zusammenstellung 2a.

Neuere Brücken mit einfachen Balkenträgern und großen Stützweiten.

Nr.	Jahr der Eröffnung	Name und Lage der Brücke	Stützweite m
1	1904	Straßenbrücke über den Miami, Nordamerika	178
2	1909	Straßenbrücke über den Monongahela, Nordamerika	157
3	1909	Eisenbahnbrücke über den Susquehanna, Nordamerika	158
4	1911	Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Ruhrort, Deutschland	186
5	1911	Straßen- und Eisenbahnbrücke über den Mississippi bei St. Louis	204

die Lagerung der Träger in keiner Beziehung zur Gurtform steht. Die Anordnung der durchgehenden Träger wurde aber zunächst wieder verlassen, weil die Grundlagen ihrer Berechnung damals noch unsicher waren.

Die Schwierigkeiten, die sich bei der Berechnung der durchgehenden Träger ergaben, führten aber verhältnismäßig früh zu der Anordnung von Gelenken. Diese wurden zuerst von dem bekannten Oberbaurat Gerber, damals in München, angewandt; er erhielt im Jahre 1866 ein Patent auf die erwähnte Anordnung. Derartige Träger sind seitdem als „Gerberträger“, Gelenkträger, Kragträger, Auslegerträger bekannt und in sehr großem Umfange ausgeführt worden. Wohl die ersten Brücken dieser Bauart sind die von Gerber 1867 ausgeführten Straßenbrücken über die Regnitz bei Bamberg und über den Main bei Haßfurt. Bei der ersteren Brücke waren die Gurtungen noch gleichlaufend, bei der zweiten aber so angeordnet, daß ihr Abstand ungefähr den an jeder Stelle auftretenden größten

Zusammenstellung 3. Große Auslegerbrücken mit wenigstens einer Öffnung von über 100 m Stützweite.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1.	Niagara-Brücke	1883	1	143,25	Schneider, Hayes	Zentralbrückenbau-Werke Buffalo
2.	Poughkeepsie-Brücke über den Hudson	1873—78, 1886—87	2	59,49	Dickinson	American- und Union-Brückenwerke Phoenixville-Werke
			2	152,00		
3.	Needles-Brücke über den Colorado	1889—90	1	158,00		
			2	201,00		
4.	Mississippi-Brücke bei Winona	1894—95	1	50,00	Fowler, Baker, Westhofen	Chicagoer Brückenwerke
			1	61,00		
			1	109,80		
5.	Brücke über den Firth of Forth	1883—90	2	76,25	Saligny	Arrol & Comp., London
			2	521,0		
6.	Donaubrücke bei Czernavoda	1892—96	1	190,0	Feketehazi, Seefehlner	Fives-Lille, Paris
			4	140,0		
7.	Franz Josef-Brücke in Budapest	1894—96	1	175,0	Brückenbauanstalt Gustavsburg, Grün & Bilfinger in Mannheim	Staats-Maschinenfabrik Budapest
			2	79,3		
8.	Rheinbrücke zwischen Ruhrort und Homberg	1904—07	1	88,90	Lindenthal	Brückenbauanstalt Gustavsburg, Grün & Bilfinger in Mannheim
			1	121,60		
			1	203,40		
			1	128,30		
			1	83,60		
9.	Blackwell-Insel-Brücke über den East-River in New York	1902—09	1	143,101	Lindenthal	Pennsylvania Steel Company
			1	360,267		
			1	192,021		
			1	299,918		
			1	139,900		

Abbildungen im Atlas: Nr. 1: 22. Nr. 2: 18. Nr. 3: 19. Nr. 5: 20. Nr. 7: 23 u. 28. Nr. 8: 41.

Literatur: Zu Nr. 1: American engineer 1883, S. 259; Scientific American 1883, S. 335; Z. d. V. d. Ing. 1884, S. 385; Z. d. Arch. u. Ing. Ver. z. Hann. 1884, S. 341, 505; Z. d. B. 1883, S. 374; 1884, S. 56.

Zu Nr. 2: Engineering 1887, S. 163; Railroad and engineering journal 1887, S. 296. Genie civil 1888, S. 129; Scientific American Suppl. Nr. 646, S. 545 u. 593. Engineer 1888, II S. 240—241. Z. d. B. 1887, S. 271 u. 473.

Zu Nr. 4: Engineering record 1895; Z. d. B. 1895, S. 454.

Zu Nr. 5: Engineer 1884, S. 357 u. 388; Engineering 1884, S. 213, 223, 428, 491, 584, 590. Z. d. V. d. Ing. 1882, S. 585; 1884, S. 792; 1885, S. 364 u. 463; 1887, S. 703; 1888, S. 912, 935, 960, 977; 1891, S. 8, 34, 63. Z. d. Ö. Ing. und Arch.-V. 1884, Heft 6. Z. d. B. 1881, S. 265 u. 275; 1882, S. 12; 1883, S. 401.

Zu Nr. 6: Schweiz. Bauztg. 1888, Bd. XII, S. 126, 127 u. 152; 1895, Bd. XXV, S. 145. Z. d. Ö. Ing.- u. Arch.-V. 1890, S. 32; 1895, S. 517. Z. d. B. 1890, S. 175; 1895, S. 420. Annales des travaux publics 1890, S. 165. Glasers Annalen f. Gewerbe und Bauwesen 1896, S. 34. A. B. 1896, S. 25.

Zu Nr. 7: Z. f. Arch. u. Ing. (Hannover) 1898, S. 194. Z. d. B. 1894, S. 235, 325. Z. d. V. d. Ing. 1894, S. 979, 1035, 1897, S. 325. Z. d. Ö. Ing. u. Arch.-V. 1897, S. 124. Génie civil 1897, Bd. 31, S. 17. Engineer 1897, S. 486.

Zu Nr. 8: Z. d. V. d. Ing. 1904, S. 985, 1608 usw.; 1907, S. 725, 885, 933, 1250. Z. d. B. 1904, S. 347 usw. D. Bauzeitg. 1907, S. 629, 645, 657, 721.

Zu Nr. 9: Eisenbau 1910, S. 269 u. 371.

Biegemomenten entsprach. Eine ähnliche Anordnung der Hauptträger zeigt die

Warthebrücke bei Posen (Bahnlinie Posen—Kreuzberg, 1874—75). Sie kann als typisches Beispiel für die Anordnung von Gelenken bei solchen Trägern angesehen werden, die auf mehreren Stützpunkten aufliegen. Die Art der Kraftwirkung zwischen den einzelnen Trägerteilen ist auch für den Nichtfachmann deutlich erkennbar. — Die Weiten zwischen den Stützpunkten der Träger sind so gewählt, daß die Maximalmomente für die einzelnen Träger annähernd gleich werden und sind abgerundet auf 31 m für die Träger auf freien Stützen, auf 36 m für die Träger auf festen Stützen, auf 7 m für die überstehenden Enden.¹⁾

In Amerika haben die Auslegerträger unter der Bezeichnung „Cantilever-Träger“ bald eine sehr große Verbreitung gefunden. Vermutlich ist dies dem Umstande zuzuschreiben, daß diese Trägerart leichter als die einfachen Balkenträger die Aufstellung ohne feste Gerüste gestattet, und dieser Vorteil war namentlich in Amerika bei vielen reißenden Flüssen und tiefen Schluchten ausschlaggebend für die Verwendung dieser Trägerart. In der Zusammenstellung 3 (vor. S.) sind einige der bedeutendsten in Amerika, England und dem europäischen Festlande ausgeführten Auslegerbrücken angegeben.

Die bei den einfachen Balkenträgern erwähnten verschiedenen Arten der Wandgliederung kommen größtenteils auch bei Auslegerbrücken vor. Besonders bemerkenswert ist die namentlich bei amerikanischen Brücken beliebte Einschaltung besonderer Glieder, durch welche die Entfernung je zweier Hauptträgerknotenpunkte und damit die Stützweite der Zwischen-Längsträger um die Hälfte verringert wurde (Poughkeepie-Brücke und Brücke bei Winona über den Mississippi; Needles-Brücke über den Colorado; Nr. 2, 3, 4 der Zusammenstellung 3, Seite 7). Auch in Deutschland sind derartige Anordnungen später ausgeführt worden,

wie z. B. bei der Saarbrücke bei Saarbrücken. Die Zusammenstellung der damals eingereichten Wettbewerb-Entwürfe gibt ein deutliches Bild über die damals in Deutschland üblichen Formen von Balkenbrücken (Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1893, S. 257 u. Bl. 10).

Auch für mittlere Stützweiten sind die über mehreren Stützen durchlaufenden Träger — mit oder ohne Gelenke — in Deutschland innerhalb der letzten 10 bis 20 Jahre gegenüber den einfachen Balkenbrücken mehr als früher in Aufnahme gekommen. Hierbei haben vermutlich auch ästhetische Rücksichten mitgewirkt. Indem man sich bemühte, diesen Trägern gefällige Formen zu geben, erzielte man auch meist bessere Wirkungen als mit den einfachen Balkenträgern. Namentlich ist hervorzuheben, daß bei Ausbildung dieser Träger mit konkaver Krümmung und nicht zu schroffem Wechsel derselben ein mehr organischer Zusammenhang des eisernen Tragwerkes erzielt wurde.

Als Beispiele solcher Träger sind die in der nachfolgenden Zusammenstellung 4 aufgeführten Brücken zu nennen.

Besondere Beachtung verdienen auch die Ausführungen von Gelenkträgern oder durchgehenden Trägern in Verbindung mit eisernen Stützen (Nr. 6 der Zusammenstellung 4). In einigen solchen Fällen hat man den Untergurt der Balkenträger bogenförmig in die eisernen Stützen übergeführt und so in günstiger Weise einen organischen Zusammenhang beider Teile erzielt. Das bedeutendste Beispiel dieser Art bietet wohl der Viadukt der elektrischen Hochbahn in Berlin. (Abb. 32) Es sind dort im wesentlichen 4 verschiedene Stützweiten, nämlich von 12, 15, 16,5 und 21 m ausgeführt worden. Dieser Viadukt zeigt, wie auch alle sonstigen Bauten der elektrischen Hochbahn, überall das Bestreben, die Anordnungen nicht nur zweckmäßig, sondern auch künstlerisch wirkungsvoll zu gestalten. — Es wäre übrigens m. E. sowohl in praktischer, als auch in ästhetischer Hinsicht besser gewesen, die Viadukt-Träger nicht gegliedert, sondern vollständig auszuführen, etwa wie einige Unterführungen der zu Anfang dieses Jahrhunderts ausgeführten Umgebungsbahn bei

¹⁾ Zeitschr. für Bauwesen 1877, S. 41.

Zusammenstellung 4. Neuere in Deutschland ausgeführte Brücken mit Auslegerträgern und durchgehenden Trägern. Stützweiten unter 100 m.

	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
		Zahl	Stützweite		
1. Straßenüberführung auf dem Bahnhof Dresden	1891	1	46,0	Generaldirektion der Sächs. Staatsbahnen	Klönne in Dortmund
2. Weidendammer Brücke in Berlin	1895—97	1	25,0	Städt. Baudeputation Berlin (Brückenbau-bureau)	
		2	42,73		
3. Straßenbrücke über die Oder in Ohlau	1897—98	1	16,3	Königl. Regierung	Beuchelt & Co. in Grünberg (Schlesien)
		2	63,6		
4. Straßenbrücke über die Oder in Ratibor	1903—04	1	43,0	Beuchelt & Co.	Beuchelt & Co.
		2	60,5		
5. Glienicker Brücke bei Potsdam	1905—07	1	30,25	Ministerium der öffentlichen Arbeiten	Harkort in Duisburg
		2	74,0		
6. Brücke über den Argentobel bei Grünenbach	1905—07	1	37,0	Brückenbauanstalt Gustavsburg	Brückenbauanstalt Gustavsburg
		2	84,0		
		1	48,0		
			24,0		

Abbildungen im Atlas: Nr. 4: 42. Nr. 5: 29. Nr. 6: 40.

Literatur: Zu Nr. 2: Die Straßenbrücken der Stadt Berlin S. 158.

Zu Nr. 5: Z. d. B. 1907, S. 624.

Zu Nr. 6: Z. d. B. 1907, S. 178. D. Bauztg. 1907, S. 179.

Mainz. Ein derartiges Bauwerk wirkt in ästhetischer Hinsicht entschieden günstiger als eine Anordnung mit gegliederten Trägern. Es ist besonders bei verhältnismäßig kleinen Abmessungen sehr schwierig, die Wandgliederung bei dem Anschluß an die Stütze ruhig und regelmäßig zu gestalten.

In ästhetischer Hinsicht ist noch von größerer Bedeutung eine besondere Gruppe von Auslegerbrücken, die eine Art von Mittelglied zwischen den reinen Balkenbrücken und den später noch zu betrachtenden Hängebrücken bildet, nämlich die Auslegerbrücken mit Hängegurt, die man auch wohl „Auslegerbrücken in Form von Hängebrücken“ nennen kann. Diese Trägerart hat mit den bisher betrachteten Auslegerbrücken das Gemeinsame, daß lotrechte Belastungen in beiden Fällen nur lotrechte Kräfte zwischen den Trägern und ihren Stützpunkten hervorrufen, daß die Gelenke grundsätzlich wie bei den Auslegerbrücken angeordnet sind und daß demgemäß auch die Berechnung der Auflagerkräfte genau ebenso wie bei allen übrigen Auslegerbrücken erfolgt. Mit den Hängebrücken hat die genannte Trägerart gemeinsam einen sogenannten „Hängegurt“, nämlich eine Gurtung, an der nur lotrechte Stäbe befestigt sind, also nur lotrechte Kräfte angreifen. Der Hängegurt ist durch diese lotrechten Stäbe mit einem besonderen Balkenträger verbunden, dessen Obergurt im mittleren Teile der Mittelöffnung und in der Nähe der Endauflager sich mit dem Hängegurt vereinigt. (Diese Trägerart wird gewöhnlich für drei Öffnungen ausgeführt). Es sind also in der Nähe der Mittelstützen jeweils drei, in der Mitte der Hauptöffnung und an beiden Enden des Trägers jedoch nur zwei Gurtungen vorhanden.

In der folgenden Zusammenstellung sind einige bemerkenswerte Auslegerbrücken dieser Bauart angeführt.

erbauten Kettenbrücke, die den Mannheimern in der öden Gegend der Neckarvorstadt gleichsam als Wahrzeichen galt, zu gestalten.

Ein Bauwerk von besonders eigenartiger ästhetischer Wirkung ist schließlich der Kaisersteg über die Spree bei Oberschönweide (1897—1898). (Abb. 24—26.) Das System ist von Müller-Breslau für den vorliegenden Zweck eigens erfunden und wird von ihm als „Auslegerbalken mit einem Mittelgelenk und eingefügtem Spannbogen“ bezeichnet. Die Stützweiten betragen 43,0, 86,0 und 43,0 m.¹⁾

2. Entwicklung der Bogenbrücken.

a) Die gußeisernen Bogenbrücken.

Wie die ersten Balkenbrücken, so bestanden auch die ersten Bogenbrücken aus Gußeisen. Während jedoch in der Entwicklung der Balkenbrücken das anfänglich verwendete Gußeisen sehr schnell durch das Schweißeisen (und dieses späterhin durch das Flußeisen) verdrängt wurde, hat die Herstellung gußeiserner Bogenbrücken sich auf einen Zeitraum von über 100 Jahren erstreckt, nämlich vom letzten Viertel des achtzehnten bis gegen das Ende des neunzehnten Jahrhunderts. Freilich sind diejenigen gußeisernen Bogenbrücken, die in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts noch gebaut wurden, nur als vereinzelte Ausläufer jener ersten Entwicklung anzusehen.

Die ersten Bogenbrücken entstanden in der Zeit vor dem allgemeinen Aufschwung der Eisenbahnen. Damals war die Technik des Walzeisens noch in ihrer Entstehung begriffen; zu dem Bau der in jener Zeit vorzugsweise in Betracht kommenden Straßenbrücken verwandte man daher das Gußeisen, dessen Bearbeitung verhältnismäßig ge-

Zusammenstellung 5. Auslegerbrücken mit Hängegurt.

	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
		Zahl	Stützweite		
1. Friedrich-Brücke über den Neckar in Mannheim	1890	1	92,8	Gorber, v. Rieppel, Thiersch ¹⁾	Brückenbauanstalt Gustavsburg
2. Große Weserbrücke in Bremen	1894—95	1	66,1	Rehbock, Billing ¹⁾	Harkort
		2	35,5		
3. Salzachbrücke in Salzburg	1901—02	1	52,0	Melan, Swoboda	Gridl in Wien
		2	26,0		
4. Salzachbrücke zwischen Oberndorf und Laufen	1902	1	78,288	Haberkalk, Lipold, Koch ¹⁾	
		1	39,14		
		1	48,93		
5. Überführung der Swinemünderstraße über den Bahnhof Gesundbrunnen in Berlin	1903—04	1	108,0	Hedde, Möhring ¹⁾	Beuchelt & Co., Grünberg i. Schlesien
		2	60,0		

¹⁾ bezeichnet den Architekten.

Abbildungen im Atlas: Nr. 1: 27. Nr. 2: 21. Nr. 5: 37.

Literatur: Zu Nr. 1: Z. d. B. 1887, S. 430 usw. Z. d. Arch. u. Ing.-V. z. Hann. 1888, S. 142.

Zu Nr. 2: Z. d. B. 1894, S. 119.

Zu Nr. 3: Allgem. Bauzeitg. 1904, S. 1.

Zu Nr. 4: Allgem. Bauztg. 1902, S. 17.

Die älteste Brücke dieser Bauart ist die Friedrichbrücke über den Neckar in Mannheim (Nr. 1 der Zusammenstellung, Abb. 27). Die Anordnung der Hauptträger war aus dem Wunsche hervorgegangen, das Gesamtbild der Brücke ähnlich der alten, 1845 von dem Hannoverschen Baurat Wendelstadt

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

ringere Schwierigkeiten machte. Als aber später der allgemeine Aufschwung der Eisenbahnen begann, hatte schon die Behandlung des Walzeisens erhebliche Fortschritte ge-

¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1900, S. 65.

macht. Zu dem Bau der vielen Eisenbahnbrücken verwandte man daher lieber das zähe Schweißeisen als das spröde Gußeisen. Dies hatte wohl zum Teil auch darin seinen Grund, daß bei den Eisenbahnbrücken die durch den Verkehr entstehenden Erschütterungen einen viel größeren Einfluß haben als bei den Straßenbrücken; es erschien deshalb besonders erwünscht, zur Aufnahme dieser Erschütterungen einen möglichst zähen und dehnbaren Baustoff zu verwenden.

Dagegen wurden Straßenbrücken noch längere Zeit in größerer Zahl aus Gußeisen hergestellt, als schon die Technik des Walzeisens bis zu einer ziemlich hohen Stufe vorgeschritten war. Diese Tatsache, die man aus dem Vergleich mit der Entwicklung der Balkenbrücken (Eisenbahnbrücken) erkennt, erklärt sich wohl hauptsächlich aus zwei Gründen. Zunächst sind bei den Straßenbrücken die vom

Verkehr herrührenden Erschütterungen nicht so bedeutend wie bei den Eisenbahnbrücken. Es erschien also bei Straßenbrücken weniger bedenklich, das spröde Gußeisen zu verwenden. Sodann haben auch wohl ästhetische Rücksichten auf die Entwicklung eingewirkt. Bei der Bearbeitung des Gußeisens herrscht nämlich ein höherer Grad von Freiheit in der Gestaltung der Formen als bei der Herstellung des Walzeisens. Und so war man bei den alten gußeisernen Bogenbrücken — unter sonst gleichen Verhältnissen — wohl eher imstande, künstlerische Wirkungen zu erzielen, als bei den neueren schweißeisernen und flußeisernen Brücken. Andererseits kam es nun gerade bei Straßenbrücken, und namentlich bei den in großen Städten erbauten, mehr als bei den Eisenbahnbrücken auf eine künstlerische Wirkung an. Abgesehen von diesem Unterschiede zwischen Straßen-

Zusammenstellung 6. Bemerkenswerte gußeiserne Bogenbrücken.

Nr.	Stadt (Land) — Brücke	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Pfeilhöhe	Pfeilverhältnis	Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Weite				
1.	Coalbrookdale (Engld.), Severnbrücke	1776—79	1	32,0	12,2	1 : 2,6	Reynolds und Darby	Eisenwerk Coalbrookdale
2.	Sunderland (Engld.), Wearbrücke	1793—96	1	72,0	10,4	1 : 6,7	Wilson	Eisenhütte Walkers in Rotherham
3.	Laasan (Schles.), Brücke über das Striegauer Wasser	1794—96	1	13,0	2,9	1 : 4,5		Eisenhütte Malapane
4.	Berlin, Brücke über den Kupfergraben	1796—97	1	6,0	2,0	1 : 3,0	Königl. Bauverw.	Eisenhütte Malapane
5.	Paris, Ponts-des-Arts über die Seine	1801—03	9	17,3	3,25	1 : 5,3	Cessart u. Dillon	Gesellschaft der drei alten Brücken
6.	Paris, Austerlitzbrücke über die Seine	1801—05	5	32,5	3,25	1 : 10	Beaupré u. Lamendé	
7.	Carnarvonshire, Waterloo-Brücke über den Conway-Fluß	1815	1	32,0	3,5	1 : 9,2	Telford, Hazledine	
8.	London, Vauxhallbrücke ü. d. Themse	1811—16	9	23,8	4,3	1 : 5,5	Rennie u. Walker	
9.	Chepstow (Engld.), Brücke über d. Wye	1815—16	2	10,4	1,9	1 : 5,5		Rastrick & Co.
			2	21,4	3,35	1 : 6,4	Hazledine	Shrewsbury & Bridge-
			1	34,0	4,24	1 : 8,0		north
10.	London, Southwarkbrücke über die Themse	1815—19	1	73,0	7,3	1 : 10	Rennie	
			2	64,0	6,4	1 : 10		
11.	Berlin, Friedrichbrücke ü. d. Spree	1822—23	7	6,33—9,21	1 : 4,6	1 : 4,6	Königl. Bauverw.	
12.	Berlin, Weidendammerbrücke	1824—26	5	7,82—9,25	2,75	1 : 2,3 bis 1 : 3,4	desgl.	
13.	Paris, Carousselbrücke ü. d. Seine	1831—34	3	47,7	4,9	1 : 9,7	Polonceau	
14.	Windsor, Victoriabrücke ü. d. Themse	1848—51	1	36,6	6,0	1 : 6,1	Page	
15.	London, Neue Westminster-Brücke über die Themse ¹⁾	1854—65	2	29,0	4,86	1 : 6,0	Page	
			2	31,6	5,35			
			2	35,0	5,90			
			1	36,5	6,10			
16.	Paris, Solferinobrücke über die Seine	1858—59	9	40,0	3,55	1 : 11,2	Romany, Laga,	
					4,02	1 : 10,0	Cisserie, Martin	
					3,55	1 : 11,2		
17.	Paris, St. Louisbrücke ü. d. Seine	1860—62	1	64,0	5,85	1 : 11,0	Savarin, Martin, Romany	
18.	Paris, Sullybrücke über die Seine	1874—76	1	42,3	4,88	1 : 8,7		Joret & Co.
			1	46,0	5,45	1 : 8,4	Brosselin u. Vaudrey	
			1	49,6	5,66	1 : 8,8		
19.	London, Batterseabrücke über die Themse	1886	2	34,5	2,60	1 : 13,2		
			2	42,5	4,00	1 : 10,6	Bazalgette	
			1	49,5	5,50	1 : 9,0		
20.	Belfast (Irland), Albertbrücke über den Lagan	1888—90	3	28,0			Bretland	Andrew Handyside & Co.

Literatur: Mehrtens, Vorlesungen über Ingenieurwissenschaften, II. Teil, I. Band, § 7; ferner:

Zu Nr. 8: Z. f. B. 1856, S. 166.

Zu Nr. 10: desgl. 1856, S. 64.

Zu Nr. 13: A. B. 1838, S. 285 u. f.; 1840, S. 51; 1845, S. 73 u. f.

Zu Nr. 14: A. B. 1854.

Zu Nr. 15: Z. f. B. 1857, S. 221.

¹⁾ Atlas Abb. 47.

und Eisenbahnbrücken hat noch eine Ursache die Verwendung von gußeisernen Bogenbrücken zu einer Zeit begünstigt, als man schon Balkenbrücken aus Schweißeisen baute. Diese Ursache liegt wohl in dem Vorherrschen der Druckspannungen bei den Bogenbrücken. Wenn auch Biegungsspannungen nicht ganz vermieden werden können, so lassen sie sich doch (im Vergleich zu den Balkenbrücken) ohne sehr großen Materialaufwand in mäßigen Grenzen halten. Das beweisen ja auch die steinernen Brücken. Man brauchte also bei den Bogenbrücken die für das Gußeisen gefährlichen Zugspannungen nicht so sehr zu fürchten wie bei den Balkenbrücken.

In der vorstehenden Zusammenstellung 6 ist eine Reihe der geschichtlich und ästhetisch bemerkenswertesten gußeisernen Bogenbrücken aufgeführt.

Die tragenden Bögen waren meistens vollwandig (nicht gegliedert) ausgebildet.

In ästhetischer Beziehung besonders bemerkenswert ist die Ausbildung der Bogenzwikel. Es sind hier namentlich folgende Anordnungen zu erwähnen:

- a) Oberhalb der eigentlich tragenden Bögen wurden noch zwei andere angeordnet. In einigen Fällen, wie z. B. bei der Severbrücke bei Coalbrookdale (Nr. 1) und bei der Austerlitzbrücke in Paris (Nr. 6) sind die oberen Bögen nahezu gleichlaufend (konzentrisch) mit dem unteren Bogen; gewöhnlich jedoch ist jeder obere Bogen etwas flacher als die unteren, wobei im Scheitel sämtliche Bögen unmittelbar aufeinander liegen. Andere kürzere Stäbe sind meist rechtwinklig zu diesen Gliedern zum Zwecke der Versteifung angebracht. Diese Anordnung findet sich bei vielen älteren Bogenbrücken (Nr. 3, 4, 9, 11, 17, 18 der Zusammenstellung).
- b) Gußeiserne Ringe, die nach dem Scheitel zu allmählich kleiner werden. (Nr. 2, 3, 4, 13 der Zusammenstellung.)
- c) Fachwerkartige Ausfüllung der Bogenzwikel, wie z. B. bei der Southwarkbrücke in London (Nr. 10). Nach dem Vorbilde dieses bedeutenden Bauwerks wurden in England noch zahlreiche eiserne Bogenbrücken gebaut.
- d) Ausfüllung der Bogenzwikel durch Gußornament (Nr. 7, 14, 15, 19, 20 der Zusammenstellung).
- e) Einfache Anordnung lotrechter Stäbe zur Übertragung der Lasten von der Fahrbahn auf die tragenden Bögen (Nr. 8, 16, 17, 18).

Verhältnismäßig selten sind Eisenbahnbrücken als gußeiserne Bogenbrücken ausgeführt worden. Am häufigsten findet sich diese Bauart in Frankreich. Ein Beispiel ist die 1851–52 erbaute Rhonebrücke bei Tarascon (7 Öffnungen von 60 m Stützweite. Entwurf von Talabot.¹⁾)

Im Bezirke der Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen befindet sich noch bei Ars eine im Jahre 1849 erbaute gußeiserne Eisenbahnbrücke über die Mosel mit vier Öffnungen von etwa 35 m Stützweite. Die Bogenzwikel sind hier durch eine fachwerkartige, gleichfalls aus Gußeisen bestehende Versteifung ausgefüllt.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1855, S. 67. Annales des ponts et chaussées. 1854, Mai-Juni.

b) Bogenbrücken aus Schweißeisen oder Flußeisen.

Obgleich die gußeisernen Bogenbrücken im neunzehnten Jahrhundert eine weite Verbreitung gefunden haben, mußte doch schließlich die Entwicklung der Technik dahin führen, daß auch bei den Bogenbrücken das Gußeisen durch das Schweißeisen und dieses späterhin durch das Flußeisen verdrängt wurde. Die erste aus Schweißeisen hergestellte Bogenbrücke wurde bereits im Jahre 1808 von Bruyère bei St. Denis über den Crou erbaut. Sie hatte eine Lichtweite von nur 12 m. Es vergingen aber fast 50 Jahre, bis weitere Versuche zur Verwendung des Schweißeisens für Bogenbrücken gemacht wurden.

Von entscheidendem Einflusse auf das Gesamtbild der Brücke ist die Lage der Hauptträger zur Fahrbahn. Wir können hier drei Fälle unterscheiden, nämlich:

1. die Hauptträger liegen gänzlich oder doch nahezu gänzlich unter der Fahrbahn;
2. die Hauptträger liegen teilweise unter, teilweise über der Fahrbahn;
3. die Hauptträger liegen vollständig oder größtenteils über der Fahrbahn.

In der ersten Zeit der Entwicklung war die unter 1 erwähnte Anordnung bei weitem vorherrschend. Bei den gußeisernen Bogenbrücken lagen die Hauptträger meistens unter der Fahrbahn; nur einzelne Brücken machten hiervon eine Ausnahme.¹⁾ Auch bei den aus Schweißeisen erbauten Bogenbrücken waren die Hauptträger zunächst fast regelmäßig unter der Fahrbahn angeordnet. Erst im Laufe der weiteren Entwicklung mehrten sich die oben unter 2 und 3 erwähnten Fälle. Es hat sich somit das Verwendungsgebiet der Bogenträger allmählich erweitert.

Ferner ist von großem Einfluß auf die ästhetische Wirkung die Art der Versteifung zur Aufnahme der namentlich bei einseitiger Belastung entstehenden Biegemomente. Wir haben hier folgende Anordnungen zu unterscheiden:

- a) Vollwandige Bögen. Die Bogenträger sind so ausgebildet, daß sie allein die Biegemomente aufzunehmen vermögen. In den Zwikeln sind nur lotrechte Stäbe zur Übertragung der Lasten von der Fahrbahn nach den Hauptträgern vorhanden. Diese Anordnung findet sich vorwiegend bei kleineren und mittleren Stützweiten, neuerdings auch bei größeren.
- b) Gegliederte Bögen. Auch hier werden die Biegemomente durch den Bogen selbst aufgenommen; dieser ist aber nicht vollwandig, sondern in Gurtungen und Füllungsstäbe gegliedert. Diese Anordnung kommt bei großen Stützweiten am häufigsten vor.
- c) Zwischen der Bogengurtung und der Fahrbahn, in deren Höhe noch eine weitere Gurtung angeordnet ist, befindet sich eine fachwerkartige Versteifung. Diese Bauart war früher längere Zeit sehr beliebt, wird aber jetzt seltener ausgeführt.
- d) Der Bogen nimmt nur Druckkräfte auf; die Versteifung ist durch einen in Höhe der Fahrbahn liegenden,

¹⁾ Solche Beispiele sind dargestellt in dem Werke: Mehrtens, Vorl. über Ing. Wiss. Brückenbau, S. 313, 314, 317, 328, 329.

meist gegliederten Balkenträger bewirkt. Diese Anordnung findet sich vorwiegend bei solchen Brücken, deren Hauptträger oberhalb der Fahrbahn liegen.

Die nachfolgenden Zusammenstellungen geben einen Überblick über einige namentlich in ästhetischer Hinsicht hervorragende Bogenbrücken aus Schweißisen und Flußeisen.

In den ersten Abschnitten der Entwicklung, etwa bis Anfang der neunziger Jahre verwandte man für kleinere Stützweiten entweder vollwandige Bogenträger, oder solche mit Fachwerkaussteifung in den Zwickeln; die letzteren auch namentlich für mittlere Stützweiten. Die vollwandigen kleinen Bogenträger zeigen in ihrer äußeren Erscheinung wenig Abwechslung. Sie haben gewöhnlich zwei Kämpfergelenke, aber kein Scheitgelink. Das Pfeilverhältnis beträgt etwa $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{7}$, doch finden sich auch kleinere und größere Werte. Bei den Bogenträgern mit Fachwerkausstei-

Brücke in Dresden haben nur die mittleren Bögen Fachwerkaussteifung in den Zwickeln, an den äußeren Bögen fehlt diese, und es ist statt ihrer ein besonderer Parallel-Fachwerkträger unter der Fahrbahn angeordnet. Man hat also damals erkannt, daß die Versteifung durch Fachwerk in den Zwickeln in ästhetischer Beziehung nicht besonders günstig wirkt. Diese Anordnung ist daher in neuerer Zeit bei Straßenbrücken seltener ausgeführt worden; und es scheinen die einfachen vollwandigen Bogenträger auch für mittlere und selbst für größere Stützweiten mehr als früher Verbreitung zu finden. Ein Beispiel hierfür ist die neue Neckarbrücke in Mannheim (Zusammenstellung 7, Nr. 12).

Fachwerk-Aussteifung in den Zwickeln ist dagegen auch in neuerer Zeit bei solchen Bogenträgern mehrfach ausgeführt worden, die über mehrere Öffnungen durchlaufen. Wohl das bedeutendste Beispiel für diese Anordnung ist die

Zusammenstellung 7. Brücken mit vollwandigen Bogenträgern unterhalb der Fahrbahn.

Nr.	Stadt — Brücke	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1.	Olten (Schweiz), Brücke über die Aare	1853—54	3	31,5	Stehlin, Etzel, Riggenbach	
2.	London, Blackfriars-Brücke	1867—69	5	54,9		
3.	Berlin, Brücke über den Kupfergraben	1878—80	2	26,4	Dircksen	
4.	Berlin, Marschallbrücke	1881—82	2	15,52	Städtisches Brückenbaubureau, Berlin	
5.	Berlin, Jannowitzbrücke	1881—83	2	18,5	desgl.	
6.	Berlin, Lützowbrücke	1883—84	1	23,2	desgl.	
7.	New York, Washington-Brücke	1886—89	2	155,0	Hutton u. A.	Passaic-Werke
8.	Stuttgart, König-Karls-Brücke	1891—93	2	45,51	Kübler	Maschinenfabrik Eßlingen
			2	48,00		
			1	50,48		
9.	Berlin, Ebertsbrücke	1893—94	1	30,0 ¹⁾		
10.	Berlin, Potsdamer Brücke	1897—98	1	21,85	Städtisches Brückenbaubureau Berlin	
			1	26,68		
11.	Berlin, Lessing-Brücke	1902—04	1	30,0 ²⁾		
12.	Mannheim, Neckarbrücke	1906—08	1	113,0 ³⁾	Werk Gustavsburg	Lucan in Mannheim.

Abbildungen im Atlas: Nr. 4: 53. Nr. 12: 75.

Literatur: Zu Nr. 3—6 und 9—11: Die Straßenbrücken der Stadt Berlin, herausgegeben vom Magistrat.

Zu Nr. 7: Engineering News 1886—88. Z. d. V. d. Ing. 1889, S. 1120. Z. d. B. 1886, S. 136.

Zu Nr. 8: Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 839—843, 1895, S. 153 — 158. Annalen f. Gew. u. Bauw. 1892, II, S. 96. Z. f. B. 1895, S. 61.

Zu Nr. 9: Z. d. B. 1895, S. 376.

Zu Nr. 12: D. B. 1901, S. 249, 261, 269, 273, 285; 1908, S. 266. Z. d. V. d. Ing. 1901, S. 845, 883, 1055, 1129.

¹⁾ Dazu zwei gewölbte Öffnungen von 10,5 m Lichtweite

²⁾ „ „ „ „ „ 10,0 „ „

³⁾ „ „ „ „ „ 59,5 „ „

fung in den Zwickeln kommen hauptsächlich zwei Anordnungen vor, nämlich das Strebenfachwerk mit gekreuzten Diagonalen (Beispiel: Moselbrücke bei Güls, Zusammenstellung 9, Nr. 5), vorwiegend jedoch das einfache Ständerfachwerk (Nr. 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 der Zusammenstellung 9). Bemerkenswert ist, daß man bei einigen dieser Brücken, auf deren äußere Erscheinung besonderer Wert gelegt wurde, die aussteifenden Diagonalen möglichst zu verdecken suchte. Bei der Kronprinzen-Brücke in Berlin und der oberen Rheinbrücke in Basel hat man die zwischen der Gurtung der Stirnbögen und der Fahrbahn entstehenden Zwickel mit gußeisernen Rahmen verkleidet, deren mittlere Teile durch netzartig angeordnete Stäbe ausgefüllt sind. Bei der Carola-

Viaur-Talbrücke in Frankreich (Zusammenstellung 9, Nr. 10). In viel kleinerem Maßstabe sind derartige Brücken zur Überführung von Straßen oder Eisenbahnen über Kanäle ausgeführt worden, beispielsweise bei dem Bau des Elb-Trave-Kanals und des Teltow-Kanals (Zusammenstellung 9, Nr. 12 Abb. 76). — Eine ähnliche Anordnung, jedoch mit viel kleinerem Pfeilverhältnis, zeigt die Mirabeau-Brücke in Paris (Zusammenstellung 9, Nr. 9).

Die gegliederten Bogenträger (Zusammenstellung 8) sind vorwiegend für große Stützweiten (100 m und darüber) ausgeführt worden. Bei dieser Gattung haben sich im Laufe der Entwicklung keine erhebliche Veränderungen der Bauart gezeigt.

Bei denjenigen Bogenträgern, deren Gurtungsabstand in der Nähe der Kämpfer größer oder ungefähr ebensogroß ist wie im Scheitel, kommen bezüglich der Auflagerung zwei Anordnungen vor. Entweder sind derartige Bogenträger ganz ohne Gelenke ausgeführt (Schwarzwasser-Brücke, Müngstener-Brücke, Kornhausbrücke in Bern), oder es sind Kämpfergelenke angeordnet und die Gurtungen des Bogens sind an dessen Enden nach den Gelenken zusammengeführt. (Neuere Rheinbrücke bei Coblenz). In dem letztgenannten Falle hat man zuweilen mit Rücksicht auf die äußere Erscheinung zu beiden Seiten des durch die zusammenlaufenden Gurtungen gebildeten Dreiecks noch besondere zwickelartige Teile gebildet, welche die kreisförmigen Begrenzungen des Bogens bis zum Mauerwerk fortsetzen (Alte Rheinbrücke bei Coblenz und Hochbrücke bei Levensau.) Hierbei kann der Bogen nach vollendeter Aufstellung bezüglich der Wirkung der Verkehrslast nachträglich in einen Bogen ohne Gelenke umgewandelt werden.

Die Mehrzahl der großen Bogenträger ist jedoch als Zweigelenkbogen ausgebildet. Nur in einzelnen Fällen

finden sich Scheitelgelenke bei Bogen über 100 m Stützweite, z. B. bei der Mirabeau-Brücke in Paris, der Viala-Talbrücke und der neuen Neckarbrücke in Mannheim.

Bei den größeren Bogenbrücken kommen folgende Arten der Wandgliederung vor:

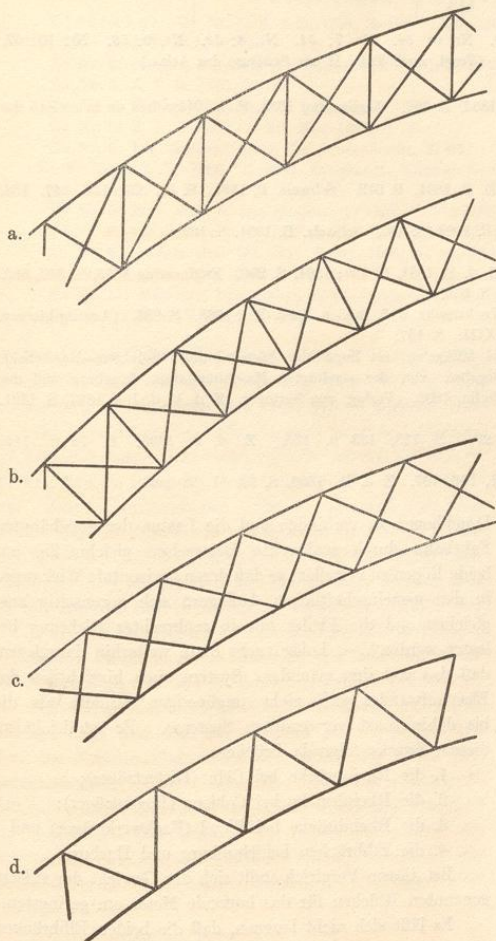
- 1) Das Ständerfachwerk mit gekreuzten Diagonalen (Abb. 1 a oder b) bei der alten Rheinbrücke bei Coblenz, der Douro-Brücke bei Porto, den alten Elbbrücken nach System Lohse (Zusammenstellung 12, Nr. 1 und 2), der Hochbrücke bei Levensau, der Straßenbrücke bei Mainz, der Kornhausbrücke in Bern und anderen.
- 2) Das Strebenfachwerk mit gekreuzten Diagonalen (Abb. 1 c) bei der neueren Rheinbrücke bei Coblenz, der Grüentaler Hochbrücke, der Straßenbrücke bei Worms und anderen.
- 3) Das Strebenfachwerk mit einfachen Diagonalen, aber ohne zwischengeschaltete Vertikalen (Abb. 1 d) bei der Schwarzwasser-Brücke, der Sprebrücke am Schiffbauerdamm in Berlin und der neuen Alsenbrücke in Berlin.
- 4) Das Ständerfachwerk mit einfachen Diagonalen bei den Rheinbrücken bei Bonn und Düsseldorf (Zusammenstellung 10, Nr. 4 und 5) sowie bei fast allen neueren Brücken mit hochliegenden Hauptträgern (Zusammenstellung 12, Nr. 3 bis 15, Abb. s. dort.)

Der Unterschied der beiden Anordnungen c und d besteht darin, daß bei der letzteren eine Schar der Füllungsstäbe genau lotrecht gerichtet ist, während bei Anordnung c beide Scharen schräg gerichtet sind und (wenigstens in der Nähe des Scheitels) ungefähr gleiche Winkel mit den Gurtungen bilden.

Diese vier Anordnungen sind im großen und ganzen ungefähr nach der durch die Buchstaben angedeuteten Reihenfolge zeitlich aufeinander gefolgt; indessen werden auch heute noch die älteren Arten zuweilen angewandt.

In der Entwicklung der eisernen, in Deutschland erbauten Bogenbrücken lassen sich etwa folgende Abschnitte unterscheiden. Der erste Abschnitt reicht vom Beginn des neunzehnten Jahrhunderts bis zum Anfang der sechziger Jahre. In diese Zeit fällt die weite Verbreitung der gußeisernen Bogenbrücken und der Beginn der Entwicklung der schweißeisernen Bogenbrücken in den fünfziger Jahren. Es wurden aber nur einige wenige Brücken mit kleineren Stützweiten gebaut.

Der zweite Abschnitt beginnt mit der Erbauung der älteren Coblenzer Rheinbrücke (1862–64), der ersten großen in Deutschland erbauten Bogenbrücke. (Abb. 48.) Es ist sehr lehrreich, die Erwägungen zu verfolgen, die damals zur Wahl einer Bogenbrücke geführt haben und bei denen auf die ästhetische Wirkung, namentlich mit Rücksicht auf das schöne Landschaftsbild bei Coblenz, damals schon ein großes, ja geradezu ausschlaggebendes Gewicht gelegt wurde¹⁾. — Obgleich das fertige Bauwerk den damals gehegten Erwartungen im großen und ganzen vollauf entsprach, wurden doch während der nächsten zwei Jahrzehnte in Deutschland nur sehr wenige Bogenbrücken von ähnlichen Abmessungen ge-



1. Fachwerkgliederungen von Bogenbrücken.

¹⁾ Vergl. Zeitschr. f. Bauwesen 1864, S. 392 und 397.

Zusammenstellung 8. Brücken mit gegliederten Bogenträgern unterhalb der Fahrbahn.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1	Alte Rheinbrücke bei Coblenz	1862—64	3	96,7	Hartwich, Sternberg	Harkort u. Kölnische Maschinenbau-A.-G.
2	Mississippi-Brücke bei St. Louis	1868—74	1	158,50	Eads, Flead, Pfeiffer	Keastone Brückenwerke
			2	153,00		
3	Douro-Brücke bei Porto	1876—78	1	160,0	Seyrig, Lopez	Eiffel, Paris
4	Neuere Rheinbrücke bei Coblenz	1876—79	2	107,0	Hilf, Altenloh, Dörrenberger	Gutehoffnungshütte
5	Sprebrücke am Schiffbauerdamm, Berlin	1879—81	1	49,68	Dirksen, Sarre	
6	Schwarzwasserbrücke bei Bern	1881—82	1	114,0	Röthlisberger, Probst	Ott & Co. in Bern
7	Kirchfeldbrücke bei Bern	1882—83	2	80,7	Röthlisberger, Probst, Simon	Ott & Co. in Bern
8	Straßenbrücke über den Rhein bei Mainz	1882—85	2	86,25	Lauter, Bilfinger, Thiersch	Benkiser, Pforzheim
			2	98,1		
			1	102,08		
9	Garabit-Viadukt	1883—85	1	165,0	Eiffel	Eiffel
10	Adda-Talbrücke bei Paderno	1887—89	1	150,0	Röthlisberger	Savigliano-Werke
11	Talbrücke bei Müngsten	1893—97	1	170,0	v. Rieppel	Gesellschaft Nürnberg
12	Kornhausbrücke in Bern	1895—98	1	114,90	v. Bonstetten, Krohn,	Gutehoffnungshütte
			5	34,40	v. Fischer	
13	Alsen-Brücke in Berlin	1898—99				
14	Straßenbrücke über den Rhein bei Worms	1898—1900	1	105,6	Werk Gustavsburg	Werk Gustavsburg
			2	94,4		

Abbildungen im Atlas: Nr. 1: 48. Nr. 4: 49. Nr. 5: 50. Nr. 6: 54. Nr. 7: 51. Nr. 8: 52. Nr. 9: 56. Nr. 10: 57. Nr. 11: 59. Nr. 12: 60. Nr. 13: 69. Nr. 14: 66. (Vergl. auch Tafel II am Schlusse des Atlas.)

Literatur: Zu Nr. 1: Z. f. B. 1864, S. 386, 529.

Zu Nr. 3: Z. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hann. 1879, S. 539; 1884, S. 603. Engineering 1886, S. 7. Mémoires de la société des ingénieurs civils 1878, S. 38—79. Schweiz. B. 1886, S. 99, 103, 111.

Zu Nr. 4: Z. f. B. 1881, S. 87, 200, 317, 441.

Zu Nr. 5: Z. f. B. 1884, S. 125.

Zu Nr. 6: Z. f. B. 1886, S. 354; Z. d. V. d. Ing. 1885, S. 876. D. B. 1884, S. 512. Schweiz. B. 1884, S. 12, 23, 141, 147, 158. Z. d. B. 1890, S. 407.

Zu Nr. 7: Z. f. B. 1886, S. 360. Z. d. V. d. Ing. 1884, S. 684. D. B. 1883, S. 480. Schweiz. B. 1884, S. 129.

Zu Nr. 8: Z. d. B. 1881, S. 46 usw. Z. d. Ver. d. Ing. 1881.

Zu Nr. 9: Wochenschr. des ö. Ing.- u. Arch. Ver. 1884, S. 159. Z. d. B. 1881, S. 120; 1884, S. 200. Engineering 1885, S. 549, 593. Génie civil 1888, S. 220—221, 230. (Bd. XIII.) Z. d. V. d. Ing. 1886, S. 630.

Zu Nr. 10: Nouvelles annales de la constr. 1888, S. 120—121. Wochenschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 283. (Auszug hiervon in Z. d. Arch. u. Ing.-Ver. z. Hann. 1889, S. 329). Schweiz. B. 1889, Bd. XIII, S. 137.

Zu Nr. 11: Die Kaiser-Wilhelms-Brücke über die Wupper bei Müngsten im Zuge der Eisenbahnlinie Solingen—Remscheid. Mit Genehmigung der Königl. Eisenbahndirektion Elberfeld heraus gegeben von der vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, A.-G. Bearbeitet von Dietz Berlin, 1904. Verlag von Springer. Z. d. V. d. Ing. 1897, S. 1321, 1373, 1421. Z. d. B. 1895, S. 161; 1897, S. 149.

Zu Nr. 12: Schweiz. B. 1894, Bd. 24, S. 101; 1896, Bd. 28, S. 113, 133 u. 135. Z. d. B. 1895, S. 76 u. 116; 1898, S. 397, 412. Z. d. V. d. Ing. 1897, S. 193; 1898, S. 767, 1289.

Zu Nr. 14: Z. d. Ver. d. Ing. 1896, S. 333, 396 usw.; 1897, S. 61, 106, 497. Z. d. B. 1896, S. 38, 51, 56 usw.

baut, wie die neuere Rheinbrücke bei Coblenz (Zusammenstellung 8, Nr. 4) und die älteren Elbbrücken bei Hamburg (Zusammenstellung 12, Nr. 1). Die letzteren bedeuten einen geschichtlich interessanten Versuch Lohses, Bogenträger auch in solchen Fällen auszuführen, wenn sie gänzlich oberhalb der Fahrbahn liegen mußten.

Eine eingehende Begründung des für jene Brücken gewählten Systems findet sich in der Veröffentlichung Zeitschrift f. Bauwesen 1885. Lohse ging, ähnlich wie der Erbauer der ersten Coblenzer Rheinbrücke, Hartwich, von der Erwägung aus, daß die bis zu jener Zeit ausgeführten Balkenbrücken in ästhetischer Hinsicht wenig befriedigen. Eine Konstruktion wie die der Coblenzer Rheinbrücke, deren Wirkung allgemein anerkannt wurde, ließ sich jedoch bei den Hamburger Brücken infolge ihrer besonderen technischen Verhältnisse nicht anwenden. So kam denn Lohse auf den Gedanken, „den Zugbogen einer Hängebrücke mit einem darübergestellten, ebenso konstruierten und tragfähigen

Druckbogen zu verbinden und die Lasten der angehängten Fahrbahn durch senkrechte Hängeisen gleichmäßig auf beide Bögen zu verteilen, so daß deren horizontale Wirkungen in den gemeinschaftlichen Auflagern sich gegenseitig ausgleichen und die Pfeiler nur in senkrechter Richtung belastet werden“. — Lohse sucht dann weiterhin darzulegen, daß das von ihm erfundene System auch hinsichtlich des Eisenaufwandes sich nicht ungünstiger verhalte als die bis dahin sonst verwendeten Systeme. Er vergleicht zu diesem Zwecke folgende Brücken:

1. die Rheinbrücke bei Cöln (Gitterträger);
2. die Rheinbrücke bei Coblenz (Bogenträger);
3. die Rheinbrücke bei Wesel (Fachwerkträger) und
4. die Elbbrücken bei Hamburg und Harburg.

Bei diesem Vergleich stellt sich das Gewicht der zuletzt genannten Brücken für das laufende Meter am geringsten.

Es läßt sich nicht leugnen, daß die beiden Elbbrücken einen eigenartigen Eindruck machen und daß sie in ästhe-

Zusammenstellung 9. Brücken mit Bogenträgern unter der Fahrbahn. Fachwerksausteiung in den Zwickeln.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1	Arcole-Brücke in Paris	1855	1	79,12	Oudry	
2	Theiß-Brücke zu Szegedin	1856—58	8		Cezanne	
3	Brücke über die Lahn in Ems	1863	2	27,0	Schmick	
4	Unterspreetbrücke der Verbindungsbahn Berlin	1864—65	2	12,71		
			1	16,40		
5	Moselbrücke bei Güls	1876—79	3	65,5	Hilf, Altenloh, Dörrenberger	
6	Kronprinzenbrücke in Berlin	1877—79	2	15,48	Städt. Baudeputation	
			1	18,68		
7	Obere Rheinbrücke in Basel	1877—79	1	64,0	Zanter	Holzmann in Frankfurt, Benkiser in Pforzheim
			1	67,0		
			1	58,0		
8	Königin Carola-Brücke in Dresden	1892—95			Pressprith, Pasdirek	Marienhütte Cainsdorf
9	Mirabeau-Brücke über die Seine in Paris	1896—97	1	99,34		
			2	37,05	Résal	
10	Brücke über das Vieur-Tal	1896—1902	2	95,0		
			1	221,3	Bodin	Gesellschaft Batignolles
11	Brücke über den Elb-Travekanal	1899				Union, Dortmund
12	Brücke über den Teltow-Kanal	1907—08	2	16,0	Havestadt & Contag	Steffens & Nölle
			1	48,0		

Abbildungen im Atlas: Nr. 7: 44. Nr. 8: 115. Nr. 12: 76.

- Literatur: Zu Nr. 1: Z. f. B. 1856, S. 126. Génie civil 1889, Bd. XIV. S. 170 u. 171. Wochenschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 113. Z. d. B. 1888, S. 116.
- Zu Nr. 2: Annales des ponts et chaussées 1859. Z. f. B. 1861, S. 654.
- Zu Nr. 3: Z. f. B. 1865, S. 106.
- Zu Nr. 4: Z. f. B. 1866, S. 267. Annalen f. Gew. u. Bauw. 1887, S. 75. D. B. 1887, S. 37 u. 49.
- Zu Nr. 5: Z. f. B. 1881, S. 87, 569; 1882, S. 81.
- Zu Nr. 6: Die Straßenbrücken der Stadt Berlin, S. 63.
- Zu Nr. 7: Z. f. B. 1886, S. 360; Festschrift, herausg. vom Baudepartement der Stadt Basel. (Auszug hieraus in der „Eisenbahn“ Bd. X, 1879, S. 137).
- Zu Nr. 8: Z. f. Arch. u. Ing. (Hannover) 1897, S. 314—338.
- Zu Nr. 9: Ann. d. trav. publ. 1892, S. 184. Eng. news 1896, II., S. 317. Z. d. B. 1897, S. 241 u. 257. Schweiz. B. 1897, Bd. 30, S. 39.
- Zu Nr. 10: Génie civil Bd. XV, S. 514; 1903, Bd. 43. (Auszug in Z. d. Arch. u. Ing.-Ver. z. Hannover, 1890, S. 283). Engineer 1890, I S. 529. Z. d. B. 1891, S. 115.
- Zu Nr. 11: Mehrtens, Brückenbau im 19. Jahrhundert (Denkschrift) S. 30.
- Zu Nr. 12: Z. d. B. 1908, S. 350.

tischer Hinsicht den gleichzeitig erbauten Balkenbrücken entschieden überlegen sind. Jedoch ist dieser Vorzug durch die ziemlich umständliche und nicht gerade einfache Konstruktion erkauft worden. Die Folgezeit hat den Ausführungen Lohses insofern nicht recht gegeben, als das von ihm erfundene System nur noch einmal, nämlich bei der 1884—87 von dem Hamburgischen Staat erbauten Straßenbrücke über die Nordereibe¹⁾ ausgeführt worden ist. Diese neuere Brücke befindet sich 244 m oberhalb der alten Eisenbahnbrücke; es lag somit nahe, das erwähnte System auch bei der neueren Brücke wieder zu verwenden. (Abb. 55)

In dem oben erwähnten zweiten Abschnitte entstanden in anderen Ländern einige Brücken von erheblich größeren Abmessungen als die erwähnten deutschen Brücken²⁾.

Der dritte Abschnitt in der Entwicklung der Bogenbrücken beginnt anfangs der achtziger Jahre etwa mit dem Bau der Straßenbrücke über den Rhein bei Mainz (Zusammenstellung 8, Nr. 8, Abb. 52). Bei diesem Bauwerke läßt sich ein beträchtlicher Fortschritt bemerken in der überaus sorgfältigen Bearbeitung des Entwurfes in allen Abmessungen, Verhältnissen und Einzelheiten, sowohl in technischer als auch in ästhetischer Beziehung. Die übrigen bedeu-

tendsten Bauwerke dieses Zeitraumes waren in Deutschland die beiden Brücken über den Kaiser-Wilhelm-Kanal bei Grünental und Levensau und die Talbrücke bei Münstgen; in der Schweiz die Schwarzwasserbrücke bei Bern und die Kornhausbrücke in Bern. Der wichtigste technische Fortschritt war die Einführung des Flußeisens an Stelle des bis dahin üblichen Schweißeisens. Diese Änderung vollzog sich im wesentlichen zu Anfang der neunziger Jahre.

Der vierte und letzte Abschnitt beginnt mit dem Bau der Bonner und der Düsseldorfer Rheinbrücke (Zusammenstellung 10, Nr. 4 und 5). Namentlich die Bonner Brücke, (Abb. 61) die für eine Reihe anderer Brücken vorbildlich geworden ist, bedeutet einen Markstein in der Geschichte des deutschen Brückenbaues. Besonders beachtenswert sind die bei der Aufstellung des allgemeinen Entwurfes angestellten Erwägungen, die der Verfasser Krohn in einem Vortrage mitgeteilt hat; (vergl. Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure 1897, S. 193, sowie auch die Seite 16 erwähnte Festschrift). Während bei den Kanalbrücken bei Grünental und Levensau das Durchschneiden des Bogens durch die Fahrbahn nicht sonderlich günstig gewirkt hatte, entschloß man sich bei der Bonner Brücke, den Obergurt des mittleren Bogens gänzlich oberhalb der Fahrbahn, dagegen die Bogenträger der beiden Seitenöffnungen gänzlich unterhalb der Fahrbahn anzuordnen. Diese Bauart ist, wenn auch in

¹⁾ Zusammenstellung 12, Nr. 2.

²⁾ Zusammenstellung 8, Nr. 2 und 3.

Zusammenstellung 10. Brücken, deren Hauptträger teils unterhalb, teils oberhalb der Fahrbahn liegen.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1	Brücke über die Etsch bei Verona	1883—84	1	88,8	Biadego	Werk Gustavsborg (M. A. N.) Gutehoffnungshütte
2	Brücke ü. den Kaiser-Wilh.-Kanal bei Grünental	1891—92	1	156,5	Greve, Eggert	
3	Brücke ü. d. Kaiser-Wilh.-Kanal bei Levensau	1893—94	1	163,4	Lauter, Muthesius	"
4	Rheinbrücke bei Bonn	1897—99	2	93,6	Krohn, Schneider, Möhring	
			1	187,2		
			1	32,5		
5	Rheinbrücke bei Düsseldorf	1896—98	2	181,25	Krohn	"
			1	63,36		
			1	57,02		
			1	50,67		
			1	60,36		
6	Treskowbrücke bei Oberschönweide	1903—04	2	37,50	Bernhard	Beuchelt in Grünberg (Schlesien)
			1	78,00		
7	Stubenrauchbrücke bei Oberschönweide	1907—08	1	60,0	Bernhard	Jucho in Dortmund
8	Baumgartenbrücke bei Potsdam	1908	2	25,20	Jucho in Dortmund	
			1	50,40		
9	Havelbrücke im Zuge der Döberitzer Heerstraße bei Berlin	1909	1	63,00	Bernhard	Steffens & Nölle in Berlin
			1	32,74		
			1	30,26		
			2	18,90		

Abbildungen im Atlas: Nr. 2: 58. Nr. 4: 61. Nr. 6: 82. (Vergl. auch Tafel II am Schlusse des Atlas.)

Literatur: Nr. 1: Engineering 1885. — Z. d. B. 1885, S. 239. Z. d. V. d. Ing. 1886, S. 629.

Zu Nr. 2: Z. f. B. 1898, S. 726. Z. d. B. 1891, S. 214. (Auszug in Z. d. Arch. u. Ing.-V. z. Hannover 1892, S. 83).

Zu Nr. 3: Zeitschr. f. Bauw. 1899, S. 99.

Zu Nr. 4: Die Bonner Rheinbrücke, Festschrift zur Eröffnungsfeier am 17. Dez. 1898, herausgeg. von der Stadt Bonn (Bonn 1898, Emil Strauß). Z. d. V. d. Ing. 1895, S. 361, 393, 457, 527, 685, 710, 794, 883; 1897, S. 190 (Vortrag von Krohn) 1899, S. 309. D. B. 1898 S. 645. Z. d. B. 1895, S. 21, 41, 49, 57, 69, 87, 92, 102, 110, 125; 1898, S. 617, 632.

Zu Nr. 5: Z. d. V. d. Ing. 1897, S. 195; 1898, S. 1311; 1899, S. 320. Z. d. B. 1898, S. 557, 572.

Zu Nr. 6: Z. d. V. d. Ing. 1905, S. 1141, 1243, 1268.

Zu Nr. 7: Z. d. Ver. d. Ing. 1908, S. 1942, 1987. D. B. 1908, S. 470 u. 477. Z. d. B. 1908, S. 365.

Zu Nr. 8: Z. d. V. d. Ing. 1910, S. 1222, 1312, 1361.

etwas anderen Formen, später noch bei einigen kleineren Brücken wieder verwendet worden (Zusammenstellung 10, Nr. 6—8.)

Neu war bei der Bonner Brücke vor allem der Umstand, daß Bogenträger von so bedeutenden Abmessungen nahezu vollständig oberhalb der Fahrbahn lagen. Diese Anordnung wurde in der Folgezeit bei sehr vielen anderen Brücken verwendet.

Bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hatte man in denjenigen Fällen, in welchen die Hauptträger wegen der geringen zur Verfügung stehenden Bauhöhe größtenteils über der Fahrbahn liegen, vorwiegend Balkenträger verwendet. Ausnahmen sind bereits auf Seite 11 und 14 erwähnt worden. Nunmehr wurde aber auch dann, wenn die Hauptträger größtenteils über die Fahrbahn hinausragen, sehr oft Bogenträgern der Vorzug gegeben, und zwar nament-

lich in solchen Fällen, in denen eine besonders eindrucksvolle und monumentale Wirkung erwünscht war. Diese Wandlung haben wohl in erster Linie die ästhetischen Vorzüge der Bogenträger gegenüber den Balkenträgern herbeigeführt.

Da die Aufnahme des Bogenschubes durch die Mauerkörper oft eine erhebliche Verstärkung der letzteren erfordert hätte, und da außerdem bei unsicherem Baugrunde ein Nachgeben der Widerlager und damit eine Änderung der Spannkkräfte gegenüber den Berechnungsannahmen zu befürchten war, so versah man gewöhnlich den Bogen mit einem ungefähr in der Höhe der Fahrbahn liegenden Zugband, welches den Schub des Bogens aufnahm. So erhalten die Widerlager infolge lotrechter Belastungen nur lotrechte Kräfte. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß der Ersparnis an Mauerwerk (und der größeren Sicherheit hinsichtlich des tatsächlichen Verhaltens der Auflagerwirkung) ein

Zusammenstellung 11. Brücken mit Stabbogen oberhalb der Fahrbahn; versteift durch einen in Höhe der Fahrbahn liegenden Balkenträger.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1	Ferdinandbrücke über die Mur in Graz	1881	1	67,8	Langer	Union in Dortmund
2	Immebrücke Hannover-Linden	1889	1		Müller-Breslau	
3	Überführung des Kurfürstendamms über den Bahnhof Halensee	1892	1		Müller-Breslau	

Zu Nr. 1: Mitt. d. polyt. Klubs in Graz, 1882, S. 1—25. Z. d. Arch. u. Ing. V. z. Hann. 1883, S. 552.

Zusammenstellung 12. Brücken mit gegliederten Bogenträgern oberhalb der Fahrbahn.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite		
1	Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Hamburg	1868—72	7	99,0	Lohse	Harkort in Duisburg
2	Straßenbrücke über die Norderelbe bei Hamburg	1884—87	3	101,0	Meyer, Gleim, Engels	Harkort
3	„ „ „ Süderelbe bei Hamburg	1897—99	4	100,96	Gustavsborg	Werk Gustavsborg (M. A. N.)
4	„ „ „ Mosel b. Traben-Trarbach	1898—99	6	31,70	Harkort, Schneider, Möhring	Harkort
5	Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Worms	1898—1901	2	64,35	Harkort, Schneider, Frenzen	Harkort
			2	54,45		
			1	116,80		
			2	102,20		
			17	34,50		
6	Straßenbrücke über die Elbe bei Magdeburg	1899—1901	1	135,00	Union, Eberlein	Union in Dortmund
7	„ „ „ Weser bei Beverungen	1901	2	64,4	Klönne in Dortmund	Klönne in Dortmund
			1	69,0		
8	„ „ „ Havel bei Spandau	1901—03	2	65,87	Harkort, Schneider	Harkort
			1	75,28		
9	Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz (Kaiserbrücke)	1902—03	2	116,80	Gustavsborg und Union	Werk Gustavsborg und Union in Dortmund
			2	107,20		
			1	93,80		
			6	39,20		
10	„ „ über den Main bei Hochheim	1902—03	2	80,0	Harkort	Harkort
			2	57,0		
11	„ „ „ Neckar b. Heidelberg	1904—06	3	49,68		
			1	70,56	Lucas	Klönne
12	Straßenbrücke über die Memel in Tilsit	1904—07	1	27,72		
			3	105,60	Kersjes, Tincauzer, Anderson	Beuchelt & Co., Grünberg
			1	49,28		
13	„ „ „ Fulda in Kassel	1907—08	1	84,40	Eilers in Hannover	Eilers in Hannover
14	Südbrücke über den Rhein bei Köln (Eisenbahnbrücke)	1906—10	1	165,00	Königl. Eisenbahndirektion	Union in Dortmund
			2	101,50	Cöln und Geh. Baurat	
			3	56,00	Schwechten	
15	Hohenzollernbrücke über den Rhein bei Köln (Eisenbahn- u. Straßenbrücke)	1907—11	1	118,88	desgl.	Harkort und Werk Gustavsborg (M. A. N.)
			1	167,75		
			1	122,56		

Abbildungen im Atlas: Nr. 2: 55. Nr. 4: 74. Nr. 5: 67. Nr. 6: 68. Nr. 8: 83. Nr. 9: 73.

Literatur: Zu Nr. 1: Z. f. B. 1885, S. 79 u. 177.

Zu Nr. 2: Z. f. B. 1890, S. 219 u. 333.

Zu Nr. 3: Z. d. B. 1897, S. 134, 142, 158; 1899, S. 477. Z. d. V. d. Ing. 1897, S. 616, 1101, 1185, 1385, 1410, 1439.

Zu Nr. 4: Z. d. B. 1898, S. 71 u. 219.

Zu Nr. 5: Z. d. V. d. Ing. 1900, S. 216. D. B. 1900, S. 585. Z. d. B. 1896, S. 366, 375, 401, 426.

Zu Nr. 6: Z. d. B. 1900, S. 14, 25, 41.

Zu Nr. 8: Z. f. B. 1904, S. 65.

Zu Nr. 9 u. 10: Festschrift über die Umgebungsbahn Mainz mit Überbrückung des Rheines und des Maines; bearbeitet unter Benutzung des amtlichen Materials von dem bauleitenden Beamten Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor Merkel in Mainz. Auszug hieraus Z. d. B. 1904, S. 221. D. B. 1903.

Zu Nr. 11: D. B. 1907, S. 378, 385, 402, 407, 418.

Zu Nr. 12: Z. d. B. 1907, S. 573. D. B. 1907.

Zu Nr. 13: Z. d. B. 1907, S. 65. D. B. 1907, S. 50 u. 70.

Zu Nr. 14 u. 15: Die Rheinbrücken bei Köln. Nach amtlichen Quellen bearbeitet von Regierungs- und Baurat Beermann.

nicht unerheblicher Mehraufwand an Eisen, nämlich für das Zugband, entgegensteht. — Wie dem auch sein mag, jedenfalls ist der Bogenträger mit aufgehobenem Horizontalschub etwa seit Beginn des neuen Jahrhunderts für den deutschen Brückenbau tonangebend geworden, wenigstens soweit größere Bauwerke in Frage kommen, bei denen man auf eine gewisse ästhetische Wirkung Wert legen zu müssen glaubte. Beispiele der genannten Trägerart sind in der Zusammenstellung 12 aufgeführt (Nr. 3—15).

In einigen Fällen hat man neuerdings derartige Bogenträger über mehrere Öffnungen durchlaufend angeordnet und hierbei an geeigneten Stellen Gelenke eingelegt. Diese Bauart ist zuerst von der Gesellschaft Harkort in Duisburg

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

bei dem Wettbewerb um die neue Neckarbrücke in Mannheim vorgeschlagen worden, ausgeführt dagegen erst bei der Havelbrücke bei Spandau (Zusammenstellung 12, Nr. 8).

3. Entwicklung der Hängebrücken.

Die Bauart der Hängebrücken ist ihrem Grundgedanken nach uralt. Wahrscheinlich sind die ältesten Brücken, die es überhaupt gegeben hat, als Hängebrücken gebaut; wenigstens gehören alle in vorgeschichtlicher Zeit erbauten Brücken, von denen wir Kenntnis haben, zu dieser Klasse. Die ersten Übergänge zwischen weiten und tiefen Schluchten wurden mit Hilfe von Seilen hergestellt, auf denen die Bahn für Fußgänger und Lasttiere unmittelbar befestigt war. Die Seile waren zuerst aus Pflanzenfasern gebildet. Eiserner

Ketten wurden für Brücken zuerst in China und Tibet verwendet.

Wesentliche Fortschritte gegenüber diesen noch sehr kunstlosen Anfängen zeigten die in Nordamerika gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts erbauten Hängebrücken. 1796 stellte James Finley eine Kettenbrücke von etwa 22 m Weite her und erhielt 1801 ein Patent auf die von ihm erfundene Bauart. Nach diesem Patent sollen bis 1808 40 Brücken erbaut sein. Später verwandte man anstatt der Ketten Drahtseile.

Weitere Fortschritte im Bau von Kettenbrücken wurden in England zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts gemacht. Der Ingenieur Samuel Brown führte an Stelle der gewöhnlichen Kettenglieder einfache Stäbe von ovalem oder rechtwinkligem Querschnitt ein, die an ihren Enden Augen hatten und durch Kuppelstücke und Bolzen oder sonstwie miteinander verbunden wurden. Er erhielt 1818 ein Patent auf seine Erfindung. Die größte von ihm ausgeführte Brücke war die im Jahre 1818 erbaute Brücke über den Tweed bei Norhamford, als Verbindungsglied zwischen England und Schottland, „Unionbrücke“ genannt.

In Deutschland wurde die erste Kettenbrücke in den Jahren 1823–24 von dem Ingenieur Schnirch über einen Arm des Marchflusses bei Straßnitz gebaut. Bald darauf folgten die Sophienbrücke über den Donaukanal in Wien (1825) und die Egerbrücke bei Saaz in Böhmen (1827).

Drahtkabel wurden zuerst in Nordamerika für Hängebrücken verwendet. Wohl das erste derartige Bauwerk ist der 1816 von White und Hazard erbaute Hängesteg über den Schuylkillfall bei Philadelphia (124 m Weite).

Die erste europäische Drahtkabelbrücke ist die Brücke von St. Antoine in Genf, die 1822–1823 durch den Oberstleutnant Dufour erbaut wurde. Sie enthält zwei Öffnungen von 40 m Stützweite. Bald darauf erbaute Seguin 1824 bis 1825 die Brücke über die Rhone zwischen Tain und Tournon, die zwei Öffnungen von je 85 m Weite besaß. In wenigen Jahren (bis 1830) entstanden sieben weitere Kabelbrücken über die Rhone. Bei diesen fehlten noch Längs- und Querverbände, obgleich schon Seguin den Zweck und die Wirkung des Versteifungsbalkens richtig erkannt hatte.

Die Drahtkabelbrücken fanden nach diesen Anfängen rasch Verbreitung in Frankreich und der Schweiz.

In Paris entstanden 1833–1842 die ersten Kabelbrücken über die Seine. Die meisten dieser Bauwerke hatten aber nur eine kurze Lebensdauer.

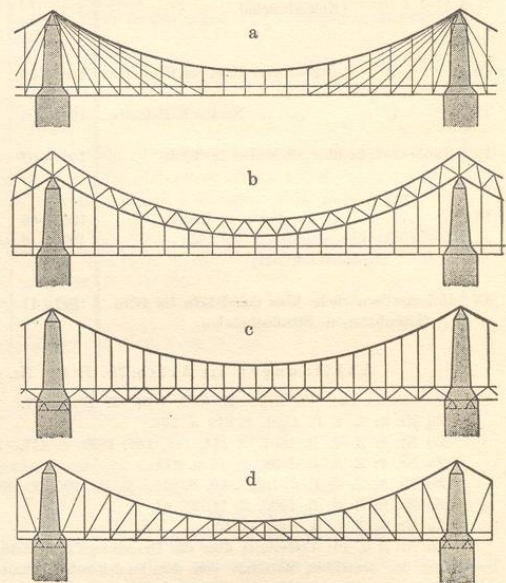
Die älteren, in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts erbauten Ketten- und Drahtkabelbrücken sind vorwiegend sogenannte unverteifte Hängebrücken, während in der zweiten Hälfte fast nur noch versteifte Brücken gebaut wurden. Diese Unterscheidung ist jedoch nicht ganz scharf. Denn bei den besser ausgebildeten und größeren von jenen älteren Brücken waren zum Teil schon Vorkehrungen getroffen, um die bei einseitiger Verkehrsbelastung eintretenden Formänderungen der an biegsamen Kabeln oder Ketten aufgehängten Fahrbahn möglichst zu vermindern und unschädlich zu machen. Solche Mittel waren kräftige, hohe Geländer und starke durchgehende Fahrbahn-Längsträger.

Die nachfolgende Zusammenstellung 13 (S. 19) enthält

einige der bedeutendsten Ketten- und Drahtkabelbrücken aus der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts.

Kettenbrücken sind in diesem Zeitraume hauptsächlich in Großbritannien, Österreich und Rußland gebaut worden, Drahtkabelbrücken dagegen zunächst vorwiegend in Nordamerika. Diese Bauart wurde dann durch Seguin den Älteren in Frankreich eingeführt, wo sie schnell eine sehr weite Verbreitung erhielt. In Deutschland sind Hängebrücken überhaupt nur in sehr geringer Zahl gebaut worden.

Die Mängel, die an den zahlreichen älteren unverteiften oder unzureichend versteiften Hängebrücken sich fast regelmäßig gezeigt hatten, führten allmählich zur Einführung besonderer und nachhaltiger wirksamer Mittel zur Versteifung der Fahrbahn. In der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts wurden zu diesem Zwecke folgende Anordnungen ausgeführt:



2. Versteifte Hängebrücken.

- a) Schrägketten oder Schrägkabel, die von den Pylonen nach einzelnen Punkten der Fahrbahn geführt sind;
- b) Anordnung zweier übereinander liegender Ketten oder Gurtungen, die durch Füllungsstäbe verbunden und so zu mehr oder weniger steifen Fachwerken ausgebildet wurden (Doppelketten oder Versteifungsbalken als Hängegurtung);
- c) Versteifungsträger, die ungefähr in der Höhe der Fahrbahn angeordnet sind;
- d) Hängefachwerk, d. i. eine Bauart, bei der eine Hängegurtung und eine in Höhe der Fahrbahn liegende Gurtung vorhanden ist. Beide sind durch Füllungsstäbe zu fachwerkartigen Scheiben miteinander verbunden.

Die unter a–d genannten Arten der Versteifung sind ungefähr in der durch die Buchstaben angedeuteten Reihenfolge ausgeführt worden; sie sollen auch in dieser Reihen-

Zusammenstellung 13. Ältere „unversteifte“ Ketten- und Drahtkabelbrücken aus der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts.

Nr.	Brücke	Jahr der Erbauung	Öffnungen		Pfeilverhältnisse	Entwurf-Verfasser
			Zahl	Grösste Stützweite		
1	Brücke über die Menai-Meerenge bei Bangor	1819—26	1	176,5	1 : 13,5	Telford
2	Brücke üb. d. Conway-Fluß bei Schloß Conway	1822—26	1	98,0	1 : 14,6	Telford
3	Hammersmithbrücke üb. die Themse b. London	1824—27	3	128,7	1 : 14,3	Clark
4	Brücke üb. den South-Esk-Fluß bei Montrose in Schottland	1828—29	1	122,0	1 : 7	Buchanan
5	Dordognebrücke bei Cubzac ¹⁾	1827—39	5	109,0	1 : 10	Martin, de Verges, Quénot
6	Brücke über das Saane-Tal bei Freiburg in der Schweiz	1832—34	1	273,0	1 : 14,1	Chaley
7	Brücke über die Gotteron-Schlucht bei Freiburg in der Schweiz	1834—40	1	227,0		Chaley
8	Maria Theresa-Brücke über den Po in Turin	1840	1			Lebaitre
9	Brücke über die Ruhr in Mühlheim	1842—44	3	97,6	1 : 14	Malberg
10	Brücke über die Donau in Budapest	1839—45	3	202,4	1 : 14	Clark
11	Clifton-Brücke über den Avon bei Bristol	1840—64	1	214,0	1 : 14	Brunel und Hawkshaw

Abbildungen im Atlas: Nr. 1: 86. Nr. 10: 87. Nr. 11: 89.

¹⁾ Allgemeine Bauzeitung 1845, S. 91. Nr. 1—4, 9—11 sind Kettenbrücken, Nr. 5—8 Drahtkabelbrücken.

folge besprochen werden, wenn auch in einzelnen Fällen ältere Bauarten noch später angewandt wurden.

Die Anordnung der Schrägketten oder Schrägseile ist ihrem Grundgedanken nach sehr alt; sie war schon 1784 in einer Schrift von Imanuel Löscher in Freiburg vorgeschlagen worden. Ausgeführt ist sie zuerst von Samuel Brown bei der Kings-Meadow-Brücke über den Tees bei Peebles 1817 und bei der von John und William-Smith 1817—18 erbauten Fußgängerbrücke über den Tweed bei Dryburg-Abbey.

In etwas eigenartiger Weise wurde der Grundgedanke der Schrägketten von Ordisch und Lefevre bei der Franz-Josef-Brücke über die Moldau in Prag angewandt. Alle derartigen älteren Ausführungen haben sich jedoch nicht bewährt.

Eine sehr wichtige Rolle spielten schräge, von den Pylonen nach der Fahrbahn gespannte Verbindungen bei den Drahtkabelbrücken Nordamerikas. Dort war nach den ersten oben erwähnten Anfängen im Bau derartiger Brücken ein Stillstand eingetreten. In den vierziger Jahren wurden jedoch die inzwischen bei den vielen französischen Brücken gemachten Erfahrungen durch den Franzosen Charles Ellet nach Amerika übertragen. Sein bedeutendstes Werk war die 1847 erbaute Drahtkabelbrücke über den Ohio bei Wheeling. Sie wurde 1854 durch einen Sturm zerstört, aber 1856 wieder aufgebaut. Die Weite der Mittelloffnung beträgt 308 m. Später baute er die erste Kabelbrücke über die Niagarafälle (1849). Über beide Brücken vergl. allgem. Bauzeitg. 1852, S. 208 und 215.

Eine Reihe der großartigsten Drahtkabelbrücken Nordamerikas stammt von John Röbling (geboren den 12. Juni 1806 in Mühlhausen in Thüringen).

Röblings Brücken unterscheiden sich von dem französischen System in drei Punkten:

1. An Stelle der vielen kleinen, getrennten Kabel vereinigte er diese zu einer möglichst geringen Zahl großer zusammenhängender Kabel.
2. Er sah ein, daß Kabel, welche am Ufer in einer ge-

raden, oder beinahe geraden Linie hergestellt und dann in einer Kurve aufgehängt werden, mangelhaft sein müßten, weil die gleichmäßige Verteilung der Spannungen nicht gewährleistet wurde. Er erfand deshalb das „Luftspinnverfahren“.

3. Er versteifte die Brückenbahn mittelst „stays“ d. h. Tauen, die diagonal von dem oberen Ende der Pfeiler nach verschiedenen Punkten der Brückenbahn gestreckt werden. Die zuletzt erwähnte Anordnung ist jedoch wie oben erwähnt, bereits bei einigen älteren Brücken ausgeführt worden.

Die bedeutendsten Bauwerke Röblings sind in der nachfolgenden Zusammenstellung aufgeführt:

Zusammenstellung 14. Bedeutendste Drahtkabelbrücken Röblings.

Nr.		Jahr der Erbauung	Öffnungen		Pfeilverhältnisse
			Zahl	Stützweite	
1	Niagarabrücke	1851—55	1	250,0	1 : 15,2
2	Ohio-Brücke in Cincinnati	1856—57	1	322,0	1 : 11,9
3	Erste Eastriverbrücke	1870—83	1	487,7	1 : 10,0
			2	283,7	

Die unter Nr. 1 erwähnte Niagarabrücke war eine der wenigen Eisenbahnbrücken, die als Hängebrücken gebaut sind. Sie besaß zwei Fahrbahnen, die obere für den Eisenbahnverkehr, die untere für den Straßenverkehr. Zwischen beiden lagen Versteifungsträger aus Holz mit eisernen Zugstreben. Trotz einer erheblichen Verstärkung konnte sie auf die Dauer den wachsenden Anforderungen des Eisenbahnbetriebes nicht genügen und wurde deshalb 1897 durch eine eiserne Bogenbrücke ersetzt.

Auch die Ohio-Brücke zwischen Cincinnati und Covington (Nr. 2 der Zusammenstellung) hatte schon ursprünglich Versteifungsträger in der Höhe der Fahrbahn. Sie wurde

1895–99 durch Hildenbrand umgebaut und erhielt hierbei hohe, kräftige Versteifungsträger.

Die alte Eastriverbrücke (Nr. 3 der Zusammenstellung) war z. Zt. ihrer Entstehung die größte Brücke der Erde. Sie dient für den Verkehr von Straßenbahnen, Fußgängern und Straßenfuhrwerken. Auch diese Brücke hat Versteifungsträger in der Höhe der Fahrbahn.

Die Bedeutung der Rölblingschen riesenhaften Bauwerke beruht hauptsächlich in der Kühnheit der Entwürfe, der Tatkraft ihrer Ausführung und den oben Seite 19 unter 1 und 2 erwähnten Neuerungen.

Die Wiedereinführung der schräggespannten Versteifungsteile (stays) erwies sich jedoch als wenig zweckmäßig; diese Anordnung wurde daher später nicht mehr beibehalten.

Das zweite der oben Seite 18 erwähnten Mittel zur Versteifung von Hängebrücken bestand in der Anordnung von sogenannten Doppelketten, die durch Diagonalverbindungen zu einem mehr oder weniger steifen Fachwerk verbunden waren.

Doppelketten sind zuerst 1836–39 bei dem Bau der Kettenbrücke über die Weser bei Hameln durch den Hannoverischen Baurat Wendelstadt ausgeführt worden. Einige andere Brücken, bei denen diese Bauart angewendet wurde, sind: Aspernbrücke über den Donaukanal in Wien (1863–1864), Brücke im Zuge der siebenten Straße in Pittsburg (1884), Brücke im Zuge der Grand Avenue in Pittsburg (1890).

Auch diese Bauart scheint nur noch geschichtliches Interesse zu haben und wird gegenwärtig kaum mehr ausgeführt.

Der bei der Anordnung von Doppelketten zu Grunde liegende Gedanke, die Versteifung in unmittelbare Verbindung mit der Hängegurtung zu bringen, ist jedoch in etwas anderer Form bei der Point-Brücke über den Monongahela in Pittsburg ausgeführt. Diese wurde 1875–77 von Hemberle erbaut. Sie hat eine Öffnung von 244 m Stützweite und 26,84 m Pfeilhöhe; zur Versteifung dienen zwei einfache sichelförmige Balkenträger, die in der Mitte durch ein Gelenk mit einander verbunden sind.¹⁾

Ein Bauwerk, dessen Trägeranordnung auf einem ähnlichen Grundgedanken beruht, das aber in seiner äußeren Erscheinung gleichwohl ein gänzlich anderes Bild bietet, ist die 1886–94 erbaute Tower-Brücke in London. (Abb. 88.) Sie liegt von allen über der Themse erbauten festen Brücken am weitesten unterhalb. Da der Groß-Schiffahrtsweg seit Jahrhunderten an der alten, oberhalb liegenden Londonbrücke erst seine Grenze gefunden hatte, durfte er durch die Towerbrücke nicht gestört werden. Andererseits gestattet die Höhenlage der beiderseits anschließenden Straßen nicht, die Fahrbahn in einer für die Durchfahrt der Seeschiffe geeigneten Höhe anzuordnen. Man entschloß sich daher, für die Mittelöffnung eine bewegliche Brücke auszuführen. Die Seitenöffnungen sind durch statisch bestimmte steife Kettenfachwerke überbrückt, deren Züge durch ein zwischen den Mittelpfeilern angeordnetes Zugband aufgenommen werden. In der Höhe dieses Zugbandes liegt eine feste Brücke für den Fußgängerverkehr. Die Lichtweite der beiden Seiten-

öffnungen beträgt 82,30 m, die der Mittelöffnung 61 m. In den beiden Türmen führen Treppen und Aufzüge für den Fußgängerverkehr hinauf.

Der Entwurf ist von Sir Horace Jones und J. Wolfe Barry aufgestellt.¹⁾

Zweckmäßiger als derartige Ausführungen von versteiften Ketten ist die Anordnung von Versteifungsbalken in der Nähe der Fahrbahn (vergl. oben Seite 18 unter c). Diese Bauart ist bei größeren Kettenbrücken nur einmal ausgeführt, nämlich bei der 1898–1903 erbauten Elisabethbrücke über die Donau in Budapest (Stützweite 290 m).²⁾

Es gibt auch versteifte Hängebrücken, deren obere Gurtung nicht durch gelenkige Ketten, sondern durch gelenklose gekrümmte Stäbe, ähnlich wie die Gurtungen von Balkenbrücken gebildet sind. Als Beispiel hierfür sei erwähnt die Mühlentor-Brücke über den Elb-Trave-Kanal bei Lübeck. (Abb. 90.) Der Entwurf wurde von dem Oberbaudirektor Rehder in Lübeck aufgestellt; das Bauwerk wurde 1899 von der Gesellschaft Harkort in Duisburg ausgeführt. Es enthält drei Öffnungen; die mittlere hat eine Stützweite von 41,79 m, die beiden seitlichen von 19,66 m. Die Versteifungsträger liegen unter der Fahrbahn.

Von Drahtkabelbrücken mit Versteifungsträgern seien zunächst die oben Seite 19 angeführten, von Rölbling erbauten drei Brücken erwähnt. Außer diesen haben noch verschiedene Drahtbrücken Versteifungsträger erhalten. Wohl das bedeutendste unter den neueren Bauwerken dieser Art ist die Williamsburg-Brücke über den East-River in New York. (Abb. 91.) Der Entwurf ist von Buck aufgestellt; die Ausführung erfolgte 1896–1903 unter Leitung von Hildenbrand. Die Brücke enthält eine Hauptöffnung von 487,7 m Stützweite und zwei Seitenöffnungen von 181,1 m Stützweite. Eine Beschreibung findet sich in der Schrift von Hildenbrand „Die Hängebrücken von der ältesten bis zur neuesten Zeit“, New York 1905 (Vortrag). Das bei der Aufstellung angewandte Verfahren ist beschrieben in der Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1901, S. 317. Ein Bauwerk von ähnlichen Abmessungen ist die 1901–1910 gleichfalls nach einem Entwurfe von Buck erbaute Manhattan-Brücke über den East-River in New York. Die Stützweite der Mittelöffnung beträgt hier 448 m, die der beiden Seitenöffnungen 221 m.³⁾

Verhältnismäßig am seltensten von den oben Seite 18 erwähnten Hilfsmitteln zur Versteifung von Hänge-

¹⁾ Engineer 1889, I, S. 511 und 518; II, S. 138, 140, 179, 202, 212, 326, 329, 336. Engineering 1892, II, S. 380; 1894, I, S. 852. Eng. news 1894, I, S. 43. Builder 1894, S. 500. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1894, S. 410, (Aus diesem Artikel sind die vorstehenden Angaben entnommen.) 514 u. 544. Zentralbl. der Bauverw. 1882, S. 400; 1884, S. 505, 1886, S. 57, 73. Stahl und Eisen 1892, S. 1037–1040. Génie civil 1897, Bd. 31, S. 273, 337.

²⁾ Zentralbl. der Bauverw. 1894, S. 234, 295, 305, (322, 325, 342, 357, 361, 377, 436, 445) — Zeitschr. des österr. Ing. und Arch. Ver. 1904, S. 261, 277. — Schweiz. Bauzeitg. 1904, Bd. 44, S. 1. — Deutsche Bauzeitg. 1904, S. 97. — Zeitschr. des Ver. deutscher Ing. 1894, S. 979, 1035, 1119, 1238; 1900, S. 558. — Zeitschr. des ungarischen Ing. u. Arch. Ver. 1895. — Die Eisenkonstruktion der Elisabethbrücke in Budapest. Ausgeführt in den Jahren 1898 bis 1903 von der Maschinenfabrik der Königl. ungarischen Staatsbahnen in Budapest. Budapest 1904.

³⁾ Eisenbau 1911, S. 157 und 205.

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1890, S. 378.

brücken ist das sogenannte „Hängefachwerk“ ausgeführt worden. Wohl die älteste Ausführung dieser Bauart ist die 1862 von Barlow erbaute Lambethbrücke über die Themse in London. Sie ist als Kabelbrücke ausgebildet und hat drei Öffnungen von je 82 m Stützweite.

Die meisten durch Hängefachwerk versteiften Brücken besitzen keine gelenkigen Ketten oder Kabel, sondern sind mit durchlaufenden steifen Gurtungen versehen, ähnlich denjenigen der Balkenbrücken. Ein in ästhetischer Hinsicht besonders bemerkenswertes Beispiel für diese Bauart ist der 1869 nach dem Entwurf von Schmick ausgeführte Kettensteg zwischen Frankfurt a. M. und Sachsenhausen.

In Deutschland scheint man dem Bau von Hängebrücken in neuester Zeit mehr Aufmerksamkeit als früher zuzuwenden. Ein bemerkenswertes Bauwerk, dessen Abmessungen im Vergleich mit den erwähnten amerikanischen Brücken freilich bescheiden sind, ist die 1908–1910 erbaute Kaiserbrücke in Breslau. (Abb. 94.) Sie hat biegsame Flacheisenketten mit unteren Versteifungsträgern. Die Stützweite der letzteren beträgt 114,00 m, die der Ketten 126,60 m. Der Entwurf ist von Regierungsbaumeister Dr. Ing. Weyrauch und Regierungsbaumeister Mayer aufgestellt. Der eiserne Überbau wurde von der Firma Beuchelt & Co., Grünberg in Schlesien, ausgeführt.¹⁾

Bei dem Wettbewerb für eine feste Straßenbrücke über den Rhein bei Köln im Jahre 1911 zeigte die überwiegende Mehrzahl der preisgekrönten und angekauften Entwürfe die Anordnung von Hängebrücken.²⁾

B. Konstruktionsformen des Eisens im Hochbau.

Die Verwendung des Eisens im Hochbau läßt sich nach verschiedenen Unterscheidungsmerkmalen einteilen, nämlich:

- a) Nach dem Zwecke, den die betreffenden Bauwerke zu erfüllen haben. Es kommen hier in Betracht: Bahnhofshallen, Markthallen, Ausstellungsgebäude, Fabrikgebäude, Pflanzenhäuser, Wassertürme, Aussichtstürme; ferner: Bibliotheken, Museen, Theater, Parlamentsgebäude, Schulen, Kirchen, Warenhäuser, Geschäftshäuser, Badeanstalten, Börsen, gedeckte Räume in Badeorten zur Erholung oder Vergnügung, schließlich neuerdings auch Luftschiffhallen.
- b) Nach der räumlichen Gestaltung teilt Meyer in dem Werke „Eisenbauten“ die Eisenhochbauten ein in 1. Längshallen, ungeteilt oder geteilt; 2. Zentralhallen und 3. den aus beiden zusammengesetzten Hallen-Kuppel-Komplex. Bei den Zentralhallen unterscheidet er wieder

a) Kuppel, β) Zelt und γ) Glocke.

Die Unterscheidungsmerkmale der drei zuletzt genannten Unterarten sind aber nicht sehr stark; namentlich sind die Begriffe „Kuppel“ und „Glocke“ kaum voneinander zu trennen.

- c) Außer diesen Unterscheidungsgrundsätzen fallen aber noch sehr große Verschiedenheiten der unter a ge-

¹⁾ vergl. Eisenbau 1911, S. 45 und 118.

²⁾ Vergl. z. B. Z. d. B. 1911, S. 413, 429 u. f., D. B. 1911, S. 611, 621 u. f.; Eisenbau 1911, S. 399, 455, 500 u. f.; Z. d. V. d. Ing. 1911 u. 1912.

nannten Gebäudegruppen ins Auge hinsichtlich der Art der Verwendung des Eisens. Nicht überall spielt das Eisen dieselbe Rolle. Einige jener Gebäude sind ganz aus Eisen hergestellt; bei anderen wieder ist zwar das Eisen der wichtigste Baustoff, gleichsam das Gerippe, während die den Raum bildenden Flächen aus anderen Stoffen hergestellt sind. Schließlich gibt es zahlreiche Fälle im Hochbau, in denen das Eisen zwar eine konstruktiv nicht unwichtige Rolle spielt, beispielsweise zur Deckenbildung, in denen aber die Eisenteile für die ästhetische Wirkung sehr stark zurücktreten und eigentlich nur für den Fachmann zur Geltung kommen. Es ist also der Grad der ästhetischen Bedeutung, den das Eisen als Baustoff für das ganze Bauwerk bekommt, in den verschiedenen Fällen außerordentlich verschieden. Beispielsweise hat bei sehr vielen Bahnhofshallen auch der Nichtfachmann sofort den Eindruck, daß das ganze Gebäude aus Eisen besteht; andererseits sind viele steinerne Bauwerke mit einem eisernen Dach versehen, wobei durch die Eindeckung von außen und durch die darunter liegende Balkendecke von innen die Eisenteile völlig den Augen entzogen sind. In solchen Fällen ist eben das Eisen nur Mittel zur Konstruktion, ohne Bedeutung für den ästhetischen Eindruck. Dementsprechend ist auch die Art der ästhetischen Behandlung, die dem Eisen seitens der Architekten oder Ingenieure zuteil wurde, sehr verschieden.

Bei der großen Mannigfaltigkeit der zahlreichen in Betracht kommenden Gebäude- und Konstruktionstypen ist es sehr schwierig, eine einzige übersichtliche Einteilung zu finden. Der folgenden Übersicht über die geschichtliche Entwicklung der Eisenhochbauten soll die nachfolgende Einteilung zu Grunde gelegt werden:

1. Längshallen. Zu diesen zählen hauptsächlich die Bahnhofshallen und ähnliche Bauwerke, wie Markthallen und Ausstellungsbauten.
2. Kuppelbauten. Solche Zentralbauten, die durch eine einzige Kuppel gedeckt sind, finden sich verhältnismäßig selten. In der Mehrzahl aller Fälle ist die Kuppel als bekrönender Abschluß auf ein im Grundriß irgendwie gegliedertes Gebäude gesetzt worden. Es soll in diesem Abschnitt vorwiegend die Entwicklung der Konstruktionsformen der Kuppeln an sich unter besonderer Beachtung der ästhetischen Wirkung behandelt werden.
3. Hallen-Komplexe. Hierunter verstehen wir die Vereinigung mehrerer einzelner Längshallen und Zentralbauten zu einer größeren Anlage, und zwar entweder die Vereinigung von Längshallen miteinander oder die Vereinigung von Längshalle und Zentralraum, der durch eine Kuppel gekrönt ist.
4. Türme, im besonderen Wassertürme.

1. Längshallen.

(Bahnhofshallen, Markthallen, Ausstellungshallen.)

Die ersten Decken- und Dachkonstruktionen aus Schmiedeeisen wurden bereits Ende des achtzehnten Jahr-

hunderts in Frankreich ausgeführt. Wie im Brückenbau, so wurde auch im Hochbau zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts zunächst Gußeisen verwendet. Ein hervorragendes Beispiel einer gußeisernen Dachkonstruktion bietet die im Jahre 1820 von Foerster und Etzel erbaute Halle des Dianabades in Wien.¹⁾ Die meisten Eisenkonstruktionen in der ersten Zeit der Entwicklung waren Nachbildungen der bis dahin üblichen hölzernen Dachstühle und ähnlicher Bauten, namentlich der Hänge- und Sprengwerke.

Aus derartigen Anfängen entstanden die ersten Ausführungen einfacher Fachwerke in England etwa um 1830. Die gedrückten Stäbe bestanden damals vielfach aus Holz, die gezogenen aus Schmiedeeisen.

Ähnlich wie bei den Brücken unterscheidet man im Hochbau nach der Stützungsart der Hauptträger: Balkendächer und Bogendächer. Bei den Balkendächern ruhen lotrechte Belastungen der Hauptträger (Binder) nur lotrechte Auflagerdrücke hervor, während bei den Bogendächern auch aus lotrechten Belastungen wagerechte Auflagerkräfte entstehen können. Bei vielen Dächern werden diese wagerechten Kräfte durch besondere auf Zug beanspruchte Glieder (Zugstangen) aufgenommen, um die unterstützenden Teile nicht in ungünstiger Weise zu beanspruchen. Gleichwohl zählt man auch derartige Dächer zu den Bogendächern, weil ihre Anordnung und die Wirkung der inneren Kräfte im wesentlichen denjenigen Bogendächern entspricht, die zur Aufnahme des Horizontalschubes keine Zugstange haben.

Obgleich die mit Eisen gedeckten und die ganz aus Eisen bestehenden Längshallen verhältnismäßig einfache Gesamtformen aufweisen, zeigt sich doch bei näherer Betrachtung der einzelnen Bauwerke eine große Verschiedenheit der Formen und Bauarten. Sieht man von allen Einzelheiten ab, so lassen sich etwa folgende Anordnungen unterscheiden:

- a) Hallen mit einfachen Satteldächern und Balkenbindern mit gradlinigen Gurtungen.
- b) Hallen mit flachgewölbten Dächern, die durch flache Balken- oder Bogenbinder getragen werden. Diese sind entweder auf durchgehenden Längswänden, oder auf eisernen Stützen gelagert.
- c) Hochgewölbte Bogendächer, deren Binder ungefähr in Fußbodenhöhe gelagert sind und in stetiger Krümmung aus den stützenden in die tragenden Teile übergehen.
- d) Hallen, deren Binder zwischen den Anordnungen b und c die Mitte halten.

Diese Hallenformen sind im allgemeinen in der durch die Buchstaben gekennzeichneten Reihenfolge nacheinander aufgetreten, wenn auch die ältere Anordnung unter b) stellenweise noch in den letzten Jahren ausgeführt wurde. Auch gehören einige der ältesten überhaupt ausgeführten Hallen zu der unter d) zusammengefaßten Gruppe.

In den beiden ersten Dritteln des neunzehnten Jahrhunderts hatten die meisten mit Eisenkonstruktionen gedeckten Hallen einfache Satteldächer, die durch Balkenbinder unterstützt waren. Als die beiden wichtigsten Anordnungen derartiger Binder unterscheidet man bekanntlich den englischen und den „französischen“ oder Polonceau-Dachbinder.

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1843, S. 115—121.

Die Anordnungen der englischen Dachbinder wurden bei den Bahnhofshallen der ersten englischen und auch deutschen Bahnen in großer Zahl ausgeführt.

Die gewöhnlich unter dem Namen „französisches Dach“ oder „Polonceau-Dach“ bekannte Konstruktion ist nach Förster, Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten 1909¹⁾ S. 323 zuerst von einem Deutschen, dem Professor Wiegmann der Düsseldorfer Akademie, und zwar auch in der mehrfachen Anordnung desselben Grundgedankens vorgeschlagen worden (in demselben Jahre aber etwas später von Polonceau). Es wäre deshalb richtiger, diese Binder-art „Wiegmann-Polonceau-Dach“ zu nennen.

Ein einfaches Beispiel für diese Bauart ist die ältere kleine Halle des Lyoner Bahnhofes in Paris. Die Stützweite beträgt etwa 24 m.²⁾

Ein Beispiel für eine größere, mit einfachem Satteldach gedeckte Halle ist die 1876 erbaute Halle des Bahnhofes in Budapest mit 41 m Stützweite. Der allgemeine Entwurf ist von dem Ingenieur A. de Serres aufgestellt; die Konstruktion wurde ausgeführt von der Firma Eiffel in Paris.³⁾

Für die oben unter b, c und d erwähnten Anordnungen sind Beispiele in den nachfolgenden Zusammenstellungen 15, 16 und 17 angegeben.

Die flachgewölbten Hallendächer sind entweder mit Balken- oder mit Bogenbindern versehen. Von den in der Zusammenstellung 15 aufgeführten 17 Hallen haben fünf von den ältesten (Nr. 2, 3, 4, 5 und 14) sichelförmige Balkenbinder, alle übrigen aber Bogenbinder und zwar fast regelmäßig mit einer an dem Bogen aufgehängten Zugstange. Nr. 1 kann als Mittelglied zwischen Balken- und Bogenbinder betrachtet werden. Die Binder der Halle Nr. 17 (Homburg v. d. Höhe) haben keine Zugstange. Die meisten der Bogenbinder sind vollwandig und haben zwei Kämpfergelenke. Nur bei der Halle des Hauptbahnhofes in Liverpool (Nr. 7) und des Anhalter Bahnhofes in Berlin (Nr. 9) sind die Bogenträger gegliedert; bei der letztgenannten Halle ist außer den beiden Kämpfergelenken noch ein Scheitелgelenk vorhanden.

Die Binder sind bei den meisten älteren Hallen auf den massiv gemauerten Längswänden gelagert (Nr. 1, 3, 4, 5, 6 und 9), bei den neueren Hallen dagegen vorwiegend auf eisernen Stützen (Nr. 10, 12, 13, 15, 16). In manchen Fällen ist auch das eine Auflager der Binder durch die massive Wand des an die Halle anstoßenden Empfangsgebäudes, das andere Auflager durch je eine eiserne Säule gebildet (Nr. 2, 7, 8, 11). Auch die Ausbildung der Säulen selbst hat sich mit der Zeit geändert. Während bei allen älteren Hallen die Säulen regelmäßig aus Gußeisen hergestellt und mit irgend welchen antiken oder Renaissance-Kapitellen und Basen geschmückt wurden, sind diese Säulen bei einigen der neuesten Hallen ebenso wie die Bogenbinder aus Flußeisen und mit ganz ähnlichen Querschnittsformen wie diese ausgebildet (Nr. 12, 16 und 17). Recht deutlich ist dieser Entwicklungsgang auf dem Bahnhof Düsseldorf zu sehen, wo an die im Jahre 1901 erbaute Halle mit Gußeisen-Kapitellen später eine neuere

¹⁾ Diesem Werke sind die vorstehenden geschichtlichen Angaben größtenteils entnommen.

²⁾ Allgem. Bauzeitg. 1851, S. 354; Z. f. B. 1854.

³⁾ Allg. Bauztg. 1883, S. 3 und 13.

Zusammenstellung 15. Hallen mit flachen Balken- oder Bogendächern. (Binder auf Mauerwerk oder eisernen Stützen gelagert.)

Nr.		Jahr der Erbauung	Hallen		Länge	Entwurf—Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite			
1	Paris, Straßburger Bahnhof	1854		30,45			
2	Birmingham, Hauptbahnhof	1853—55		63,0		Cowper	Fox, Henderson & Co.
3	London, Cannon-Street-Bahnhof			58,64	199,0		
4	Berlin, Niederschles.-Märkischer Bahnhof	1867—69					
5	Berlin, Görlitzer Bahnhof	1870					
6	Berlin, Potsdamer Bahnhof	1869—71			171,8	Döbner, Sillich	
7	Liverpool, Hauptbahnhof	1872—73		50,0	134,12	Fowler	
8	Magdeburg, Hauptbahnhof						
9	Berlin, Anhalter Bahnhof	1878	1	62,5	168,0		
10	Hannover, Hauptbahnhof	1876—79	2	37,12	167,5		
11	Straßburg, Hauptbahnhof	1879—83	2	28,9	128,0	Kriesche, Jakobstal	Benkiser, Pforzheim
12	Halle a. Saale, Hauptbahnhof	1887—90	2	20,15		Nitschmann, Königer	
			2	18,00			
13	Düsseldorf, Hauptbahnhof	1890—91	2	21,4			
			2	18,35	150,0		
14	London, Empress-Theater	1895		67,06	66,14	A. O. Collard,	Handyside & Co. in Derby
15	Essen a. d. Ruhr, Hauptbahnhof	1902	2	21,0	130,0	Eisenbahndirektion Essen u. Klönne i. Dortmund	Klönne
16	Crefeld, Hauptbahnhof	1907	3	15,7—24,0		Jucho in Dortmund	Jucho in Dortmund
17	Homburg v. d. Höhe, Hauptbahnhof	1907					Werk Gustavsburg

Abbildungen im Atlas: Nr. 10: 128 u. 129. Nr. 11: 135. Nr. 17: 139.

Literatur: Zu Nr. 1: Z. f. B. 1854.
 Zu Nr. 2: Z. f. B. 1858, S. 447.
 Zu Nr. 3, 7, und 14: Mertens, Eiserner Dächer und Hallen in England. Berlin 1899. (S. 13, 14 und 11).
 Zu Nr. 4: Z. f. B. 1870.
 Zu Nr. 5: Z. f. B. 1872, S. 551.
 Zu Nr. 6: Z. f. B. 1877, S. 17.
 Zu Nr. 8: Z. f. B. 1879.

Zu Nr. 9: Z. d. A.- u. Ing.-Ver. z. Hannover 1884, S. 105.
 Zu Nr. 10: Z. d. Arch.- u. Ing.-Ver. z. Hann. 1886, S. 191.
 Zu Nr. 11: Z. d. B. 1883, S. 302 und 360.
 Zu Nr. 12: Z. f. B. 1893, S. 346.
 Zu Nr. 13: Z. f. B. 1894, S. 198.
 Zu Nr. 14: (s. oben zu Nr. 3).
 Zu Nr. 15:
 Zu Nr. 16: Z. f. B. 1908.

Halle mit flüßeisernen Stützen ganz ohne jede Verzierung angebaut wurde. Die Gurtungen derartiger Balken- oder Bogenbinder sind gewöhnlich nach einem Kreisbogen oder einer Parabel geformt.

Das gemeinsame Merkmal dieser und ähnlicher Hallen besteht also in einer flachen, gewölbten Decke, die durch lotrechte, aus Stein oder Eisen bestehende Stützen getragen wird. Einen wichtigen Unterschied gegenüber derartigen Anordnungen bilden die hochgewölbten Bogendächer mit einheitlich vom Fußboden bis zum Scheitel verlaufenden Binderformen. Bemerkenswerte Beispiele dieser neueren Anordnung sind in Zusammenstellung 16 angeführt.

Die älteste und wohl am meisten bekannte dieser Hallen ist die des St. Pancras-Bahnhofes in London (Nr. 1 der Zusammenstellung 16, Abb. 127). Sie ist heute noch die weitest gespannte Bahnhofshalle in Europa und wird an Stützweite und Länge nur von sehr wenigen anderen Hallen übertroffen. Bemerkenswert ist die Spitzbogenform der Binder. Da das den südlichen Kopfabluß der Halle bildende riesige Midland Grand Hotel in gotischem Stile erbaut ist, so liegt die Vermutung nahe, daß die Erbauer der Halle die Gesamtform dem gotischen Stile anpassen wollten und aus diesem Grunde einen Spitzbogen gewählt haben. Zwei andere, etwa 10 Jahre später in England erbaute Hallen (Nr. 2 und 3 der Zusammenstellung 16) zeigen ähnliche Binderformen, aber ohne Spitzbogen.

In Deutschland wurden die ersten Hallen der neueren

Bauart etwa zwölf Jahre später erbaut. Den Übergang zu dieser zeigt die Halle des Schlesischen Bahnhofes in Berlin (Nr. 6 der Zusammenstellung 16, Abb. 130). Ihre Anordnung erinnert insofern an jene ältere Bauart, als auf der einen Seite eine nur lotrechte Kräfte übertragende Pendelstütze vorhanden ist, die in statischer Beziehung als besonderer Konstruktions- teil wirkt. Dagegen zeigt sich in den Umrisslinien des Binders schon vollständig die neuere Form. Der Untergurt läuft ungefähr von Fußbodenhöhe bis zum Scheitel in einer einzigen, stetig gekrümmten Linie, wenn auch der Krümmungshalb- messer an einzelnen Stellen verschieden ist. Ebenso wie bei diesem Bauwerk findet sich noch bei einigen ähnlichen, ungefähr gleichzeitig mit diesen erbauten großen Hallen eine Zugstange zur Aufnahme des Horizontalschubes, bei neueren Hallen von derartigen Abmessungen dagegen nur noch sehr selten.

Die beiden andern großen, etwa gleichzeitig erbauten Hallen der Berliner Stadtbahn unterscheiden sich nicht un- wesentlich von der Halle des Schlesischen Bahnhofes. Auch hier ist der Binder ein Dreigelenkbogen; die Zugstange ist jedoch fortgelassen und beide Kämpfergelenke liegen ungefähr in der Höhe der Bahnsteige. Die Binderform zeigt, wie bei der Halle des St. Pancras Bahnhofes, den Spitz- bogen; jedoch ist die Gesamtform etwas anders ausgebildet. (Abb. 127.)

Eine ähnliche Form wie die erwähnten beiden Berliner Hallen zeigt die Halle des Bahnhofes Frankfurt a. M. (Nr. 7

Zusammenstellung 16. Hochgewölbte Bogendächer. (Binder in Fußbodenhöhe gelagert.)

Nr.		Jahr der Erbauung	Hallen		Länge	Entwurf—Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite			
1	London, St. Pancras-Bahnhof	1866—68	1	73,15	210,3	Barlow u. Ordish	Butterley-Comp.
2	Glasgow, St. Enoch-Bahnhof	1875—76		60,35	159,0	Blair u. Ordish	Britannia Ironwork Derby
3	Manchester, Hauptbahnhof	1877—78		64,01	160,0	Moorsom	Handyside & Comp. Derby
4	Berlin, Bahnhof Friedrichstraße	1879—81	1	34—37,2	144,7		
5	Berlin, Bahnhof Alexanderplatz	1879—81	1	37,1	164,1		
6	Berlin, Schles. Bahnhof (Neuere Halle)	1878—82	1	54,35	207		
7	Frankfurt a. M., Hauptbahnhof	1886—87	3	56,0	186,4	Schwedler, Franz	
8	Bremen, Hauptbahnhof	1888—89	1	59,3	131,0	Eisenbahndir. Hannover (Schwering)	Union in Dortmund
9	Dresden, Hauptbahnhof	1892	1	30,75	240,5	Generaldirektion der sächs. Staatsbahnen	Klönne in Dortmund
			1	59,0	174,0		
			1	32,0	240,5		
10	Cöln Hauptbahnhof,	1892—93	1	63,9	254,0	Grüttefien	Union in Dortmund
11	Chicago, Industrie-Halle der Weltausstellg. 1893	1892	1	112,16	390,56	Shankland	Brückenbaugesellsch. Edge Moor
12	Hamburg, Bahnhof Dammtor	1902—04	1				

Abbildungen im Atlas: Nr. 1: 127. Nr. 4: 126. Nr. 6: 130. Nr. 7: 124. Nr. 8: 152. Nr. 9: 131.

Literatur: Zu Nr. 1, 2 und 3: Mertens, Eisenerne Dächer und Hallen in England. Berlin 1899. (S. 9, 13 und 12).

Zu Nr. 4: Z. f. B. 1885, S. 493.

Zu Nr. 5: Z. f. B. 1885, S. 482.

Zu Nr. 6: Z. f. B. 1885, S. 319.

Zu Nr. 7: Z. d. B. 1881, S. 135. Z. f. B. 1891, S. 326. Z. d. Ver. d. Ing. 1881 (sehr bemerkenswert sind die auf Tafel 38—43 dargestellten Wettbewerbs-Entwürfe).

Zu Nr. 8: Z. d. Arch. u. Ing.-Ver. z. Hannover 1892, S. 254, 379, 431, 522.

Zu Nr. 10: Z. d. B. 1892, S. 343 und 355.

Zu Nr. 11: A. B. 1893, S. 28. Z. d. B. 1893, S. 189 und 205.

Zu Nr. 5, 7, 9, 10: Förster, die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten (Leipzig 1909). 4. Auflage, S. 512—520. Ausführliche Beschreibung und Darstellung auch der Konstruktions-Einzelheiten. Dasselbst S. 508—512 und 520—526 sind noch einige andere Hallen beschrieben (Aachen, Breslau, München-Gladbach, Ostende, Gent, sowie Hamburg-Hauptbahnhof, vergl. Zusammenstellung 17, Nr. 10).

der Zusammenstellung 16, Abb. 124). Nur ist hier die Höhe im Vergleich zur Stützweite geringer.

Eine der flachsten Hallen dieser Bauart ist die des Hauptbahnhofes in Cöln (Nr. 10 der Zusammenstellung 16). Eine derartige niedrige Anordnung wurde hier gewählt, weil das Bauwerk in unmittelbarer Nähe des Domes liegt und weil man befürchtete, daß eine hochragende und zugleich lang gestreckte Halle das Stadtbild und namentlich die künstlerische Wirkung des Domes beeinträchtigen könne. Um dieses zu vermeiden, wurde der Halle eine verhältnismäßig geringe Höhe gegeben (vergl. Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 396). Man darf wohl behaupten, daß diese Erwägungen durch die Ausführung bestätigt sind. Auch diese Halle hat (wie Nr. 4 und 5, sowie auch 7 der Zusammenstellung 16) die Form eines stumpfen Spitzbogens.

Bei zwei anderen, ungefähr gleichzeitig erbauten Hallen dieser Bauart (Bremen und Dresden, Nr. 8 und 9 der Zusammenstellung 16, Abb. 152 u. 131) wurde die Spitzbogenform beinahe ganz verlassen; es zeigen sich nur noch ganz schwache Anklänge an diese. Im ganzen nähert sich die Binderform dem Halbkreis. In Bremen sind die Binder Zweigelenkbogen, in Dresden (Altstadt) dagegen sind sie teils als einfache Dreigelenkbogen, teils als ein über 4 Stützen durchlaufendes Bogensystem ausgebildet, das durch Einlegen von Gelenken statisch bestimmt gemacht ist. Auch bei diesen Hallen spitzen sich die Binderfüße nach den Kämpfergelenken erheblich zu.

Im großen und ganzen sind die unter Nr. 4—10 der Zusammenstellung 16 aufgeführten Hallen ziemlich gleichartig ausgebildet. Die Wandgliederung der Binder zeigt das Ständerfachwerk mit gekreuzten Diagonalen, die Ständer liegen hierbei stets rechtwinklig zur Gurtung. Bei diesen Hallen sind ferner die Binder stets paarweise angeordnet und zu einem räumlichen System miteinander vereinigt. Die Abstände je zweier zusammengehöriger Binder betragen hierbei gewöhnlich 1 bis höchstens 2 m. Gemeinsam ist diesen Hallen die Art der Eindeckung. Der obere Teil der Halle (etwa ein Siebentel bis ein Drittel der ganzen Bogenlänge) ist durch Oberlichter gedeckt, die im Längenschnitt sägenförmig verlaufen und je etwa 1 m hoch sind. Der weiter unten liegende Teil ist mit Wellblech gedeckt.

Von besonderer Wichtigkeit ist ferner der räumliche Abschluß der Halle in ihrem untersten Teile. Die meisten der angeführten Hallen sind hier durch eine mehr oder weniger monumental ausgebildete Wand aus Mauerwerk lotrecht abgeschlossen (Nr. 4, 7, 8, 9). Diese Wand wird durch regelmäßig angeordnete Fenster durchbrochen. Die Binder sind entweder einfach neben die Mauer gestellt, ohne daß diese vor- oder zurückspringt (Dresden); oder sie greifen teilweise in Nischen des Mauerwerks ein (Friedrichstraße, Berlin); oder aber es ist jedem Binder entsprechend ein Pfeilervorsprung der Wand angeordnet (Frankfurt a. M., Bremen). Die letztere Anordnung erscheint in ästhetischer Hinsicht als die gün-

Zusammenstellung 17. Hallen mit Bogendächern, die zwischen den Formen der Zusammenstellung 15 und 16 vermitteln.

Nr.	Stadt	Jahr der Erbauung	Hallen		Länge	Entwurf — Verfasser	Ausführendes Werk
			Zahl	Stützweite			
1	London, Kings-Croß-Bahnhof	1851—53				Lewis Cubitt	
2	London, Paddington-Bahnhof	1858	1	21,4			
			1	31,3		Brunel u. Wyatt	Fox, Henderson & Co. (Birmingham)
			1	20,9			York
3	Paris, Weltausstellung 1855	1853—55	2	24,0	254,0	Viel, Barrault und Bridel	
			1	48,0	192,0		
4	Berlin, Bahnhof der Ostbahn	1866—67					
5	London, Olympia-Halle, Kensington	1885—86	1	51,8	114,0	Am Ende, Walms- ley, Mertens	Handyside & Co., Derby
			2	12,2	134,1		
6	Paris, Weltausstellg. 1889, Maschinenhalle	1887—88	1	110,6	423,0	Dutert	Société anonyme des anciens établisse- ments Cail & Co. de Fives-Lille
			2	18,0			Eilers, Hannover
7	Hannover, Markthalle	1891	1	34,06	81,0	Müller-Breslau und Rowald	
			2				
8	Kiel, Hauptbahnhof	1897	2	18,0	160,0	Eisenbahndirektion Altona	Klönne in Dortmund
9	Paris, Weltausstellung 1900, Maschinenhalle	1899		30,0			
10	Hamburg, Hauptbahnhof	1902—04	1	73,0	173,0	Eisenbahndirektion Altona	Flender in Benrath
			1	20,5			
			1	26,5			
11	Straßburg, Bahnhof Straßburg-Neudorf	1905	1	10,0	153,0	Generaldirekt. der Ei- senb. Elsaß-Lothr.	Wolf, Netter und Jacobi, Straßburg
12	Colmar, Bahnhof	1906	4	10,0	179,6		Werk Gustavsburg (M. A. N.)
13	Metz, Hauptbahnhof	1908	1	32,6	204,0	Werk Gustavsburg	
			1	40,0	164,5		
			1	32,6	164,5		
14	Lübeck, Hauptbahnhof	1906	1	23,0	127,0	Direktion der Lü- beck-Büchener Ei- senbahn-Gesellsch.	Breest & Co, Berlin N.
			1	4,5			
			2	19,5			
			1	21,0			

Abbildungen im Atlas: Nr. 5: 158. Nr. 6: 159 u. 160. Nr. 7: 153. Nr. 9: 157. Nr. 10: 137. Nr. 13: 140—142. Nr. 14: 144.

Literatur: Zu Nr. 1: Z. f. B. 1859, S. 309.

Zu Nr. 2: Z. f. B. 1859, S. 307.

Zu Nr. 3: A. B. 1856, S. 111—117.

Nr. 4: Z. f. B. 1870.

Zu Nr. 5: Mertens, eiserne Dächer und Hallen in England, S. 15.

Zu Nr. 6: Z. d. V. d. Ing. 1889, S. 623.

Zu Nr. 7: Z. d. Arch.- u. Ing.-Ver. z. Hannover 1894, S. 111 u. f.

Zu Nr. 9: D. B. 1900.

Zu Nr. 110: Förster, die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten. 4. Aufl. 1909, S. 520—525.

stigste. In den meisten Fällen verläuft die äußere Binder-
gurtung in ihrem untersten Teile lotrecht, so daß der Binder
mit seiner Außenseite sich der Abschlußwand anschmiegt.
Häufig haben die Binder auf ihren oberen Gurtungen Auf-
sattelungen erhalten, wodurch der erwähnte lotrechte Teil
ihres äußeren Abschlusses noch etwas erhöht wird. Am
größten sind diese Aufsattelungen bei der Halle in Cöln.

Etwas abweichend von diesen Anordnungen ist die Halle
des Bahnhofes Alexanderplatz (Berlin) in ihrem unteren
Teile ausgebildet. Hier verläuft die äußere Gurtung des
Binders beinahe bis zum Kämpfergelenk in stetiger Krüm-
mung, indem sie sich ganz allmählich der inneren Gurtung
nähert. Die Wellblechdecke folgt der äußeren Bogengurtung
bis zu dem gemauerten Sockel (etwa 2 m über Schienen-
unterkante). In die so gebildete tonnenförmige Wand ist nun
zwischen je zwei Bindern ein großes Fenster, oben halbkreis-
förmig begrenzt, stichkappenartig aus Blech vorgebaut.

Eine diesen Hallen ähnliche Binderform zeigt die
Industriehalle der Weltausstellung Chicago (Zusammen-
stellung 16, Nr. 11), die größte Halle der Erde. Auch hier
ist die äußere Gurtung in ihrem unteren Teile lotrecht an-
geordnet.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

In verhältnismäßig kleinen Abmessungen sind der-
artige Hallen auch späterhin noch häufig ausgeführt worden.

Als typisch für die in Zusammenstellung 16 aufgeführten
und ähnliche Hallen ist also eine Anordnung zu bezeichnen,
bei der die Binder unmittelbar über dem Fußboden (den Bahn-
steigen) gelagert sind und wobei die innere Gurtung vom
Stützpunkte bis zum Scheitel in stetiger Krümmung ver-
läuft. Hierbei können natürlich an verschiedenen Stellen
der Gurtung verschiedene Krümmungshalbmesser vorhanden
sein, es ist aber wichtig, daß die Richtung sich überall stetig
ändert.

Außer den beiden zuletzt erwähnten Gruppen von
Hallengibt es nun noch zahlreiche Bauwerke, die als Mittel-
glieder anzusehen sind (vergl. unter d, Seite 22). Beispiele
hierfür sind in der Zusammenstellung 17 (s. oben) auf-
geführt.

Bei den älteren dieser Hallen (Nr. 1—5) ist zwar ein
grundsätzlicher Unterschied vorhanden zwischen dem in
Bogenform angeordneten Binder einerseits und seinen geraden,
lotrechten Stützen andererseits; beide Teile stehen jedoch
insofern miteinander in Beziehung, als der Bogen (wenig-
stens die innere Gurtung) am unteren Ende lotrecht ver-

läuft und sich somit an die lotrechte Richtung der Stütze anschmiegt.

Bei der Halle des Kings-Croß-Bahnhofes (Nr. 1 der Zusammenstellung) bestehen die Binder aus Holz, die Eindeckung jedoch aus Wellblech. Dieses Beispiel ist insofern interessant, als es den Übergang von den hölzernen zu den eisernen Hallen kennzeichnet. Die Binder sind auf Konsolen gelagert, die aus den steinernen Umfassungs- oder Zwischenwänden vorspringen. Eine ähnliche Anordnung zeigen manche ältere Hallen mit Bindern aus Schweiß-eisen, beispielsweise die Halle der Königlichen Ostbahn in Berlin (Nr. 4 der Zusammenstellung 17). Auch hier sind die Binder auf Konsolen gelagert; die innere Gurtung verläuft zuletzt nahezu lotrecht und geht erst allmählich in den flacheren Teil über. Bemerkenswert ist die auch im übrigen sehr gelungene Binderform. Zu bedauern ist nur, daß das an die Stirn der Halle anschließende Empfangsgebäude in keinerlei organische Beziehung zu der Hallenform gesetzt worden ist.

Bei anderen Hallen stützen sich die Binder auf gußeiserne Säulen, und es ist wiederum der Bogen oder wenigstens die innere Gurtung am unteren Ende lotrecht angeordnet (Nr. 2, 3, 5 der Zusammenstellung 17). — Die Olympia-Halle in London-Kensington (Nr. 5) ist bemerkenswert wegen der glücklichen Wahl der Gesamtanordnung wie auch der geschickten Ausbildung der Einzelheiten. (Abb. 158.) Nach Mertens (vergl. die angegebene Quelle) „fällt besonders die große Leichtigkeit der Konstruktion auf, die hauptsächlich dadurch erzielt ist, daß man alle vollwandigen Teile soviel wie irgend möglich vermied und durch Gitterwerk ersetzte, ferner der Rechnung der mehrfach statisch unbestimmten Struktur große Sorgfalt zuwandte und alle Stärken dem Ergebnisse derselben scharf anpaßte.“ Ein derartiges Verfahren war wohl am Platze, da es sich um einen geschlossenen, nur zu Ausstellungs- oder Vergnügungszwecken bestimmten Raum handelte. Bei einer Bahnhofshalle, die der Witterung und vor allem dem Lokomotivrauch ausgesetzt ist, dürfte es sich empfehlen, einfachere und nicht zu knapp bemessene Konstruktionsteile zu wählen.

Zu den neueren Hallen dieser Gruppe gehören die unter Nr. 6, 7, 9, 10, 13, 14 der Zusammenstellung 17 aufgeführten Bauwerke. Bei diesen ist der untere Teil der Binder zunächst ungefähr lotrecht gerichtet, wendet sich dann in einer ziemlich scharfen Krümmung in eine flach geneigte Lage und verläuft dann in dieser Richtung entweder vollkommen geradlinig oder schwach gekrümmt. Als das Kennzeichen dieses Typus kann man also die Satteldachform (oder wenigstens eine Annäherung an diese) und die bogenförmige Überleitung aus der lotrechten Richtung des unteren Teiles in die obere flachgeneigte bezeichnen.

Zum ersten Male ist diese Form bei der Maschinenhalle der Pariser Weltausstellung 1889 aufgetreten. (Abb. 159 u. 160.) Dieses Bauwerk übertraf an Länge und Stützweite alle bis dahin erbauten älteren Hallen und wird nur noch durch die oben erwähnte große Halle der Weltausstellung in Chicago 1893 übertroffen.

Da bei dem Übergang vom lotrechten zu dem schrägen Teil des Binders ein ziemlich großer Krümmungshalbmesser gewählt wurde und da der Abstand der Gurtungen überall

nahezu derselbe ist, so sind auch bei der Pariser Halle Auf-sattelungen auf den Obergurten der Binder angeordnet, die den unteren Teil der schrägen Dachfläche tragen und zugleich den Anschluß der beiden Seitenschiffe vermitteln.

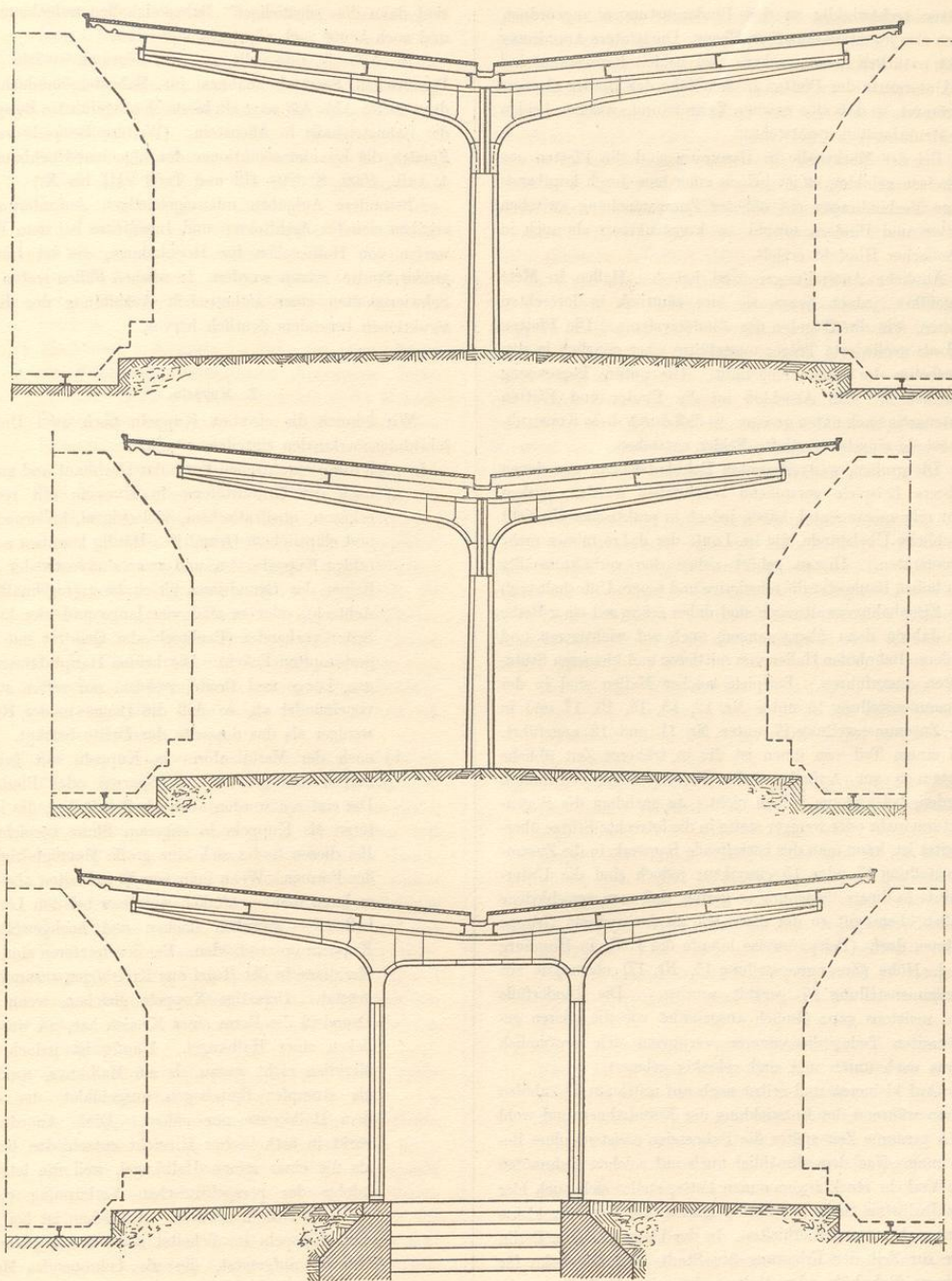
Denselben Grundgedanken, wie die Querschnittanordnung dieses gewaltigen Bauwerks zeigt die Binderform der großen Halle des neuen Hamburger Hauptbahnhofs (Zusammenstellung 17, Nr. 10, Abb. 137). Hier ist jedoch der untere geradlinige, ungefähr lotrechte Teil der Binder weit höher als bei der Pariser Halle; er nimmt sogar mehr als die Hälfte der ganzen Binderhöhe ein. Da die Binderfüße verhältnismäßig sehr hoch ausgebildet sind, waren Auf-sattelungen, wie bei den meisten älteren Hallen, hier nicht erforderlich.

Ähnlich den beiden zuletzt angeführten großen Bauwerken ist die Querschnittsanordnung der Markthalle in Hannover (Nr. 7 der Zusammenstellung 17, Abb. 153).

Die Hallen des neuen Personenbahnhofs in Metz (Nr. 13 der Zusammenstellung 17, Abb. 140—142) haben gleichfalls ziemlich hohe lotrechte Binderfüße. Die innere Gurtung ist bei dem Übergang aus dem lotrechten Teile stärker, im oberen Teile etwas schwächer gekrümmt. Die äußere Gurtung ist im oberen Teile ziemlich flach angelegt und schwach gekrümmt; in der Nähe des Scheitels geht sie in die Form eines Satteldaches über. Die Binderhöhe ist im oberen Teile etwa doppelt so groß als im unteren. Die Wandgliederung ist als Ständerfachwerk mit einfachen Diagonalen ausgebildet; jeder Binder ist einteilig angeordnet.

Besondere Beachtung verdient bei dieser Halle die Art der Dachdeckung und die Anordnung der Oberlichter. Bei den bis jetzt erwähnten älteren Bahnhofshallen (und selbst noch bei der Hamburger) besteht die Eindeckung fast regelmäßig aus Wellblech, soweit nicht die Dachfläche durch Oberlichter eingenommen wird. Bei den neuen Hallen in Metz ist die Dachhaut aus Bimsbeton mit Eiseneinlagen gebildet. Diese Art der Dachdeckung scheint sich bei derartigen Hallen in neuerer Zeit mehr und mehr einzubürgern; sie hat den Vorzug größerer Haltbarkeit gegenüber den Einwirkungen der Lokomotivgase und wirkt auch in ästhetischer Beziehung erheblich besser als Wellblech. Bei den Metzger Hallen ist zwischen je zwei Bindern nur ein einziges, etwas größeres Oberlicht im mittleren Teile jedes Feldes angeordnet. Auch hier läuft der First des Oberlichtes rechtwinklig zum Hallenfirst; es ist jedoch zu beiden Seiten jedes Binders ein ziemlich breiter, mit Bimsbeton gedeckter Streifen der Dachhaut frei geblieben, der nicht von den Oberlichtern eingenommen wird.

Auch die Ausbildung der Pfetten weicht bei den erwähnten neueren Hallen nicht unerheblich von den älteren Konstruktionsarten ab. Bei der Halle der Pariser Weltausstellung und bei der des Hamburger Hauptbahnhofs sind die Pfetten als gegliederte Träger mit Ständerfachwerk und einfachen Streben ausgebildet. Bei dem ersteren Bauwerk liegen sämtliche Pfetten in lotrechten Ebenen, die Pfosten der Binder sind dagegen rechtwinklig zu der Gurtung, also schräg angeordnet. Diese Verschiedenheit in der Richtung solcher Glieder, die in naher räumlicher Beziehung zu einander stehen, wirkt ungünstig. Bei der Hamburger Halle sind dagegen sowohl die Pfosten der Binder als auch die



3. Normale für Bahnsteigüberdachung der Preussischen Staatsbahn 1902.
Maasstab 1 : 75.

4*

Pfetten rechtwinklig zu den Bindergurtungen angeordnet, liegen also jeweils in derselben Ebene. Die letztere Anordnung wirkt natürlich harmonischer. Bei beiden Bauwerken sind die Untergurte der Pfetten in der Nähe der Binder abwärts gekrümmt, so daß eine gewisse Vermittlung zwischen beiden Konstruktionsteilen entsteht.

Bei der Markthalle in Hannover sind die Pfetten aus Walzeisen gebildet, es ist jedoch auch hier durch kopfbandartige Verbindungen ein näherer Zusammenhang zwischen Pfetten und Bindern sowohl in konstruktiver als auch in ästhetischer Hinsicht erzielt.

Ähnliche Aussteifungen sind bei den Hallen in Metz ausgeführt, jedoch liegen sie hier sämtlich in lotrechten Ebenen, wie die Ständer des Bindersystems. Die Pfetten sind als gegliederte Träger ausgeführt, aber gänzlich in den Bimsbeton der Decke eingehüllt. Die untere Begrenzung derselben ist zum Abschluß an die Binder und Pfetten voutenartig nach unten gezogen, so daß durch diese Konstruktionsteile einzelne vertiefte Felder entstehen.

Die großen, weitgespannten Bahnhofshallen, von denen mehrere Beispiele vorstehend beschrieben wurden, wirken zwar sehr monumental, haben jedoch in praktischer Hinsicht erhebliche Übelstände, die im Laufe der Jahre immer mehr hervortraten. Hierzu gehört neben den verhältnismäßig sehr hohen Baukosten die schwierige und teure Unterhaltung¹⁾. Die Eisenbahnverwaltungen sind daher schon seit einer Reihe von Jahren dazu übergegangen, auch auf wichtigeren und größeren Bahnhöfen Hallen von mittleren und kleineren Stützweiten auszuführen. Beispiele solcher Hallen sind in der Zusammenstellung 15 unter Nr. 12, 13, 15, 16, 17 und in der Zusammenstellung 17 unter Nr. 11 und 12 angeführt. Bei einem Teil von ihnen ist die in früherer Zeit übliche Zugstange zur Aufnahme des Bogenschubes beibehalten worden, bei anderen jedoch nicht. Je nachdem die Bogenfurtung mehr oder weniger stetig in die lotrechte Stütze überleitet ist, kann man das betreffende Bauwerk in die Zusammenstellung 17 oder 15 einreihen; jedoch sind die Unterschiede in dieser Beziehung so gering, daß man verschiedene Hallen ebensogut zu der einen wie zu der anderen Gruppe rechnen darf. (Beispielsweise könnte die Halle in Homburg v. d. Höhe (Zusammenstellung 15, Nr. 17) ebensogut zur Zusammenstellung 17 gezählt werden. Die Binderfüße sind meistens ganz ähnlich ausgebildet wie die oberen gekrümmten Teile; die ersteren verjüngen sich gewöhnlich etwas nach unten und sind gelenkig gelagert.

Auf kleineren und selbst noch auf mittleren Bahnhöfen waren während der Entwicklung der Eisenbahnen und wohl noch geraume Zeit später die Bahnsteige meistens ohne Bedachung. Nachdem allmählich auch auf solchen Bahnhöfen der Verkehr stark zugenommen hatte, stellte sich auch hier das Bedürfnis nach Bedachung heraus, die aber nur kleine Breitenabmessungen erhielten. In der Umgegend von Berlin war zur Zeit der Erbauung der Stadt- und Ringbahn für kleinere Bahnhöfe oder Haltepunkte eine Hallenkonstruktion sehr beliebt, die aus gußeisernen Säulen in Verbindung mit einem einfachen hölzernen Tragwerk bestand. Später

sind dann die „einstieligen“ Bahnsteighallen aufgekommen und auch heute noch allgemein verbreitet.

In Abb. 3 sind die neueren Normalentwürfe der Preussischen Staatseisenbahnen für Bahnsteigüberdachung dargestellt; Abb. 138 zeigt ein hiernach ausgeführtes Beispiel, die Bahnsteighalle in Allenstein. (Weitere Beispiele vergl. Förster, die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten, 4. Aufl., 1909, S. 389—412 und Tafel VIII bis X.)

Besondere Aufgaben mit eigenartigen Anforderungen ergaben sich für Architekten und Ingenieure bei dem Entwerfen von Haltestellen für Hochbahnen, die im Innern großer Städte erbaut wurden. In solchen Fällen traten die Schwierigkeiten einer ästhetischen Ausbildung der Konstruktionen besonders deutlich hervor.

2. Kuppeln.

Wir können die eisernen Kuppeln nach zwei Unterscheidungsmerkmalen einteilen, nämlich:

I. nach der geometrischen Form der Dachhaut und zwar:

- a) nach der Grundrißform in Kuppeln mit rechteckigem, quadratischem, vieleckigem, kreisrundem und elliptischem Grundriß. Häufig kommen achteckige Kuppeln vor, und zwar sind entweder alle Seiten des Grundrisses gleich lang (regelmäßiges Achteck), oder es sind vier lange und vier kurze Seiten vorhanden (Rechteck oder Quadrat mit abgestumpften Ecken). Die beiden Hauptabmessungen, Länge und Breite, weichen nur selten stark voneinander ab, so daß die Länge in der Regel weniger als das doppelte der Breite beträgt.
- b) nach der Meridianform in Kuppeln mit geradlinigen und gekrümmten Sparren oder Bindern. Die ersteren werden auch als Zeltdächer, die letzteren als Kuppeln in engerem Sinne bezeichnet. Bei diesen findet sich eine große Mannigfaltigkeit der Formen. Wenn man von Einzelheiten absieht, so kann man — ähnlich wie oben bei den Längshallen — zwischen flachen und hochgewölbten Kuppeln unterscheiden. Bei den letzteren sind die Meridiane in der Regel aus Kreisbögen zusammengesetzt. Derartige Kuppeln gleichen, wenn der Grundriß die Form eines Kreises hat, im wesentlichen einer Halbkugel. Häufig ist jedoch der Meridian nicht genau als ein Halbkreis, sondern als stumpfer Spitzbogen ausgebildet, der sich dem Halbkreise nur nähert. Diese Anordnung wirkt in ästhetischer Hinsicht entschieden besser als die einer reinen Halbkugel, weil die letztere infolge der perspektivischen Verkürzung etwas gedrückt aussehen würde. Außerdem ist bei fast allen Kuppeln im Scheitel noch eine sogenannte Laterne aufgesetzt, die als bekrönendes Motiv von besonderer Wichtigkeit ist.

Kuppeln, die in ihrer Gesamtform sich einer Halbkugel nähern (abgesehen von der Laterne) sind namentlich bei Kirchen häufig ausgeführt worden. Als Beispiele seien erwähnt die Nikolai-kirche in Potsdam und der neue Dom in Berlin;

¹⁾ Vergl. Z. d. B. 1899, S. 460 und 1906, S. 249.

ferner die Jung St. Peter-Kirche in Straßburg i. E. und die Kirche in St. Blasien.

II. Außerdem lassen sich die Kuppeln nach ihrer Konstruktion, die indessen zum Teil nicht unabhängig von der geometrischen Gesamtform ist, in folgenden Gruppen einteilen:

- a) Zentrale Anordnung mehrerer Balkenbinder, wobei ihre Auflager auf der Umfassungswand liegen, während die Gurtungen sich in der Mitte entweder in je einem Punkte oder an einem kreisförmigen oder polygonalen Ringe vereinigen.
- b) Zentrale Anordnung mehrerer gleichartig ausgebildeter Bogenbinder in derselben Weise wie unter a.
- c) Flechtwerk - Kuppeln. Bei der von Föppl als Flechtwerk bezeichneten Anordnung liegen sämtliche Stäbe und Knotenpunkte in der Mantelfläche. Der Innenraum bleibt somit frei von allen Konstruktionsgliedern.

Die von Schwedler eingeführte und nach ihm benannte Bauart ist ein besonderer Fall des Flechtwerks. Bei dieser wird die Konstruktion durch Meridiane und Parallelkreise gebildet, zwischen denen in den einzelnen trapezförmigen Feldern Diagonalverstrebrungen eingelegt sind. Es fallen somit je zwei Dreiecke in eine Mantelfläche.

Bei den Föppl'schen Netzwerkkuppeln fehlen die Meridiansparren und die Fläche zwischen zwei Parallelkreisen wird durch einen einteiligen Strebenzug ausgefüllt. Hier liegt also jeweils nur ein Dreieck in einer Ebene.

- d) Bei rechteckigem oder quadratischem Grundriß wurde die unter b) erwähnte Anordnung häufig so abgeändert, daß die (in der Regel als Bogenbinder ausgebildeten) Gratsparren in Verbindung mit einem Fußring und einem Scheitelring die Hauptteile der Konstruktion bilden, während andere Teile, wie Schiffsparren und weitere Parallelringe die Aufgabe haben, sämtliche Lasten auf die Knotenpunkte der Hauptkonstruktion zu übertragen. Häufig findet sich diese Anordnung bei einem rechteckigen Grundriß mit abgestumpften Ecken. Die Gratsparren sind dann paarweise angeordnet.
- e) Zimmermannsche Kuppeln. Diese Bauart wurde von Zimmermann erfunden und zuerst bei der Kuppel des Reichstagsgebäudes in Berlin angewandt. Das räumliche Fachwerk dieser Kuppeln hat zwei in wagerechten Ebenen liegende Ringe, einen unteren achtseitigen und einen oberen rechteckigen. Die schrägen Stäbe, welche die Ecken des unteren und des oberen Ringes miteinander verbinden, bilden abwechselnd ein Dreieck und ein Trapez, und in dieser Anordnung beruht wohl der Grundgedanke der Zimmermannschen Kuppel.

In der geschichtlichen Entwicklung sind diese Bauarten im wesentlichen in der durch die Buchstaben angedeuteten Reihenfolge aufgetreten; jedoch wurden Kuppeln von der

unter b) erwähnten Bauart neuerdings sogar noch häufiger ausgeführt als in den Anfängen der Entwicklung.

Schwedlersche Kuppeln wurden hauptsächlich über kreisrundem oder regelmäßig-vieleckigem Grundriß für Lokomotivschuppen, Gasbehälter und ähnliche Nutzbauten ausgeführt (vergl. Zeitschr. f. Bauw. 1866, S. 7 u. f.). Die meisten dieser Kuppeln haben eine flache Wölbung; der Meridian ist gewöhnlich nach einer kubischen Parabel geformt. Eine Ausnahme macht z. B. die gleichfalls von Schwedler entworfene und 1863 erbaute Kuppel der Synagoge in Berlin (Zeitschr. f. Bauw. 1866). (Abb. 212.)

Im Gegensatz zu den in früheren Abschnitten behandelten Bauwerken, wie Brücken und Bahnhofshallen, hat bei den Kuppeln für die ästhetische Betrachtung die Bauart in den meisten Fällen keine Bedeutung, weil die Konstruktion von außen durch die Dachhaut und von innen durch eine darunter angebrachte Decke den Blicken des Beschauers in der Regel vollständig entzogen wird. In anderen Fällen ist zwar die Konstruktion von innen sichtbar, kommt aber wegen der Bestimmung des Bauwerkes für die Öffentlichkeit nicht in Betracht.

Verhältnismäßig selten sind diejenigen Kuppeln, bei denen die wichtigsten Teile der Konstruktion von innen sichtbar sind und zugleich auf die künstlerische Wirkung des für die Öffentlichkeit bestimmten Raumes einen wesentlichen Einfluß ausüben. Es sind dies hauptsächlich folgende Bauwerke, die sämtlich zu der oben unter II b) erwähnten Bauart gehören.

1. Der große Wintergarten im Königl. Garten zu Laeken bei Brüssel. Erbaut 1878 von Balat (vergl. Handb. d. Arch. IV, 6, 4. [1906] S. 524 und Meyer, Eisenbauten, S. 132).
2. Das Hauptgebäude der Ausstellung in Lyon 1894. Das ganze Bauwerk ist im Grundriß kreisförmig angeordnet. Der mittlere Teil wird durch eine Kuppel von 110 m Durchmesser und 55 m Höhe überspannt. Die 16 Hauptbinder sind gegliederte Bogenträger, sie haben die Form eines stumpfen Spitzbogens, ähnlich den Bindern von großen Bahnhofshallen. Um diesen mittleren Teil schließen sich zwei ringförmige äußere Hallen, die durch ein riesiges flaches Kegeldach überspannt sind (C. d. B. 1893, S. 525—527).
3. Die Ausstellungs- und Festhalle in Frankfurt a. M. (Erbaut 1908, Abb. 163.) Die Binder sind hier nicht wie bei den meisten Hallendächern, von ähnlichen Abmessungen gegliedert, sondern vollwandig mit achteckigen Ausschnitten. In ihrem oberen Teile stützen sich die radial angeordneten Kuppelbinder gegen einen Druckring von ungefähr 12 m Durchmesser, über dem sich ein stärker gewölbtes Oberlicht erhebt. Außerdem sind noch drei weitere wagrechte Ringe von elliptischem Grundriß und ähnlicher Konstruktion wie die Binder vorhanden. Der Entwurf dieses hervorragenden Bauwerks ist von Prof. v. Thiersch in München gemeinsam mit der Maschinengesellschaft Augsburg-Nürnberg (Werk Gustavsburg) aufgestellt (C. d. B. 1909, S. 354 und 365).

Auf die Konstruktionsarten der Kuppeln soll hier nicht näher eingegangen werden, weil sie auf die ästhetische Wirkung nur selten Einfluß gehabt haben. Eine eingehende Beschreibung der verschiedenen Kuppel-Bauarten findet sich in dem oben erwähnten Werke von Förster „Die Eisenkonstruktionen der Ingenieurhochbauten“. Dasselbst sind auch Angaben über die geschichtliche Entwicklung der Kuppelbauten enthalten (4. Aufl. S. 586–589) sowie über die auf diesem Gebiete vorhandene Literatur (S. 613 bis 615).

3. Hallenkomplexe.

Schon in dem Abschnitt „Längshallen“ wurden verschiedene Beispiele erwähnt, bei denen das ganze Bauwerk aus mehreren einzelnen Hallen besteht. Der einfachste Fall einer zusammengesetzten Anlage zeigt die parallele Anordnung mehrerer Hallen, die gleiche oder ungefähr gleiche Breite haben. Beispiele hierfür sind die Bahnhofshallen in Straßburg, Halle a. d. Saale, Düsseldorf, Essen, Homburg v. d. Höhe (Zusammenstellung 15, Nr. 11, 12, 13, 15, 17) in Frankfurt a. M. (Zusammenstellung 16, Nr. 7) und in Metz (Zusammenstellung 17, Nr. 13).

In anderen Fällen sind drei Hallen nebeneinander angeordnet, von denen die mittlere etwas breiter und höher ist, als die beiden seitlichen, die unter sich ungefähr gleiche Abmessungen haben. Beispiele hierfür sind die Hallen der Paddington-Station in London (Zusammenstellung 17, Nr. 2) und der Bahnhöfe in Dresden (Zusammenstellung 16, Nr. 9) sowie in Crefeld (Zusammenstellung 15, Nr. 16). In solchen Fällen sind entweder die unteren Teile der Binder von zwei aneinandergrenzenden Hallen gemeinsam, oder sie liegen so dicht beieinander, daß sie als ein einziges Konstruktionsglied erscheinen.

Zuweilen ist auch die mittlere von drei zusammengehörigen Hallen erheblich größer und höher als die beiden seitlichen, so daß diese als untergeordnete Nebenteile der ganzen Anlage gegenüber der Haupthalle stark zurücktreten. Beispiele von derartigen Anordnungen sind: die Bahnhofshalle in Cöln (Zusammenstellung 16, Nr. 10), die Industriehalle der Weltausstellung Chicago 1893 (Zusammenstellung 16, Nr. 11), die Halle der Pariser Ausstellung 1855 und der Olympia in London sowie die Markthalle in Hannover (Zusammenstellung 17, Nr. 3, 5 und 7).

Da das Mittelschiff die Seitenschiffe hier erheblich überragt, so haben wir eine Anordnung, die, wenn auch vielfach in etwas rohen Formen, dem Grundgedanken der Basilika entspricht. In den meisten Fällen ist der über die Seitenschiffe hinausragende Teil des Mittelschiffes lotrecht angeordnet und verglast, um dem letzteren Licht zuzuführen.

Bei der Industriehalle in Chicago bestehen die beiden seitlichen Teile der ganzen Anlage wiederum aus drei kleineren zusammengehörigen Schiffen, von denen jeweils das mittlere an Höhe und Weite vorherrscht.

Eine eigenartigere Anordnung findet sich bei der Maschinenhalle der Weltausstellung in Paris 1889 und der Halle des Hamburger Hauptbahnhofes (Zusammenstellung 17, Nr. 6 und 10). Hier bestehen die Seitenteile der Anlage aus vielen kleinen Querhallen, die stichkappenartig an die lotrechte Wand des Hauptschiffes angegliedert sind.

Die Aufgabe, mehrere nebeneinander liegende Hallen zu einem größeren organischen Ganzen zu vereinigen, hat man in Amerika zuweilen dadurch gelöst, daß die obere Gurtung der für sämtliche Hallen gemeinsamen Binder als eine einzige flache und stetig verlaufende Kurve ausgebildet wurde. Eine der größten derartigen Anlagen ist die 1892 erbaute Halle des Bahnhofes in St. Louis. Sie besteht aus fünf einzelnen Schiffen von 27,63; 42,4; 43,1; 42,4 und 27,63 m Stützweite. Die Gesamtbreite beträgt somit 183,2 m; die Länge ist ungefähr ebenso groß. Die Binder der äußersten Hallen haben gerade Obergurte und nach Parabeln gekrümmte Untergurte; die drei mittleren Hallenbinder sind fischbauchartige Träger. Die Konstruktion dieser Hallen ist beeinflusst durch die Absicht, so niedrig als möglich zu bauen, um den architektonischen Eindruck des Empfangsgebäudes nicht zu beeinträchtigen. Allerdings ist diese Auffassung bezeichnend für den relativen Wert, den man der künstlerischen Wirkung der Halle und des „architektonischen“ Empfangsgebäudes beigemessen hat. (Allg. Bauzeitg. 1905, S. 52). —

Eine Anlage von ähnlicher Art ist die des Südbahnhofes in Boston (erbaut 1897). Hier liegen drei Hallen nebeneinander mit Stützweiten von 51,5; 69,5 und 51,5 m; die Länge beträgt 214 m ausschließlich einer Nebenhalle für Gütergleise.¹⁾

Die oben erwähnte basilikale Anordnung eines Hallenkomplexes findet sich verhältnismäßig selten bei Bahnhofshallen, dagegen sehr oft bei Gewächshäusern und Markthallen. Dieser Umstand findet wohl hauptsächlich in der Zweckbestimmung sowie in der Art des Verkehrs dieser verschiedenen Anlagen seine Erklärung. (Handbuch der Architektur, IV. Teil, 3. Halbband, 2. Heft 1891, S. 213. Dort finden sich weitere Angaben über Markthallen und Beschreibungen ausgeführter Beispiele.)

Eines der ältesten und großartigsten Bauwerke für Großmärkte sind die Zentralhallen in Paris.²⁾ Der gesamte Plan ist von Baltard und Callet aufgestellt. Ein Teil dieser Anlage wurde schon 1857 mit sechs Hallen dem Verkehr übergeben; bis 1878 waren 10 Hallen vollendet. Die Gesamtlänge beträgt 435, die Breite 125 m.

Eine ähnliche Bauart zeigen verschiedene französische Markthallen sowie auch die Zentralhalle in Brüssel. Diese wurde 1872–75 erbaut und besteht aus zwei Hauptteilen von je 85 m Länge und 32 m Breite sowie einer 10 m breiten überdeckten Mittelstraße. (Abb. 206)

Verhältnismäßig spät hat man in Deutschland mit dem Bau von Markthallen begonnen. Eine der ältesten deutschen Anlagen ist die Markthalle in Frankfurt a. M.³⁾ Sie wurde 1877–78 von Behnke erbaut. Die Eisenkonstruktion ist von Ingenieur B. Löhr, die architektonischen Einzelheiten sind von L. Ende entworfen. Die Länge der Halle beträgt 116,8 m, ihre Breite 34,0 m. (Abb. 192)

In Berlin entstanden die ersten Markthallen Ende der achtziger Jahre. Bemerkenswert ist von diesen die Halle auf dem Magdeburger Platz wegen ihrer gefälligen Anord-

¹⁾ D. Bauzeitg. 1897, S. 89 und Z. d. B. 1900, S. 53.)

²⁾ Allgem. Bauztg. 1859, S. 233–243, und Handb. d. Arch. a. a. O.).

³⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1880, S. 13).

nung des Querschnittes (Handb. d. Arch. IV, 3,2; 1891, S. 253).

Die 1891 erbaute Markthalle in Hannover wurde bereits unter dem Abschnitt „Längshallen“ erwähnt (Zusammenstellung 17, Nr. 7). Auch hier ist eine basilikale Anordnung vorhanden.

Von neueren Markthallen ist bemerkenswert die Hauptmarkthalle in Cöln (erbaut 1902–1904). Der Gesamt-Entwurf ist im Städtischen Hochbauamt unter Oberleitung des Stadtbaurates Heimann durch den Stadtbauspektor Schilling und die Architekten Müller und Teipel aufgestellt, der Entwurf der Eisenkonstruktion von Prof. Boost. Die Lieferung und Aufstellung erfolgte durch die Maschinen-A.-G. Cöln-Bayental.¹⁾

Ein basilikaler Aufbau findet sich ferner sehr häufig auch bei Gewächshäusern²⁾. Dieser Umstand ist leicht dadurch erklärlich, daß man oft Pflanzen von sehr verschiedener Höhe in demselben Gebäude unterzubringen hat. Namentlich Palmen verlangen einen hohen Mittelraum; es liegt dann nahe, diesem niedrigeren Räume für kleinere Pflanzen anzugliedern.

Mit Glas gedeckte Räume zur Unterbringung von Pflanzen sollen schon im Altertum und Mittelalter vereinzelt vorgekommen sein. Aber erst mit der Vervollkommenung der Technik und der Naturkunde während des siebzehnten Jahrhunderts erhielten die Gewächshäuser eine weitere Verbreitung und zwar zuerst in Frankreich, sodann in Belgien,

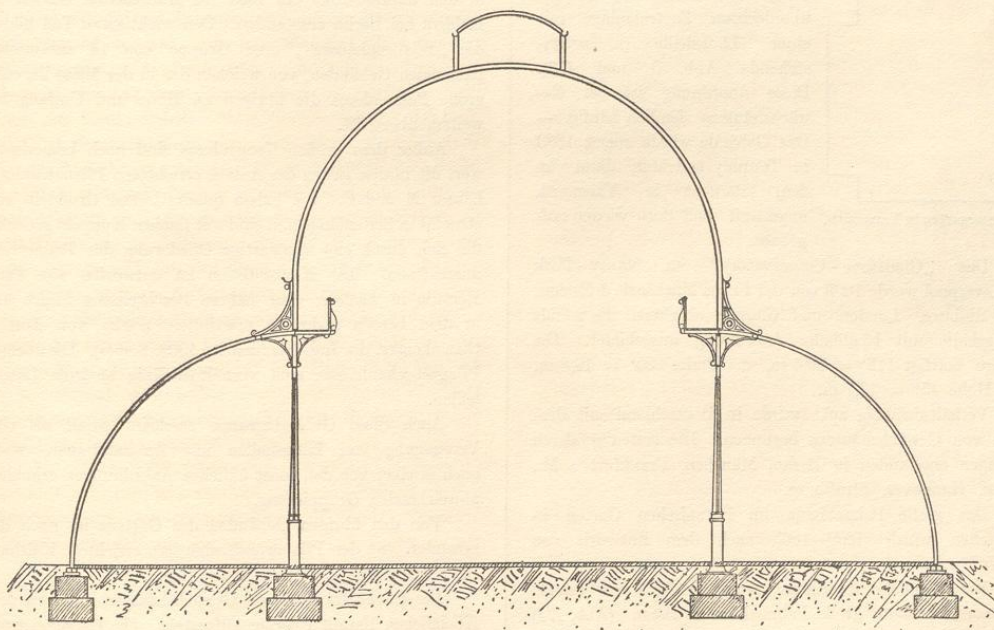
Holland und namentlich in England. Berühmt waren auch die im achtzehnten Jahrhundert in Schönbrunn bei Wien gebauten Gewächshäuser. Das Gerüst aller dieser Bauten bestand jedoch bis gegen die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts vorwiegend aus Holz. Ein bemerkenswertes Beispiel einer älteren derartigen Anlage bietet das 1837–1841 erbaute „Conservatory“ im Park des Herzogs von Devonshire zu Chatsworth.

Abgesehen von den eisernen Säulen bestand auch hier das Haupttragwerk aus Holz. Der Erbauer dieses Gewächshauses war Paxton, ein Gärtner, der später durch den Bau des Londoner Kristallpalastes berühmt geworden ist.¹⁾

Während des neunzehnten Jahrhunderts fanden die Gewächshäuser wohl die meiste Verbreitung in England. Dieser Umstand ist erklärlich durch den dort angesammelten Reichtum, die zahlreiche begüterte Aristokratie, die vielen Beziehungen zu den Kolonien und vor allem durch den raschen Aufschwung der Technik. Wenn auch das Eisen für die Konstruktion von Pflanzenhäusern einige Nachteile hat, so sind doch anderseits seine Vorteile so groß, daß es wenigstens für die Hauptkonstruktion größerer Gewächshäuser bald ausschließlich verwendet wurde.

Ein bemerkenswertes Beispiel einer älteren, vorwiegend aus Eisen und Glas erbauten Anlage ist das 1848 vollendete Palmenhaus im Königlichen Botanischen Garten in Kew bei London. (Siehe unten Abb. 4). Die Gesamtlänge beträgt ungefähr 110 m. Der Mittelbau hat eine Länge von 41 m, eine Breite von 30 m und eine Höhe von 20 m. Der Entwurf ist aufgestellt vom Architekten Burton; die Eisenkonstruktion wurde ausgeführt von den Hammersmith-

¹⁾ Meyer, Eisenbauten, S. 58.



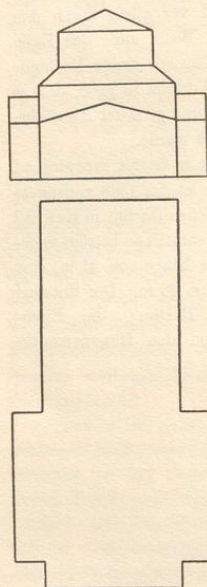
4. Palmenhaus im botanischen Garten in Kew bei London (Querschnitt).
Maasstab 1 : 190.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1906, S. 209.

²⁾ Literatur über Gewächshäuser vergl. Handb. d. Arch., IV. Teil, 6. Halbb., 4. Heft.

Werken in Dublin (Turner). Während dieses Palmenhaus durchweg gekrümmte Dachflächen hat, zeigt das gleichfalls in Kew-Gardens befindliche Kalthaus nur gerade Dachflächen.

Die ganze Anlage und der Aufbau dieser beiden Gewächshäuser in Kew hat vermutlich eingewirkt auf die Gestaltung des großen Palmenhauses in Schönbrunn bei Wien. (Abb. 169.) Auch hier ist die Anlage langgestreckt und besteht aus drei Teilen: einem großen Mittelbau und zwei seitlichen Flügeln. Die gekrümmte Form sämtlicher Dachflächen ist ähnlich wie bei dem Palmenhaus in Kew, jedoch ist die Gesamtwirkung unvergleichlich günstiger einerseits durch die reichere Gruppierung und sodann durch die jeweils zwischen den gekrümmten Dachflächen angeordneten lotrechten Wände. Weitere Beispiele von englischen Gewächshäusern sind die folgenden:



5. Wintergarten in Yarmouth.

Der Winterpalast in Dublin wurde 1864 bis 1865 erbaut. Der Entwurf ist von dem Architekten A. G. Jones in Dublin und den Ingenieuren Ordish und Le Feuvre in London aufgestellt. Das Eisenwerk ist ausgeführt von den Gebr. Benkin in Liverpool.¹⁾

Der Wintergarten in Southport wurde 1873 von den Architekten Maxwell und Tuke aus Manchester erbaut.

Der große Wintergarten in Yarmouth zeigt die Verbindung einer durch eine Kuppel überdeckten Zentralanlage mit einer Längshalle (s. nebenstehende Abb. 5 und 173). Diese Anordnung ist bei Gewächshäusern ziemlich häufig. — Das Gebäude wurde zuerst 1883 in Torquay errichtet, dann von dem Stadtrat in Yarmouth angekauft und dort wieder aufgebaut.

Das „Gladstone - Conservatory“ im Staney - Park zu Liverpool wurde 1899 von der Firma Mackenzie & Moncur in Edinburgh, London und Glasgow errichtet. Es ist als Längshalle mit basilikaler Anordnung ausgebildet. Die Länge beträgt $116' = 35,4$ m, die Breite $55' = 16,8$ m, die Höhe $45' = 13,7$ m.

Verhältnismäßig spät wurde in Deutschland mit dem Bau von Gewächshäusern begonnen. Die ersten größeren Anlagen entstanden in Berlin, München, Frankfurt a. M., Bonn, Hannover, Straßburg.

Das große Palmenhaus im Botanischen Garten in München wurde 1860—1865 nach dem Entwurfe von v. Voit erbaut.

Eine ähnliche Anordnung zeigt das 1875 von Baurat Neumann erbaute große Palmenhaus in Bonn. (Abb. 174)

¹⁾ Allg. Bauztg. 1866, S. 21—22.

Es ist 35 m lang, 17 m hoch und 11 m breit. Auch hier ist der Mittelbau durch eine Kuppel gekrönt, die aber erheblich höher über die Seitenhallen hinausragt, als bei dem Palmenhaus in München. Das Gebäude wurde aufgeführt von der Firma Schaubach & Krämer in Coblenz.

Das Palmenhaus im Königlichen Garten zu Herrenhausen bei Hannover (Abb. 177) wurde 1879—1880 von dem Hofbauinspektor Auhagen umgebaut. Die Länge beträgt 33,70 m, die Breite 29,25 m und die Höhe des mittleren Teiles 31 m.

Eine neuere große Anlage wurde 1905 im Städtischen Palmengarten in Frankfurt a. M. von der Firma Ph. Holzmann in Verbindung mit anderen Firmen ausgeführt. Die neuen Gewächshäuser dienen als Schauhäuser im Gegensatz zu den früher errichteten kleineren Kulturhäusern. Die ganze Anlage besteht aus einer großen, 61,4 m langen, 13 m breiten und 8 m hohen Mittelhalle, die in der Mitte durch eine Kuppel gekrönt ist, und eine Reihe von kleineren Schauhäusern, die in rechtem Winkel an die große Halle angegliedert sind.¹⁾ (Abb. 176).

Eine ähnliche, aber etwas kleinere Anlage wurde auf dem Nordfriedhofe der Stadt Cottbus von der Firma Mehlhorn in Schweinsburg a. d. Pleiße ausgeführt.

Neuerdings sind auch für Privatleute vielfach Gewächshäuser von kleinerem und selbst von mittlerem Umfang errichtet worden. Ein bemerkenswertes Beispiel ist der von derselben Firma für den Rittergutsbesitzer Puricelli in Rheinböllerhütte-Bingen erbaute Wintergarten. Das Gebäude besteht aus einem im Grundriß rechteckigen Mittelbau, an den sich beiderseits niedrigere Seitenhallen anschließen.

Wohl die bedeutendste neuere Gewächshausanlage ist in den Jahren 1899 bis 1909 im Königlichen Garten zu Dahlem bei Berlin entstanden. Den wichtigsten Teil bilden die „Pflanzenhäuser“, eine Gruppe von 14 zusammenhängenden Gebäuden, von welchen das in der Mitte liegende große Palmenhaus die übrigen an Höhe und Umfang bei weitem übertrifft.

Außer dem großen Tropenhaus sind noch bemerkenswert die in den Ecken der Anlage errichteten Pflanzenschauhäuser M und C. Sie haben quadratischen Grundriß von etwa 20 m Seitenlänge und sind mit flachen Kuppeln gedeckt, die sich durch eine eigenartige Gliederung des Tragwerkes auszeichnen. Die Konstruktion ist entworfen von Prof. Hertwig in Aachen; eine nähere Beschreibung findet sich in dem bereits mehrfach erwähnten Werke von Förster (Eisenkonstr. der Ing.-Hochbauten 1909, S. 605). Die übrigen Pflanzenschauhäuser sind verhältnismäßig niedrige Längshallen.

Auch diese Gebäudegruppe erscheint somit als eine Vereinigung von Längshallen mit Zentralräumen, wenn auch in einer von den sonst üblichen Anordnungen erheblich abweichenden Gruppierung.

Von den übrigen Gebäuden des Gartens ist noch das gesondert von den Pflanzenschauhäusern errichtete Kalthaus für subtropische Gewächse zu erwähnen.

Die Entwürfe zu diesen Gewächshäusern sind von dem Königlichen Baurat Koerner aufgestellt. Die Eisenkonstruk-

¹⁾ Z. d. Bauv. 1907, S. 283—287.

tion des großen Palmenhauses wurde von der Firma Belter & Schneevogl in Berlin ausgeführt, die kleineren Eisenkonstruktionen von den Firmen Wehner & Co. und Paul Kuppler in Britz-Berlin. Die ganze Anlage ist ausführlich beschrieben in der Zeitschr. f. Bauw. 1909 (Sonderabdr. bei Wilh. Ernst & Sohn).

Wie die angeführten Beispiele zeigen, sind größere Gewächshäuser in der Regel als Zusammenstellung mehrerer Längshallen angelegt. Sehr oft findet sich eine basilikale Anordnung von Längshallen mit parallelen Achsen. Ziemlich häufig ist auch die Vereinigung einer Längshalle mit einem Zentralraum, der durch eine Kuppel gekrönt ist. Verhältnismäßig am seltensten ist bei Gewächshäusern die Anordnung vollkommen zentral angeordneter Räume. Wohl das hervorragendste Beispiel hierfür ist der bereits im vorigen Abschnitt erwähnte große Wintergarten im Königlichen Garten zu Laeken bei Brüssel. Dieses Pflanzenhaus wurde 1878 im Auftrage des Königs von Belgien durch Balat erbaut und ist zur Abhaltung von Hoffestlichkeiten bestimmt.

In demselben Parke befindet sich auch eine nach Art der Gewächshäuser in Eisenkonstruktion erbaute Kirche, gleichfalls ein Zentralbau mit basilikaler Anordnung. An das äußere Schiff sind noch mehrere kleine Kapellen in reizvoller Weise angegliedert.

Eine in ihrem Grundgedanken ähnliche Anlage, aber bedeutend kleiner als der Wintergarten in Laeken ist das Palmenhaus im Sefton-Park zu Liverpool. Es wurde 1895 von der Gesellschaft Mackenzie & Moncur in Edinburgh errichtet.

Hallen-Komplexe, die aus mehreren Längshallen bestehen, finden sich auch häufig bei Ausstellungsbauten.

Das älteste und in seiner Art einzig dastehende Ausstellungsgebäude war der Kristall-Palast der Londoner Weltausstellung im Jahre 1851. (Abb. 155). Um einen Entwurf für das Ausstellungsgebäude zu erlangen, wurde 1850 ein internationaler Wettbewerb ausgeschrieben, bei dem 245 Entwürfe eingingen. Von diesen war aber keiner für die Ausführung geeignet. Da machte der (bereits oben erwähnte) Gärtner Paxton in Chatsworth den Vorschlag, das Gebäude nach Art der Gewächshäuser in Eisen, Glas und Wellblech zu errichten. Der Entwurf Paxtons wurde angenommen und von der Firma Fox, Henderson & Cie. in der kurzen Zeit von 6 Monaten ausgeführt.

Das Gebäude hatte insgesamt 124 m Breite und 563 m Länge mit einem Anbau von 285 m Länge und 15 m Breite. In der Mitte war ein Querschiff von 22 m Breite und 33 m Höhe angelegt. Der Aufbau des Ganzen war stufenartig angeordnet, indem die mittleren Teile die höchsten und die seitlichen die niedrigsten waren.

Im Jahre 1852 wurde das Ausstellungsgebäude, das zuerst im Hyde-Park errichtet war, abgebrochen und in Sydenham bei London in ähnlicher Anordnung wieder aufgebaut (Abb. 156).¹⁾

Am häufigsten finden sich bei Ausstellungsbauten Längshallen in Verbindung mit Zentralräumen, die durch

Kuppeln gekrönt sind. Als Beispiele dieser Anordnung seien erwähnt:

Das Hauptgebäude der Weltausstellung in Wien 1873 war im Grundriß nach dem sogenannten Fischgrätensystem angelegt, bei dem eine Haupthalle durch eine Reihe von Querhallen rechtwinklig gekreuzt wird. Die ganze Anlage hatte eine Länge von 907 m und eine Breite von 206 m. In der Mitte befand sich ein Zentralraum, die sogenannte Rotunde, die für längere Dauer errichtet wurde und heute noch besteht. Sie ist durch ein riesiges Zeltdach von 104 m Durchmesser gekrönt.

Das Hauptgebäude der Weltausstellung in Paris 1878 hatte eine rechteckige Grundform mit einer Länge von 706 m und einer Breite von 346 m. Es bestand aus mehreren Längs- und Querhallen; die vier Eckpunkte der ganzen Anlage waren mit Kuppeln gekrönt; außerdem befand sich über der Mitte der Hauptfassade eine breitere und etwas niedrigere Kuppel. Durch besonders eigenartige Gestaltung zeichnete sich die in der Mitte der Hauptfront liegende Eingangshalle aus. Im Äußeren zeigte das ganze Gebäude eine aus Glas, Eisen und Majolika gebildete Konstruktion.

Auch bei der Pariser Weltausstellung vom Jahre 1889 bediente man sich der Kuppelbauten, um einzelne besonders wichtige Gebäudeteile hervorzuheben. Die gewaltige Bauanlage dieser Ausstellung war sehr klar und übersichtlich angeordnet.

Auf der Weltausstellung in Chicago 1893 spielten in dem Gesamtbilde der verschiedenen Gebäude und sonstigen Anlagen Kuppelbauten gleichfalls eine wichtige Rolle. Das Verwaltungsgebäude war gewissermaßen im Schwerpunkt der ganzen Anlage errichtet. Seine einzelnen Räume gruppierten sich um einen großen Zentralbau, der durch eine Kuppel abgedeckt war.

Das Gebäude der Gartenbauausstellung bestand aus zwei Längshallen, die in der Mitte durch einen Zentralraum, und an beiden Enden durch Querbauten verbunden waren. Der Zentralraum war durch eine halbkugelförmige Kuppel gekrönt. Auf der Frontseite waren ihr rechts und links vom Haupteingang niedrigere Kuppeln vorgelagert. Im Gegensatz zu dem Verwaltungsgebäude, bei dem die Höhenentwicklung die Hauptrolle spielt, macht die Gartenbauhalle einen ziemlich niedrigen und flachgestreckten Eindruck.

Von der Pariser Weltausstellung 1900 sind namentlich die beiden Kunstpaläste zu erwähnen. Auch hier waren Kuppeln ein wirksames Mittel zur Bekrönung von Langbauten. Im allgemeinen bedeutet die Pariser Weltausstellung vom Jahre 1900 eher einen Rückschritt als einen Fortschritt gegenüber ihren Vorläuferinnen, soweit die Architektur in Frage kommt. Es sei von dieser Ausstellung nur noch eine Gebäudegruppe von mäßigem Umfang erwähnt, die zunächst nur für Ausstellungszwecke errichtet war, dann aber nach Schluß der Ausstellung wegen ihrer feinen künstlerischen Wirkung dauernd erhalten blieb. Es sind dies die von Gautier erbauten Gartenbauhallen am Seine-Ufer, nahe der Invalidenbrücke (Abb. 172).¹⁾

¹⁾ Allg. Bauztg. 1850 und 1852; Zeitschr. f. Bauw. 1852, S. 38.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

¹⁾ Deutsche Bauztg. 1900. S. 610; C. d. Bauverw. 1900, S. 383; Meyer, Eisenbauten S. 123.

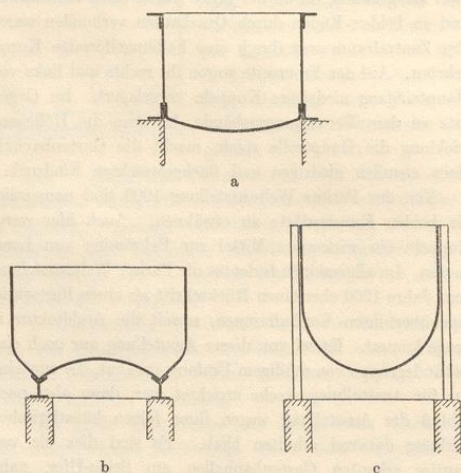
Eine Längshalle, die in ihrem mittleren Teil durch eine mächtige Kuppel gekrönt ist, zeigt das Hauptgebäude der Düsseldorfer Ausstellung vom Jahre 1902. Die Länge beträgt rund 400 m bei einer größten Tiefe von rund 80 m. Der Gesamtentwurf ist mit allen Einzelheiten von Leitholf bearbeitet.¹⁾

Eine besonders eigenartige Vereinigung eines Zentralbaues mit Längshallen zeigt schließlich die bereits oben Seite 29 erwähnte Ausstellungs- und Festhalle in Frankfurt a. M. Der Grundriß ist als ein Rechteck von 112 m Länge und 49 m Breite mit bogenförmigen Erweiterungen an den beiden Langseiten ausgebildet. Dieser Raum ist in der Mitte durch eine ellipsoidische Kuppel und an beiden Enden durch kurze, an den Stirnseiten abgewalmte Längshallen überdeckt. Der gewaltige Zentralraum gibt im Verein mit den beiden angegliederten Längshallen eine überaus machtvolle Wirkung (Abb. 163). Alle Verhältnisse des Ganzen sowie auch der einzelnen Konstruktionsteile sind mit feinem Verständnis abgewogen. Dieses Bauwerk gehört zu den gewiß seltenen Fällen, in denen man gewagt hat, die Eisenkonstruktion als raumbildendes Mittel einer Festhalle unverhüllt zu zeigen.

4. Türme.

Für eine kulturgeschichtliche Betrachtung, die in der Neuzeit und ihrer Baukunst ästhetisch entwicklungsfähige Keime sucht, sind vielleicht solche Turmbauten besonders beachtenswert, die vollkommen neuzeitlichen Bedürfnissen dienen, wie Wassertürme, Leuchttürme, Aussichtstürme.

Über die technische Entwicklung von Hochbehältern für Flüssigkeiten finden sich Mitteilungen in einem Aufsatz von Barkhausen.²⁾ Diesem Aufsatz sind die nachstehenden Angaben zum Teil entnommen.



6. Konstruktionen eiserner Behälter.

¹⁾ Z. d. Bauverw. 1902, S. 263 und 625.

²⁾ Zeitschr. d. Vereins deutscher Ing. 1900, S. 1594 und 1681.

Die ersten größeren Wasserbehälter wurden von den Eisenbahnverwaltungen erbaut. Bis in die siebziger Jahre verwendete man rechteckige Behälter mit ebenem Boden, denen aber verschiedene Mängel anhafteten.

Der erste wesentliche Fortschritt in der Gestaltung dieser Behälter wurde durch die Anordnung von kreisrunden Grundrissen erzielt. Bald darauf ging man auch dazu über, den Boden als Kugelabschnitt auszubilden. So entstanden die Behälter von nebenstehend angedeuteter Form a, wie sie längere Zeit fast ausschließlich angewendet wurden. Bei kleineren Abmessungen, etwa bis 300 cbm Inhalt, dürften sie heute noch allen Anforderungen genügen.

Ein Beispiel für einen Behälter von ähnlicher Bauart und größerem Inhalte zeigt der Wasserturm in Mannheim. (Abb. 177). Er wurde 1887–89 nach dem Entwurfe des Architekten Halmhuber in Stuttgart erbaut. Der technische Teil des Entwurfes ist von der Firma Smrecker in Mannheim aufgestellt, die auch die Eisenkonstruktion ausgeführt hat.¹⁾

Dieser Wasserturm ist bemerkenswert deshalb, weil man hier wohl zum ersten Male gewagt hat, ein derartiges Bauwerk an einer bevorzugten Stelle einer größeren Stadt zu errichten. Mannheim war damals noch sehr arm an künstlerisch wertvollen Bauwerken. Man stellte den Turm nicht wie sonst in eine entlegene Gegend, sondern in die Nähe der Kreuzung zweier wichtiger, damals neu angelegter Straßen, um damit dem neu entstehenden wohlhabenderen Stadtteile ein monumentales Bauwerk und zugleich ein gewisses Wahrzeichen zu geben.

Behälter von ähnlicher Bauart wurden von der Firma Klönne in Dortmund in den Jahren 1896 und 1898 für die Wasserwerke in Markranstädt und Oels geliefert. Bemerkenswert ist bei diesen Türmen die Auskragung der Turmwand im oberen Teile. Dieser war durch die Anordnung eines Umganges um den eisernen Behälter entstanden.

Als im Laufe der Entwicklung die verschiedensten Zwecke allmählich immer größere Behälter erforderten, wurde ihre Ausbildung schwieriger. Dieser Umstand führte zu einem weiteren Fortschritte in der Entwicklung der Behälter, nämlich zu der sogenannten Intze-Form (nach ihrem Erfinder Intze in Aachen genannt). Der Grundgedanke dieser Anordnung beruht darin, daß der Auflagering nicht mehr am äußersten Rande, sondern etwas innerhalb angeordnet wird. Hierdurch ist es möglich, die nunmehr von innen und außen auf den Druckring wirkenden wagerechten Kräfte gegeneinander auszugleichen und so den Ring selbst in verhältnismäßig kleinen Abmessungen zu halten. (Abb. 6 b.)

Ein Beispiel eines Intze-Behälters zeigt der Wasserturm der chemischen Fabriken vorm. Weiler ter Meer in Uerdingen (Abb. 180). Der Behälter hat einen Inhalt von 750 cbm und wurde von der Firma Klönne in Dortmund geliefert.

Außer der oben dargestellten einfachsten Form der Intze-Behälter werden bekanntlich auch verwickeltere Formen des Bodens ausgeführt, die namentlich eine günstigere Ausnutzung des Raumes bezwecken. Auch die Intze-Behälter hatten indessen noch gewisse Übelstände.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 141–144.

Die in konstruktiver Hinsicht günstigste Lösung hat Barkhausen vorgeschlagen. Bei dieser besteht der Behälter aus einem kugelförmigen Boden mit aufgesetzter Zylinderwand. Die Höhe der letzteren soll nach der Untersuchung von Barkhausen wenigstens $\frac{2}{3} r$ betragen, wenn r den Halbmesser der Kugel bedeutet. In diesem Falle treten in der ganzen Behälterwand überall nur Zugkräfte auf. Ferner kann bei dieser Anordnung die Zylinderwand zu einem wirksamen Träger ausgebildet werden. Die Schwierigkeiten in der Ausbildung des Lagerringes, wie sie bei der Intze-Form hervortraten, fallen hier fort und die Auflagerung wird die denkbar einfachste. (Abb. 6 c.)

Solche Behälter sind namentlich von der Firma Klönne in Dortmund, und zwar vorzugsweise mit eisernem Unterbau ausgeführt worden. Bei den älteren Ausführungen dieser Art sind die zur Unterstützung des Behälters dienenden Pfosten vollkommen senkrecht. Diese Anordnung ist sehr einfach in der Herstellung und wahrscheinlich auch sehr billig.

Einer der ersten Hochbehälter dieser Bauart ist der Wasserturm der Zeche „Minister Stein“ (Beschreibung in dem oben angeführten Aufsatz von Barkhausen). Dieser Behälter ist auf eisernem Unterbau gelagert und von der Firma Klönne in Dortmund ausgeführt.

Diese Bauart hat sich rasch eingeführt. Da aber die Intze-Konstruktion lange Zeit das Gebiet des Behälterbaues beherrschte und sich Behörden wie Privatwerke an sie gewöhnt hatten, so wurde gegen die von Barkhausen empfohlene und von Klönne ausgeführte Bauart der Vorwurf erhoben, daß der Unterbau einen zu großen Durchmesser habe. Allerdings ist bei dieser Anordnung ein größerer Durchmesser erforderlich, als bei den Intze-Behältern, doch sind die Gesamtkosten der ersteren wegen der geschilderten Vorzüge doch geringer als die der letzteren.

Neuerdings hat die Firma Klönne eine Bauart ausgeführt, bei welcher der Unterbau ähnlich wie bei den Intze-Behältern kleineren Durchmesser hat, als der Behälter selbst, im übrigen aber die Kugelform des Bodens beibehalten ist. Bei dieser Anordnung sind also sämtliche technischen Vorzüge der älteren Konstruktionen vereinigt.

Zusammenstellung 19.
Bemerkenswerte Wasserbehälter, ausgeführt von der Firma Klönne in Dortmund.

Aufstellungsort	Jahr der Erbauung	Fassungsraum cbm	Höhe m
1. Urdingen (Weiler ter Meer)		750	34
2. Markranstädt	1896	350	30
3. Oels	1898	350	30
4. Leipzig (Probstheida)	1905	1500	35
5. Unna	1905	2000	57
6. Leutzsch bei Leipzig		300	40
7. Homburg	1906	1000	43
8. Plankstadt	1906	250	35
9. Hamm	1906	1000	25
10. Cassel	1907	1200	22
11. Berlin, Anhalter Bahnhof	1907	300	27

Abbildungen im Atlas:

Nr. 1: 180. Nr. 4: 179. Nr. 7: 181. Nr. 9: 184. Nr. 11: 182.

Einige besonders bemerkenswerte Wassertürme dieser neuesten Bauart sind in der vorstehenden Zusammenstellung enthalten (Nr. 7—11). Von diesen sind auf steinerne Unterbau die Nr. 8, 9, 10 und von den älteren die Nr. 1—4 ausgeführt, während bei den übrigen auch der Unterbau aus einer Eisenkonstruktion besteht. Die meisten dieser Türme sind für städtische Wasserwerke erbaut, nämlich Nr. 2—7; die drei letzteren sind auf Bahnhöfen errichtet.

Einen der größten neueren Wasserbehälter besitzt das städtische Wasserwerk in Bremen (Abb. 183). Dieser Wasserturm wurde 1905 von der Dampfkessel- und Gasometerfabrik vorm. A. Wilke & Co. in Braunschweig erbaut. Der Entwurf für die äußere Gestaltung des Bauwerks wurde bei Gelegenheit eines Preisausschreibens von Architekt Hugo Wagner und dem Zivilingenieur O. Ruhl, beide in Bremen, aufgestellt. Der Inhalt des Hochbehälters beträgt 3000 cbm, die Höhe bis zum Wasserspiegel 38,4 m. Einige weitere Mitteilungen über den Wasserturm sind im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1907 von dem Direktor Götze des Städtischen Wasserwerkes in Bremen gemacht.

Von den Eisenbahnverwaltungen und städtischen Wasserwerken werden für Wasserbehälter im allgemeinen steinerne Unterbauten wegen der geringeren Unterhaltungskosten bevorzugt, während Privatwerke meist eiserne Unterbauten wegen der billigeren und auch wohl schnelleren Herstellung wählen.

Von Turmbauten, die in ihrem Äußeren einen neuzeitlichen Charakter zeigen, sind ferner die Leuchttürme zu erwähnen. Wegen der technischen Schwierigkeiten der Ausführung ist z. B. bekannt der Leuchtturm auf dem roten Sande vor der Wesermündung. Er wurde 1883—84 von der Firma Harkort in Duisburg erbaut. Die äußere Hülle des Turmes besteht ganz aus Eisen; der untere Teil ist zur Erzielung der erforderlichen Standfestigkeit ganz mit Beton ausgefüllt.¹⁾

Eine weitere Gattung von Türmen, die ihre Entstehung in größerer Zahl einem eigentlich erst in der Neuzeit entstandenen Bedürfnis verdanken, bilden die Aussichtstürme. Ihre Entwicklung beruht wohl hauptsächlich auf dem besonders im neunzehnten Jahrhundert erstarkten Interesse für die Natur. Von den jetzt bestehenden Aussichtstürmen ist die größte Zahl erst im neunzehnten Jahrhundert erbaut. Anfangs begnügte man sich für solche Zwecke mit einfachen Holzgerüsten; später fing man auch bei solchen Bauwerken an, auf eine gefällige Ausführung Wert zu legen. In vielen Fällen wählte man daher einen Steinbau, seltener eine Eisenkonstruktion. Und doch erscheint besonders bei Aussichtstürmen die Herstellung in Eisen das einfachste und billigste Mittel, um mit geringen Kosten ein verhältnismäßig dauerhaftes Bauwerk zu errichten, das trotz einfacher Gestaltung doch ein gefälliges Äußere zeigt.

Ein Beispiel mit bescheidenen Abmessungen hierfür bietet der etwa im Jahre 1900 für den Verschönerungsverein Vallendar (am Rhein) von der Aktien-Gesellschaft für Verzinkerei und Eisenkonstruktion (vormals Hilgers) in Rheinbrohl erbaute Aussichtsturm. (Abb. 188). Von derselben

¹⁾ Z. d. Bauverw. 1883, S. 195.

Firma wurde ein gleicher Turm im Jahre 1903 für Herrn Schoelkopf in Hannover geliefert. Die Höhe dieser Türme beträgt 20 m. Die Eisenkonstruktion ist im großen und ganzen einfach und schmucklos bis auf die Konsolen der Plattform und die Bekrönung der Mitte derselben.

Der größte Aussichtsturm und zugleich das höchste Bauwerk der Erde ist der für die Weltausstellung 1889 in Paris von Eiffel erbaute Turm von 300 m Höhe. (Abb. 178). Dieses gewaltige Bauwerk wurde in einem Zeitraum von 2 Jahren mit einem Kostenaufwande von 6½ Millionen Franken errichtet. Im großen und ganzen zeigt der Eiffelturm die nackte, lediglich dem praktischen Zweck dienende Eisenkonstruktion. Nur an einzelnen Stellen sind einige ornamentale Glieder vorhanden, so z. B. die kapellenartigen Aufbauten der ersten Plattform.

Es ist sehr interessant, die Wandlungen zu verfolgen, welche der Eiffelturm in der öffentlichen Wertschätzung durchgemacht hat. Im Jahre 1887 wurde an den Direktor der öffentlichen Arbeiten von angesehenen Männern eine Eingabe gerichtet, in der es heißt: „Wir Schriftsteller, Maler, Bildhauer, Architekten, wir, die wir die bisher makellose Schönheit unserer Stadt Paris bewundern und lieben, wir legen im Namen des französischen Geschmacks, im Geist unserer nationalen Kunst und Geschichte nachdrücklich und empört Verwahrung ein gegen die Errichtung dieses unnützen, monströsen Eiffelturmes!“ — Eiffel selbst suchte schon vor der Errichtung seines Turmes jene Angriffe durch die Worte zu entkräften: „Ich glaube fest, daß mein Turm seine eigenartige Schönheit haben wird. Stimmen die richtigen Bedingungen der Stabilität nicht jederzeit mit denen der Harmonie überein? Die Grundlage aller Baukunst ist, daß die Hauptlinien des Baues vollkommen seiner Bestimmung entsprechen. Welches aber ist die Grundbedingung bei meinem Turm? Seine Standfähigkeit gegen den Wind! Und da behaupte ich, daß die Kurven der 4 Eckpfeiler, so wie sie der statischen Berechnung gemäß von der gewaltigen Massigkeit ihrer Basen an in immer luftigere Gebilde zerlegt zur Spitze emporsteigen, einen mächtigen Eindruck von Kraft und Schönheit machen werden. Birgt doch auch die Kolossalität, die absolute Größe an sich, einen eigenen Reiz.“

Die Folgezeit hat diesen Ausführungen im wesentlichen Recht gegeben. Heute wird nicht nur der Eisenkonstrukteur, sondern auch der gebildete Nichtfachmann die eigenartige Schönheit dieses gewaltigen Bauwerkes erfassen, sofern er überhaupt im Geist unserer Zeit lebt und denkt. Eine eingehende Würdigung des künstlerischen Eindrucks findet sich in dem Werke von Meyer, Eisenbauten, S. 81—91. Und Naumann behauptet gar in seinem Buche „Form und Farbe“, daß der Eiffelturm zu dem Schönsten zähle, was er überhaupt auf seinen weiten Reisen gesehen habe (S. 199).

C. Vereinigung des Eisens mit anderen Baustoffen.

Wie aus den angeführten Beispielen hervorgeht, spielt die Verwendung des Eisens im heutigen Bauwesen eine sehr wichtige Rolle. Es kommt jedoch eigentlich niemals vor, daß ein Bauwerk ganz aus Eisen besteht; fast stets sind wenigstens die unterstützenden Teile aus Mauerwerk ge-

bildet. Sehr häufig findet sich auch die Vereinigung des Eisens mit Beton, sowie mit Glas, Terracotta und anderen Stoffen.

Bei den Strom- und Flußbrücken bestehen regelmäßig die Pfeiler aus Stein. Diese Mauerkörper zeigen meistens sehr einfache Formen. Gewöhnlich findet sich die in der Architektur übliche Dreiteilung in Sockel, Schaft und Bekrönung. Der Sockel liegt zumeist unter Wasser, kommt also nicht zur Erscheinung. Dagegen tritt sehr oft eine weitere Teilung des Schaftes dadurch ein, daß der unterhalb der Hochwasserlinie liegende Teil des Pfeilers nach beiden Seiten spitze oder halbkreisförmig begrenzte Verlängerungen (Vorköpfe) erhält. Häufig ist auch der untere Teil in der Richtung der Brückenachse stärker ausgebildet als der obere, über dem Hochwasser liegende. Bei Bogenbrücken ergibt sich eine solche Verjüngung nach oben ganz von selbst durch die geneigte Richtung der Widerlagerflächen. Oft ist die wagerechte Schicht, welche die obere Grenze der Vorköpfe bildet, durch ein um den ganzen Pfeiler laufendes Gesims bezeichnet, und gewöhnlich ist auch der ganze Pfeiler durch ein oberes bekrönendes Gesims abgeschlossen. Zuweilen fehlen auch die Gesimse gänzlich. Auch die Widerlager, die den Abschluß des Erdkörpers und zugleich eine Stütze der Eisenkonstruktion bilden, zeigen meist eine gewisse Gliederung in den Hauptteil und die sogenannten Flügel.

In der Behandlung dieser Mauerkörper, die im wesentlichen nur zu konstruktiven Zwecken dienen, läßt sich im Laufe der Entwicklung hauptsächlich nur eine Änderung verfolgen. Die Sichtflächen wurden früher verhältnismäßig sehr fein bearbeitet, heute dagegen läßt man sie viel rauher. Namentlich geschieht dies bei Eisenbahnbrücken und bei solchen Straßenbrücken, die nicht in unmittelbarer Nähe der Städte liegen. Diese Änderung ist wohl hauptsächlich auf die richtige Erwägung zurückzuführen, daß im Zusammenhang mit den einfachen und schlichten Formen der Eisenkonstruktionen eher eine gewisse Urwüchsigkeit, als eine besonders feine Bearbeitung des Mauerwerks am Platze ist.

Eine besonders wichtige Rolle spielen in der Gesamterscheinung vieler großer Brücken die Portale. Schon bei den ältesten großen Eisenbrücken finden sich künstlerisch hervorragende Portalbauten, so bei der Britannia-Brücke über die Menai-Straße (Abb. 1) und den beiden alten Gitterbrücken über die Weichsel bei Dirschau und die Nogai bei Marienburg. (Abb. 11 und 2.) Die Pfeiler und Widerlager der Britannia-Brücke sind noch über die eisernen Träger hinaus nach oben verlängert und mit ganz einfachen, etwas an ägyptische Bauwerke anklingenden Formen gekrönt. Die Pfeiler sind erheblich schlanker und auch höher als die Widerlager.

Bei den Gitterbrücken über die Weichsel und Nogai sind auf den Pfeilern Turmbauten in gotischem Stil errichtet. Offenbar ist die Ausbildung dieser Türme und namentlich der Endportale beeinflusst durch die Erinnerung an die in der Nähe jener Brücken liegende Marienburg.

Ein ähnliches Beispiel von stilistischer Einwirkung eines naheliegenden historischen Baudenkmals findet sich in England bei der Kettenbrücke über den Conway-Fluß. In unmittelbarer Nähe dieser Brücke liegt die malerische

Ruine des 1284 von Eduard I. erbauten Schlosses. Die Pfeiler der Kettenbrücke sind in ähnlichen Formen wie die Schloßtürme errichtet und fügen sich so dem Landschaftsbilde in glücklicher Weise ein.

Auch ein neueres englisches Bauwerk, die Tower-Brücke in London (Abb. 88) zeigt den stilistischen Einfluß eines naheliegenden Baudenkmales, des berühmten Tower. Die Mittelpfeiler dieser Brücke sind, obwohl in Eisen konstruiert, doch mit gotischen Steinformen ummantelt. Wenn auch in dieser Verwendung eines anderen Materials und alter Stilformen eine gewisse Täuschung liegt, so gibt das ganze Bauwerk doch ein eigenartiges Stimmungsbild ab.

Wie die oben angeführten Beispiele zeigen, wurde besonders in der ersten Entwicklungszeit der eisernen Brücken großer Wert auf eine künstlerische Ausbildung der Portale gelegt. Es ist dies wohl erklärlich, weil die Erbauer jener Brücken das Gefühl hatten, daß es sich hier um neue, besonders monumentale Bauwerke handle, die einer künstlerischen Behandlung vorzugsweise würdig seien.

In der Folgezeit, von den sechziger bis zu den achtziger Jahren zeigte sich bei der Ausbildung der steinernen Portale eine gewisse Nüchternheit. Als Beispiele dieses Abschnittes seien genannt die alte Rheinbrücke bei Cöln, die Rheinbrücke der Bahnlinie Düsseldorf—Neuß, die Elbbrücken bei Barby und Lauenburg, die alte Rheinbrücke bei Coblenz und die Eisenbahn-Elbbrücken bei Hamburg.

Die etwas nüchterne Behandlungsweise ist wohl dadurch erklärlich, daß zu jener Zeit die wichtigsten großen Eisenbahnlinien gebaut wurden und daß die rein technischen Aufgaben fast alle Kräfte beanspruchten. Auch war damals der Bau einer eisernen Brücke nicht mehr in dem Maße wie bei den ältesten Brücken ein Ereignis, das die öffentliche Meinung beschäftigte. So ist es verständlich, daß jene Portale im allgemeinen ziemlich nüchtern aussehen. Etwas mehr Eigenart zeigen die Portale der Weichselbrücke bei Thorn (Abb. 97) und der neueren Rheinbrücke bei Coblenz. (Abb. 49). Bemerkenswert ist auch die Straßenbrücke über die Norderelbe bei Hamburg. Während sonst die erwähnten Bauteile regelmäßig in Haustein ausgeführt wurden, sind bei jener Elbbrücke die Portale in Ziegelmauerwerk unter Anlehnung an die niederdeutsche Backsteingotik errichtet.

Antike und Renaissance-Formen finden sich verhältnismäßig selten. Ein merkwürdiges Beispiel für antike Behandlung von Brückenportalen findet sich bei der Rheinbrücke zwischen Mannheim und Ludwigshafen (1865—1868). Da die Brücke für den Straßen- und Eisenbahnverkehr dient, und die Fahrbahnen verschiedene Breiten haben, so mußten auch die Öffnungen in den Portalen verschiedene Breiten erhalten. Das bei dieser Aufgabe gewählte Mittel — gleiche Anordnung der Bögen, ungleiche Weiten der unteren Teile — ist aber als unglücklich zu bezeichnen, weil es den Versuch macht, den Beschauer über die tatsächlich vorhandene unsymmetrische Anlage hinwegzutäuschen (Zeitschr. f. Bauw. 1869).

Brückenportale oder Pfeilertürme in Renaissance-Formen zeigen die alte Kettenbrücke in Budapest (1839—45), (Abb. 87) die Rheinbrücke bei Düsseldorf (1896—98) und die Straßenbrücke über die Elbe bei Harburg (1897—99); die

Straßenbrücke über die Memel bei Tilsit (1904—07) ist mit Portalen in Barockformen versehen.

Für die ästhetische Wirkung des ganzen Bauwerkes ist nun sehr wichtig die Beziehung zwischen dem Eisenwerk und dem Steinkörper. Bei den größeren Brücken ist die Eisenkonstruktion meistens lotrecht abgeschlossen; unmittelbar neben dem Endpfosten des eisernen Überbaues erhebt sich dann das steinerne Portal. Diese Anordnung findet sich in der Regel bei Balken- und Bogenbrücken mit hochliegenden Hauptträgern. Die großen Überbauten der Strombrücke liegen gewöhnlich oberhalb der Fahrbahn, dagegen die kleinen Überbauten der Flutöffnungen oft unterhalb der Fahrbahn; in diesem Falle bilden die massigen Portalbauten einen Abschluß des höher liegenden Teiles der Eisenkonstruktion gegenüber dem niedrigeren. An den Enden der ganzen Brücke sind dann noch häufig niedrige, aber breite Turmbauten zu beiden Seiten der Fahrbahn errichtet.

Bei den Bogenbrücken, deren Hauptträger unterhalb der Fahrbahn liegen, befindet sich zuweilen gleichfalls je ein größeres Portal über den Abschlußpfeilern der Strombrücke oder auch an den Enden der ganzen Brücke (Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Coblenz und Straßenbrücke bei Worms Abb. 66). Die ästhetische Beziehung zwischen dem Eisenwerk und dem Portal ist dann weniger deutlich als bei den Brücken mit untenliegender Fahrbahn. Bei den meisten städtischen Straßenbrücken, deren Bogenträger unter der Fahrbahn liegen, sind an den Enden überhaupt keine Portale vorhanden. Dagegen sind zuweilen als Abschluß der Brücke an beiden Enden große Steinobelisken errichtet, z. B. bei der König-Karlsbrücke zwischen Stuttgart und Cannstadt (1891—93) und bei der Alexander-Brücke in Paris (1899 bis 1900, Abb. 65). Oft finden sich solche Obelisken, aber in kleineren Abmessungen, auch über den Mittelpfeilern, wie z. B. der Straßenbrücke über den Rhein bei Mainz (1882—85).

Bei manchen Brücken sind die mittleren und größeren Öffnungen durch Eisenkonstruktion, die seitlichen und kleineren Öffnungen durch Steingewölbe, neuerdings auch durch Betongewölbe überspannt. Als älteres Beispiel dieser sehr häufig vorkommenden Anordnung sei die Rheinbrücke der Bahnlinie Düsseldorf—Neuß angeführt (Seite 6). Hier sind die Hauptträger der großen Öffnungen Balkenträger. Günstiger wirkt diese Vereinigung beider Bauarten, wenn die Eisenkonstruktionen durch Bogenträger gebildet sind, wie z. B. bei den beiden Rheinbrücken bei Coblenz.

Verhältnismäßig am günstigsten ist die Gesamtwirkung bei symmetrischer Anordnung von drei Öffnungen, von denen also die beiden seitlichen gleich groß sind. Als Beispiele hierfür seien genannt die Eberts-Brücke und die Lessing-Brücke in Berlin, die Neckarbrücke in Mannheim (Abb. 75) und die Stubenrauch-Brücke in Oberschönweide bei Berlin.

Besonders wichtig für die ästhetische Wirkung des ganzen Bauwerkes ist die Wahl und das Verhältnis der Baustoffe bei T a l b r ü c k e n. Bei diesen gibt es drei Arten der Ausführung: entweder ist der Viadukt ganz aus Stein oder nahezu ganz aus Eisen, oder es bestehen die Pfeiler aus Stein, die Überbauten aus Eisen. Zuweilen sind auch — ähnlich wie bei Flußbrücken — die Pfeiler und Gewölbe

der seitlichen Öffnungen aus Stein, die Überbauten der Mittelöffnung aus Eisen hergestellt.

Bemerkenswerte ältere Beispiele für vorwiegend aus Eisen erbaute Talbrücken sind der Eisenbahn-Viadukt über das Saane-Tal bei Freiburg und der Guggenloch-Viadukt bei Lütisburg, beide in der Schweiz. Hier sind zwar nicht nur die Überbauten, sondern auch die Pfeiler größtenteils aus Eisen hergestellt, die steinernen Unterbauten sind jedoch ziemlich hoch, so daß sie namentlich in der Gesamterscheinung der Brücke über das Saanetal eine nicht unwichtige Rolle spielen. Überhaupt sind bei diesem Bauwerk die Verhältnisse recht glücklich gewählt.

In neuerer Zeit hat man bei größeren eisernen Talbrücken die Pfeiler sehr oft als sogenannte Gerüstpfeiler ausgebildet, so z. B. auf der im Jahre 1908 eröffneten Strecke Metz—Vigy—Anzingen (Abb. 75). Näheres über diese Talbrücken findet sich in dem Aufsatz von Regierungs- und Baurat Storm i. d. Zeitschrift für Bauwesen, 1909, S. 523 u. f.

Ein älteres Beispiel einer Talbrücke mit Steinpfeilern ist der Viadukt der badischen Höllentalbahn über die Ravensnaschlucht (erbaut 1884—1885 nach dem Entwurfe von Engesser und Hauger); ein neueres der Viadukt der Strecke Fentsch—Deutsch-Oth in Lothringen. Die Überbauten dieser Talbrücken sind mit Balkenträgern versehen. Zuweilen verwendet man auch bei eisernen Bogenträgern Steinpfeiler wie z. B. bei der Kornhausbrücke in Bern (S. 14, Abb. 60 u. 105). Ein Beispiel für eine Talbrücke, deren Öffnungen teils durch Gewölbe, teils durch Eisenkonstruktionen überspannt sind, ist der Trisana-Viadukt der Arlbergbahn.

In neuerer Zeit ist bei Ingenieurbauten an die Stelle des Mauerwerks aus natürlichen Steinen oft die Ausführung in Beton getreten. Dieser Baustoff hat bekanntlich große technische Vorzüge, namentlich sehr oft den Vorteil billiger Herstellung. Er kann in denselben Fällen, in denen sonst Mauerwerk verwendet wurde, als Stütze, Pfeiler, Widerlager von Eisenkonstruktionen ausgebildet werden. Auch Gewölbe von Brücken sind bekanntlich in neuerer Zeit aus Beton hergestellt worden. So sind beispielsweise bei der neuen Neckarbrücke in Mannheim (S. 47—48) die Seitenöffnungen mit Betongewölben versehen, während die Mittelöffnung durch eiserne, vollwandige Bogenträger überspannt ist. (Abb. 75).

Eine ganz besonders wichtige Rolle spielt bekanntlich heutzutage der Eisenbeton, auch armerter Beton genannt, eine Bauweise, bei der die Druckspannungen durch Beton, die Zugspannungen dagegen durch die eingebetteten Eisenteile, meist Rundeseisen, aufgenommen werden. Eisenbeton ist sowohl für Balken- wie namentlich für Bogenbrücken schon sehr oft verwendet worden. Ein näheres Eingehen auf diese Bauweise würde jedoch den Rahmen dieser Abhandlung überschreiten.¹⁾ Es sei hier nur die Stubenrauch-Brücke in Oberschönweide bei Berlin erwähnt, bei der die Seitenöffnungen durch Eisenbetongewölbe überspannt sind, während die Mittelöffnung eiserne über der Fahrbahn liegende Bogenträger erhalten hat.

¹⁾ Vergl. das Werk von v. Mecenseffy, Die künstlerische Gestaltung der Eisenbetonbauten. Berlin, Ernst & Sohn.

Noch mannigfaltigere Formen als im Brückenbau zeigt die Vereinigung des Eisens mit Stein und anderen Baustoffen im Hochbau. Zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts verwandte man das Eisen nur für Decken- und Dachkonstruktionen. Man betrachtete in dieser ersten Zeit der Entwicklung das Eisen fast ausschließlich als Konstruktionsmittel, nicht als ästhetisch verwertbares Bauglied. Demgemäß wurde es zunächst als technisch leistungsfähiges Ersatzmittel für das Holz verwendet.

Bei den älteren Bahnhofshallen lassen sich, wie oben gezeigt wurde, in konstruktiver Beziehung zwei Hauptteile scharf unterscheiden, nämlich die lotrechten, aus Mauerwerk gebildeten Umfassungswände einerseits und das durch eiserne Binder unterstützte, verhältnismäßig flache Dach andererseits. Beispiele dieser Bauart sind in der Zusammenstellung 15 unter Nr. 1, 3, 4, 5, 6 und 9 angeführt. In ästhetischer Beziehung sind von diesen besonders bemerkenswert die Hallen des Potsdamer und Anhalter Bahnhofes in Berlin. Bei diesen beiden Hallen ist die Steinarchitektur als Ziegelrohbau in Renaissance-Formen ausgebildet. Aber während die Gesamtanordnung in beiden Fällen ziemlich ähnlich ist, zeigt doch das neuere Bauwerk (Anhalter Bahnhof) bemerkenswerte Fortschritte. Nicht nur sind die Abmessungen, hauptsächlich Weite und Höhe, bedeutend größer, sondern es ist auch in der Ausbildung der Einzelheiten dem monumental Charakter des ganzen Gebäudes weit mehr Rechnung getragen. Die Schmuckformen sind auf ein verhältnismäßig geringes Maß beschränkt, dafür aber die Hauptlinien des Baues energisch betont. Diese Überlegenheit des Anhalter Bahnhofes gegenüber älteren derartigen Ausführungen offenbart sich ganz besonders bei der Ausbildung der an die Bahnsteighalle angrenzenden Stirnwand des Empfangsgebäudes. Der Anhalter Bahnhof bedeutet somit einen Höhepunkt in der Entwicklung monumentaler Steinarchitektur von Bahnhofshallen.

Auch die neueren Hallen mit bogenförmigen Bindern, die vom Fußboden bis zum Scheitel in einheitlicher Krümmung verlaufen, sind in ihrem unteren Teile zuweilen durch massive Wände abgeschlossen, beispielsweise die unter Nr. 4, 7, 8, 9 der Zusammenstellung 16 aufgeführten Hallen. In solchen Fällen nehmen jedoch die lotrechten Umfassungswände meistens nur einen verhältnismäßig kleinen Bruchteil der Gesamthöhe des Bauwerkes ein; wenn sie auch jetzt noch vielfach monumental ausgestaltet werden, treten sie für die Gesamtwirkung der Innenansicht, gegenüber dem Eisenwerk, erheblich an Bedeutung zurück.

Bemerkenswert ist bei der Frankfurter Halle die Ausbildung der Umfassungswände. Diese sind auf den drei geschlossenen Seiten überall bis zu einer Höhe von etwa 10,5 m ziemlich gleichmäßig in monumentaler Weise ausgeführt. Auf den beiden Langseiten befindet sich oberhalb der massiven Wand noch eine ziemlich niedrige Eisenwand, die durch große halbkreisförmige Fenster durchbrochen wird.

Bei den neueren Bahnhofshallen zeigt sich noch mehr das Bestreben, die massiven Umfassungswände auf ein möglichst geringes Maß zu beschränken und sie durch solche aus Eisen und Glas gebildete zu ersetzen, beispielsweise bei den Hallen in Hamburg und Metz.

Die Aufgabe, ein günstiges Zusammenwirken beider Baustoffe zu erzielen, ist in eigenartiger Weise bei dem Neubau des Bahnhofes in Leipzig gelöst worden. Während sonst die Bahnsteige in der Regel durch eine Eisenkonstruktion überdacht sind, das Empfangsgebäude dagegen in massiver Bauart ausgeführt ist, wurde bei dem neuen Bahnhofe in Leipzig der Kopfbahnsteig durch eine Querhalle in Eisenbeton überspannt. Die Zungenbahnsteige haben weitgespannte Hallendächer von normaler Bauart. Es ist also hier zwischen beide Bauteile ein vermittelndes Glied eingeschaltet, das vermöge seiner gewaltigen Abmessungen und der monumentalen Gestaltung wohl den bedeutendsten Eindruck der ganzen Anlage macht.

Schon frühzeitig hat man Eisenkonstruktionen zur Deckenbildung auch bei solchen Bauwerken benutzt, die nicht so ausgesprochenen praktischen Zwecken dienen wie Bahnhofshallen und bei denen somit auf die ästhetische Ausbildung in höherem Grade Wert gelegt wurde. Als ältere Beispiele solcher Deckenkonstruktionen seien folgende Bauwerke erwähnt.

Bei der Erbauung des neuen Museums in Berlin benutzte Stüler 1841 flache gußeiserne Bögen, die auf gußeisernen Säulen ruhten, zur Unterstützung der Deckengewölbe. Die gußeisernen Teile sind aber durch gestanztes Messingblech und Gußzink verkleidet. Eine ähnliche Konstruktionsart zeigt der große Saal der in den sechziger Jahren erbauten Berliner Börse. Auch hier ist das tragende Eisengerüst durch ziemlich durchbrochenes Zink- und Bronze-Ornament verdeckt.

Ungefähr gleichzeitig mit Stülers neuem Museum entstand in Paris die Bibliothek St. Geneviève (erbaut 1843 bis 1850 von Labrousse). Der große Lesesaal dieses Gebäudes ist eine zweischiffige Halle von etwa 82 m Länge und 20 m Breite. Die beiden tonnenförmigen Deckengewölbe werden durch gußeiserne durchbrochene, halbkreisförmige Bögen und schlanke gußeiserne Säulen getragen. Die zur Aufnahme des Gewölbeschubes erforderlichen Strebe Pfeiler befinden sich im Innern des Gewölbes und bilden tonnenförmige Nischen, die den halbkreisförmigen Fenstern entsprechen.¹⁾ Dieses Bauwerk bildet einen der ersten Versuche, Schmuckformen des Eisens ohne Verkleidung zur architektonischen Gestaltung von Innenräumen zu verwenden.

Eine noch bedeutsamere Raumwirkung als dieses Bauwerk zeigt eine andere Schöpfung desselben Baukünstlers, nämlich die Bibliothèque Nationale (früher Imperiale) zu Paris. Der große Lesesaal derselben ist im wesentlichen ein im Grundriß quadratischer Raum mit einer ungefähr halbkreisförmigen Nische. Der erstere, welcher für das Publikum bestimmt ist, wird durch schlanke gußeiserne Säulen in neun kleinere Quadrate zerlegt. Über den Säulen erheben sich halbkreisförmige gegliederte Gurtbögen aus Schmiedeeisen, die zur Unterstützung der über den neun Quadranten errichteten Kuppeln dienen. Diese Kuppeln werden durch ein Gerüst eiserner, sich kreuzender Parallelkreise und Meridiane gebildet, während die Felder zwischen diesen mit Gwölbemauerwerk ausgefüllt ist. Über der Mitte jeder Kuppel befindet sich ein flaches, kegelförmiges Oberlicht.

¹⁾ Allg. Bauzeitg. 1851, S. 66 und 1852, S. 139.

Einen weiteren Versuch, das Eisen zur Deckenbildung von monumentalen Gebäuden künstlerisch zu verwerten, zeigt die von Baltard erbaute Kirche St. Augustin in Paris. Auch hier sind die Gewölbe von durchbrochenen eisernen Gurtbögen getragen, die sich auf schlanke gußeiserne Säulen stützen.

In diesen Fällen wurde also das Eisen vorwiegend zur Deckenbildung, nicht zur Raumabschließung benutzt. Das baugeschichtlich Interessante dieser Beispiele besteht darin, daß man die Funktion des Eisens als Träger der Decke deutlich zeigte, zugleich aber auch bemüht war, ihm künstlerische Formen zu geben und diese mit der Steinarchitektur der umschließenden Wände in Einklang zu bringen. Diese älteren Versuche haben jedoch selten Nachahmung gefunden. Wenn wir von solchen Bauwerken absehen, die lediglich praktischen Zwecken dienen, wie Bahnhofe und Markthallen, dann wird das Eisen als Deckenkonstruktion zwar sehr oft verwendet, aber gewöhnlich durch irgendwelche andere Stoffe verkleidet und so den Blicken des Beschauers entzogen. Namentlich geschieht dies bei solchen Räumen, die ihrer Bestimmung nach ein festliches Gewand zu tragen und eine festliche Stimmung zu erzeugen berechtigt sind.

Ausnahmen hiervon machen jedoch hauptsächlich diejenigen Räume, die eine Beleuchtung von oben erhalten und deshalb teilweise oder ganz mit Glas gedeckt sind. Obgleich auch in solchen Fällen die Eisenteile vielfach durch andere Stoffe verkleidet sind, tritt der Charakter des Eisenbaues hier doch deutlicher zutage als bei andern Deckenbildungen, weil die tragenden Teile verhältnismäßig dünn sind und sich von den lichten Glasflächen scharf abheben. Solche von oben beleuchtete Räume finden sich namentlich in Schulen, Museen, Bibliotheken, Verwaltungsgebäuden, Banken und Börsen.

Beispielsweise sind größere Lichthöfe vorhanden in dem Universitätsgebäude zu Straßburg und in dem Gebäude der technischen Hochschule zu Charlottenburg. In beiden Fällen sollten diese Räume gleichsam einen Zentral- und Sammelpunkt für die Besucher des Gebäudes darstellen. Während die sonstigen Säle nach Geschossen gegliedert sind, nehmen die Lichthöfe die ganze Höhe des Gebäudes vom Erdgeschoß bis zum Dachraume ein. Die einzelnen Geschosse sind durch Galerien begrenzt, die durch Säulenstellungen getragen werden. Der ganze Raum ist durch ein großes, farbig verglastes Oberlicht bedeckt. Das hierdurch gedämpfte Licht erzeugt eine feierliche Stimmung.

Ein großer Oberlichtsaal befindet sich in dem Kgl. Museum der schönen Künste zu Brüssel. Das Obergeschoß öffnet sich auch hier in einer durch Säulen gestützten Galerie, die gleichfalls durch Oberlichter gedeckt ist, nach dem Hauptsale. Das Museum wurde von Balat erbaut und 1880 eingeweiht.

Eine größere Zahl derartiger Lichthöfe ist abgebildet im Handbuch der Architektur IV. Teil, 6. Halbband, 4. Heft (1906). Als Beispiele seien hier erwähnt der Oberlichtsaal im Museum für Naturgeschichte in Paris (ebendort Seite 427) der durch die eigenartige Eisenarchitektur der Galerien bemerkenswert ist, und im Kunstgewerbemuseum in Berlin (ebendort Seite 393). Bei dem letzteren zeigt die Glasdecke eine flache Wölbung.

Ein kleineres Beispiel für einen durch Oberlicht erhellen und monumental ausgestatteten Raum ist im Erweiterungsbau der Königlichen Hauptbank in Nürnberg vorhanden. Der Kassenhof dieses Gebäudes ist im Grundriß ein Rechteck von 13×15 m Seitenlänge. Die Architektur zeigt in einer ringsum laufenden Säulenstellung 18 Bogenfelder und zwar je 5 auf den beiden längeren, je 4 auf den beiden kürzeren Seiten. Die große Glasdecke hat die Form eines Spiegelgewölbes, dessen Form überhaupt zur Ausbildung von Oberlichtern in derartigen Fällen sehr oft benutzt wird. Der Entwurf des Gebäudes stammt von dem Königl. Bauamtmanne Förster.¹⁾

Deckenbildungen aus Eisen und Glas finden sich auch vielfach bei sogenannten Passagen, wie sie zu Geschäftszwecken und zugleich als bedeckte Verkehrswege zuweilen in großen Städten angelegt worden sind. Eines der älteren Beispiele solcher Durchgänge ist die 1846–47 nach Plänen von Cluysenaar in Brüssel erbaute Galerie St. Hubert. Sie ist 212 m lang, 8 m breit und 18 m hoch.

Bekannter ist die Galleria Vittorio Emanuele in Mailand, — die 1865–67 am dortigen Domplatz von Mengoni erbaut wurde. Diese Passage ist im Grundriß kreuzförmig angeordnet. Jeder der beiden rechtwinklig sich kreuzenden Gänge hat eine Breite von 14,5 m; die Länge beträgt 195 bzw. 105 m. Die im Schnittpunkt errichtete Glaskuppel hat einen Durchmesser von 39 m und eine lichte Höhe von 50 m.

Eine ähnliche etwas neuere Anlage zeigen die „Handelsreihen“ in Moskau (erbaut 1893). Das ganze Grundstück ist hier durch drei Längs- und drei Quergassen in 16 Blöcke geteilt. Die beiden mittleren Gassen sind etwa 10 m breit, die seitlichen etwas schmaler. Der Entwurf dieser Anlage ist von Pomeranzew in St. Petersburg aufgestellt.²⁾

Die Eisenkonstruktion besteht bei derartigen Anlagen gewöhnlich aus einer großen Zahl nahe beieinander liegender Bogenbinder, die durch Pfetten miteinander versteift sind. Da alle diese Teile meist sehr dünn ausgebildet sind, so wirkt das Ganze wie ein großes Spinnennetz. Es war aber wohl die Absicht der Erbauer, die Decke im Gegensatz zu den monumentalen Häuserfronten als ein möglichst leichtes und lichtdurchlässiges Gebilde erscheinen zu lassen.

Die bis jetzt erwähnten Beispiele aus dem Eisenhochbau zeigten hauptsächlich die Verwendung des Eisens zur Deckenbildung, während die stützenden und raumabschließenden Wände massiv ausgebildet waren. Nicht ganz so häufig sind die Fälle, in denen das Eisen als Konstruktionsmittel zur Wandbildung verwendet wurde. Es gab auch hier wieder zwei Möglichkeiten. Entweder wurde das Eisen durch Mauerwerk oder Beton vollständig umhüllt, oder es war die Wand ungefähr ebenso stark wie die Eisenteile, so daß diese in ihren Seitenflächen sichtbar blieben. Die letztere Bauart, das sogenannte Eisenfachwerk, wurde vorwiegend für Nutzbauten, namentlich auf Bahnhöfen, für kleinere Gebäude und Aufenthaltsräume verwendet. Als Beispiele hierfür seien erwähnt das Empfangsgebäude der Berliner Stadt- und Ringbahn auf dem Potsdamer Bahnhof

(erbaut anfangs der achtziger Jahre) und die Wartehalle auf dem Hauptbahnsteig des Personenbahnhofes in Cöln (erbaut 1893), ferner ein Wasserturm auf dem Hauptbahnhof in Straßburg (erbaut etwa 1881). Bei dem letzteren sind die unteren Geschosse in Hausteinen ausgeführt, während in dem oberen Geschos, das den Wasserbehälter aufnimmt, die umkleidende Wand aus Eisenfachwerk besteht.

Verhältnismäßig am häufigsten findet sich Eisenfachwerk bei solchen Bauten, deren Wände größtenteils in Fensterflächen aufgelöst sind und nur zum kleineren Teile durch Mauerwerk verkleidet wurden. Sehr oft sind die Längswände von Bahnhofshallen in dieser Bauart ausgebildet, wie z. B. die Halle des Schlesischen Bahnhofes in Berlin. Ein neueres Beispiel zeigt die Halle des Bahnhofes Dammtor in Hamburg (erbaut 1904 nach dem Entwurfe von Schwarz)¹⁾. (Abb. 200).

Als ein kleines, aber in seiner Art sehr gelungenes Beispiel für die Anwendung von Eisenfachwerk sei ein Stellwerksgebäude auf dem Bahnhofe Straßburg-Neudorf erwähnt. (Architekt: Regierungsbaumeister Stahl). (Abb. 208).

Abgesehen von Bahnhöfen ist der Eisenfachwerkbau verhältnismäßig selten für größere, dem öffentlichen Verkehr zugängliche Gebäude verwendet worden. Dies geschah z. B. bei der Markthalle in Hannover. Auch hier sind freilich die zwischen den Eisenteilen liegenden Flächen größtenteils durch Verglasung abgeschlossen. Nur der untere, unmittelbar über dem Hausteinsockel liegende Teil der Umfassungswände, sowie die Seitenflächen der Ecktürme sind in Ziegelmauerwerk ausgeführt. Immerhin trägt diese, wenn auch sparsame Verwendung des in Hannover beliebten Ziegelrohbaues nicht unwesentlich dazu bei, dem ganzen Gebäude ein im Vergleich mit anderen derartigen Hallen bestimmteres Gepräge zu verleihen.

Einen etwas gesuchten Eindruck macht dagegen das von Victor Horta in Brüssel erbaute sozialistische Vereinshaus („Maison du peuple“). Die Gesamtanlage erscheint verfehlt; dazu wirkt auch die Fassade sehr unruhig. Immerhin stellt dieses Gebäude einen interessanten Versuch dar, dem Eisenfachwerk auch bei derartigen, dem öffentlichen Verkehr dienenden Bauten zu seinem Rechte zu verhelfen.

Nicht selten ist das Eisen mit anderen Baustoffen derart vereinigt, daß einzelne größere Bauteile in Hausteine ausgeführt sind, während im übrigen die Umfassungswände vorwiegend aus Eisen und Glas bestehen. Namentlich sind solche Teile monumental in Steinbau errichtet, die nach der Absicht der Architekten als besonders wichtig hervortreten sollten, wie Eck- oder Mittelteile größerer langgestreckter Anlagen. Auch der Sockel ist regelmäßig in Werkstein hergestellt, selbst wenn das ganze übrige Gebäude aus Eisen und Glas besteht. Diese Art der Vereinigung verschiedener Baustoffe läßt sich vergleichen mit einer in der Architektur sehr oft verwendeten Bauweise, bei der die Gliederungen anders ausgeführt werden, als die Wandflächen, etwa die Gliederungen in Hausteine, die Wandflächen in Putzbau oder in Ziegelrohbau. Man darf wohl behaupten, daß in solchen Fällen diejenigen Teile durch ihre größere Masse oder durch das wertvollere Material vor den andern hervortreten, die ent-

¹⁾ Deutsche Bauztg. 1900, S. 281 und 289.

²⁾ Z. d. Bauverw. 1895, S. 396–397.

¹⁾ Z. d. Bauverw. 1904, S. 357, 405, 414.

weder konstruktiv die wichtigsten sind, oder auch für den Verkehr oder die sonstige Benutzung des Gebäudes die größere Rolle spielen.

Ähnlich verhält es sich nun mit jener oben angedeuteten Vereinigung von Haustein, Eisen und Glas. Diejenigen Teile, die in Haustein ausgeführt sind, zeigen offenbar mehr Masse, als die übrigen und erscheinen darum wichtiger und bedeutender; sie geben gleichsam den Rahmen für die übrigen Flächen ab. Die aus Eisen und Glas gebildeten Wände treten dagegen etwas zurück, wenn sie auch nicht ohne Wirkung sind.

Bei der Markthalle in Frankfurt a. M. (Abb. 192) sind die Eckbauten und der Sockel in Haustein ausgeführt; während die übrigen Wände ganz aus Eisenkonstruktion mit großen Glasflächen besteht. Bei dem oben erwähnten Empfangsgebäude des Bahnhofes Dammtor ist dagegen der mittlere Teil ein Hausteinbau, während die beiden Flügel die Eisenkonstruktion zeigen. Hier erschien es berechtigt, den Mittelbau besonders hervorzuheben, weil er die Schalterhalle enthält.

Denselben Grundgedanken zeigt auch die Haltestelle Bülowstraße der elektrischen Hochbahn in Berlin. (Abb. 133). Auch dieses Gebäude ist im wesentlichen als Längshalle in Eisenkonstruktion ausgebildet. Die beiden Eingänge werden jedoch besonders gekennzeichnet durch vorspringende Teile, die in Haustein ausgebildet sind, über die sonstige Halle etwas hinausragen und durch Quergiebel abgedeckt wurden. Die Längshalle wird außerdem noch gegliedert durch drei schmalere Pfeiler aus Haustein, auf denen im unteren Teile die Eisenkonstruktion gelagert ist, während im oberen Teile die Flucht etwas über die Glaswand vorspringt. Die Bekrönungen dieser Pfeiler ragen erheblich über die Traufe der Halle hinaus. (Architekt: Bruno Möhring.)

In ähnlicher Weise ist die Haltestelle Nollendorfplatz derselben Hochbahn ausgebildet. Dieser Platz bildet einen wichtigen Knotenpunkt mehrerer Straßen im Westen Berlins. Aus diesem Grunde ist wohl die Haltestelle mit einem Kuppelbau versehen, an den sich eine Längshalle angliedert. Die Kuppel ist aus Eisen konstruiert und wird durch Steinpfeiler getragen, die wie Brückenpfeiler rechtwinklig zur Bahnlinie liegen. Auch sind sie mit Vorköpfen versehen, die mit ihrem energisch vorspringenden Unterbau an Brückenpfeiler erinnern. Auf den Vorköpfen, an den vier Eckpunkten des Kuppelbaues, stehen vier schlanke, kühn in die Höhe strebende Eckpfeiler als Bekrönungen. Ähnliche Pfeiler sind auch an den Enden und in der Mitte der Längshalle errichtet. Auch diese bilden die Bekrönungen des steinernen Unterbaues, auf dem die Eisenkonstruktion gelagert ist. Der Grundgedanke der Konstruktion zeigt demnach wiederum die Vereinigung von Eisen und Stein (Architekten: Cremer und Wolfenstein).

Bemerkenswert ist auch die Haltestelle Hallesches Tor. Wegen der geringen Breite der Königgrätzer Straße war es hier notwendig, die Gleise und Bahnsteige möglichst weit über die Uferlinie des Landwehrkanals vorkragen zu lassen. Wohl aus diesem Grunde wurden hier auch die Stützen der Halle aus Eisen hergestellt. Im ganzen ist durch die architektonische Ausbildung ein monumentaler Eindruck

erzielt worden, namentlich ist auch hier zu beachten, daß die wichtigste Stelle des Gebäudes, der Eingang an dem der Belle-Alliance-Brücke zugekehrten Ende, durch eine Steinarchitektur gekennzeichnet wurde, während der übrige an Ausdehnung bei weitem überwiegender Teil aus Eisen und Glas besteht (Architekt: Bruno Möhring)¹⁾.

Sehr häufig, in neuerer Zeit fast regelmäßig, findet sich die Vereinigung von Eisen und Stein zur Wandbildung bei den Schalterhallen größerer Bahnhöfe. Gewöhnlich ist diese durch ein gewaltiges Bogenfenster gekennzeichnet, dessen Leibung ein Steinbogen bildet, während die Wandfläche durch Glas und Eisenkonstruktion geschlossen ist. Als älteres Beispiel sei erwähnt der Nordbahnhof in Paris; neuere Beispiele finden sich in Frankfurt a. M., Dresden, Hamburg (Dammtor), Metz, Wiesbaden, Kiel, Danzig.

Eine nicht unbedeutende Rolle spielt die Vereinigung von Eisen und Stein bei Ausstellungsbauten. In den meisten derartigen Fällen ist zwar die Eisenkonstruktion mit Gips, Stuck, Zement und anderen Materialien so verkleidet worden, daß sie wenigstens für die Außenansicht vollkommen verschwand. In andern Fällen ist das ganze Gebäude bis auf den Sockel aus Eisen und Glas konstruiert, wie z. B. der Londoner Kristallpalast. Zuweilen ist jedoch auch die massive Bauweise bei solchen Gebäuden teilweise zur Geltung gekommen.

Das Hauptgebäude der Ausstellung für Hygiene und Rettungswesen in Berlin wurde 1882–83 erbaut. Der Grundriß ist eine schachbrettartige Zusammenstellung von 25 gleich großen Quadraten von je 19 m Seitenlänge. Im Innern befinden sich vier offene Höfe. Die Gesamtanlage erscheint somit als eine Kreuzung von drei Längs- und drei Querhallen. Der Schwerpunkt der architektonischen Ausbildung ist auf das mittlere Längsschiff und zwar auf die vorderste Zelle gelegt, die als Hauptvestibül ausgebildet und mit einer Kuppel gekrönt ist. Die übrigen Zellen sind mit kleineren flachen Kuppeln überdeckt, die einen breiten Laternenaufsatz tragen. Der untere Teil der Umfassungswand ist in Haustein ausgeführt, etwa bis zur halben Höhe der lotrechten Wände der niedrigen Zellen. Die Portale sind dagegen ganz in Haustein gehalten, und zwar ist das mittlere Portal in der Hauptachse des Gebäudes erheblich höher und breiter als die beiden seitlichen. Die oberen Teile sind ganz aus Eisen und Glas hergestellt. Der erste Entwurf dieser Anlage stammt von Pröll und Scharowsky, er wurde in architektonischer Beziehung von Kyllmann und Heyden weiter bearbeitet. Das Gebäude wurde in den Jahren 1886 und 1891 umgebaut und dient seither ständig für die jährlichen großen Kunstausstellungen in Berlin.²⁾

Ein erheblich größeres Beispiel ist das Palais du Cinquantenaire in Brüssel. (Abb. 197.) Es wurde zur fünfzigjährigen Jubelfeier des Bestehens der Belgischen

¹⁾ Über die Haltestellen der Berliner Hochbahn vergl. Z. d. Bauverw. 1899, S. 489; 1902, S. 54, 78, 127, 238. — Zeitschr. des Ver. deutscher Ing. 1902, S. 265 u. f. — Deutsche Bauzeitg. 1901, S. 595.

²⁾ Deutsche Bauztg. 1883, S. 80; Z. d. Bauverw. 1883, S. 57, 121, 346.

Konstitution (1880) errichtet und für die Weltausstellung 1897 erweitert.

Die Vereinigung von Eisen und Stein findet sich auch zuweilen bei Gebäuden, wie sie in Badeorten zu Vergnügungs- und Erholungszwecken errichtet wurden, namentlich in Wandelhallen, Kursälen usw.

Ein bemerkenswertes Beispiel dieser Art ist die bei dem Kochbrunnen in Wiesbaden errichtete Anlage. (Abb. 191.) Sie besteht aus mehreren Räumlichkeiten von wechselnder Größe, die zu verschiedenen Zwecken dienen und mehr oder weniger lose aneinander gereiht sind. Die Anlage wurde im Jahre 1888 durch Architekt Bogler in Renaissance-Formen ausgeführt.

Zu einem ähnlichen Zwecke dient die „Marienbader Kolonnade“, die in den Jahren 1896–97 von den Architekten Miksch und Niedzielski errichtet wurde. (Abb. 198.) Sie war ursprünglich als größere Anlage geplant, doch wurde nur der eine Flügel ausgeführt. Dieser besteht aus einer Längshalle, an deren Enden kleinere Kuppeln errichtet sind. Der mittlere Teil, sowie die abschließenden Pavillons sind in Steinarchitektur ausgeführt. Im übrigen bestehen die Hallengänge aus Eisenkonstruktion; die Wände sind im oberen Teile mit Glas abgeschlossen. Das ganze Bauwerk ist reich dekoriert und im Barockstil gehalten. Das Eisen wurde mit Rücksicht auf die Umgebung ziemlich licht elfenbeinartig behandelt, während der Holzplafond der Decke in warmen Tönen gebeizt wurde. Das Bestreben, die Stilformen von Stein und Eisen in Einklang zu bringen, ist bei diesem Bauwerk besonders gelungen.¹⁾

Die Vereinigung von Stein und Eisen findet sich auch bei Gewächshäusern, und zwar namentlich bei solchen, die ihrer Anlage nach zugleich zu Vergnügungszwecken dienen, beispielsweise bei dem oben (Seite 32) erwähnten Wintergarten in Southport.

Ein bemerkenswertes Beispiel aus Deutschland ist das Gewächshaus der „Flora“ in Köln. Die ganze Anlage gehört zu den ältesten ihrer Art. Das Gewächshaus ist vorwiegend in Ziegelrohbau ausgeführt und durch ein großes Bogendach aus Eisen und Glas mit halbkreisförmigem Querschnitt abgedeckt, das in der Mitte durch ein Querschiff unterbrochen wird. Die Stirnflächen des Bogendaches zeigen eine Eisenarchitektur, die mit dem übrigen Charakter des Bauwerkes gut harmonisiert.

Als ein neueres Beispiel sei noch das große Palmenhaus im Leipziger Palmengarten erwähnt (Abb. 199). Es wurde von der Firma Franz Mosenthin in Leipzig-Eutritzsch entworfen und im Jahre 1899 ausgeführt. Die niedrigen Umfassungswände der Längshalle bestehen aus massivem Mauerwerk. Auf der Stirnseite befindet sich ein mächtiger Steinbogen, der der Wölbung der Dachfläche folgt und für diese gewissermaßen einen Rahmen bildet. — Auch hier ist der architektonisch wichtigste Teil, der Zentralraum, vorwiegend massiv ausgeführt, während bei der Längshalle die Eisenkonstruktion vorherrscht.

Eisenkonstruktionen spielen ferner eine wichtige Rolle in Form von Kuppeln als bekronende Glieder von großen monumentalen Gebäuden.

¹⁾ Allg. Bauztg. 1897, S. 13.

Mit derartigen Bauwerken sind aber die Verwendungsarten des Eisens in Verbindung mit anderen Baustoffen noch keineswegs erschöpft. Sehr häufig findet man einzelne eiserne Teile und auch ganze Eisenkonstruktionen an den heutigen Geschäfts- und Warenhäusern. Der Zweck solcher Anordnungen ist leicht einzusehen. Für die Schauläden braucht man große und weite, ungeteilte Fenster im Erdgeschoß, die nur durch ganz schmale Pfeiler unterbrochen werden sollten, um den zur Verfügung stehenden Raum möglichst auszunutzen. Es erscheint deshalb sowohl für die stützenden Pfeiler, als auch für die Bedeckung der weiten Fensteröffnungen die Verwendung von Eisenteilen sehr zweckmäßig. Bei älteren Geschäftshäusern verfuhr man gewöhnlich so, daß die Pfeiler als gußeiserne Stützen hergestellt und dem sonstigen Stil des Gebäudes entsprechend mit Schmuckformen versehen wurden, während die wahren Balken meistens aus Schmiedeeisen hergestellt und gewöhnlich durch Mauerwerk oder andere Materialien verkleidet sind. In neuerer Zeit wird für die Konstruktionsteile einschließlich der Stützen regelmäßig Walzeisen (Flußeisen) verwendet, und man zieht es jetzt vor, diese Teile mit Mauerwerk oder Beton zu verkleiden.

Überhaupt hat in den letzten Jahren der Eisenbetonbau auf verschiedenen Gebieten des Hochbaues immer mehr an Verbreitung gewonnen. Hierbei tritt vom Eisen nichts mehr in die Erscheinung, weil alle Eisenteile von dem Beton umhüllt sind. Mittelbar hat aber das Eisen auch hier einen nicht unerheblichen Einfluß auf die künstlerische Wirkung insofern, als sämtliche Konstruktionsteile erheblich schlanker gehalten werden können als bei der Ausbildung in Mauerwerk.

Aus den angeführten Beispielen geht auch hervor, welche bedeutende Rolle die Vereinigung des Eisens mit Glas im heutigen Bauwesen spielt. Bei den Gewächshäusern sind ja die gesamten Wand- und Dachflächen aus Glas gebildet. Aber auch bei vielen anderen Bauwerken schwinden im Laufe der Entwicklung die Mauermassen und die nur durch dünne Eisenstäbe gegliederten Glasflächen erreichen eine früher nicht gekannte Ausdehnung. Wenn auch eine große Lichtfülle in die so geschaffenen Räumlichkeiten strömt, ist doch mit dieser zugleich oft eine gewisse Nüchternheit wenigstens in der Wirkung der Innenräume verbunden. Aus diesem Grunde ist die Verwendung farbigen Glases ein häufig vorkommendes Mittel, um die Gesamtstimmung des betreffenden Raumes nach irgend welcher Richtung zu beeinflussen. Namentlich geschieht dieses bei Oberlichtern.

Zur Ausfüllung der Flächen, die durch den Rahmen der Eisenkonstruktion gebildet wurden, sind zuweilen außer den bis jetzt genannten Baustoffen gebrannte Tonplatten (Terracotta) verwendet worden. Schon bei der Bibliothèque Nationale zu Paris wurden die Eisengerüste der Kuppeln über dem Lesesaal mit blau glasierten Fliesen ausgefüllt. In noch größerem Umfange wurde diese Art der Flächenbildung bei dem Hauptgebäude der Weltausstellung zu Paris 1878 verwendet. Hier erhielten namentlich die Eck- und Mittelpavillons einen farbenprächtigen Wandschmuck aus Terracotta-Platten.

D. Schmuckformen des Eisens (und der mit ihm in Verbindung stehenden Baustoffe).

Während die bis jetzt behandelten Konstruktionsformen des Eisens erst im neunzehnten, frühestens gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts entstanden sind, hat es bereits in viel früheren Zeiten eine künstlerische Behandlung einzelner Schmuckformen des Eisens gegeben.

Die Technik des Schmiedens ist bekanntlich schon mehrere tausend Jahre alt. Lange Zeiten hindurch wurde aber das Schmiedeeisen nur für Waffen und Geräte verwendet. Bei den Griechen und Römern war dasjenige Metall, das im Bauwesen fast allein benutzt wurde, die Bronze. Die erste nennenswerte Ausbildung des Schmiedeeisens zu künstlerischen Zwecken im Bauwesen fällt in das Mittelalter, und zwar in die romanische Zeit. Es waren vor allem die Beschläge von Kirchentüren, die eine künstlerische Gestaltung im Stile der damaligen Periode erhielten. In der Gotik und Renaissance erweiterte sich das Anwendungsgebiet des Eisens; es wurden neben den Türbeschlägen noch ähnliche Gegenstände, wie Schlösser, Türklopfer, Beleuchtungseinrichtungen, Firmenschilder und später auch Gittertore aus Schmiedeeisen in künstlerischen Formen ausgeführt. In der Barock- und Rokokozeit waren namentlich die zahlreichen, zum Teil sehr prunkvollen Schloß- und Parktore bedeutende Erzeugnisse einer hoch entwickelten Schmiedekunst. Jedes dieser Zeitalter hat es verstanden, eine eigene Formsprache des Eisens zu erzeugen, die mit den Steinformen der betreffenden Periode mehr oder weniger im Einklang war.

Zu Ende des achtzehnten und zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts geriet das gesamte Kunstgewerbe, vor allem die einst so blühende Schmiedekunst in Verfall. Dieser Niedergang war wohl zum Teil in den politischen Kämpfen jener Zeit begründet, hatte aber in ihnen wohl nicht seine einzige, und vielleicht nicht einmal seine wichtigste Ursache. Zunächst ist zu bedenken, daß jene Zeit in anderen Künsten, vor allem in der Dichtkunst und Musik das Größte geleistet hat. Sodann ist es sehr merkwürdig, daß eben jener Niedergang des Kunstgewerbes zeitlich fast genau mit den ersten Anfängen einer neuen Technik des Eisens zusammen fiel. Wir dürfen diese Tatsache dahin deuten, daß jene Zeit ihre besten Kräfte zur Entwicklung der neuen Eisentechnik verwendete, und daß vor allem aus diesem Grunde die alte Kunst wenig Beachtung und Förderung erhielt, ja sogar eine Zeitlang gänzlich in Verfall geriet.

Ein besonderer und sehr wichtiger Zweig der neueren Technik war die Gießerei. Wie bereits oben geschildert wurde, bestanden die ersten eisernen Brücken, namentlich aber die Bogenbrücken, größtenteils aus Gußeisen. Und so wurde damals auch in den Schmuckformen das Schmiedeeisen vom Gußeisen verdrängt. Die meisten Schmuckformen von Eisenkonstruktionen aus der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts bestanden aus Gußeisen. In künstlerischer Beziehung standen jene Formen lange Zeit unter dem Einflusse des Klassizismus, der ja in Deutschland namentlich durch Schinkel vertreten war. Als Beispiele von Bauwerken, die solche Kunstformen zeigen, seien die folgenden erwähnt.

Die eiserne Laufbrücke über den Stadtkanal in Potsdam wurde zur Verbindung der Kaiserstraße mit dem Wilhelmsplatz 1842 nach einem Entwurfe von Persius erbaut. Die

Hauptträger sind linsenförmige Balkenträger. Bemerkenswert sind die reich gehaltenen gußeisernen Geländer und die an beiden Enden aufgestellten Kandelaber.¹⁾

Stüler verwandte bei dem Bau des neuen Museums in Berlin gußeiserne Säulen und Bogenbinder als Traggerüst der gewölbten Decken, wobei freilich die Gußeisenglieder durch Messingblech und Gußzink verkleidet wurden. Die äußeren Formen stehen auch hier unter dem Einflusse der klassischen Kunst. In ähnlicher Weise, aber in größeren Verhältnissen sind die Säulen des großen Börsensaales in Berlin ausgebildet.²⁾

Der Einfluß des Klassizismus hat bei den Berliner Bauwerken noch lange nachgewirkt, er ist beispielsweise noch an den meisten aus Gußeisen hergestellten Säulen der Berliner Stadtbahn zu erkennen.³⁾ Auch viele gußeiserne Säulen von Bahnhofshallen zeigen derartige Stilformen, namentlich von solchen Hallen, wie sie in der Zusammenstellung 15, S. 23 aufgeführt sind.

Auch in Frankreich zeigte sich derselbe Einfluß historischer Stilformen, doch war man hier von vornherein bestrebt, in der Behandlung des Eisens eine freiere Auffassung geltend zu machen. Dies läßt sich beispielsweise schon aus den oben erwähnten Schöpfungen von Labrouste, der Bibliothèque Geneviève und Nationale erkennen. Bei der ersteren sind die Steinformen noch ziemlich streng gehalten; die Eisenformen, namentlich die gußeisernen durchbrochenen Bögen, zeigen dagegen ein freieres Spiel der Phantasie unter Anklängen an orientalische Bauten. Auch bei der Kirche St. Augustin in Paris sind die durchbrochenen gußeisernen Bögen ziemlich frei behandelt.

Schon frühzeitig kamen aber auch vereinzelte Fälle vor, in denen man den Einfluß der historischen Formen gänzlich oder nahezu ganz vermeiden wollte.

Als Beispiel hierfür sei zunächst die Halle des Paddington-Bahnhofes in London erwähnt.⁴⁾ Besonders bemerkenswert ist ferner der große Saal im naturhistorischen Museum in Paris. Die gußeisernen Säulen, Bögen, Kragträger und Gesimse zeigen durchaus das Bestreben, neue Formen zu erfinden. Im einzelnen betrachtet, sehen diese etwas fremdartig aus, aber im großen und ganzen ist der Eindruck doch sehr wirkungsvoll.⁵⁾

Eine noch eigenartigere Eisenarchitektur war an dem Hauptgebäude der Pariser Weltausstellung 1878 vorhanden. Die Hauptkonstruktionsteile waren aus Schmiedeeisen, die Schmuckformen dagegen aus Gußeisen hergestellt. Die Gesamtordnung ist bereits oben Seite 33 beschrieben. Die Vorderseite der Eisenpfeiler war durch breite lotrechte Randbleche eingerahmt; die dazwischen liegenden Flächen waren mit emaillierten Tontafeln in buntem Ornament bekleidet. Die Träger der Dachrinne waren ebenso wie die Hauptpfeiler aus Schmiedeeisen hergestellt. Dagegen bestanden die Bekrönung des Hauptgesimses und der über dieses

¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1852, S. 397. Mehrrens, Vorl. über Ing. Wiss. Eisenbrücken, Bd. I, S. 557.

²⁾ Meyer, Eisenbauten S. 112—113.

³⁾ Näheres über diese Säulen vergl. Zeitschr. f. Bauw. 1884, S. 357.

⁴⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1859, S. 307.

⁵⁾ Handbuch der Arch. IV. Teil, 6. Halbb., 4. Heft, S. 427 und III. Teil, 2. Bd., 2. Heft 1891, S. 318.

hinausragenden Pfeiler, sowie auch die das Hauptgesims scheinbar stützenden Konsolen aus Gußeisen. Der Gesamteindruck war auch hier fremdartig, da die Einzelformen von allen hergebrachten Stilarten durchaus abwichen. Dies gilt nicht nur von der hier beschriebenen Ausbildung der Längshallen, sondern namentlich auch von den mit Kuppeln gekrönten Eck- und Mittelbauten.¹⁾

Abgesehen von solchen Ausnahmen war aber doch im ganzen bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts in den Einzelformen die historische Stilauffassung vorwiegend. Diese zeigt sich auch häufig bei den eisernen Brückenportalen. Gewöhnlich wurden zwar die Portale in Haustein errichtet, doch finden sich auch nicht selten eiserne Portale, und zwar besonders bei Hängebrücken und solchen Trägerarten, die in ihren Umrißlinien den Hängebrücken ähnlich sind.

Eines der bekanntesten Beispiele für die historische Stilrichtung bieten die Portale der 1861 vollendeten Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Kehl (vergl. oben Seite 5 und Abb. 12). Sie sind aus Gußeisen in gotischem Stil unter getreuer Nachahmung der Steinformen ausgeführt. Jedes Portal ist seitlich durch zwei zierliche gotische Türmchen gekrönt. Ähnliche, aber niedrigere Türmchen erheben sich über den Mittelpfeilern.

Gleichfalls in gotischem Stil sind die eisernen Türme über den Mittelpfeilern des Kettensteges in Frankfurt a. M. errichtet. Bei diesen beiden Brücken war wohl die Erinnerung an bedeutende Bauwerke der Vergangenheit für die Verwendung gotischer Stilformen maßgebend; bei der Kehler Rheinbrücke die Anknüpfung an das in der Nähe befindliche Straßburger Münster, bei dem Frankfurter Kettensteg die Beziehung zu dem malerischen Städtebild am Mainufer mit seinen alten Bauten.

In freierer Behandlung finden sich Anklänge an mittelalterliche Formen bei den Portalen der 1894—95 erbauten großen Weserbrücke in Bremen (Abb. 27). Die etwas trutzigen Dächer dieser Portale haben eine gewisse Ähnlichkeit mit alten Stadttoren. Auch diese Anknüpfung war wohl durch die Umgebung der Brücke mit ihren zahlreichen historischen Baudenkmälern veranlaßt.

Bei der 1890 erbauten Friedrichbrücke in Mannheim sind die Pfeilerportale unter ziemlich getreuer Nachbildung der Renaissance-Steinformen ausgeführt (Abb. 27). Je zwei zusammengehörige Pfeiler sind durch einen großen Torbogen miteinander verbunden, der durch ein Gesims oben abgegrenzt ist. Obelisk bilden die Bekrönung der Pfeiler.

Die Portale der 1896 erbauten Straßenbrücke über den Rhein bei Kehl zeigen gleichfalls Renaissance-Formen, die den Steinbauten in etwas modernerer Auffassung nachgebildet sind.

Bemerkenswert ist ferner die Brücke der Berliner elektrischen Hochbahn über den Landwehrkanal und die Anhalter Bahn (Abb. 31). Der Überbau ist mit Trapezträgern von 71,5 m Stützweite ausgeführt. An den einzelnen Knotenpunkten des Obergurtes sind farbig emaillierte Eisenplatten angebracht. Der Schwerpunkt des Schmuckes ist auf die Endportale gelegt, die ähnlich der großen Weserbrücke in Bremen

Anklänge an mittelalterliche Stadttore, aber in freierer Behandlung zeigen. Seitlich sind sie durch Türmchen gekrönt. Das östliche Portal ist durch die Wappen der Städte Berlin, Schöneberg, Charlottenburg geschmückt.¹⁾

Eine wesentliche andere Art der Ausbildung hat der 1889—90 erbaute Schlütersteg in Berlin erfahren (Abb. 100). Hier ist jedes Portal durch zwei massige Steinobelisken gebildet, die in ihrem oberen Teil durch eine zierliche Schmiedearbeit in Barockformen verbunden sind. Die Hauptträger sind sogenannte Linsen- oder Fischbauchträger.

Bei dem oben Seite 9 erwähnten Kaisersteg in Oberschönweide sind an den Portalen über den Mittelpfeilern gleichfalls leichte Schmiedearbeiten (in gotischen Zierformen) angebracht (Abb. 24).

Die bisher erwähnten eisernen Portale zeigen sämtlich mehr oder weniger deutliche Anklänge an irgend welche historische Stilformen der Steinarchitektur oder der alten Schmiedekunst. In einigen Fällen wurde jedoch der Versuch gemacht, die Portale ganz frei von solchen geschichtlichen Erinnerungen auszubilden und ihre Erscheinung so gut als möglich mit der Konstruktionsart der Hauptträger in Einklang zu bringen. Dieses Bestreben läßt sich namentlich an den beiden neueren Budapester Brücken erkennen, nämlich bei der Franz-Joseph-Brücke und des Elisabethbrücke. Die erstere wurde 1896, die zweite 1903 vollendet (vergl. oben Seite 7 und 20, Abb. 28 und 108). Beide Portale zeigen einen gewissen Materialstil, der die Eigenart des Eisens besonders eindringlich hervorheben soll. Bei der Franz-Joseph-Brücke ist auch die Bedeutung der Portale als Bekrönungen der Mittelpfeiler und als wichtigste Punkte des ganzen Bauwerkes gut ausgedrückt.

Ähnlich wie bei den oben erwähnten Portalen war auch bei der Ausbildung der Geländer von Straßenbrücken die historische Stilauffassung vorwiegend. In den meisten Fällen wurden diese Geländer aus Gußeisen ausgeführt. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts fing aber auch die in Vergessenheit geratene Schmiedekunst wieder an, aufzublühen, und so finden wir etwa von den siebziger Jahren ab zuweilen auch schmiedeeiserne Geländer. Als Beispiele hierfür seien erwähnt die Marschall-Brücke und die Lützow-Brücke in Berlin, die anfangs der achtziger Jahre erbaut wurden. Die Geländer zeigen Renaissance-Formen, die damals überhaupt im Kunstgewerbe wie in der Architektur sehr beliebt waren.

Verhältnismäßig selten wurden im Hochbau Schmiedearbeiten zur Ausbildung von Schmuckformen bei größeren Eisenkonstruktionen verwendet. Als eigenartiges Beispiel hierfür sei die 1869—72 von Schadde erbaute Halle der Börse in Antwerpen erwähnt. Die Decke ist im allgemeinen nach drei Seiten eines Sechsecks gebildet und wird durch einen schmiedeeisernen Dachstuhl getragen. Dieser erinnert in seiner Konstruktion an die reichgeschmückten Holzdächer mit ihren kühnen Hänge- und Sprengwerken, wie sie viele englische Kirchen seit dem 15. Jahrhundert zeigen. Das reiche Laub und Blütenwerk, das sich über die Binderzwickel und Längsverbindungen hinwegrankt, ist in kunstvoller Weise als Handschmiedearbeit hergestellt.²⁾ Ebenso wie dieses

¹⁾ Deutsche Bauztg. 1001, S. 589; Z. d. Bauverw. 1912, S. 240.

²⁾ Handbuch der Arch. IV. Teil, 6. Halbb., 4. Heft 1906, S. 589 und 590; sowie III. Teil, 2. Bd., 2. Heft 1891, S. 296 und 297.

²⁾ Z. d. Bauverw. 1888, S. 153—156 und Zeitschr. f. Bauw. 1898, S. 161.

Bauwerk zeigt auch die gleichfalls von Schadde entworfene Bahnhofshalle in Brügge in ihren schmiedeeisernen Kunstformen Anklänge an den spätgotischen Stil.¹⁾

Stilgeschichtlich sind ferner besonders bemerkenswert die Gesimse größerer Eisenbauten. Hier sind hauptsächlich zwei Richtungen zu unterscheiden: entweder werden einzelne Konstruktionsglieder, wie z. B. die vorkragende Dachrinne, als Abschluß verwendet, dabei aber nur an

einigen, besonders hervorzuhebenden Stellen mit Ziergliedern versehen, oder aber es werden die Hausteine-Formen auf das Eisen übertragen. Die erstere Art der Ausbildung findet sich hauptsächlich bei Gesimsen aus Schmiedeeisen (neuerdings Flußeisen), die zweite bei Gesimsen aus Gußeisen. Zahlreiche Beispiele für beide Arten finden sich im Handbuch der Architektur III. Teil, 2. Band, 2. Heft, Kapitel 21, S. 285—343.

II.

Kritische Würdigung.

A. Kritik der Konstruktionsformen.

Es ist uns die Aufgabe gestellt, die in verschiedenen Kulturländern ausgeführten Eisenkonstruktionen, soweit sie in ästhetischer Hinsicht von Bedeutung sind, einer kritischen Würdigung zu unterziehen, d. h. wir sollen sie ihrem künstlerischen Werte nach beurteilen, gleichsam sie wägen, einen Maßstab an sie anlegen. Das ist zunächst möglich auf dem Wege des Vergleichs. Womit sollen wir aber unsere Eisenkonstruktionen vergleichen? Offenbar weichen sie von den aus Holz und Stein errichteten Bauwerken oder Bauteilen so wesentlich ab, daß es sehr schwer, ja fast unmöglich ist, für die ästhetische Bewertung dieser verschiedenen Bauarten gemeinsame Vergleichspunkte zu gewinnen. Es ist daher der beste Weg, wenn wir die verschiedenen Arten von Eisenkonstruktionen unter sich vergleichen. Die übrigen Bauweisen wollen wir nur so weit in Betracht ziehen, als sie irgendwie mit dem Eisen in räumlichen und konstruktiven Zusammenhang gebracht worden sind, und auch nur insoweit, als es sich um die ästhetischen Beziehungen zwischen den Eisenkonstruktionen und den aus anderen Stoffen bestehenden Bauteilen oder Bauwerken handelt.

1. Brückenbau.

a) Allgemeines.

Im Brückenbau haben wir die drei großen Gruppen: Hängebrücken, Bogenbrücken, Balkenbrücken unterschieden. Die beiden erstgenannten Arten von Brücken sind offenbar den Balkenbrücken weit überlegen. Man vergleiche beispielsweise die Rheinbrücken bei Coblenz, Mainz, Bonn, Düsseldorf, Worms mit den etwas älteren Balkenbrücken: Rheinbrücken bei Mannheim und Düsseldorf, Elbbrücken bei Barby und Lauenburg, dann fällt sogleich die große Überlegenheit der Bogenbrücken ins Auge. Es fragt sich nun, aus welchem Grunde wir den Bogenbrücken den Vorzug geben. Ich erblicke diesen Grund darin, daß bei den Bogen- und Hängebrücken ein einziger, sehr einfacher Grundgedanke das ganze Bauwerk gewissermaßen beherrscht, nämlich die mehr oder weniger gekrümmte Linie. Haben wir eine einzige Bogen- oder Hängegurtung, dann ist das Vorherrschen der krummen Linie ohne weiteres klar, denn wir haben außer ihr nur die im wesentlichen gerade Fahrbahn, im übrigen

aber ein System von lotrechten Stäben, das zur Übertragung der Lasten auf die gekrümmte Gurtung dient. Haben wir aber zwei als verschiedene Linien hervortretende Gurtungen, dann ist die krumme Linie erst recht stark betont, indem die beiden Gurtungen in sehr naher räumlicher Beziehung zueinander stehen. In sehr vielen derartigen Fällen läßt sich auch behaupten, daß das bereits in der Einleitung erwähnte Gesetz der Harmonie vielleicht unbewußt angewendet sei, insofern als nämlich eine und dieselbe Art von krummen Linien unter verschiedenen Bedingungen mit wechselndem Abstand der Gurtungen angewendet worden ist. Wir haben also hier eine „Einheit des Mannigfaltigen“. Wie dem auch sei, jedenfalls ist bei den Bogen- und Hängebrücken die krumme Linie der das ganze Bauwerk beherrschende Gedanke, der ihm seinen Charakter verleiht.

Ganz anders liegt die Sache bei den Balkenbrücken. Zwar sind auch bei diesen gekrümmte Gurtungen oft angewandt, aber diese Krümmungen sind nicht derart tonangebend, wie bei den Bogen- und Hängebrücken. Zumeist haben die Gurtungen bei den Balkenbrücken einen großen Abstand voneinander und die so gebildete breite Fläche ist durch ein System von Stäben ausgefüllt, das dem Auge in den meisten Fällen wenig Erfreuliches oder Interessantes bietet. Dieses System, die „Wandgliederung“ überwiegt für die ästhetische Betrachtung so stark, daß ihm gegenüber die gekrümmte Gurtung nicht genügend zur Geltung kommt.

Die Bogen- und Hängebrücken wirken also in ästhetischer Hinsicht deshalb günstiger als die Balkenbrücken, weil bei den ersteren ein sehr einfacher Grundgedanke vorherrscht, der es dem Beschauer ermöglicht, sich leicht in das ganze Bauwerk hineinzudenken, oder besser gesagt — sich hineinzufühlen, sich hineinzuleben. Bei den Balkenbrücken ist ein solches Sichhineinfühlen sehr viel schwieriger.

b) Balkenbrücken.

Trotzdem bietet auch die Entwicklung der Balkenbrücken in ästhetischer Hinsicht manches Beachtenswerte.

Vollwandige Balkenträger von sehr großen Abmessungen wirken zwar ruhiger als gegliederte Träger, aber zugleich auch etwas eintönig, weil den langen und breiten Flächen die Abwechslung fehlt. Die in großen Abständen angebrachten lotrechten Versteifungswinkel treten viel zu wenig in die Erscheinung, als daß sie eine bemerkenswerte Gliederung der Ansichtsflächen hervorbringen könnten.

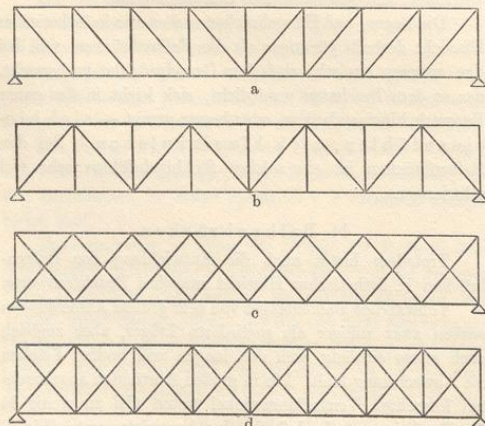
¹⁾ Z. d. Bauverw. 1887, S. 282 und Handb. d. Arch. III, 2, 1891, S. 307.

Vollwandige Träger von so großen Stützweiten wie die der Britanniabridge (Seite 4) werden jedenfalls heute nicht mehr ausgeführt, weil der Mehraufwand an Eisen gegenüber den gegliederten Trägern zu groß wäre. In den letzten 10–20 Jahren machten sich aber Bestrebungen geltend, das Anwendungsgebiet der Blechträger wieder mehr zu erweitern, wobei technische Rücksichten (einfache Herstellung, billige Unterhaltung) wohl in erster Linie maßgebend waren. Aber auch in ästhetischer Hinsicht ist dieser Vorgang nicht ohne Bedeutung. Wenn auch die breiten Flächen der vollwandigen Träger etwas einförmig sind, so wirken sie doch bei größerer Länge des Bauwerkes sehr monumental.

Inwieweit jedoch bei neuen Bauwerken vollwandige Träger den Vorzug verdienen, darüber lassen sich allgemeine Regeln schwer geben. Soweit überhaupt ästhetische Rücksichten in Frage kommen, sind namentlich drei Punkte hier zu beachten, nämlich das Verhältnis des Bauwerkes zu seiner Umgebung, ferner das Verhältnis von Stütze zur Last, von Pfeiler zu Träger und schließlich die farbige Behandlung der Trägerflächen.

In der geschichtlichen Entwicklung bedeutet der Übergang von den vollwandigen Trägern mit großen Stützweiten zu den engmaschigen Gitterträgern zwar in technischer Hinsicht einen Fortschritt, in ästhetischer Beziehung aber eher einen Rückschritt. Während die ganz vollwandigen Träger etwas einförmig aussehen, wirken die eng beieinanderliegenden Diagonalstäbe der Gitterwände namentlich deshalb sehr unruhig, weil die in der perspektivischen Ansicht einander naheliegenden Gitterstäbe beider Hauptträger an verschiedenen Stellen der Brücke verschiedene gegenseitige Lage haben und deshalb ganz verschiedene Bilder zeigen. Es ist mir dieser Umstand namentlich bei der alten Kölner Rheinbrücke aufgefallen.

Im Laufe der weiteren Entwicklung machte sich bekanntlich immer mehr das Bestreben nach einfacher, übersichtlicher Gliederung der Tragwände, sowie nach großen Abständen der einzelnen Glieder geltend. Diese Änderung bedeutet einen großen Fortschritt nicht nur in technischer, sondern auch in ästhetischer Hinsicht.



7. Fachwerkgliederungen einfacher Balkenträger.

Von den neueren Trägeranordnungen verdienen namentlich das Ständer- und Strebenfachwerk mit einfachen und mit gekreuzten Diagonalen Beachtung. Das etwa bis Mitte der neunziger Jahre bei kleineren und mittleren Stützweiten vorzugsweise verwendete einfache Ständerfachwerk (Abb. 7a), wirkt ruhiger als das Strebenfachwerk (Abb. 7b) weil bei dem ersteren und bei parallelen Gurtungen die Richtung der Diagonalen stets dieselbe bleibt. Auch bei den gewöhnlich schwachen Krümmungen der Obergurte einfacher Balkenträger ändert sich die Richtung der Diagonalen eines Ständerfachwerks nur wenig. Bei dem Strebenfachwerk ändert sich dagegen die Richtung der Diagonalen von Feld zu Feld; diese Anordnung wirkt also unruhiger. Es ist aber in vielen Fällen gerade sehr erwünscht, durch die Wandgliederung den Gesamteindruck etwas zu beleben, namentlich bei Parallelträgern und bei Trägern mit schwach gekrümmtem Obergurt, deren Umrißlinien einfach, aber auch etwas eintönig sind. Wohl aus diesem Grunde wird neuerdings dem einfachen Strebenfachwerk zumeist der Vorzug gegeben. Der Materialaufwand ist in beiden Fällen ungefähr gleich groß.

Noch etwas unruhiger und bewegter wirkt das Strebenfachwerk mit gekreuzten Diagonalen (Abb. 7c), weil hier die beiden Strebenzüge sich in jedem Felde schneiden. Diese Anordnung hat aber den Vorzug, daß jedes Feld für sich eine symmetrische Figur bildet. Ist die Feldweite ungefähr gleich der Trägerhöhe, dann wirken somit die gekreuzten Diagonalen oft günstiger als die einfachen. Ist aber die Feldweite erheblich kleiner, als die Trägerhöhe, dann zeigen die gekreuzten Diagonalen doch ein etwas zu unruhiges Bild. Beispielsweise gilt dieses von den unter Nr. 5, 10, 11 und 12 der Zusammenstellung 2 aufgeführten Bauwerken (Seite 6 und Einschlagtafel I im Atlas). Immerhin ist der Gesamteindruck erheblich günstiger als bei den älteren Wandgliederungen mit doppeltem oder dreifachem Ständerfachwerk (N. 1–4, 7–9 der Zusammenstellung 2, Seite 6).

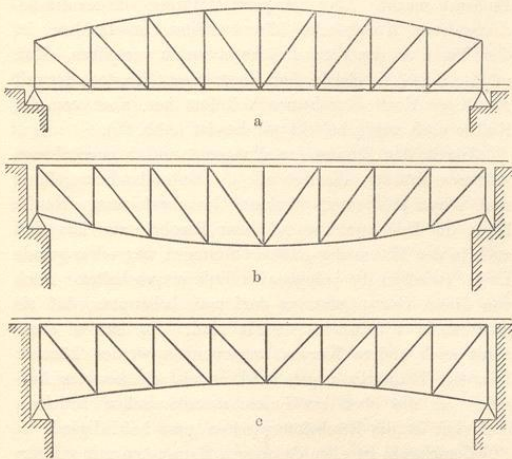
Das Ständerfachwerk mit gekreuzten Diagonalen (Abb. 7d) wurde in neuerer Zeit seltener ausgeführt, als früher, kommt aber doch zuweilen vor. Es wirkt etwas ruhiger, als das Strebenfachwerk mit gekreuzten Diagonalen, weil durch die eingefügten Pfosten zwischen je zwei Feldern eine gewisse Trennung gebildet wird und somit die einzelnen Felder sich mehr als geschlossene Teile des Ganzen voneinander abheben. Diese Anordnung eignet sich namentlich für Träger mit großer Höhe und Feldweite. Nur bei einer sehr großen Zahl von Feldern wirkt sie etwas einförmig.

Bei Trägern mit großen Stützweiten (von etwa 80 m ab) entsteht bekanntlich die Schwierigkeit, daß mit Rücksicht auf die Trägerhöhe eine große, mit Rücksicht auf die Ausbildung der Fahrbahn jedoch eine kleinere Feldweite erwünscht ist. In früherer Zeit (etwa bis Mitte der achtziger Jahre) hat man diese Schwierigkeit gewöhnlich durch die mehrfachen Systeme beseitigt (vergl. Nr. 1–4, 7–9 der Zusammenstellung 2). Diese Anordnung zeigt aber neben technischen Nachteilen ein ungünstiges Aussehen. Die zahlreichen, schiefwinkligen Überschneidungen der Pfosten und Schrägstäbe wirken unruhig und wegen ihrer unsymmetrischen Anordnung nicht vorteilhaft.

Die in neuerer Zeit bei großen Stützweiten und Träger-

höhen vielfach verwendeten Zwischenkonstruktionen verhalten sich sowohl in technischer, wie auch in ästhetischer Hinsicht erheblich günstiger. Dieses Hilfsmittel ist bei dem einfachen Ständerfachwerk wie bei dem einfachen Strebenfachwerk verwendet worden. Die letztere Anordnung zeigt aber mehr Symmetrie und wirkt deshalb entschieden vorteilhafter als die ersteren.

Einen weiteren erheblichen Fortschritt in technischer und zugleich auch in ästhetischer Hinsicht bedeutet die Einführung gekrümmter Gurtungen an Stelle der wagrechten geraden und deshalb eintönigen Begrenzungslinien. Bei den Trägern mit einem geraden und einem gekrümmten Gurt ist in der Regel der ungefähr in gleicher Höhe mit der Fahrbahn liegende Gurt gerade, der andere gekrümmt ausgeführt, so daß bei obenliegender Fahrbahn der Obergurt, bei untenliegender Fahrbahn der Untergurt gerade verläuft. Diese beiden Anordnungen verhalten sich in ästhetischer Hinsicht sehr verschieden.



8. Einfache Balkenträger mit gekrümmten Gurtungen.

Zunächst ist zu beachten, daß im allgemeinen die Bauart mit untenliegenden Hauptträgern und mit hochliegender Fahrbahn in technischer und in ästhetischer Beziehung sich günstiger verhält als die umgekehrte Anordnung. Abgesehen von diesem Umstande ist jedoch bei den oben erwähnten Trägerarten die Wirkung des Trägerbildes an sich vorteilhafter, wenn die Obergurte der Hauptträger nach oben konvex gekrümmt sind. Der Beschauer hat somit den Eindruck, daß der Bogen der Last entgegenwirkt (Abb. 8a). Liegt aber die Fahrbahn oberhalb der Hauptträger und ist der Untergurt gekrümmt, so verläuft diese Krümmung nach unten konvex. Der Beschauer hat alsdann den Eindruck, als ob der Bogen der Last nachgäbe (Abb. 8b). Um diesen Eindruck zu vermeiden, empfiehlt es sich, in derartigen Fällen auf eine Krümmung des Untergurtes zu verzichten, also Parallelträger auszuführen, oder sogar noch dem Untergurt eine geringe eben noch sichtbare Krümmung nach oben zu geben (Abb. 8c). Der Materialaufwand wird dann vielleicht etwas größer, aber die Gesamterscheinung günstiger. Noch besser wirkt natürlich die Anordnung von Bogenträgern.

Ein nach unten durchhängender Untergurt findet sich z. B. bei der 1903–1904 erbauten Eisenbahnbrücke über die Hotzenplotz bei Deutsch-Rasselwitz in Oberschlesien.¹⁾ Die Stützweite der Mittelöffnung beträgt 85 m. Der Gesamteindruck ist wenig befriedigend. Eine bessere Wirkung wäre erzielt worden, wenn man die Untergurte nach unten etwas konkav ausgebildet hätte. Der geringe Mehraufwand an Eisen wäre zum Teil durch die kleinere Pfeilerhöhe wieder ausgeglichen worden.

Unter den Trägerformen mit einem geraden und einem gekrümmten Gurt haben wir die Schwedler-Träger als baugeschichtlich interessante Trägerart kennen gelernt (vergl. oben Seite 5). Ihr Aussehen ist freilich wenig vorteilhaft, ja beinahe unschön. Das soll übrigens Schwedler selbst zugegeben haben (vergl. Mehrtens S. 564).

Träger mit zwei gekrümmten Gurtungen, die über den Auflagern zu einem spitzen Ende zusammenlaufen (Linsen- oder Fischbauchträger), werden heute nur noch selten ausgeführt. Zu ihnen gehören auch die Pauli-Träger (vergl. Seite 5). Derartige Formen wirken gleichfalls wenig befriedigend, obgleich in den meisten Fällen durch die über oder unter den Trägern liegende Fahrbahn der ungünstige Eindruck der Linsenform weniger stark hervortritt, als wenn die Fahrbahn in halber Höhe den Träger durchschneite.

Erheblich günstiger als solche Anordnungen wirken die Linsenträger mit abgestumpften Enden, wie sie z. B. bei den neueren Brücken über die Weichsel bei Dirschau und über die Nogai bei Marienburg verwendet wurden (vergl. Nr. 10 und 11 der Zusammenstellung 2, Seite 6 und Abb. 14). Da im Gesamtbilde dieser Brücken die Fahrbahn den unteren Abschluß der ganzen Konstruktion darstellt, so ist der Gesamteindruck nicht sehr verschieden von den Trägern mit einem gekrümmten Obergurt und einem geraden Untergurt. In derartigen Fällen sind bei großen Stützweiten die sogenannten Halbparabelträger die in praktischer und ästhetischer Beziehung günstigste Bauart, sofern überhaupt einfache Balkenträger in Frage kommen.

Besonders wichtig für die ästhetische Wirkung ist auch das Verhältnis der Höhe zur Stützweite. Nach Schaper (2. Aufl., S. 93) ist die zweckmäßigste Höhe bei Parallel- und Trapezträgern etwa zu $\frac{1}{8}$ der Stützweite, bei Halbparabel- und Parabelträgern zu $\frac{1}{6}$ der Stützweite ermittelt worden. Die Höhen früher ausgeführter Brücken sind hiernach in der Regel zu niedrig gewählt. Hierbei ist aber zu bedenken, daß mit Rücksicht auf das Aussehen eher eine niedrige Trägerhöhe erwünscht ist. Vielleicht haben derartige Erwägungen bei Aufstellung der Entwürfe oft mitgewirkt. Man darf aber behaupten, daß abgesehen von sonstigen Einflüssen, die Wirkung des Trägerbildes um so gefälliger wird, je niedriger die Trägerhöhe gewählt ist.

Es sei hier noch auf eine Frage hingewiesen, die bei einfachen Balkenträgern zwar nicht in erster Linie in Betracht kommt, aber doch nicht ganz ohne Bedeutung ist, nämlich die Wahl der Kurve für die gekrümmte Gurtung. In der Regel wird wohl für diese eine Parabel gewählt, zuweilen auch ein Kreisbogen oder eine Ellipse. Im allgemeinen ist die Wahl der Kurve rein technisch betrachtet ziemlich

¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1904, S. 587.

gleichgültig. Ob eine Ellipse, Parabel oder sonstige Kurve gewählt wird, unterliegt im wesentlichen der Willkür des Entwerfenden. Eine theoretische Grundlage für die Berechnung der Kurve gibt es heute nicht mehr, nachdem die von Schwedler und von Pauli eingeschlagenen Wege zur Bestimmung der Gurtungsform schon längst wieder verlassen sind.

Eine besonders wichtige Frage ist schließlich noch die Form des Abschlusses der Träger über den Auflagern. Da jedoch bei den künstlerisch und geschichtlich bedeutungsvollsten Bauwerken diese Frage mit der Beziehung zwischen Eisen und Mauerwerk innig zusammenhängt, so sollen die Endausbildungen in einem späteren Abschnitte behandelt werden.

Die Betrachtungen über die einfachen Balkenträger lassen sich wie folgt zusammenfassen: Im Laufe der Entwicklung haben sich gewisse Trägertypen herausgebildet, die man im großen und ganzen wohl als die zweckmäßigsten bezeichnen kann. Im einzelnen aber — Trägerhöhe, Feldweite, Art der Wandgliederung, Form der gekrümmten Gurtung — ist ein gewisser Spielraum vorhanden, innerhalb dessen der Entwerfende frei verfügen kann.

Außer den einfachen Balkenträgern spielen in der geschichtlichen Entwicklung des Brückenbaues bis heute die auf mehreren Stützen ruhenden Träger eine sehr wichtige Rolle, und zwar namentlich die sogenannten Auslegerträger, auch Kragträger oder Gerberträger genannt. Häufig sind diese Träger mit parallelen Gurtungen ausgebildet; die äußere Erscheinung unterscheidet sich dann kaum von den einfachen Parallelträgern. Uns beschäftigen hier vor allem die Auslegerträger und durchgehenden Träger mit nicht parallelen Gurtungen, wie sie bei größeren Brücken die Regel bilden (vergl. Zusammenstellungen 3—5, Seite 7, 8, 9). Die Umrisse dieser Träger zeigen eine große Mannigfaltigkeit der Formen. Es ist für den Brückenbauer lehrreich und wichtig, die Erwägungen sich klarzumachen, die bei der Aufstellung der Entwürfe von derartigen Bauwerken vermutlich angestellt worden sind. Die meisten Veröffentlichungen enthalten hierüber nur vereinzelte Angaben. Wir können im wesentlichen drei verschiedene Anschauungen oder Verfahren unterscheiden:

Erstes Verfahren. Die Form der Gurtungen wird innerhalb gewisser Grenzen willkürlich gewählt. Hierbei ist die Bezeichnung „willkürlich“ selbstverständlich nicht absolut, sondern nur relativ aufzufassen. Es soll nicht behauptet werden, daß die Verfasser der Entwürfe planlos gearbeitet haben, sondern nur daß sie sich begnügten, wenn die Form im großen und ganzen zweckmäßig gewählt war. Beispielsweise ist leicht einzusehen, daß bei der Brücke über den Firth of Fort die Trägerhöhen über den Auflagern der Kragträger viel größer sein mußten, als über den Enden der Kragarme. Auch ist es begreiflich, daß man den Untergurten der Kragarme eine leichte Krümmung nach oben gab, um die lichte Durchflußhöhe auch an den seitlichen Stellen möglichst groß zu erhalten. Daß aber die Obergurte geradlinig ausgeführt wurden, war durchaus nicht unbedingt erforderlich; man hätte sie ebenso gut nach irgend einer konkaven oder konvexen Krümmung ausführen können.

Auch amerikanische Brücken zeigen vielfach geradlinige Umgrenzungen, die nur an einzelnen Punkten einen Knick aufweisen, z. B. die unter Nr. 1—3 der Zusammenstellung 3 aufgeführten Brücken. In den meisten Fällen verdankten wohl diese Formen ihr Entstehen praktischen Erwägungen. Man suchte eine möglichst einfache Form und wählte die geradlinige. Es läßt sich aber keineswegs behaupten, daß die Form nun ganz genau so und durchaus nicht anders hätte ausfallen dürfen. Derartige Formen sehen wohl etwas nüchtern aus, geben aber dem Bauwerk doch ein bestimmtes charakteristisches Aussehen. Immerhin ist das Lob, das wir solchen Bauwerken vom ästhetischen Standpunkte aus spenden können, nur in sehr bedingter Weise gültig. Wir bewundern hauptsächlich die großen Abmessungen, die Tatkraft und den Mut ihrer Erbauer. Aber daß solche Brücken schön seien, wird doch nicht behauptet werden dürfen. Was z. B. die Forth-Brücke betrifft, so läßt sich nicht leugnen, daß sie als Ganzes einen großartigen, ja überwältigenden Eindruck macht. Aber von jener Wirkung, wie sie die bedeutendsten Kunstwerke älterer Zeiten ausstrahlen, ist doch kaum an der Forth-Brücke etwas zu verspüren. Man möchte sagen, sie gleicht dem Werk eines Giganten, der mit gewaltiger Kraft Ungeheures vollführt hat, aber von der Kultur noch wenig beleckt worden ist (Abb. 20).

Die in den Zusammenstellungen 4 und 5 angegebenen kleineren Brücken, die fast alle in Deutschland ausgeführt sind, zeigen größtenteils konkave Gurtungsformen. Häufig liegen die Knotenpunkte auf einer Parabel; zuweilen sind auch in den Mitten der großen Öffnungen wagrechte gerade Linien zwischen die polygonalen Teile eingeschaltet. Auch von diesen Gurtungsformen darf man behaupten, daß sie größtenteils willkürlich gewählt sind. Es hätten ebenso gut auch andere Kurven angenommen werden können. Derartige Bauwerke zeigen wohl zumeist ein besseres Aussehen als die oben erwähnten amerikanischen Brücken; immerhin ist die Erscheinung selten ganz befriedigend.

Gemeinsam ist allen derartigen Bauwerken mit willkürlicher Linienführung das Fehlen einer theoretischen Grundlage für die Bestimmung der Form.

Zweites Verfahren. Die Gurtungsform wird so bestimmt, daß die Trägerhöhe ungefähr proportional dem an jeder Stelle auftretenden größten Biegemoment ist. Offenbar beruht ein solches Verfahren auf der Anschauung, daß die Form eine möglichst zweckmäßige Konstruktion des Bauwerks ergeben solle und daß diese zweckmäßigste Form auf Grund der Rechnung zu finden sei. Es ist bekanntlich für das Entwerfen der Einzelheiten in mehrfacher Beziehung vorteilhaft, wenn die größten Gurtkräfte überall nahezu gleich sind, also die Gurtungen überall gleichen Querschnitt aufweisen.

Ehe wir eine Kritik dieses Verfahrens üben, sei zunächst darauf hingewiesen, daß bei den meisten bis jetzt ausgeführten Trägerarten und Trägerformen die Gurtspannkraft und somit die Gurtquerschnitte voneinander sehr verschieden sind (vergl. z. B. Schaper, 2. Aufl. S. 103). Namentlich gilt dies von den an Zahl weitaus überwiegenden einfachen Balkenträgern. Eine Ausnahme machen hiervon nur die oben erwähnten Pauli-Träger. Aber diese sind doch

nur verhältnismäßig selten ausgeführt und in der heutigen Praxis spielen sie keine Rolle mehr. In den allermeisten Fällen verzichtet man also ohne weiteres auf die Forderung gleicher Gurtquerschnitte. Und es bietet ja auch keine nennenswerten Schwierigkeiten, die Querschnitte den stark wechselnden Spannkraften anzupassen.

Sehr wichtig ist jedoch die Frage, ob man durch das angegebene Verfahren ein vorteilhaftes Aussehen der Trägerform erzielen kann. Und das erscheint zum mindesten sehr zweifelhaft. Bei der Donaubrücke bei Czernavoda sind beispielsweise die Trägerumrisse offenbar so bestimmt worden, daß die Gurtquerschnitte überall möglichst gleich groß sind. Aber die Gesamtformen dieser Brücke wirken geradezu unschön. Dies rührt hauptsächlich von dem scharfen Wechsel der Krümmung an den Gelenkpunkten her. Die Kurve der größten Momente ist nämlich längs des Kragarmes nach oben konkav, für das eingehängte Trägerstück nach oben konvex, und so entsteht jene plötzliche Änderung der Krümmung an den Gelenkpunkten.

Ein anderes, sehr bekanntes Beispiel bildet die Straßenbrücke über den Rhein zwischen Ruhrort und Homberg (Zusammenstellung 3, Nr. 8, Seite 7 und Abb. 41). Die Trägerhöhen wurden so gewählt, daß in der Mitte des 135 m langen eingehängten Trägers der Mittelöffnung nahezu das gleiche Widerstandsmoment, wie über den nächstliegenden Pylonen vorhanden ist. Auch im übrigen wurde die Gestalt des Obergurts tunlichst der Kurve der Maximalmomente angepaßt. Der Entwurf ist im ganzen wie im einzelnen, in theoretischer wie in praktischer Hinsicht mit außerordentlicher Sorgfalt durchgearbeitet und das fertige Bauwerk stellt ein hervorragendes Erzeugnis deutscher Brückenbaukunst dar. In ästhetischer Beziehung kann aber dem Bauwerk ein solches Lob nicht gespendet werden. Wenn auch ein scharfer Knick an den Gelenkstellen (im Gegensatz zu der oben erwähnten Donaubrücke) glücklich vermieden wurde, so wirkt doch der Gesamteindruck recht nüchtern und reizlos — namentlich im Vergleich zu den neueren Bogenbrücken.

Eine in psychologischer Hinsicht interessante Kritik dieses Bauwerks findet sich in einer ausführlichen Beschreibung Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure 1907, S. 731. Es heißt dort unter anderem:

„..... Das Ästhetische der Brückenkonstruktion wird durch ihre statischen Systeme festgelegt; es decken sich Form und Inhalt durch das Wesen des leitenden Konstruktionsgedankens, der fordert: mit einem Kleinstaufwand von Baustoff, d. i. mit dem geringsten Gewicht, die auftretenden Kräfte und Spannungen zu beherrschen. Bei der großen Längenausdehnung fügt sich die Eisenkonstruktion harmonisch in das Landschaftsbild“

Auch abgesehen von der unklaren Ausdrucksweise sind die in jenem Aufsätze geäußerten Anschauungen nach meiner Ansicht durchaus unzutreffend. Wenn die Form der Träger lediglich durch die statischen Erwägungen festgelegt wäre; wenn die statischen Gesetze genau vorschrieben, daß die Form so und nicht anders gewählt werden müsse, dann könnte man vielleicht vermuten, daß das Ergebnis auch in ästhetischem Sinne befriedigen müsse. Die Voraussetzung trifft

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

aber nicht zu, denn es gibt für jede derartige Aufgabe unendlich viele statisch mögliche und statisch richtige Lösungen. Und wenn des weiteren behauptet wird, daß eine ästhetisch günstige Lösung bei einem Kleinstaufwand an Baustoff erzielt wird, so fehlt dafür jeglicher Beweis. Es ist auch gar nicht erwiesen, daß der Materialaufwand tatsächlich am geringsten wird, wenn die Trägerhöhe den Biegemomenten proportional ist. Aber selbst wenn wir diese Behauptung zugeben wollten, dann folgt hieraus noch keineswegs, daß bei dem angegebenen Verfahren ein in künstlerischem Sinne befriedigendes Aussehen erzielt wird. Ja, man darf viel eher umgekehrt behaupten: das wenig befriedigende Aussehen der erwähnten, nach jener Regel entworfenen Bauwerke zeigt, daß der eingeschlagene Weg nicht empfehlenswert ist. Dieser Weg ist vor allem deshalb nicht der richtige, weil man bei der Bestimmung der Gesamtform von einer im Grunde willkürlich gewählten, konstruktiven Einzelforderung ausgegangen ist, ohne auf die ästhetische Wirkung des Gesamtbildes hinreichendes Augenmerk zu richten.

Drittes Verfahren. Die Gurtungsform wird vorwiegend nach ästhetischen Erwägungen angenommen. Einem derartigen Vorgehen liegt die richtige Anschauung zu Grunde, daß es mit Rücksicht auf die Standfestigkeit und auf die sonstigen praktischen Forderungen einigermaßen gleichgültig ist, welche Form gewählt wird, daß also diese innerhalb gewisser Grenzen beliebig gewählt werden darf.

Diese Auffassung war wohl augenscheinlich vertreten bei der Bearbeitung des Entwurfes für die Franz-Joseph-Brücke in Budapest (Zusammenstellung 3, Nr. 7; Abb. 23 u. 28). Die Gesamterscheinung dieser Brücke ist sehr gefällig, ja man darf sie zu den schönsten überhaupt ausgeführten eisernen Bauwerken zählen. Es ist aber nicht ganz leicht, zu sagen, worauf diese Schönheit beruht; hauptsächlich mögen folgende Gründe mitwirken:

1. das stetige Ansteigen der Fahrbahn von beiden Enden nach der Mitte;
2. die im Verhältnis zur Stützweite sehr geringe Trägerhöhe in der Mitte der großen Öffnung; diese Anordnung verleiht dem Bauwerk einen sehr kühnen und leichten Eindruck;
3. der Umstand, daß nicht nur die oberen, sondern auch die unteren Gurtungen gekrümmt sind. Hierdurch wird der die Linien der Hauptträger-Obergurte bestimmende Grundgedanke unterhalb der Fahrbahn, aber hier in schwächerem Grade wiederholt.
4. Die schlanke und nach oben sich allmählich verjüngende Form der Pfosten über den Mittelpfeilern.

Es kann aber andererseits auch nicht geleugnet werden, daß der wichtigste, unter 2 erwähnte Vorzug der ästhetischen Wirkung durch konstruktive Mängel erkaufte worden ist, nämlich durch die verhältnismäßig große Länge der Kragarme und die geringe Trägerhöhe des eingehängten Mittelstücks. Bei den gewählten Abmessungen müssen die elastischen Durchbiegungen und Schwankungen schon recht erheblich ausfallen.

Dieselbe grundsätzliche Anschauung, daß die Form vorwiegend nach ästhetischen Rücksichten zu bestimmen sei, findet sich bei dem von Müller-Breslau erbauten Kaisersteg

bei Oberschöneweide (vergl. oben Seite 9 und Abb. 25). In dieser Absicht verwandte der Verfasser des Entwurfs zwei Mittel: die Einfügung eines Spannbogens in dem mittleren Teile der Hauptöffnung und eine besondere Art der Linienführung der Hauptgurtungen. In der Nähe der Mittelstützen sind ähnlich wie bei den Trägern der Zusammenstellung 5, Seite 9 besondere, nach oben etwas konkav gekrümmte Gurtungen angeordnet, die den oberen Abschluß des versteifenden Fachwerks bilden und den Zweck haben, eine übermäßige Länge der Diagonalen zu vermeiden. In der Mittelloffnung werden die Linien dieser beiden Gurtungen durch den erwähnten Spannbogen miteinander verbunden. Da dieser nach oben konvex ist, tritt an seinen beiden Enden ein Wechsel der Krümmung ein. Hierdurch erhält das ganze Trägerbild ein bewegtes und lebendiges Aussehen; es gleicht in dieser Hinsicht etwas den Lohse'schen Hängebrücken bei Hamburg, bei denen ebenfalls die aneinander gereihten Bogen- und Hängegurtungen als Wellenlinien erscheinen. Dieser Eindruck ist wohl deshalb besonders beachtenswert, weil die meisten übrigen Auslegerbrücken ziemlich nüchtern aussehen.

Das andere Mittel, dessen sich der Verfasser des Entwurfs bediente, ist die besondere Form des Hängegurtes als Kettenlinie für eine nach den Kämpfern hin allmählich zunehmende Belastung. Offenbar ist diese Form lediglich aus ästhetischen Gründen gewählt, wie auch aus einer Bemerkung desselben Verfassers in seiner „graphischen Statik der Baukonstruktionen“ hervorgeht. (Band 1, 4. Aufl. 1905, S. 427). Allerdings ist der Unterschied zwischen dieser Kettenlinie und einer gewöhnlichen annähernd nach der Parabel geformten Hängegurtung nicht so groß, daß er besonders deutlich in die Augen fiel. Jedenfalls tritt die oben erwähnte, durch den Spannbogen nebst anschließenden Gurtungen gebildete Wellenlinie erheblich stärker in dem Gesamtbilde des Trägers hervor. Gleichwohl verdient der erwähnte Versuch, der Gurtung eine mehr eigenartige und weniger stereotype Form zu geben, besondere Beachtung.

Als Ergebnis dieser Betrachtungen läßt sich folgendes feststellen: Allgemeine Übereinstimmung über die zu wählenden Formen von Auslegerträgern ist bis heute bei den ausführenden Brückenbauern noch nicht erzielt; vielmehr herrscht gerade auf dieser für die künstlerische Wirkung so wichtigen Frage ein hoher Grad von Willkür und Unsicherheit. Wenn auch die eine Autorität mehr diese, die andere mehr jene Ansicht vertritt, so scheint doch keine dieser Anschauungen bis jetzt allgemein durchgedrungen zu sein. Ähnliches gilt auch von den Formen der gelenklosen durchgehenden Träger. Auch für diese gibt es bis jetzt noch keine allgemein anerkannten Regeln.

Bei dieser Sachlage sind wir berechtigt, das zuletzt erwähnte Verfahren — Bestimmung der Form nach ästhetischen Rücksichten — anzuwenden. Namentlich erscheint das von Müller-Breslau empfohlene Mittel geeignet, künstlerisch wirkungsvolle Trägerformen zu erzielen.

Vor einer Reihe von einfachen Balkenträgern haben die Auslegerträger und durchgehenden Träger in ästhetischer Hinsicht den Vorteil, daß bei diesen das ganze Trägerbild mehr als einheitliches Ganzes erscheint. Dagegen stehen sie im Allgemeinen hinter den Bogenträgern an ästhetischer Wirkung zurück.

c) Bogenbrücken.

Die künstlerischen Vorzüge der Bogenbrücken wurden bereits auf Seite 45 im allgemeinen gewürdigt. Diesen Vorzügen ist wohl hauptsächlich die große Verbreitung der Bogenbrücken in Deutschland zuzuschreiben. So sind z. B. über dem Rhein auf deutschem Gebiete bis jetzt 10 eiserne Bogenbrücken vorhanden, nämlich bei Worms (2), Mainz (2), Coblenz (2), Bonn (1), Köln (2), Düsseldorf (1). Diese verhältnismäßig große Zahl ist gewiß zum Teil darauf zurückzuführen, daß die Erbauer das reizvolle und oftmals romantische Landschaftsbild durch ein häßliches Bauwerk nicht stören, sondern womöglich durch künstlerische Gestaltung noch bereichern wollten. Es zeigt sich hierin unverkennbar ein gewisser Zug des selbst in unserer Zeit noch wirksamen deutschen Idealismus.

Eine weitere Ursache der großen Verbreitung der Bogenbrücken in Deutschland liegt in der bedeutenden Verfeinerung der theoretischen Fachgebiete, namentlich der Elastizitätslehre und der graphischen Statik. Eine stattliche Reihe von bedeutenden und berühmten Fachmännern, unter denen sich auch viele deutsche Namen befinden, haben auf jenen Gebieten Hervorragendes geleistet. In den letzten zwanzig Jahren haben u. a. namentlich auch die Bücher von Müller-Breslau, die in klassischer Form das für den Ingenieur Wissenswerte organisch zusammenfassen, weite Verbreitung gefunden. Diese und ähnliche Werke haben jedenfalls an der Entwicklung der Bogenbrücken in Deutschland einen bedeutenden Anteil gehabt.

In dem ersten Hauptteile dieser Abhandlung haben wir Seite 11—17 einzelne Gruppen von Bogenträgern nach solchen Merkmalen und Eigenschaften unterschieden, die in dem Gesamtbilde der Brücke besonders eindringlich und gleichsam tonangebend wirken. Es sollen jetzt diese Eigenschaften kritisch betrachtet werden.

Die erste und wichtigste Frage betrifft die Höhenlage der Fahrbahn zu den Hauptträgern. Offenbar wirkt die gesamte Anordnung der Brücke am günstigsten, wenn die Hauptträger gänzlich unterhalb der Fahrbahn liegen. Hier ist die Art der Kraftübertragung auch für den Nichtfachmann wohl ohne weiteres klar. Bis zu einem gewissen Grade spielt ja auch das Verständnis für die statischen Wirkungen der Eisenkonstruktionen eine Rolle bei der ästhetischen Beurteilung. Auch werden Bauweisen, die seit Jahrhunderten in Gebrauch sind, weit eher in ästhetischer Hinsicht gewürdigt, als solche die erst in neuester Zeit entstanden. Es beruht dies auf dem ästhetischen Wert des „Typischen“, der zu dem Begriff und Wesen der „Tradition“ in sehr naher Verwandtschaft steht. Merkwürdig ist dabei, daß in der Baukunst ein hohes Alter dazu gehört, damit ein Bauwerk als „typisch“ angesehen zu werden die Berechtigung erhält. Jedenfalls dürfen wir aber behaupten, daß eine gewölbte steinerne Brücke auch für den Nichtfachmann als vollkommen typisch und ihre Bauart als etwas Altherwürdiges gilt. Wenn dies vielleicht nicht unmittelbar von den eisernen Bogenbrücken gilt, so wird doch die Beziehung zu den steinernen gewölbten Brücken in dem Falle sehr erleichtert, daß die Hauptträger gänzlich unterhalb der Fahrbahn liegen.

Wesentlich anders liegt die Sache, wenn die Hauptträger ganz oder größtenteils oberhalb der Fahrbahn liegen.

In diesem Falle ist eine Beziehung zu den als typisch geltenden Steinbrücken nicht gut möglich, weil eben die ganze Anordnung des Bauwerkes eine andere ist als bei jenen. Dagegen gilt das, was oben über den ästhetischen Wert der Bogenträger im allgemeinen gesagt wurde, in vollem Umfange auch für die oberhalb der Fahrbahn liegenden Bogenträger. Es ist deshalb sehr wohl begreiflich, daß in letzter Zeit, etwa seit Beginn des neuen Jahrhunderts, Bogenträger mit Zugband und untenliegender Fahrbahn in Deutschland sehr oft ausgeführt wurden. Wenn nur eine einzige Öffnung vorhanden ist oder die Seitenöffnungen verhältnismäßig sehr klein sind, dann kann eine derartige Anordnung recht günstig wirken. Bei mehreren ungefähr gleichgroßen Öffnungen zeigt jedoch der Umriss des gesamten Trägerbildes gerade über den ästhetisch so wichtigen Mittelpfeilern scharfe Einsenkungen, die einen störenden Eindruck machen und unangenehm empfunden werden (Abb. 66).

Zuweilen findet man auch gegliederte Bogenträger mit Zugband und untenliegender Fahrbahn bei kleineren Stützweiten bis zu 30 m herab. Eine derartige Anwendung dieses Systems muß als durchaus verfehlt bezeichnet werden. Abgesehen davon, daß der Mehraufwand an Material gegenüber einfachen Balkenträgern bei kleinen Stützweiten verhältnismäßig noch bedeutender ist, als bei großen, dürften bei kleineren Brücken auch die ästhetischen Vorzüge der gegliederten Bogenträger wenig mehr ins Gewicht fallen. Da in solchen Fällen die Entfernungen der einzelnen Stäbe verhältnismäßig klein sind, so sehen die Träger oft geradezu plump aus. Man sollte daher Bogenträger von der erwähnten Anordnung nur bei größeren Stützweiten, etwa von 60 m ab, verwenden.

Die am wenigsten günstige Wirkung wird erzielt, wenn die Hauptträger etwa in der Mitte der Pfeilhöhe von der Fahrbahn durchschnitten werden, so daß sie teils unter, teils über der Fahrbahn liegen. Diese Anordnung findet sich beispielsweise bei den beiden Bogenbrücken über den Kaiser-Wilhelm-Kanal, bei der Grüntaler (Abb. 53) und Levensauer. Solche Verhältnisse sind manchmal durch die Höhenlage der Verkehrswege bedingt und lassen sich dann schwer vermeiden. In derartigen Fällen wird man die verhältnismäßig günstigste Wirkung erzielen, wenn man entweder die Pfeilhöhe so klein wählt, daß der größere Teil des Bogens unter der Fahrbahn liegt, oder so groß, daß der größere Teil des Bogens über die Fahrbahn zu liegen kommt. Der erstere Fall findet sich bei der alten Coblenzer Rheinbrücke. Das verhältnismäßig geringe Hinausragen der Hauptträger über die Fahrbahn dürfte die Gesamtwirkung kaum beeinträchtigen (Abb. 48).

Ein älteres Beispiel für den zweiten Fall (Bogenträger größtenteils oberhalb der Fahrbahn) ist die Straßenbrücke über die Etsch bei Verona (Zusammenstellung 10, Nr. 1).

Die günstigste Lösung findet sich jedoch in dem Falle, daß bei drei Öffnungen und symmetrischer Anordnung die Hauptträger der beiden Seitenöffnungen gänzlich unterhalb der Fahrbahn untergebracht werden können, während sie in der Mittelöffnung über die Fahrbahn hinausragen. Das bedeutendste Beispiel hierfür zeigt die Bonner Rheinbrücke (Zusammenstellung 10, Nr. 4 und Abb. 61). Die Gesamtanordnung ist aus mehrfachen Gründen als besonders ge-

lungen zu bezeichnen. Der Grundgedanke des Bogens ist in allen drei Öffnungen unter veränderten Bedingungen angewandt, wobei an den Stropfeilern die Bogenenden der großen und kleineren Öffnungen einander entsprechen. Somit wird trotz der zwischen ihnen liegenden Steinmasse der Mittelpfeiler gewissermaßen ein organischer Zusammenhang zwischen den Bogenträgern der Mittelöffnung und der Seitenöffnungen erzielt. In der Mittelöffnung liegen die Obergurte der Bogenträger gänzlich oberhalb der Fahrbahn; hierdurch wird der ungünstige Eindruck, den eine Durchschneidung der Bogenlinie durch die Fahrbahn machen würde, glücklich vermieden.

Die Gesamtanordnung der Bonner Rheinbrücke, bei der die Hauptträger der Mittelöffnung größtenteils oberhalb der Fahrbahn, die der Seitenöffnungen vollständig unter der Fahrbahn liegen, ist später noch mehrfach bei kleineren Bauwerken angewandt worden, beispielsweise bei einem in Paris 1900 errichteten Fußgängersteg zwischen Alma- und Jenabrücke¹⁾. Bernhard hat später denselben Grundgedanken bei der Treskowbrücke in Oberschöneweide verwendet (Zusammenstellung 10, Nr. 6). Jedoch sind dort die Hauptträger der Seitenöffnungen als Balkenträger, nicht als Bogenträger ausgebildet. Die Gesamtanordnung wirkt auch hier nicht ungünstig. Ein Mangel ist jedoch die zu geringe Betonung der Mittelpfeiler als statisch und ästhetisch wichtiger Bauglieder (Abb. 82). Ähnliches gilt auch von der Baumgartenbrücke bei Potsdam (Zusammenstellung 10, Nr. 8).

Eine weitere Frage betrifft die Anordnung von vollwandigen oder gegliederten Bogenträgern. In neuerer Zeit scheint man den vollwandigen Bogenträgern häufiger den Vorzug zu geben. Und dies ist auch wohl zu billigen, weil die vollwandigen Träger wuchtiger aussehen und weil ihre breiten Flächen sich eher in ein ästhetisches Gleichgewicht zu den Mauerkörpern bringen lassen, als gegliederte Hauptträger. Indessen lassen sich allgemeine Regeln hierüber kaum geben, weil die erörterte Frage in hohem Grade von den besonderen Verhältnissen des Bauwerkes abhängt.

Sind die Bogenträger nicht vollwandig, sondern mit Fachwerkgliederung ausgeführt, so lassen sich drei Anordnungen unterscheiden:

1. Die Füllungsstäbe sind zwischen zwei gekrümmten Bogengurtungen angeordnet (Zusammenstellung 8).
2. Es ist eine gekrümmte Bogengurtung und eine gerade, ungefähr in der Höhe der Fahrbahn liegende Gurtung vorhanden; beide sind durch ein Fachwerk verbunden (Zusammenstellung 9).
3. Die an sich gegen Biegemomente nicht hinreichend widerstandsfähige Bogengurtung ist durch einen in Höhe der Fahrbahn liegenden Fachwerkträger mit zwei annähernd parallelen Gurtungen versteift (Zusammenstellung 11).

Die unter 1 beschriebene Anordnung ist wohl bei größeren Bogenbrücken die häufigste und auch die schönste.

Die unter 2 genannte Art von Bogenträgern wurde früher bei kleineren und mittleren Stützweiten häufig, in den letzten Jahren aber nur noch sehr selten ausgeführt. In den Fällen, in welchen sie früher angewandt wurde, gibt

¹⁾ Bernhard, die Weltausstellung in Paris. Brücken- und Eisenkonstruktionen. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 1043, sowie Mehrtens, S. 721 und 733.

man jetzt vollwandigen Trägern den Vorzug, wie bereits oben erwähnt. In der Tat sehen auch vollwandige Träger bei kleineren und mittleren Stützweiten erheblich ruhiger aus als jene Träger mit Fachwerkgliederung in den Zwickeln.

Die unter 3 erwähnte Anordnung ist zumeist nur dann ausgeführt worden, wenn die Hauptträger über die Fahrbahn hinausragen (vergl. oben Seite 16). Diese Trägerart hat für Straßenbrücken den praktischen Vorteil, daß bei außenliegenden Fußwegen ein Querverkehr zwischen diesen und der Fahrbahn möglich ist. Aber auch in ästhetischer Beziehung wirkt sie meines Erachtens sehr günstig. Hinsichtlich des Abstandes der Gurtungen lassen sich drei Fälle unterscheiden:

1. der Abstand beider Gurtungen ist in der Nähe der Kämpfer größer als im Scheitel;
2. beide Gurtungen haben überall ungefähr gleichen Abstand;
3. der Abstand ist in der Nähe der Kämpfer kleiner als im Scheitel.

Es erscheint vielleicht gewagt, über den Eindruck dieser drei Anordnungen eine allgemeine Kritik auszusprechen, da hierbei einerseits der persönliche Geschmack des Beurteilers von großem Einfluß ist, andererseits die sonstigen Eigenschaften des Bauwerks, wie Pfeilhöhe und Bogenhöhe, eine wichtige Rolle spielen. Viele Ingenieure halten den Sichelbogen für die schönste Form wegen seines gefälligen und dabei besonders leichten Aussehens.¹⁾ Ich möchte eher der oben Seite 52 unter 1 erwähnten Anordnung, bei welcher die Trägerhöhe in der Nähe der Kämpfer größer ist als im Scheitel, den Vorzug geben und zwar namentlich bei großen Stützweiten. Als Begründung für diese Ansicht läßt sich etwa folgendes ausführen, wobei wir voraussetzen, daß die Hauptträger gänzlich unter der Fahrbahn liegen. Die durch das ganze eiserne Bauwerk im Längenschnitt eingenommene Fläche wird begrenzt durch zwei Linien, nämlich die innere Bogengurtung und die Fahrbahn. Diese Fläche ist nun in der Nähe der Kämpfer bedeutend höher (breiter) als in der Nähe des Scheitels. Ist also die Aufgabe gestellt, die äußere (obere) Bogengurtung anzuordnen, dann wird man ihr tunlichst in der Nähe der Kämpfer einen größeren, in der Nähe des Scheitels aber einen kleineren Abstand von der (als festliegend betrachteten) inneren Bogengurtung geben, entsprechend der zur Verfügung stehenden breiteren Fläche. Demgemäß findet man bei verschiedenen gußeisernen Bogenbrücken aus dem Ende des achtzehnten und dem Anfang des neunzehnten Jahrhunderts mehrere Bogen übereinander angeordnet, von welchen der unterste am steilsten ist, und die oberen allmählich immer flacher werden; im Scheitel berühren sich dann sämtliche Bögen. Als Beispiele seien erwähnt die Brücke über das Striegauer Wasser bei Laasan und die alte Friedrichsbrücke über die Spree in Berlin (Zusammenstellung 6, Nr. 3 und 11). Bei der Southwark-Brücke in London und der Sullybrücke in Paris ist die Höhe der gußeisernen vollwandigen Träger an den Kämpfern erheblich größer als im

Scheitel (Zusammenstellung 6, Nr. 10 und 18). Solche Bogenformen wirken sehr vorteilhaft.

Aber auch bei verschiedenen Brücken aus Schweißisen oder Flußeisen mit oberliegender Fahrbahn haben die Bogenträger an den Kämpfern eine größere Höhe als in der Mitte. Als Beispiele seien erwähnt die Arcole-Brücke in Paris (Zusammenstellung 9, Nr. 1), die Schwarzwasser-Brücke bei Bern, die Adda-Talbrücke bei Paderno, die Talbrücke bei Müngsten und die Kornhausbrücke bei Bern, bei denen die Hauptträger der Mittelöffnung keine Gelenke haben (Abb. 54, 57, 59, 60). Diese Brücken dürften in ihrer Gesamterscheinung sehr wohl den Brücken mit Sichelträgern (Douro-Brücke, Garabit-Viadukt) wenigstens gleichwertig, ja sogar noch etwas überlegen sein (Abb. 56).

Im allgemeinen darf man behaupten, daß der Sichelträger mehr einen leichten und kühnen, der Träger mit großem Abstande der Gurtungen an den Kämpfern eher einen wuchtigen, dafür jedoch standsicheren und besonders energischen Eindruck macht. Hat man daher die eine oder andere Form zu wählen, so wird man jedenfalls auch die Umgebung des Bauwerks und sein Zusammenwirken mit dieser berücksichtigen müssen.

Die oben Seite 52 unter 1 erwähnte Form hat in ästhetischer Beziehung auch den Vorteil, daß sie bei oberliegender Fahrbahn verhältnismäßig große Ähnlichkeit mit den steinernen Brücken aufweist, daher leichter als typische Erscheinung wirken kann, als die gänzlich von den Steinformen abweichenden Sichelträger.

Bogenträger mit zwei gekrümmten Gurtungen, deren Abstand voneinander nach den Widerlagern zu sich vergrößert, sind namentlich bei untenliegender Fahrbahn sehr oft ausgeführt worden. Eine besonders günstige Wirkung wird bei solchen Trägern erreicht, wenn die obere Gurtung desselben unmittelbar über den Auflagern in der Höhe der Fahrbahn liegt, wie bei der Bonner und Düsseldorfer Rheinbrücke. Bei den Bogenträgern mit Zugband ist dieses meistens an den Auflagerknotenpunkten angebracht. Ungefähr in gleicher Höhe liegt auch die Fahrbahn. Eine derartige Anordnung wirkt aber weniger günstig.

Bogenträger, deren Höhe an den verschiedenen Punkten überall ungefähr gleich ist, sind ebenfalls ziemlich häufig ausgeführt, und zwar namentlich bei oberliegender Fahrbahn. Als Beispiele seien angeführt die alte und neuere Rheinbrücke bei Coblenz, die Straßenbrücke zwischen Mainz und Castel, die Spreebrücke am Schiffbauerdamm und die Alsen-Brücke in Berlin (Zusammenstellung 8, Nr. 1, 4, 5, 8, 13 sowie Abb. 48, 49, 52, 50 und 69). Ferner sind auch bei den meisten vollwandigen Bogenträgern mit kleineren Stützweiten die Trägerhöhen an den einzelnen Punkten nicht sehr verschieden voneinander. Derartige Bogenformen empfehlen sich namentlich dann, wenn der Bogen mit zwei Kämpfergelenken, aber ohne Scheitелgelenk ausgeführt werden soll, wie dies bei den meisten flacheren Bogenbrücken der Fall ist.

Nicht unwichtig ist bei solchen Brücken die Ausbildung der Bogenträger an den Kämpfern. Die Zusammenführung der Gurtungen nach dem Kämpfergelenk erscheint als die einfachste, nächstliegende Anordnung, die auch in ästhetischer Hinsicht befriedigt (Neuere Rheinbrücke bei Cob-

¹⁾ Schaper, eiserne Brücken, 1. Aufl. Seite 157 und 2. Aufl. S. 174.

lenz). Wenn bei einigen Brücken trotz eines Kämpfergelenkes der Bogen seitliche Ansätze erhalten hat, so ist diese Anordnung eigentlich nur dann begründet, wenn der Bogen nach vollendeter Aufstellung nachträglich eine Einspannung an den Kämpfern erhalten soll. Die Anbringung solcher seitlicher Ansätze nur zu ästhetischen Zwecken erscheint verfehlt, weil sie den Beschauer über die tatsächliche Stützungsart des Bogens zu täuschen geeignet ist.

Über die verschiedenen Arten der Wandgliederung wurde bereits bei den einfachen Balkenträgern Seite 46 eine kurze Kritik gegeben, die im wesentlichen auch für Bogenträger gelten dürfte. Es sei hier nur eine kurze Anwendung des oben Gesagten gemacht. Ändert sich der Abstand der beiden Bogengurtungen zwischen Kämpfer und Scheitel nur wenig, dann zeigt der Bogen an sich ein ruhiges, etwas einförmiges Aussehen. In diesem Falle wird man gut tun, durch die Wandgliederung etwas Leben und Bewegung hervorzubringen, also etwa das einfache oder doppelte Strebenfachwerk zu wählen. Ist dagegen der Abstand der Bogengurtungen an den einzelnen Stellen sehr verschieden, so wirkt dieser Umstand schon als eine gewisse Abwechslung. Es empfiehlt sich dann, die Wandgliederung möglichst ruhig anzuordnen. Aus diesem Grunde erscheint es beispielsweise gerechtfertigt, daß bei der Münstener Brücke, der Bonner und Düsseldorfer Rheinbrücke, sowie fast allen Bogenträgern mit Zugband das einfache Ständerfachwerk gewählt wurde.

Abgesehen von diesen Erwägungen empfiehlt es sich im allgemeinen, die Wandgliederung von Bogenbrücken verhältnismäßig engmaschig auszuführen. Hierdurch werden die beiden Bogengurtungen mehr als gemeinsames Ganzes gekennzeichnet, als bei weiter Gliederung; und der Zusammenhang beider Gurtungen tritt deutlicher hervor. Der Gesamteindruck nähert sich in diesem Falle dem eines vollwandigen Bogens, ist aber immer noch erheblich leichter als bei diesem. Das Verhältnis der Stabbreiten zu den Abständen der Füllungsstäbe spielt natürlich hierbei eine wichtige Rolle. Eine verhältnismäßig engmaschige Gliederung erhält man bei dem Ständerfachwerk mit gekreuzten Diagonalen, wie es beispielsweise bei einigen älteren großen Bogenbrücken (Zusammenstellung 8, Nr. 1, 3, 8, 12) vorkommt. In diesem Falle ist es sehr zu empfehlen, die Pfosten rechtwinklig zur Gurtung anzuordnen.

Von großer Bedeutung ist ferner der Abstand beider Gurtungen im Verhältnis zu den übrigen Abmessungen des Bogens. Schaper empfiehlt in seinem Werke „Eiserne Brücken“ (2. Aufl., S. 175 und 177) bei Sichelträgern und bei Bogenträgern mit parallelen Gurtungen den Abstand derselben im Scheitel etwa $\frac{1}{5}l$ zu wählen. Bei Sichelträgern mag dies wohl zutreffen; bei Bogen mit parallelen Gurtungen dürfte jedoch eine etwas geringere Höhe am vorteilhaftesten aussehen. Für die zuletzt genannte Trägerart hat Dr. Ing. Trauer den in wirtschaftlicher Beziehung günstigsten Gurtabstand bei verschiedenen Belastungsverhältnissen und Pfeilhöhen ermittelt (Eisenbau 1910, S. 255–261 und 295–299). Soweit die ästhetischen Rücksichten in Frage kommen, ist im allgemeinen die Wahl eines verhältnismäßig kleinen Abstandes beider Gurtungen zu empfehlen, wobei sich dann von selbst eine verhältnismäßig engmaschige

Gliederung ergibt. Eine solche Anordnung wird sich aber leichter bei einem Bogen mit annähernd parallelen Gurtungen erreichen lassen, als bei einem Sichelbogen, der dann leicht etwas zu zerlichs ausfällt. Auch aus diesem Grunde verdient der Bogen mit annähernd parallelen Gurtungen oder mit kleinerem Gurtabstand im Scheitel den Vorzug vor dem Sichelbogen.

Besonders wichtig für die Gesamtwirkung der Bogenbrücken ist das Verhältnis der Pfeilhöhe zur Bogensehne, das sogenannte Pfeilverhältnis. Bei den meisten Bogenbrücken schwankt dieser Wert etwa zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{7}$, jedoch finden sich auch weit größere und weit kleinere Werte. Am kleinsten ist das Verhältnis bei der Alexanderbrücke in Paris (1 : 17), am größten bei der Münstener Talbrücke (1 : 2,54). Im allgemeinen darf man wohl behaupten, daß ein großes Pfeilverhältnis für den Gesamteindruck günstig wirkt; dieser wird hierdurch bedeutender. Andererseits kann man auch mit ausnahmsweise kleinem Pfeilverhältnis günstige Eindrücke erzielen; das Bauwerk macht dann oft einen besonders kühnen Eindruck, wie z. B. die Arcole-Brücke, die Alexander-Brücke und die Mirabeau-Brücke in Paris.

Da man aus technischen Gründen ohnehin gewöhnlich ein möglichst großes Pfeilverhältnis wählen wird, so ist dieses durch die örtlichen Bedingungen annähernd gegeben. An der Entscheidung werden in den meisten Fällen auch die ästhetischen Erwägungen wenig zu ändern haben, wenigstens soweit eine einzige Öffnung in Betracht kommt.

Hat das Bauwerk mehrere Öffnungen, so ist die Wahl der Pfeilhöhe von besonderer Wichtigkeit. Die günstigste Wirkung wird erzielt, wenn das Pfeilverhältnis in allen Öffnungen gleich ist (Regel der Proportion). Hat man in der Wahl der Stützweiten freie Hand, so empfiehlt es sich, eine ungerade Zahl von Öffnungen anzuordnen und die mittleren Stützweiten merklich größer als die seitlichen zu wählen. Außerdem ist es aus ästhetischen Gründen erwünscht, daß die Kämpfer sämtlicher Bögen in gleicher Höhe liegen, und daß der Höhenunterschied zwischen dem Scheitel des Bogens und der Fahrbahn überall der gleiche ist. Allen diesen Bedingungen kann gleichzeitig nur dann entsprochen werden, wenn die Fahrbahn von beiden Enden der Brücke etwas nach der Mitte zu ansteigt. Dies ist häufig bei Straßenbrücken der Fall (vergl. Schaper, 2. Aufl., S. 166).

Ein bemerkenswertes Beispiel für diese Regeln ist die Straßenbrücke über den Rhein zwischen Mainz und Castel (Abb. 52). Sie enthält fünf Öffnungen, deren Stützweiten und Pfeilhöhen von den beiden Enden nach der Mitte zu allmählich wachsen. Auch steigt die Fahrbahn nach der Mitte zu etwas an. Das ganze Bauwerk macht einen sehr harmonischen Eindruck, auch in den Einzelheiten.

Wesentlich anders liegt die Sache, wenn aus örtlichen Gründen ein symmetrisches Ansteigen der Fahrbahn von beiden Seiten nach der Mitte nicht möglich ist. Einen interessanten Fall unsymmetrischer Anordnung des Brückengefülles zeigt beispielsweise die obere Rheinbrücke in Basel (Wettstein-Brücke, Abb. 44). Die beiden Rheinufer haben dort einen Höhenunterschied von 13 m. Infolge dieses Umstandes waren lange Voruntersuchungen und Verhandlungen darüber geführt worden, ob es mit Rücksicht auf die ästhetische

Wirkung zulässig sei, der Brückenfahrbahn das durch die äußeren Verhältnisse bedingte einseitige Gefälle zu geben. Das ausgeführte Bauwerk hat drei Hauptöffnungen, deren Stützweiten und Pfeilhöhen vom rechten zum linken Ufer etwas zunehmen. Die Brückenfahrbahn liegt über den Stromöffnungen in einer Steigung von 2,67‰ oder 1 : 37,5. Das Pfeilverhältnis ist bei den drei Hauptöffnungen nicht ganz gleich, sondern beträgt bei der kleinsten Öffnung 1 : 9,5, bei der größten 1 : 8,2. Wie in einer Veröffentlichung von Riese (Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 360 u. ff.) mit Recht hervorgehoben wird, bedeutet die gewählte Anordnung in ästhetischer Beziehung eine durchaus glückliche Wahl, während sie in technischer Hinsicht „unbedingt als die natürlichste und zweckmäßigste erscheinen muß“.

Dieses Beispiel ist vielleicht lehrreich für andere Fälle. Man sollte sich also nicht scheuen, die Brückenfahrbahn in ein einseitiges Gefälle zu legen, wenn die örtlichen Verhältnisse dieses verlangen. Eine einseitige und unsymmetrische Anordnung der Steigung der Fahrbahn findet sich übrigens auch bei der Kornhausbrücke in Bern (Zusammenstellung 8, Nr. 12).

Eine weitere, besonders wichtige Frage ist die, ob und wie weit bei Bogenbrücken mit mehreren Öffnungen ein organischer Zusammenhang zwischen diesen besteht. Liegt die Fahrbahn ganz oder größtenteils über den Hauptträgern, dann sind gewöhnlich die Steinpfeiler nahezu bis zur Unterkante der Fahrbahn hinaufgeführt. In diesem Falle treten zwar die Pfeiler als konstruktiv wichtigste Glieder des ganzen Bauwerks besonders deutlich hervor; sie bilden aber zugleich stark betonte Trennungen der einzelnen Öffnungen. Hier ist also der organische Zusammenhang zwischen den Überbauten der einzelnen Öffnungen verhältnismäßig schwach betont, soweit er nicht durch andere Mittel, wie gleiche Ausbildung der Bogenträger, gleiches Pfeilverhältnis usw. doch bemerkbar wird (vergl. die Ausführungen über die Bonner Rheinbrücke oben Seite 218—219). Immerhin hat die geschilderte Anordnung so viele Vorzüge, daß sie bei den meisten Bogenbrücken sich vorfindet und gewissermaßen als typisch bezeichnet werden darf.

Es gibt aber auch verschiedene Bogenbrücken mit oberliegender Fahrbahn, bei denen die Steinpfeiler nur bis zu den Widerlagern der Bogenträger hinaufgeführt sind. Ein bemerkenswertes Beispiel hierfür bietet die Kirchenfeldbrücke in Bern (Zusammenstellung 8, Nr. 7, (Abb. 57)). Auf den steinernen Mittelpfeiler, der den Hauptträgern der beiden großen Öffnungen als Widerlager dient, stützen sich eiserne Pfeiler von derselben Anordnung, wie sie auch an den übrigen Stellen zur Unterstützung der Fahrbahnträger vorhanden sind. Hierdurch wird eine gewisse Gleichmäßigkeit in der Längenentwicklung des ganzen Bauwerkes erzielt. Dies ist im vorliegenden Falle besonders deshalb wichtig, weil zwei Hauptöffnungen vorhanden sind, die den weitaus größten Teil der Gesamtlänge einnehmen. Hätte man den mittleren Pfeiler bis zur Fahrbahnhöhe in Stein ausgeführt, so wäre eine unerwünschte Trennung des Bauwerks in zwei ungefähr gleiche Teile entstanden. Es war also hier durchaus richtig, den organischen Zusammenhang der beiden Hauptöffnungen vorwalten zu lassen.

Etwas anders liegt die Sache, wenn eine einzige Hauptöffnung vorhanden ist, die gegenüber den Seitenöffnungen im Gesamtbilde des Bauwerks bedeutend hervortritt, wie z. B. bei der schon mehrfach erwähnten Kaiser-Wilhelms-Brücke über die Wupper bei Müngsten (Abb. 59). Hier war es am Platze, in der Ausbildung der verschiedenen Öffnungen einen gewissen Gegensatz zu zeigen. Dies geschah einerseits dadurch, daß nur für die Hauptöffnung Bogenträger gewählt wurden, während die Seitenöffnungen durch Parallelträger überspannt sind. Andererseits ist durch die auf den Widerlagern der großen Bogenträger errichteten eisernen Gerüstpfeiler von beträchtlicher Höhe und Breite eine gewisse Trennung zwischen Hauptöffnung und den Seitenöffnungen gebildet. Gleichwohl ist aber ein organischer Zusammenhang zwischen den verschiedenen Teilen des Bauwerks unverkennbar. Dieser Eindruck wird hauptsächlich durch die gleichartige Ausbildung der unter der Fahrbahn liegenden Parallelträger und der sie unterstützenden Gerüstpfeiler hervorgerufen.

Ein interessanter Vergleich bietet sich zwischen der Müngstener Brücke und der Kornhausbrücke in Bern (Abb. 60), die in ihrer Gesamtanordnung eine gewisse Ähnlichkeit, in ihrer Umgebung, in den Abmessungen und in der Ausbildung der Einzelheiten jedoch bedeutende Unterschiede aufweisen. Während die Müngstener Brücke ein im ganzen bewaldetes Gebirgstal übersetzt, befindet sich die Berner Brücke in der Bundeshauptstadt. Die Müngstener Brücke ist lediglich das Werk von Ingenieuren; hier waren technische Erwägungen in erster Linie maßgebend. Und wenn auch künstlerische Rücksichten bei der Aufstellung des Entwurfes gewiß nicht ohne Einfluß gewesen sind, so hat doch die Gesamterscheinung des Bauwerkes etwas Wuchtiges, Gigantisches, Urwüchsiges. Bei der Berner Brücke merkt man deutlich die feilende, verfeinernde Hand des Architekten. Hier sind die Pfeiler aus Stein hergestellt, sie bilden merkbare, deutlich hervortretende Abschnitte in der Längenentwicklung. Der Umstand, daß die an die Hauptöffnung angrenzenden kleineren Bogen ihre Widerlager in wesentlich größerer Höhe haben, als der Hauptbogen, wirkt nicht ganz harmonisch. Ob es allerdings möglich gewesen wäre, bei Anordnung der Kämpfer jedes Pfeilers in gleicher Höhe eine im ganzen befriedigendere Lösung zu erzielen, erscheint fraglich. Die Anordnung des Hauptbogens an sich ist jedenfalls sehr glücklich gewählt. Man darf also behaupten, daß jedes der beiden Bauwerke ein Stimmungsbild von hervorragendem Werte bietet, das mit seiner Umgebung sehr gut harmoniert.

Eine bemerkenswerte Gruppe bilden diejenigen Brücken, bei denen die Bogen je zweier aneinandergrenzenden Öffnungen ein gemeinsames Widerlager haben. Hier ist offenbar der organische Zusammenhang zwischen den einzelnen Öffnungen in weit höherem Maße vorhanden, als bei den Brücken mit getrennten Überbauten. Das bedeutendste Beispiel einer Verbindung von Bogenträgern mit Auslegerträgern ist die Brücke über das Vaur-Tal in Südfrankreich auf der Linie Carmaux-Rodez (Zusammenstellung 9, Nr. 10). Die Gesamtform ist hier sehr glücklich gewählt. Die Bogen- und die Seitenöffnungen sind ähnlich denjenigen der Mittelöffnung, wenn auch etwas kürzer ausgebildet, entsprechend den erheblich kleineren Stützweiten. Durch die Ähnlichkeit

der Bogenlinien wird eine gewisse Harmonie des Gesamtbildes erzeugt. Vor allem ist hervorzuheben, daß hier die Überbrückung eines tief eingeschnittenen Tales in einer durchaus natürlichen, auch für den Nichtfachmann leicht verständlichen Konstruktionsweise gelungen ist, die namentlich in ästhetischer Hinsicht recht günstig wirkt. — Die Fachwerkgliederung ist hier nicht — wie bei den meisten Bogenbrücken von ähnlichen Abmessungen — zwischen zwei gekrümmten Gurtungen, sondern zwischen je einer gekrümmten Bogengurtung und einer geraden, in Höhe der Fahrbahn liegenden Gurtung angeordnet. Hierbei wird allerdings die Bogenlinie weniger stark betont, als bei zwei gekrümmten Gurtungen. Als Gliederung der Tragwände ist das einteilige Ständerfachwerk gewählt. Die Höhe des Fachwerks ist an den einzelnen Stellen sehr verschieden; deshalb ist die gewählte Art der Gliederung als recht günstig zu bezeichnen. Denn es empfiehlt sich offenbar, bei einem starken Wechsel der Fachwerkhöhe eine möglichst ruhige Anordnung der Füllungsstäbe zu wählen (vergl. oben Seite 46). Besondere Beachtung verdient auch der Umstand, daß die Feldweite von den Kämpferpunkten nach dem Scheitel der Mittelöffnung und nach den Enden der Seitenöffnung stetig, nicht sprungweise abnimmt, was gleichfalls in ästhetischer Hinsicht besonders günstig wirkt. Jedenfalls darf man behaupten, daß bei diesem Bauwerk der organische Zusammenhang zwischen den einzelnen Öffnungen in weit höherem Grade gewahrt ist, als bei den früher betrachteten Brücken mit mehreren Öffnungen.

Eine ähnliche Bauart findet sich zuweilen bei kleineren Brücken, die über Kanäle führen, beispielsweise bei einer Brücke über den Elb-Travekanal bei Mölln-Schwarzenbeck (Mehrtens, Der deutsche Brückenbau im 19. Jahrhundert, S. 30), und bei einer Brücke über den Teltowkanal im Süden von Berlin (Zusammenstellung 9, Nr. 11 und 12 Abb. 76). Auch für diese beiden Brücken gilt das oben über die Vaur-Talbrücke Gesagte, obwohl natürlich die Abmessungen miteinander nicht zu vergleichen sind.

Derselbe Grundgedanke findet sich auch bei zwei Pariser Brücken, nämlich bei der Mirabeau-Straßenbrücke (Zusammenstellung 9, Nr. 9) und einer Brücke bei Passy, die zugleich den Viadukt der Stadtbahn (Metropolitain) über die Seine führt. Das Pfeilverhältnis ist hier viel flacher als bei der Vaur-Brücke, doch ist auch hier der Gesamteindruck günstig. Leider hat man es für nötig befunden, die Tragwände über den Mittelpfeilern mit figürlichem Schmuck auszustatten, der bei der letztgenannten Brücke sehr gesucht und wenig harmonisch wirkt.

Am Schlusse dieser Betrachtungen über Bogenbrücken sei noch eine Frage berührt, die gleichfalls für den ästhetischen Eindruck von Bedeutung ist, nämlich die *Linienführung der Gurtungen*. In den weitaus meisten Fällen hat man die Bogenträger nach einem Parabel- oder Kreisbogen geformt, zuweilen aber auch nach anderen Linien, wie z. B. bei der Straßenbrücke über den Rhein bei Worms (Zusammenstellung 8, Nr. 14) als Ellipsen. Diese Tatsache läßt erkennen, daß es auch für Bogenbrücken keine unabänderliche Regel gibt, die unbedingt einzuhalten wäre. Offenbar liegt es wohl am nächsten, die Form einer Parabel zu wählen. Da jedoch wegen der Wirkung einseitiger Ver-

kehrslast der Bogen ohnehin zur Aufnahme von Biegemomenten versteift werden muß, so werden Abweichungen von der Parabelform sehr wohl zulässig sein, falls dies aus praktischen oder ästhetischen Gründen als erwünscht erscheint.

Bei den am häufigsten vorkommenden kleinen Pfeilverhältnissen (etwa von $\frac{1}{8}$ an abwärts) spielt die Wahl der Bogenform für das Aussehen keine besonders wichtige Rolle. Parabel und Kreisbogen sind in solchen Fällen kaum zu unterscheiden, und auch die Wahl einer anderen statisch oder wirtschaftlich noch möglichen Kurve dürfte keine sehr große Verschiedenheit in dem Gesamteindruck hervorrufen. Bei größerem Pfeilverhältnis ist die Wahl der Linie schon von bedeutenderem Einfluß auf das Aussehen. Im allgemeinen wird man wohl auch in solchen Fällen durch die Anordnung von Parabeln einen günstigen Eindruck erzielen können. Beispielsweise sind bei der Müngstener Talbrücke und bei der Kornhausbrücke in Bern die Gurtungen annähernd nach Parabeln geformt; das Aussehen ist, wie bemerkt, recht vorteilhaft. Man erkennt deutlich, wie die Krümmung im Scheitel am größten ist und nach den Kämpfern allmählich abnimmt. Weniger günstig wirken die als Kreisbogen geformten Gurtungen der (etwas älteren) Kirchenfeldbrücke in Bern.

Ganz anders als bei den Brücken mit Parabel- oder Kreisbogen ist das Aussehen bei solchen Bögen, deren Krümmung in der Nähe der Kämpfer am stärksten ist. Ein Beispiel hierfür bietet die Westminster-Brücke in London (Zusammenstellung 6, Nr. 15, Abb. 47). Die Bogenträger bestehen aus Gußeisen, ihre inneren Gurtungen gehen an den Kämpfern mit einer scharfen Krümmung vollständig in die lotrechte Richtung über. Die Gesamterscheinung ist sehr ausdrucksvoll und dabei doch gefällig, fast möchte man sagen anmutig. Eine solche Form ist jedenfalls bedeutend schöner als eine Parabel, wenn sie auch in statischer Beziehung weniger günstig ist und daher mehr Material erfordert. Bei Steinbrücken findet sich bekanntlich ziemlich häufig eine Überleitung aus dem flachen Bogen in die lotrechte Richtung des Pfeilers durch eine Krümmung mit verhältnismäßig kleinem Halbmesser.

Auch bei der oben Seite 55 erwähnten Bogenbrücke über den Elb-Travekanal ist der Bogen der Mittelöffnung so angeordnet, daß die Krümmung in der Nähe der Kämpfer größer ist als im Scheitel, wenn auch der Unterschied viel weniger ins Auge fällt, als bei der Westminster-Brücke.

Eine bemerkenswerte Bogenform zeigen die vollwandigen Träger einer Straßenunterführung in Metz. Auch hier ist die Krümmung der inneren Gurtung in der Nähe der Kämpfer viel stärker als im Scheitel. Die Anordnung der Träger war dadurch bedingt, daß einerseits unter diesen ein Raum von möglichst großer Breite und Höhe freigehalten werden mußte, andererseits der Bogenschub nicht zu groß ausfallen sollte. Eine Bogenform, wie sie im vorliegenden Falle gewählt ist, dürfte nicht nur praktischen, sondern auch ästhetischen Ansprüchen genügen. (Abb. 71.)

d) Hängebrücken.

Der wichtigste Unterschied in der ästhetischen Wirkung von Bogen- und Hängebrücken besteht wohl im allgemeinen darin, daß die ersteren mehr einen energischen und wuchtigen, die letzteren mehr einen leichten und gefälligen Eindruck machen. Gewiß gibt es auch Bogenbrücken, die verhältnismäßig leicht, und Hängebrücken, die verhältnismäßig schwer aussehen, doch dürfte in der Mehrzahl aller Fälle der oben gekennzeichnete Unterschied zutreffen. Während bei den Bogenbrücken die Hauptträger sowohl unter als auch über der Fahrbahn ausgeführt sind, liegen bei den Hängebrücken die wichtigsten Teile des Tragwerkes stets über der Fahrbahn. In den Anfängen der Entwicklung hat es zwar auch Hängebrücken mit oberliegender Fahrbahn gegeben (vergl. Mehrrens, S. 240 und 407 u. ff.). Solche Bauwerke bildeten aber doch nur seltene Ausnahmen.

Liegt das Haupttragwerk über der Fahrbahn, so ist offenbar ein möglichst leichtes Aussehen der Konstruktion erwünscht. Liegen dagegen die Hauptträger ganz oder doch größtenteils unter der Fahrbahn, dann ist ein schweres oder gedrückenes Aussehen der Träger viel eher am Platze. Man darf behaupten, daß die künstlerische Abwägung des Beschauers einen Konstruktionsteil ganz anders bewertet, je nachdem er über oder unter der Fahrbahn liegt. Ist man also durch die örtlichen Verhältnisse gezwungen, die Hauptträger ganz oder größtenteils über der Fahrbahn anzuordnen, dann wird man besser eine Hängebrücke als eine Bogenbrücke wählen, soweit nur die ästhetischen Rücksichten in Frage kommen.

Bei hochliegendem Tragwerk und untenliegender Fahrbahn fällt der Vergleich besonders dann zu Gunsten der Hängebrücken aus, wenn mehrere Hauptöffnungen vorhanden sind. Wie oben Seite 51 hervorgehoben wurde, zeigt in derartigen Fällen die obere Umgrenzungslinie mehrerer aneinander gereihter Bogenträger über den Mittelstützen jeweils eine scharfe Einsenkung, die gar nicht vorteilhaft aussieht. Bei Hängebrücken ist genau das Gegenteil der Fall. Hier bilden die Mittelpfeiler durch ihre Masse und durch ihr statisches und ästhetisches Verhältnis zum ganzen Tragwerk die am meisten und kräftigsten ins Auge fallenden Teile der Brücke. Und das ist offenbar sehr erwünscht. Wir können bei dieser Beurteilung zunächst davon absehen, ob die Pylonen aus Stein oder aus Eisen bestehen. Da die zur Stützung der Tragketten dienenden Pfeiler sehr große Druckkräfte auszuhalten haben, so müssen sie außerordentlich stark ausgebildet werden, und dies kommt ihrer ästhetischen Wirkung auch dann zugute, wenn sie aus Eisen hergestellt sind.

Als ein älteres, bedeutendes Beispiel einer Hängebrücke mit mehreren Öffnungen und eisernen Mittelpfeilern sei die Dordogne-Brücke bei Cubzac (Zusammenstellung 13, Nr. 5) erwähnt, als ein neueres die Williamsburg-Brücke in New York (vergl. oben Seite 20 und Abb. 91). Das letztere Beispiel dürfte genügen, um zu zeigen, wie bei Hängebrücken auch eiserne Mittelpfeiler machtvoll, das ganze Bauwerk gewissermaßen beherrschende Erscheinungen bilden können.

Bei dieser Gelegenheit sei auf eine nicht ganz unwesentliche Verschiedenheit zwischen Hängebrücken und Auslegerbrücken hingewiesen. Bekanntlich haben letztere zu-

weilen eine große Ähnlichkeit mit Hängebrücken, wie z. B. die in der Zusammenstellung 5 aufgeführten Bauwerke. Die oben erwähnten Pylonen dominieren nun bei den Hängebrücken viel mehr in dem Gesamtbilde als bei den Auslegerbrücken, weil bei den ersteren die sonst in Betracht kommenden Stäbe nur auf Zug beansprucht werden, also verhältnismäßig sehr dünn sind, während bei den Auslegerbrücken auch zahlreiche Druckstäbe vorkommen. Zuweilen hat man daher bei Auslegerbrücken die Mittelstützen durch Umkleidung mit Gußeisen oder sonstwie kräftiger erscheinen lassen, als sie nach ihrer konstruktiven Bedeutung sein müßten.

Aus den oben erwähnten Gründen läßt es sich wohl erklären, daß die Hängebrücken allgemein zu den schönsten Brücken der Welt gezählt werden.

In der geschichtlichen Entwicklung traten zuerst die von den oberen Enden der Pfeiler nach einzelnen Punkten der Fahrbahn gespannten Schrägketten oder — Kabel auf. Diese Anordnung hat sich rein technisch nicht bewährt, ist auch aus dem Grunde nicht zu empfehlen, weil sie in hohem Grade statisch unbestimmt ist. Beispielsweise wurde die von Röhling gebaute Ohio-Brücke in Cincinnati, die mit Schrägketten ausgerüstet ist, später durch besondere Versteifungsbalken verstärkt. Aber auch in ästhetischer Hinsicht wirken die Schrägketten nicht günstig. Die vielen Kreuzungen der Schrägketten mit den Hängestangen machen einen sehr unruhigen Eindruck (ähnlich wie das engmaschige Gitterwerk bei Balkenbrücken). Außerdem sieht die ganze mit Schrägketten ausgerüstete Brücke so aus, als wenn sie für vorübergehende Zwecke errichtet sei, nicht als dauerndes, monumentales Bauwerk.

Wesentlich günstiger wirkt schon die zweite der auf Seite 18 erwähnten Versteifungs-Konstruktionen, die Anordnung von Doppelketten. Sie hat aber den Nachteil, daß sie einen verhältnismäßig schwerfälligen Eindruck macht, während sonst gerade Leichtigkeit und Gefälligkeit des Aussehens ein Vorzug der alten unversteiften Hängebrücken, sowie der später noch zu betrachtenden neueren versteiften Hängebrücken (selbst bei großen Abmessungen) ist.

Am günstigsten wirken diejenigen Hängebrücken, die durch einen in Höhe der Fahrbahn liegenden Fachwerkbalken versteift sind (Elisabethbrücke in Budapest).

Das sogenannte Hängefachwerk (Anordnung der Füllungsstäbe zwischen dem Kettengurt und einem in Höhe der Fahrbahn liegenden annähernd wagrechten Gurt) bietet nicht ganz dieselbe günstige Wirkung wie die zuletzt erwähnte Art der Versteifung durch einen besonderen Balken, weil bei dem Hängewerk die Kettenform nicht ganz so deutlich und eindringlich hervortritt.

2. Hochbau.

Die Verwendung des Eisens im Hochbau hat wohl noch mannigfaltigere Formen und Bauarten hervorgebracht, als die Ausführung eiserner Brücken. Aus diesem Grunde ist es noch schwieriger, die Konstruktionsformen des Eisens im Hochbau in einer allgemeinen, nur die Hauptzüge der Entwicklung berührenden Kritik zu besprechen.

Der grundsätzliche Unterschied in der ästhetischen Wirkung von eisernen Brücken und eisernen Hochbauten besteht wohl darin, daß bei den ersteren die Linien- und

Flächenwirkung, bei den letzteren dagegen die Raumwirkung vorherrscht. Die meisten eisernen Brücken erscheinen im wesentlichen als leichte, luftige Gebilde, die aus einzelnen verhältnismäßig dünnen Stäben bestehen. Die eisernen Hallen, Dächer, Kuppeln, Türme usw. haben jedoch, ähnlich wie die übrigen Hochbauten, stets einen Raum zu bedecken, abzuschließen oder zu umgrenzen, und dieser praktische Zweck ist auch für die künstlerische Bedeutung grundlegend.

Wenn somit Raumwirkung irgend welcher Art bei einer ästhetischen Betrachtung von eisernen Hochbauten stets das Ergebnis, gleichsam die Resultierende vieler einzelner Ursachen ist, so werden wir doch auch auf diesem Gebiete gut tun, von den wichtigsten Linien auszugehen. Denn wir können ja auch zeichnerisch einen Raum niemals anders darstellen, als durch Ansichten und Schnitte, also durch Linien. Und ganz besonders für den entwerfenden Baukünstler ist es von größter Bedeutung, zunächst über die grundlegenden Linien und Schnitte seines Bauwerkes sich klar zu werden, aus denen dann die Raumwirkung hervorgehen wird.

a) Längshallen.

Diese Tatsachen und Umstände erweisen sich am einfachsten aus der Betrachtung der Längshallen, deren geschichtliche Entwicklung wir bereits früher in einem kurzen Abrisse behandelt haben. Die Längshalle erscheint in ihrer Raumwirkung gleichsam als das Produkt aus Querschnittsfläche und Länge. Haben wir also von dem Querschnitt der Halle und namentlich von dessen Umgrenzungslinie uns ein Bild gemacht, dann wird es auch nicht schwer werden, uns die Raumwirkung vorzustellen. Dazu kommt noch ein anderer Umstand. Bei der Innenwirkung vieler Längshallen, z. B. besonders der Bahnhofsbauten, spielt das eiserne Tragwerk eine wichtige Rolle. Dieses Tragwerk gleicht nun in mancher Hinsicht dem der eisernen Brücken; es erscheint ähnlich wie bei diesen gewöhnlich als leichtes, luftiges, aus einzelnen dünnen Stäben bestehendes Gebilde. Da nun durch die äußere Form dieser Träger, der „Dachbinder“, größtenteils auch die Form der Dachhaut bestimmt ist, so haben wir als wichtigstes, gleichsam tonangebendes Element einer Längshalle die *B i n d e r f o r m* zu betrachten.

Vergleicht man die verschiedenen Gruppen und Konstruktionsarten der Hallenbinder untereinander, so ergibt sich, daß in den Anfängen der Entwicklung die Bauarten vorwiegend mit Rücksicht auf ihre praktische Seite angewandt und ausgebildet worden sind, daß aber späterhin die ästhetischen Rücksichten mehr und mehr in den Vordergrund traten. Diese Behauptung trifft natürlich nur im allgemeinen, nicht für alle einzelnen Fälle zu.

Es ist begreiflich, daß man bei den Hochbauten und im besonderen bei den Bahnhofshallen das Eisen anfänglich meistens nur da verwandte, wo es die größten Vorteile bot, nämlich bei der Herstellung der Dächer. Man gelangte so zunächst zu den einfachen Satteldächern. Obgleich diese Form — äußerlich betrachtet — schon seit vielen Jahrhunderten üblich war, so konnte ihre Übertragung auf den Eisenbau doch in ästhetischer Beziehung kein günstiges Ergebnis liefern. Höchstens dürfte vielleicht die Regelmäßigkeit der Anordnung als eine Eigenschaft bezeichnet

werden, die den zahlreichen dünnen Eisenstäben in ihrer Gesamtheit einen gewissen, wenn auch geringen Reiz verlieh.

Besser als bei diesen Satteldächern zeigte sich die Eigenart des Eisenbaues an den Hallen mit gewölbter Dachform. Freilich hatte die ältere Anordnung flacher Balken- oder Bogenbinder, die auf besonderen lotrechten, gemauerten oder eisernen Stützen gelagert waren, im allgemeinen noch ein ziemlich nüchternes Gepräge. Beispiele dieser Anordnung sind in der Zusammenstellung 15 angegeben, weitere Beispiele vergl. Förster, 4. Aufl., S. 508—512. Wir haben bei solchen Hallen zwei Arten unterschieden, je nachdem die Binder auf den gemauerten Längswänden, oder auf eisernen Stützen gelagert sind. Im ersteren Falle sind die Funktionen der stützenden und der tragenden Teile in Form und Material scharf getrennt. Diese Anordnung hat ihre Vorzüge, aber auch ihre Nachteile. Die Vorzüge liegen in der Möglichkeit, der stützenden und raumabschließenden Wand eine monumentale Ausbildung zu geben, der Nachteil liegt in dem Mangel einer organischen Beziehung zwischen Stütze und Träger.

Die andere Anordnung wählte man ursprünglich wohl in solchen Fällen, in denen man nicht beabsichtigte, die Halle auch seitlich abzuschließen. Die Binder wurden dann durch eiserne Säulen gestützt. Diese Anordnung ist zwar in technischer Beziehung einfach und billig, wirkt aber in ästhetischer Beziehung doch wenig ansprechend. Da das flache Dach der ganzen Halle sein Gepräge verleiht, so ist der Gesamteindruck recht nüchtern. Besonders ungünstig wirkt bei derartigen Dächern der scharfe Knick, den die verhältnismäßig flache Neigung der Binder an den Auflagerstellen mit den lotrechten Achsen der Säulen bildet (Abb. 129). Diese Unstetigkeit in der Linienführung des Querschnittes war allerdings auch bei der oben erwähnten Anordnung gemauerter Umfassungswände vorhanden, erhielt aber durch die Verschiedenheit des Materials ihre Begründung und fiel daher in weit geringerem Grade ins Auge.

In manchen Fällen hat man die Längswände oder nur eine derselben durch Eisenfachwerk mit Glasfüllungen geschlossen. Hier, sowie an den Schürzen, bot sich Gelegenheit zu einer mehr künstlerischen Ausbildung, wenn auch in verhältnismäßig einfachen Formen. Als Beispiel einer derartigen Anordnung ist die Bahnhofshalle in Hannover zu nennen.

Eine Halle von ähnlicher Bauart ist die des Hauptbahnhofes in Straßburg im Elsaß (Abb. 135). Auch diese ist mit Bogendächern versehen, die von gußeisernen Säulen gestützt sind. Hier ist aber der Übergang von den gußeisernen Säulen zu den Bogenbindern verhältnismäßig geschickt dadurch gelöst, daß die Neigung der letzteren an ihren Auflagern ziemlich steil gewählt wurde. Namentlich muß die Anordnung der Endbinder als sehr glücklich bezeichnet werden. Bei dieser Halle ist auch die gelungene Verwendung zahlreicher aus Gußeisen gebildeter Zierformen hervorzuheben.

Im allgemeinen ist jedoch die ästhetische Wirkung der älteren durch Säulen gestützten Bogendächer nicht besonders vorteilhaft. Auch tragen die zur Aufnahme des Horizontalschubes erforderlichen Zugstangen nicht dazu bei, den Gesamteindruck günstiger zu gestalten.

Eine wesentlich eindrucksvollere Wirkung haben die auf Seite 22 unter c erwähnten Bogendächer (Beispiele

vergl. Zusammenstellung 16). Bei diesen ist in den meisten Fällen die Linie der inneren Bogengurtung stetig, ohne scharfen Knick von Fußboden-Höhe bis zum Scheitel durchgeführt; ferner zeigen alle tragenden und stützenden Teile denselben Baustoff und dieselbe Konstruktionsart. Die dritte Anordnung hat also in ästhetischer Hinsicht erhebliche Vorzüge vor den beiden ersten. In der Tat sind auch die meisten großen und monumental wirkenden Bahnhofshallen, die innerhalb der letzten 20–30 Jahre in großen Städten erbaut wurden, nach der dritten Anordnung ausgeführt.

Bei einigen der älteren von diesen Hallen sind auch Zugbänder etwa in halber Höhe der Binder angeordnet; wie z. B. bei der Halle des Schlesienschen Bahnhofs in Berlin und des Hauptbahnhofs in Mainz; im Laufe der Entwicklung verschwinden aber diese Zugbänder.

Man darf den meisten dieser Hallen denselben ästhetischen Vorzug zuschreiben, den wir oben Seite 45 bei den Bogenbrücken erörtert haben: Es herrscht ein einfacher Grundgedanke vor, der von dem Beschauer leicht ästhetisch aufgefaßt werden kann. Dieser Grundgedanke besteht auch hier zumeist in der Anwendung eines mehr oder weniger stetig gekrümmten Bogens. Allerdings hat dieser bei den Hallen eine etwas andere Funktion als bei den Brücken; er wirkt nicht nur tragend, sondern auch raumabschließend.

Wir können den erwähnten Vorzug der dritten Konstruktionsart auch so ausdrücken: Bei den ersten beiden Anordnungen (a und b) stehen die stützenden und die tragenden Teile in keinem oder nur in geringem organischem Zusammenhange; bei der dritten Anordnung (c) ist der organische Zusammenhang in weit höherem Maße durchgeführt.

Eine interessante Würdigung der ästhetischen Eigenschaften unserer großen Eisenhallen auf baugeschichtlicher Grundlage findet sich in dem oben angeführten Werke: „Eisenbauten, ihre Geschichte und Ästhetik“ von Dr. Alfred Gotthold Meyer unter dem Abschnitte: „Neue Weite“. Es wird dort namentlich die Wirkung der Maschinenhalle der Pariser Weltausstellung (1889) feinsinnig erläutert. Meyer vergleicht diese Halle mit der Sophienkirche in Konstantinopel und findet den grundlegenden Unterschied in dem Verhältnis der Weite zur Höhe. Bei der Sophienkirche ist das Verhältnis 5 : 9, bei der Pariser Maschinenhalle etwa 10 : 4. Noch auffallender ist der Unterschied dieses Verhältnisses bei Vergleich mit dem Kölner Dom, dort ist nämlich das Verhältnis der Breite zur Höhe 45 : 140 = rund 10 : 31. Die Pariser Maschinenhalle ist insofern typisch für die neueren großen Eisenhallen, als bei den meisten wie dort das Verhältnis der Breite zur Höhe etwa 10 : 4 beträgt. Am größten ist es wohl bei der Halle des Bahnhofes Friedrichstraße mit etwa 10 : 5,2.

Nach Meyer bietet die Pariser Maschinenhalle gegenüber den großen Monumentalbauten früherer Zeiten drei neue ästhetische Werte: Neue Weite, neue Helle, neue Konstruktionsformen.

Im Anschluß an das Werk von Schmarsow (das Wesen der architektonischen Schöpfung, Leipzig 1894, S. 15 u. ff.) kommt Meyer zu folgenden Betrachtungen:

„Von den drei Ausdehnungen des Raumgebildes ist für den Raumwert der Baukunst die eindrucksvollste

zweifellos die Höhe. Sie ist die „Dominante“, die der Körperachse des Menschen entspricht. Im ästhetischen Rang folgt sodann die Tiefe (Länge), die Richtung unserer freien Bewegung nach vorwärts und zugleich unseres Blickes. Die Ausdehnung dieser Bewegungsfreiheit nach den Seiten, die Breite, folgt zuletzt“.

„Auch in der geschichtlichen Entwicklung des hallenartigen, ungeteilten Einraumes hat die Höhe bisher eine viel wesentlichere Rolle gespielt als die Breite. Die Gründe dafür waren sowohl konstruktiver wie ästhetischer Art“.

Es wird dann weiterhin gezeigt, wie in den verschiedenen Zeitaltern der Baukunst das Verhältnis der Höhe zur Breite eine sehr verschiedene Rolle gespielt hat, wie aber im besonderen durch die Gotik die Höhe einen völligen Sieg über die Breite davontrug. Die Renaissance gab keiner einzelnen Raumdimension den Vorzug, ihr Wesen besteht vielmehr gerade auch hier in einem harmonischen Ausgleich, doch in der Barockhalle herrsche immer noch jener „Zug nach oben“. — „Solange Kirchenräume mehr sein wollen als Versammlungsräume, solange sie den Gedanken des Ewigen bergen sollen, wird der ungeteilte Einraum ihnen nur bei einem Übergewicht der Höhe über die Breite genügen“.

Ganz anders wurde das Verhältnis in den zahlreichen Profan- und Nutzbauten der Neuzeit. Hier erforderten die verschiedenen praktischen Bedürfnisse möglichst weite, durch Stützen nicht beengte Räume, während es auf große Höhe viel weniger ankam. Offenbar zeigte sich in solchen Bauwerken, die den Bedürfnissen der breiten Massen dienten, ein stark demokratischer Zug der Zeit, der gewissermaßen auch sinnbildlich in dem Überwiegen der Breite über die Höhe hervortrat.

Übrigens ist noch der Umstand von Interesse, daß das Bestreben stärkerer Betonung der Breite gegenüber der Höhe bereits im Kirchenbau des fünfzehnten Jahrhunderts hervortrat. Während bekanntlich die Hochgotik einen durchaus aristokratischen Charakter trug, zeigte sich schon zu Ausgang des Mittelalters ein mehr demokratischer Zug, der den Bedürfnissen der Gemeinde mehr entgegenkommen wollte und schon aus praktischen Gründen die Breite im Verhältnis zur Höhe wieder mehr betonte.¹⁾

Wenn nun auch im Gegensatz zu den mittelalterlichen Kirchen bei den Eisenhallen der Neuzeit die Breite stets die Höhe bei weitem überwiegt, so hat man doch zuweilen, wenigstens bei den älteren dieser Hallen das Bedürfnis empfunden, die Höhenrichtung wenigstens symbolisch zu betonen. Dies geschah durch Verwendung eines stumpfen Spitzbogens (vergl. Nr. 1, 4, 5, 7, 10 der Zusammenstellung 16). Es mag dahingestellt bleiben, ob diese Formen eine Erinnerung an den gotischen Baustil bedeuten; immerhin war wohl die Absicht vorhanden, durch einen Spitzbogen der verhältnismäßig flachen Decke eine aufwärtsstrebende Bewegung zu geben. Bei einigen dieser Hallen (Nr. 4, 5, 7) mag auch die Anordnung eines Scheitelgelenkes für die Wahl eines Spitzbogens gesprochen haben. Bei den neueren Hallen verschwindet die Spitzbogen-Form fast ganz, beispielsweise

¹⁾ Matthaei, Deutsche Baukunst seit dem Mittelalter bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts, S. 5 u. 9.

ist sie bei den Bahnhofshallen in Bremen und Dresden nur noch in ganz schwachen Rudimenten vorhanden. Hierdurch gewann man zwar an Stetigkeit der Linienführung, verlor aber zugleich jene ideale Betonung der Höhenrichtung.

Durch die verhältnismäßig geringe Höhe der ganzen Halle war man zumeist veranlaßt, mit der inneren Bogengurtung unmittelbar über dem Kämpfer in die Krümmung und eine geneigte Lage überzugehen. Diese Eigenschaft wirkt aber nicht vorteilhaft, weil der Bogen hierdurch etwas Gedrücktes erhält, trotz seiner bedeutenden Abmessungen. Die Architekten geben bekanntlich sehr oft ihren Bögen eine gewisse Überhöhung, d. h. sie fügen ein kurzes lotrechtes Stück unter dem gekrümmten Teile hinzu, an das sich der Bogen selbst tangential anschließt. Eine solche Anordnung trägt nun viel dazu bei, dem Ganzen einen stolzen und freien Eindruck zu geben. Diese Eigenschaft fehlt aber bei solchen Bögen, die unmittelbar über dem Kämpfer in die geneigte Lage und in die Krümmung übergehen.

Von noch größerer Wichtigkeit ist das Verhältnis der beiden Gurtungen zu einander. In den meisten Fällen ist die Halle auf den Langseiten durch lotrechte Wände abgeschlossen. Hierdurch war man wohl oder übel genötigt, die äußere Bogengurtung in ihrem unteren Teile lotrecht anzuordnen. Hier nehmen also die beiden Bogengurtungen einen ganz verschiedenen Verlauf; sie kümmern sich sozusagen gar nicht umeinander, die innere Bogengurtung folgt ungefähr dem Verlauf der Stützlinie, während die äußere sich der umschließenden Wand anschmiegt. Außerdem ist auch der Abstand der beiden Gurtungen sehr verschieden. Unmittelbar über dem Kämpfergelenk ist dieser Abstand sehr klein, in der Nähe der Dachtraufe dagegen verhältnismäßig sehr groß. Ferner hat man, um der Umfassungswand die erwünschte Höhe geben zu können, zwischen dieser Wand und dem Binder häufig Aufsattelungen angeordnet, die dann oft einen etwas gekünstelten Eindruck machen.

Infolge der geschilderten Eigenschaften machen die meisten derartigen Binder in ihrem unteren Teile einen wenig harmonischen Eindruck. Besonders deutlich machten sich diese Umstände bei Hallen mit Spitzbogenform bemerkbar. Die Erbauer der Pancras-Halle in London (Zusammenstellung 16, Nr. 1) haben offenbar in richtiger Erkenntnis darnach gestrebt, den Bogengurtungen über dem Auflager eine möglichst lotrechte Richtung zu geben, indem sie den untersten Teil in stärkerer Krümmung anordneten als den oberen (Abb. 127).

In Deutschland ist man der erwähnten Schwierigkeit zum Teil dadurch aus dem Wege gegangen, daß man die Höhe vergleichsweise ziemlich groß annahm (Bahnhof Friedrichstraße und Alexanderplatz in Berlin). Bei den meisten anderen Hallen (auch solchen mit ungefähr halbkreisförmigen Bögen) nahm man eine von der Lotrechten ziemlich stark abweichende Neigung der inneren Bogenlinie in Kauf. Am stärksten weicht wohl die innere Gurtung bei der Kölner Halle von der Lotrechten ab, und das ist in ästhetischer Beziehung wohl der schwächste Punkt dieses sonst schönen und wirkungsvollen Bauwerks.

Die hier geschilderten Schwierigkeiten, die bei dem Entwerfen weiter und verhältnismäßig niedriger Hallen in

Bezug auf die Gestaltung des unteren Binderteils auftraten, haben vielleicht dazu beigetragen, noch andere Hallenformen auszubilden, die zwischen den Seite 22 mit b und c bezeichneten ungefähr die Mitte halten. Das bedeutendste Bauwerk dieser Gruppe ist die Maschinenhalle der Weltausstellung in Paris 1889 (Abb. 159 u. 160). Als Kennzeichen dieses Typus haben wir die Satteldachform (oder wenigstens eine Annäherung an diese) und die bogenförmige Überleitung aus der lotrechten Richtung des unteren Teiles in die obere flachgeneigte bezeichnet (Seite 26).

Indem die Verfasser der Entwürfe bei diesen Hallen auf einen annähernd stetigen Verlauf der Krümmung und auf die starke Hervorhebung der bis dahin typischen Bogenform verzichteten, gewannen sie andererseits an Bewegungsfreiheit. Man konnte nunmehr die Gurtungen bis zu beliebiger Höhe lotrecht führen und dann mit beliebiger Krümmung in die Neigung des Satteldaches übergehen.

Bei der Halle der Pariser Weltausstellung hat man den unteren lotrechten Teil ziemlich niedrig angeordnet und der daran anschließenden Krümmung einen verhältnismäßig großen Halbmesser gegeben. Diese Lösung scheint glücklicher zu sein, als die der Halle des neuen Hamburger Hauptbahnhofes, bei der die scharfe Krümmung an dem Übergang aus der Lotrechten in das Satteldach eine gewisse Härte zeigt. (Abb. 137.) Auch machen die hohen Binderfüße dieser Halle einen etwas dünnbeinigen Eindruck und es sieht fast so aus, als ob diese Füße nach außen etwas gekrümmt seien. Dies ist aber nur eine Sinnestäuschung, die davon herrührt, daß unmittelbar an die scharfe Krümmung die langen geradlinigen Teile der beiden Gurtungen angeschlossen sind. — Indessen ist der Gesamteindruck der Hamburger Halle überaus wichtig.

Wir haben die beiden zuletzt genannten Hallen miteinander verglichen, weil beide nahezu die Grenzfälle darstellen, innerhalb deren der angedeutete Grundgedanke verwirklicht werden kann. Eine zwischen beiden Grenzfällen liegende Form zeigt die Markthalle in Hannover (Zusammenstellung 17, Nr. 7, Seite 26 und Abb. 153). Hier ist die lotrechte Richtung so hoch durchgeführt, daß sie hinreichend stark betont erscheint; andererseits hat die anschließende Krümmung einen angemessenen Halbmesser erhalten. Insofern scheint die Gesamtform glücklich angeordnet. Ob indessen die an einen Tudorbogen erinnernde anscheinend etwas konkave Gestalt des oberen Teiles für den Gesamteindruck günstig ist, erscheint zweifelhaft. Tatsächlich ist übrigens diese Form nicht konkav, sondern beide Gurtungen verlaufen in dem oberen Teile vollkommen geradlinig. Dadurch, daß diese langen geraden Linien ohne vermittelnden Übergang an die Krümmung von verhältnismäßig kleinem Halbmesser angeschlossen sind, entsteht jene Täuschung, als ob die Krümmung im oberen Teile konkav verlaufe. Eine ähnliche Täuschung hatten wir ja bei den Binderfüßen der Hamburger Halle bemerkt.

Man kann hieraus die Regel ableiten, daß es mit Rücksicht auf die ästhetische Wirkung nicht zu empfehlen ist, lange gerade Linien ohne Vermittlung an Krümmungen von kleinen Halbmessern anzuschließen. Vielmehr ist ein möglichst stetiger Übergang der Krümmung, nicht nur der Richtung erwünscht.

Bei der Halle der Pariser Weltausstellung und bei der Hamburger Halle sind die Gurtungen im oberen Teile tatsächlich nicht geradlinig, sondern sehr schwach gekrümmt angeordnet. Es sieht aber so aus, als ob diese Teile vollkommen geradlinig wären.

Die beiden zuletzt erwähnten Hallen haben im wesentlichen eine vorteilhaftere Ausbildung der Binderfüße erhalten als die Hallen der Zusammenstellung 16. Dagegen wirken die nahezu geradlinigen, an ein Satteldach erinnernden oberen Teile doch etwas nüchtern, namentlich bei der Halle der Pariser Weltausstellung. Dieser Umstand hat wohl bei den neuen Bahnsteighallen in Metz dazu geführt, daß die Binderfüße zwar lotrecht, der obere Teil der unteren Gurtung jedoch in einem flachen Bogen angeordnet wurde. Die obere Gurtung ist in der Mitte auf ein kurzes Stürk geradlinig ausgeführt. Diese Form vermittelt also zwischen den zuletzt betrachteten Binderarten und denjenigen mit flachgekrümmter Dachhaut. Eine Anordnung wie die der Metzger Hallen dürfte wohl von sämtlichen bis jetzt ausgeführten Binderformen ästhetischen Ansprüchen am meisten genügen. Namentlich ist die innere Gurtung bei diesen Hallen sehr gefällig ausgeführt.

Bei der Wandgliederung der Bogenbinder sind im Laufe der geschichtlichen Entwicklung dieselben Arten aufgetreten wie bei den Balkenbrücken und Bogenbrücken. Namentlich ist bei den Hallen der Zusammenstellung 16 meistens das Ständerfachwerk mit gekreuzten Diagonalen ausgeführt worden, ähnlich wie bei mehreren Bogenbrücken der Zusammenstellung 8 (vergl. oben Seite 14). Diese Anordnung hat den Vorteil, daß sie verhältnismäßig ruhig wirkt, daß hierbei jedes Feld für sich eine symmetrische Anordnung zeigt, und daß sie ziemlich engmaschig aussieht. Offenbar ist es erwünscht, daß der ganze Binder, wenn er auch in sich gegliedert ist, doch als geschlossenes Ganzes erscheint. Aus diesem Grunde dürfte es sich empfehlen, die Abstände der einzelnen Füllungsstäbe verhältnismäßig klein anzunehmen.

Nicht unwichtig ist die Frage, ob man bei gegliederten Bogenbindern die Pfosten rechtwinklig zu den Gurtungen, oder lotrecht anordnen soll. Bei den meisten, namentlich älteren Hallen findet sich die erstere Anordnung. Nach meiner Auffassung ist diese sowohl aus praktischen Gründen, als auch in ästhetischer Beziehung der anderen vorzuziehen. Offenbar ergeben sich die einfachsten Knotenverbindungen, wenn die Pfosten stets annähernd rechtwinklig zur Gurtung liegen. Ordnet man aber die eine Schar der Füllungsstäbe nicht rechtwinklig zu den Gurtungen, sondern in der Richtung der Schwerkraft an, so erhält man entweder im unteren Teile des Binders sehr spitzwinklige Anschlüsse an die Gurtungen, oder man muß eine Unregelmäßigkeit in der Anordnung der Füllungsglieder in Kauf nehmen. Beides sollte aus ästhetischen Gründen vermieden werden. Es ist daher zu empfehlen, alle Pfosten annähernd rechtwinklig zu den Gurtungen zu legen.

Bei vielen Hallen sind die Binder paarweise in Abständen von etwa 1 m, als sogenannte Doppelbinder, ausgeführt und durch ein Fachwerk gegenseitig verbunden. (Beispiele: Zusammenstellung 16, Nr. 4–10). Diese Bauart ist in praktischer Beziehung insofern zweckmäßig, als die seitliche

Steifigkeit der Binder außerordentlich erhöht wird. Aber auch in ästhetischer Hinsicht wirkt die Anordnung günstig, weil derartige Binder weit mehr als räumliche Systeme erscheinen, als die einfachen Binder. Ein Übelstand ist nur, daß die vielen, in verschiedenen Ebenen liegenden Füllungsstäbe der Fachwerkgliederung in der perspektivischen Ansicht sich überschneiden und dadurch teilweise ein etwas unruhiges Aussehen zeigen.

Abgesehen von den Bindern, den Hauptkonstruktions teilen der Hallen, sind noch verschiedene andere Teile für die ästhetische Wirkung von Einfluß. Hierzu gehören vor allem die Pfetten. Bei den Hallen der Berliner Bahnhöfe Friedrichstraße und Alexanderplatz sind die Pfetten nach zwei zueinander senkrechten Richtungen gegliedert; in der Längsansicht haben sie fischbauchartige Gestalt. Vermutlich lag hierbei die Absicht zu Grunde, die Pfetten einerseits in beiden Richtungen (parallel zur Bindergurtung und rechtwinklig dazu) möglichst steif zu machen und andererseits sie auch möglichst leicht erscheinen zu lassen. Die erstere Absicht ist wohl jedenfalls erreicht, ob aber die ästhetische Wirkung günstig ist, muß bezweifelt werden. Es sieht fast so aus, als ob die Pfetten durchhängen, und dieser Eindruck sollte m. E. vermieden werden. Bei den neueren Hallen sind die Pfetten in der Regel aus Walzeisen hergestellt (unten gewöhnlich , oben  Eisen). Diese Anordnung wirkt auch in ästhetischer Hinsicht bedeutend besser als die oben erwähnte.

Nur bei besonders großen Abständen der Binder hat man die Pfetten auch neuerdings zuweilen gegliedert ausgeführt, z. B. bei der Halle des Hamburger Hauptbahnhofes. Hier sind die Untergurte der Pfetten in der Nähe der Binder bogenförmig nach abwärts geführt. Diese Form wirkt in ästhetischer Beziehung entschieden günstig. Die gegliederten Pfetten sind aber nur an einzelnen Stellen in größeren Abständen ausgeführt; die Belastung der Dachhaut wird auf sie durch ein System von Sparren und Pfetten mit kleineren Stützweiten (Nebenpfetten) übertragen. Diese Anordnung hat bei so großen Abmessungen auch in ästhetischer Hinsicht bedeutende Vorteile. Die gegliederten Hauptpfetten sind nur in geringer Zahl vorhanden und treten als wichtige Konstruktionsteile stark hervor, während die vollwandigen Sparren und Nebenpfetten nur als untergeordnete Glieder erscheinen. Hierdurch gewinnt das ganze Tragwerk bedeutend an Klarheit und Übersicht.

Bei Hallen mit kleineren oder mittleren Stützweiten, wie sie in letzter Zeit sehr häufig ausgeführt worden sind, hat man die Binder in der Regel vollwandig hergestellt. Der untere Teil der Binder wird hierbei fast regelmäßig lotrecht und aus Walzeisen ähnlicher Sorte wie der obere bogenförmige Teil ausgeführt. Entweder geht man nun in einer gewissen Höhe mit einem scharfen Knick plötzlich in einen verhältnismäßig flachen Bogen über (Bahnsteighallen Essen und Krefeld) oder aber man schließt zunächst einen Bogen von kleinem Halbmesser an, der dann in die flachere Krümmung des oberen Teils übergeht. (Bahnsteighalle in Kiel.) Über den ästhetischen Nachteil der plötzlich erfolgenden Richtungsänderung wurde bereits Seite 59 einiges bemerkt. Jedenfalls ist also diejenige Anordnung in ästhetischer Hinsicht vorzuziehen, bei welcher die Richtungsänderung durch

Einlegen eines Bogens von kleinem Halbmesser vermittelt wird. Bei der Bahnsteighalle in Homburg v. d. Höhe ist der obere gekrümmte Teil in einem verhältnismäßig steilen Bogen angeordnet, so daß der erwähnte Knick bei dem Übergang aus dem lotrechten in den gewölbten Teil weniger stark auffällt (Abb. 139).

Die kleinen einstieligen Bahnsteighallen sind bekanntlich in den letzten Jahren bei den meisten Eisenbahnverwaltungen sehr beliebt geworden und finden sich heute auf vielen kleineren und mittleren Bahnhöfen. Sie bieten zwar ein ziemlich nüchternes Aussehen, haben jedoch in den meisten Fällen den Vorzug, daß sie wenigstens — „nichts verderben“. Es ist bekanntlich eine sehr schwierige und bis jetzt sehr selten glücklich gelöste Aufgabe, eine größere, einen geschlossenen Raum darstellende Bahnsteighalle in harmonische Beziehung zu dem angrenzenden Empfangsgebäude zu setzen. Bei den kleinen einstieligen Hallen ist diese Schwierigkeit viel geringer, weil das Empfangsgebäude hier gewöhnlich an Höhe bedeutend überwiegt. Auch wirkt die einstielige Halle nicht als raumabschließendes, sondern nur als raumbedeckendes Gebilde; sie erscheint deshalb als ein ganz anderer Organismus, als das in der Nähe befindliche Empfangsgebäude. Aus diesem Grunde braucht auf eine ästhetische oder organische Beziehung zwischen Bahnsteighalle und Empfangsgebäude bei den einstieligen Hallen kaum noch Wert gelegt zu werden. Dagegen passen diese anspruchslosen Bauwerke ganz gut zu den sonstigen, auf den meisten Bahnhöfen vorhandenen Gegenständen, wie Signalen, Signalbrücken, Stellwerken, Güterschuppen, Hebezeugen usw., die alle eine gewisse nüchterne Sachlichkeit aufweisen.

Die Frage, ob man auf mittleren und größeren Bahnhöfen entweder kleine (einstielige oder zweistielige) oder aber große, weitgespannte Hallen ausführen soll, ist in den letzten Jahren mehrfach erörtert worden (vergl. z. B. Handb. d. Arch. IV. Teil, 2 Halbb. 4. Heft 1911, S. 327—330). Meine persönliche Ansicht in dieser Frage geht — soweit sie sich überhaupt grundsätzlich behandeln läßt — dahin, daß man in derartigen Fällen möglichst den Mittelweg einschlagen, also etwa Stützweiten von 20 bis höchstens 30 m verwenden solle. Sehr oft wechselt bei größeren Bahnhöfen je ein Personenbahnsteig mit einem Gepäckbahnsteig ab. Ist z. B. die Gleisentfernung bei einem Personenbahnsteig etwa 13 m, bei einem Gepäckbahnsteig etwa 7 m und stellt man in der Mitte jedes Personenbahnsteiges eine Stützenreihe auf, während die Gepäckbahnsteige frei bleiben, so wird die Stützweite etwa 20 m. Als dann kommt man noch ganz bequem mit vollwandigen Bindern aus und die Kosten werden nicht sehr viel größer als bei einstieligen Hallen. Andererseits läßt sich mit Hallen von mittleren Stützweiten doch eine erheblich bessere ästhetische Wirkung erzielen, als bei den kleinen einstieligen. Nur bei ganz großen Bahnhöfen sollte man weitgespannte Hallen (40—60 m Stützweite) verwenden.

b) Kuppeln.

Wir können etwa folgende Gruppen unterscheiden:

1. **Reine Nutzbauten**, wie Lokomotivschuppen und Gasbehälter. Hier ist die Kuppelform nur aus praktischen Gründen gewählt, weil die kreisförmige oder regelmäßige

vieleckige Anordnung des Grundrisses hierzu Veranlassung gab. Der Aufriß zeigt in der Regel eine flache Wölbung; der Meridian ist bei den am meisten verwendeten Schwedler'schen Kuppeln gewöhnlich eine kubische Parabel. Diese aus theoretischen Gründen gewählte Form wirkt aber in ästhetischer Beziehung wenig günstig. Sie sieht etwas gedrückt aus, weil der Scheitel zu wenig hervorgehoben ist. Diesen Übelstand vermag auch die Laterne nicht auszugleichen. (Abb. 187).

2. **Gewächshäuser**. Auch hier wurde die Bedachungsart vorwiegend aus praktischen Gründen gewählt; es ergab sich jedoch nicht selten eine günstige ästhetische Lösung. Der Grundriß ist in der Regel rechteckig oder quadratisch, wie bei dem Palmenhause in Bonn (Seite 32), zuweilen auch kreisrund oder regelmäßig-vieleckig. Bei dem Palmenhause in München hat der Unterbau einen quadratischen, die Kuppel dagegen einen kreisförmigen Grundriß. Der Aufriß derartiger Kuppeln zeigt sehr verschiedene Formen. Die Meridianform ist häufig ähnlich wie bei den später unter d) zu besprechenden Monumentalbauten gewählt. In anderen Fällen sind die Meridiane geradlinig, so daß statt der Kuppel ein Zeltdach entsteht. Als Beispiele seien der Wintergarten in Yarmouth (Seite 32) und das Palmenhaus in Hannover (Seite 32) erwähnt. Auch bei solchen Zeltdächern ist in der Regel eine Laterne vorhanden.

Die bei den Pflanzenhäusern verwendeten Kuppel- und Zeltdächer haben wohl zumeist etwas nüchterne Formen, geben aber doch dem Ganzen eine eigenartige, der Bedeutung eines Zentralraumes entsprechende Bekrönung.

3. Bei der Verwendung von Kuppeln für **Ausstellungsbauten** haben wir zwei Fälle zu unterscheiden. In dem einen Falle ist die Kuppel ganz oder vorwiegend als bekrönendes Motiv für die Wirkung der Außenansicht gewählt. Bei der Innenansicht kommt dann die Form der Kuppel wenig oder gar nicht zur Geltung, weil die Konstruktion durch eine innere, verhältnismäßig niedrige Decke verhüllt wird, in der sich gewöhnlich ein Oberlicht befindet. Als Beispiel sei die Kuppel des Hauptgebäudes der Düsseldorfer Ausstellung 1902 erwähnt.¹⁾

Der zweite, jedoch verhältnismäßig seltene Fall findet sich bei großen Ausstellungsräumen, die durch innen sichtbare Kuppelkonstruktionen überdeckt werden. Die bedeutendsten Beispiele hierfür sind das Hauptgebäude der Ausstellung in Lyon 1894 und die Ausstellungs- und Festhalle in Frankfurt a. M. (Seite 29 und Abb. 163). In beiden Fällen besteht das Tragwerk der Kuppel aus einer Reihe radial gestellter Bogenbinder. Diese haben zugleich auch eine wichtige ästhetische Bedeutung insofern, als sie eine stark hervortretende Gliederung der sonst einförmigen Kuppelfläche hervorbringen und die Form des Meridianbogens deutlich betonen. Offenbar ist diese zweite Verwendung von Kuppelkonstruktionen viel naturgemäßer und sinnvoller als die erste. In dem zuerst erwähnten Falle handelt es sich im wesentlichen um ein Dekorationsglied, das zur Bekrönung des Ganzen dienen soll, im zweiten jedoch um eine organische, aus der Natur der gestellten Aufgabe entsprungene Lösung, die zugleich auch einen hohen ästhetischen Wert besitzt.

4. Die Verwendung von eisernen Kuppeln für große,

¹⁾ Z. d. Bauverw. 1902, S. 627.

steinerne Monumentalbauten erfolgte gleichfalls vorwiegend oder fast ausschließlich mit Rücksicht auf die äußere Ansicht des Bauwerkes. Auch bei solchen Gebäuden wurde in der Regel unterhalb der die Dachhaut tragenden äußeren Kuppel eine zweite, erheblich tiefer liegende Kuppel oder auch eine flache Decke angeordnet, welche die erstere für die Innenansicht völlig den Blicken des Beschauers entzog.

Als ein bemerkenswertes Beispiel sei die 1889–94 erbaute Universitäts- und Landesbibliothek in Straßburg i. E. erwähnt. Dieses Gebäude wird durch eine Kuppel gekrönt, die einen quadratischen Grundriß von etwa 18 m Seitenlänge hat und über dem Lesesaal errichtet ist. Die Decke desselben ist als Spiegelgewölbe mit vier Stüchkappen ausgebildet; in der Mitte befindet sich ein quadratisches, gleichfalls gewölbtes Oberlicht. Die Höhe dieses Oberlichtes über dem Fußboden des Lesesaales ist nur etwa halb so groß wie die Höhe der Kuppelspitze über demselben Fußboden!¹⁾

Ähnliche, wenn auch nicht ganz so auffallende Beispiele ließen sich gewiß in großer Zahl anführen. So befindet sich über dem Justizgebäude in München eine große, durch Eisenkonstruktion getragene Kuppel, an der die Glasdecke der Zentralhalle aufgehängt ist. Diese Decke ist aber bedeutend flacher und liegt viel tiefer als die äußere Kuppel. — Bei dem Reichstagsgebäude in Berlin liegt die Kuppel bekanntlich über dem Sitzungssaal, der durch ein flaches, bedeutend unterhalb der Kuppel liegendes Oberlicht abgedeckt ist. (Abb. 9, Seite 81).

Und selbst noch bei dem neuen 1907 eröffneten Kurhause in Wiesbaden liegt die innere Kuppel mit dem Oberlichte ganz bedeutend tiefer als die äußere, den Schutz gegen Witterung gewährende und von außen allein sichtbare Kuppel.

Wenn man einen durch die Achse der Kuppel gelegten Vertikalschnitt eines solchen Gebäudes betrachtet, dann wird man eines gewissen Bedauerns sich nicht erwehren können. Man hat das Gefühl, hier vor einer großen Raumverschwendung zu stehen. Wozu ist denn die äußere Kuppel so hoch hinaufgebaut worden, wenn der hierdurch geschaffene Innenraum gar nicht nötig war, oder: wenn er nicht entwickelt wurde zu dem, was er hätte werden können?

Diese Fragen erklären sich zunächst in einfacher Weise dadurch, daß hier ähnlich wie bei jenen Ausstellungsbauten (Seite 61) die Kuppel vorwiegend als äußeres Dekorationsstück betrachtet wurde und zu wenig als organischer Bestandteil des Gebäudes oder als raumbegrenzendes Glied.

Will man jedoch diesen Fragen noch etwas mehr auf den Grund kommen, so wird man zunächst die technische Seite der Aufgabe betrachten müssen. Offenbar ist es in derartigen Fällen erwünscht, nicht nur eine äußere, Schutz gegen die Witterung gewährende Kuppel, sondern auch eine innere, den Raum nach oben abschließende Wölbung oder Decke zu haben. Ferner ist es erwünscht, den Raum zwischen beiden begehbar zu machen, um die Konstruktion jederzeit untersuchen und ausbessern zu können.

Offenbar hat die Anwendung von Eisenkonstruktionen für Kuppelbauten in der Baugeschichte einen ungeheuren Fortschritt bedeutet. Durch die neue Bauweise ist es heute ermöglicht, Kuppeln von geringem Gewicht und großer

¹⁾ Vgl. das Werk: „Straßburg und seine Bauten“, S. 440–441.

Festigkeit in bedeutender Höhe mit verhältnismäßig geringen Mitteln zu errichten, ohne daß die unterstützenden Mauern unverhältnismäßig stark zu werden brauchen. Und eine ganz besonders wichtige Eigenschaft aller neueren Kuppelkonstruktionen liegt ja darin, daß der Innenraum von allen Konstruktionsteilen und Spannstrangen frei bleibt. Wenn man nun behaupten wollte, der neue Baustoff habe einen völlig neuen Raumwert geschaffen, so wäre damit vielleicht zu viel gesagt. Auch schon die alte Baukunst kannte Kuppeln von bedeutenden Abmessungen, die in großer Höhe errichtet waren. Aber es handelt sich hierbei fast immer um Kirchenbauten. Bei diesen ist es wohl begreiflich, daß eine große Höhe der betreffenden Zentralräume angestrebt wurde.

Von der nicht geringen Zahl eiserner Kuppeln der Neuzeit sind jedoch die meisten auf Profanbauten errichtet. In vielen Fällen wurde wohl das für Bekrönungen wohlbekannte Motiv in mehr äußerlicher Weise wieder verwendet. Mit der bedeutenden, zur Verfügung stehenden Höhe wußte man anscheinend deshalb nicht viel anzufangen, weil man es gar nicht gewohnt war, Räume für profane Zwecke mit so ungewöhnlichen Höhenverhältnissen zur Verfügung zu haben. Dazu kam vielleicht noch eine gewisse Scheu der Architekten vor den eisernen Kuppelkonstruktionen, die viel eher großen Spinnweben, als einem herkömmlichen Gebilde der Baukunst glichen. So war man veranlaßt, diese Teile möglichst zu verbergen und ihnen selbst mit der verdeckenden Hülle — möglichst fern zu bleiben.

Bei einem Vergleich solcher Bauwerke mit den früher betrachteten Längshallen fällt ein bedeutender, grundsätzlicher Unterschied auf. Bei diesen hatten wir große ungeteilte Breite als neuen Raumwert kennen gelernt (vergl. oben Seite 58). Bei den durch Eisenkonstruktionen bedeckten Zentralräumen haben wir dagegen auch eine größere Freiheit an Höhenentwicklung dadurch bekommen, daß nunmehr die Herstellung solcher Räume von großer Weite und Höhe technisch gegen früher bedeutend erleichtert worden ist. Es wäre freilich zu wünschen, daß dieser in gewisser Hinsicht doch neue Raumwert auch von den Architekten mehr als bisher gewürdigt und verwertet werden möge.

In der Grundrißanordnung derartiger Kuppeln haben wir zwei Gruppen zu unterscheiden. Einerseits ist der Grundriß ein Kreis oder ein regelmäßiges Vieleck mit großer Seitenzahl — andererseits ein Rechteck, Quadrat oder ein Achteck mit vier langen und vier kurzen Seiten (abgestumpftes Rechteck). Das regelmäßige Achteck bildet gleichsam das Mittelglied zwischen beiden Fällen.

Diese verschiedenen Bauarten haben in ästhetischer Hinsicht sehr verschiedene Wirkungen. An und für sich betrachtet macht eine Kuppel mit kreisförmigem Grundriß einen vorteilhafteren Eindruck als eine Kuppel mit rechteckigem oder quadratischem Grundriß. Es ist ein allgemeines ästhetisches Gesetz, daß eine regelmäßig gekrümmte Linie angenehmer empfunden wird, als eine vollkommen gerade Linie. Daraus geht hervor, daß eine nach zwei Richtungen gekrümmte Fläche ebenfalls günstiger wirkt, als eine nur einseitig gekrümmte Fläche, wie sie bei Kuppeln mit rechteckigem Grundriß gewöhnlich vorkommt. Außerdem bringt

auch die kreisrunde Anordnung den Gedanken eines Zentralraumes viel deutlicher zum Ausdruck als die rechteckige oder quadratische Form. Andererseits zeigen Kuppeln in der Form von Klostergewölben, wie sie bei rechteckigem Grundriß zuweilen ausgeführt sind, in den scharfen Graten eine unschöne Härte. Aus diesem Grunde sind die Grate bei größeren Kuppeln zuweilen abgeschrägt worden, indem man den rechteckigen Grundriß in einen achteckigen mit vier langen und vier kurzen Seiten verwandelte.

Es ist eine bemerkenswerte Tatsache, daß die kreisrunde Form gewöhnlich bei Kirchen, die quadratische oder rechteckige (mit der erwähnten Änderung) jedoch in der Regel bei Profanbauten verwendet wurde. Der erstere Umstand ist wohl in erster Linie auf die Wirkung der Tradition zurückzuführen. Die durch eine kreisrunde oder auch achteckige Kuppel gekrönte Renaissance-Kirche ist bekanntlich in der Baugeschichte eine typische Erscheinung geworden. Hierdurch ist es begreiflich, daß man auch im neunzehnten Jahrhundert bei Kirchen gern auf derartige Formen zurückgriff.

Auch in der Gestaltung des Aufrisses solcher Kuppeln folgte man gerne den Vorbildern der Renaissance. In der Regel gab man auch neuerdings der Kuppel eine Überhöhung in dem sogenannten Tambour. Auch wurde der Meridianbogen des gewölbten Teiles häufig nicht als reiner Halbkreis, sondern als stumpfer Spitzbogen ausgebildet, z. B. bei der Nikolai-Kirche in Potsdam. Hierdurch erhielt die Kuppel einen bedeutend vorteilhafteren Eindruck als bei reiner Halbkugelform. Die von früheren Zeiten gewohnte Laterne wurde ebenfalls beibehalten.

Interessanter als diese runden Kirchenkuppeln, die sich in ihrer ganzen Form an ältere, aus Stein gewölbte Vorbilder anlehnten, sind in gewissem Sinne die Kuppeln mit rechteckigem oder quadratischem Grundriß (gewöhnlich mit abgestumpften Ecken). Solche Formen, die in der Baugeschichte einen neuartigen Typus darstellen, sind fast nur bei Profanbauten und zwar besonders bei solchen Gebäuden verwendet, die vorwiegend neuzeitlichen Bedürfnissen dienen, wie Verwaltungsgebäude, Museen, Bibliotheken, Theater. Derartige Bauwerke hat es zwar auch schon in früheren Zeiten gegeben, aber eine bedeutende Rolle haben sie erst in der Baukunst des neunzehnten Jahrhunderts gespielt (abgesehen von den Theaterbauten des Altertums).

Solche Gebäude haben oft große Abmessungen sowohl nach der Breite, wie nach der Tiefe. Es erschien deshalb erwünscht, der im großen und ganzen rechteckigen Masse eine Bekrönung in Gestalt einer Kuppel zu geben und diese in der Regel über den nach Bedeutung und Lage wichtigsten Raum zu legen. Da dieser Raum gewöhnlich einen rechteckigen Grundriß hatte, so war es andererseits durchaus naturgemäß, auch die Kuppel in ihrer räumlichen Ausbildung diesem Grundrisse anzupassen. Die Ausführung einer runden Kuppel, wie sie bei Kirchen gebräuchlich ist, hätte bedeutende konstruktive und auch ästhetische Schwierigkeiten verursacht. Da andererseits das ganze Gebäude, wie erwähnt, gewöhnlich eine rechteckige Anordnung zeigte, so erschien es auch angemessen, eine entsprechende Form für die Kuppel zu wählen.

Bei der Gestaltung des Aufrisses wählte man häufig ähnliche Meridianformen wie bei den Kuppeln mit kreis-

rundem Grundrisse. Jedoch zeigt sich im allgemeinen bei den erwähnten Kuppeln mit rechteckiger Grundform eine viel größere Freiheit in der Ausbildung.

Zuweilen wurde die Kuppel in ihrem unteren Teil als sogenanntes Spiegelgewölbe ausgeführt und oben durch ein ganz flaches Zeltdach abgedeckt, wie z. B. bei der Universitäts- und Landesbibliothek und dem Landesausschußgebäude zu Straßburg i. E. In den meisten Fällen erhielt jedoch die Kuppel eine Bekrönung durch eine Laterne.

Die Kuppel selbst wurde in der Regel sehr einfach ausgebildet. Die Grate wurden meist am stärksten betont; bei den mit Glas gedeckten Kuppeln sind außerdem einzelne Sparren in rechtwinklig zu den Umfassungswänden liegenden Ebenen (Schiffsparren) als Konstruktionsglieder äußerlich sichtbar hervorgehoben, so z. B. bei dem Reichstagsgebäude, dem Justizpalast in München und der Universitätsbibliothek in Straßburg i. E. Bei den mit Metall gedeckten Kuppeln zeigt dagegen die Dachfläche nur wenig Gliederung.

Der Umstand, daß die Laterne in der Regel in bedeutend reicheren Formen ausgebildet ist, als die eigentliche Kuppel, wirkt nicht sehr günstig. Man hat das Gefühl, als ob beide Teile aus verschiedenen Stoffen beständen und wenig organische Verwandtschaft zeigten.

c) Hallen-Komplexe.

Unter dem Sammelnamen „Hallen-Komplexe“ haben wir eine große Zahl von räumlichen Anordnungen größerer Gebäude-Anlagen vereinigt, die sich in zwei Gruppen einteilen lassen, nämlich

1. in Verbindungen mehrerer Längshallen;
2. in Verbindungen von Längshallen mit Zentralräumen, die durch Kuppeln gekrönt sind.

Von den mehrschiffigen Bahnhofshallen wirkt offenbar am günstigsten die Anordnung einer großen mittleren Halle, an die zu beiden Seiten schmalere und niedrigere Hallen in symmetrischer Lage angegliedert sind. So macht z. B. die Anlage des Hauptbahnhofes in Dresden einen günstigeren Gesamteindruck als die des Hauptbahnhofes in Frankfurt a. M., bei der die drei Einzelhallen genau gleiche Breiten- und Höhenabmessungen zeigen.

Diese Behauptung gilt nun freilich mehr von der Außen- als von der Innenansicht, denn es ist bekanntlich schwer, im Innern einer so umfangreichen Anlage stehend einen Überblick über die gesamten Breiten- und Höhenverhältnisse zu erhalten. Immerhin erscheint es auch mit Rücksicht auf die Innenwirkung erwünscht, die mittlere von drei Hallen durch größere Breite und Höhe als den wichtigsten Teil der Anlage zu kennzeichnen. In diesem Falle ist es besonders zu empfehlen, allen drei Hallen dasselbe Verhältnis der Höhe zur Breite zu geben, wie schon bei den Bogenbrücken mit mehreren Öffnungen (Seite 53) erwähnt wurde.

Eine wichtige Rolle spielt bei mehrschiffigen Hallen die basilikale Anordnung, bei der die lotrechte Längswand des Hauptschiffes über die Seitenschiffe noch etwas hinausragt und so zur Beleuchtung und Lüftung benutzt werden kann. Bei Bahnhofshallen ist diese Anordnung nicht sehr häufig; einige besonders wichtige Beispiele wurden oben Seite 30 erwähnt. In derartigen Fällen ist die Lichtzufuhr durch den oberen lotrechten oder schwach geneigten

Teil des Hauptschiffes von großer Bedeutung für die gesamte Raum- und Lichtwirkung. Am stärksten tritt diese Wirkung bei der großen Halle des Hamburger Hauptbahnhofes hervor. Dieses Bauwerk zeigt in seinem Innern eine geradezu überraschende Lichtwirkung, vielleicht die bedeutendste von allen in Deutschland gebauten Bahnhofshallen (Abb. 137). Wenn nun auch die verhältnismäßig große Höhe der Binderfüße oben Seite 59 als ungünstige Eigenschaft erwähnt wurde, so ist doch andererseits der große Höhenunterschied zwischen dem lotrechten oder schwach geneigten Teil des Hauptschiffes und dem niedrigen Seitenschiffe von großer Bedeutung für die erwähnte Art der Lichtzufuhr. Bei der Halle der Pariser Weltausstellung von 1889 ist der Höhenunterschied an der Grenze von Haupt- und Seitenschiff viel geringer; deshalb mußte hier die basilikale Beleuchtung gegenüber der Oberlicht-Wirkung stark zurücktreten. Insofern ist also die Bauart der Hamburger Halle vorteilhafter. Bei beiden Bauwerken ist die Anordnung der zahlreichen kleinen Querhallen, die in ihrer Gesamtheit die Nebenschiffe bilden, als günstiger Umstand hervorzuheben, der in der Außen- und Innenansicht eine gewisse Abwechslung der sonst etwas einförmigen Längswände hervorbringt.

Abgesehen von der günstigeren Beleuchtung durch die lotrechten, das Seitenschiff überragenden Teile des Hauptschiffes ist die basilikale Anordnung bei Bahnhofshallen besonders deshalb sehr zu empfehlen, weil lotrechte Glasflächen weniger leicht verschmutzen und leichter zu reinigen sind, als geneigte Glasflächen.

Es sei hier noch auf eine Frage hingewiesen, die bei der Erweiterung größerer Bahnhöfe zuweilen eine wichtige Rolle spielt. Oft ist eine größere, aus dem vorigen Jahrhundert stammende Bahnsteighalle vorhanden. Wenn nun das Bedürfnis nach einer Vermehrung oder Erweiterung der Bahnsteige sich geltend macht, bieten sich für die Erweiterung der Hallenanlage verschiedene Möglichkeiten. Entweder man reißt die alte, gewöhnlich stark verrußte Halle ab und errichtet über den neuen Bahnsteigen — dem Zuge der Zeit folgend — mehrere niedrige und kleinere Hallen. Ein solches Verfahren ist zwar radikal und schafft eine neue, einheitliche Anlage, vernichtet aber bedeutende materielle und zuweilen auch ästhetische Werte. Denn es ist doch nicht zu vergessen, daß Hallen von kleineren Stützweiten erheblich unbedeutender und viel weniger monumental wirken als große, weitgespannte Hallen. Der praktische Vorteil geringerer Herstellungs- und Unterhaltungskosten wird eben mit dem ästhetischen Nachteil geringerer Raumwirkung erkaufte. Wenn nun eine große Halle bereits vorhanden ist, sollte man diese nicht einfach beseitigen, um ein weniger monumental wirkendes Bauwerk an ihre Stelle zu setzen.

Die zweite Möglichkeit würde darin bestehen, daß man neben, vor oder hinter der alten großen Halle mehrere kleine, etwa einstielige Hallen erbaute. Eine solche Lösung wäre zwar die billigste, aber in ästhetischer Beziehung sehr ungünstig. Denn es ist in der Regel ganz unmöglich, die neuen niedrigen Hallen mit der alten großen in irgendwelche organische Verbindung zu bringen und der Kontrast zwischen den beiden verschiedenen Bauweisen wirkt sehr störend.

Wenn es sich um eine bedeutende Erweiterung handelt, wird die beste Lösung darin bestehen, daß man neben der

alten, bestehenden Halle eine neue mit ungefähr denselben Abmessungen und Gesamtformen errichtet, so daß zwischen beiden eine gewisse organische Beziehung entsteht. Bei der Ausbildung der Einzelheiten wird hierbei keine ängstliche Anlehnung an das vorhandene Bauwerk erforderlich sein. Beispielsweise braucht man sich nicht zu scheuen, der neuen Halle flußeiserner Stützen zu geben, während die alte gußeisernen Stützen aufweist.

Bei Herstellung einer vollständig neuen Anlage sollte man sich aber jedenfalls hüten, neben eine große weitgespannte Halle kleine niedrige, einstielige Überdachungen zu setzen. Wie bereits bemerkt, ist es dann in der Regel unmöglich, zwischen so verschiedenartigen Bauweisen irgendwelche Harmonie hervorzubringen.

Bei den Markthallen findet sich in der Regel basilikale Anordnung der verschiedenen Schiffe; die Dachflächen sind hier gewöhnlich geradlinig ausgebildet. Eine solche Anlage wirkt im ganzen etwas nüchtern, selbst wenn die bei Markthallen in etwas reichem Maße verwendeten Zierformen eine gewisse Abwechslung hervorbringen. Einen günstigeren Eindruck macht beispielsweise die Markthalle in Frankfurt a. M., bei der das an Höhe und Breite überragende Mittelschiff ein tonnenförmiges Dach besitzt, während die niedrigeren Seitenschiffe durch kleinere Pultdächer abgedeckt sind. Eine ähnliche Anordnung findet sich übrigens auch bei der „Olympia“ in London (vergl. Seite 25 Zusammenstellung 17, Nr. 5). Auch hier wirkt die Vereinigung eines großen mittleren tonnenförmigen Daches mit kleineren seitlichen Pultdächern nicht ungünstig (Abb. 158 u. 192).

Eine basilikale Anordnung der verschiedenen Schiffe findet sich ferner häufig bei Gewächshäusern. Ältere Beispiele sind die Palmenhäuser in Kew bei London und in Schönbrunn bei Wien (vergl. oben Seite 31 und 32). Diese sind noch besonders bemerkenswert durch die Gliederung der Anlage in einen Mittelbau und die angrenzenden Flügel; alle Teile stehen durch eine gleichartige Ausbildung in einem gewissen organischen Zusammenhange. Auch wirken die gekrümmten Dachflächen dieser beiden Bauwerke viel vorteilhafter als die sonst bei Gewächshäusern vorkommenden geraden Dachflächen. Dagegen wird der Gesamteindruck in den beiden erwähnten Fällen sehr ungünstig dadurch beeinflusst, daß die Dachflächen fast unmittelbar über dem Erdboden in die Krümmung und damit in eine geneigte Lage übergehen (Abb. 169 und 4, Seite 31). (Text).

Es scheint mir dieser Umstand von besonderer Wichtigkeit deshalb zu sein, weil hier die konstruktiven und die formal-ästhetischen Erwägungen in gewissem Sinne in Widerspruch stehen. Haben wir lediglich die Aufgabe, einen beliebigen Raum von rechteckigem Grundriß nach außen hin abzuschließen und gegen die Witterung zu schützen, so werden wir — lediglich mit Rücksicht auf die konstruktive Ausbildung — am besten verfahren, die Binderform ungefähr nach der Stützlinie anzuordnen, also mit der Krümmung unmittelbar über den Stützpunkten zu beginnen. Hierbei könnten in einem Gewächshause unter dem äußersten niedrigsten Teile der Wölbung kleine Gewächse noch ganz gut untergebracht werden und es wäre gegen eine solche Anordnung vom konstruktiven Standpunkte nichts einzuwenden.

Eine ganz andere Bedeutung gewinnt die Frage, wenn wir sie vom ästhetischen oder kulturgeschichtlichen Standpunkte betrachten. Es ist in allen Kulturländern Europas eine durch Jahrtausende bewahrte Überlieferung, daß Räume, in denen Menschen sich dauernd oder vorübergehend aufhalten, in ihrem unteren Teile durch lotrechte Wände abgeschlossen sind. Wenigstens gilt dies von allen denjenigen Räumlichkeiten, die man als menschenwürdig bezeichnen darf, ähnlich wie ja auch der aufrechte Gang als ein unentbehrliches Kennzeichen menschlicher Würde zu bezeichnen ist. — Und so wäre auch für Gewächshäuser, sofern sie einen monumentalen Eindruck machen sollen, die Forderung zu erheben, daß die raumbegrenzende Wand in ihrem unteren Teile lotrecht auszubilden ist.

Abgesehen von diesem Umstande macht bei dem Palmenhause in Schönbrunn die reiche Gliederung und die harmonische Ausbildung aller Teile einen sehr vorteilhaften Eindruck. Im besonderen sind die bogenförmigen Verbindungen zwischen dem unteren, gewölbten Teile der Dachbinder und den lotrechten Wänden der mittleren Kuppelbauten sehr glücklich angebracht.

Bemerkenswert sind auch bei dem Winterpalast in Dublin (Seite 32) die bogenförmigen Strebepfeiler, die zwischen dem höheren Mittelschiff und der Umfassungswand des Seitenschiffes eine gewisse organische Beziehung herstellen sollen. Derartige Formen erscheinen vom heutigen Standpunkte vielleicht etwas unbeholfen, sind aber doch sowohl vom ästhetischen wie auch vom konstruktiven Standpunkte berechtigt, wenn man sie auch bei neueren Bauwerken nicht mehr findet.

Während bei den älteren Gewächshäusern die Dachflächen (abgesehen von den Kuppelbauten) meistens vollkommen eben ausgeführt sind, zeigen neuere Bauwerke dieser Art häufig eine bogenförmige Überleitung aus der lotrechten Wand in den schrägen Teil der Dachfläche. Der Gesamtquerschnitt gleicht dann ungefähr dem der Hamburger Bahnhofshalle. Einen derartigen Hallenquerschnitt zeigt beispielsweise das neue Gewächshaus im Palmengarten zu Frankfurt a. M. Es hat den Anschein, als ob mit derartigen Formen, wie sie z. B. auch von der Firma Mehlhorn in Schweinsburg a. d. Pleiße ausgeführt sind, eine zweckentsprechende und auch in ästhetischer Beziehung befriedigende Lösung gefunden sei (Abb. 176).

Weniger günstig wirkt die Anordnung der Gewächshäuser im botanischen Garten zu Dahlem. Den Mittelpunkt dieser Anlage bildet das große Tropenhaus, das auch durch seinen Umfang sofort die Blicke des Beschauers auf sich lenkt. Zwar ist bei diesem Gebäude das Verhältnis der Höhe zur Stützweite günstig gewählt (ungefähr 4 : 5). Doch wirken die Formen schwerfällig und ausdruckslos. — Ferner ist zu bedauern, daß die einzelnen Teile der Anlage so wenig ästhetische Beziehungen zueinander aufweisen; infolgedessen macht das Ganze einen wenig harmonischen Eindruck. Wenn es auch einerseits berechtigt war, das große Palmenhaus als Kern und überragenden Teil der Anlage auszubilden, so erscheint es andererseits doch bedauerlich, daß die übrigen Teile gegenüber der großen Masse fast ganz verschwinden und daß namentlich die Eckbauten (Pflanzenhäuser C und M) zu schwach betont sind.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

Einen wesentlich vorteilhafteren Eindruck macht das südlich von jenen Pflanzenschauhäusern gelegene „Subtropenhaus“, das als geschlossenes, harmonisch gegliedertes Gebäude erscheint.

Eine basilikale Anordnung mehrerer aneinander gegliederter Längshallen findet sich auch nicht selten bei Ausstellungsgebäuden. Das älteste Beispiel ist wohl der Kristallpalast im Hyde-Park, bzw. in Sydenham bei London mit seinen treppenartig abgestuften Längs- und Querschiffen.

Neuerdings sind bei Ausstellungs- und Fabrikgebäuden die dreischiffigen Hallen mit mansardenartigem Aufbau sehr beliebt und häufig angewandt worden, so z. B. bei einer Montagehalle der Brückenbauanstalt Gustavsborg, bei den Hallen im Münchener Ausstellungspark und bei einigen Hallen der Brüsseler Weltausstellung 1910.¹⁾ Derartige Formen sind wohl etwas nüchtern, entbehren aber doch nicht einer gewissen Eigenart (Abb. 151, 161, 162, 165, 167, 168).

Eine noch wichtigere Rolle als die aus mehreren Längshallen bestehenden Gebäudegruppen spielen die Verbindungen von Längshallen mit Zentralräumen, die durch Kuppeln gekrönt sind.

Auch hier sind die Gewächshäuser in erster Linie zu nennen. Ältere Beispiele sind die Palmenhäuser in München, Bonn und Herrenhausen bei Hannover, sowie der Wintergarten in Yarmouth (vergl. oben Seite 32). Ein neueres Beispiel ist das Palmenhaus im Palmengarten zu Frankfurt a. M. Zuweilen ist das Gebäude vollkommen symmetrisch angeordnet, indem die Kuppel genau in der Mitte sich befindet, während zu beiden Seiten eine genau gleiche Längshalle angegliedert ist, wie bei den Palmenhäusern in München und Bonn. In anderen Fällen befindet sich die Kuppel an dem einen Ende der Längshalle, so daß die Anlage unsymmetrisch wirkt. Mir scheint die letztere Anordnung für Gewächshäuser vorteilhafter zu sein, weil diese sich gewöhnlich in einer größeren Garten- oder Parkanlage befindet. Hier ist in der Regel eine vollkommene Symmetrie nicht erwünscht, vielmehr eine gewisse Freiheit in der Entwicklung sehr zu empfehlen (Abb. 174 u. 176).

Eine ältere, aber der Eigenart eines Gewächshauses durchaus entsprechende Anlage ist das große Palmenhaus in Herrenhausen bei Hannover. Hier sind alle raumbegrenzenden Flächen vollkommen geradlinig ausgebildet, während die tragenden Teile des Innern auch gekrümmte Formen aufweisen. Die Gesamtanordnung zeigt im wesentlichen einen Zentralraum, an den nach allen Seiten Längshallen angegliedert sind. Die eine von diesen ist wiederum basilikal abgestumpft. Dadurch, daß bei verhältnismäßig großer Höhe des Ganzen die angegliederten Seitenteile ziemlich kurz sind, erhält das Gebäude einen einheitlichen, in sich geschlossenen Charakter. Die einfachen geometrischen Formen wirken doch eindringlich auf die räumliche Vorstellungsgabe des Beschauers. Hierin gleicht das Palmenhaus in gewissem Sinne den romanischen Kirchenbauten. Und doch, welch ein Unterschied! Hier schwere, massige, nur von kleinen Fenstern durchbrochene Wände und geschlossene Dachflächen — dort ein leichter Eisenbau, durch dessen nur aus Glas bestehende Wände und Dächer ein Strom von Licht in das Innere flutet (Abb. 171).

¹⁾ „Der Eisenbau“ 1911, S. 66, 101.

Auch bei neueren Gewächshäusern findet man vielfach die Vereinigung von Längshallen mit einem Zentralraum. Hier überwiegt dann in der Regel die Längenausdehnung, wie z. B. bei den neuen Pflanzenhäusern im Palmengarten zu Frankfurt a. M. Derjenige Raum, in dem die höchsten Palmen untergebracht sind, ist in der Regel durch eine Kuppel gekrönt und hierdurch auch von außen als besonders wichtig gekennzeichnet.

Eine ähnliche Bedeutung haben vielfach die Kuppeln auch bei Ausstellungsbauten. Besonders bemerkenswert sind hierfür die Pariser Weltausstellungen der Jahre 1878 und 1889. In beiden Fällen waren umfangreiche Hallenanlagen von außergewöhnlichen Grundflächen herzustellen. Zu diesem Zwecke erschien die Anordnung zahlreicher parallel oder rechtwinklig zueinander liegender Längshallen als das einfachste und billigste Mittel. Eine solche Anlage sieht jedoch leicht sehr einförmig aus. Um dennoch eine gewisse Abwechslung hervorzubringen, führte man bei den beiden erwähnten Ausstellungen Kuppelbauten an denjenigen Stellen aus, die als besonders wichtig betont werden sollen. Es waren dies namentlich die Haupteingänge. Bei der Weltausstellung 1878 waren auch die Eckbauten der ganzen Anlage besonders hervorgehoben. Bei der Ausstellung im Jahre 1889 war namentlich der in der Achse des Marsfeldes dem Eiffelturm gegenüberliegende Haupteingang durch einen Kuppelbau von 60,0 m Höhe (Dome central) betont. Der Eingang selbst, sowie der obere Teil der Kuppel war mit figurlichem Schmuck in reichster Weise versehen. (Abb. 166.)

Bei den meisten dieser Kuppelbauten, die in Vereinigung mit Längshallen ausgeführt sind, ist wohl der Hauptzweck, nämlich eine Betonung, Hervorhebung und Bekrönung des wichtigsten Gebäudeteiles, erreicht. Im übrigen ist aber häufig ein Mangel an organischer Beziehung zwischen den verschiedenen Teilen der Anlage zu bemerken. Man hat nicht selten den Eindruck, als ob die Kuppel ganz unabhängig von der Längshalle entworfen sei und umgekehrt. Freilich ist es auch sehr schwierig, zwei so verschiedenartige räumliche Gebilde in eine ästhetische Beziehung zueinander zu bringen. Die einfache Aneinanderfügung beider dürfte nicht genügen, auch nicht die gleichartige Ausbildung der Schmuckformen, soweit solche vorhanden sind. Wichtiger ist, daß die Hauptlinien beider Teile einander ungefähr entsprechen, und zwar namentlich der Querschnitt durch die Längshalle einerseits und der Vertikalschnitt durch die Kuppel andererseits.

Die Forderung, daß zwischen dem Zentralraum und den angegliederten Längshallen ein gewisser organischer Zusammenhang bestehen soll, ist in weit höherem Maße als bei den oben erwähnten Bauwerken erfüllt bei der bereits mehrfach erwähnten Ausstellungs- und Festhalle in Frankfurt a. M. (vergl. Seite 29 und 34). Dadurch, daß der Grundriß des Zentralraumes nicht kreisrund oder quadratisch, sondern elliptisch gewählt wurde, ist der Übergang in die angegliederten, verhältnismäßig kurzen Flügelbauten sehr erleichtert. Außerdem ist der Zusammenhang des Ganzen dadurch gewahrt, daß die Binderformen der Kuppel und der Längsbauten einander ungefähr entsprechen. Wir erhalten so den Eindruck eines trotz eigenartiger Gliederung doch einheitlichen, in sich geschlossenen Raumes, der auch durch

seine bedeutenden Abmessungen, sowie die gediegene Ausführung der Einzelheiten vor ähnlichen Bauwerken in hervorragendem Grade sich auszeichnet.

d) Türme.

Von den verschiedenen Arten der Türme, bei denen Eisenkonstruktionen verwendet wurden, sollen hier nur die Wassertürme kurz betrachtet werden.

Die ältesten Formen von eisernen Flüssigkeitsbehältern bieten in ästhetischer Hinsicht wenig Bemerkenswertes. Die rechteckigen und die einfachen zylindrischen Behälter waren wenig geeignet, um als Bauglieder eine künstlerische Wirkung auszuüben. In denjenigen Fällen, in denen man auf eine günstige äußere Erscheinung Wert legte, wurde gewöhnlich ein steinerner Unterbau errichtet, auf dem der zylindrische Behälter gelagert war. Dieser wurde jedoch in der Regel durch eine äußere Umfassungswand den Blicken des Beschauers völlig entzogen. Dadurch, daß zwischen der äußeren Wand und dem Behälter ein schmaler, begehrbarer Raum zum Zwecke der Untersuchungen und Ausbesserungen hergestellt werden mußte, ergab sich gewöhnlich eine Auskragung in der Höhe der Unterkante des Behälters. Dieser Umstand war geeignet, dem Ganzen ein gewisses charakteristisches Gepräge zu verleihen. In manchen Fällen wählte man für die architektonische Gestaltung des Äußeren ähnliche Formen wie die von mittelalterlichen Festungstürmen, wie z. B. bei den Wassertürmen in Oels und Markranstädt, sowie in Probstheida (Leipzig), Abb. 179. Die Veranlassung hierzu bot wohl der Umstand, daß auch bei solchen Festungstürmen häufig Auskragungen der oberen Teile vorkommen, wenn auch aus ganz anderen Gründen, als bei den erwähnten Wassertürmen. — Derartige Versuche bieten eigenartige, Neues mit Altem verschmelzende Stimmungsbilder. Freilich ist hier von der Eisenkonstruktion, dem technisch wichtigsten Teile, von außen nichts zu sehen.

Einen erheblichen Fortschritt — sowohl in technischer wie auch in ästhetischer Hinsicht — zeigten die Intze-Behälter. Bei diesen wurde die oben erwähnte Auskragung noch bedeutend stärker. Hierdurch wurde der obere, in technischer Beziehung wichtigste Teil des Bauwerks auch ästhetisch bedeutend hervorgehoben. In vielen Fällen verzichtete man auf eine besondere Umfassungswand und ließ den eisernen Behälter in seinen einfachen Formen von außen sichtbar. Solche Bauwerke — teils mit steinernem, teils mit eisernem Unterbau — sind auf Bahnhöfen und in Fabriken noch sehr zahlreich vorhanden; sie bieten trotz ihrer einfachen Formen doch oft eigenartige Stimmungsbilder und beherrschen manchmal die ganze Gegend, für die sie ein gewisses Wahrzeichen bilden.

Die von Barkhausen vorgeschlagene neuere Form der Behälter mit halbkugelförmigem Boden war zunächst ein bedeutender technischer Fortschritt, ohne daß hierbei die ästhetische Wirkung an sich erheblich gewonnen hätte. Erst durch die von Klönne in den letzten Jahren eingeführte Neuerung, wonach der obere Durchmesser des Unterbaues kleiner gewählt wurde als der des Behälters, entstand eine weitere erhebliche Verbesserung in ästhetischer Hinsicht.

Bauwerke, wie der Wasserturm der Stadt Homberg a. Rh. bieten in der Tat eigenartige, früher noch nicht da-

gewesene Erscheinungen. Ihr wichtigster Vorzug besteht wohl darin, daß sie eine höchst wirkungsvolle Art der Bekrönung aufweisen, da die bedeutende Masse des ungefähr kugelförmigen Behälters in der Erscheinung des ganzen Bauwerks unbedingt vorherrscht, ohne das Gleichgewicht in ästhetischer Hinsicht zu stören (Abb. 181 und 184).

B. Allgemeine Betrachtungen über die ästhetische Wirkung von Eisenkonstruktionen.

Der Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine hat auf seiner Abgeordneten-Versammlung zu Danzig im Jahre 1908 die Frage, die uns hier beschäftigt, in folgender Fassung behandelt:

„Welche Wege sind einzuschlagen, damit bei Ingenieurbauten ästhetische Rücksichten in höherem Grade als bisher zur Geltung kommen?“

Daraufhin haben 16 Vereine diese Frage — teilweise in erschöpfender Weise — beraten. Eine Anzahl Gutachten, die der Referent, Oberbaurat Klette in Dresden, zusammengestellt hat, wurde dem in Wien 1908 tagenden internationalen Architektenkongreß vorgelegt. — Klette kam zu einigen Schlußfolgerungen und Vorschlägen, die damals in verschiedenen Zeitschriften wiedergegeben wurden, beispielsweise in „Technik und Wirtschaft“, Monatsschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Juli 1908, S. 281. Uns interessieren hier vor allem die von Klette aufgestellten „Grundanschauungen“, die in folgenden Sätzen niedergelegt sind:

„Die ästhetische Befriedigung bei den Schöpfungen des Ingenieurs liegt in der ausgesprochenen Zweckmäßigkeit; das Maß der Befriedigung hängt ab vom Maß des Verständnisses für die Funktionen der einzelnen Teile des Bauwerks. Jetzt ist das Verstehen nur wenigen Sachverständigen beschieden. Das Stilgefühl muß geweckt werden, insbesondere bei dem Ingenieur, das ihn lehrt, die äußere Erscheinung seiner Bauten in Harmonie zu bringen mit ihrem Zweck, ihrem Material und ihrer Umgebung.“

Es ist also hier der Versuch gemacht worden, eine grundsätzliche und allgemeine Antwort auf die Frage zu geben, inwiefern überhaupt ein Ingenieurwerk eine ästhetische Wirkung hervorrufen kann. Dieser Versuch ist schon an sich beachtenswert. Auch in früheren Jahrzehnten wurde die Ausbildung von Ingenieurbauten — im besonderen von Eisenkonstruktionen — vom ästhetischen Standpunkte aus betrachtet und in Zeitschriften und Abhandlungen erörtert. Aber man begnügte sich zumeist damit, einzelne Bauwerke abzubilden, zu besprechen und zu kritisieren. Heute aber scheint die deutsche Fachwelt mehr und mehr eine grundsätzliche Stellung zu der erwähnten Frage zu verlangen.

Will man dieser Frage etwas mehr als bisher auf den Grund kommen, so muß man sich zunächst klar machen, daß sie nicht lediglich eine fachwissenschaftliche, sondern mehr noch eine philosophische Frage ist. Mit anderen Worten: die Fragen über die ästhetischen Wirkungen der Ingenieurbauwerke erweisen sich als Sonderfälle jener viel allgemeineren Fragen nach den Ursachen, der Entstehung und dem Verlauf aller ästhetischen Vorgänge. Streben wir also nach einer

grundsätzlichen Stellung zu unserer Aufgabe, dann genügen nicht die Kenntnisse, die uns die technischen Wissenschaften allein verschaffen, auch nicht die Kenntnis der Kunstgeschichte. Suchen wir vielmehr Belehrung bei derjenigen Wissenschaft, die sich schon seit langer Zeit mit derartigen Fragen in theoretischer Weise beschäftigt, nämlich bei der Philosophie — im besonderen einem ihrer Teilgebiete — der Ästhetik.

Es kann natürlich nicht die Aufgabe eines Ingenieurs oder Architekten sein, sich in die überaus umfangreiche Literatur über theoretische und empirische Ästhetik, wie sie in den letzten Jahrzehnten entstanden ist, eingehend zu vertiefen. Wohl aber ist es auch für den Baukünstler erwünscht, wenigstens von den allgemeinsten und wichtigsten Ergebnissen philosophischer Forschungen Kenntnis zu nehmen und sie auf sein Fachgebiet anzuwenden. Zu diesem Zwecke ist vielleicht am geeignetsten ein im Jahre 1892 erschienenen Werk von Groos „Einleitung in die Ästhetik“.

Wenden wir uns nun wieder zu jenen von Klette niedergelegten „Grundanschauungen“. Es hat den Anschein, als ob mit diesen die Meinungen vieler heutigen Ingenieure und selbst Architekten übereinstimmen. Aber diese Anschauungen sind doch sehr einseitig und treffen nicht die Kernpunkte der Frage.

Richtig ist zunächst, daß die Vorbildung und die erworbenen Fachkenntnisse des Beschauers von Einfluß bei dem ganzen ästhetischen Vorgange sind. Ein Bauingenieur verhält sich hierbei anders als ein Architekt und dieser wieder anders als ein Philologe oder ein Jurist. Man darf behaupten, daß ein jeder dieser Beschauer solche Bauwerke „mit anderen Augen sieht“. Das Verständnis für die Funktionen der einzelnen Teile ist also ein nicht zu unterschätzender Faktor bei der ästhetischen Wirkung von Ingenieurbauwerken.

Es wäre aber sehr einseitig, wenn man diese Wirkung lediglich durch die Verstandestätigkeit und die mit ihrer Hilfe erworbenen Fachkenntnisse erklären wollte. Vielmehr spielen Gefühl und Einbildungskraft bei dem ganzen Vorgang eine noch wichtigere, ja eine ausschlaggebende Rolle. Nach dem oben angeführten Werke von Groos vermittelt die Einbildungskraft zwischen der Sinnlichkeit und der reinen Geisteswelt, sie dient gleichsam als Brücke zwischen beiden Gebieten. So lange die Tätigkeit der Einbildungskraft dauernd den Gipfel des Bewußtseins behält, so lange verhält sich der Beschauer ästhetisch.

Weiter ist auch die Gewohnheit von großem Einfluß auf die ästhetische Wirkung. Für den Bauingenieur sind fast alle unsere heutigen Eisenkonstruktionen „typische“ Erscheinungen, er hat sich mit den meisten ihrer Arten schon näher beschäftigt und deshalb knüpft sich für ihn an jede dieser Arten schon eine Reihe von Vorstellungen. Viel weniger gilt dies vom Architekten, dem diese Vorstellungen noch lange nicht in jenem Grade geläufig sind. Noch viel weniger ist aber jener ästhetische Wert des „Typischen“ für den Nichtfachmann vorhanden, dem eben jene Vorstellungen fremd sind. Aber auch dieser Umstand sollte, ebenso wie der Einfluß der reinen Verstandestätigkeit, nicht überschätzt werden.

In der Tatsache, daß gewisse Konstruktionsformen des

Eisenbaues für die Ingenieurwelt schon seit einiger Zeit typische Erscheinungen geworden sind, liegt sogar eine gewisse Gefahr — oder doch ein Hindernis für die ästhetische Weiterbildung dieser Typen. Offenbar wird ein Ingenieur, der nicht gerade ein sehr feines ästhetisches Gewissen hat, einem Entwurfe leicht seine Zustimmung geben, wenn dieser an bekannte ausgeführte (typische) Beispiele erinnert. Aus diesem Grunde wird oft eine Verbesserung der betreffenden Form unterbleiben, auch wenn diese noch nicht die günstigste Lösung darstellt.

Eine weitere, oft gewürdigte und oft auch übertrieben hervorgehobene Ursache für die ästhetische Wirkung der Eisenkonstruktionen ist deren „Zweckmäßigkeit“. Diese Ursache ist auch in den oben erwähnten „Grundanschauungen“ angeführt und zwar in dem ersten Satze derselben.

Hierbei ist zu beachten, daß es nicht heißt: „die Schönheit der Ingenieurwerke“ sondern mit Recht: „die ästhetische Befriedigung bei den Schöpfungen des Ingenieurs“. Es ist eine auch für unser Fachgebiet nicht unwichtige Frage, in welcher Beziehung die beiden Begriffe „ästhetisch“ und „schön“ zueinander stehen. Die meisten älteren Ästhetiker scheinen die Ansicht vertreten zu haben, daß nur das „Schöne“ in das Gebiet der Ästhetik gehöre.

Anders urteilt Groos in dem oben erwähnten Werke. Nach seiner Auffassung ist der Begriff „ästhetisch wirksam“ viel allgemeiner als der Begriff „schön“. Wir können eine Form „innerlich nachahmen“, ohne daß diese gerade „schön“ zu sein braucht. Außer dem Schönen gehören in das Gebiet der Ästhetik auch das Erhabene, das Tragische, das Komische, ja sogar das Häßliche. Das Schöne ist für Groos einfach das sinnlich Angenehme.

„Dasjenige, was im außerästhetischen Zustand angenehm ist, wird in der ästhetischen Anschauung zum Schönen erhoben“ (Seite 204). — Für uns und unser Fachgebiet sind diese Anschauungen beachtenswert. Wären nur diejenigen Eisenkonstruktionen ästhetisch wirksam, die wir unbedenklich als „schön“ bezeichnen dürfen, dann wäre der Kreis der für die Ästhetik in Betracht kommenden Eisenkonstruktionen nur sehr eng zu ziehen, dann wäre nur eine sehr kleine Zahl auserlesener Bauwerke würdig, als beachtenswerte Glieder einer „ästhetischen Kultur“ angesehen zu werden.

In einem späteren Werke „der ästhetische Genuß“ unterscheidet Groos zwischen den Begriffen „ästhetisch wirksam“ und „ästhetisch wertvoll“ (Seite 112). Der erstere ist weiter, der zweite enger (Seite 147). — Von den Eisenkonstruktionen dürfte man demnach die Mehrzahl als „ästhetisch wirksam“, aber nur einen kleinen Teil als ästhetisch wertvoll bezeichnen. Für die praktische Baukunst wird es freilich stets die höchste Aufgabe sein und bleiben, das zunächst nur „ästhetisch Wirksame“ zu dem „ästhetisch Wertvollen“ auszugestalten und weiterzubilden.

Doch nun zur allgemeinen Kritik des ersten Satzes jener „Grundanschauungen“. Soviel läßt sich wohl mit Sicherheit behaupten, daß die Zweckmäßigkeit eine wichtige Rolle bei der ästhetischen Wirkung der Ingenieurwerke, wie überhaupt aller von Menschenhand oder von der Natur hervorgebrachten Erzeugnisse spielt. Es fragt sich nun, wodurch diese Wirkung zustande kommt. Bei unseren

Eisenkonstruktionen beruht der elementarste ästhetische Eindruck auf der Verwendung einfacher geometrischer Formen. Es sind jene geraden oder nach einfachen Gesetzen gekrümmten Stäbe, jene scharfkantig begrenzten Räume, die durch ihre einfachen geometrischen Formen, ihre knappe Bestimmtheit, ihre anspruchslose Sachlichkeit auf den Beschauer einen mehr oder weniger bedeutenden Eindruck machen.

Nachdem wir diese Tatsachen als Folge der „Zweckmäßigkeit“ gewürdigt haben, wollen wir nun aber darauf hinweisen, daß die Zweckmäßigkeit keineswegs die einzige Vorbedingung für die ästhetische Wirkung der Eisenkonstruktionen ist.

Übersieht man kritisch diejenigen Bauwerke, die man nach allgemeinem Urteil als künstlerisch wertvoll oder gar als mustergültig ansehen darf, dann wird man sich klar darüber werden, daß bei der Bearbeitung des Entwurfes auch eine künstlerische Tätigkeit mitgespielt hat — sei es nun, daß die Ingenieure selbständig, vielleicht unbewußt auf gefällige Formen und angenehme Verhältnisse hingewirkt haben, sei es, daß die beratende Stimme von Architekten sie dabei unterstützt hat. Nicht unwichtig ist natürlich auch dasjenige, was die Architekten als selbständige Zutaten, als schmückendes Beiwerk oder abschließende monumentale Bauteile hervorbrachten.

Eine Bestätigung dieser Ansicht finde ich in einer Schrift von Muthesius über „Kultur und Kunst, gesammelte Aufsätze“ (Jena und Leipzig 1904, Diederichs) Seite 54:

„ Und der gestaltende Mensch bildet andererseits immer nach gewissen Gesetzen, einfach infolge seiner ihm eingepflanzten psychologischen Bedingungen, mag er „künstlerisch“ bilden oder nicht. Und überhaupt ist die Absicht des modernen Gestalters keineswegs immer lediglich die, dem bloßen Gebrauchszweck zu genügen; in sein Gestalten mischt sich, wenn auch unbewußt, der Trieb ein, auch gefällig zu gestalten.“

So einfach wie Muthesius sich das vorzustellen scheint, sind die Gesetze wohl nicht, nach denen jenes Gestalten erfolgt, vor allem weisen die „psychologischen Bedingungen“ unendlich viele Verschiedenheiten auf. Aber es ist wertvoll, daß Muthesius einen Trieb anerkennt, der den Menschen ganz allgemein dazu führt, „gefällig zu gestalten“.

Machen wir uns einmal grundsätzlich klar, in welcher Weise der Entwurf für ein größeres eisernes Bauwerk zustande kommt. Wir wollen annehmen, daß über den zu wählenden Grundgedanken der Konstruktion keine Zweifel bestehen. Aber die Ausführung dieses Grundgedankens — allein schon bis zur Aufstellung des allgemeinen Entwurfes — erfordert ein fortwährendes Auswählen zwischen verschiedenen vorhandenen Möglichkeiten. Wissenschaftliche Erwägungen und Berechnungen können dabei oft wenig helfen, und was uns die „Zweckmäßigkeit“ zu sagen hat, ist immer noch unsicher und meist nicht scharf zu fassen.

Überblicken wir noch einmal die auf Seite 45–66 angestellten Betrachtungen über die Konstruktionsformen, so zeigt es sich, daß diese mit der „Zweckmäßigkeit“ oft gar nichts zu tun hatten, aber auch nicht auf rein wissenschaftlichem Gebiete lagen, sondern sich auf die zunächst

rein sinnlichen Eindrücke bezogen, die durch gewisse Formen hervorgerufen werden. Es handelt sich darum, diese Formen so anzuordnen, daß sie einfach und leicht verständlich sind, dabei aber gleichzeitig angenehm empfunden werden.

Daß wirklich, wie Muthesius behauptet, dem Menschen ganz allgemein ein Trieb innewohnt, auch gefällig zu gestalten — ganz unabhängig von wissenschaftlichen Theorien, aber auch unabhängig von den Erwägungen der Zweckmäßigkeit, das läßt sich sehr gut an den ältesten Bogenbrücken zeigen. Die Brücke bei Coalbrookdale wurde bereits 1779 und die Brücke über das Striegauer Wasser bei Laasan 1796 erbaut. Es wäre viel zu viel behauptet, wenn man sagen wollte, die Theorie der Bogenbrücken habe damals in den Kinderschuhen gesteckt — sie war vielmehr noch gar nicht geboren. Denn die Schriften von Navier erschienen erst zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts. Man konnte also zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts durchaus noch keine klare Vorstellung von der statischen Wirkung eiserner Bogenträger gehabt haben; man hätte sonst auch jene Brücken anders gebaut. Und doch ist gar nicht zu verkennen, daß aus den erwähnten beiden Brücken ein künstlerisches Bestreben spricht — ein Bestreben, das zwar mit sehr einfachen, vielleicht etwas kindlichen Mitteln arbeitet, aber gerade deshalb um so eindrucksvoller wirkt.

Immerhin läßt sich nicht leugnen, daß bei der ästhetischen Wirkung unserer Eisenkonstruktionen die Zweckmäßigkeit eine nicht ganz untergeordnete Rolle spielt. Und dieser Zusammenhang ist in jenen „Grundanschauungen“ wohl deshalb an die Spitze gestellt worden, weil bei allen Erzeugnissen der Natur sowohl wie der Kultur der ursächliche Zusammenhang zwischen „Zweckmäßigkeit“ und „ästhetischer Wirkung“ mehr oder weniger deutlich erkennbar ist. Dieses „mehr oder weniger“ wollen wir uns aber etwas näher betrachten. Denn die ursächlichen Beziehungen sind ihrem Grade nach sehr verschieden — je nach der Art und Natur des betrachteten Gegenstandes.

Am deutlichsten läßt sich wohl bei den von der Natur gebildeten Organismen erkennen, wie die ästhetische Wirkung eine Folge der Zweckmäßigkeit ist. Und dieser ursächliche Zusammenhang ist um so inniger, je höher die Entwicklungsstufe des betrachteten Gegenstandes ist. Schon einfache Organismen können ästhetisch wirken. Die Biologie lehrt uns nun, daß die Arbeitsteilung in dem ganzen großen Gebiete des organischen Lebens eine außerordentlich wichtige Rolle spielt; ja ich möchte sogar behaupten, daß die Arbeitsteilung das wichtigste Kriterium alles organischen Lebens überhaupt ausmacht. Wie dem auch sei, jedenfalls nimmt die Arbeitsteilung immer höhere und ausgebildete Formen an, je höher die Entwicklungsstufe des betreffenden Gegenstandes ist. Aber gleichzeitig mit der Höhe der Entwicklungsstufe steigert sich auch die ästhetische Wirkung; vom Muscheltier, vom Insekt, vom Reptil bis zum Vogel und Säugetier haben wir stets höhere Stufen des ästhetischen Wohlgefallens. So darf man wohl für die organische Welt den Satz aufstellen: Je höher die Stufe der Entwicklung und der Arbeitsteilung, um so größer ist die ästhetische Wirkung als Folge der Zweckmäßigkeit.

Dies hängt wohl damit zusammen, daß Arbeitsteilung in

der organischen Welt stets eine Art von Harmonie bedeutet. Wir haben am Schlusse der Einleitung die Harmonie als die „Einheit des Mannigfaltigen“ bezeichnet. Zweckmäßig eingerichtete Arbeitsteilung setzt nun stets eine gewisse Einheit des Mannigfaltigen voraus; also dürfen wir Arbeitsteilung als etwas Harmonisches betrachten.

Eine andere Art von Arbeitsteilung, wenn auch von weit niederer Stufe, können wir bei unseren Maschinen und Fahrzeugen wahrnehmen. Auch hier sind verschiedene Organe, die ganz verschiedene Arten von Funktionen verrichten; beispielsweise haben bei einer Lokomotive die Räder, die Zylinder, die Steuerung, der Kessel und das Gestell ganz verschiedene Funktionen. Also auch hier Arbeitsteilung, auch hier Harmonie, wenn auch viel gröberer Art, als bei einem lebenden Wesen. Und gleichzeitig dürfen wir auch behaupten, daß Maschinen von so ausgebildeter Arbeitsteilung wie unsere Lokomotiven, namentlich unsere heutigen Schnellzugslokomotiven, durch ihren Anblick einen hohen ästhetischen Genuß bereiten. Ähnliches gilt von anderen Fahrzeugen, wie Kraftwagen, Fahrrädern¹⁾ usw. und besonders von unseren Schiffen, vom kleinsten Ruderboot bis zum größten Ozeandampfer. Wer einmal einen solchen im Dock gesehen hat, der war gewiß erstaunt und begeistert nicht nur von der gewaltigen Größe des Rumpfes, sondern auch von der Schönheit seiner Linien. Wir sind in diesem Falle berechtigt, nicht nur von „ästhetischer Wirkung“, sondern im engeren Sinne von Schönheit zu sprechen, weil die Formen eines Schnelldampfers, wenigstens soweit sie unter Wasser liegen, stets einen sanften, allmählichen Verlauf zeigen müssen, um ein leichtes Abgleiten und Verdrängen des Wassers zu ermöglichen. Aus diesem Grunde wirken sie sinnlich angenehm und sind daher schön. Außerdem müssen bei dem Entwerfen eines Schiffes die verschiedenartigsten Bedingungen erfüllt werden; die Rücksichten auf Tragfähigkeit, Seetüchtigkeit und Schnelligkeit stellen verschiedene, zum Teil sich widersprechende Anforderungen, so daß die Bestimmung der Schiffsform allein auf Grund der technischen Bedingungen eine sehr schwierige Aufgabe darstellt.

Wir haben diese anscheinend gar nicht zu dem Gegenstande dieser Arbeit gehörigen Betrachtungen nur angestellt, um zu zeigen, wie ganz anders als jene übrigen Gegenstände unsere Eisenkonstruktionen sich in technischer und ästhetischer Hinsicht verhalten. Dürfen wir bei unseren eisernen Brücken, Hallen und Dächern von „Arbeitsteilung“ reden? — Ich möchte diese Frage verneinen. Wohl handelt es sich bei den Eisenkonstruktionen um verschiedene Arten von Beanspruchungen, nämlich um Zug oder Druck und um Biegung. Aber diese Arten lassen sich durch sehr einfache logische Beziehungen voneinander ableiten, während das bei den verschiedenen Teilen einer Kraftmaschine nicht der Fall ist. Doch das ist vielleicht ein Streit um Worte; zugegeben, es sei auch bei den Eisenkonstruktionen eine „Arbeitsteilung“ vorhanden, so ist doch diese Art von Arbeitsteilung von weit niederer Stufe als die oben bei den

¹⁾ Ein interessanter Aufsatz über die „Ästhetik der Fahrzeuge“ findet sich in der Zeitschrift „technisches Magazin“ (Technik G. m. b. H. Berlin SW., Alte Jakobstr. 23—24) Oktober 1908.

Kraftmaschinen betrachtete. Demgemäß ist auch die ästhetische Wirkung solcher Eisenbauten, die nahezu ausschließlich mit Rücksicht auf die Zweckmäßigkeit konstruiert sind, eine im Vergleich zu den Maschinen und Fahrzeugen niedrige.

Und so ist auch die Aufgabe des Entwerfens von Brücken und Hallen ihrer Natur nach anders geartet als die Aufgabe des Maschinen- und Schiffbaues. Stellt man lediglich die Forderung, daß das betreffende Erzeugnis zweckmäßig ausfalle, dann ist die Aufgabe des Ingenieurs, der Brücken und Hallen zu entwerfen hat, wesentlich einfacher und leichter als die des Maschinen- und Schiffbau-Ingenieurs. Denn der Bauingenieur braucht im wesentlichen nur die Gesetze der Statik zu berücksichtigen. Der Maschinenbauer braucht aber bei seinen Konstruktionen außer der Statik noch Dynamik, im besonderen Kinematik und mechanische Wärmetheorie; er und der Schiffbauer haben außerdem ein viel reichhaltigeres Register von Konstruktionselementen nötig, als der Bauingenieur.

Anders liegt aber die Sache, wenn man verlangt, daß die Erzeugnisse der Ingenieurstätigkeit auch in ästhetischer Hinsicht soweit möglich befriedigen sollen. Der Schiff- und Maschinenbauer werden dann zur Vervollkommenung ihrer sonstigen Fähigkeiten nicht mehr viel zu tun brauchen, aber auch nicht viel tun können; denn ihre Aufgabe ist eben schon in rein technischer Hinsicht so verwickelt, stellt so verschiedenartige Anforderungen, daß diese gar nicht mehr viel Freiheit übrig lassen. Hier ist also die Möglichkeit zu einer künstlerischen freien Betätigung der Individualität sehr beschränkt. Dem Bauingenieur dagegen, der größere Eisenbauten zu entwerfen hat, sind in technischer Hinsicht einfachere Aufgaben gestellt, die ein nicht ganz unerhebliches Maß von Freiheit gewähren; hier gibt es also schon eher Fälle, in denen eine künstlerische, freischöpfende Gestaltungskraft sich zu betätigen vermag. In dieser Beziehung ist es denkbar, daß die Aufgabe des Bauingenieurs noch vielseitigere Anforderungen stellt als die des Maschinenbauers; allerdings im allgemeinen nur bei großen Aufgaben, wie bei dem Entwerfen großer Brücken und Hallen.

Es sei hier noch bemerkt, daß den Maschinen, Fahrzeugen und Schiffen infolge des höheren Grades von Arbeitsteilung und durch das Wesen der Bewegung oder der Bewegungsmöglichkeit das Element des Persönlichen in viel höherem Grade zukommt, als den ruhenden eisernen Bauwerken. Die ästhetische Anschauung personifiziert alles, nicht nur lebendige, sondern auch starre, leblose Gegenstände. Nun ist es aber klar, daß eine solche Personifizierung viel leichter bei solchen Gegenständen gelingt, die ihrem Wesen, ihrer Bestimmung nach sich bewegen sollen und womöglich eine ausgesprochene Arbeitsteilung aufweisen, als bei Gegenständen, die stets oder doch für gewöhnlich in der Ruhe verharren und keine Arbeitsteilung zeigen. Eine Bestätigung dieser Ansicht finde ich in der Namengebung. Es war früher allgemein üblich, — bei einigen Verwaltungen ist es jetzt noch der Fall — daß Lokomotiven mit Personennamen bezeichnet wurden. Bei Schiffen ist das ja heute noch ein allgemeiner Brauch, und mit einer gewissen Berechtigung. Zuweilen werden auch Brücken nach Personen benannt, aber niemals ohne die Zusatzbezeichnung „Brücke“. Es wäre widersinnig und ganz ungewöhnlich, wenn man ein

Schiff etwa als Kaiser-Wilhelm-Schiff, oder umgekehrt eine Brücke schlechthin als „Franz Joseph“ oder „Elisabeth“ ohne den Zusatz „Brücke“ bezeichnen wollte. So zeigt auch die volkstümliche Art der Namengebung, daß sie Schiffe und Lokomotiven als belebte Wesen, als Persönlichkeiten, dagegen Brücken und Hallen als Bauwerke, d. h. als unpersönliche Dinge ansieht.

Es möchte hiernach scheinen, als ob die Eisenkonstruktionen, die der Bauingenieur entwirft, im großen und ganzen geringere ästhetische Wirkungen erzielen als die Maschinen, Fahrzeuge und Schiffe. Demgegenüber ist jedoch zu bemerken, daß die Eisenbauten in harmonischem Zusammenwirken mit der Umgebung, namentlich mit steinernen Bauwerken oder Bauteilen hochbedeutende Eindrücke erzielen können. Das wird namentlich bei solchen Eisenkonstruktionen der Fall sein, deren Größe über das durchschnittliche Maß hinausgeht.

Um diese Wirkung näher zu erläutern, muß ich wiederum auf das schon mehrfach erwähnte Werk von Groos zurückgreifen. Unter den verschiedenen ästhetischen Modifikationen erläutert Groos auch den Begriff des Erhabenen. Er kommt bei seinen Untersuchungen zu dem Schlusse, daß zur Eigenschaft des Erhabenen einerseits gewaltige, über das Durchschnittsmaß hinausgehende Abmessungen, andererseits einfache Formen erforderlich sind:

„Das Erhabene ist ein Gewaltiges in einfacher Form“.

Diese Erklärung findet er an verschiedenen Beispielen aus der Natur bestätigt, dem Meere, der Wüste, dem Donner usw., aber auch an großen Bauwerken und den Charaktereigenschaften bedeutender Menschen.

Die Anwendung des Ausdruckes „erhaben“ auf unsere Eisenkonstruktionen dürfte vielleicht etwas verfrüht sein, weil die meisten derartigen Bauwerke noch auf kein großes Alter zurückblicken. Immerhin können wir den in jenem Satze liegenden Grundgedanken auch auf manche unserer Eisenkonstruktionen anwenden, weil diese große Abmessungen und dabei zugleich einfache Formen aufweisen. Unsere großen Bahnhofshallen, die Müngstener Brücke, die amerikanischen Hängebrücken, der Eiffelturm, sie sind alle mehr oder weniger „ein Gewaltiges in einfacher Form“. Und wenn auch manchmal die Wandgliederungen der Hauptträger oder der Windverbände sich als unübersichtliches Gewirre von Stäben darstellt, so hat doch die Umgrenzungslinie fast stets eine sehr einfache Form.

Daß in der erwähnten Eigenschaft des „Gewaltigen“ tatsächlich die wichtigste Ursache für die ästhetische Wirkung einer großen Zahl von Eisenkonstruktionen liegt, findet auch seine Bestätigung in dem oben erwähnten Werke von Meyer „Eisenbauten, ihre Geschichte und Ästhetik“. Der Schlußsatz dieses Werkes lautet nämlich:

„Die neuen Eisenaufgaben haben ein Anrecht auf die Kunst mehr fast als alle übrigen Bauwerke, da ihre ungeheuren Dimensionen zu den monumentalen Werken der Gegenwart gehören, sich als Verkehrszentren gerade am eindrucksvollsten geltend machen und unbestreitbar einen Stimmungsgehalt besitzen, der mit den Bildern des modernen Lebens untrennbar verbunden ist.“

An das Wort „Stimmungsgehalt“ wollen wir noch einige Bemerkungen anknüpfen. Worin besteht denn dieser Stimmungsgehalt?

Nach Groos beruht die rein ästhetische Wirkung, die ein erhabenes Bauwerk ausübt, auf zwei Vorgängen, nämlich einer Depression und der darauf folgenden Erhebung. Der Beschauer versenkt sich ganz in das erhabene Bauwerk, so daß er ihm gleichsam seine Seele leiht. Dabei erhebt er sich geistig über das zunächst stattfindende Gefühl der Bedrückung.

Dieser Vorgang ist nun grundsätzlich betrachtet derselbe, ob wir ein steinernes oder ein eisernes Bauwerk von großen Abmessungen betrachten. Bei dem letzteren ist aber der Gefühlsgehalt mit einem etwas modifizierten Vorstellungsgehalt verbunden, insofern als nämlich der Anblick des eisernen Bauwerks viel unmittelbarer den Gedanken an die menschliche Arbeit wachruft.

Wir haben gesehen, daß der Begriff des Gewaltigen oder des Monumentalen den Eisenkonstruktionen in ähnlicher Weise wie den Architekturwerken zukommt. Es fragt sich nun, welche grundlegenden Unterschiede beide Gruppen von Bauwerken aufweisen. Dieselben Vergleichspunkte, die wir bei der Gegenüberstellung der Eisenbauten mit Fahrzeugen, Schiffen und Maschinen ins Auge fassen, werden auch hier wieder die grundlegenden Unterschiede anzeigen. Bei den Eisenkonstruktionen sind die rein technischen Bedingungen verwickelter, die künstlerische Freiheit ist geringer als bei den Architekturwerken; bei diesen sind die rein technischen Aufgaben leichter, dafür ist aber mehr Freiheit für künstlerische Betätigung gegeben. Die eisernen Bauwerke nehmen also eine Mittelstellung ein zwischen Maschinen, Fahrzeugen einerseits und den Architekturwerken anderseits. Bei der ersteren Gruppe haben wir verwickelte technische Aufgaben, wenig Freiheit für eigentliche künstlerische Betätigung; bei der letzteren Gruppe einfache technische Aufgaben, viel künstlerische Freiheit.

Es seien noch einige allgemeine Bemerkungen über das Verhältnis eines Bauwerkes zu seiner Umgebung gemacht. Auch über diese nicht unwichtige Frage scheint bei vielen Ingenieuren und selbst Architekten große Unklarheit zu herrschen. So wurde beispielsweise in jenen „Grundanschauungen“ die Forderung aufgestellt, die äußere Erscheinung der Ingenieurbauten sei in Harmonie zu bringen mit ihrem Zweck, ihrem Material und ihrer Umgebung (vergl. oben Seite 67). Dieser Wunsch ist wohl gut gemeint, läßt sich aber in den meisten Fällen nur in geringem Grade und in sehr bedingter Weise erfüllen.

Eine Harmonie mit der Umgebung läßt sich etwa dadurch erzielen, daß der allgemeine Charakter des Bauwerkes im großen und ganzen dem der Umgebung angepaßt wird. Zeigt die Landschaft einen vorzugsweise natürlichen, von der Kultur noch wenig berührten Charakter, dann empfiehlt sich im allgemeinen eine etwas urwüchsige Behandlung der Formen. Andererseits ist es in der Nähe von Städten oder im Innern der Städte selbst angebracht, auf eine gewisse Verfeinerung der Formen hinzuwirken. So wird man in wenig kultivierten Gegenden eher vollwandige, in Städten eher gegliederte Träger verwenden, soweit die ästhetischen Fragen in Betracht kommen.

Als bemerkenswerte Beispiele für eine gewisse Ähnlichkeit in dem allgemeinen Charakter des Bauwerks und seiner Umgebung wurde die Kaiser-Wilhelm-Brücke bei Münstgen und die Kornhausbrücke in Bern erwähnt (vergl. oben Seite 54).

Weitaus wichtiger ist jedoch in den meisten Fällen für die künstlerische Wirkung des Gesamtbildes der Gegensatz zwischen dem Bauwerke und seiner Umgebung. Ganz besonders gilt dies für Bauwerke in Gegenden, die durch besondere Naturschönheit ausgezeichnet sind. Als Beispiel sei die Ravennaschluchtbrücke der Höllentalbahn erwähnt¹⁾ Dieses Bauwerk ist in seiner allgemeinen Anordnung außerordentlich einfach gehalten und zeigt keinerlei Kunstformen. Trotzdem ist es in hohem Grade ästhetisch wirkungsvoll. Diese Tatsache beruht wohl hauptsächlich in dem Gegensatz der geraden Linien und Pfeiler zu der wildromantischen Gegend. Das „Romantische“ in der Natur beruht ja vorzugsweise auf dem Unregelmäßigen, Wilden, durch die Kunst wenig oder gar nicht Berührten. Ja, bei einer Ruine ist das romantische Element eben in der teilweise erfolgten Vernichtung des einstmaligen Regelmäßigen, Kunstvollen, zu suchen. Umgekehrt zeigt nun die Ravennaschluchtbrücke mit ihren ganz einfachen, geraden Formen einen starken und sehr wirkungsvollen Gegensatz zu dem wilden, ungezügelter Charakter der umgebenden Natur. Es ist, als ob ein starker, zielbewußter Menschenwille durch diese Natur gegangen sei. (Abb. 8.)

Solche Fälle sind aber verhältnismäßig selten. Viel häufiger ist die Umgebung des Bauwerks ziemlich gleichförmig und ohne bedeutende Abwechslung. Bei einer derartigen Lage wird man gut tun, in der Gestaltung des Bauwerkes selbst einen lebendigen Charakter zu zeigen.

Bei verschiedenen Besprechungen der Straßenbrücke über den Rhein zwischen Ruhrort und Homburg (Zusammenstellung 3, Nr. 8, Seite 7) wurde in Zeitschriften hervorgehoben, daß die verhältnismäßig niedrige Gestalt der Träger dieser Brücke sich in die flache niederrheinische Landschaft gut einfüge. Ich möchte mich diesem Urteil nicht anschließen. Voraussichtlich hätte ein hochragendes Brückenbauwerk gerade dieser flachen und einförmigen Landschaft eher einen besonderen Reiz verliehen.

Man erkennt aus diesen und ähnlichen Beispielen, daß oft der Gegensatz zu der umgebenden Landschaft in dem Gesamtbilde eines Bauwerkes eine viel wichtigere Rolle spielt oder spielen sollte, als das Gleichartige. Dies hängt wohl damit zusammen, daß die Wirkung der Kunst — soweit man bei solchen Bauwerken überhaupt von Kunst reden kann — auf anderen Ursachen beruht, als die Wirkung der Natur. Man vergleiche auch hierüber das mehrfach erwähnte Werk von Groos.

Die verschiedenen Ursachen, welche ein mehr oder weniger glückliches Zusammenwirken zwischen einem Bauwerk und seiner Umgebung bedingen, sind aber so mannigfaltig und hängen so sehr von den Einzelheiten des besonderen Falles ab, daß es kaum möglich ist, allgemeine Regeln hierüber aufzustellen.

¹⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ingen.-Ver. zu Hannover 1889, S. 601 und 607.

C. Kritische Betrachtungen über das Zusammenwirken des Eisens mit anderen Baustoffen.

Die Vereinigung des Eisens mit anderen Baustoffen hat sich in technischer Beziehung vielfach als vorteilhaft erwiesen; es fragt sich nun, ob diese Verbindung auch in ästhetischer Hinsicht günstig wirkt. Am bedeutsamsten ist für unsere Betrachtung jedenfalls die Vereinigung von Eisen und Stein, sowie von Eisen und Glas.

1. Brückenbau.

Im Brückenbau bilden die steinernen Mauerkörper das vermittelnde Glied zwischen der Eisenkonstruktion und dem Erdkörper. Dieses gilt sowohl in statischer als auch in tektonischer Beziehung. Denn es ist wohl auch dem statisch nicht geschulten Beschauer einleuchtend, daß die aus dünnen Stäben bestehende Eisenkonstruktion nicht ohne weiteres auf den nachgiebigen Erdboden gestützt werden kann. Es muß daher zwischen beide Teile ein fester und zugleich breiter, massiger und deshalb schwerer Körper eingefügt werden.

Aber auch in tektonischer Beziehung bildet das Mauerwerk den Übergang zwischen dem Eisenbau und dem natürlichen Boden. Die eisernen Teile sind lediglich Kunstprodukt, bei ihnen sind Form und Material durch technische Vorgänge erzeugt worden. Bei dem Mauerwerk ist der Hauptteil, der Stein, heute noch in der Regel Naturprodukt, nur seine Form ist ein Ergebnis menschlicher Tätigkeit. Der Mauerkörper ist gleichsam urwüchsiger und dem mütterlichen Erdboden näher verwandt als die Eisenkonstruktion; darum steht er auch in dieser Beziehung vermittelnd zwischen beiden Stoffen.

In neuerer Zeit scheint allerdings der Beton das aus natürlichen Steinen errichtete Mauerwerk mehr und mehr verdrängen zu wollen. Dem Eisen steht ja in tektonischer Beziehung der Beton näher als das Mauerwerk, denn auch er ist ein Kunstprodukt. Insofern dürfte der Beton weniger geeignet sein, zwischen Eisen und Erdkörper als vermittelndes Bindeglied zu treten. Namentlich bei solchen Bauwerken, deren Umgebung eine durch natürliche Schönheit geschmückte Landschaft bildet, wie etwa ein waldiges Gebirgstal, dürfte die Ausführung von Mauerwerk aus natürlichen Steinen in Verbindung mit einer Eisenkonstruktion viel mehr am Platze sein, als die Herstellung eines Betonbaues.

Wenn in den letzten Jahrzehnten eine weniger feine Behandlung der Mauerflächen von Ingenieurbauten üblich geworden ist, so trägt auch wohl dieser Umstand dazu bei, das Urwüchsige des Steinmaterials zu betonen.

Sehen wir von dem oben erwähnten tektonischen Unterschied zwischen Mauerwerk und Beton ab, so bleibt doch eine sehr wichtige Eigenschaft, die den beiden Baustoffen zukommt und bei ihrer Vereinigung mit dem Eisen einen sehr bedeutungsvollen Gegensatz zu diesem bildet, nämlich ihre Massigkeit. Die Eisenkonstruktion erscheint in der Regel verhältnismäßig leicht, oft sogar luftig und zierlich. Der Steinbau ist dagegen gewöhnlich schwer und massig. Dieser Gegensatz kann benutzt werden, um sehr eindrucksvolle Wirkungen hervorzubringen. Auf diesen Umstand hat auch Meyer mit Recht hingewiesen (Eisenbauten S. 141).

Beispielsweise wirkt bei den meisten Balkenträgern der Umstand günstig, daß die tragenden Teile aus Eisen, die stützenden aus Stein hergestellt sind. Hierdurch wird der Unterschied der Funktion recht deutlich und sinnfällig ausgedrückt. Die tragenden Teile machen einen leichten und dünnen, wenn auch kräftigen und widerstandsfähigen Eindruck; die stützenden Teile erscheinen schwer und massig. Besonders deutlich tritt dieser Gegensatz hervor, wenn die Balkenträger gegliederte Träger sind, während bei vollwandigen Trägern der Unterschied weniger stark ins Auge fällt. Es kann sogar vorkommen, daß vollwandige Träger schwerer aussehen, als das unterstützende Mauerwerk. Eine solche Anordnung wäre zu vermeiden, soweit ästhetische Rücksichten in Frage kommen.

Eine sehr wichtige Rolle spielen ferner die Mauerkörper bei den eisernen Bogenbrücken. Wie die Steinmassen tatsächlich statisch erforderlich sind, um den Bogenschub aufzunehmen und in geeigneter Weise in das Grundmauerwerk zu übertragen, so ist diese Funktion auch für die ästhetische Betrachtung von großer Wichtigkeit. Die schwere Masse des Steines erzeugt im Gegensatz zu dem energischen und kühnen Anstreben des Eisenbogens das Gefühl einer gewissen Beruhigung. Hieraus läßt sich die Regel ableiten, daß man die aus Mauerwerk oder Beton bestehenden Widerlager nicht hinter Erdkörpern verstecken, sondern mit der ihnen ästhetisch gebührenden Masse auch deutlich hervortreten lassen sollte. In manchen Fällen kann es sogar erwünscht sein, die Pfeiler und Widerlager aus ästhetischen Gründen stärker und massiger auszuführen, als dies mit Rücksicht auf die Standfestigkeit unbedingt erforderlich wäre.

Wir haben bei Betrachtung der geschichtlichen Entwicklung auch solche Bogenbrücken kennen gelernt, deren Öffnungen teils durch Stein- oder Betonkonstruktionen, teils durch eiserne Bogenträger überdeckt sind (vergl. oben Seite 37). In vielen Fällen sind derartige Anordnungen gerechtfertigt; vom ästhetischen Standpunkte aber gewöhnlich nur dann, wenn die gewölbten Öffnungen wesentlich kleinere Stützweiten als die mit Eisenkonstruktion versehenen haben. Sind die Stützweiten der einzelnen Öffnungen sehr verschieden, dann ist es einleuchtend und auch für die künstlerische Wirkung nicht ungünstig, wenn die kleinen Öffnungen eine andere Konstruktionsart erhalten, als die großen. Namentlich ist dies der Fall bei sehr langen Brücken, die eine große Zahl von Flutöffnungen enthalten. Bei solchen Bauwerken ist es sogar erwünscht, durch die verschiedene Ausbildung der Vorlandbrücken und der Strombrücke den Unterschied dieser beiden Hauptteile hervorzuheben.

Anders liegt die Sache, wenn bei einer Brücke mit wenigen Öffnungen die Stützweiten nicht sehr verschieden voneinander sind. In solchen Fällen wäre es m. E. richtiger, alle Überbauten gleichartig auszubilden und so das Gemeinsame des ganzen Bauwerkes und den organischen Zusammenhang deutlich zu betonen. Wenn beispielsweise bei der neuen Neckarbrücke in Mannheim in der Mittelöffnung eiserne Blechbogen, in den Seitenöffnungen dagegen Betongewölbe ausgeführt sind, so scheint mir diese Wahl nicht glücklich. Die Weite der beiden Seitenöffnungen beträgt etwas mehr als die Hälfte der Stützweite der großen Öffnung. In diesem

Fälle sind also die beiden Seitenöffnungen nicht etwa als untergeordnete Nebenbestandteile des ganzen Bauwerkes zu betrachten, vielmehr nehmen sie einen verhältnismäßig großen Teil der Gesamtlänge ein. Die Seitenöffnungen sind hier der Mittelloffnung eher nebengeordnet, als untergeordnet. Aus diesen Gründen wäre in einem derartigen Falle eine gleichartige Ausbildung aller Öffnungen vorzuziehen.

Wohl noch bedeutungsvoller als bei den Bogenbrücken ist die ästhetische Funktion der Mauerkörper bei den Hängebrücken. Hier tritt der oben gekennzeichnete Gegensatz zwischen Stein und Eisen ganz besonders deutlich hervor. Eine wichtige Eigenart der meisten Hängebrücken liegt in ihrer besonders leichten Erscheinung. Wenn nun die zur Lagerung der Tragketten dienenden Pfeiler aus Stein ausgeführt sind, dann entsteht ein sehr wirkungsvoller Gegensatz zwischen diesen schweren und gewaltigen Mauermassen einerseits und dem dünnen und zierlichen Eisenwerk andererseits. Ganz besonders gilt dieses u. a. von den Kettenbrücken bei Bangor und Conway, von der Brücke über den Avon bei Bristol sowie auch von der alten Kettenbrücke über die Donau in Budapest (Abb. 86, 87, 89). Auch bei neuen Hängebrücken dürfte es sich empfehlen, den Auflagerpfeilern der Tragketten ein gewisses Übermaß an Mauerwerk zu geben und so diese Teile in dem Gesamtbilde des Bauwerkes besonders eindringlich zu betonen.

Eine sehr wichtige Rolle spielen die Steinpfeiler in dem Gesamtbilde der Flußbrücken. Es ist klar, daß man schon aus praktischen Gründen in den Fluß hinein keine Eisenkonstruktion bauen wird. Aber auch in ästhetischer Beziehung ist die aus dem Strom emporragende, gegen ihn sich anstemmende Mauermaße ein bedeutungsvolles Motiv; sie verkörpert sozusagen den gegen die Naturgewalt kämpfenden Menscheng Geist.

Auf die Bedeutung der Brücken-Portale wurde bereits oben Seite 36 hingewiesen und dabei erwähnt, daß im großen und ganzen die mittelalterlichen Stilformen bei derartigen Bauten die Regel bilden. Dies ist wohl hauptsächlich dadurch zu erklären, daß überhaupt in der Baukunst des neunzehnten Jahrhunderts die historischen Stilrichtungen vorherrschten. Während nun im Hochbau solche Anlehnungen an die Vergangenheit sich leicht ergaben, war die Sache bei den Brückenportalen schon schwieriger, weil es sich hier um ganz neue Schöpfungen und eine neuzeitliche Bauweise handelte. Hier schien das Motiv eines Festungsturmes oder Festungstores eine gewisse Berechtigung zu haben, weil bei vielen Brücken aus alter und neuer Zeit die sogenannten Brückenköpfe befestigt waren. Diesen Gedanken suchte man nun künstlerisch zu verwerten und hierbei fiel wohl hauptsächlich auch der Umstand ins Gewicht, daß die Hauptträger der meisten größeren Brücken lotrechte Endabschlüsse zeigten. Mit dieser harten und kalten Form das ganze Bauwerk endigen zu lassen, erschien durchaus nicht erwünscht und so stellte man gewöhnlich neben die Endvertikalen der über der Fahrbahn liegenden Überbauten je einen Festungsturm, der gewöhnlich die Eisenkonstruktion noch um ein bedeutendes Stück überragte. So ist es bis zu einem gewissen Grade erklärlich, daß die mittelalterlichen Festungstürme namentlich an den Enden der größeren Brücken bald typisch wurden und es

auch lange Zeit blieben. Einige dieser Portale sind auch künstlerisch hervorragend und wertvoll, so namentlich die der alten Weichselbrücke bei Dirschau und der Nogatbrücke bei Marienburg (Abb. 2 u. 11).

Wenn nun auch der Gedanke an eine Befestigung den Anlaß zu der künstlerischen Behandlung dieser Baukörper gegeben hatte, so war andererseits der Zwiespalt zwischen dem realen Zweck und der künstlerischen Form doch gar zu augenfällig. Bei einem großen Teile der heutigen Brücken sind überhaupt keine Befestigungen mehr vorhanden. Wo solche doch nötig sind, genügt für die wenigen Wachmannschaften ein niedriger, möglichst verdeckt liegender Raum, während die hochragenden Türme zu nichts dienen können, als die Aufmerksamkeit des Feindes zu erwecken.

Gegen Ausgang des vorigen Jahrhunderts machten sich bekanntlich Bestrebungen geltend, die sich von der historischen Stilauffassung lossagten und eine mehr dem Wesen und Geiste der Neuzeit entsprechende Baukunst schaffen wollten. Diese Richtung ist auch an einigen in den neunziger Jahren erbauten Portalen teilweise bemerkbar, so namentlich an den von Jacobsthal erbauten Portalen der neuen Weichselbrücke bei Dirschau, der Nogatbrücke bei Marienburg und der Rheinbrücke bei Roppenheim (Abb. 9, 14, 107). Solche Bestrebungen sind gewiß gesund und beachtenswert. Es muß zugegeben werden, daß es sehr schwer, ja fast unmöglich ist, ein steinernes Brückenportal ohne jede Anlehnung an die überlieferte Formenwelt zu entwerfen. Dabei sollte aber durch die Art der Anwendung dieser Formen und durch ihre Ausbildung deutlich zu erkennen sein, daß eine gewisse Umwandlung oder eine Verschmelzung mit dem Geiste der Neuzeit eingetreten ist.

Ein solches Bestreben zeigt sich auch an den bekannten Pfeilertürmen der Bonner Rheinbrücke, obwohl diese wiederum in mittelalterlichen und zwar in romanischen Formen ausgeführt sind. Doch ist die Anknüpfung an den romanischen Stil nur lose und darum wirkt sie bei dem neuzeitlichen Bauwerk nicht merklich störend. Ganz besonders glücklich sind hier die Massen der Türme in ihrem Verhältnis zu der Eisenkonstruktion abgewogen und ausgeglichen, so daß weder auf der einen noch auf der anderen Seite ein Übergewicht der Massen vorhanden ist. (Abb. 61).

Das Beispiel der Bonner Brücke hat bei zahlreichen neueren Brückenbauten insofern nachgewirkt, als häufig Portale in romanischen Stilformen ausgeführt worden sind. Namentlich ist dies der Fall bei Brücken mit dem in neuerer Zeit so beliebten Zweigelenkbogen mit Zugband. Oft finden wir schwerer, massige Turmbauten an den Enden solcher Brücken. Zuweilen macht sich sogar das Bestreben des Architekten geltend, treu im Sinne und Geiste des Mittelalters zu schaffen und demgemäß den Beschauer auch geistig in das Mittelalter zu versetzen.

Es lassen sich vielleicht einige Gründe anführen, die ein solches Vorgehen scheinbar rechtfertigen. Vor allem liegt wohl derartigen Ausführungen das Bestreben zu Grunde, der ganzen Brücke einen möglichst würdigen und monumentalen Abschluß zu geben. Wir hatten bei der allgemeinen Betrachtung über die ästhetische Wirkung großer Eisenkonstruktionen gesehen, daß sie als „ein Gewaltiges in einfacher Form“ erscheinen. Hiermit dürften nun jene roma-

nischen Portalbauten insofern übereinstimmen, als sie gleichfalls einfache, wuchtige und markige Formen bei großen Abmessungen aufweisen. Die gotischen Bauwerke sind schon viel mehr gegliedert, und wenn auch durch die gemeinsame Richtung des Aufwärtstrebens eine erhabene Einseitigkeit¹⁾ erzielt wird, so haben die romanischen Bauwerke eben doch viel einfachere Formen. Und erst recht ist in dieser Hinsicht der romanische Stil der Renaissance überlegen. Die Formen der Renaissance sind viel zu sehr durchdacht, gegliedert, verfeinert, als daß sie als „Gewaltiges in einfacher Form“ zu erscheinen vermöchten.

Ein anderer Grund, der vielfach zur Anwendung romanischer Stilformen geführt hat, ist wohl die Nähe alter und berühmter Bauwerke. Ähnliche Beispiele, wenn auch für den gotischen Stil, wurden bereits Seite 36 erwähnt. So finden wir auch sonst vielfach das Bestreben, an die Vergangenheit, an die alte bodenständige Kunst anzuknüpfen. Sollte beispielsweise die Brücke inmitten eines malerischen Städtebildes erbaut werden, so lag vielleicht der Gedanke nahe, die Stilformen der Brückenportale in Einklang zu bringen mit den ehrwürdigen Bauten der Umgebung. Und schließlich ist wohl die streng historische Richtung bei Brückenbauten als eine Art Gegenströmung anzusehen gegenüber den von anderer Seite gemachten und nicht immer glücklichen Versuchen, eine moderne Baukunst zu schaffen.

Aber alle diese Gründe oder Erwägungen vermögen doch das Gekünstelte und Gesuchte nicht zu rechtfertigen, das in der Erscheinung großer eiserner Brücken mit streng romanischen Portalbauten liegt. Ein großer Eisenbau, wie z. B. eine Brücke, ist sicherlich eine Schöpfung, die durchaus das Gepräge der Neuzeit an sich trägt und gerade der historisch geschulte Sinn sollte es vermeiden, mit einem solchen Bauwerke die Stilformen einer längst verschwundenen Zeit in Verbindung zu bringen.

In diesem Sinne hat sich übrigens auch ein Gutachten der Königlichen Akademie des Bauwesens vom Jahre 1889 ausgesprochen. Es handelte sich damals um die Entwürfe zu dem Umbau des Kölner Hauptbahnhofes. Ausgehend von der Beurteilung dieser Entwürfe kam die Akademie zu folgendem allgemeinen Schlusse:

„Es muß als ein Irrtum bezeichnet werden, daß die Nachbarschaft hervorragender Bauwerke dazu nötige, neue, ganz anderen Zwecken dienende Bauten in demselben Stile zu halten, wie jene Es gibt aber überhaupt keine Unternehmungen, in welchen das Wesen unserer Zeit gegenüber der Vergangenheit einen so scharfen Ausdruck fände, wie in den großen Bauten für den Verkehr, den einzigen, welche mit den großen Bauwerken des Altertums wetteifern können, ja in ihrer Gesamtheit sie überragen. Es erscheint daher nicht nur als ein Recht, sondern geradezu als eine Pflicht, in diesen Bauten die heutige Kunstanschauung zum Ausdruck zu bringen, und der Nachwelt monumentale Urkunden der Jetztzeit zu überliefern.“²⁾

Diesem gewiß gesunden Gedanken ist nun leider vielfach

— und zwar auch in neuerer Zeit — nicht entsprochen worden. Ganz besonders aber erscheint es verfehlt, wenn derartige Tor- oder Turmbauten an Höhe und Umfang so massig ausgeführt werden, daß sie das verhältnismäßig dünne Eisenwerk zu erdrücken scheinen. Man hat dann zuweilen beinahe den Eindruck, als ob der Architekt versucht habe, das Werk des Ingenieurs zu übertrumpfen. Ein solches Bestreben ist gewiß nicht am Platze — wenigstens nicht bei Brücken. Denn hier ist das Werk des Ingenieurs die Hauptsache und nicht die Arbeit des Architekten.

Gegen die Verwendung ausgesprochen historischer Stilformen bei Brückenportalen sind schon mehrfach in Zeitschriften Stimmen erhoben worden. Ein neuerer, bemerkenswerter Aufsatz von Professor Franz über „Brückentore“ findet sich in der Zeitschrift „Technik und Wirtschaft“ (Beiblatt zur Zeitschrift d. Ver. deutscher Ing. 1911, S. 25 bis 32, mit Abb.). Der Verfasser gelangt zu dem temperamentvollen, aber etwas radikalen Schlusse: „Weg mit den Steinmasken, weg mit der Unwahrheit!“

Gewiß wird jeder vorurteilsfreie Leser das Verlangen billigen, daß mit jener Unwahrheit ein Ende gemacht werde. Aber geht die Forderung, daß man jede durch die Konstruktion nicht unmittelbar bedingte Steinarchitektur bei eisernen Brücken vermeiden solle, nicht doch etwas zu weit?

Mit Recht weist Professor Franz in jenem Aufsätze darauf hin, daß jene Steinmasken zum großen Teil durch die Anordnung der eisernen Träger veranlaßt worden seien. Liegt die Fahrbahn gänzlich über den Hauptträgern, dann sind die Erbauer selten auf den Gedanken gekommen, große steinerne Portale an den Enden der Brücke zu errichten.

Schwieriger ist die Lösung der Frage, wenn die Hauptträger ganz oder größtenteils oberhalb der Fahrbahn liegen. Die Träger wurden auch dann häufig an den Enden durch lotrechte Stäbe abgeschlossen, die in der Querrichtung gewöhnlich zu einem steifen Portal verbunden sind. Diese Anordnung empfiehlt sich bekanntlich aus konstruktiven Gründen. In ästhetischer Beziehung wirkt sie aber hart und unschön, sobald die Eisenkonstruktion an den Enden unverkleidet ihre scharfen Ecken in die Luft hinausragen läßt. Hierdurch ist die Entstehung jener Portalbauten zum großen Teil erklärlich. Um aber trotzdem jene „Steinmasken“ zu vermeiden, schlägt Professor Franz vor, die Eisenkonstruktion so umzugestalten, daß sie keine häßliche Seite mehr aufweist und deshalb der Verkleidung durch Steinbauten nicht mehr bedarf. Das ist nun viel leichter gesagt als getan. Der lotrechte Endabschluß mit steifem Portal über den Auflagern ist in technischer Beziehung sehr zweckmäßig. In der geschichtlichen Entwicklung der eisernen Brücken haben gerade solche Trägersysteme (z. B. Halbparabelträger und Zweigelenkbogen mit Zugband) eine große und wichtige Rolle gespielt. Aber auch die Träger mit schrägem Endabschluß (z. B. Trapezträger) zeigen an dem Übergang in den wagenrechten oder schwachgeneigten Teil des Obergurts gleichfalls eine unschöne Härte. Obgleich diese nicht ganz so unvorteilhaft wirkt, wie der lotrechte Endabschluß, ist es doch nicht leicht, in derartigen Fällen eine ästhetisch befriedigende Lösung zu finden, ohne von den hergebrachten Regeln der Technik allzusehr abzuweichen oder die Gesetze der Statik zu verletzen. Und darum wird der Brückenbauer auch in

¹⁾ Vergl. Groos, Einleitung in die Ästhetik S. 317 u. ff.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 280.

Zukunft manchmal eine lotrechte Endigung des Trägersystems wählen und dann zuweilen auch das Ganze durch einen Steinkörper abschließen.

Ein sehr beachtenswertes Beispiel für einen architektonischen Endabschluß zeigt die neue Eisenbahnbrücke der Umgebungsbahn über den Main bei Mainz (Abb. 109). Das System der Hauptträger ist der Zweigelenkbogen mit Zugband. Die Abschlüsse sind hier nicht als Gebäude, sondern als Marksteine, also in nicht sehr bedeutenden Abmessungen ausgeführt, aber doch so, daß sie deutlich zu sagen scheinen: „hier fängt die Brücke an und hier hört sie auf.“ Diese Marksteine sind zwar in romanischen Formen ausgeführt, doch ist die Art der Behandlung durchaus frei und dem neuzeitlichen Charakter des Bauwerkes angemessen. Jene ungesunde Romantik der mittelalterlichen Torburgen ist glücklich vermieden.

Ornamentale Steinbauten sind also an den Enden von eisernen Brücken dann berechtigt, wenn sie nicht als selbständige Leistungen der Baukunst erscheinen, sondern nur den Zweck haben, das ganze Bauwerk abzuschließen und ihm zugleich ein gewisses geistiges Gepräge, einen höheren Grad von Individualität zu verleihen.

Immerhin läßt sich gegen die zuletzt erwähnte Art der Vereinigung von Eisen und Stein das einwenden, daß beide Baustoffe in mehr unorganischer Weise nebeneinandergestellt, als organisch miteinander verbunden sind. Aus diesem Grunde wird man also auch einen derartigen Versuch wie bei der zuletzt erwähnten Mainbrücke nicht als eine in jeder Weise vollkommene Lösung ansehen dürfen. Noch besser ist es daher, wenn die Hauptträger an den Enden nur eine ganz geringe Höhe haben und mit den Obergurten erst allmählich nach den Mittelpfeilern ansteigen. Eine solche Anordnung läßt sich aber nur bei Brücken mit mehreren größeren Öffnungen ausführen.

Professor Franz hat in dem oben erwähnten Aufsatz die Bemerkung gemacht, daß es viel richtiger sei, die Strompfeiler, und nicht die Enden der Brücke ästhetisch zu betonen; er weist hierbei auf die alte Britanniabridge hin. Diese Ansicht ist sehr zutreffend, aber weniger deshalb, weil die Gründung der Strompfeiler schwierig ist und große Kosten verursacht, wie a. a. O. bemerkt ist, als vielmehr aus ästhetischen Gründen. Denn es ist offenbar erwünscht, daß bei einem so langgestreckten Bauwerk die Aufmerksamkeit des Beschauers vorzugsweise auf die mittleren Teile gelenkt wird, weil es so am leichtesten ist, einen Überblick über das Ganze zu gewinnen. Ganz gewiß würde ein Architekt, der eine langgestreckte Hochbauanlage zu entwerfen hat, sich sehr hüten, nur die äußersten Teile an Masse und Höhe zu betonen und die Mitte verhältnismäßig niedrig und unbedeutend zu halten.

Der erwähnten Forderung, daß die Strompfeiler besonders hervorzuheben sind, genügen am besten Auslegerbrücken und Hängebrücken. Als besonders bedeutende Beispiele seien die alte Kettenbrücke und die Franz-Joseph-Brücke in Budapest erwähnt. Solche Bauwerke geben jedenfalls weit vorteilhaftere harmonische Gesamtbilder als jene Brücken mit hochliegenden Bogenträgern, die von mittelalterlichen Endportalen überragt werden (Abb. 28 u. 87).

Bei denjenigen eisernen Brücken, deren Hauptträger

ganz oder nahezu ganz unterhalb der Fahrbahn liegen, sind größere Portal- und Turmbauten naturgemäß in der Regel vermieden worden. Und das ist auch sehr berechtigt, denn in neuerer Zeit werden Brücken nur noch selten mit Anlagen zu Verteidigungszwecken ausgerüstet. Zuweilen findet man niedrige Häuschen für Brückenwärter oder Einnehmer von Brückengeld. Solche Bauten spielen dann keine sehr wichtige Rolle in dem Gesamtbilde der Brücke, dürften aber als ein gewisser Abschluß derselben nicht unwillkommen sein. — Bei der Straßenbrücke über den Rhein bei Worms hat man an beiden Enden der Strombrücke hohe, mächtige Turmbauten errichtet, obwohl hier die Hauptträger überall unter der Fahrbahn liegen. Hier fehlt natürlich jeder Anlaß zur Ausführung von so unnötigen, in dem Gesamtbilde nur unharmonisch wirkenden Mauerklötzen (Abb. 66).

Dagegen wäre es einseitig und engherzig, wollte man bei Brücken mit obenliegender Fahrbahn jede über diese hinausragende Bekrönung als unzulässig bezeichnen. Freilich ist gerade bei dem Entwerfen solcher Bekrönungen sehr viel Taktgefühl von seiten des Architekten erforderlich. Vor allem muß dafür gesorgt werden, daß die Bekrönung oder der Abschluß in einem richtigen Verhältnisse zu der unteren Masse des Steinpfeilers steht. Dies ist aber nicht immer der Fall, selbst bei sonst hervorragenden Bauwerken. So sind z. B. bei der Straßenbrücke über den Rhein zwischen Mainz und Castel sämtliche Strompfeiler durch Steinobelisken gekrönt, an denen Laternen angebracht sind. Diese Steinobelisken wirken aber im Verhältnis zu der bedeutenden Masse der Strompfeiler und zu den großen Abmessungen der Eisenbögen ziemlich kleinlich. Der Beschauer empfindet das am deutlichsten, wenn er auf einem Dampfer fahrend allmählich von weitem sich dem Bauwerke nähert. Auch sind die gesamten Architekturformen der Pfeiler und der erwähnten Obelisken etwas zu zierlich gehalten — wenigstens nach heutigen Anschauungen. Die Brücke bedeutet ja in der geschichtlichen Entwicklung einen bemerkenswerten Fortschritt in künstlerischer Beziehung. Aber gerade bei der Betrachtung der Kunstformen dieses Bauwerkes erkennt man so recht, wie sehr unsere künstlerischen Anschauungen seit jener Zeit sich geändert haben (Abb. 99).

Ein anderes, in dieser Hinsicht beachtenswertes Bauwerk ist die Kornhausbrücke in Bern. Daß auch hier die Pfeiler aus Stein ausgeführt sind, erscheint berechtigt. Denn die Hauptrolle in dem Gesamtbilde des Bauwerkes spielt ja die große Öffnung, und so war es erwünscht, zwischen dieser und den kleinen Öffnungen jeweils eine scharfe Trennung durch die geschlossene Massen bildenden Steinpfeiler eintreten zu lassen. Der Gleichartigkeit wegen wurden auch die übrigen Pfeiler aus Stein ausgeführt. Die beiden, die Mittelloffnung begrenzenden Pfeiler sind durch Obelisken gekrönt, die jedoch — ähnlich wie bei der Mainzer Brücke — einen etwas kleinlichen Eindruck machen. Die Wirkung wäre entschieden vorteilhafter, wenn diese Obelisken höher und kräftiger ausgebildet wären (Abb. 60 u. 105).

Auch bei der König-Karlsbrücke zwischen Cannstadt und Stuttgart (Zusammenstellung 7, Nr. 8, Seite 12) sind die zum Abschluß und zur Bekrönung dienenden Steinkörper nicht vorteilhaft verteilt und ausgeglichen. Hier

sind über den Mittelpfeilern verhältnismäßig niedrige Bekrönungen — teilweise mit figürlichem Schmuck — ausgeführt, während über den Endwiderlagern sehr hohe und kräftige Obeliskten errichtet wurden. Richtiger wäre es gewesen, derartige, das ganze Bauwerk überragende Steinkörper über den beiden die Mittelloffnung begrenzenden Stropfpfeilern auszuführen, die dann auch im Unterbau entsprechend kräftiger auszubilden waren. Hierdurch wäre vor allem die Bedeutung der Mittelloffnung als Überbrückung des gewöhnlichen Stromlaufes hervorgehoben. Die Bekrönungen der beiden anderen Pfeiler und der Widerlager waren dann entweder ganz entbehrlich, oder sie konnten in bescheidenen Abmessungen gehalten werden.

Etwas anders liegt die Sache bei denjenigen Brücken, deren Hauptträger teils unter, teils über der Fahrbahn liegen, wie bei der Bonner oder Düsseldorfer Rheinbrücke. Es ist behauptet worden, daß auch in solchen Fällen Portal-Turmbauten überflüssig und zwecklos seien und daher besser fortblieben (vergl. den oben erwähnten Aufsatz von Prof. Franz Seite 31). Bei der Bonner Brücke haben die Portale den Zweck, die in technischer und ästhetischer Beziehung wichtigste Mittelloffnung gegenüber den Seitenöffnungen abzuschließen und dadurch besonders hervorzuheben. Dies ist auch deshalb sehr wünschenswert, weil die Mittelloffnung eine andere Konstruktion aufweist, als die Seitenöffnungen. Bei der geringen Zahl der Stropfpfeiler erscheint es sehr wichtig, diese stark zu betonen und zwar durch Fortführung der lotrechten Linien über die Fahrbahn hinaus. Hierbei entsteht auch ein sehr wohlthuender Gegensatz zwischen den wagerechten oder schwach geneigten Linien der Eisenkonstruktion und den lotrechten Linien der Pfeiler. Jedenfalls wäre es bei einer derartigen Trägeranordnung nicht zu empfehlen, die Stropfpfeiler ganz ohne Bekrönung in Höhe der Fahrbahn aufhören zu lassen. Andererseits mußten die bekrönenden Körper auch kräftig und massig genug sein, um nicht kleinlich zu wirken.

Bernhard hat bei einigen der von ihm entworfenen Brücken eine ähnliche Gesamtanordnung gewählt, aber die Steinpfeiler nur bis zur Unterkante der Konstruktion reichen lassen (vergl. oben Seite 51). Hierbei wird zwar der organische Zusammenhang der Eisenkonstruktion hervorgehoben, zugleich aber auf den ästhetisch so bedeutsamen Gegensatz zwischen den massigen Pfeilern und der dünnen Eisenkonstruktion, sowie auf eine hinreichende Betonung der lotrechten Linie an den Pfeilern fast ganz verzichtet. Bei der Treskowbrücke bei Oberschöneweide und der Havelbrücke im Zuge der Döberitzer Heerstraße sind über den mittleren Stützen eiserne Maste zur Aufhängung von elektrischen Lampen angebracht. Diese Maste sind aber bei weitem nicht kräftig genug, um in dem Gesamtbilde des Bauwerks als eindrucksvolle Bekrönungen der Stützkörper zu wirken und zugleich die lotrechte Linie hinreichend zu betonen (Abb. 82).

Insofern wäre also die Anordnung der Bonner Rheinbrücke künstlerisch wirkungsvoller. Gegen diese läßt sich allerdings einwenden, daß durch die Portale mit den verhältnismäßig engen und niedrigen Öffnungen der freie Blick über die Fahrbahn zu sehr eingeschränkt wird. Nach unseren heutigen Anschauungen soll die Brücke schon durch ihre äußere Erscheinung dartun, daß sie den freien und ungehin-

derten Verkehr jederzeit gestattet. Ein Bedürfnis, die Brücke zeitweilig zu sperren, wie im Mittelalter, gibt es heute nicht mehr. Darum sollte man Portalbauten, die nur eine kleine Öffnung oberhalb der Fahrbahn freilassen und den Weg — wenn auch nur sinnbildlich — zu sperren scheinen, lieber vermeiden.

Eine etwas andere Rolle als bei den erwähnten Fluß- und Strombrücken spielt die Vereinigung von Stein und Eisen bei manchen Talbrücken. Als bemerkenswerte Beispiele solcher Brücken mit Bogenträgern haben wir die Müngstener Talbrücke und die Kornhausbrücke bei Bern kennen gelernt. In den weitaus meisten Fällen haben auch die Talbrücken Balkenträger. Die Pfeiler bestehen entweder gleichfalls aus Eisen, oder aus Stein. Es ist nicht leicht, eine allgemeine Kritik darüber zu geben, ob bei Viadukten mit eisernen Überbauten Steinpfeiler oder Eisenpfeiler den Vorzug verdienen. In vielen Fällen werden die wirtschaftlichen Erwägungen so stark in den Vordergrund treten, daß die ästhetischen Rücksichten von geringerem Einfluß sind. Wenn man von Einzelheiten absieht, lassen sich sowohl Steinpfeiler als eiserne Pfeiler bei Viadukten so ausbilden, daß der Gesamteindruck des Bauwerks ästhetisch befriedigt. In beiden Fällen muß darauf besonders geachtet werden, daß das Verhältnis von Stütze zur Last wohlthuend wirkt. Es genügt nicht, daß man einfach eine statische Berechnung aufstellt und hiernach Pfeiler und Überbauten dimensioniert. Bei steinernen Pfeilern werden in der Regel die Überbauten verhältnismäßig zu leicht und die Pfeiler zu schwer aussehen; bei eisernen Pfeilern ist das Verhältnis eher umgekehrt. Man wird also bei steinernen Pfeilern den Überbauten einen ziemlich gedrungenen, schweren Eindruck zu geben suchen, bei eisernen Pfeilern dagegen einen möglichst leichten. Die steinernen Pfeiler wird man verhältnismäßig schlank zu halten suchen, die eisernen dagegen recht kräftig. Von den drei bekannten Arten der eisernen Pfeiler: Pendelpfeiler, Turmpfeiler und Gerüstpfeiler wirken die Turmpfeiler in ästhetischer Beziehung am vorteilhaftesten. Es empfiehlt sich, diesen eine möglichst engmaschige Gliederung zu geben, um sie möglichst als geschlossene Teile wirken zu lassen.

Werden die Hauptträger der Überbauten nicht als gegliederte, sondern als vollwandige Träger ausgeführt, so kann durch die breite, geschlossene Fläche dieser Träger eine sehr eindrucksvolle Wirkung erzielt werden. Natürlich kommt hierbei auch die Umgebung des Bauwerks in Frage. Werden vollwandige Träger gewählt, so muß namentlich dafür gesorgt werden, daß die Pfeiler im Verhältnis zu den etwas schwer aussehenden Blechträgern nicht zu leicht erscheinen. So wäre es mit Rücksicht auf die ästhetische Wirkung nicht vorteilhaft, wenn man hohe Blechträger eines langen Viadukts nur auf Pendelstützen lagerte. Natürlich kommen hierbei alle Hauptabmessungen des Bauwerks in Frage, und es lassen sich allgemeine Regeln über die Gestaltung der einzelnen Teile schwer geben.

Handelt es sich um die Erbauung eines Viadukts von großer Länge und ziemlich gleichbleibender Höhe, so wird man aus praktischen Gründen geneigt sein, möglichst viele Stützweiten genau gleich zu machen und auch die Pfeiler möglichst gleichartig auszubilden. Eine solche Anordnung wirkt aber sehr eintönig; soweit überhaupt ästhetische

Rücksichten in Betracht kommen, wäre sie, wenn möglich, zu vermeiden. Ein einfaches Mittel, um in einem derartigen Falle einige Abwechslung in dem Gesamtbilde hervorzubringen, würde darin bestehen, daß man etwa jeden dritten, vierten oder fünften Pfeiler aus Stein und zwar besonders kräftig, alle übrigen Pfeiler aber aus Eisen herstellte. Die Steinpfeiler könnten zugleich so ausgebildet werden, daß sie die Bremskräfte jeder Gruppe aufzunehmen imstande wären; die eisernen Pfeiler würden von diesen entlastet; vielleicht könnten sie dann als Pendelpfeiler ausgebildet werden. In dem Gesamtbilde des Bauwerks würden die Steinpfeiler stark in die Augen fallende Abschnitte darstellen, denen gegenüber die eisernen Pfeiler als minder wichtige Glieder erschienen. So wäre die sonst einförmige Erscheinung eines solchen Bauwerks in einfacher Weise — vermutlich ohne sehr große Mehrkosten — etwas belebt.

Eine ähnliche, in der Praxis gleichfalls ziemlich häufig vorkommende Aufgabe besteht in der Erbauung eines Viadukts über einem breiten Flußtal, wobei die Überbrückung des Flußlaufes selbst eine einzige größere Stützweite bedingt, während die übrigen Stützweiten zweckmäßig kleiner gewählt werden dürfen. In einem derartigen Falle kann es sich ebenfalls empfehlen, durch einen Wechsel zwischen Stein- und Eisenpfeilern einen gewissen Unterschied in der Betonung der Stützen und eine Gliederung des ganzen Bauwerks eintreten zu lassen. Die beiden hart am Ufer des Flußlaufes stehenden Pfeiler, die den größeren Überbau tragen, wären alsdann aus Stein, die Mehrzahl der übrigen Pfeiler jedoch aus Eisen herzustellen. Hierdurch wäre gleichfalls eine stark in die Augen fallende Gliederung des Bauwerkes erzielt.

Auch bei der Ausbildung der Pfeiler selbst kann die konstruktive Vereinigung von Eisen und Stein dazu benutzt werden, um eindrucksvolle Wirkungen zu erzielen. Die eisernen Pfeiler haben zwar regelmäßig steinerne Unterbauten, diese sind aber gewöhnlich so niedrig, daß sie in dem Gesamtbilde des Bauwerks nur wenig in die Erscheinung treten. Wenn diese Unterbauten eine größere Höhe erhielten, als bis jetzt in der Regel üblich war, dann würden ihre schweren und geschlossenen Massen einen sehr wirkungsvollen Gegensatz zu dem leichteren und aufgelösten Eisenwerk der Pfeiler bilden.¹⁾

Über die Anwendung des Eisenbetons im Brückenbau seien nur einige kurze Andeutungen gemacht. Es ist bekannt, daß diese neue Bauweise in den letzten Jahren (etwa seit 1900) gewaltige Fortschritte gemacht und sich Gebiete erobert hat, die früher dem reinen Eisenbau vorbehalten blieben. Das erscheint zum Teil berechtigt, zum Teil auch nicht. Es ist interessant, den Kampf zwischen beiden Bauarten zu verfolgen, wie er sich in zahlreichen Zeitschriften-Artikeln aus den Jahren 1910 und 1911 widerspiegelt.²⁾

Berechtigt erscheint die Anwendung des Eisenbetonbaues bei der Ausführung gewölbter Brücken und zwar dann, wenn die Hauptträger unterhalb der Fahrbahn liegen. In solchen Fällen ist der Eisenbeton schon in technischer Hinsicht deshalb am Platze, weil die tragenden Teile vorwiegend auf Druck beansprucht werden, und weil zur Aufnahme

der verhältnismäßig niedrigen Zugspannungen eine geringe Eisenmenge erforderlich ist. Aber auch in ästhetischer Beziehung haben derartige Eisenbetonbrücken gewisse Vorzüge vor den reinen Eisenbrücken. Diese Vorzüge bestehen in der größeren Masse und der größeren Einheitlichkeit. Bei oberliegender Fahrbahn ist es auch gewiß erwünscht, daß die tragenden Teile eine gewisse Massigkeit aufweisen.

Wesentlich anders liegt die Sache, wenn die Hauptträger ganz oder doch größtenteils über der Fahrbahn liegen. In solchen Fällen sprechen schon technische Gründe gegen die Anwendung des Eisenbetons. Hier werden die lotrechten Stäbe, welche die Lasten der Fahrbahn auf die Hauptträger übertragen, auf Zug beansprucht. Die Herstellung der Anschlüsse solcher Zugglieder bereitet im Eisenbetonbau bekanntlich Schwierigkeiten; eine sichere Übertragung der Kräfte ist hier kaum gewährleistet. Und es ist auch rein technisch betrachtet, ganz widersinnig, Teile, die nur auf Zug beansprucht werden, aus Eisenbeton herzustellen, während der Beton nur eine ganz geringe Zugfestigkeit aufweist.

Aber auch in ästhetischer Beziehung erscheint es verfehlt, Bogenbrücken mit oberliegenden Hauptträgern aus Eisenbeton herzustellen, weil derartige Träger zu schwer aussehen. Ein besonders schwerfällig aussehendes Bauwerk mit oberliegenden Bogenträgern aus Eisenbeton ist z. B. die 1910 erbaute Werra-Brücke bei Heringen in Thüringen.¹⁾

Ähnlich verhält es sich mit den beiden Bauweisen bei der Herstellung von Balkenbrücken. Auch solche sind bekanntlich schon in Eisenbeton ausgeführt worden, aber nur für kleinere Stützweiten. Bei mittleren und größeren Stützweiten sind die Mehrkosten eines Eisenbetonbaues schon so erheblich, daß ein solcher nicht in Frage kommt. Auch ästhetische Vorzüge dürften mit der Ausführung von Eisenbeton-Balkenbrücken nur selten verbunden sein.

2. Hochbau.

Im Hochbau ist die sachliche und ästhetische Beziehung zwischen den eisernen und steinernen Teilen etwas anderer Art, als im Brückenbau. Während beispielsweise das Portal einer eisernen Brücke vorwiegend einen abschließenden und schmückenden Charakter hat, stehen bei einem Bahnhof die eiserne Halle und das Empfangsgebäude mehr als gleichberechtigte Glieder nebeneinander. Bei dem Brückenbau sollte also die Architektur der Portale sich im wesentlichen der Gesamterscheinung des Eisenwerkes anpassen; bei dem Bahnhofsbau ist dagegen ein mehr gleichberechtigtes Zusammenarbeiten des Architekten und Bauingenieurs erforderlich oder doch sehr erwünscht. Gerade der Umstand, daß hier weder der eine, noch der andere von beiden sozusagen tonangebend wirkt, macht das Entwerfen größerer Bahnhofsbauten zu einer so schwierigen, aber zugleich auch reizvollen Aufgabe. In der bisherigen Praxis hat man allerdings die beiden Teile der Gesamtaufgabe meistens getrennt behandelt, darum aber auch höchst selten einen organischen Zusammenhang beider Teile erzielt.

In den meisten anderen Fällen, z. B. bei Gewächshäusern,

¹⁾ Vergl. die Bemerkung über die Saane-Tal-Brücke bei Freiburg in der Schweiz Seite 38.

²⁾ Vergl. z. B. Stahl und Eisen 1910, S. 782, 1454, 1458.

¹⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1911, Bd. 58, S. 263.

Ausstellungsbauten, Kuppeln und ähnlichen Gebäuden haben die Architekten durchaus tonangebend gewirkt und die Ingenieure haben nur ausgeführt, was jene anordneten. Auch das ist zu bedauern. Längere Zeit war die Baukunst, auch soweit sie Eisenkonstruktionen verwendet, unter die Herrschaft einer öden und schematischen Auffassung geraten, aus der sie sich nur sehr langsam und nur teilweise freizumachen verstand. Das Frische und Urwüchsige — wenn auch meist etwas Ungelenke — das den Schöpfungen der Ingenieure anhaftete, wurde in der Regel mißachtet. Und so haben denn jene „Steinmasken“ (vergl. oben Seite 74) im Hochbau eine fast noch unheilvollere Bedeutung gehabt, als im Brückenbau. Typisch sind hierfür namentlich die zahlreichen Ausstellungsbauten. Eine bemerkenswerte Äußerung von Naumann über diese Frage findet sich in seinen „Ausstellungsbriefen“, wo er von den Bauten der Pariser Weltausstellung 1900 berichtet:

„ Überall dort, wo die eisernen Knochen der Konstruktion offen zu Tage liegen, sind die weiten Räume schön, und überall, wo man es für nötig befunden hat, das Eisen mit Stuck, Gips, Zement oder Stein zu verkleiden, ist die Sache langweilig. Dies trifft drei Viertel der Architektur der Ausstellung. Diese ganze Architektur steht unter dem Banne der Tradition der steinernen Schlösser “

Gerade aus diesem Vergleich der Eisenkonstruktion mit dem Knochenbau des menschlichen oder tierischen Körpers geht aber hervor, daß mit dem Eisen allein die Aufgabe der Baukunst nicht gelöst werden kann, und zwar im Hochbau noch viel weniger oder seltener als im Brückenbau. Denn es fehlt den bis jetzt verwendeten Arten größerer Eisenkonstruktionen in der Regel an Massen- und Flächenwirkung, auf die es ja bei Hochbauten ganz besonders ankommt.

Bei der Deckenbildung ist von größtem Einfluß, in welcher Weise die durch das Eisengerippe gebildeten Flächen ausgefüllt werden. Das bei „Nutzbauten“ in früherer Zeit fast regelmäßig verwendete Wellblech hat die am wenigsten günstige Wirkung; namentlich bei vielen Bahnhofshallen hat die Verwendung von Wellblech sehr trübselige Erscheinungen zur Folge gehabt; die vom Ruß in kurzer Zeit stark geschwärzten Flächen sehen überaus nüchtern und tot aus. Ganz besonders ungünstig wirkt der harte und vollkommen unvermittelte Gegensatz zwischen diesen schwarzen Flächen und den hellen Oberlichtern. Wir bemerken bei solchen Bahnhofshallen in der Regel zwei schnurgerade verlaufende Linien, welche die Grenzen zwischen dem mittleren, durch Oberlichter gedeckten Teile und den seitlichen dunklen Flächen bilden. Diese rücksichtslosen Linien befinden sich außerdem gewöhnlich an solchen Stellen, die durch die Binderform oder die Anordnung der Dachhaut in keiner Weise begründet sind.

Wesentlich vorteilhafter als die Eindeckung mit Wellblech ist eine solche aus Beton (Bimsbeton), wie sie in letzter Zeit namentlich bei Bahnhofsbauten häufig verwendet wurde. Als Beispiele seien die Hallen in Metz und Homburg v. d. Höhe erwähnt (vergl. oben Seite 26 und 28 sowie Abb. 142 und 139). Bei der Halle in Metz ist auch die Anordnung der Oberlichter bedeutend günstiger als bei den

älteren Hallen, weil jene unschöne Härte gemildert ist. Die Eindeckung mit Bimsbeton gewährt in technischer und ästhetischer Beziehung bedeutende Vorzüge. Sie schafft große, ruhige und dabei freundlich aussehende Flächen, die an ihren Rändern voutenförmig ausgebildet werden können. Hierbei wird ein wohlthuender Übergang aus den die Rahmen bildenden Eisenteilen in die Betonflächen hergestellt. Ferner können auch Pfetten, Windverbände und ähnliche Konstruktionsteile in die Betondecke eingehüllt werden, so daß sie jedenfalls von innen nicht sichtbar sind. Hierdurch gewinnt die gesamte Innenansicht bedeutend an Ruhe und Klarheit.

Ferner kommt neuerdings auch die Eindeckung (Verschalung) mit Holz wieder mehr in Aufnahme. Diese Art der Deckenbildung hat neben der Leichtigkeit den Vorzug, daß die Flächen — namentlich bei passender Bemalung — einen warmen Eindruck machen. Als Beispiel hierfür sei die Markthalle in Hannover erwähnt (vergl. oben Seite 26 und 59). Für derartige Hallen ist eine Eindeckung in Holz sehr geeignet, jedoch ist hier der organische Zusammenhang zwischen dem Material der Decke und den tragenden Eisenteilen natürlich weniger innig als bei Betondeckung.

Eine sehr große Bedeutung hat ferner noch die Eindeckung mit Glas in Verbindung mit Eisenkonstruktionen. Diese Art der Deckenbildung ist namentlich geeignet, die besonderen Vorzüge der Eisenkonstruktionen ins hellste Licht zu setzen — wörtlich und in übertragenem Sinne genommen. Durch die Verwendung des Eisens ist es erst möglich, alle tragenden Teile der Eindeckung mit so geringen Querschnitten auszubilden, daß die Einschränkung in der Lichtzufuhr so klein als möglich ausfällt. Dazu kommt noch, daß die geradlinigen und scharfkantigen Stäbe der Eisenkonstruktion von den hellen Glasflächen ganz besonders deutlich sich abheben. Trotzdem ist bei Verwendung farblosen Glases der Gesamteindruck noch ziemlich nüchtern. Eine künstlerische Wirkung läßt sich im allgemeinen erst durch farbige Verglasung erzielen. Es ist interessant, den phantasievollen Ausführungen Meyers über diesen Gegenstand zu folgen (Eisenbauten S. 151—153). Auch sind dort verschiedene Beispiele angeführt.

Die alten französischen und belgischen Versuche, das Eisen als Konstruktionsmittel bei der Deckenbildung von Innenräumen zu verwenden und ihm eine künstlerische Ausbildung zu geben (vergl. oben S. 39), sind als nicht sonderlich geglückt zu betrachten. Darauf ist es wohl zurückzuführen, daß derartige Versuche später nur noch selten gemacht wurden. Offenbar erfordert es schon einen erheblichen Grad künstlerischen Mutes, auf diesem noch durch keine Tradition gefestigten und gangbar gemachten Gebiete einen Schritt vorwärts zu tun. So ist es erklärlich, wenn auch bedauerlich, daß man nach den ersten Schritten den Mut wieder verlor und bei der Gestaltung monumentaler Innenräume gewöhnlich die Eisenkonstruktion durch eine daran aufgehängte Gipsdecke verbarg.

Einen bemerkenswerten neueren Versuch zeigt die Güterbörse in Amsterdam (Architekt Berlage). Die Wände sind in Backstein-Architektur ausgeführt, auf deren Konsolen die eisernen Bogenbinder sich stützen. Die schrägen Glasflächen, welche die Decke der Halle bilden, sind oberhalb

der Binder angeordnet. Wir sehen in dieser Börsenhalle gleichsam das „Prinzip der vernünftigen Konstruktion“ verkörpert. Man bemerkt deutlich das Bestreben, alle Teile ihrem Zwecke entsprechend auszubilden, ohne daß der Gesamteindruck eine allzu große Nüchternheit aufweist. Die Steinarchitektur der Börse entspricht in ihrer Herbeheit dem Charakter der holländischen Bauweise und insofern ist hier zwischen Stein- und Eisenkonstruktion eine gewisse Verwandtschaft oder Harmonie zu erkennen. Die Linie der inneren, bogenförmigen Gurtung der Binder setzt sich nach unten in den Steinvorlagen fort. Es ist also ein stetiger Übergang aus den tragenden in die stützenden Teile zu erkennen, ähnlich wie bei manchen Bahnhofshallen. Dagegen wirkt es nicht günstig, daß die zur Stützung der Bogenbinder dienenden Pfeilervorlagen unten ganz aufhören. Die unteren Pfeiler, welche die Gurtbögen der Längswände tragen, wirken im Verhältnis zu den oberen Konstruktionsteilen viel zu schwach. Im großen und ganzen ist aber die Aufgabe geschickt gelöst.¹⁾

Auf der Brüsseler Weltausstellung 1910 waren einige Abbildungen von Lichthöfen (préaux) neuerer Schulbauten ausgestellt, die gleichfalls ein gesundes Bestreben verraten, die Eisenkonstruktion als raumbedeckendes Glied monumental ausgestatteter Räume zur Geltung kommen zu lassen. In Deutschland hat man sich auch neuerdings selten zu einem derartigen Vorgehen entschließen können, soweit es sich nicht um Bahnhofshallen, Fabrikgebäude, Ausstellungsräume und dergl. handelte.

Noch seltener als bei der Ausbildung von Deckenkonstruktionen ist es bis jetzt bei der Wandbildung größerer Gebäude gelungen, den Eisenbau zu der seinem konstruktiven Werte entsprechenden künstlerischen Geltung zu verhelfen. Als einer der bedeutendsten derartigen Versuche sei hier das Hauptgebäude der Pariser Weltausstellung von 1878 erwähnt.²⁾ Die zwischen den Eisenteilen verbleibenden Wandflächen sind hier durch emaillierte Tafeln in gebranntem Ton gebildet. Wenn auch der Gesamteindruck etwas fremdartig erschien, so ist doch der Grundgedanke — namentlich für einen Ausstellungsbau — gewiß sehr berechtigt. Die Eisenteile treten hier als wichtige Glieder der Wandkonstruktion deutlich hervor. Leider ist diese vernünftige Art der Wandbildung bei späteren Ausstellungen größtenteils verlassen worden und die Steinmasken sind wieder in größtem Umfange in den Vordergrund getreten. Bekannte Beispiele hierfür sind die beiden Kunstpaläste der Pariser Weltausstellung 1900. Die gewaltigen Säulenstellungen der beiden Hauptfassaden dienen vielmehr dazu, die wirkliche Konstruktion zu verhüllen, als einen Begriff von ihr zu geben.

Das sogenannte Eisenfachwerk ist zwar schon oft ausgeführt worden, jedoch hat seine Verwendung bis jetzt kaum zu einer künstlerischen Lösung geführt. Man sollte eigentlich annehmen, daß das Eisenfachwerk bei dem jetzigen Stande der Technik ungefähr dieselbe Rolle spielen müßte, die das Holzfachwerk früher einnahm und in manchen Gegenden heute noch einnimmt. Das ist aber zurzeit

noch nicht der Fall. Der Grund liegt wohl darin, daß man bis jetzt bei der Ausbildung des Eisenfachwerks allzu einseitig den konstruktiven Standpunkt eingenommen hat. Im ganzen erschienen die Eisenteile, wenn sie nur den Kräften entsprechend ausgebildet werden, zu dünn und zu mager, als daß sie in der ganzen Fläche eine ausreichende Gliederung erzielen könnten. Es erscheint also erwünscht, daß man den Eisenteilen eine größere Breite gibt, als unbedingt nötig, sodann wären auch die wichtigsten Glieder aus der Wand vorspringend anzuordnen, etwa wie bei dem oben erwähnten Hauptgebäude der Pariser Weltausstellung von 1878.

Das Eisenfachwerk, wie es bis jetzt gewöhnlich ausgeführt ist, zeigt in der Regel nur Fläche, aber keine Masse; darin beruht entschieden ein großer Mangel gegenüber dem nur aus Stein gebildeten Mauerwerk. In manchen Fällen wird man selbst durch kräftige Ausbildung und Hervorhebung der konstruktiv wichtigsten Eisenteile noch nicht den gewünschten Erfolg erzielen. Dann wird es sich empfehlen, durch Einschaltung einzelner kräftiger und energisch vorspringender Mauerpfeiler in die sonst aus Eisenfachwerk gebildete Wand die gewünschte Abwechslung hervorzubringen.

Wir haben bei Betrachtung der geschichtlichen Entwicklung einzelne Bauwerke erwähnt, deren wichtigste Teile aus Haustein gebildet sind, während die Wände der übrigen Teile aus Eisen und Glas, beziehungsweise in Eisenfachwerk ausgeführt wurden. Eine derartige Verschiedenheit der Behandlung hat bedeutende Vorzüge in wirtschaftlicher wie auch in ästhetischer Hinsicht. Vor allem werden hierbei die in konstruktiver oder sonstiger Hinsicht bedeutendsten Teile sozusagen plastisch ganz besonders hervorgehoben und betont, während die minder wichtigen entsprechend zurücktreten.

Es möchte sich empfehlen, einer derartigen gemischten Art der Ausführung noch mehr Aufmerksamkeit als bisher zu schenken. Beispielsweise handelt es sich bei Bahnhofen, Ausstellungsgebäuden, Fabriken oft um sehr langgestreckte Fassaden, in die schwer einige Abwechslung zu bringen ist. Hier könnte wohl durch die angedeutete Verschiedenheit des Materials, verbunden mit einer geschickten Gruppierung der Massen, leicht eine vorteilhafte und weniger eintönige Wirkung hervorgebracht werden.

Eine sehr große Bedeutung hat ferner die Vereinigung von Stein- und Eisenkonstruktionen bei großen Monumentalgebäuden, die durch eiserne Kuppeln gekrönt sind. Es handelt sich hierbei um die Frage, ob und wie weit es gegliückt ist, die Gesamtformen beider Baustoffe in eine harmonische Verbindung zu bringen. In der Regel hat wohl bei derartigen Bauwerken der Architekt die äußere Gesamtform beider Teile bestimmt, während der Bauingenieur nur innerhalb des so gegebenen Rahmens die konstruktive und wissenschaftliche Aufgabe zu lösen hatte.

Von derartigen Bauwerken interessieren uns am meisten die großen Verwaltungsgebäude, wie z. B. das Reichstagshaus in Berlin, der Justizpalast in München, das Reichsgerichtsgebäude in Leipzig. Gemeinsam ist in derartigen Fällen eine nach Länge und Breite sehr bedeutende Anlage, die von außen betrachtet gewöhnlich einen geschlossenen rechteckigen Grundriß zeigt, wenn auch einige besonders wichtige Teile aus der Flucht etwas vorspringen. Da die

¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1907, S. 423, 429 und Meyer, Eisenbauten, S. 175, Tafel XIX und XXI).

²⁾ vergl. Handb. d. Arch., IV. Teil, Bd. 6, Heft 4 (1906), S. 589 und III. Teil, Bd. 2, Heft 2 (1891), S. 297.

Kuppel nur einen einzelnen Raum zu überdecken hat, ist ihr Grundriß im Verhältnis zu der Fläche des ganzen Gebäudes sehr klein. Außerdem liegt hier die Kuppel in der Regel ungefähr inmitten der ganzen Anlage. Aus diesen Umständen geht hervor, daß das Verhältnis der Kuppel zu dem übrigen Gebäude bei solchen Anlagen ganz anders sich gestaltet, als etwa bei den Kirchen der Renaissance. Bei großen Verwaltungsgebäuden der Neuzeit ist es daher viel schwieriger, die Kuppel so anzuordnen und zu gestalten, daß sie als überragendes Glied des Ganzen eindringlich genug wirkt. Sehen wir zu, wie diese schwierige, aber auch sehr wichtige Aufgabe bei den oben erwähnten Gebäuden gelöst worden ist.

Bei dem Reichstagsgebäude in Berlin ist die Form der Kuppel an sich glücklich gewählt. Namentlich zeigt sich dieses, wenn man einen Längenschnitt durch die Kuppelachse betrachtet (vergl. Abb. 9 Seite 81). Vergleicht man aber mit einer solchen Darstellung die perspektivische Außenansicht des Gebäudes, dann wirkt die Form der Kuppel schon bedeutend weniger eigenartig. Namentlich fällt aber bei dieser Außenansicht auf, daß die Kuppel das Ganze viel zu wenig überragt; ja sie scheint beinahe in das Gebäude hineingesunken. Die vier Eckbauten sind viel freier und kühner entwickelt, als die Kuppel selbst, obgleich diese die letzteren an Höhe überragt. Jedenfalls spielt die Kuppel in der Gesamterscheinung des Bauwerks nicht die beherrschende Rolle, die ihr eigentlich zukäme. Vielleicht ist dieser Mangel nicht die Schuld des Erbauers. Es ist bekannt, daß über die Lage der Kuppel lange Zeit verhandelt worden ist, und daß ihre Anordnung über dem Sitzungssaal erst spät, nachdem der Bau schon lange begonnen war, endgültig beschlossen wurde. Hieraus ist vielleicht der bedauerliche, gedrückte Eindruck teilweise zu erklären.

Etwas anders gestaltet sich das Verhältnis zwischen Kuppel und Steinbau bei dem Justizgebäude in München (Abb. 201). Hier ist die Kuppel dadurch gebührend herausgehoben, daß ihr steinerner Unterbau das übrige Gebäude merklich überragt. Damit ist die bekrönende Wirkung hinreichend gewährleistet. Andererseits ist aber hier die Kuppel an sich weniger vorteilhaft ausgebildet, als bei dem Reichstagsgebäude, weil sie im ganzen etwas zu flach gehalten ist. Der scharfe Knick, den die Wölbung der Kuppel mit der lotrechten Flucht des Unterbaues bildet, wirkt nicht sehr günstig. Diese Stelle macht einen ähnlichen Eindruck wie der Übergang aus dem flachgewölbten Dache einer Bahnhofshalle in die lotrechte unterstützende Wand (vergl. oben Seite 57). Vorteilhaft wirken bei jener Kuppel die kräftig ausgebildeten Grate, sowie die Balustrade, die den oberen Teil gegenüber dem unteren entschieden abgrenzt. Dagegen ist auch hier die Laterne etwas zu zierlich ausgefallen, obgleich ihr Verhältnis zu dem unteren Teile erheblich besser gewählt ist, als bei dem Reichstagsgebäude. Im großen und ganzen darf jedenfalls das Justizgebäude in München als eine bedeutend gelungenere Leistung angesehen werden.

Noch besser ist die Hervorhebung der bekrönenden Kuppel bei dem Reichsgerichtsgebäude in Leipzig gelungen (Abb. 189). Hier ist der die Kuppel tragende steinerne Unterbau noch oben allmählich abgestuft. Diese Anordnung bildet in der Gliederung des Ganzen ein sehr

wichtiges Moment. Denn die Kuppel überdeckt ja im Verhältnis zu dem Gesamtgrundriß einen nur kleinen Raum. Würde nun der Unterbau der Kuppel ganz unvermittelt aus der viel größeren Masse der übrigen Anlage herausragen, so würde damit eine unerwünschte Härte geschaffen, falls nicht der Höhenunterschied zwischen dem Unterbau der Kuppel und der übrigen Masse verhältnismäßig klein gewählt würde. Dadurch jedoch, daß der Mittelbau unter allmählicher Abstufung hoch über die anderen Teile hinaufgeführt ist, wurde die beherrschende Stellung des Mittelbaues in sehr eindringlicher Weise betont. Insoweit ist jedenfalls die Gesamtanordnung glücklich getroffen. Die Kuppel selbst zeigt eine Meridianform, wie sie bei runden Kirchenkuppeln häufig verwendet wurde. Die Höhe ist im Verhältnis zur Grundfläche bedeutend größer als bei den zuletzt erwähnten Kuppeln. Auch geht die Wölbung aus der lotrechten Richtung allmählich in die geneigte Lage über. Hierdurch erhält die Kuppel ein viel steileres Aussehen und das bekrönende Motiv ist stark betont. Gleichwohl befriedigt auch diese Kuppel nicht vollständig. Wie Muthesius in einer Besprechung im Zentralblatt der Bauverwaltung 1895, S. 460 bemerkt, „erwartet man als letzten Abschluß eine gewisse Steigerung der Mittel, die aber hier, wenn auch vielleicht mit voller Absicht, ausgeblieben ist.“ Dieser Ansicht möchte ich mich auch insofern anschließen, als hier allerdings eine gewisse Steigerung der Mittel fehlt. Daß aber diese mit voller Absicht ausgeblieben ist, das erscheint unwahrscheinlich. Viel eher ist zu vermuten, daß es eben gerade an diesem Punkte an künstlerischer Kraft oder Einsicht gefehlt hat. Der von Muthesius erwähnte Mangel liegt m. E. darin, daß der untere Teil der Kuppel zu schwächlich ausgebildet ist. Hier wäre eine kräftige Betonung dieser Stelle durch eine gewisse Anschwellung am Platze gewesen.

Vorteilhafter als diese Bekrönung wirkt die Kuppel über dem Bundespalast der eidgenössischen Regierung in Bern. Der günstigere Eindruck ist wohl hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß diese Kuppel eine gedrungener Form aufweist, als die des Reichsgerichts in Leipzig (Abb. 190).

Man muß sich vor allem klar machen, daß eine derartige Kuppel über quadratischem oder rechteckigem Grundriß nach anderen Gesetzen ausgebildet werden muß, als eine runde Kuppel. Es wäre verfehlt, wenn man einen Meridian, der für letztere geeignet ist, ohne weiteres für eine Kuppel mit quadratischem Grundriß verwenden wollte. Bei der letzteren sollte man versuchen, was gegenüber einer runden Kuppel an harmonischer, allseitig abgeglichenen Wirkung fehlt, durch eigenartige, besonders charakteristische Gestaltung wiederzugewinnen.

Es sei hier noch bemerkt, daß die oben erwähnte allmähliche Abstufung des Mittelbaues bei einem etwas älteren Monumentalgebäude ähnlicher Art in noch bedeutend stärkerem Maße durchgeführt ist, nämlich bei dem Justizpalast in Brüssel. Auch hier ist das Ganze schließlich durch eine (runde) Kuppel gekrönt, die aber im Verhältnis zu den gewaltigen Steinmassen nur sehr kümmerlich wirkt.

Kuppeln über rechteckigem Grundriß sind in neuerer Zeit zuweilen auch bei Theatergebäuden ausgeführt worden. Als Beispiel sei das neue Schauspielhaus in Frankfurt a. M. erwähnt, das in den Jahren 1899–1902 nach dem Entwurfe von Seeling ausgeführt wurde. Die gesamte Anlage besteht

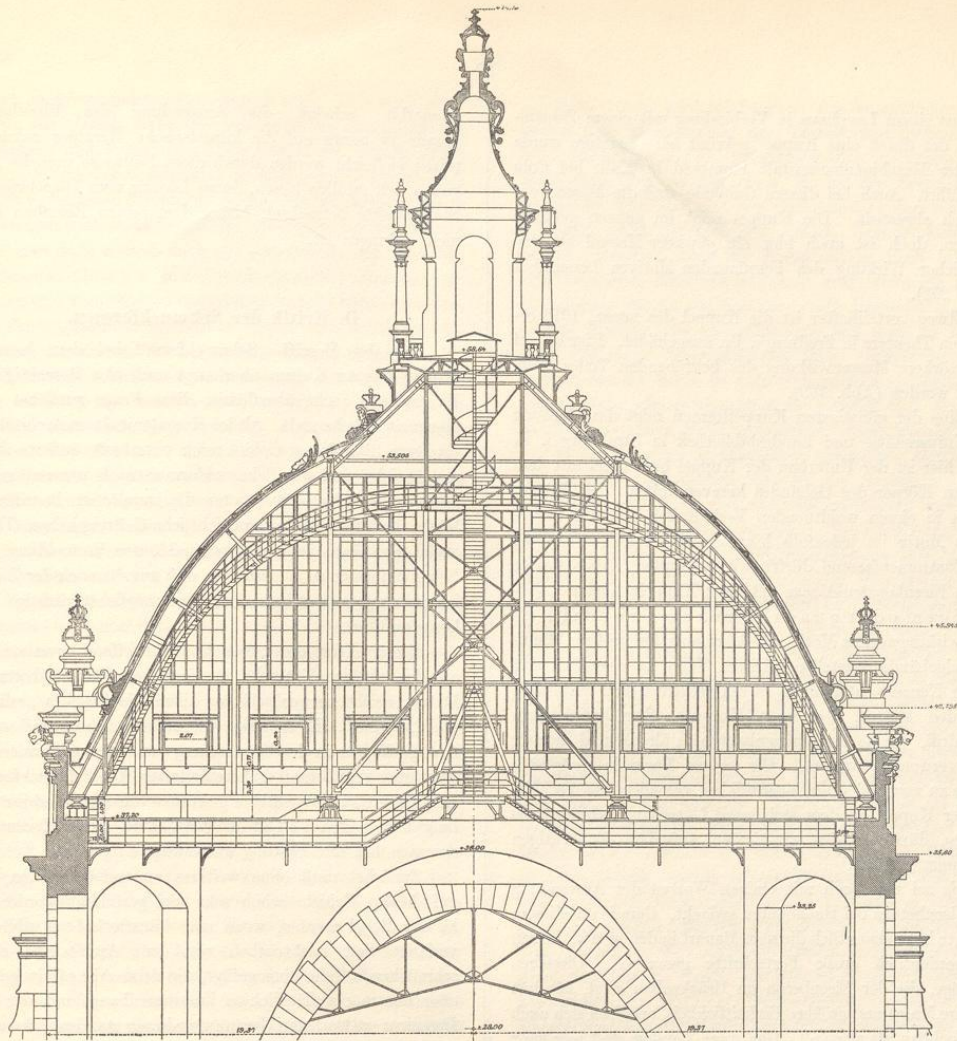


Abb. 1 Schnitt durch die Mittelachse von Norden nach Süden.

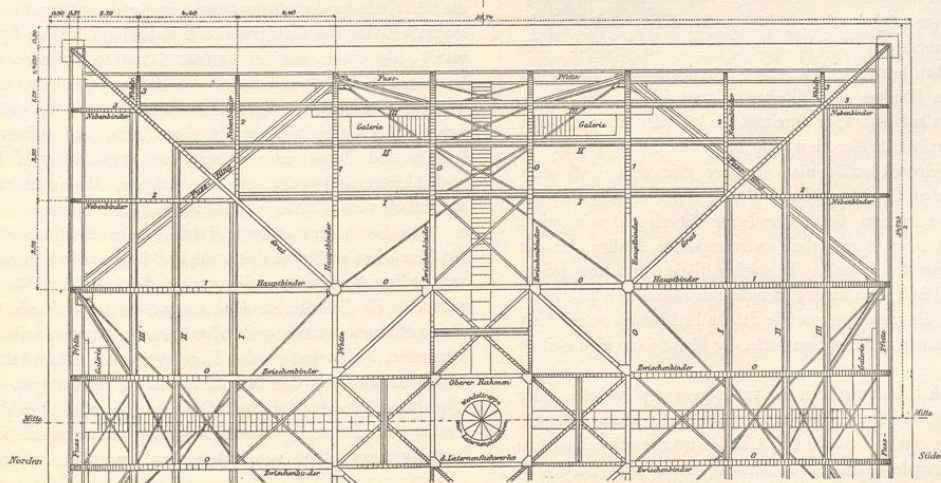


Abb. 2 Oberansicht auf das halbe Eisengerippe des Kuppeldaches.

9. Kuppeldach des Reichstageshauses in Berlin.

Nach: „Zeitschrift für Bauwesen“ 1897. Bl. 63.

hier aus einem Langhaus in Verbindung mit einem Zentralraum, der durch eine Kuppel gekrönt ist. Letztere wurde von der Maschinenbauanstalt Humboldt in Kalk bei Cöln ausgeführt. Auch bei diesem Gebäude sind die Massen allmählich abgestuft. Die Kuppel zeigt im ganzen gefällige Formen, doch ist auch hier ein gewisser Mangel an eindringlicher Wirkung des bekrönenden Motives bemerkbar (Abb. 202).

Etwas vorteilhafter ist die Kuppel des neuen, 1910 eröffneten Theaters in Freiburg i. Br. ausgebildet. Hier ist auf eine stärkere Massenwirkung des bekrönenden Teiles Wert gelegt worden (Abb. 209).

Eine der günstigsten Kuppelformen zeigt das Gebäude der Universitäts- und Landesbibliothek in Straßburg i. E. Auch hier ist der Unterbau der Kuppel bedeutend aus dem übrigen Körper des Gebäudes herausgehoben. Die Massen stehen in einem wohlthuenden Verhältnisse und das bekrönende Motiv ist jedenfalls hinreichend betont (Abb. 194).

Zusammenfassend dürfen wir behaupten, daß derartige durch Eisenkonstruktionen gebildete Kuppeln über rechteckigem oder quadratischem Grundriß ein sehr wirkungsvolles Motiv als Bekrönung für größere Monumentalgebäude darstellen. Dieses Motiv ist eigentlich erst in der Neuzeit entstanden; es unterscheidet sich wesentlich von den älteren, steinernen Kuppeln über kreisrundem Grundriß, wie sie bei Kirchenbauten in älterer und neuerer Zeit verwendet wurden. Die neuere Form in geeigneter Weise zu verwenden und auszubilden, vor allem das Verhältnis der Kuppel zu dem steinernen Unterbau vorteilhaft zu wählen, dürfte zu den wichtigsten Aufgaben der heutigen Baukunst gehören.

Es sei nun noch mit einigen Worten der Anwendung des Eisenbetons bei Hochbauten gedacht. Gerade auf diesem Gebiete hat bekanntlich die neue Bauart in den letzten Jahren außerordentlich große Fortschritte gemacht. Dieselben Vorzüge, die der Eisenbeton im Brückenbau zeigt, nämlich größere Masse und größere Einheitlichkeit, erweisen sich auch im Hochbau als wertvoll. Und diese Vorzüge sind hier ganz besonders deshalb von Bedeutung, weil es bisher bei Hochbauten nur höchst selten gelungen ist, Eisen und Stein in eine harmonische Beziehung zueinander zu bringen. Es wurde oben bemerkt, daß es den Eisenkonstruktionen in der Regel an Massen- und Flächenwirkung fehlt. Der Eisenbetonbau hat beides; er vereinigt die künstlerisch wertvollen Eigenschaften beider Baustoffe in harmonischer Weise.

Gleichwohl sollte man darüber klar sein, daß auch im Hochbau Gebiete vorhanden sind, in denen stets die reine Eisenkonstruktion dem Eisenbeton überlegen sein wird. Es sind dies namentlich weitgespannte Hallen für die verschiedensten Zwecke. In solchen Fällen wird man jedenfalls die Binder aus Eisen und nicht aus Eisenbeton herstellen. Ob man die raumbegrenzende Fläche in Eisenbeton ausführt oder in einem anderen Baustoffe, das bleibt dann eine weitere Frage.

Auch bei Bauwerken für vorübergehende Zwecke, oder bei Anlagen, die ihrer Natur nach leicht Veränderungen bedingen, wie z. B. Bahnhofshallen, wird der reine Eisenbau aus praktischen Gründen vorzuziehen sein. Eine Bahnhofshalle in Eisenbeton herzustellen halte ich für verfehlt.

Immerhin scheint die Anwendung des Eisenbetons gerade in bezug auf die künstlerische Wirkung zukunftsreich; vielleicht werden durch diese Bauweise manche Aufgaben sich erfüllen lassen, deren Lösung vom künstlerischen Standpunkte betrachtet, bisher dem reinen Eisenbau noch nicht gelungen ist.

D. Kritik der Schmuckformen.

Hat der Begriff „Schmuckform“ bei dem heutigen Stande unserer Kultur überhaupt noch eine Berechtigung? Es erscheint nicht überflüssig, diese Frage zunächst ganz allgemein zu behandeln. Als ich einmal mit einem Architekturprofessor über dieses Gebiet mich unterhielt, äußerte dieser die Ansicht, daß die Schmuckformen nach unseren gegenwärtigen Anschauungen unter die veralteten Begriffe gehören, die nur noch eine geschichtliche Geltung haben. Heute suche man doch jeden Gegenstand unter Vermeidung aller Schmuckformen so zu gestalten, daß nur die nach der Zweckbestimmung notwendigen Teile eine möglichst günstige Wirkung ausüben.

Mir erscheint diese Ansicht unzutreffend, weil sie eine an sich richtige Tatsache in einseitiger Weise übertreibt. Diese Ansicht verwechselt vor allem die Begriffe „relativ“ und „absolut“. Es ist zwar vollkommen richtig, daß unsere heutige Kultur in der Verwendung von Schmuckformen viel sparsamer verfährt, als frühere Zeitalter. Die Schmuckformen sind also relativ seltener geworden, ihre Zahl und ihr Umfang haben sich relativ vermindert, aber absolut genommen hat ihre Geltung keineswegs aufgehört.

Zunächst muß ohne weiteres zugegeben werden, daß auf diesem Gebiete schon sehr viel gesündigt worden ist. In der Regel werden, wenn eine künstlerische Ausbildung verlangt war, nachträglich von dem Architekten einige schmückende Teile hinzugefügt, die dann sehr oft in keinem oder nur in oberflächlichem Zusammenhange mit der vom Ingenieur entworfenen Gesamtanordnung standen. So wurde bei der großen Weserbrücke in Bremen ein Wettbewerb für die künstlerische Gestaltung ausgeschrieben, nachdem die Gesamtanordnung der Konstruktion bereits endgültig genehmigt war.¹⁾ Bei einem solchen Verfahren konnte natürlich eine harmonische Ausbildung des ganzen Bauwerkes nicht erzielt werden. Die große, in derartigen Fällen regelmäßig wiederkehrende Schwierigkeit besteht eben darin, daß Schmuckformen und Konstruktionsformen von verschiedenen Persönlichkeiten entworfen werden müssen, die auch eine wesentlich verschiedene Vorbildung erhalten haben.

Aus diesen Umständen und den oben erwähnten verfehlten Versuchen erklärt es sich wohl, daß heute viele Ingenieure und selbst Architekten theoretisch den Standpunkt einnehmen, die Eisenkonstruktionen sollten nur durch ihre Gesamtformen wirken und schmückende Zutaten seien zu verwerfen. Man hat in der Regel versucht, diese Ansicht unter Hinweis auf den Maschinenbau zu bekräftigen. Es wird betont, daß bei der Herstellung von Maschinen, Schiffen und anderen Fahrzeugen die Verwendung von schmückendem Beiwerk, namentlich von historischen Kunstformen, schon

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1894, S. 119.

längst als überwundener Standpunkt gelte. Schon seit einer Reihe von Jahren habe die rein sachliche Ausbildung bei Maschinen und Fahrzeugen Gegenstände von hohem ästhetischen Werte hervorgebracht; es liege nur an der mangelhaften technischen Bildung der breiten Massen, wenn derartige Leistungen noch nicht hinreichend gewürdigt werden. Darum solle man doch endlich auch auf dem Gebiete der Eisenkonstruktionen (Brücken und Eisenhochbauten) dieselben gesunden und vernünftigen Grundsätze rücksichtslos anwenden, alle Schmuckformen vermeiden und in rein sachlicher Gestaltung das Ziel der künftigen Entwicklung suchen.

Derartige Anschauungen, wie sie in Zeitschriften schon sehr oft dargelegt worden sind, enthalten wohl manches richtige, sind aber doch einseitig, dogmatisch und übertrieben. Vor allem wird dabei übersehen, daß für die ästhetische Betrachtung doch ein bedeutender Unterschied zwischen Eisenkonstruktionen (Brücken und Hochbauten) einerseits und Maschinen, Fahrzeugen andererseits besteht. Dieser Unterschied wurde in den allgemeinen Betrachtungen Seite 69—70 näher erläutert.

Bei den Eisenbauten (Brücken, Hallen, Kuppeln u. dergl.) erscheint es berechtigt, einen vermittelnden Standpunkt einzunehmen, also die Konstruktion im großen und ganzen schmucklos zu lassen, dagegen einzelne, besonders wichtige Stellen so auszuschnücken, daß sie in dem Rahmen des Ganzen hervorgehoben werden und das Auge des Beschauers auf sich lenken. Als derartige Teile sind namentlich die Portale über den End- und Mittelstützen eiserner Brücken zu erwähnen, ferner bei Straßenbrücken die Beleuchtungskörper mit ihren Unterstützungen, sowie die Geländer. Beispiele von eisernen Portalen über den Mittelstützen größerer Brücken wurden Seite 40 angeführt. Die Verwendung historischer Stilformen muß auch hier als unerwünscht bezeichnet werden, obgleich sie bei den eisernen Portalen lange nicht in dem Grade Unheil gestiftet hat, wie bei den oben erwähnten Steinportalen. Verhältnismäßig am besten gelungen sind die Portale der Franz-Joseph-Brücke und der Elisabeth-Brücke in Budapest, der Swinemünder Straßenbrücke in Berlin (Bahnhof Gesundbrunnen), sowie namentlich der beiden neuen großen Hängebrücken in New York, der Williamsburg- und Manhattan-Brücke (vergl. oben Seite 20). Es ist interessant, die Portale der beiden letzteren Brücken miteinander zu vergleichen. Bei der Williamsburg-Brücke sind diese Teile verhältnismäßig sehr schmucklos gehalten, sie wirken hauptsächlich durch ihre konstruktive Anordnung, die den Eindruck großer Standsicherheit macht. Gleichwohl läßt sich auch hier eine gewisse Absicht künstlerischer Gestaltung nicht verkennen. Bei der (neueren) Manhattan-Brücke ist diese Absicht entschieden in stärkerem Grade durchgeführt, und hier sind auch verschiedene Teile offenbar nur als schmückende Glieder angebracht worden (vergl. Eisenbau 1911, S. 163). Man sieht aus diesem Vergleich, wie selbst in dem Lande der ausgesprochenen Zweckmäßigkeit die Erkenntnis durchdringt, daß auch bei Ingenieurbauten den Schmuckformen eine gewisse Stellung gebührt. Als Bekrönung der eisernen Pylonen sind bei der Manhattan-Brücke einige Kugeln angebracht, die aber im Vergleich mit den übrigen kolossalen Abmessungen der Pylonen und des ganzen Bauwerks nur kleinlich wirken.

Bei einigen Ausleger-Brücken des europäischen Festlandes sind Bekrönungen der Portale und Pylonen über den Mittelstützen in verhältnismäßig größerem Umfange ausgeführt worden, so z. B. bei der Franz-Joseph-Brücke in Budapest und der Swinemünder Straßenbrücke in Berlin (Abb. 28 und 37). Nach meiner Auffassung erfüllen derartige, über die Konstruktion noch erheblich hinausragenden Bekrönungen einen sehr wichtigen Zweck, sie nämlich dienen zur Betonung und Hervorhebung derjenigen Stellen, die in technischer wie auch in ästhetischer Beziehung die wichtigsten sind. Gerade hier zeigt es sich, daß die heute so weit verbreitete dogmatische Ansicht, welche alle Schmuckformen verpönt und sozusagen das Kind mit dem Bade ausschüttet, nicht berechtigt ist.

Wenn derartige Bekrönungen ausgeführt werden, ist es namentlich erforderlich, daß sie als organische Glieder des ganzen Bauwerks und nicht als willkürlich und nachträglich aufgeheftete Teile erscheinen. Bei der Franz-Joseph-Brücke in Budapest sind die Bekrönungen als einfache Fortsetzung der konstruktiv erforderlichen Hauptträger-Vertikalen ausgebildet; hierdurch ist schon eine gewisse organische Beziehung angedeutet. Weniger günstig ist diese Aufgabe bei der Swinemünder Straßenbrücke in Berlin gelöst, wo die nachträgliche Hinzufügung sich deutlich erkennen läßt.

Eine besonders wichtige Frage bezieht sich darauf, ob und wieweit es bei der Vereinigung von Stein- und Eisenbauten gelungen ist, die Schmuckformen beider Teile miteinander in Einklang zu bringen. Es sind hier hauptsächlich zwei Fälle zu unterscheiden. Entweder werden die hergebrachten Formen des Steinbaues auf den Eisenbau übertragen, oder es werden die Schmuckformen der Eisenkonstruktion verhältnismäßig selbständig entwickelt. Der erstere Fall findet sich in der Regel bei der Verwendung von Gußeisen, der zweite häufig bei Schweißeisen und Flußeisen. In dem ersten Falle wird allerdings zwischen den aus Stein und Eisen bestehenden Teilen ein höherer Grad von Übereinstimmung oder Harmonie hervorgebracht, doch hat die Übertragung von Steinformen auf den Eisenbau in der Regel etwas Gekünsteltes und innerlich Unwahres. Hierbei ist indessen zu beachten, daß bereits in früheren Zeiten ähnliche Einwirkungen zwischen Holz- und Steinbau vorhanden waren, und daß eine große Zahl von Steinformen, die in der Baukunst eine bedeutende Rolle gespielt haben, ursprünglich aus älteren Holzbauten übernommen sind. Es erscheint daher nicht ganz ausgeschlossen, daß im Laufe der Zeit durch weitere Einwirkung von Steinformen auf den Eisenbau eine harmonische Vereinigung beider Baustoffe sich erzielen läßt. Dabei müßte freilich der besonderen Eigenart des Eisens weit mehr als bisher Rechnung getragen werden.

Immerhin sind die in der angedeuteten Richtung bisher gemachten Versuche wenig ermutigend. Ein bemerkenswertes Beispiel bietet die Alexanderbrücke in Paris, die bekanntlich zur Weltausstellung 1900 vollendet wurde. Durch die bevorzugte Lage dieser Brücke war man veranlaßt, ihr eine reiche Ausstattung mit Schmuckformen zu geben, die auch auf die Eisenkonstruktion ausgedehnt wurden. Alle diese Schmuckformen stehen offenbar unter dem Einfluß der Steinarchitektur. Da aber hier die Eisenkonstruktion eigentlich die Hauptsache ist und die steinernen Widerlager

in dem Gesamtbilde an Masse weniger hervortreten, so dürfte der bei der Ausbildung der Schmuckformen eingeschlagene Weg nicht befriedigen. (Abb. 65).

Eher kann noch die Übertragung von Steinformen auf eiserne Teile da am Platze sein, wo die letzteren mehr als Hilfskonstruktionen des Steinbaues verwendet werden und dieser an Masse und Umfang vorherrscht.

Der zweite Weg — selbständigere Ausbildung der Eisenformen — bietet im allgemeinen mehr Aussicht auf Erfolg. Hierbei ist natürlich zu beachten, daß Schmuckformen den oben gemachten Ausführungen entsprechend überhaupt nur in sparsamer Weise zu verwenden sind. Handelt es sich beispielsweise um die Ausbildung eines Gesimses, so wird man — falls überhaupt Eisenkonstruktion in Frage kommt — in der Regel auf eine im Steinbau übliche Profilierung verzichten können. Es empfiehlt sich, eine möglichst weite Ausladung des Gesimses anzuordnen, um eine kräftige Schattierung zu erzielen. An einzelnen Stellen, die der lotrechten Gliederung entsprechen, wird man eiserne Konsolen anordnen, welche die Stützung des weit ausladenden Gesimses sinnbildlich ausdrücken.

Bei größeren Eisenkonstruktionen bereitet die Ausbildung von schmückenden Teilen ohne Zuhilfenahme von herkömmlichen Steinformen in der Regel große Schwierigkeiten. Gußformen sind schwer mit den üblichen Walzeisen-Konstruktionen in Einklang zu bringen. Eher dürfte noch die Verwendung von geschmiedeten Ziergliedern einige Aussicht auf Erfolg versprechen, da ja das Walzeisen mit dem geschmiedeten Eisen viel mehr Verwandtschaft besitzt, als mit dem Gußeisen. In der Regel zeigt es sich aber, daß die bis jetzt verwendeten schmiedeeisernen Schmuckteile viel zu kleinlich und gleichsam spielend wirken, sobald sie an Walzeisen-Konstruktionen angebracht werden. Namentlich gilt dies von den gebuckelten, oder sonstwie gebogenen, am Rande geschlitzten Blechen, die zuweilen verwendet worden sind, aber einen sehr wenig monumentalen oder auch nur haltbaren Eindruck machen. Wenn also auf dem angedeuteten Wege bessere Wirkungen erzielt werden sollen, dann müßten vor allem die betreffenden Zierglieder nur in ganz einfachen Formen gehalten und gewissermaßen in größerem Maßstabe als bisher entworfen werden.

Gegen Ende des neunzehnten Jahrhunderts, etwa im letzten Jahrzehnt, traten in der bildenden Kunst neuere Richtungen und Anschauungen auf, die sich mehr oder weniger bewußt von der historischen Auffassung lossagten. Die neueren Strömungen zeigten sich zuerst im Kunstgewerbe, sodann in der Architektur. Auf manchen Gebieten dieser Künste sind wir heute wohl berechtigt, von einem neuen Stil zu sprechen. Der gemeinsame Grundzug dieser neueren Richtungen besteht darin, daß sie eine Kunst unserer Zeit pflegen wollten und nicht mehr die Kunst vergangener Zeiten täuschend nachahmen. Derartige Versuche waren wohl auch schon früher gemacht worden, wie aus einigen der oben angeführten französischen Bauten hervorgeht, doch waren solche Fälle stets nur vereinzelt geblieben. Vor allem standen diese Schmuckformen in keinem Zusammenhange mit der sonstigen Kunst des alltäglichen Lebens.

Im allgemeinen sind die erwähnten neueren Strömungen keineswegs einheitlich verlaufen. Es waren nicht — wie

in der Renaissance — einzelne ganz große Meister, die jene Bewegung hervorgebracht haben, und an die sich eine große Schar von Schülern hätte anschließen können, sondern sehr viele mittlere, wenn auch manche über dem Durchschnitt stehende Kräfte. Im ganzen fehlte es dieser Bewegung an einem geistigen Zentrum, das ihr Ziel und Richtung klar und deutlich hätte angeben können. Darum ist es schwer zu sagen, worin eigentlich das Wesen unserer neueren künstlerischen Anschauungen bestehe.

Im allgemeinen lassen sich in der neueren Kunst einzelne Richtungen unterscheiden, die einander teils entsprechen und gegenseitig unterstützen, teils unabhängig voneinander verlaufen. Diese Richtungen, die nicht nur im Eisenbau, sondern überhaupt in der Architektur, sowie namentlich im Kunstgewerbe eine bedeutende Rolle spielen, sind etwa die folgenden.

1. Das Streben nach Einfachheit in der Anwendung von Schmuckformen. Solche Teile, die lediglich zum Schmucke dienen, werden viel seltener und sparsamer angewendet, als in früheren Stilperioden.

Sehr treffend wird dieser Zug der heutigen Zeit von Muthesius in einer Abhandlung über „Stilarchitektur und Baukunst“ gekennzeichnet (Seite 51 u. f.). Es wird dort gezeigt, wie unsere ganze heutige Kultur in ihren sichtbaren Erzeugnissen — vielleicht aber auch innerlich — ungemein sachlich verfährt. Und darum ist selbst der heutige Künstler geneigt, Formen und Glieder, die nicht „zur Sache“ gehören, fortzulassen. Dieses Bestreben äußert sich vielleicht am deutlichsten bei denjenigen Gegenständen, die uns tagtäglich am nächsten sind, an der Kleidung, den Möbeln und sonstigen Dingen des täglichen Gebrauchs, an den Einrichtungen der Wohnungen und den Wohnhäusern selbst.

Neben vielen anderen Gebieten zeigt auch die Entwicklung der Eisenkonstruktionen deutlich das Streben nach Einfachheit. Besonders treffend läßt sich dieser Zug an den älteren und neueren Berliner Straßenbrücken nachweisen, beispielsweise wenn wir die Kronprinzen-, Marschall- oder Jannowitzbrücke mit der neuen Alsen- oder Lessingbrücke vergleichen. Dieselbe Beobachtung ergibt sich bei einem Vergleich der Stirnseiten älterer großer Bahnsteighallen, wie z. B. der Hallen in Cöln, Berlin (Potsdamer Bahnhof, Alexanderplatz) und Straßburg mit den neueren in Hamburg, Metz und anderen. Auch bei kleineren Bahnsteighallen war es früher vielfach üblich, die damals vorwiegend aus Gußeisen bestehenden Säulen mit Schmuckformen zu versehen, während heute in solchen Fällen die sogenannten einstieligen Hallen mit gänzlich schmucklosen flußeisernen Stützen und Kragarmen die Regel bilden.

Dieses Streben nach Einfachheit und sparsamer Verwendung von Schmuckformen hängt wohl im Grunde mit dem bedeutenden Alter unserer Kultur zusammen, die bereits eine lange Entwicklungsreihe hinter sich hat. Es ist ein bekanntes Gesetz der Biologie, daß jedes einzelne Lebewesen dieselben Zustände der Entwicklung in kurzen Zeiträumen durchmachen muß, die die Gesamtheit in langen Zeiträumen bereits erlebt hat. Dementsprechend können wir auch eine gewisse Übereinstimmung in den künstlerischen Neigungen der verschiedenen Kulturperioden einerseits und der verschiedenen Lebensalter andererseits beobachten. Voraus-

setzung ist in beiden Fällen, daß bereits eine gewisse Stufe der Entwicklung erreicht ist und daß die ersten rohen Anfänge überwunden sind. In den jugendlichen Zeitaltern der Kunstgeschichte gewahren wir eine Neigung zu reicher Schmuckentfaltung. Ebenso liebt es auch der jugendliche Mensch, sich mit reichem Schmuck zu umgeben. Mit fortschreitendem Alter und mit zunehmender Reife tritt allmählich die Neigung hervor, schmückende Zutaten auf einen geringen Umfang zu beschränken, dafür jedoch kostbarere Stoffe und ausersessene, gediegene Formen zu bevorzugen. Es soll dadurch eine mehr würdige und vornehme Gesamtwirkung erzielt werden. Wenn wir nun in der heutigen Kunst ähnliche Bestrebungen gegenüber der Vergangenheit wahrnehmen, so dürfen wir daraus das Werturteil fällen, daß darin ein gesunder Zug der Entwicklung liegen dürfte.

Ein weiterer Grund dafür, die angedeutete Richtung zu billigen, liegt darin, daß bei einfacher Ausstattung die Gesamtformen viel besser zur Geltung kommen als bei reicher Verwendung von Schmuckformen. Ein Beispiel ist hierfür die Männer- und Frauenkleidung der letzten Jahre, bei der ganz deutlich das Bestreben hervortrat, durch Einschränkung aller schmückenden Zutaten die Körperformen in einem möglichst vorteilhaften Lichte zu zeigen.

Derselbe Umstand macht sich auch in der Baukunst, im besonderen bei unseren Eisenkonstruktionen geltend. Dadurch, daß die Schmuckformen auf einen geringen Umfang und auf einzelne wenige Stellen beschränkt werden, treten die Gesamtformen viel stärker hervor und spielen in dem Eindruck des Ganzen die wichtigste Rolle. Wir haben früher (Seite 70) gesehen, wie Eisenkonstruktionen als ein „Gewaltiges in einfacher Form“ erscheinen können. Diese Wirkung ist natürlich stärker, wenn die Schmuckformen auf ein geringes Maß beschränkt werden.

Im großen und ganzen ist also das angedeutete Bestreben jedenfalls berechtigt und entspricht einem gesunden, dem Zustande der heutigen Kultur angemessenen Empfinden. In manchen Fällen ist man jedoch auf diesem Wege wohl etwas zu weit gegangen. Der Gesamteindruck gestaltet sich dann leicht zu nüchtern und zwar namentlich dann, wenn die Gesamtformen ohne künstlerisches Empfinden, lediglich nach Erwägungen der „Zweckmäßigkeit“ gewählt wurden. Überhaupt lassen sich durch ein negatives Prinzip an sich keine positiven Werte schaffen.

2. Das Streben nach möglichst charakteristischen Ausdrucksformen. Auch diese Richtung läßt sich ganz allgemein an sehr vielen Kunsterzeugnissen der heutigen Zeit verfolgen, ganz besonders natürlich in der Architektur. Die neueren Formen erscheinen meistens schärfer geprägt als die älteren; die Darstellungsweise sucht unverkennbar eine stärkere Eigenart, die manchmal bis ins Herbe gesteigert wird. Vielfach ist auch jetzt noch der Versuch gemacht worden, die alten Stilformen weiterzubilden und den neueren Geschmacksrichtungen anzupassen. Während jedoch in den früheren Perioden mehr das Schöne, Typische und Allgemeingültige vorherrscht, wird in der neueren Kunst mehr das Ausdrucksvolle, Charakteristische, Eigenartige gesucht, das aber auch sehr oft ins Sonderbare und Merkwürdige ausartet. Diese Bemerkung ist natürlich relativ aufzufassen. Offenbar

hat auch schon in vergangenen Stilperioden das Charakteristische eine wichtige Rolle gespielt; aber in der heutigen Zeit wird offenbar mehr als früher nach einer solchen Wirkung gestrebt.

Beispiele für diese Bewegung ließen sich wohl aus der Architektur in großer Zahl anführen. Auch bei manchen Schmuckformen von neueren Eisenkonstruktionen ist dieser Zug bemerkbar, so z. B. bei den Geländern der Weidendammer und Potsdamer Brücke in Berlin, oder bei einigen Säulen der dortigen elektrischen Hochbahn, namentlich aber bei den Zierformen der Bonner Rheinbrücke (Drachen und Truthähne an den Fußwegkonsolen) und bei einigen anderen Schöpfungen von Bruno Möhring (Abb. 62).

Auch für diese allgemeine Richtung gibt es eine Ähnlichkeit mit dem Entwicklungsgange des einzelnen Menschen. Bei Kindern, überhaupt bei jungen Lebewesen, herrscht das Typische und Allgemeingültige der Gattung im wesentlichen vor; erst mit zunehmendem Alter werden die Gesichtszüge charakteristischer, schärfer geprägt. Das Individuelle des einzelnen Menschen, überhaupt des einzelnen Lebewesens entwickelt sich mit fortschreitender Reife stärker und beherrscht mehr oder weniger den Gesamteindruck.

Auch bei Betrachtung der Kunstgeschichte läßt sich dieser Entwicklungsgang im großen und ganzen verfolgen. So sind z. B. die Formen der Renaissance schon erheblich charakteristischer geprägt, als die der Antike, die sozusagen die Vorfahren der ersteren waren.

Wenn somit das allmähliche Hervortreten charakteristischer Formen als ein allgemeiner, naturgesetzlicher Vorgang anzusehen ist, so waren besonders während des neunzehnten Jahrhunderts einige Umstände wirksam, welche diesen Entwicklungsgang mittelbar verstärkten oder beschleunigten. Diese Umstände waren an sich dazu angetan, der gesamten Kultur ein gleichmäßiges, uniformiertes Gepräge zu verleihen. Wir rechnen hierzu in erster Linie den stark demokratischen Zug, der in der gesamten politischen Entwicklung des neunzehnten Jahrhunderts eine bedeutsame Rolle spielt, die damit im Zusammenhang stehenden sozialen Bestrebungen, die Zunahme der Abhängigkeiten in unserm verwickelten Volksleben, und schließlich vor allem auch die Technik. Es ist nicht zu leugnen, daß die gewaltige Entwicklung und Ausbreitung der Technik neben ungeheuren wirtschaftlichen und sonstigen Vorteilen doch den Umstand mit sich brachte, daß die unmittelbare, lebendige, ursprüngliche Einwirkung der schaffenden Persönlichkeit in vieler Beziehung stark beeinträchtigt wurde.

Es hat nicht an Stimmen gefehlt, die vor diesen nivellierenden Einflüssen warnten. In allgemein-ästhetischer Beziehung war es vor allem Nietzsche, der das Recht der freien, unabhängigen Persönlichkeit gegenüber allen demokratischen Bestrebungen eindringlich predigte. Auf dem Gebiet der tektonischen Künste war Ruskin ein abgesagter Feind der neuen Technik. Beide Apostel haben ihr Ziel im großen und ganzen zwar nicht erreicht, aber doch sehr nachhaltig gewirkt innerhalb desjenigen Gebietes, in dem die einzelne schaffende Persönlichkeit sich frei betätigen konnte, also auf dem Gebiete der Kunst. Es unterliegt wohl keiner Frage, daß besonders Nietzsche einen sehr bedeutenden Einfluß auf alle individualistischen Strömungen gehabt hat.

Wenn also in der neueren Kunstbewegung das Streben nach charakteristischen Formen eine sehr wichtige Rolle spielt, so verstehen wir dieses Streben nunmehr als eine Reaktion gegenüber den verschiedenen, auf allgemeine Gleichheit und unpersönliche Sachlichkeit hinwirkenden Ursachen und Gedanken. Gerade dieser Kampf zwischen Individuum und Masse, zwischen Persönlichkeit und Sachlichkeit, zwischen freier und maschinenhaft gebundener Arbeit ist von großer Bedeutung für das ganze ästhetische Gebiet und auch für die Fragen, die uns in der vorliegenden Arbeit beschäftigen. Übrigens hat auch Naumann in einer kurzen Schrift „die Kunst im Zeitalter der Maschine“ diese Fragen erörtert.

Aus diesen Betrachtungen können wir auch ohne weiteres ein Werturteil ableiten. Wir dürfen behaupten: das Streben nach charakteristischen Formen ist grundsätzlich betrachtet sehr berechtigt. Je mehr unser öffentliches Leben überall gleichartige Formen annimmt, je weiter die Maschine mit ihrer unpersönlichen Art vordringt und sich weite Gebiete erobert, um so mehr soll charakteristische und individuelle Gestaltung da hervortreten dürfen, wo dies aus tektonischen Gründen möglich oder aus allgemein-ästhetischen Erwägungen erlaubt erscheint.

Damit soll nun nicht gesagt sein, daß alle jene zahlreichen Einzelercheinungen, die auf jenes Streben nach charakteristischer Gestaltung zurückzuführen sind, ohne weiteres gebilligt oder gar als Muster hingestellt werden. Manchmal hat es sich gezeigt, daß derartige Erzeugnisse nicht nur eigenartig, sondern fremdartig anmuteten, weil sie jeden Zusammenhang mit der sonst üblichen Formenwelt vermissen ließen, oder weil das Streben nach Eigenart in allzugroße Willkür ausartete (Beispiele vergl. oben Seite 43–44).

Der große Gegensatz zwischen Maschinenarbeit und persönlicher, individueller Gestaltung zeigt sich besonders deutlich in den verschiedenen Arten der Eisenbearbeitung. Am größten ist das Maß künstlerischer Freiheit in der Schmiedekunst, geringer schon in der Gießerei, am geringsten in der gewöhnlichen Walztechnik. Besonders beachtenswert ist der von den Gebrüder Mannstaedt eingeschlagene Weg, Kunstformen des Eisens durch das Walzverfahren herzustellen. Dieses Verfahren erscheint als eine Art Mittelstellung zwischen Gießerei und Schmiedekunst; es eignet sich vorzugsweise zur Ausschmückung solcher Bauwerke, deren Konstruktionsteile aus Walzeisen bestehen. Wenn auch derartigen Ausführungen wohl stets der Charakter von Maschinenarbeit in gewissem Sinne anhaftet und der höchste Grad künstlerischer Vollendung sich hierbei kaum erreichen läßt, sind doch die Mannstaedtschen Eisen als ein glücklicher Kompromiß zwischen zwei verschiedenen, einander widersprechenden Forderungen zu betrachten. Im großen und ganzen sind die in den Musterbüchern dargestellten Formen recht geschmackvoll gewählt, sie zeigen auch ein gesundes Bestreben, den neueren allgemeinen Kunstrichtungen zu folgen (Abb. 213–215). Man darf solchen Ausführungen wohl mit Recht die Bezeichnung: „Kunst im Zeitalter der Maschine“ beilegen. Die bisher von der Firma Mannstaedt hergestellten Walzeisen-Sorten sind jedoch vorwiegend für kleinere Bauten oder zur Ausschmückung von Einzelheiten z. B. von Tür- und Fensterumrahmungen, geeignet. Wenn

das erwähnte Verfahren auch für große Bauwerke und zur Ausschmückung monumentaler Glieder verwendet werden sollte, dann müßten vor allem großzügigere Muster geschaffen werden, die bereits auf weite Entfernung wirken könnten und damit einen mehr monumentalen Eindruck zu machen geeignet wären.

3. Das Streben, durch Linien eine künstlerische Wirkung zu erzielen. Während die einen die gewünschte Eigenart des Ausdrucks durch organische Weiterbildung der überlieferten Formenwelt zu erreichen suchen, haben andere die Tradition vollständig verlassen und schlagen neue Wege ein. Eines der wichtigsten neueren Ausdrucksmittel ist die Darstellung von Linien. Diese Richtung wird gewöhnlich als „Jugendstil“ bezeichnet, weil die Münchener Zeitschrift „Jugend“ wohl zuerst solche Linien brachte. Es ist aber sehr schwer, den Begriff dieses Stiles genau zu umgrenzen oder anzugeben, worin denn eigentlich die besonderen Merkmale jener modernen Linien bestehen. Schon in der Schmiedekunst der Renaissance, des Rokoko und Barocks spielen Linien eine wichtige Rolle. Sucht man aber nach einem grundsätzlichen Merkmal jener neueren Kunstversuche, so läßt sich etwa folgendes erkennen. Bei den alten Schmiedearbeiten sind hauptsächlich zweierlei Motive zu unterscheiden, geometrische und Pflanzenmotive. Die geometrischen Motive sind meistens einfach; bis zur Renaissance beschränken sie sich vorwiegend auf Spiralen, Kreisbögen und gerade Linien. Erst im Barock und Rokoko treten gewisse eigenartige geometrische Formen auf, die eben die Kennzeichen jener Stilarten bilden. Pflanzenmotive sind fast bei allen den historischen Stilformen in großer Zahl und fast regelmäßig vertreten.

Das eine Kennzeichen der neueren Kunst besteht nun darin, daß die Pflanzenmotive sehr stark zurücktreten oder oft ganz verschwinden, während geometrische Motive in den Vordergrund treten. Das zweite Kennzeichen besteht in der Anordnung der Linien selbst. Diese sind im Gegensatz zu jenen Spiralen oder Kreisbögen meist schlank und langgestreckt. Die Krümmung ist also gewöhnlich gering, sie geht oft aus der Konvexen in die Konkave und umgekehrt über. An einzelnen Stellen sind aber die Linien manchmal sehr stark gekrümmt oder zeigen plötzlich einen scharfen Knick.

Bei diesem Vergleich der älteren und der neueren Formen wurde von dem Gebiet der Schmiedekunst ausgegangen, weil hier auch in der alten Kunst die Linien von Bedeutung waren. Bekanntlich wurden aber jene neueren Linien vielfach auch in anderen Kunstgebieten verwandt, beispielsweise bei Wohnungseinrichtungen.

Bei kleineren Eisenkonstruktionen, wie Gittertoren, Geländer und ähnlichen Gegenständen, findet sich häufig eine größere Zahl von Linien, die ungefähr einander gleichlaufen, und somit in ihren Formen im wesentlichen übereinstimmen, dabei aber doch geringe Abwandlungen zeigen.

Als Beispiele für solche stilistischen Versuche seien angeführt einige Haltestellen der Schwebebahn Elberfeld–Vohwinkel und der Berliner elektrischen Hochbahn (namentlich Bülowstraße) und einige Geländer der Unterführungen, z. B. der Potsdamerstraße. Ferner seien erwähnt die Treppenanlage im großen Kunstpalast der Pariser Welt-

ausstellung 1900 und einige Innenräume des Maison du peuple in Brüssel.¹⁾

In neuerer Zeit hat man statt der gekrümmten Linien zuweilen auch eine Reihe von parallelen geraden Linien verwendet, beispielsweise bei der Überführung der Swinemünder Straße über den Bahnhof Gesundbrunnen im Norden von Berlin. Die architektonischen Einzelheiten sind in dem Werke von Bruno Möhring: „Stein und Eisen“ dargestellt. Auch die Portale der neuen Glienicker Brücke bei Potsdam zeigen dasselbe Motiv (Abb. 29).

Versuche, durch Linien einen eigenartigen Ausdruck zu erzielen, finden sich neuerdings auch zuweilen bei der Ausbildung von Bekrönungen, namentlich bei Turmhelmen und ähnlichen Bedachungen. Als Beispiel sei der Wasserturm in Bremen (vergl. oben Seite 35) angeführt. Es ist hier namentlich der mehrfache Wechsel zwischen konvexer und konkaver Krümmung zu beachten (Abb. 183).

Ein sehr gelungenes, wenn auch kleineres Beispiel einer eigenartigen neuen Dachform bietet der 1908 vollendete Hubertusbrunnen in München. Das Dach ist wohl derjenige Teil, der dem Ganzen am meisten ein eigenartiges Gepräge verleiht, dabei aber doch mit der Gestaltung der Mauerkörper gut harmonisiert (Abb. 210).²⁾

Diese Bestrebungen haben verschiedene Ursachen. Zunächst stehen sie in einem gewissen Zusammenhange mit den oben erwähnten Bestrebungen nach größerer Einfachheit und nach charakteristischen Ausdrucksformen. Offenbar ist die Linie das einfachste geometrische Gebilde. Wenn also nur durch dieses Mittel gewirkt werden soll, so zeigt sich auch hierin eine gewisse Neigung zur Einfachheit. Ferner ist auch bei den meisten dieser neuen Linien das Bestreben nach eigenartiger, persönlicher Gestaltung deutlich zu erkennen. Die charakteristisch geformte Linie erscheint als das wichtigste Ausdrucksmittel der neuen Kunst in ihren verschiedenen Zweigen.

Das Bestreben, durch Linien zu wirken, steht auch wohl im Zusammenhange mit der weiten Verbreitung mathematischer Kenntnisse und der Entwicklung großer Eisenbauten. In allen mathematisch-naturwissenschaftlichen Untersuchungen spielen ja Darstellungen durch Kurven eine sehr wichtige Rolle. Und bei unseren Eisenkonstruktionen, besonders bei den eisernen Brücken steht die Wirkung der Linien im Vordergrund. Obgleich nun die freischaffenden Künstler dem mathematisch-wissenschaftlichen Geiste der Zeit verhältnismäßig fern standen und obwohl sie vielleicht wenig von der Entstehung jener mathematischen Linien wußten, haben diese doch wohl häufig die Veranlassung gegeben, daß ähnliche Linien auch zu rein künstlerischen Zwecken verwendet wurden. Freilich sind sie dann in der Regel wohl nicht berechnet, sondern frei erfunden worden.

Wenn diese Vermutungen zutreffen, so ergibt sich auch hieraus ein gewisses Werturteil. Grundsätzlich betrachtet, erscheint das Bestreben nach Linienwirkungen berechtigt, weil sie als sinngemäßer Ausdruck unseres Zeitgeistes, namentlich der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung gelten können und weil sie zugleich eine charakteristische, indi-

viduelle Wirkung gestatten. Im besonderen erscheint es bei Eisenbauten naheliegend, durch Anordnung gekrümmter Stäbe künstlerische Wirkungen zu erstreben.

Freilich sind nun derartige Versuche bis jetzt nur selten geglückt. Gewöhnlich haben wir den Eindruck einer allzu großen Willkür, einer zügellosen Phantasie, die sich oft in merkwürdigen, seltsamen und auch gesuchten Formen und Zusammenstellungen ergeht. Zuweilen ist diese Zügellosigkeit in ein wildes Durcheinander von Linien ausgeartet. In der Regel ist jedoch ein Mangel an Harmonie, Klarheit und Einheit der Gesamtwirkung deutlich zu erkennen. Dies beruht wohl zur Hauptsache darauf, daß die Künstler, die sich in der erwähnten Richtung zu betätigen versuchten, über ihre Ziele und Bestrebungen selbst nicht recht klar waren und daß es an gemeinsamen, schöpferischen und ordnenden Grundgedanken fehlte.

Derjenige Künstler, der wohl die meisten und bedeutendsten Erfolge auf dem erwähnten Gebiete aufzuweisen hat, ist Bruno Möhring. In seinem Werke „Stein und Eisen“ gibt er zahlreiche Darstellungen von Schmuckformen, die von ihm entworfen und größtenteils auch ausgeführt worden sind. Ein Beispiel zeigt Abb. 223. Bei diesen Arbeiten ist es dem genannten Künstler im allgemeinen gut gelungen, den ästhetischen Gehalt der Eisenkonstruktion zu erfassen und in den Schmuckformen auszudrücken.

Da die bisher gemachten Versuche, durch krumme Linien zu wirken, im großen und ganzen doch wenig befriedigten, so scheinen sie in den letzten Jahren fast ganz aufgehört zu haben. Wir begegnen bei den neuesten Bauten in der Regel nur Zusammenstellungen von geraden Linien. Dieses Bestreben äußert sich u. a. auch in der Verwendung der neuerdings so beliebt gewordenen polygonalen Dachformen. Auch in den Schmuckformen, namentlich bei Hochbauten, ist die gerade Linie heute durchaus vorherrschend. Damit ist aber zugleich eine gewisse Nüchternheit des Gesamteindrucks verbunden, die auch dadurch nicht völlig aufgehoben wird, daß durch Kleinornamentik die geraden Linien etwas belebt werden.

Die vorstehenden Betrachtungen möchte ich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Zu unserer ästhetischen Kultur gehören nicht nur die im engeren Sinne als „Kunst oder Kunsthandwerk“ bezeichneten Tätigkeiten und Erzeugnisse, sondern auch die der Ingenieure. In dem so erweiterten Begriffe „ästhetische Kultur“ nehmen die Ingenieurbawerke eine Mittelstellung ein zwischen den Architekturwerken einerseits und den Maschinen und Fahrzeugen andererseits. Bei den Aufgaben des Architekten sind die rein technischen Aufgaben verhältnismäßig einfach; die künstlerische Freiheit ist verhältnismäßig groß. Bei den Aufgaben des Maschinenbaues sind die technischen Aufgaben sehr verwickelt, die künstlerische Freiheit ist daher sehr klein. Bei den Aufgaben des Bauingenieurs ist die künstlerische Freiheit nicht so groß, wie die des Architekten, aber größer als die des Maschinenbauers.

2. Für den Bauingenieur, der Eisenkonstruktionen zu entwerfen hat, ist von Wichtigkeit das Verhältnis zwischen

¹⁾ vergl. Meyer, Eisenbauten, Tafel XXVII und XXIII.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1908.

der reinen „Zweckmäßigkeit“ und den ästhetischen Forderungen. Dieses Verhältnis kann ein doppeltes sein, nämlich

- a) die rein praktischen und die ästhetischen Forderungen stehen in einem gewissen Widerspruch. Es gilt dann abzuwägen und zu entscheiden, inwieweit den einen oder anderen Rechnung getragen werden soll;
- b) die rein praktischen Forderungen geben ein gewisses Maß von Freiheit oder Willkür. Es ist dann die Aufgabe des Bauingenieurs, innerhalb dieser Freiheit die ästhetischen Forderungen zu erfüllen. Diese beiden Fälle sollen in dem letzten Abschnitte dieser Schrift noch näher erörtert werden.

3. Schmuckformen können bei Ingenieurbauten als wirksames Mittel verwendet werden, um einzelne Teile, die in ästhetischer Beziehung besonders wichtig sind, hervor-

zuheben und zugleich dem Bauwerk einen höheren Grad von Individualität zu verleihen. Derartige Formen müssen dem allgemeinen Charakter des Bauwerkes entsprechend einfach ausgebildet werden und dürfen nicht zu kleine Abmessungen erhalten, damit sie nicht kleinlich wirken. Vor allem müssen Schmuckformen als organische Bestandteile des Bauwerkes und nicht als willkürlich hinzugefügte Teile erscheinen.

4. Das Maß der ästhetischen Befriedigung bei dem Anblick von Ingenieurbauten hängt nicht allein von dem Verständnis für die Funktionen der einzelnen Teile des Bauwerkes, sondern auch davon ab, inwieweit das Bauwerk ästhetisch ausgebildet ist und ferner von dem Maße der allgemein-ästhetischen Bildung des Beschauers.

III.

Erörterung der weiteren Entwicklungsfähigkeit des Eisenbaues in ästhetischer Beziehung.

A. Allgemeines.

Der Steinbau ist alt, der Eisenbau ist jung. Darum dürfen wir hoffen, daß für den Eisenbau noch manche Entwicklungsmöglichkeiten im Schoße der Zukunft schlummern.

Wie wir im zweiten Teile dieser Abhandlung gesehen haben, spielt die „Zweckmäßigkeit“ bei allen unseren Eisenkonstruktionen eine wichtige Rolle. Wenn es sich nun darum handelt, für eine weitere Entwicklung der Eisenbauten in ästhetischer Hinsicht etwa in Betracht kommende Ziele und Bestrebungen zu erörtern, dann wird es sich empfehlen, zunächst jene „Zweckmäßigkeit“ etwas näher ins Auge zu fassen. Wir betrachten also zunächst die rein praktischen Forderungen, die bei dem Entwerfen von Eisenkonstruktionen zu erfüllen sind; als solche Forderungen kommen in Betracht:

1. Die Standfestigkeit. Die Beanspruchung des Baustoffes und des Baugrundes darf auch bei der denkbar ungünstigsten Belastungsart das zulässige Maß nicht überschreiten. Diese Forderung wird bei dem Aufstellen der statischen Berechnung und bei der „Dimensionierung“ der Querschnitte erfüllt.

2. Die Kosten des ganzen Bauwerkes (oder auch einer Reihe von Bauwerken) sollen möglichst gering werden.

3. Forderungen des Verkehrs. Zu diesen gehört z. B. die Bestimmung, daß das Normalprofil des lichten Raumes und noch gewisse Spielräume außerhalb desselben frei gehalten werden müssen, ferner bei den Rampen von Straßenbrücken die zulässigen größten Steigungen, und ähnliche Bedingungen.

4. Steifigkeit. Das Bauwerk soll gegenüber den Einwirkungen des Verkehrs und sonstigen Beanspruchungen eine möglichst geringe Nachgiebigkeit zeigen und zwar sowohl in statischer, wie in dynamischer Beziehung, in lotrechtem wie in wagrechtem Sinne.

Diese Forderungen sind sämtlich als Bedingungen aufzufassen, denen die einzelnen Abmessungen des Bauwerkes genügen müssen; sämtliche Forderungen lassen sich also

entweder unmittelbar oder mittelbar in Zahlenwerten ausdrücken. Aber bei den meisten dieser Ermittlungen ist in der Regel nur eine verhältnismäßig geringe Genauigkeit erforderlich. Beispielsweise können wir die Spannkraft eines Fachwerkes berechnen und hiernach die Querschnitte bestimmen; da aber die bei der Berechnung gemachten Annahmen in der Wirklichkeit niemals genau zutreffen, so kann und braucht die Rechnung nicht sehr genau zu sein. Ferner beruht die Bestimmung der Querschnitte auf der sogenannten zulässigen Beanspruchung; da aber diese letztere nicht auf wissenschaftlichem Wege ermittelt, sondern nur geschätzt werden kann, so ist auch bei der Bestimmung der Querschnitte auf Grund der Spannkraft nur ein sehr geringer Grad von Genauigkeit möglich.

Für das Verhältnis zwischen den praktischen und ästhetischen Forderungen, die an ein Bauwerk gestellt werden, kommt vor allem die oben unter 2 angeführte Bedingung in Frage. Es sei zunächst daran erinnert, daß es nur bei einfachen Konstruktionen möglich ist, diejenige Anordnung zu finden, von der mit Sicherheit behauptet werden kann, daß sie tatsächlich die geringsten Kosten erfordern. Schon bei Konstruktionen mittleren Umfanges hat man bei dem Entwerfen fortwährend Annahmen zu machen, Entscheidungen zu treffen, von denen die schließlich erforderliche Materialmenge abhängt. In der Praxis wird man sich selten die Zeit dazu nehmen, alle die einzelnen in Betracht kommenden Fälle (z. B. für die Wahl der Feldweite, Trägerhöhe u. dergl.) genau durchzurechnen; der Praktiker hat eben eine gewisse Erfahrung, welche Anordnungen voraussichtlich am wenigsten Material erfordern. Aber selbst wenn man jede einzelne Annahme rechnerisch verfolgen wollte, so wäre doch jedesmal eine gewisse Ungenauigkeit mit dem Übergang von der rechnerischen Spannkraft zu der betreffenden Querschnittsgröße verbunden. Selbst bei Eisenbahnbrücken, bei denen gewisse Anordnungen innerhalb jeder Verwaltung typisch geworden

sind, kann man nicht genau sagen: „ein Überbau von so und soviel Meter Stützweite wiegt so und soviel Tonnen,“ sondern nur: „er wiegt ungefähr soviel Tonnen . . .“

Aber wir wollen hiervon absehen. Unter dem Vorbehalt daß es allerdings nicht möglich ist, den geringsten erforderlichen Kostenbetrag genau zu finden, kann man immerhin bei dem Konstruieren die Entscheidungen so treffen, daß die Gesamtkosten der Eisenkonstruktion für sich annähernd so klein als nur möglich werden. Tatsächlich nehmen heute noch viele Bauingenieure mehr oder weniger bewußt diesen Standpunkt ein. Es fragt sich nun, ob es wünschenswert ist, diesen Standpunkt auch weiterhin beizubehalten.

Wir wollen die Frage zunächst von der rein wirtschaftlichen Seite betrachten. Ist denn mit der Arbeit des Bauingenieurs das ganze Bauwerk fertig entworfen? In vielen Fällen ist das nicht der Fall. Bei sehr vielen Bauwerken, deren Konstruktionsteile im wesentlichen aus Eisen bestehen, wurden beträchtliche Mittel aufgewendet, um ihnen eine „künstlerische“ oder „architektonische Gestaltung“ zu geben. Und die Entwürfe zu diesen Ausschmückungen sind beinahe stets von Architekten aufgestellt, die ganz und gar nicht jenen Standpunkt teilten, die Kosten des Bauwerkes sollten möglichst gering werden. Vielleicht wurde ihnen eine mehr oder weniger begrenzte Summe genannt, die jene schmückenden Zutaten kosten durften; vielleicht wurde ihnen vollständig freie Hand gelassen. In solchen Fällen war eben die Behörde, die den Entwurf zu genehmigen hatte, von vornherein darüber klar, daß eine gewisse, nicht unbeträchtliche Summe dazu verwendet werden sollte, um dem Bauwerke eine würdige und womöglich auch schöne Gestalt zu verleihen. Man denke nur an jene gewaltigen Tor- und Turmbauten, die bei einer Reihe von neueren Brücken als Abschlüsse errichtet worden sind. Man denke ferner daran, wie oft im Hochbau die Eisenkonstruktion durch „Steinmasken“, Stuck, Gips, Beton verhüllt wurde. Wenn man sich diese Tatsachen vor Augen führt, dann handelt derjenige Ingenieur nicht wirtschaftlich, der den Entwurf lediglich nach der konstruktiven Seite und ohne Rücksicht auf die ästhetische Wirkung behandelt. Dieser Standpunkt ist schon früher betont, aber nicht immer richtig befolgt worden. Beispielsweise hat Zimmermann bereits im Jahre 1881 in einem Aufsatz über Eisenkonstruktionen und Walzprofile ähnliche Anschauungen geäußert.¹⁾

Aber es sind auch viele Eisenkonstruktionen ausgeführt worden, ohne daß Architekten bei dem Entwurfe überhaupt oder in mehr als beratender Weise mitgewirkt haben, und solche Fälle werden auch weiterhin vorkommen. Namentlich gilt dies von vielen Eisenbahnbrücken. Bei derartigen Bauwerken würde also die Erwägung fortfallen, daß die von dem Bauingenieur unter Vernachlässigung der ästhetischen Rücksichten erzielte Ersparnis vermehrte Aufwendungen des Architekten zur Folge haben müßte. Aber gerade in solchen Fällen sollte ein richtiges Standesbewußtsein den Bauingenieur dazu veranlassen, nicht lediglich nach technischen und wirtschaftlichen Erwägungen seine Aufgabe zu bearbeiten.

Gleichwohl sind viele in der Praxis stehenden Bauingenieure noch wenig geneigt, aus ästhetischen Rücksichten einen Mehraufwand an Kosten bei eisernen Bauwerken zu vertreten und zu verantworten. Die Gründe dieser Erscheinung sind wohl in der noch etwas einseitigen Erziehung der Bauingenieure zu suchen, die eben fast ausschließlich auf wissenschaftlicher Grundlage beruht. Es geht sozusagen gegen das mathematische Gewissen, mehr Material aufzuwenden, als nach den berechneten Zahlen erforderlich erscheint. Und doch müssen wir uns klar machen, daß die Aufstellung eines Entwurfes keine mathematische, sondern eine technische Aufgabe ist, ja im weitesten Sinne betrachtet eine Angelegenheit der Kultur bedeutet.

In dem oben erwähnten Aufsatz von Zimmermann wurde bereits ein Fall erörtert, in dem durch Mehraufwand an Material eine Verbesserung in ästhetischer Hinsicht erzielt werden kann. Der Verfasser ging davon aus, daß die Verwendung von vollwandigen Trägern aus rein technischen Gründen manche Vorteile gegenüber der Verwendung von gegliederten Trägern bietet und betont dann besonders die günstige ästhetische Wirkung vollwandiger Konstruktionen.

In letzter Zeit machte sich zwar häufiger das Bestreben geltend, vollwandige Träger an Stelle von gegliederten zu verwenden; immerhin dürfte diese Frage auch weiterhin Beachtung verdienen. Freilich darf man nicht unbedingt behaupten, daß vollwandige Träger in allen Fällen aus ästhetischen Gründen den Vorzug verdienen. Abgesehen von der Frage der Wirtschaftlichkeit können vollwandige Träger auch häufig deshalb nicht empfohlen werden, weil sie zu schwerfällig aussehen würden.

Es gibt vermutlich noch eine Reihe von Fällen, in denen es aus ästhetischen Gründen sich empfehlen kann, mehr Material und auch mehr Arbeit aufzuwenden, als aus rein technischen Gründen erforderlich wäre. Namentlich kommen hier folgende Fälle in Betracht:

1. Wenn vollwandige Träger zu schwerfällig aussehen würden, kann es doch zuweilen vorteilhaft erscheinen, die Fachwerkgliederung verhältnismäßig engmaschig zu wählen. Namentlich gilt dies von Bogenträgern, deren Gurtungen ziemlich nahe beieinander liegen. Durch die engmaschige Gliederung wird die Zusammengehörigkeit beider Gurtungen stärker betont (vergl. oben Seite 53).

2. In anderen Fällen kann es sich empfehlen, die ursprünglich vollwandigen Träger mit einer Reihe rechteckiger, achteckiger oder ähnlich geformter Ausschnitte zu versehen, um die Erscheinung etwas leichter zu gestalten. In dieser Weise ist beispielsweise von der Brückenbauanstalt Gustavsborg bei dem Bau der Frankfurter Ausstellungshalle verfahren worden. Durch eine derartige Anordnung wird natürlich ein bedeutender Mehraufwand an Eisen erforderlich, der sich wegen des gefälligen Aussehens zuweilen lohnen möchte.¹⁾

3. Anordnung gekreuzter Diagonalen. Zu Schwedlers Zeiten konstruierte man die Diagonalen von Fachwerkträgern aus Flacheisen. Da diese gegen Druck nicht widerstandsfähig waren, so mußten in denjenigen

¹⁾ Über den Einfluß derartiger Ausschnitte auf die Spannungen der Träger vergl. Zeitschr. deutscher Ing. 1910, S. 348 und Eisenbau 1911, S. 294.

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1881. S. 239.

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

Feldern, in denen die Querkraft verschiedenes Vorzeichen annehmen kann, gekreuzte Diagonalen angeordnet werden. Diese zeigen nun meistens ein besseres Aussehen als einfache Diagonalen. Später, etwa seit den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, ging man dazu über, die Diagonalen steif auszubilden, was aus technischen Gründen bekanntlich sehr zu empfehlen ist. Man sollte sich aber nicht scheuen, bei größeren Balkenträgern drucksteife Diagonalen in allen Feldern gekreuzt anzuordnen, wenn auch hierdurch die Konstruktion statisch unbestimmt wird und etwas mehr Material erfordert. Dieser Mehraufwand ist ja dadurch bedingt, daß jeder Fachwerkstab einen kleinen Zuschuß an Material erfordert, weil die Querschnitte den Spannkraften nicht genau angepaßt werden können, sowie auch mit Rücksicht auf die Knicksicherheit. Bei zwei Stäben wird offenbar dieser Zuschuß größer als bei einem Stabe. Trotzdem erscheint ein solcher Mehraufwand in manchen Fällen gerechtfertigt, da die Anordnung gekreuzter Diagonalen erheblich vorteilhafter aussieht, als die einfacher Diagonalen.

4. Bei Fachwerkträgern ist es meistens üblich, die einzelnen Stäbe geradlinig auszuführen, so daß die Gurtungen als Polygone erscheinen. Das Aussehen wird aber nicht wesentlich verbessert, wenn man die Gurtungen in einer stetig gekrümmten Linie anordnet. Dann erhalten freilich die Stäbe Zusatzspannungen, so daß sie im Vergleich mit geradlinigen etwas mehr Material sowie auch mehr Arbeit für die Herstellung der Krümmung erfordern. Ein solcher Mehraufwand erscheint aber in vielen Fällen gerechtfertigt. Beispielsweise haben bei der Bonner Rheinbrücke die Gurtungen stetige Krümmung erhalten. Es ist aber wünschenswert, diese Anordnung nicht nur bei Bogenträgern, sondern auch bei Balkenträgern und vielleicht auch bei Hängebrücken zu verwenden.

5. Stärkere Betonung der Auflagervertikalen. Bei durchgehenden Trägern und bei Hängebrücken sind die über den Mittelstützen befindlichen Vertikalen nicht nur in praktischer, sondern auch in ästhetischer Beziehung wichtige Glieder. Wenn sie auch lediglich zur Aufnahme der Kräfte meistens erheblich stärker ausgebildet werden müssen, als die übrigen Vertikalen, so reicht das in vielen Fällen nicht aus, um diese Glieder auch in ästhetischer Beziehung hinreichend hervorzuheben. Daran wird beim Konstruieren von seiten der Bauingenieure für gewöhnlich nicht gedacht. Wird auf eine ästhetische Ausbildung Wert gelegt, dann läßt man gewöhnlich nachträglich noch eine Bekrönung durch den Architekten hinzufügen, der natürlich nicht wagt, an den Querschnitten etwas zu ändern. So wirkt die Bekrönung leicht als eine unorganische Zutat. Ein besseres Ergebnis dürfte erzielt werden, wenn der Bauingenieur von vornherein die Auflagervertikalen als ästhetisch wichtige Glieder wesentlich breiter als die übrigen Vertikalen ausbildete, und sie vielleicht auch über die Oberkante der Gurtung hinaus verlängerte. Selbstverständlich wird hierbei der Rat eines Architekten nicht zu verachten sein. Aber vor allem muß der Bauingenieur die Überzeugung bekommen, daß er an geeigneter Stelle Material aufwenden darf und soll, um gewisse in ästhetischer Hinsicht wichtige Glieder zu betonen.

6. Ebenso kann es sich auch bei Hochbauten empfehlen,

Teile, die in ästhetischer Hinsicht besonders wichtig erscheinen, kräftiger auszubilden, als dies aus technischen Gründen erforderlich wäre. Namentlich gilt dies von den Hauptgliedern der Eisenfachwerke (vergl. oben Seite 79).

7. Andererseits sollen aber Stäbe, die in ästhetischer Beziehung die gleiche oder eine gleichartige Bedeutung haben, auch tunlichst so ausgebildet werden, daß ihre Stärke einen nicht sehr verschiedenen Eindruck macht. Beispielsweise sieht es nicht günstig aus, wenn die Diagonalen in der Nähe der Auflager sehr viel breiter sind, als in der Mitte der Stützweite. Durch passende Anordnung der Querschnitte läßt sich indessen wohl erreichen, daß die Stäbe zwar verschiedene Querschnittsgröße, aber doch ein ähnliches Aussehen zeigen. Ferner findet man bei neueren Bogenbrücken zuweilen einen bestimmten Gurtteil (etwa die Verbindung der beiden Stabhälften) in dem einen Trägerabschnitt vollwandig, in dem anderen aber als Gitterwerk ausgeführt. Das geschah jedenfalls, um an Material zu sparen, da die betreffende Platte in dem einen Teile zum Querschnitt gehörig gerechnet wurde, in dem anderen Teile aber nicht erforderlich war. Eine solche Anordnung wirkt aber in ästhetischer Hinsicht sehr ungünstig. Schon im Hinblick auf die Knicksicherheit ist es sehr erwünscht, tunlichst mit vollwandigen Stabteilen und nicht mit Gitterwerk zu arbeiten (man vergl. die neuere Literatur über diese Frage, sowie den angeführten älteren Aufsatz von Zimmermann). Aber auch aus ästhetischen Gründen ist es dringend erwünscht, Stäbe, die ästhetisch betrachtet die gleiche Funktion haben, auch in anscheinend gleichen Stärkenverhältnissen auszubilden.

8. Anwendung ungleicher Feldweiten. Die meisten Bauingenieure halten es für selbstverständlich, daß die Stützweite eines Fachwerkträgers, wenn irgend möglich, in eine Zahl von gleichen Feldern eingeteilt werden müsse. Aus praktischen Gründen ist das gewiß stets erwünscht, und in vielen Fällen wird die Anordnung gleicher Felder auch aus ästhetischen Gründen zu empfehlen sein. Aber nicht immer trifft das zu. Wenn nämlich die Trägerhöhe stark wechselt, dann wird bei gleichen Feldweiten auch die Neigung der Diagonalen stark wechseln. Ferner entstehen hierbei Trapeze von sehr verschiedenen Breiten- und Höhenverhältnissen, nämlich einesteils sehr hohe und verhältnismäßig schmale, andernteils sehr niedrige und verhältnismäßig breite. Ein solcher Träger bietet aber ein wenig günstiges Aussehen. Man würde dieses nicht unerheblich verbessern, wenn man sich entschließen wollte, in dem niedrigen Teile des Trägers eine enge, in dem hohen Teile aber eine weite Felderteilung zu wählen, so daß beide stetig ineinander übergehen. Hierbei kann sich allerdings ein geringer Mehraufwand an Material für die Fahrbahn ergeben. Auch ist es ja im allgemeinen erwünscht, möglichst viele Teile einer und derselben Art mit denselben Querschnitten ausbilden zu können, also auch die Querträger und Längsträger an allen Stellen der Fahrbahn mit denselben Abmessungen zu erhalten. Solche Rücksichten sollten jedoch hintangesetzt werden, wenn es sich darum handelt, dem ganzen Bauwerk ein günstiges Aussehen zu verleihen.

9. Bei der Ausbildung der Knotenbleche und der Nietverbindungen sollte man dahin streben, eine größere

Regelmäßigkeit und gefälligere Formen als bisher zu erzielen. Es hat übrigens den Anschein, als ob gerade in den letzten Jahren hierin erfreuliche Fortschritte eingetreten seien. Beispielsweise zeigt die im Jahre 1907 ausgeführte Eisenkonstruktion der neuen Glienicker Brücke bei Potsdam sehr angenehm wirkende Formen von Knotenblechen. In dieser Hinsicht kann die Brücke gewiß als Vorbild empfohlen werden. Wenn die Knotenbleche in angemessener Weise ausgebildet werden, sind sie als ein in ästhetischer Beziehung nicht ganz unbedeutendes Mittel anzusehen, um die Starrheit der Konstruktion etwas zu mildern, indem sie den Blick aus der einen Stabrichtung in die andere überleiten. Diese Aufgabe können sie aber nur erfüllen, wenn bei ihrer Ausbildung nicht zu sparsam verfahren wird. Andererseits kann es auch manchmal aus ästhetischen Gründen vorteilhaft erscheinen, die Knotenbleche länger und breiter auszubilden, als dies mit Rücksicht auf die Festigkeit erforderlich wäre.

Es ist natürlich nicht möglich, alle diejenigen Fälle anzuführen, in denen ein gewisser Mehraufwand an Material aus ästhetischen Rücksichten sich empfehlen kann. Immerhin dürften die angeführten Beispiele genügen, um zu zeigen, daß tatsächlich gewisse Verbesserungen gegenüber der heutigen Konstruktionspraxis nicht ganz ausgeschlossen und damit eine Vorwärtsbewegung in ästhetischem Sinne wohl noch möglich ist.

Von besonderer Wichtigkeit für die Ausbildung vieler Eisenkonstruktionen ist die praktische Forderung, daß das Bauwerk eine möglichst große Steifigkeit aufweisen solle. Diese Forderung läßt sich namentlich bei Balkenträgern oft schwer mit den ästhetischen Rücksichten vereinigen. Ein einfacher Balkenträger ist um so steifer, je höher er ist; andererseits wirkt aber sein Aussehen günstiger bei verhältnismäßig geringer Trägerhöhe. Beispielsweise wird man einem Halbparabelträger eine Höhe von etwa $\frac{1}{4}$ der Stützweite geben, wenn nur praktische Rücksichten in Frage kommen; will man aber auch die ästhetische Wirkung berücksichtigen, so wird sich in vielen Fällen eine geringere Höhe empfehlen, wenn auch die Gurtungen alsdann etwas stärker ausfallen werden. Noch schärfer ist der Zwiespalt zwischen der praktischen Forderung möglichst großer Steifigkeit und geringen Gewichts einerseits und den ästhetischen Rücksichten andererseits bei durchgehenden Trägern und Auslegerträgern, die eine konkave Gurtungsform haben, also beispielsweise bei Hauptträgern von der Form der Glienicker Brücke bei Potsdam (Abb. 29). Hier wäre mit Rücksicht auf eine große Steifigkeit in der Mitte der großen Öffnung eine tunlichst große Trägerhöhe, mit Rücksicht auf die ästhetische Wirkung aber eine tunlichst kleine Trägerhöhe zu wählen. Vergleicht man beispielsweise die Franz-Josephbrücke in Budapest (Abb. 23) mit der Rheinbrücke zwischen Ruhrort und Homberg (Abb. 41), dann fällt sofort der große Unterschied in den Höhenverhältnissen der Hauptträger auf. In ästhetischer Hinsicht wirkt die Franz-Josephbrücke viel günstiger als die Ruhrorter Brücke; dagegen ist mit Rücksicht auf die Steifigkeit und die damit in Verbindung stehende Sicherheit der Konstruktion gegenüber dynamischen Einflüssen die Ruhrorter Brücke viel zweckmäßiger angeordnet als die Budapestener.

Keineswegs gibt also eine Anordnung ohne weiteres deshalb eine günstige ästhetische Wirkung, weil sie in irgend welcher Weise zweckmäßig ist. Wie die angeführten Fälle zeigen, stehen manchmal die praktischen und die ästhetischen Rücksichten in einem gewissen Widerspruch zu einander. Dieses Verhältnis zeigt sich namentlich bei der ersten Entscheidung über die Art des Trägersystems.

Wir wollen in dieser Beziehung eine Frage erörtern, die bei vielen Brückenbauten der letzten Jahre aufgetreten ist. Bei der Betrachtung der geschichtlichen Entwicklung haben wir gesehen, wie einerseits Auslegerträger (und durchgehende Träger ohne Gelenke), andererseits Bogenfachwerkträger mit Zugbändern bei uns in Deutschland immer mehr in den Vordergrund getreten sind. Es hängt dies zum Teil auch mit der Bodengestaltung zusammen. Tief eingeschnittene Täler und Schluchten sind in Deutschland nicht gerade häufig; die meisten Flüsse haben ziemlich flache Ufer. So stand denn in der Mehrzahl aller Fälle keine sehr große Konstruktionshöhe zur Verfügung; man war deshalb sehr oft darauf hingewiesen, die Hauptträger oberhalb der Fahrbahn anzuordnen. Es ist somit begreiflich, daß die beiden genannten Trägerarten bei großen Wettbewerben meist eine wichtige Rolle gespielt haben. Da dies voraussichtlich auch künftig der Fall sein wird, so ist es von Wert, die praktischen und ästhetischen Vorteile und Nachteile beider Trägerarten gegeneinander abzuwägen. Es ist hierbei vorausgesetzt, daß die Hauptträger ganz oder größtenteils über die Fahrbahn hinausragen.

Wie bereits Seite 46 erwähnt wurde, tritt bei Balkenträgern großer Stützweite die Schwierigkeit auf, daß eine verhältnismäßig kleine Feldweite erwünscht ist. In diesem Falle würde bei einfacher Wandgliederung die Neigung der Diagonalen zu steil, was aus praktischen und ästhetischen Rücksichten nicht erwünscht ist. Zur Vermeidung dieses Übelstandes wählte man früher die sogenannten mehrfachen Fachwerke, später die Zwischenkonstruktionen (vergl. Seite 47). Die genannte Schwierigkeit ist aber bei dem Bogenfachwerkträger mit Zugband nicht vorhanden, da man bei dem verhältnismäßig geringen Abstände der beiden Bogengurtungen eine ziemlich kleine Feldweite wählen kann. Dieser Umstand wird um so mehr ins Gewicht fallen, je größer die Stützweite ist. Ferner kann man bei den Bogenträgern die Fahrbahn derart unabhängig von den Hauptträgern ausbilden, daß beide Teile hinsichtlich ihrer verschiedenartigen Formänderungen sich gegenseitig nicht ungünstig beeinflussen. Schließlich ist zwischen den außerhalb und innerhalb der Hauptträger liegenden Teilen der Fahrbahn ein Querverkehr bei Bogenträgern leichter möglich, als bei Balkenträgern, weil bei den ersteren nur die Hängestangen, bei den letzteren Vertikalen und Diagonalen die Fahrbahn kreuzen. Als Vorteile der Balkenträger gegenüber der angeführten Art von Bogenträgern ist vor allem das wesentlich geringere Gewicht der ersteren zu nennen. Dieser Vorteil der Balkenträger wiegt aber alle die angeführten Vorteile der Bogenträger reichlich auf. Ferner scheinen bei den letzteren die dynamischen Wirkungen der Verkehrslasten ungünstiger zu sein, und zwar vermutlich deshalb, weil hier die Fahrbahn in weniger engem Zusammenhange mit den Hauptträgern steht. Es ist daher bei der frei auf-

gehängten Fahrbahn die Möglichkeit elastischer Schwingungen größer als bei der unmittelbar mit den Hauptträgern verbundenen. Die Vorteile der beiden Anordnungen verhalten sich also ähnlich wie die der festen und der beweglichen Auflagerung der Querträger. Von der letzteren ist man bekanntlich wieder abgekommen, weil hierbei zur Erzielung der erforderlichen Steifigkeit des Rahmens mehr Eisen angewendet werden müßte, als dem erzielten Vorteil (Vermeidung von Nebenspannungen) entsprach. In jedem Falle ist aber der Zusammenhang der Fahrbahn mit den über sie hinausragenden Hauptträgern bei den Bogenträgern weniger fest und widerstandsfähig, als bei den Balkenträgern, so daß die Widerstandskraft der den dynamischen Einflüssen zunächst ausgesetzten Fahrbahnteile bei den Balkenträgern größer ist als bei den mit Zugbändern versehenen Bogenträgern.

Wären also nur die praktischen Rücksichten maßgebend, so fiel ein größeres Gewicht zu Gunsten der Balkenträger in die Waage. Gleichwohl sehen wir, daß aus ästhetischen Gründen sehr oft der Bogenträger vorgezogen wurde.

Einfache Balkenträger werden zwar immer noch in sehr großer Zahl ausgeführt; in denjenigen Fällen jedoch, in denen auf eine ästhetische Wirkung besonderer Wert gelegt wird, wie bei allen Wettbewerben, sind einfache Balkenträger nur noch verhältnismäßig selten vorgeschlagen worden. Tatsächlich haben auch die über mehrere Stützen durchgehenden Träger zwei sehr wichtige ästhetische Vorzüge gegenüber den einfachen Balkenträgern. Zunächst wirkt bei den ersteren die Eisenkonstruktion viel mehr als einheitliches, geschlossenes Ganzes, sodann sind bei den durchgehenden Trägern gewöhnlich die an die Mittelstützen angrenzenden Teile stärker betont, während bei den einfachen Balkenträgern zumeist die Mitte der Stützweite den Blick auf sich zieht, weil hier die Trägerhöhe gewöhnlich am größten ist. Offenbar haben diese Unterschiede der ästhetischen Wirkung vornehmlich dazu beigetragen, die Ausführung von durchgehenden Trägern und von Auslegerträgern gegenüber den einfachen Balkenträgern zu fördern.

Bei den heute üblichen Formen der Träger zeigt das Bogenfachwerk mit Zugband gewisse, nicht zu unterschätzende Vorzüge in ästhetischer Beziehung. Aber die oben erwähnten ästhetischen Vorzüge der durchgehenden Balkenträger kommen nicht nur gegenüber den einfachen Balkenträgern, sondern fast ebenso sehr gegenüber den Bogenfachwerkträgern mit Zugbändern in Betracht. Eine Reihenfolge von gleichartigen, über die Fahrbahn hinausragenden Bogenfachwerkträgern ist in ästhetischer Beziehung nicht gänzlich ohne Mängel. Die auf den Mittelpfeilern entstehenden Sättel wirken ungünstig, sie bedeuten ein minus, wo gerade ein plus stehen sollte. Man darf also folgendes behaupten:

Die ästhetischen Vorzüge der durchgehenden Träger (mit Gelenke oder ohne solche), nämlich größere Einheitlichkeit der Eisenkonstruktion und stärkere Betonung der Mittelstützen, fallen nicht nur gegenüber den einfachen Balkenträgern, sondern auch gegenüber den Bogenfachwerkträgern mit Zugbändern bedeutend ins Gewicht. Sollte es mit der Zeit möglich sein, die Formen der durchgehenden Träger in ästhetischer Beziehung weiter zu verbessern, dann dürfte es vielleicht gelingen, sie gegenüber den Bogenfachwerkträgern noch mehr als bisher konkurrenzfähig zu machen,

so daß sie häufiger den Sieg zu erringen imstande sein werden. Der künftigen Entwicklung eine derartige Richtung zu geben, erscheint besonders deshalb sehr wünschenswert, weil die Bogenfachwerkträger innerhalb der letzten zehn Jahre in einer geradezu Überdruß erregenden Zahl gebaut worden sind. Und diese Überlegungen werden gewiß noch bekräftigt durch den Gedanken, daß tatsächlich die praktischen Bedingungen vorwiegend zu Gunsten der Balkenträger sprechen. Wie bereits bemerkt, erfordern die Bogenträger mit Zugbändern gewöhnlich mehr Eisen, als die Balkenträger.¹⁾ Würde man auch nur einen Teil dieses Mehraufwandes dazu benutzen, um die durchgehenden Balkenträger in ästhetischer Hinsicht vorteilhafter zu gestalten, dann würden sie jedenfalls besser mit den Bogenfachwerkträgern wetteifern können.

Dazu kommt noch ein Umstand, den wir in dem Abschnitt „Vereinigung des Eisens mit anderen Baustoffen“ erörtert haben. Wie dort Seite 74 erwähnt wurde, hat der lotrechte Endabschluß der Bogenfachwerkträger in sehr vielen Fällen dazu geführt, diese an sich unschön und hart aussehende Stelle der Eisenkonstruktion durch Steinbauten von beträchtlichem Umfange abzuschließen, oder zu verdecken. Wenn es auch gewiß möglich ist, Auswüchse von der oben Seite 73 erwähnten Art zu vermeiden, so wird doch in vielen Fällen die Endform des Bogenfachwerkträgers auch künftig dazu führen, Steinkörper an den Enden des Bauwerks zu errichten, die die Eisenkonstruktion überragen und damit diese Stelle in dem Gesamtbilde des Bauwerks verhältnismäßig stark betonen. Es wäre aber viel richtiger, die Mittelpfeiler ästhetisch hervorzuheben (vergl. oben Seite 75). Weit günstiger können in dieser Beziehung die Auslegerträger oder durchgehenden Träger wirken, weil bei diesen die Trägerhöhe an den Enden verhältnismäßig sehr gering gewählt werden darf. Steinbauten sind also hier nicht nötig, und wenn man solche doch noch an den Enden errichten will, können sie in bescheidenen Abmessungen gehalten werden.

Und wenn man sich vollends vor Augen führt, welche beträchtlichen Summen für die Herstellung jener gewaltigen Portaltürme aufgewendet wurden, dann wird man gewiß behaupten dürfen, daß nur ein kleiner Teil jener Summen, für die ästhetische Ausbildung von Auslegerträgern oder durchgehenden Trägern aufgewendet, eine weit vorteilhaftere Wirkung des Gesamtbildes ergeben hätte.

Dieselben Vorzüge, die zu Gunsten der durchgehenden Balkenträger sprachen, kommen zum Teil auch für die Hängebrücken in Betracht. Auch bei diesen sind die Mittelstützen ohne weiteres die am meisten in die Erscheinung tretenden Punkte. Es erscheint daher erwünscht, auch dieser Bauart wieder mehr Beachtung zuzuwenden, als dies in früheren Jahren geschehen ist. Von den oben Seite 18) erwähnten Mitteln zur Versteifung kommen im wesentlichen wohl nur die beiden neuesten in Betracht, nämlich die Anordnung eines besonderen Versteifungsbalkens, und ferner das sogenannte Hängefachwerk.²⁾

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1909, S. 176 u. 1912, S. 147. In dem letzteren Aufsatz berichtet Schaper über einen Fall, in dem es gelungen ist, Bogenfachwerkträger ebenso leicht auszuführen, wie einfache Balkenträger derselben Stützweite.

²⁾ Nähere Angaben über diese Trägerarten finden sich in dem Aufsatz von R. Sonntag „Wirtschaftliche Gesichtspunkte und

Es ist aber zu beachten, daß bei den in Deutschland für gewöhnlich in Betracht kommenden Stützweiten Balken- und Bogenbrücken den Hängebrücken in wirtschaftlicher und technischer Beziehung überlegen sind.¹⁾ Namentlich sind die elastischen Durchbiegungen und Schwankungen bei Hängebrücken viel größer als bei Balkenbrücken. Wenn also nicht ganz besondere Gründe für die Wahl einer Hängebrücke sprechen, sollte man — wenigstens für deutsche Verhältnisse — lieber eine Auslegerbrücke oder eine Brücke mit durchgehenden Trägern wählen.

Wir haben bei der Gegenüberstellung des Bogenträgers mit Zugband und des durchgehenden Balkenträgers gänzlich davon abgesehen, ob der letztere mit Gelenken oder ohne solche ausgeführt wird. Diese Frage, die ja schon vielfach erörtert wurde, gehört im wesentlichen in das technische Gebiet. Da aber auch die ästhetische Wirkung unter Umständen durch die Gelenke beeinflusst werden kann, so sei die erwähnte Frage hier noch möglichst kurz behandelt.

Die durchgehenden, nur an den Auflagern mit Gelenken versehenen Träger haben bekanntlich den Übelstand, daß ihre Spannkraft gegenüber ungleichmäßigen Stützensenkungen und Wärmeeinflüssen, sowie gegen Fehler, die bei Aufstellung hinsichtlich der Höhenlage der Stützen gemacht werden, sehr empfindlich sind. Der Vorteil der Gelenke besteht darin, daß diese bei durchgehenden Trägern entstehenden Nebenspannungen vermieden werden. Weitere greifbare Vorzüge lassen sich zu Gunsten der Gelenke kaum anführen. Nur bei Bauwerken, die zu untergeordneten oder vorübergehenden Zwecken dienen, fällt wohl der Umstand ins Gewicht, daß infolge des Vorhandenseins der Gelenke die Zahlenrechnung erleichtert wird. Dagegen sind mit den Gelenken schwerwiegende technische Nachteile verbunden. Zunächst bereitet ihre Ausbildung im einzelnen oft Schwierigkeiten, jedenfalls aber verursacht sie nicht unerhebliche Kosten. Ferner haben die mit Gelenken versehenen Träger den Übelstand, daß sie durch die statischen und dynamischen Einwirkungen der Betriebslasten weit größere Durchbiegungen und Erschütterungen erleiden, als Träger ohne Gelenke unter sonst gleichen Bedingungen. Und dies gilt nicht nur in lotrechtem, sondern auch in wagerechtem Sinne. Stets haben wir die Konstruktion als räumliches Gebilde aufzufassen und müssen sie auch gegen die senkrecht zur Ebene des Haupttrag-systems wirkenden Kräfte widerstandsfähig machen. Bei der Erfüllung dieser Aufgabe sind nun die Gelenke sehr hinderlich. Freilich wird da mancher erfahrene Konstrukteur lächelnd sagen: „Das haben wir schon lange gelernt.“ Aber dieser Einwand ist nicht stichhaltig. Wenn man auch noch so genau rechnerisch nachweist, daß die Windkräfte und dergleichen trotz der Gelenke sicher übertragen werden, stets ist ein Träger mit Gelenken nicht so widerstandsfähig gegen seitliche, namentlich dynamische Kraftwirkungen. Was den Einfluß der Sonnenbestrahlung bei durchgehenden Trägern betrifft, so lassen sich diese wohl in Kauf nehmen, indem man eben die zulässige Beanspruchung

etwas herabsetzt. Den Einfluß der Aufstellungsfehler kann man dadurch ausschalten, daß man den Träger nur während der Aufstellung mit vorübergehend wirkenden Gelenken versieht, diese aber späterhin wieder beseitigt. Diese Maßnahme ist wohl schon öfter in der Praxis angewandt worden; sie läßt sich auch bei Bogenträgern ausführen. Nur der Einfluß von Stützensenkungen, die nach der Vollendung des Bauwerkes eintreten, kann die Ausführung von Gelenken rechtfertigen. Betrachten wir also die Vorzüge und Nachteile der Gelenke von der rein technischen Seite, so gelangen wir immer mehr zu der Überzeugung, daß Gelenke nur als ein Notbehelf anzusehen sind. Übrigens hat meines Wissens Müller-Breslau bereits vor mehr als 10 Jahren eine derartige Anschauung geäußert. Und Culmann hat sich vor noch längerer Zeit gegen die Gelenke ausgesprochen.²⁾

Aber auch im Hinblick auf die ästhetische Wirkung sind Gelenke nicht erwünscht, soweit sie in der äußeren Erscheinung des Bauwerkes deutlich in die Augen fallen. Der nicht-sachkundige Beschauer wird kein besonderes Interesse, aber auch keinen ästhetischen Genuß an ihnen haben. Aber auch der sachkundige Beschauer, der den Eindruck des Bauwerkes ästhetisch erfassen will, wird durch den Anblick der Gelenke gestört, weil sie die Stetigkeit in der Anordnung des Trägernetzes an einer Stelle unterbrechen, die keinen besonderen Anlaß hierzu bietet. Ich halte die Stetigkeit — in mathematischem Sinne genommen, für ein wichtiges Mittel, um günstige ästhetische Wirkungen zu erzielen. Durch die Stetigkeit wird zugleich der Eindruck der Ruhe, gleichsam der Besonnenheit hervorgebracht. Bei ästhetisch gut ausgebildeten Fachwerken wird durch die stetige Krümmung der Gurtungen, die gleiche oder stetig sich ändernde Felderteilung und die grundsätzlich gleiche Art der Wandgliederung eine gewisse ebene Ruhe hervorgebracht. Unterbricht man aber die Anordnung an einigen ästhetisch nicht besonders bevorzugten Stellen, so fügt man hierdurch Glieder hinzu, die den sonst vielleicht günstigen Gesamteindruck stören. Will man also überhaupt Gelenke ausführen, so soll man sie aus ästhetischen Rücksichten möglichst wenig zur Erscheinung bringen. Beispielsweise sollte man Ausführungen wie bei dem Talübergang der Westerwaldquerbahn bei Westerbürg vermeiden.³⁾ Namentlich ist jedoch Wert darauf zu legen, daß die Form der Gurtungen an der Gelenkstelle keine Unstetigkeit und besonders keinen scharfen Knick aufweist.

Aber nicht nur bei Balkenträgern, sondern auch bei Bogenträgern sollte man Wert darauf legen, die Ausführung von Gelenken in dem fertigen Bauwerke tunlichst zu vermeiden. Bei jedem Gelenk wird man leicht dazu veranlaßt, in dessen Nähe die Gurtungen zusammenzuführen und so eine gewisse Unstetigkeit zu erzeugen. Bei der sonst so schönen Halle des Frankfurter Hauptbahnhofes haben die Gelenke dazu Veranlassung gegeben, die im übrigen fachwerkartige Gliederung der Bögen durch eine vollwandige Anordnung zu unterbrechen. Hierdurch ist die ästhetische Wirkung meines Erachtens etwas beeinträchtigt worden. Demgegenüber ist ein Bogen ohne Gelenke, dessen Gurtungen an

Vorschläge für den Bau versteifter Hängebrücken“, Eisenbau 1911, Heft 6 und 7.

¹⁾ Vergl. die Erörterungen über den Wettbewerb für die Kölner Straßenbrücke, Deutsche Bauzeitung 1911, S. 879 und Zeitschrift d. Ver. Deutscher Ing. 1911, S. 2145—2146.

²⁾ Vergl. den Aufsatz über die Schwarzwasserbrücke bei Bern; Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 358 u. f.

³⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1907.

den Auflagern einen sehr großen und im Scheitel einen verhältnismäßig kleinen Abstand haben, eine ideal-schöne Erscheinung, wie z. B. die Hauptträger der Schwarzwasserbrücke und der Müngstener Brücke (Abb. 54, 59 und Einschlagtafel II am Schluß des Atlas).

Die Erwägung, daß durch die Ausführung von Gelenken die Steifigkeit des Bauwerkes gegenüber verschiedenen Kraftwirkungen erheblich vermindert wird, kann für die ästhetische Ausbildung in mittelbarer Weise von Wert sein. Es wurde oben ausgeführt, daß bei Trägern mit konkaver Gurtungsform mit Rücksicht auf die Steifigkeit eine möglichst große, mit Rücksicht auf die ästhetische Wirkung aber eine tunlichst kleine Trägerhöhe in der Mitte der Hauptöffnung erwünscht ist. Unter diesen Umständen ist es offenbar sehr wichtig, daß eine Trägeranordnung gewählt wird, die an sich eine Gewähr für möglichst große Steifigkeit bietet. Verzichtet man also auf die Ausführung von Gelenken, dann erzielt man einen so großen Gewinn an Steifigkeit, daß man der ästhetischen Forderung einer möglichst geringen Trägerhöhe weit mehr entgegenkommen darf, als bei Ausführung von Gelenkträgern.

B. Proportion.

Bei der ästhetischen Wirkung größerer Eisenkonstruktionen kommt es viel weniger auf die Einzelformen, als besonders auf die Gesamtanordnung an. Hierbei sind nun von grundlegender Bedeutung die Abmessungen und Formen der Liniennetze.

Wenn wir zunächst von den Umrißlinien absehen, so sind es vor allem die Verhältnisse der wichtigsten Abmessungen, die einen großen Einfluß auf die ästhetische Wirkung des Bauwerkes haben. Hauptsächlich handelt es sich um folgende lineare Größen: Stützweite, Feldweite, Trägerhöhe, Pfeilhöhe (bei gekrümmten Gurtungen). Auch bei dem Entwerfen von Querrahmen spielt das Verhältnis der Höhe zur Breite eine wichtige Rolle.

Es fragt sich nun, welche Verhältnisse man für diese oder ähnliche Größen wählen soll. Selbstverständlich sind hierbei die besonderen Bedingungen des Einzelfalles, sowie praktische Erwägungen (günstige Knotenverbindungen, geringer Materialverbrauch usw.) in Betracht zu ziehen. Wenn man aber hiervon absieht, so gilt ganz allgemein folgende Regel: Man wähle diejenigen geometrischen Größen, die zu einander in ästhetischer Beziehung stehen, so daß sie möglichst einfache Zahlenverhältnisse bilden.

Diese Regel ist in der Architektur sehr alt und jedem Architekten bekannt. Weniger dürfte sie den Bauingenieuren geläufig sein. Ich verweise deshalb auf das Handbuch der Architektur (1883) IV. Teil, 1. Halbband, 2. Abschnitt: Die Proportionen in der Architektur von August Thiersch. Es wird dort gezeigt, wie die Regel der „Proportion“ in der Baukunst von den Ägyptern an bis ins neunzehnte Jahrhundert eine wichtige Rolle gespielt hat.

Es ist zwar schon in der heutigen Praxis der Bauingenieure üblich, für die wichtigsten und grundlegenden Abmessungen des Bauwerkes tunlichst runde Zahlenwerte zu nehmen.

Dies geschieht aber vorwiegend aus praktischen Gründen und nicht mit Rücksicht auf die ästhetische Wirkung. Namentlich wird nicht hinreichend darauf geachtet, daß die Verhältnisse der zu einander in geometrischer Beziehung stehenden Größen runde Zahlenwerte ausdrücken. Beispielsweise kann es leicht vorkommen, daß die Feldweite eines Fachwerkträgers aus praktischen oder ästhetischen Gründen eine nicht ganz runde Maßzahl erhält, etwa = 4,38 m. Wollte man in diesem Falle die Trägerhöhe unabhängig von der Feldweite als eine möglichst runde Zahl annehmen, etwa = 6,0, so würde das Verhältnis der beiden Größen 4,38 : 6,0 nicht durch einfache Zahlen sich ausdrücken lassen. Im Sinne jener Regel wäre es also richtiger, die Trägerhöhe so zu wählen, daß sie sich zur Feldweite etwa wie 4 : 3 verhält; es wäre demnach die Trägerhöhe zu 5,84 m anzunehmen.

Die Forderung, daß einfache Zahlenverhältnisse gewählt werden sollen, braucht nicht buchstäblich genommen zu werden, sondern ist in erweitertem Sinne aufzufassen. In manchen Fällen wird man durch irrationale Zahlenverhältnisse sehr günstige Werte bekommen, beispielsweise durch Teilung nach dem goldenen Schnitt. Der Sinn jener Regel ist der, daß das Verhältnis der in Vergleich kommenden Größen durch einen möglichst einfachen mathematischen Vorgang zustande kommen soll. Diese Forderung ist offenbar am besten durch den goldenen Schnitt erfüllt; und deshalb ist auch der goldene Schnitt — an sich betrachtet — das ästhetisch günstigste Verhältnis zweier linearer Größen. Man wende daher den goldenen Schnitt an, so oft dies nach Lage der Sache angebracht erscheint. Es soll aber bei dieser Gelegenheit darauf hingewiesen werden, daß die weiteren Grenzen für ein zu wählendes Verhältnis zweier Raumgrößen nur durch das Gefühl bestimmt werden können und daß in dieser Hinsicht die allgemeine Regel der einfachen Zahlenverhältnisse keinen Anhalt gibt.

Die zweite Regel der Proportion besteht nach Thiersch in der Ähnlichkeit der geometrischen Figuren aller analogen Teile. Die in dem erwähnten Werke enthaltenen Abbildungen zeigen, wie jene Ähnlichkeit fast überall dadurch zustande kommt, daß die Verbindungslinien einander entsprechender Punkte durch einen gemeinsamen Schnittpunkt gehen. Vielleicht gibt uns dieses gemeinsame Kennzeichen der Proportion in der klassischen Baukunst einen Fingerzeig, wie wir die Proportion auch bei unseren Eisenkonstruktionen anwenden können. Eine wichtige Rolle spielen nämlich für die ästhetische Erscheinung der Fachwerkträger ihre Diagonalen. Wenn wir diese so anordnen, daß ihre Verlängerungen sämtlich durch einen Punkt gehen, dann erhalten wir vielleicht — grundsätzlich betrachtet — unter anderen Umständen etwas dem Ähnliches, was die Proportion bei den steinernen Bauwerken bedeutet. Selbstverständlich können dann die Feldweiten nicht genau gleich werden, sondern müssen allmählich andere Werte annehmen. Aber gerade das scheint mir in ästhetischer Hinsicht eher ein Vorzug zu sein. Der hier gemachte Vorschlag dürfte sich namentlich dann empfehlen, wenn die Trägerhöhe stark wechselt (vergl. oben S. 90).

Vielleicht liegt auch der Gedanke nahe, sämtliche Diagonalen einer Gruppe parallel anzuordnen. Ein derartiger

Vorschlag ist tatsächlich schon gemacht worden.¹⁾ Bei diesem Verfahren ergeben sich jedoch meistens zu große Unterschiede in den Feldweiten. Nach den von mir gemachten Erfahrungen erzielt man bessere Ergebnisse, wenn man alle Diagonalen durch einen Punkt gehen läßt.

Es gibt auch sonst in der heutigen Baukunst zahlreiche Fälle, in denen eine große Zahl von (gewöhnlich lotrechten) Baugliedern reihenweise in gleichen oder annähernd gleichen Abständen auftritt, so z. B. bei langen Brücken und Viadukten, ferner bei Warenhäusern oder sonstigen Hochbauten die Pfeiler. Bei derartigen Bauwerken entsteht dann leicht ein sehr einförmiges Aussehen, wenn alle wichtigen Bauteile und deren Abstände genau gleich angeordnet sind. Es gibt indessen verschiedene Mittel, um diese Einförmigkeit etwas zu beleben:

1. Es folgt jedesmal ein kleinerer Abstand auf einen größeren, wobei der Unterschied beider Abmessungen deutlich erkennbar ist. Dieses Mittel eignet sich hauptsächlich für Hochbauten.
2. Die Abstände nehmen nach irgend einem mathematischen Gesetz allmählich zu und wieder ab. Dieses Mittel eignet sich z. B. für große Brücken mit vielen Öffnungen; die mittlere Öffnung ist die größte und die Stützweiten nehmen nach den Ufern stetig ab. Man kann eine solche Teilung auch bei Hochbauten verwenden, etwa für die lotrechten Glieder bei den Schürzen großer Bahnhofshallen.
3. Man unterscheidet die einzelnen Glieder je nach ihrer Bedeutung in Hauptglieder und untergeordnete Glieder zweiter, dritter und vierter Ordnung. Dieses Mittel wurde bereits bei der Ausbildung von Viadukten erwähnt (vergl. oben Seite 77). Man kann es aber auch bei Hochbauten verwenden, etwa dadurch, daß man die in weiten Abständen zu setzenden Hauptpfeiler aus Stein, die übrigen jedoch aus Eisen herstellt. Die eisernen Pfosten können dann durch ihre Stärke und sonstige Ausbildung wieder unterschieden werden in Hauptpfosten und untergeordnete Pfosten.

Durch Anwendung derartigen Mittel lassen sich vielleicht sehr abwechslungsreiche und wirkungsvolle Gliederungen erzielen.

C. Linienführung.

Die Frage der Linienführung ist eigentlich erst eine Frage der Neuzeit. Schon das Wort „Linienführung“ ist eine ganz moderne Bildung, die vor etwa 30 Jahren noch ziemlich unbekannt war. Auch in der Baukunst hat dieser Begriff in früheren Zeiten lange nicht die wichtige Rolle gespielt wie heute. Wohl hat sich schon die Kunst früherer Zeiten der Wirkung von Linien oftmals bedient. Aber diese Linien waren doch nur als die Formen einzelner Bauteile oder Bauglieder von Bedeutung, selten oder fast niemals als die Formen des ganzen Bauwerks.

Das Bestreben, die Gesamtformen als das wichtigste Mittel künstlerischer Gestaltung vorherrschen und dagegen die Einzelformen verhältnismäßig zurücktreten zu lassen, gewahren wir nun ganz besonders in den künstlerischen

Anschauungen der Gegenwart. Es hängt dies mit zwei Umständen zusammen; einerseits mit dem Streben nach Einfachheit und Sparsamkeit in der Verwendung von Schmuckformen (vergl. Seite 84–85), andererseits mit der Entwicklung des Eisenbaues, der es heute ermöglicht, Konstruktionen gewaltigen Umfanges herzustellen, wie sie die Baukunst früherer Zeiten nicht kannte.

Aus diesen Betrachtungen geht zugleich hervor, daß die Frage der Linienführung für die heutige Baukunst eine noch weit größere Bedeutung gewonnen hat, als sie in der Vergangenheit besaß. Ja, man darf wohl behaupten, daß die Frage der Linienführung eine der allerwichtigsten, vielleicht die wichtigste künstlerische Frage der Gegenwart und Zukunft geworden ist und weiterhin sein wird.

Handelt es sich nun darum, für die weitere Entwicklung des Eisenbaues zukunftsreiche Aussichten anzudeuten, so werden wir vor allem die Frage zu erörtern haben: „Durch welche Eigenschaften wird eine irgendwie geformte Linie ästhetisch wirksam oder ästhetisch wertvoll?“

Wie bereits mehrfach erwähnt, ist die gekrümmte Linie einer geraden ästhetisch überlegen. Beispielsweise wirken Bogen- und Hängebrücken vorteilhafter als Balkenbrücken mit geraden, parallelen Gurtungen. Dieser Umstand beruht wohl darauf, daß die krumme Linie einen fortwährenden Wechsel ihrer Richtung aufweist, während die gerade Linie ihre Richtung unverändert beibehält und deshalb zu einförmig wirkt. Alle Künste erstreben einen angenehmen Wechsel derjenigen Eigenschaften, die in ästhetischer Beziehung eine besonders wichtige Rolle spielen. Wenn also die krumme Linie ästhetisch wirkungsvoller ist, als die gerade, so erkennen wir darin einen besonderen Fall eines allgemein gültigen ästhetischen Gesetzes.

Will man nun bei einer krummen Linie eine weitere Steigerung des ästhetischen Eindrucks hervorbringen, dann lasse man die Krümmung selbst wieder sich ändern. Als das Maß der Krümmung bezeichnet man in der Mathematik bekanntlich den Halbmesser des Kreises, der an die betreffende Linie in einem gewissen Punkte sich möglichst eng anschmiegt. Es kommt also bei dem Entwerfen von Linien darauf an, daß der Krümmungshalbmesser sich ändert. Bei den meisten der bis jetzt verwendeten Linien ist dies auch der Fall, aber bei weitem nicht in genügendem Maße. Die gewöhnlich vorkommenden flachen Parabeln haben nur einen verhältnismäßig geringen Unterschied der Krümmung an den verschiedenen Stellen. Der Unterschied sollte aber so groß sein, daß er mit freiem Auge, ohne Messung und Berechnung, sich erkennen läßt.

Ferner ist es von großer Wichtigkeit, an welchen Stellen die Krümmung stark und an welchen sie schwach ist. Wir haben oben gesehen, daß die Krümmung an sich eine ästhetisch besonders wirksame Eigenschaft ist. Wenn dieses zutrifft, dann werden diejenigen Stellen, an denen die Krümmung stark, der Krümmungshalbmesser klein ist, ästhetisch hervorgehoben; diejenigen Stellen, an denen die Krümmung schwach, oder der Krümmungshalbmesser groß ist, treten jedoch verhältnismäßig zurück.

Man kann diese Forderungen auch so ausdrücken: die Linie soll eine charakteristische, eigenartige Gestalt haben.

¹⁾ Eisenbau 1911, S. 183.

In einer früheren Betrachtung (Seite 85) wurde gezeigt, wie das Streben nach charakteristischen Formen in unserer ganzen heutigen Kunst überall stark hervortritt. Darum ist es erwünscht, daß dieses Streben auch bei den Linien großer Eisenkonstruktionen mehr als bisher zur Geltung kommen möge. Dieses kann durch einen starken Wechsel der Krümmung geschehen. Ein Kreisbogen oder eine Linie mit nahezu gleichbleibendem Krümmungshalbmesser zeigen typische, alltägliche Formen, sie haben keinerlei besondere Eigenart. Soll dagegen die Linie eine charakteristische Eigenschaft aufweisen, soll sie als Einzelwesen von der großen Zahl bekannter Linien sich absondern, dann muß ihr Krümmungshalbmesser deutlich erkennbar sich ändern.

Wir können für diese Forderung einen Vergleich mit einer anderen Kunst anstellen, nämlich mit der Musik. Ein Stück, das in seinem ganzen Verlauf mit derselben Tonstärke gespielt wird, wirkt einförmig und langweilig. Erst dadurch, daß die Tonstärke wechselt, dadurch, daß die wichtigsten Stellen mit starker Betonung, andere wieder leise vorgetragen werden, erhält das ganze Kunstwerk denjenigen Grad von Eigenart oder Leidenschaft, der ihm den vollen Beifall sichert. Ähnlich steht es auch mit den Linien der Eisenkonstruktionen. Erst dadurch, daß ihre Krümmung sich ändert, erhalten sie einen solchen Reiz, daß sie das Auge des Beschauers dauernd anziehen vermögen.

Die zweite Grundforderung besteht darin, daß die Krümmung sich stetig ändern soll. Bei der kritischen Betrachtung ausgeführter Konstruktionen wurde darauf hingewiesen, daß scharfe Knicke in den Formen der Gurtungen möglichst zu vermeiden sind. Wollen wir eine ästhetische Verbesserung der Linien anstreben, so müssen wir darauf achten, daß nicht nur die Richtung, sondern auch die Krümmung stetig verläuft. Wollte man nur die oben gegebene Regel der Krümmungsänderung befolgen, dann wäre es zunächst ganz leicht, hiernach eine Linie zu entwerfen; man brauchte einfach einen Kreis mit kleinem Halbmesser und eine lange gerade Linie zusammenzusetzen. Ein solches Verfahren wäre aber nicht zu empfehlen; wie oben Seite 59 bei Betrachtung einiger größerer Hallenbinder gezeigt wurde, lassen sich günstige Formen auf diesem Wege nicht erzielen.

Die Forderung der Stetigkeit, die bereits oben Seite 93 allgemein erörtert wurde, ist also von großer Bedeutung für die Gurtungsformen. Noch schärfer ausgedrückt lautet diese Forderung dahin, daß die ganze Linie aus einem einzigen Grundgedanken entwickelt werden soll. Eine mathematische Linie, die einer einzigen Gleichung entspricht, zeigt bekanntlich im allgemeinen eine stetige Änderung des Krümmungshalbmessers. Es ist also — vom theoretischen Standpunkte betrachtet — erwünscht, daß die ganze Linie zwischen zwei Stützpunkten einer einzigen Gleichung oder einer einzigen Bedingung genügt.

In der zuletzt ausgesprochenen Form erscheint die Forderung stetiger Richtungs- und Krümmungsänderung als ein Sonderfall der ganz allgemeinen Regel von der „Einheit des Mannigfaltigen“ (vergl. Einleitung Seite 3). Das „Mannigfaltige“ besteht darin, daß Richtung und Krümmung sich ändern, also an verschiedenen Punkten verschieden sind. Die „Einheit“ würde jedoch darin zu bestehen haben, daß

die ganze Linie einem einzigen Gedanken, nämlich einer einzigen Gleichung entspricht.

D. Flächenbehandlung.

Bei der Flächenwirkung von Eisenkonstruktionen handelt es sich hauptsächlich um zwei Arten von Flächen:

1. um die Flächen der Eisenteile selbst und
2. um die Flächen der Baustoffe, die mit dem Eisen in Verbindung stehen.

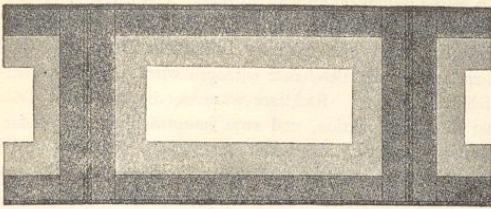
Bei den meisten Konstruktionen sind zwar die Eisenteile verhältnismäßig dünn, so daß diese von weitem gesehen nur als Linien wirken. Bei näherer Betrachtung treten aber die Flächen doch etwas mehr hervor. Es ist daher für die künstlerische Wirkung durchaus nicht gleichgültig, wie die einzelnen sichtbaren Teile behandelt werden. Die bis jetzt gewöhnlich verwendete graue Farbe macht einen etwas toten und nüchternen Eindruck. Nach meiner Erfahrung wird dieser erheblich verbessert, wenn man dem Grau ziemlich viel Gelb zusetzt, so daß die Gesamtwirkung als graugelb oder besser noch als gelbgrau bezeichnet werden darf.

Für die ästhetische Wirkung von Gurtungen der Eisenkonstruktionen sind bekanntlich die an den Rändern vorspringenden Schenkel der Winkel- — oder $\square$ -Eisen sehr wichtig. Durch die hierbei auftretenden Schatten werden die Ränder stark hervorgehoben. Man soll daher bei Gurtungen stets die Winkel- oder $\square$ -Eisen so anordnen, daß ihre Schenkel an den Rändern der äußeren Flächen vortreten.

Diese Wirkung, die wohl in den meisten Fällen schon jetzt vorhanden ist, läßt sich aber bedeutend steigern und unterstützen, wenn man die Randwinkel und namentlich die abstehenden Schenkel dunkler streicht, als die mittleren Teile der Fläche. Diese Art der Flächenbehandlung ist namentlich bei breiten vollwandigen Trägern sehr zu empfehlen, deren große Flächen bei vollkommen gleichartiger Ausführung des Anstrichs einen toten und unerfreulichen Eindruck machen. In solchen Fällen sollte man die verhältnismäßig geringen Mehrkosten nicht scheuen, die durch eine verschiedene Behandlung der Gurtwinkel und der Stegbleche entstehen. Bei sehr breiten Flächen kann man vielleicht noch weitere Abstufungen dadurch erzielen, daß man mehrere ineinander liegende Rechtecke anordnet, von denen die äußeren Teile jedesmal etwas dunkler gehalten sind als die inneren (vergl. die nachstehende Skizze).

Derselbe Grundsatz läßt sich auch auf die Vereinigung von Eisen mit anderen Stoffen bei Hochbauten anwenden. Die umrahmenden Eisenteile sind dunkler, die flächenbildenden Teile (z. B. der Beton) sind heller zu halten. Man darf in solchen Fällen die Abstufung wohl energischer ausführen, als dies bis jetzt in der Regel üblich war. So kann es sich beispielsweise empfehlen, die Eisenteile in tiefem Schwarz, die von ihnen eingerahmten Flächen aber in hellem, warmem Gelb, oder auch in Graugelb zu halten.

Für die Frage der Flächenbehandlung findet man beachtenswerte Winke und Anregungen in dem Werke von Cornelius „Elementargesetze der bildenden Kunst“ (z. B. S. 7, 10, 57, 63, 125—130, 139, 145—148 der 2. Auflage). Es möge dem Leser überlassen bleiben, für den einzelnen praktischen Fall sich die Anwendung selbst zu bilden.



10. Farbentönung bei einem Blechträger.

E. Raumgestaltung.

Wir haben in den letzten Jahren sehr oft den Satz verkündigen hören: „Die Architektur ist eine Raumkunst“. Wenn auch in dieser Behauptung eine gewisse Einseitigkeit liegt, so ist doch sicherlich ein wahrer Gedanke darin enthalten. Jedenfalls dürfen wir, wenn von einer weiteren Entwicklung des Eisenbaues die Rede sein soll, die Raumwirkung nicht außer acht lassen.

Es kann selbstverständlich nicht unsere Aufgabe sein, alle Fragen, die unter den Begriff „Raumgestaltung“ gehören, in dem begrenzten Rahmen dieser Schrift zu behandeln. Viele solcher Fragen stehen mit den Sonderbedingungen des einzelnen Falles im Zusammenhange und entziehen sich somit einer grundsätzlichen Erörterung. Ferner sind auch die meisten bis jetzt errichteten Eisenhochbauten in ihrer Raumwirkung von so einfacher Art, daß sich hierüber nicht viel sagen läßt. Und das wird wohl auch fernerhin so bleiben. Bei Längshallen, wie sie für Bahnhöfe, Fabrikgebäude, neuerdings auch als Luftschiffhallen verwendet wurden, sind die praktischen Erwägungen, vor allem die Frage der Kosten durchaus in erster Linie maßgebend. In solchen Fällen wird auch die Raumgestaltung sich mit ganz einfachen Wirkungen begnügen müssen.

Für den Begriff „Raumgestaltung“ in engerem Sinne kommen hauptsächlich die unter den Abschnitten „Kuppeln“ und „Hallenkomplexe“ betrachteten Gebäudegruppen in Frage. Unter den letzteren haben wir vor allen zwei Arten hervorgehoben, nämlich die basilikale Anordnung und die Vereinigung von Längshallen mit einem Zentralraum, der durch eine Kuppel überdeckt ist. Es fragt sich nun, inwieweit die räumliche Ausbildung solcher Anlagen einer weiteren Entwicklung fähig ist.

Wie wir gesehen haben, handelt es sich bei den meisten Hallenanlagen um ausgedehnte Grundflächen, während die Höhe im Verhältnis zur Breite ziemlich gering ist. Eine gesteigerte Raumwirkung kann nun dadurch erzielt werden, daß die Höhenrichtung zwar nicht im großen und ganzen, aber doch an den wichtigsten Stellen stärker als bisher betont wird. Es handelt sich also nicht darum, die ganze Fläche gleichmäßig in größerer Höhe zu überbauen, sondern eine stärkere Abstufung der einzelnen Teile eintreten zu lassen. Namentlich empfiehlt es sich bei basilikalen Anlagen, das Mittelschiff stärker über die Seitenschiffe hinausragen zu lassen, als bisher üblich war. Hierdurch würden auch die Beleuchtungsverhältnisse bedeutend verbessert.

Bei den bisher ausgeführten Kuppelbauten haben wir hauptsächlich zwei Fälle unterschieden. Entweder ist die

Jordan-Michel, Eisenkonstruktionen. I.

Kuppel vorwiegend oder gänzlich als äußeres Dekorationsglied behandelt, während die Gestaltung des Innenraumes unabhängig von der äußeren Form ausgeführt ist. Oder aber die äußere Gestalt richtet sich im wesentlichen nach den Raumbedürfnissen und den Konstruktionsbedingungen des Inneren. Dann wirkt aber die Außenansicht gewöhnlich sehr nüchtern und reizlos. Vor allem sind derartige Kuppeln in der Regel zu flach ausgebildet, als daß sie ein bekrönendes Motiv bilden könnten. Hieraus ergeben sich zwei Forderungen:

1. Die Raumgestaltung der Außen- und Innenansicht soll ungefähr dieselben räumlichen Vorstellungen gewähren; der Eindruck, den der Beschauer von beiden Seiten her empfängt, soll im wesentlichen derselbe sein. Die Raumkunst soll, wie jede Kunst, stets nach Wahrheit ihres Ausdruckes streben, sie soll also nicht im Äußeren etwas zeigen, was im Innern nicht vorhanden ist.
2. In dem ganzen Aufbau des Äußeren und Innern ist die Höhenrichtung ausreichend zu betonen. Dieses kann hauptsächlich durch drei Mittel geschehen:
 - a) dadurch, daß die Wölbung der Kuppel nicht unmittelbar über dem Erdboden beginnt, sondern daß zunächst ein lotrechter zylindrischer Teil vorhanden ist, der zu dem Ganzen in einem angemessenen Verhältnisse steht.
 - b) Dadurch, daß die Wölbung der Kuppel nicht zu flach gewählt wird.
 - c) Durch Anordnung einer bekrönenden Laterne von ausreichenden Breiten- und Höhenverhältnissen. Bei den meisten Kuppeln ist die Laterne zu zierlich ausgebildet. Sie wäre mehr als monumentales Bauglied zu gestalten.

Noch wichtiger als die Ausbildung einer einzelnen Kuppel ist die Vereinigung von Längshallen mit einem Zentralraum, der dann gewöhnlich durch eine Kuppel gekrönt wird. Die Kuppel nimmt alsdann im Verhältnis zu der gesamten Grundfläche einen ziemlich kleinen Raum ein. In einem derartigen Falle ist es ganz besonders wichtig, die Kuppel als bekrönendes Motiv recht hoch auszuführen und sie die ganze übrige Anlage erheblich überragen zu lassen. Ferner ist es sehr erwünscht, den Übergang aus der Längshalle in den Zentralraum allmählich und stetig zu gestalten. Dieses könnte dadurch geschehen, daß der Scheitel der Längshalle nicht geradlinig und wagerecht, sondern geneigt und krummlinig ausgeführt würde. Hierdurch könnte die räumliche Wirkung außerordentlich gewinnen. Denn es unterliegt doch wohl keinem Zweifel, daß eine lange Reihe von vollkommen gleichartig ausgebildeten Bindern mit gleichen Abständen, wie sie z. B. bei unseren Bahnhofshallen die Regel bildet, recht einförmig aussieht. Ließe man dagegen den Scheitel allmählich ansteigen, so erhielten die einzelnen Binder verschiedene Höhenverhältnisse und der Gesamteindruck würde hierdurch bedeutend lebhafter und eindrucksvoller. Grundsätzlich betrachtet würde eine solche Änderung vielleicht dasselbe bedeuten, wie einst in der mittelalterlichen Baukunst der Übergang von den Kreuzgewölben mit wagerechtem geradlinigem Scheitel zu den ansteigenden und busigen Gewölbekappen, nämlich einerseits die Anordnung zweifach

gekrümmter Flächen an Stelle von einfach gekrümmten, andererseits gesteigerte Höhenwirkung. Selbstverständlich könnte eine so kostspielige Anordnung nur bei solchen Gebäuden in Frage kommen, die nicht lediglich zu praktischen Zwecken errichtet werden, sondern bei denen auch ästhetische Rücksichten in höherem Grade zur Geltung kommen sollen, beispielsweise bei Ausstellungs- und Versammlungsräumen, Gewächshäusern, ja vielleicht sogar bei Kirchen.

Schließlich sei noch der Wunsch ausgesprochen, daß das Eisen als raumbildender Baustoff auch bei solchen Räumlichkeiten künftig in die Erscheinung treten möge, wo es bisher in der Regel verhüllt wurde. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um größere Säle, wie sie für Konzerte und ähnliche öffentliche Veranstaltungen in allen größeren

Städten vorhanden sind und fast täglich weiter entstehen. Da solche Räume oft größere Stützweiten haben, so überdeckt man sie heute gewöhnlich mit Hilfe einer Eisenkonstruktion, die aber durch eine darunter befindliche Decke aus Gips dem Anblick der Beschauer entzogen wird. Das ist eigentlich zu bedauern. Richtiger wäre es, die tragenden Teile der Eisenkonstruktion, und zwar hauptsächlich die Binder, für die Innenansicht hervortreten zu lassen. Hierdurch würde einerseits das Zusammenwirken der einzelnen Teile für den Beschauer deutlicher erkennbar, andererseits eine wirkungsvolle Gliederung der Decke gewonnen. Will man nicht den ganzen Binder zeigen, so könnte man wenigstens den Untergurt aus der Decke hervortreten lassen. Der Anschluß wäre dann voutenförmig zu gestalten.

Schlussbetrachtungen.

Bei Gelegenheit der vielen Erörterungen über die künstlerische Entwicklung der Ingenieurbauten ist oft betont worden, die Allgemeinheit müsse mehr Verständnis für die Schöpfungen der Ingenieure bekommen. Dieser Wunsch ist wohl nicht unberechtigt, aber viel wichtiger ist doch die umgekehrte Forderung: Der Ingenieur oder allgemein der Baukünstler sollte mehr als bisher Fühlung gewinnen mit den Fragen der Allgemeinheit.

Bei der großen Verbreitung und den oft bedeutenden Abmessungen der Eisenkonstruktionen handelt es sich in der Regel um eine Wirkung auf die großen, breiten Volksmassen. Solche Bauten werden ja von sehr vielerlei Menschen betrachtet, von sogenannten Gebildeten und Ungebildeten. Man kann doch nicht von einem ganz beliebigen Beschauer einer großen Brücke oder Halle verlangen, daß er sich zunächst in die Geheimnisse der Statik vertiefen solle, um zu einem ästhetischen Genuß des Bauwerks zu gelangen. Der Baukünstler, sei er Ingenieur oder Architekt, schafft nicht für sich allein, auch nicht für einen engen Kreis von Fachgenossen, sondern für die Allgemeinheit. Wenn er nun bei einer so großen Zahl von Beschauern — oder gar bei der Nachwelt — einen dauernden Eindruck erzielen will, sollte er mehr als bisher das Allgemein-Menschliche, das in jeder Seele nachklingen kann, in seinen Werken zum Ausdruck bringen.¹⁾ Und das wird er am besten erreichen, wenn er zu allernächst danach trachtet, in seinem eigenen Geistesleben diejenigen Gedanken und Gefühlskräfte, die für jeden Menschen Wert und Bedeutung haben, mehr als bisher zu fördern und zu pflegen. Mit andern Worten: Der Ingenieur sollte nicht ein einseitiger Spezialist sein, sondern ein möglichst vielseitig und harmonisch gebildeter Mensch, der für die großen und allgemeinen Fragen der Gegenwart und Zukunft Verständnis und Teilnahme hat.

Die Aufgabe, um die es sich hier handelt, ist nur ein

Sonderfall einer viel allgemeineren Frage, die eine immer größere Bedeutung in unserem ganzen Kulturleben zu gewinnen scheint. Im ganzen öffentlichen Leben, auf allen Gebieten der Kunst, Wissenschaft und Verwaltung gewahren wir heute eine starke Neigung zu fortschreitender Arbeitsteilung. Der einzelne geistige Arbeiter wird gezwungen, sich zu spezialisieren, wenn er irgend etwas Nennenswertes leisten will. Und so scheint sich der geistige Gesichtskreis des Einzelnen im Verhältnis zu dem der Gesamtheit immer mehr zu verengen. Daß eine solche Entwicklung große Gefahren in sich birgt, wurde gerade in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten betont. Wie in vielen andern Fällen, so liegt auch hier die richtige Lösung der Frage in einem glücklichen Ausgleich zwischen zwei einander widersprechenden Forderungen. Es handelt sich also darum, einerseits in ein begrenztes Arbeitsgebiet sich zu vertiefen, andererseits den Blick auf das große Ganze, auf die allgemeinen Fragen nicht zu verlieren.

Unter Anwendung auf das Sondergebiet dieser Schrift können wir die letzten allgemeinen Betrachtungen etwa in folgende Sätze zusammenfassen: Damit der Ingenieur lerne, ästhetische Rücksichten mehr als bisher bei seinen Bauwerken zur Geltung zu bringen, sollte er dahin streben, seine allgemein-ästhetische Bildung zu fördern. Der Ingenieur sollte gleichsam zwei Seelen in seiner Brust tragen; einerseits die Seele eines Fachmannes, der scharfsinnig rechnet und zweckmäßig konstruiert — andererseits aber sollte er auch imstande sein, Ingenieurbauwerke anzuschauen, wie ein Nichtfachmann, der noch gar nichts von Beanspruchungen, Trägheitsmomenten, statisch unbestimmten Trägern usw. gehört hat. Er sollte sich fragen: „Wie würde ich — unabhängig von allen Fachkenntnissen — diese Form oder jenes Verhältnis beurteilen? Denn es kommt doch schließlich darauf an, daß jene Vielen, die keine Fachkenntnisse haben, bei dem Anblick eines Ingenieurbauwerkes sich freuen können.“

¹⁾ Vergl. Groos, der ästhetische Genuß, S. 115—116.

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 kampflos 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 Schmiedeisen 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 Schweißisen-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 Schweißisen, 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)	Schweißisen (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,
saures 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 Schweißeisen 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 Schweißeisen 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 gutgehütetes 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. Mehrstens, 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:

„A 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 Winkel-eisen die Britannia-Brücke¹⁾ über die Menai-Meerenge als sogenannte Röhren- oder Tunnelbrücke d. h. als durchgehenden Kastenträger von solcher Weite, daß ein Eisenbahnzug durch sein Inneres hindurchfahren konnte. Damit entstand die erste große und dazu rein schmiedeeiserne Balkenbrücke 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 ausgeführt, 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 unvorteilhaft 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-Konstruktionen 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 aufgestellten doppelten Hängewerk der Wye-Brücke bei Chepstow 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 Halbparabelträgers 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 vorgehendes 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. Howse 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 Bolzengelenken 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 Südwaales 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 Querwänden 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 Kinzuabrücke 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 Oschützbachbrücke (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⁾ Wochenbl. f. Architekten u. Ingenieure 1883, S. 115.

⁴⁾ Wochenbl. 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 entfaltete 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 versehenen ³⁾ Isarbrücke bei Großhesselohe ⁴⁾ (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 findet ¹¹⁾.

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 Bolzengelenke 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 Mittelloffnung 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 Thomasmessing (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 Mannheim¹³⁾ (114,0 m) (Abb. 75), nachdem schon 1892–95 die Carolabrücke in Dresden (52,9 m)¹⁴⁾ 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 Passybrücke zu vermeiden, Zweigelenkbögen mit lotrecht abgebogenen Schenkeln verwendet¹⁵⁾. Ein eigenartiges Dreigelenk-Bogenfachwerk besitzt die Sarthe-Brücke (56 m)¹⁶⁾ 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-Viadukt¹⁷⁾ (80 m) in Griechenland (Abb. 85) und an der im gleichen Jahr vollendeten Brücke über die Nam-Ti-Schlucht¹⁸⁾ 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-Straßenbrücke¹⁹⁾, 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-Kanal²⁰⁾ 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 Bern²¹⁾ (114 m) (Abb. 54) und 1881–86 an der Straßenbrücke Luiz I über den Douro bei Porto²²⁾ (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)²³⁾, sowie 1895–98 an der Kornhaus-Straßenbrücke (Abb. 60) über die Aare in Bern²⁴⁾ (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.

¹³⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1908, S. 277.

¹⁴⁾ Zeitschr. f. Arch.- u. Ingenieurwes. 1897, S. 314, Tafelbeilage 10. Engin. Record 1901, Bd. 43, S. 201, 225.

¹⁵⁾ Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwes. 1909, S. 264.

¹⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 1250.

¹⁷⁾ Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1909, S. 722. Engineering News 1909. Vol. 62, S. 479.

¹⁸⁾ Le Génie Civil 1910, S. 277.

¹⁹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, S. 1105.

²⁰⁾ Ebenda, 1900, S. 580.

²¹⁾ 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.

²²⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1886, S. 111.

²³⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1888, Bd. 11, S. 123. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1888, S. 928.

²⁴⁾ 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 Fahrbahntafel 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 ausgetauscht.

Eine andere Versteifungskonstruktion 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 Flachatschen 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 sichernder 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, Eisenerne 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⁾.

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⁾ 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.

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. Fortschr. 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 Deelfluß-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 Bohlenbögen 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 Bohlenbinder 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. Bauverwltg. 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 schmiedeeisernen 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 Schlesienschen 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-Alttadt (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 lichtpendenden 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 aufruhren²⁾. 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 gebene 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 Vorausbestimmung 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 Künftlergeist 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) Zeldächer.

Unter den ersten schmiedeisernen Zeldächern 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 Zeldach 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 Zeldächern 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 Zeldach 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 fügten 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 Schmiedeisen 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 Schmiedeisen 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, Kohlenspeicher, 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 Ziervendung 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 Eisenbahnzug 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 schmiedeisenen 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 Fülé⁶⁾.

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 treffende 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

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⁾ 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.

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⁾. Denselben 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.

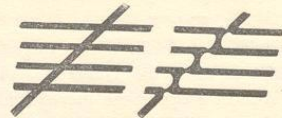
⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1902, S. 753, Fig. 5. Der Eisenbau 1912, S. 110.

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 Schmiedeeisen 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 Knotenpunktlösung 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 Aïx-les-Bains (Abb. 6), Müngsten (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 Hausteinebauten 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 kleinlichem 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 zusammenengenieteten 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 Gelenk-konstruktion.

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 Néville-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 Häserträger 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 obenliegender 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 ungeheurerlicher 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 1813, 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 möglichstes 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 Raumbegrenzen.

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 Rahmensystemen 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 tannenumsponnenen 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 aufzutragen. 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, Transformatenhäuschen 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 Schweißblechen und von Schweißblechen 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 Konkurrenzüberlegenheit 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 möglicher 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 eisenbetonummüllten 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 Eisenbetonummüllung 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 Zeltleinen 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. 608.

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 Schmiedeisen 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 Gußerzeugnisse 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 Schmiede-eisens, 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 Brunnengeläusen 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 Glas- und eine wirkungsvolle Farbgebung 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.

Orts- und Sachverzeichnis.

- Aachen**, Bahnhofshalle 129
Akademie des Bauwesens, Gutachten, betr. den Kölner Hauptbahnhof 74
Antwerpen, Bahnhofshalle 145
— Börse 44, 78, 131, 145
Architekt, Mitwirkung bei Eisenbauten 82, 104, 153, 175
Arnolds Schwebefähren 124
Ars, Moselbrücke 11
Assopos-Brücke (Griechenland) 117, 139
Aussichtstürme, Paris, Eiffelturm 36
— 135, 137, 163
— Vallendar 35
Ausstellung von Entwürfen zu Eisenbauten 176
Ausstellungshallen, Hallengruppen 33, 63
— Berlin, Gewerbeausstellung 1896 . 134
— Hygiene-A. 1883 41, 134
— Brüssel 1880, Jubiläumshalle 41, 143
— — 1910, deutsche Hauptmaschinenhalle 130
— — dgl., Kraftmaschinenhalle 130
— Chicago 1893 33, 129
— — Industriehalle 25
— Düsseldorf 1902 34
— Frankfurt a. M. 29, 34, 61, 66, 89, 134
— 150, 164, 171
— London 1851, Kristall-Palast 33, 65, 126
— 169
— — Olympiahalle 26, 128
— Lyon 1894, Kuppel 29, 132
— München, Theresienhöhe 130, 163
— Paris 1854, Industriepalast 126
— — 1867 127
— — 1878 33, 43, 79, 127
— — 1889 33, 58, 66, 129
— — dgl., Maschinenhalle 26, 59, 64, 129
— — 1900 33
— — dgl., Gewächshäuser 133
— Wien 1873 33, 133
Bad s. Schwimmhalle.
Bahnhöfe, Schalterhallen aus Eisen und Glas 41
Bahnhofshallen, ein- oder mehrschiffige, Wirtschaftlichkeit . . 157
— Endabschlüsse, Gliederung 141
— Erweiterungs-Möglichkeiten . . . 64
— Hallengruppen 30, 63
Bahnhofshallen, Hallenwände, Ausbildung 24
— Aachen 129
— Antwerpen 145
— Berlin, Alexanderplatz 129, 139
— — Anhalter B., Kopfseite 150
— — Friedrichstraße 129
— — Hochbahn-Haltestellen 110, 154
— — dgl., Bülowstraße 41
— — dgl., Hallesches Tor 41
— — dgl., Nollendorfplatz 41
— — Hoch- u. Untergrundbahn 154
— — Ostbahnhof 26, 129
— — Schlesischer B. 23, 40, 127, 129
— Boston, Süd-Unionbahn 130
— Bremen 24
— Brügge 45, 127
— Budapest 22
— Darmstadt 130
— Dresden, Hauptbahnhof 24, 129
— Frankfurt a. M. 23, 129, 139
— Hamburg, Dammtor-B. 40, 41
— — Hauptbahnhof 26, 59, 60, 64, 134, 170
— Köln a. Rh. 24, 40, 59, 74, 129
— London, Kings Cross-B. 26
— — Paddington-B. 43, 127
— — St. Pancras-B. 23, 59, 128
— St. Louis 30, 130
— Lübeck 171
— Metz 26, 60, 78, 129
— München, Hauptbahnhof 127
— Münster i. Westf. 133, 139
— Newyork, Pennsylvaniaabahn 133
— Paris, Lyoner B. 22
— — Orleans-B. 170
— Straßburg i. E. 57, 133, 141
Bahnsteigdächer, Grundformen . . . 28
— künstlerische Beurteilung 61
— Querschnitte 27, 163
Bamberg, Regnitzbrücke 7, 112
Basel, Wettstein-Brücke 53
Berlin, Ausstellungshallen, Gewerbeausstellung 1891 134
— — Hygiene-A. 1883 41, 134
— — Bahnhofshallen, Alexanderplatz 129, 139
— — — Anhalter B., Kopfseite 150
— — — Friedrichstraße 129
— — — Ostbahnhof 26, 129
— — — Schlesischer B. 23, 40, 127, 129
Berlin, Börse 39, 43, 126
— Brücken, Alsenbrücke 52
— — Borsigsteg 120
— — Döberitzer Heerstraße, Havelbrücke 122, 138
— — dgl. Stößenseebrücke 113, 139, 140
— — — Friedrichbrücke (alte) 10, 52
— — Hochbahnbrücken 8, 44, 109, 148, 154
— — Schiffbauerdamm 52
— — Schlütersteg 44, 111
— — Swinemünder Straßen-Brücke . . 83, 113, 140, 148, 173
— — Weidendammer Brücke 113
— — Hochbahn 154
— — Haltestellen 110
— — Bahnhofshallen, Bülowstraße . . 41
— — dgl. Hallesches Tor 41
— — dgl. Nollendorfplatz 41
— — Markthallen, Magdeburger Platz . . 30
— — Museum, Neues 39, 43, 126
— — Reichstagskuppel 80, 132
— — Untergrundbahn, Bahnhofshallen . 154
— — Wagenhalle der Hochbahn 130
— — Warenhaus Wertheim 170
— — dgl. Kuppel 132
— — Werkstätten für Turbinenbau der Allg. Elektr.-Gesellschaft 129, 153
Berlin-Dahlem, Botan. Garten, Gewächshäuser 35, 65, 174
Berlin-Oberschöneweide, Spreebrücke (Kaisersteg) 9, 44, 50, 113
— 139, 148, 162
— — Treskowbrücke 51, 76, 122, 138
Bern, Kirchenfeldbrücke 54
— Kornhausbrücke 38, 52, 54, 75, 109,
— 117, 139, 140
— — Schwarzwasserbrücke 117
Beton, s. a. **Eisenbeton.**
— Brückenbau 38
— Eisen in Verbindung mit B. 169
— Halleneindeckung 170
— als Rostschutz 168
— Umkleidung d. Hochbahn in Boston 137
— 153
Bibliotheken, Paris, St. Geneviève 39
— — National-B. 39, 43, 127
— — Straßburg i. E., Universitäts-B., Kuppel 62, 82, 132
Binder s. Eisenhochbauten.

Bonn , Palmenhaus	32
— Rheinbrücke	15, 51, 73, 117, 138
Börse , Antwerpen	44, 78, 131, 145
— Berlin	39, 43, 126
— Paris	125
Boston , Bahnhofshallen, Süd-Union-B.	130
— Hochbahn	137, 153
Bremen , Bahnhofshalle	24
— Große Weserbrücke	44, 112, 147
— Wasserturm	35, 87, 135
Breslau , Kaiserbrücke	21, 120, 151
Bristol , Cliftonbrücke über den Avon	119
Britannia-(Menai)-Brücke 4, 36, 106, 138	
Bromberg , Brahebrücke	5
Brownsche Bolzenkette bei Kettenbrücken	119
Brücken , Bogenträger u. Balkenträger, wirtschaftlicher Vergleich	159
— Druck- und Zugstäbe aus verschiedenem Stahl	166
— Eisenbeton, Wirtschaftlichkeit	160
— Eisenüberbauten, vereinigt mit Steingewölben	37
— Farbe des Eisenwerks	171
— Feldweite	164
— Geländer	44
— Gelenke, Vermeidung von G.	166
— Gelenkbolzenknoten	155
— Gurte mit Beton gefüllt	169
— Hängebrücken, Wirtschaftlichkeit	158
— Knicksicherheit u. Quersteifigkeit	156
— Knoten, vernietete u. Gelenkbolzen-Knoten, Amerika	155
— Nebenspannungen	155
— Nickelstahl, Versuchsbrücken	167
— Wirtschaftlichkeit	160
— Portale	36, 44
— wirtschaftliche Einschränkung	161
— Steinbrücken, Wirtschaftlichkeit	160
— Talbrücken, Eisen- und Steinbau, Verhältnis	37
— Trägerart, Wahl der T., Wirtschaftlichkeit	157
— Überdachung zum Schutze der Br.	168
— Vierendeel-Träger	144, 159, 164
— Wettbewerbe für Brückenbauten	175
— ästhetische Wirkung, Beton- und Eisenkonstruktion	72
— Eisen verbunden mit andern Baustoffen	72, 151
— Eisenbetonbauten u. Eisenkonstruktionen	77
— lange Br.	76, 152
— Mauerwerk u. Eisenkonstruktion	151
— Portalbauten, geschichtliche Bauformen	73, 147
— dgl. auf Strom- oder Landpfeilern	75, 151
— Steinpfeiler u. Eisenkonstruktion	73, 77, 151
— Talbrücken, Verhältnis zwischen Ueberbauten u. Pfeilern	76, 151
— Verhältnis zur Umgebung	71, 149
— geschichtliche Entwicklung, Ausleger-Bogenbrücken	122
— Balkenbrücken	4, 105
— dgl. Auslegerbrücken	7, 8, 112
— dgl. Auslegerbrücken mit Hängegurt	9, 112
— dgl. Auslegerträger, Gelenke	112
— dgl. durchlaufende u. Ausleger-Träger	8, 112
— dgl. mit gekrümmter Gurtung	5, 110
— dgl. Gerber-Träger	7, 112

Brücken , geschichtliche Entwicklung, Balkenbrücken von großen Stützweiten	7
— dgl. Halbparabelträger	5, 6, 110
— dgl. Laves-Balken	111
— dgl. Parallel-Gitterträger	5, 106
— dgl. Pauli-Träger	5, 111
— dgl. Schwedler-Träger	5, 110
— dgl. Schweißisen mit Gußeisen vereinigt	108
— dgl. Whipple-Träger	108
— bewegliche Brücken	123
— Bogenbrücken aus Gußeisen	9, 114
— dgl., Bogenzwickel	11
— dgl. aus gußeisernen Röhren	114
— dgl. gußeiserne Wölbkörper	114
— Bogenbrücken aus Schweiß-(Fluß-) Eisen	11, 115
— dgl. Gelenke	116
— dgl. Wand- (Fachwerk-) Gliederung	13
— dgl. Hauptträger gegliedert und unter der Fahrbahn	14, 115
— dgl. Hauptträger gegliedert, mit Zugband, u. über der Fahrbahn	17, 117
— dgl. Hauptträger, teils unter, teils über der Fahrbahn	16, 115
— dgl., Hauptträger über u. Balkenträger in Höhe der Fahrbahn	16, 115
— dgl., Hauptträger unter der Fahrbahn, Fachwerk i. d. Zwickeln	15, 115
— dgl., Hauptträger vollwandig u. unter der Fahrbahn	12, 115
— dgl., Lohse-Träger	14, 37, 115
— Eisen, verbunden mit andern Baustoffen	36
— Eisenbeton-Brücken	38, 122
— Gerüstbrücken (Trestlework)	109
— Hängebrücken	17, 118
— dgl., Brownsche Bolzenkette	119
— dgl., Kettenbr., unversteifte	18, 19, 118
— dgl., Drahtkabelbrücken, unversteifte	18, 19, 120
— dgl., versteifte	18, 120
— dgl., Röhrlings Drahtkabelbr.	19, 121
— Pendelpfeiler	109
— Pfeiler	36
— dgl., eiserne	109
— Schmuckformen	43
— Schwebefähren	124
— künstlerische Ausbildung, Auf-lagervertikale, Betonung	90
— Beleuchtungskörper	83
— Diagonalen, gekreuzte D.	89, 144
— Fachwerk, engmaschiges	89
— Feldweiten	90
— Geländer	147
— Gelenke	93, 146
— Gurtungen, stetig gekrümmt statt vieleckig	90
— Knotenbleche	90, 148
— Pfeiler aus Eisen	147
— Portalbauten	83, 147, 152
— Stäbe gleicher Bedeutung	90
— Steifigkeit	91
— Schmuckformen, Steinformen u. Eisenformen, Verhältnis	83
— Trägerarten, ästhetische Vorzüge u. Nachteile	91
— Schmuckformen, Wert, Berechnung u. Maß	82
— künstlerische Beurteilung	45, 138
— Aufreihung von Formen	140
— Auslegerträger, Gurtungsform	48, 139, 140

Brücken , künstlerische Beurteilung, Balkenbrücken, engmaschige Gitterträger	46, 138
— dgl., Fachwerkgliederung	46, 138, 140
— dgl., gekrümmte Gurtungen	47, 138
— dgl., Trägerhöhe u. Stützweite	47
— dgl., vollwandige	46, 138
— Bogenbrücken mit nur einer Öffnung	54
— dgl. mehrere Öffnungen, Zusammenhang	54, 140
— dgl., Fachwerkgliederung	53, 140
— dgl., Fahrbahn, Ansteigen ders.	53, 140
— dgl., Fahrbahn, Lage der F.	51, 138
— dgl., Gurtungen, Abstand der Bogeng.	52, 138
— dgl., Gurtungslinie	55, 138
— dgl., Pfeilhöhe, Verhältnis zur Bogensehne	53
— dgl., vollwandige od. Fachwerkbogen	51, 138, 140
— Hängebrücken	56, 139
— Schaubild- u. Innenbildwirkung	143
— Schwedler-Träger	47, 138
— Angerschluft (Tauernbahn)	156
— Ars, Moselbrücke	11
— Assoposbrücke, Griechenland	117, 139
— Bamberg, Regnitzbrücke	7, 112
— Basel, Wettsteinbrücke	53
— Berlin, Alsenbrücke	52
— Borsigsteg	120
— Döberitzer Heerstraße, Havelbrücke	122, 138
— dgl., Stößenseebrücke	113, 139, 140
— Friedrichbrücke (alte)	10, 52
— Hochbahnbrücken	8, 44, 109, 148, 154
— Schiffbauerdamm	52
— Schlütersteg	44, 111
— Swinemünder Straßen-Brücke	83, 113, 140, 148, 173
— Weidendammer Brücke	113
— Berlin-Oberschöneweide, Treskowbrücke	51, 76, 122, 138
— Kaisersteg	9, 44, 50, 113, 139, 148, 162
— Bern, Kirchenfeldbrücke	54
— Kornhausbrücke	38, 52, 54, 75, 109, 117, 139, 140
— Schwarzwasserbrücke	117
— Bonn, Rheinbrücke	15, 51, 73, 117, 138
— Bremen, Große Weserbrücke	44, 112, 147
— Breslau, Kaiserbrücke	21, 120, 151
— Bristol, Cliftonbrücke über den Avon	119
— Britannia-(Menai)-Br.	4, 36, 106, 138
— Bromberg, Brahebrücke	5
— Budapest, Franz-Joseph-(Hauptzoll-ams-)Br.	44, 49, 83, 91, 112
— Kettenbrücke, alte	37, 120
— Schwurplatzbrücke	139
— Cannstatt, König-Karlbrücke	37, 75
— Cincinnati-Covington, Ohio-(Drahtkabel-)Br.	19, 56, 121
— Conwaybrücke	4, 36, 106, 119
— Crumlin-Talbrücke	4, 108
— Cubzac, Dordognebrücke	120
— Czernavoda, Donaubrücke	49, 112
— Czersk, Brahebrücke	110
— St. Denis, Steg über den Crou	11, 107
— Dirschau, Weichselbrücke, alte	36, 107, 138
— dgl., neue	47, 111, 138, 152
— Dourobrücke	116
— Dublin, Br. der D.-Drogheda-Bahn	107
— Düsseldorf, Rheinbrücke	15, 37, 117
— Fordon, Weichselbrücke	111
— Forthbrücke	48, 112, 140, 151

- Brücken, Frankfurt a. M., Kettensteg** 21, 44, 120
 — Garabit-Talbrücke . 109, 116, 122, 138
 — Glienicke b. Potsdam, Havelbrücke 91
 — Großhesselohe, Isarbrücke . . . 5
 — Guindybrücke 122
 — Hamburg, Elbbrücken . . . 14, 37, 115
 — Kornhausbrücke 168
 — Hannover-Herrenhausen, Parkbrücke 111
 — Haßfurt, Mainbrücke . . . 7, 112, 139
 — Kaiser-Wilhelm-Kanal, Grün-
 taler Brücke 51, 116, 138
 — Levensauer Brücke 117
 — Kehl, Rhein- (Eisenbahn-) Brücke
 44, 107
 — — Rhein- (Straßen-) Brücke. 44, 108,
 138
 — Kiel, Brückenfähre 124
 — Kinzuaubridge 109
 — Koblenz, Moselbrücke 137
 — — Rheinbrücke (alte) 13, 37, 51, 52,
 116, 151
 — — Rheinbrücke b. Horchheim 52, 116,
 152
 — Köln, Rheinbrücke (alte) 107
 — — dgl., Hohenzollernbrücke 152
 — — dgl., Südbücke 140, 152
 — Laasan (Schles.), gußeiserne Bogen-
 brücke 10, 52, 114
 — London, Hammersmith-Brücke 119
 — Towerbrücke 20, 37, 119, 123
 — Westminster-Brücke 55
 — St. Louis, Mississippi-Brücke 115
 — Mississippi- (Merchants-) Eisen-
 brücke 6, 111
 — Mississippi- (Municipal-) Brücke 111
 — Lübeck, Burgtorbrücke 113
 — Herrenbrücke, Einsturz 156
 — Mühlentorbrücke 20, 114, 139
 — Magdeburg, Königstraßenbrücke
 über die Elbe 118
 — Mainz, Mainbrücke, Umgehungsbahn 75
 — Rheinbrücke der Ludwigsbahn 5, 111
 — Rhein- (Straßen-) Br. 15, 52, 53, 75,
 116
 — Rheinbrücke der Umgehungsbahn 118,
 152
 — Mannheim, Jungbusch-Brücke 117
 — Neckar- (Friedrich-) Br. 9, 44, 112, 139
 — Neckarbrücke, neue 38
 — Rheinbrücke 4, 37, 108
 — Marienburg, Nogatbrücke, alte 36, 107,
 138
 — — dgl., neue 47, 111, 138
 — Menaibrücke bei Bangor 119
 — Metz, Straßenunterführung 55
 — München, Hackerbrücke 118
 — Müngsten, Kaiser-Wilhelm-Br. 54, 109,
 117, 138
 — Münsterwalde, Weichselbrücke 110, 152
 — Newyork, Blackwellbrücke 113, 156
 — East Riverbrücke v. Röhling 20, 121
 — Harlemfluß- (Washington-) Br. 116
 — Manhattanbrücke 20, 83, 121
 — Williamsburgbrücke 20, 56, 121
 — Niagara- (Ausleger-) Brücke 113
 — — Drahtkabelbrücke v. Ellet 19, 121
 — — dgl. v. Röhling 19, 121
 — Straßen- u. Eisenbahnbrücke 117
 — Nienburg, Weserbrücke 117
 — Nymwegen, Waalbrücke 140
 — Ohio-Br. der Cincinnati-Covington-
 Bahn 6
 — Wheeling, Drahtkabelbrücke 19, 121
 — Paderno, Addabrücke 109, 117
 — Paris, Alexanderbrücke 37, 83, 116
 — Mirabeaubrücke 122
 — Passybrücke 55, 113
- Brücken, Philadelphia, Brücke mit**
 betongefüllten Gurten 169
 — Pittsburg, Monongahelabrücke 20, 119
 — Porto, Dourobrücke 139
 — Posen, Warthebrücke 8
 — Potsdam, Stadtkanalbrücke 43, 111
 — Poughkeepsie, Hudsonbrücke 109, 113
 — Quebec 156, 157
 — Roppenheim, Rheinbrücke 110
 — Ruhrort, Rhein-Eisenbahnbrücke
 unterhalb R. 6, 111, 159, 166
 — Ruhrort-Homburg, Rhein-Straßen-
 brücke 49, 91, 113, 139, 152
 — Saltash, Tamarbrücke 5, 111
 — Severnbrücke 114
 — Spandau, Havel- (Eiswerder-) Br.
 122, 140
 — Tangermünde, Elbbrücke 5
 — Tarascon, Rhonebrücke 11
 — Thorn, Weichselbrücke 37
 — Tilsit, Memelbrücke 6, 111
 — — dgl., Königin - Luise - Straßen-
 brücke 118
 — Toulouse, Canal du Midi-Brücke 122
 — Trarbach, Moselbrücke 118, 139, 152
 — Vaurbrücke 54, 122
 — Vigy-Anzelingen 38, 109
 — Viktoriabrücke über den St. Lorenz-
 strom 4, 106
 — Wertheim, Main-Straßenbrücke 155
 — Wimmis, Kanderbrücke 109, 139
 — Worms, Rhein - Eisenbahnbrücke
 118, 139
 — — Rhein-Straßenbrücke 37, 75, 117,
 138, 152
Brügge, Bahnhofshalle 45, 127
Brunnen, München, Hubertusbrunnen 87
Brüssel, Ausstellungshallen 1880,
 Jubiläumshalle 41, 141
 — Ausstellungshallen 1910, deutsche
 Hauptmaschinenhalle 130
 — Kraftmaschinenhalle 130
Budapest, Bahnhofshalle 22
 — Brücken, Franz-Joseph- (Hauptzoll-
 amts-) Brücke 44, 49, 83, 91, 112
 — — Kettenbrücke, alte 37, 120
 — — Schwurplatzbrücke 139
- Cannstatt, König-Karlbrücke** 37, 75
Canilever-Träger s. Brücken.
Chartres, Kathedrale, gußeiserner
 Dachstuhl 125
Chicago, Ausstellungshallen 1893
 33, 129
 — — Industriehalle 25
Cincinnati, Ohio- (Drahtkabel-) Brücke
 nach Covington 19, 56, 121
Clifton, Niagara-Straßenbrücke 117
Conway-Brücke 4, 36, 106, 119
Crumlin-Talbrücke 4, 108
Cubzac, Dordognebrücke 120
Czernavoda, Donaubrücke 49, 112
Czersk, Brahebrücke 110
- Dächer s. Eisenhochbauten.**
Dahlem s. Berlin-Dahlem.
Darmstadt, Bahnhofshalle 130
Decken s. Eisenhochbauten.
St. Denis, Crou-Brücke 11, 107
Dirschau, Weichselbrücke, alte 36, 107,
 138
 — Weichselbrücke, neue 47, 138, 111, 152
Döberitzer Heerstraße, Havelbrücke
 122, 138
 — Stößenseebrücke 113, 139, 148
Dourobrücke 116
Dresden, Bahnhofshalle, Hauptbahnhof
 24, 129
- Dublin, Brücke der D.-Drogheda-Bahn** 107
Düsseldorf, Ausstellungshallen 1902 34
 — Rheinbrücke 15, 37, 117
Eiffelturm 36, 135, 137, 163
Eisen, Eisensorten, neue 165
 — gegen Rostangriff 167
 — Festigkeitseigenschaften 104, 156
 — Gewinnung, Geschichte 102
 — Prüfungsanstalten 104, 156
 — Walzverfahren 106
 — Wesen des E. 137
Eisenbauten s. a. Eisen.
 — Anwendungsgebiete, Entwicklung 172
 — Architekt und Ingenieur, Arbeits-
 gebiete 82, 104, 153, 175
 — Ausstellungen von Entwürfen zu
 Eisenbauten 176
 — Bearbeitungs- und Aufstellungs-
 weisen, neue 172
 — Betonumhüllung als Rostschutz 168
 — Druck- und Zugstäbe aus ver-
 schiedenen Material 166
 — Eisensorten, neue, erhöhte Festig-
 keit 165
 — Eisenverbrauch nach qm und cbm 157
 — Hallen, ein- oder mehrschiffige,
 Wirtschaftlichkeit 157
 — Innenansichten, ruhige Gestaltung 163
 — Knotenbleche, Ausbildung 162
 — Kräfte und Baustoffmenge, Ver-
 hältnis (Statik) 104, 162, 172
 — Kragdächer für Bahnsteige 163
 — Lehren aus Erfahrung u. Theorie 155
 — Nebenspannungen 155
 — Nickelstahl 166
 — Rohre, ausbetoniert 169
 — Rost- und Lokomotivrauch, Schutz-
 mittel 167
 — Schmiedekunst, Förderung 173
 — Stäbe, Umrißlinie 162
 — Statik, Einfluß auf die Entwicklung 104,
 162, 172
 — Steinbauten in Verbindung mit E.,
 ruhige Gestaltung 164
 — Versuche an Probegefügen 156
 — Vorbilder-Sammlungen 176
 — Walzquerschnitte, neue 172
 — Wettbewerbe zur Förderung der E. 175
 — ästhetische Wirkung 67, 88, 137, 175
 — das „ästhetisch Wirksame“ und
 das „ästhetisch Wertvolle“ 68, 95
 — das „Gewaltige“ als Ursache
 der ä. W. 70
 — das „Gewohnte“ (typische), Ein-
 fluß auf die ä. W. 67, 149
 — Eisen verbunden mit anderen
 Baustoffen 72, 150
 — Umgebung, Verhältnis zum Bau-
 werk 71
 — Ursachen der ä. W. 67, 88
 — Zweckmäßigkeit, Einfluß auf
 die ä. W. 68, 88
 — geschichtliche Entwicklung 3, 45, 104
 — Fachwerk, Einführung des F. 107
 — Nietung 106
 — Trägerquerschnitt 105
 — künstlerische Ausbildung 82, 97, 138
 — Architekten, Mitwirkung 82, 104,
 153, 175
 — — Aufreihung von Formen und
 ihre Gruppierung 95, 140
 — — Außengestaltung im Verhältnis
 zum Innenraum 165
 — — Bearbeitungs- und Verbindungs-
 weisen 149

Eisenbauten, künstlerische Ausbildung.

- Diagonalen, Anordnung d. D. 94, 144
- Diagonalen, gekreuzte D. 89, 144
- Einzelformen 162
- Eisen und Beton 152
- Entwicklung, stetige 161
- Entwicklungsfähigkeit 88, 161
- Flächenbehandlung 96
- Formen, selbständige 137
- Gelenke 93, 146
- Gesamtanordnung und Einzelverhältnisse 94, 141
- Gruppenbau 165
- Gußeisen und seine Formen 145
- Landschaftsbild 149, 165
- Linienführung 95, 162
- Mehraufwand aus künstlerischen Rücksichten 89
- Normalprofile, Einfluß auf die künstlerische Ausbildung 148
- Raumgestaltung 97
- rechnerische und schönheitliche Eisenmenge 164
- Schmiedearbeit und ihre Formen 145
- Schmuckformen, Einfachheit 84
- dgl., persönliche Eigenart 85
- dgl., Wert, Berechtigung u. Maß 82
- dgl., Wirkung durch Linien 86
- Trägerarten, künstlerische Vorzüge und Nachteile 91
- vollwandige Formen statt gegliedelter 163
- künstlerische Beurteilung 45, 136
- diagonallose Eisenbauten 144
- Füllungen 140
- Licht, Einfluß des L. 144
- Verhältnis der Teile 141
- Eisenbeton, Brückenbau** 38, 122
- Wirtschaftlichkeit 160
- Eisenhochbauten s. a. Aussichtstürme, Ausstellungshallen, Bahnhofshallen, Gewächshäuser, Leuchttürme, Markthallen, Schwimmhalle, Wassertürme, Werkstätten.**
- Begleitarchitektur, wirtschaftliche Beschränkung 161
- Eindeckung 170
- Beton zur Halleneindeckung 170
- Eisenfachwerkbau 40
- Farbe des Eisenwerks 171
- Gliederung in Grund- und Aufriß, einfache 173
- Hallenbauten, künstl. Beleuchtung 172
- Oberlichtsäle 39
- Oberlichtstraßen (Passagen) 40, 127
- Pfetten, Ausbildung 26
- Schauläden 42
- Tonplatten (Terrakotten) für Wände und Decken 42, 79, 172
- Verglasungen 169
- Wolkenkratzer 135, 174
- ästhetische Wirkung, Eisen mit anderen Baustoffen 77, 150
- dgl., Dächer 78, 150, 169
- dgl., Decken 78, 150, 169
- dgl., Wandbildung 79, 150, 169
- dgl., Eisen mit Stein, Kuppelbauten 79, 150
- Eisenbeton 82
- geschichtliche Entwicklung, Dächer, Kragdächer 130
- dgl., Polonceau-D. 22, 125
- dgl., Stufen- und Rahmendächer 130
- Dach- u. Deckenbauten, gußeiserne 22, 125

Eisenhochbauten, geschichtliche Entwicklung, Deckenbildung

- Eisen verbunden mit anderen Baustoffen 38
- Gewächshäuser 31, 134
- Hallen, Balkenbinder (Satteldächer) 22, 125
- dgl., Balken- oder Bogenbinder, flachgewölbt 22, 23
- dgl., Bogenbinder, hohe 23, 24
- dgl., Formen zwischen flachgewölbten und hochgewölbten Bindern 25
- dgl., Gelenkbinder 128
- dgl., Längshallen 21, 125
- Hallengruppen 30
- Kuppelbauten 28
- Kuppeln von Föppel, Schwedler, Zimmermann 29, 80, 131
- dgl. aus Gußeisen 131
- Luftschiffhallen 128
- Schmuckformen 43
- Turmbauten, Aussichtstürme, Leuchttürme, Wassertürme 34, 35, 135
- Wandbildung 40
- Zeltdächer 133
- künstlerische Beurteilung 56
- Bahnsteigdächer ein- u. zweistielige 61
- Deckenbildung und Raumverhältnisse 142
- Gewächshäuser 61, 64
- Hallen, Balkenbinder (Satteldächer) 57
- dgl., flachgewölbte Balken- oder Bogenbinder 57
- dgl., Bogenbinder, Gurtungslinien 59
- dgl., Bogenbinder, Wandgliederung der Binder 60
- dgl., Breite, Verhältnis zur Höhe 58
- dgl., Längshallen 57
- dgl., Längshallen verbunden mit Kuppeln 65
- Hallengruppen 63
- Kuppelbauten 61
- Markthallen 64
- Maßverhältnisse u. Kosten 142
- Pfetten 60
- Schaubild- u. Innenbildwirkung 143
- Wassertürme 66
- Eisenkonstruktionen s. a. Eisen, Eisenbauten, Ingenieurbauten.**
- ästhetische Wirkung 67, 136
- geschichtliche Entwicklung, Konstruktionsformen 3, 104
- Eisen verbunden mit anderen Baustoffen 36
- künstlerische Beurteilung 45, 136
- Eisen verbunden mit anderen Baustoffen 72, 150, 152
- Fassoneisen s. Walzeisen.**
- Festhallen s. Ausstellungshallen.**
- Föppels Kuppeln 29
- Fordon, Wechselbrücke 111
- Forth-Brücke 48, 112, 140, 151
- Frankfurt a. M., Ausstellungshalle 29
- 34, 61, 66, 89, 134, 150, 164, 171
- Bahnhofshallen 23, 129, 139
- Kettensteg 21, 44, 120
- Markthalle 30, 41, 64
- Palmengarten 32, 127
- Schauspielhaus, Kuppel 80
- Freiburg i. Br., Theater 82
- Garabit-Talbrücke 109, 116, 122, 138

Gasbehälter

- Kuppeln 29, 135
- Gerbers Gelenkbolzenknoten** 155
- Träger 7, 112
- Gerichtsgebäude, München, Kuppel** 80, 132
- Gewächshäuser s. a. Wintergarten.**
- Hallengruppen 31, 64
- Berlin-Dahlem, Botan. Garten 32, 65, 134
- Bonn, Palmenhaus 32
- Frankfurt a. M., Palmengarten 32, 127
- Hannover - Herrenhausen, Palmenhaus 32, 65, 133
- Kew b. London, Palmenhaus 31, 64
- Köln, Flora 42
- Leipzig, Palmenhaus 42
- München, Botan. Garten, Palmenhaus 32
- Schönbrunn b. Wien, Palmenhaus 32, 64
- Glas, Eisen und Glas** 39, 78, 169
- plastisches Glas 170
- Glienicke b. Potsdam, Havelbrücke** 91
- Großhesselohe, Isarbrücke** 5
- Grünental, Kaiser - Wilhelm - Kanal, Brücke** 51, 116, 138
- Guindy-Brücke** 122
- Gußeisen, Förderung des Kunstgusses** 173
- Formen und Verwendung 145

Hallenbauten s. Ausstellungshallen, Bahnhofshallen, Eisenbauten, Eisenhochbauten, Gewächshäuser, Luftschiffhallen, Markthallen, Schwimmhalle, Werkstätten.

- künstlerische Ausbildung 97
- Hamburg, Dammthor-B.** 40, 41
- Elbbrücken 14, 37, 115
- Hauptbahnhof, Halle 26, 59, 60, 64, 134, 170
- Kornhausbrücke 168
- Hannover, Brücken, Kupferumkleidung** 137
- Markthalle 26, 31, 40, 59, 78, 129
- Hannover - Herrenhausen, Palmenhaus** 32, 65, 133
- Parkbrücken 111
- Haßfurt, Mainbrücke** 7, 112, 139
- Hochbauten s. Eisenhochbauten.**

Ingenieurbauten, ästhetische Wirkung, Ursachen

- künstlerische Ausbildung, Förderung des Verständnisses für I. 98
- Schmuckformen, Wert, Berechtigung u. Maß 82
- Ursachen der zunehmenden Beachtung 2, 136, 176
- Mitwirkung des Architekten 82, 104, 153, 175
- Ingenieure, Beeinflussung durch Architekten** 175
- Justizgebäude, München, Kuppel** 80, 132

Kaiser - Wilhelm - Kanalbrücken,

- Grünental 116
- Levensau 117
- Kehl, Rhein-(Eisen-)Brücke** 44, 107
- Rhein-(Straßen-)Brücke 44, 108, 138
- Kew b. London, Botan. Garten, Palmenhaus** 31, 64
- Kiel, Brückenfähre** 124
- Kinzuabrücke** 109
- Kirchen, Chartres, Kathedrale, gußeiserner Dachstuhl** 125

- Kirchen, Masny, gußeiserne Mittel-**
schiffsäulen 150
— Potsdam, Nikolaikirche, Kuppel . . . 131
Koblenz, Moselbrücke 137
— Rheinbrücke (alte) 13, 37, 51, 52, 116, 151
— Rheinbrücke b. Horchheim. 52, 116, 152
Köln a. Rh., Bahnhofshalle 24, 40, 59, 74, 129
— Flora 42
— Markthalle 31
— Rheinbrücke, alte 107
— Rheinbrücken, neue 140, 152
Kolonnaden s. Wandelhallen.
Köpkesche Gelenke 116
Kornhalle, Paris, Kuppel 131
Kuppelbauten, ästhetische Wirkung.
Eisen mit Stein 79, 150
— geschichtliche Entwicklung . . . 28, 131
— künstlerische Ausbildung 97
— — vollwandige Träger mit Aus-
schnitten 89
— künstlerische Beurteilung 61
Laasan (Schles.), gußeiserne Brücke
10, 52, 114
Laeken b. Brüssel, Wintergarten,
Kuppel 29, 33, 132
Laves-Träger 111
Leipzig, Palmengarten 42
— Reichsgericht, Kuppel 80
Leuchttürme 134
— — Rote Sand-Leuchtturm 35
Levensau, Kaiser-Wilhelm-Kanal,
Brücke 117
Lohse-Träger 14, 37, 115
London, Bahnhofshallen, Kings Cross-B.
— Paddington-B. 43, 127
— — St. Pancras-B. 23, 59, 128
— Botan. Garten in Kew, Palmenhaus
31, 64
— Brücken, Hammersmithbrücke . . . 119
— — Towerbrücke 20, 37, 119, 123
— — Westminsterbrücke 55
— Kristall-Palast 33, 65, 126, 169
— Olympiahalle 26, 128
St. Louis, Bahnhofshalle 30, 130
— Mississippibrücke 115
— Mississippi (Merchants-) Eisenbahn-
brücke 6, 111
— Mississippi (Municipal-) Brücke . . . 111
Lübeck, Bahnhofshalle 171
— Burgtorbrücke 113
— Herrenbrücke, Einsturz 156
— Mühlentorbrücke 20, 114, 139
Ludwigshafen s. Mannheim.
Luftschiffhallen 128
Lyon, Ausstellungsbauten 1894,
Kuppel 29, 132
Magdeburg, Königstraßenbrücke über
die Elbe 118
Mainz, Mainbrücke der Umgehungs-
bahn 75
— Rheinbrücke der Ludwigsbahn . . . 5, 111
— Rhein- (Straßen-) Brücke 15, 52, 53, 75, 116
— Rheinbrücke der Umgebungsbahn
118, 152
Mannheim, Jungbuschbrücke 117
— Neckar- (Friedrich-) Brücke 9, 44, 112, 139
— Neckarbrücke, neue 38
— Rheinbrücke 4, 37, 108
— Wasserturm 34
Mannstädtisches Fassoneisen 146
Marienbad, Wandelhalle 42
Marienburg, Nogatbrücke, alte 36,
107, 138
— Nogatbr., neue 47, 111, 138
Markthallen, Hallengruppen 30
— Berlin, Magdeburger Platz 30
— Frankfurt a. M. 30, 41, 64
— Hannover 26, 31, 40, 59, 78, 129
— Köln a. Rh. 31
— Paris, Zentralhallen 30, 131
Masny, Kirche, gußeiserne Mittelschiff-
säulen 150
Material-Prüfungsamt 104
— Eisengefüge, Versuche 156
Menaibrücke b. Bangor 119
Metz, Bahnhofshalle 26, 60, 78, 129
— Straßenunterführung 55
Montreal, Viktoria-Brücke über den
St. Lorenzstrom 4, 106
München, Ausstellungshallen, The-
resienhöhe 130, 163
— Botan. Garten, Palmenhaus 32
— Hackerbrücke 118
— Hauptbahnhof 127
— Hubertusbrunnen 87
— Justizgebäude, Kuppel 80, 132
Müngsten, Kaiser-Wilhelmbrücke 54, 109,
117, 138
Münster i. Westf., Bahnhofshalle 133,
139
Münsterwalde, Weichselbrücke 110, 152
Museen, Berlin, Neues M. 39, 43, 126
Neuyork, Bahnhofshalle, Pennsylvania-
bahn 133
— Brücken, Blackwellbrücke 113, 156
— — East Riverbrücke v. Rößling . . . 20
— — Harlemfluß-(Washington-)Br. . . . 116
— — Manhattanbrücke 20, 83, 121
— — Williamsburgbrücke 20, 56, 121
Niagarabrücken, Auslegerbrücke . . . 113
— Drahtkabelbrücke v. Ellet 19, 121
— Drahtkabelbrücke v. Rößling 19, 121
— Straßen- u. Eisenbahnbrücke 117
— Clifton, Straßenbrücke 117
Nickelstahl, Brückenbau, Wirtschaft-
lichkeit 160
Nienburg, Weserbrücke 117
Nietungen 106
— ornamental verwertet 162
Nord-Ostsee-Kanalbrücken, Grü-
nental 116
— Levensau 117
Nymwegen, Waalbrücke 140
Oberlichtstraßen 40, 127
Oberschöneweide s. Berlin-Ober-
schöneweide.
Paderno, Addabrücke 109, 117
Paris, Ausstellungshallen 1854, In-
dustriepalast 126
— — 1867 127
— — 1878 33, 43, 79, 127
— — 1889 33, 58, 66, 129
— — 1889, Maschinenhalle 26, 59, 64, 129
— Ausstellungshallen 1900 33
— — Gewächshäuser 133
— Bahnhofshallen, Lyoner B. 22
— — Orleans-B. 170
— Bibliotheken, St. Geneviève 39, 83, 125
— — National-B. 39, 43, 127
— Börse 125
— Brücken, Alexanderbrücke 37, 83, 116
— — Mirabeaubrücke 122
— — Passybrücke 55, 113
— Eiffelturm 36, 135, 137, 163
— Kornhalle, Kuppel 131
— Markthallen, Zentralhallen 30, 131
Passagen s. Oberlichtstraßen.
Pauli-Träger 5, 111
Pfetten s. Eiseenhochbauten.
Philadelphia, Brücke mit betonge-
füllten Gurten 169
Pittsburg, Monongahelabrücke 20, 119
Polonceaubinder 22, 125
Porto, Dourobrücke 139
Posen, Warthebrücke 8
Potsdam, Brücken, Stadtkanal 43, 111
— Nikolaikirche, Kuppel 131
Poughkeepsie, Hudsonbrücke 109, 113
Quebek, Brücke 156, 157
Reichsgericht, Leipzig, Kuppel 80
Reichstagshaus, Berlin, Kuppel 80, 132
Rößlings Drahtkabelbrücken 19, 121
Rohre, Eisenrohre ausbetoniert 169
Roppenheim, Rheinbrücke 110
Rostschutzmittel, Versuche 167
Ruhrort, Rhein- (Eisenb.-) Br. unter-
halb R. 6, 111, 159, 166
— Rheinstraßenbrücke Ruhrort-Hom-
berg 49, 91, 113, 139, 152
Saltash, Tamarbrücke 5, 111
Schauspielhaus, Frankfurt a. M.,
Kuppel 80
Schmiedearbeit, Formen u. Verwen-
dung 145
— Förderung künstlerischer Sch. 173
Schmuckformen des Eisens und der
mit ihm verbundenen Baustoffe 43, 83
— Ingenieurbauten, Wert, Berechtigung
und Maß der Sch. 82
Schönbrunn b. Wien, Palmenhaus 82
64
Schoops Metallierungsverfahren 168
Schwebefähren 124
Schwedlers Kuppel 29, 131
— Träger 5, 110
Schwimmhalle, Wien, Dianabad 125
Severnbrücke 114
Spandau, Havel- (Eiswerder-) Brücke,
122, 140
Straßburg i. E., Bahnhofshalle 57, 133,
141
— Universitäts-Bücherei, Kuppel 62, 82,
132
Tangermünde, Elbbrücke 5
Tarascon, Rhonebrücke 11
Theater, Frankfurt a. M., Kuppel 80
— Freiburg i. Br., Kuppel 82
Thorn, Weichselbrücke 37
Tilsit, Memelbrücke 6, 111
— — Königin-Luise-Straßenbrücke . . . 118
Toulouse, Canal du Midi-Br. 122
Trarbach, Moselbrücke 118, 139, 152
Türme s. Aussichtstürme, Leucht-
türme, Wassertürme.
Uerdingen, Wasserturm 34
Vallendar, Aussichtsturm 35
Viaurbrücke 54, 122
Vierendeel-Träger 144, 159, 164
Vigy-Anzelingen, Brücken 38, 109
Vorbilder-Sammlungen von Eisen-
bauten 176
Wagenhalle, Berlin, Hochbahn, W.
an der Rudolfstraße 130
Walzeisen, Mannstädtisches Fasson-
eisen 146

- Wandelhallen, Marienbad** 42
 — Wiesbaden, Kochbrunnen 42
Warenhäuser 132, 135, 170
 — Berlin, Wertheim 132, 170
Wassertürme, Behälterformen nach
 Barkhausen, Intze, Klönne 34, 35,
 66, 135
 — Bremen 36, 87, 135
 — Mannheim 34
 — Uerdingen 34
Wellblech, Eindeckung von Eisen-
 hochbauten 170
Werkstätten, Berlin, Turbinen-W. d.
 Allg. Elektr.-Gesellschaft 129, 153
Wertheim, Mainstraßenbrücke . . 155
Wheeling, Ohio-(Kabel-)Br. . . 19, 121
Whipple-Träger 108
Wien, Ausstellungsbauten 1873 33, 133
 — Dianabad, Schwimmhalle . . . 125
Wiesbaden, Kochbrunnen-Anlage . 42
Wimmis, Kanderbrücke . . . 109, 139
Wintergarten s. a. Ausstellungs-
 hallen, Gewächshäuser.
 — Laeken bei Brüssel, Kuppelbau
 29, 33, 132
Wintergarten, Yarmouth 32
Wirtschaftlichkeit, Begleitarchitek-
 tur bei Eisenbauten 160
 — Brückenbauten 157, 160
 — Eisenbauten, Eisenverbrauch . . 157
 — Eisenbeton 160
Wolkenkratzer 135, 174
Worms, Rhein-(Eisenbahn-)Br. 118, 139
 — Rhein-(Straßen-)Br. 37, 75, 117, 138, 152
Yarmouth, Wintergarten 32
Zimmermanns Kuppel 29, 80

Gedruckt von Julius Sittenfeld, Hofbuchdrucker., Berlin W.



P
02

und E. Michel, Die künstlerische Gestaltung von Eisenkonstruktionen. Band I.

396

MQ
18641